Univ. ...

AZ EMBERÉLETTAN TANKÖNYVE.

ELŐADÁSAI NYOMÁN

A kolozsvári szemklinika
KÖNYVTÁRA
A. 312. sz.

IRTA

KLUG NÁNDOR

KOLOZSVÁRT.

A SZÖVEG KÖZÉ NYOMOTT SZÁMOS ABRÁVAL.

ELSŐ RÉSZ.

ÁLTALÁNOS ÉLETTAN. KÜLÖNÖS ÉLETTAN: I. AZ ERŐFORGALOM ÉLETTANA.

M. KIR. TUDOMÁNYEGYETEM ✦ KOLOZSVÁRI ✦ SZEMÉSZETI INTÉZETE

BUDAPEST.
FRANKLIN-TÁRSULAT
MAGYAR IROD. INTÉZET ÉS KÖNYVNYOMDA.
1888.

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ, FARMACIE, ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE - TÂRGU MUREȘ
1925
GEORGE EMIL PALADE

FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA.

ELŐSZÓ.

E könyv legközelebbi feladata az élettan ez idő szerinti állásáról tiszta képet adni s ez által úgy a gyakorló orvosnak valamint az orvostanulónak is alkalmas kézikönyvül szolgálni.

Ha Thanhoffer-nek különösen állatorvosok és gazdák igényeinek megfelelő, de másokra nézve is nagyon tanúlságos, «az összehasonlító élet- és szövettan alapvonalai» című művétől eltekintünk, a jelen mű a harmadik, magyar nyelven írt, élettani tankönyv. Az elsőt Rácz Sámuel «a physiologiának rövid sommája» czím alatt 1789-ben a másodikat Balogh Kálmán «az ember-élettan» czím alatt 1862-ben írták. Fordításban legutóljára 1875-ben, mintegy tizenkét évvel ez előtt, jelent meg Ranke élettana. Az orvos igényeinek megfelelő utolsó élettani tankönyv megjelenése óta tehát tizenkét, illetőleg huszonnégy év telt el; hosszú idő, mely alatt az élettan óriási haladást tett. Ez a körülmény indított e mű megírására, valamint az élettan tanítása körül tett az a tapasztalat is, hogy a legtöbb orvostanuló egyedül hiányos jegyzeteiből meríti élettani ismereteit, hogy rendelkezésre álló oly könyv nincsen, melyből úgy a tanuló, mint az életbe kilépett orvos a laboratoriumban szerzett ismereteit kiegészíteni vagy felfrissíteni képes volna.

A tárgy kidolgozásánál az élettan tanulásának kettős czélja volt előttem irányadó. A leendő orvos ugyanis az élettant azért tanulja, hogy ama gép működését megismerje, melynek szerkezetét a boncztanból tudja, másodszor pedig azért, hogy az utakkal megismerkedjék, melyeken haladva az életvizsgálók az élettüneményeknek és azok okainak tudomására jutottak. Az egyiknek ismerete nem kevésbbé szükséges és hasznos, mint a másiké. Mert ha az orvos a szervek működésének ismerete folytán azon gép működése iránt, melyet javítani feladata, tájékozva van, akkor a szellemi oskoláztatás, melylyel az élettan tanulása és a laboratoriumban mívelése jár, észlelt tüneményekből az okokra következtetni tanít és minden üres speculatiótól megóv. Ez okból nem csak a vizsgálat által elért eredményeket vettem fel e könyvbe, hanem azon észleleti és kisérleti eljárások nagy részét is, melyeknek amaz eredményeket köszönjük.

Noha Thanhoffer-nek «a mikroskop alkalmazása» valamint «az élet- és szövettan alapvonalai» című műveiben és Mihálkovics «általános boncztaná»-ban, szövettant tárgyaló könyvekkel már rendelkezünk, mégis a szövettannak e műbe való bevonása nem volt elkerülhető. Az élettünemények a szervezetet alkotó sejtekben folynak le, élettani tankönyvben azért a szövettan tárgyalása nem mellőzhető, sőt a minő arányban a szöveteknek működés alatt való chemiai és morphologiai változásai mindinkább ismertebbekké lesznek, abban az arányban lesz a szövettan is mind nagyobb-nagyobb mértékben az élettan kiegészítő részévé.

Az előadásban az elbeszélő modort követtem, miáltal a tárgyat könnyebben érthetővé, az olvasást könnyedebbé tenni véltem. Mindenik szakasz elején rövid átnézet nyújt az ama szakaszban tárgyaltakról előleges tájékozást, miáltal a részletek fölött való áttekintést óhajtottam biztosítani az olvasónak. Talán épen ezek teszik majd lehetővé, hogy e könyvből a természettudományokban jártas nem orvos is élettani ismereteket meríthessen.

A főbb források, melyeket e mű írásánál használtam, minden fejezet végén fel vannak sorolva. Ez idézetek távol vannak attól, hogy kielégítsék annak szükségét a ki az élettannal mint szaktudomány tárgyával foglalkozik, az úgyis nagyobb gyűjtőmunkákat használ, melyekben az irodalom kellően ismertetve van; ellenben azok elegendő útmutatásul szolgálnak behatóbb tanulmányozásra s ezt, tekintve a mű feladatát, elegendőnek tartom.

A magyar műkifejezések közül egyedül a régóta használatban levő, megszokott, kifejezéseket használtam, különben pedig jobbnak tartottam a minden nemzet által használtatni szokott görög-latin műkifejezéseket használni, mint az ezek fordítása által újabban alkotott műszókat. Tehettem ezt annál is inkább, mivel e műszók fölött végérvényesen még a nyelvészek sem állapodtak meg, a különböző szakírók — kik elvégre is nem nyelvészek — által alkotott, olykor nagyon eltérő műkifejezések pedig a tanulást ok nélkül nehezítik.

Végezetül el nem mulaszthatom az orvosi könyvkiadó társulatnak nagybecsű támogatásaért, a Franklin-társulatnak pedig bőkezűségéért, melyek e számos ábra miatt költséges könyv megjelenését egyedül lehetővé tették, őszintén érzett köszönetemet mondani. Ajánlom a művet t. kartársaim becses figyelmébe.

Kelt Kolozsvártt, 1887 október hó 18-án.

Klug Nándor.

TARTALOM.

ÁLTALÁNOS ÉLETTAN.

Lap

1. §. Bevezetés ... 11
2. §. Élettünemények ... 14

I. A SZERVEZET MORPHOLOGIAI ALKATRÉSZEI.

3. §. A sejt ... 18
4. §. Izomszövet ... 21
5. §. Idegszövet ... 25
6. §. Hám- és mirigyszövet ... 30
7. §. Kötőanyagok ... 32

II. A SZERVEZET CHEMIAI ALKATRÉSZEI.

8. §. Vegyalkat általában ... 43
9. §. Szervetlen alkatrészek ... 43
10. §. Szerves alkatrészek általában ... 46
11. §. Fehérjék ... 47
12. §. Vérfestékek ... 56
13. §. Albuminoidok ... 56
14. §. Szénhydrátok ... 60
15. §. Zsírok és rokon anyagok ... 65
16. §. Ammoniakos származékvegyek ... 70

III. A SZERVEZET ELETMŰKÖDÉSEI.

17. §. Atnézet ... 77
18. §. Az erély megmaradásáról szóló törvény ... 78
19. §. Erőnyilvánulatok az állati szervezetben ... 81
20. §. Anyagforgalom az állati szervezetben ... 84
21. §. Szaporodás ... 87
22. §. A különös élettan beosztása ... 89

KÜLÖNÖS ÉLETTAN.

I.

AZ ERŐFORGALOM (ERŐNYILVÁNULATOK) ÉLETTANA.

ÁLTALÁNOS IDEGÉLETTAN.

23. §. Atnézet ... 95
24. §. Erőművi ingerek hatása ... 97

Lap

25. §. A hő ingerhatása ... 99
26. §. Vegyi ingerek hatása ... 100
27. §. A villamosság hatása az idegre ... 102
A) Vizsgáló eljárások ... 103
B) A villamáram hatása az idegingerlékenységre ... 112
C) Az állandó villamáram ingerhatása ... 116
D) Inducált áramok ingerhatása ... 122
28. §. Izgalomvezetés az idegben ... 123
29. §. Az izgalom terjedésének sebessége az idegben ... 126
30. §. Az ideg ingerlékenységére és vezetőképességére befolyó tényezők ... 134
31. §. Villamfejlesztés az idegben ... 137
A) Vizsgáló eljárások ... 137
B) Villamfejlesztő képesség ... 141
32. §. Az ideg villamfejlesztő képessége elektrotonus alatt ... 144
33. §. A villamfejlesztő képesség változása az ideg izgalma alatt ... 148

II. KÜLÖNÖS IDEGÉLETTAN.

34. §. Átnézet ... 154

1. A mozgató idegek élettana. Általános izomélettan.

35. §. Izomingerlékenység ... 157
36. §. Izomrángás ... 160
37. §. Változások az izomban rövidülése alatt ... 164
38. §. Az izomrángás terjedéssebessége ... 168
39. §. Izommunka ... 172
40. §. Általános ingerek hatása az izomra ... 175
41. §. Az izomingerlékenységre befolyó tényezők ... 179
42. §. Az izom vegyalkata és vegyi változások az izomban ... 182
43. §. Hőfejlesztés az izomban ... 191
44. §. Villamfejlesztő képesség az izomban ... 194
45. §. A villamfejlesztő képesség változása az izom izgalma alatt ... 199

2. Az érző idegek élettana.

46. §. Átnézet ... 203

A) A tapintás érzéke.

47. §. A tapintás szervének szerkezete ... 208
48. §. A tapintásérzésekről általában ... 216
49. §. Nyomásérzés ... 222
50. §. Hőérzés ... 225
51. §. Helyérzés ... 228
52. §. Izomérzés ... 233

B) A látás érzéke.

53. §. A látás szervének szerkezete ... 236
54. §. A szem védőkészülékei ... 253

Lap
55. §. Fénytörés sík felületen ... 256
56. §. Fénytörés egyszerű gömbfelületen ... 261
57. §. Fénytörés összetett fénytörő-rendszerekben ... 268
58. §. Mintaszem, összevont szem ... 278
59. §. Alkalmazkodó képesség a szemben ... 281
60. §. Tökéletlenségek a szemben, mint fénytörő rendszerben ... 293
61. §. Önvilágítás a szemben, szemtükör ... 303
62. §. Az ideghártya ingerlése ... 307
63. §. Fényérzés ... 315
A) Egyszerű színek ... 316
B) Összetett színek ... 323
64. §. Színvakság ... 329
65. §. A fényérzés lefolyása ... 330
66. §. Szemmozgások ... 333
67. §. Látás egy és két szemmel ... 339
68. §. Testi (stereoskopikus) látás ... 347

C) A hallás érzéke.

69. §. A hallás szervének szerkezete ... 350
70. §. Hangvezetés ... 359
71. §. Hangérzések ... 363
72. §. A hallóideg végkészülékének ingerlése ... 371

D) Az izlelés érzéke.

73. §. Az izlelés szervének szerkezete ... 373
74. §. Izérzések ... 376

E) A szaglás érzéke.

75. §. A szaglás szervének szerkezete ... 379
76. §. Szagérzések ... 380

3. A gerinczagy- és agy-idegek élettana.

77. §. Gerinczagyidegek ... 384
78. §. Agyidegek ... 387
79. §. Együttérzőideg ... 403

4. A központi idegrendszer élettana.

80. §. Átnézet ... 406
81. §. A gerinczagy szövetszerkezete ... 409
82. §. A gerinczagy, mint izgalomvezető ... 415
83. §. A gerinczagy, mint reflexműködések központja ... 420
84. §. A gerinczagy, mint önindító központ ... 428
85. §. Az agy szövetszerkezete ... 432
86. §. A nyúltagy működése ... 440
87. §. A Varol-féle híd és az agykocsányok működése ... 447
88. §. A kisagy működése ... 448

Lap
89. §. Az ikertestek működése ... 450
90. §. A csíkolt testek és látótelepek működése ... 452
91. §. Az agykéreg, mint a szellemi működések középpontja ... 454
92. §. Az agykéreg egyes részeinek működése ... 462
A) Vizsgáló eljárások ... 462
B) Mozgató és érző középpontok az agykéregben ... 467
C) A szívmozgásra és hőcserére befolyó középpontok az agykéregben 476
93. §. Az agyműködések gyorsasága ... 478

III. A MOZGÁSOK ÉLETTANA. KÜLÖNÖS IZOMÉLETTAN.

94. §. Átnézet ... 484
95. §. Protoplasmamozgás ... 485
96. §. Csillómozgás ... 487
97. §. Izommozgás ... 490
98. §. Helyváltozás ... 499
99. §. A hangadó szerv szerkezete és működése ... 505
100 §. Hangképzés ... 511
101. §. Beszéd ... 515
A) Magánhangzók ... 516
B) Mássalhangzók ... 520

IV. A HŐCSERE ÉLETTANA.

102. §. Átnézet ... 524
103. §. Hőmérés ... 525
104. §. A testhömérsék ingadozásai ... 531
105. §. Hőmennyiség meghatározása ... 536
106. §. Hővesztés ... 543
107. §. Hőszabályozás ... 546

ÁLTALÁNOS ÉLETTAN.

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ, FARMACIE, ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE - TÂRGU MUREȘ
1925
GEORGE EMIL PALADE

A kolozsvári szemklinika
KÖNYVTÁRA
SZ.

1. §. Bevezetés.

Az *élettan* (physiologia) tárgyát az élő szervezetek élettüneményei képezik; tehát maga az élet. Az emberélettan feladata az ember testét alkotó részek életműködéseit felismerni és e működéseket ismert természettörvényekből magyarázni. Azon szervezet működését tanítja tehát megismerni az emberélettan, melynek a rendestől esetleg eltérő működését javítani feladata az orvosnak.

Néhány évtizeddel ezelőtt még az életet egy különös erőnek az *életerőnek* tulajdonították (vitalismus). Az akkori felfogás szerint, ez az életerő az a mi minden életműködést kormányoz és fenntart, mely azonban a halál pillanatában a természettan és vegytan romboló erőinek engedi át a tért. Azon időben a táplálkozást eléggé magyarázta a szerves alkatrészek folytonos alakváltozása. A súlytalan anyagnak tartott meleg okát az edények váltogatott összehúzódásában és elernyedésében vélték lenni; a szilárd anyagoknak egymás között és a vérrel való dörzsölődéséből fejlődött a meleg. Az izommunka erőforrását az izmok egyes részeinek egymásra gyakorlott vonzó hatásában keresték. Az idegműködést az idegekben tanyázó úgynevezett idegszellemeknek tulajdonították.

Ma az élettüneményeket a mechanika alapján törekszünk megmagyarázni. Az életet mint az élőtest részeinek mozgását fogjuk fel, mely mozgás a szervezetet alkotó parányokban egyébként is uralkodó erők kifolyása.

Döntött e tekintetben különösen az a tapasztalat, hogy minél mélyebbre hatolunk a szervezetek életműködésének ismeretében, annál több és több olyan élettüneményt tudunk mechanikai alapon megmagyarázni, melynek okát adni azelőtt nem voltunk képesek. Az óriás haladás, melyet az élettan épen azon idő óta tett, a mióta az élettüneményeket mechanikai alapon megmagyarázhatóknak tartjuk a physiologiában, maga már eléggé indokolja a vitalisticus álláspont felhagyását, mely utóbbi legfeljebb akkor nyerhetne jogosultságot, ha a szervezetek életműködéseinek teljes ismerete mellett kitűnnék, hogy az anyagi részek tökéletesen ismert mechanikai erői csakugyan elégtelenek az észlelt

élettünemények előidézésére. E ponttól azonban ma még igen messze van a physiologia.

Míg az élettanban kizárólag a vitalismus uralkodott, addig a megfigyelést és kisérletezést a legtöbb életbúvár szükségtelennek, méltóságán alólinak tartotta. Most, midőn mindinkább meggyőződünk arról, hogy az élő szervezetekben ugyanazok az erők szerepelnek mint a holt természetben, a megfigyelést és kisérletezést tartjuk az élettan alapjainak. E tekintetben pedig, a különböző állatokon észlelhető életműködések azonosságának felismerése volt kiválóan áldásdús az emberélettan fejlődésére.

Az élettan már kezdettől fogva az alsóbb rendű lényeken gyűjtötte positiv ismereteit, az ott nyert tapasztalatok után vonta következtetéseit az ember szerveinek működésére is. Így Galenus már (131—201 Kr. e.) állatokon figyelte meg a n. vagus befolyását a szívmozgásokra, a légzésre és hangképzésre. Harvey is, élőállatokon éveken át folytatott vizsgálatai alapján jutott a vérkeringés korszakot alkotó felfedezéséhez. Később Haller, Bichat, Magendie, Flourens, Charles Bell, Johannes Müller és kortársaik s a jelenkor physiologusai mind hasonló uton haladtak, illetőleg haladnak ma is. Hogy pedig a búvárok helyes irányban indúltak, midőn tudva, vagy nem tudva, feltették azt, hogy az emberi test élettünemények azonosak az állatokon észlelt élettünemények azonosak az állatokon észlelt élettüneményekkel, hogy az életműködések itt is ott is ugyanazon természettörvénynek hódolva folynak le, ezt az élettan ma lépten nyomon igazolja.

Az azonos eredet elve, melyet Darwin teljes érvényre emelt, kimutatta, hogy a növény- és állatország eredete nagyon kevés őslényalakra vezethető vissza, mely őslények ivadékai különböző irányokban tökéletesbülve a jelenkori élőlényekké váltak.

Az életviszonyok szerint, melyek között valamely állat él, ennek egyes tulajdonságai jobban fejlődnek ki, mások fejlődésükben hátramaradnak. Ez így megy nemzedékről nemzedékre és hosszabb idő múlva az ősöknél bizonyos tekintetben tökéletesebb faj keletkezik. E mellett szól a paläontologia. A föld rétegeiben talált kihalt szervezetek maradványai tudniillik a fajok folytonos szaporodását, valamint az egyes állatfajok mind tökéletesebb kifejlődését bizonyítják. A gerinczes állatok közül a legmélyebb földrétegekben csak alsóbb rendű halak maradványai találhatók, magasabb rétegekben már tökéletesebb kifejlődésü halak, kétéltetűek, hüllők, madarak és végre az emlősök maradványai is előfordúlnak. Az ember maradványai csak a föld legfelületesebben

fekvő rétegeiben lelhetők; ezek közül is a felületesebb és így ifjabb rétegekben talált maradványok a jelenkori emberhez hasonlóbbak, mint a mélyebb földrétegekből nyert töredékek.

A szerves lények tehát a földön mind tökéletesebbek és többfélék lettek. Egyszerűbb szervezetekből tökéletesebbek fejlődtek.

A paläontologia adatai nem bírnak ugyan ezen tekintetben teljesen kielégítő bizonyító erővel, mert nem képeznek egy folytonos egészet, hiányoznak bennök az átmeneti alakok, melyek az összetettebb és egyszerűbb élőlények közt az összekötő kapcsot képezik: ezen hiányt azonban pótolva találjuk a fejlődéstan terén tett azon tapasztalat által, mely szerint minden egyes egyén ébrényi életében mintegy ismétlődnek a fejlődés azon mozzanatai, melyeken az egyes fajok sok évezreden keresztül átmentek.

Az egyes állatok egymáshoz hasonló petékből fejlődnek, a jellegzetes szervek csak a fejlődés folyamán képződnek ki. A pete, melyből az ember fejlődik, egyszerű sejt, melyen a többi emlős állat petéitől különbséget felismerni nem lehet. Az állati pete tovább fejlődése alatt képződő csirlevelek csak a legalsóbb rendű állatok-, a protozoáknál hiányzanak; minden többi állat, az embert sem véve ki, csirlevelekből fejlődik. A hol pedig a fejlődés tovább megy, ott kivétel nélkül azt lehet találni, hogy a mely csirlevélből képződnek az egyes szervek az egyik állatnál, ugyan abból származnak minden többi állatnál és az embernél is.

Az ember és minden gerinczes ébrény alkata, fejlődésének bizonyos időszakában, a kifejlett amphioxus lanceolatushoz, a jelenleg élő legalsóbb rendű gerinczeshez hasonlít. Az ébrény fej és agy nélküli egyszerű törzsből áll, végtagjai nincsenek, rajta nyakat, mellet és altestet megkülönböztetni nem lehet. Az egyes szervek a fejlődés további korszakában jönnek létre. Ezek közül az emberébrény szíve például kezdetben orsó alakú tömlő, mely később *S* alakúlag meghajlik, majd haránt megszűkülés által két részre — szívpitvarra és szívgyomorra — oszlik, s ilyenkor e szív a halak szívének felel meg. Tovább fejlődése alatt a szívpitvart egy hosszirányban fejlődő válaszfal jobb és bal pitvarra osztja, midőn az emberébrény szíve hasonló a kétéltűek, például a béka kifejlett szívéhez. Végre az ütőértörzs, valamint a szívgyomor is ketté válnak, keletkezik a jobb és bal szívgyomor, a tüdőütér, meg a függőér; ez aztán már a kifejlett ember szíve.

A mi a központi idegrendszert illeti: az ébrénynek az amphioxuséhoz hasonló egyenes velőcsöve elől eső végén kitágúl, hólyag képződik

ottan, mi által az agy a gerinczagytól elkülönül. A fejlődés ezen állapotában megfelel az emberébrény központi idegrendszere a cyclostomák központi idegrendszerének. Ezen egyszerű agyhólyag, haránt befűződések által, egymásután következő három hólyagra oszlik; majd ezek közül aztán az első és a harmadik további befűződések által újból két-két hólyaggá lesz, úgy, hogy egymás után következő 5 agyhólyag alakúl, melyekből az agy egyes részei fejlődnek ki, és pedig mindannyi gerinczes állatnál, az embert is ideértve, mindegyik hólyagból ugyanazon agyrész; eltérések egyedül az egyesek kifejlődési fokára nézve fordúlnak elő.

Végre, az összehasonlító boncztan- és szövettanból nemcsak az tűnt ki, hogy az ember szerveinek többé-kevésbé megfelelő szervei a többi gerinczes állatnak is vannak, hanem ezen kívül az is, hogy az azonos szervek állatoknál és embernél ugyanazon szöveti elemekből vannak felépítve; sőt némely szövetek, mint a csontszövet, a kötőanyagok különböző fajai, a hámszövetek, izomszövet, edényszövet és idegszövet egymással annyira megegyeznek, hogy külön-külön vizsgálva a legtöbb esetben lehetetlen megismerni, vajjon a vizsgált szövet embertől, vagy valamely más emlősállattól van-e véve.

Ez azonos eredetnek, egy terv szerint alkotásnak, mint a búvárok egyhangú tapasztalatai bizonyítják, azonos életműködés is felel meg. Különbség csak annyiban van, mennyiben az egyes szervek szerkezete az alsóbb rendű állatoknál egyszerűbb, minek megfelelőleg ezek életműködésének feltételei is könnyebben felismerhetők.

Az azonos életműködés felismerése egyetemes vizsgálati elveket honosított meg. Kitűnt, hogy csak egyféle élettan létezik, hogy tehát midőn az emberi test szerveinek életműködéseire vonatkozólag azon természettörvényeket kutatjuk, melyeknek ezek alávetve vannak, helyesen járunk el, ha hozzáférhetőbb alsóbb rendű lényeken szerzett ismeretek alapján tesszük azt.

2. §. Élettünemények.

Az élet fogalmát meghatározni már sokan megkísértették anélkül azonban, hogy eddigelé rövid és mégis kielégítő fogalomhatározást megállapítani sikerült volna.

Midőn újabban az életet mint az élő test részeinek mozgását fogjuk fel, evvel csak azt mondjuk, hogy mozgás nélkül élet nincsen, nem pedig, hogy minden mozgás élet, vagy hogy minden mozgó test egyszersmind él; mozgást tényleg nem élő testek és részeik is végezhetnek

és végeznek is. A mozgások azon összegét, melyet életnek nevezünk, egyelőre egyedül ama tünemények felsorolása által vagyunk képesek jellemezni, melyeket élő szervezeteken megfigyelni alkalmunk van, melyek nem élő testeken jelen nincsenek és melyeket azért *élettünemények*nek nevezünk.

Ha hosszasabban állott vízből egy cseppet tárgyüvegre teszünk s ezt fedőüveggel befedve górcső alatt megvizsgáljuk, abban a legtöbb esetben azon legegyszerűbb élő szervezeteket fogjuk megtalálni, melyeket *amoebák*nak nevezünk. Az amoebák többnyire csak lágy kocsonya összeállású *protoplasmából* állanak; azon legegyszerűbb anyagból, mely az élő testek alkotásában kiválóan részt vesz. A protoplasma (bioplasma vagy sarkode) igen összetett vegyületeknek keveréke, majd folyó, majd kocsonyaszerű összeállás mellett több-kevesebb szilárd szemcsét tartalmaz, melyek részben a protoplasma tömegében fel is oldódhatnak. A protoplasma szétdarabolható és minden része protoplasma marad; az élő protoplasma tehát még nem élő egyén.

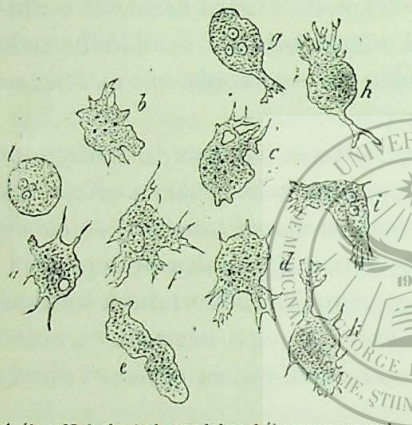
E protoplasmának nevezett anyag alkotja tehát az amoebát mint élő szervezetet. Az amoebában a protoplasma közt gyakran már kerek vagy tojásdad alakú, nem ritkán hólyagszerű *magot* (nucleus) és ebben szemcsés *magocskát* (nucleolus) lehet találni, melyeknek a protoplasmától sok tekintetben eltérő tulajdonságai vannak. Előfordulnak továbbá az amoebák testében összehúzódó hólyagcsák, úgy nevezett *vacuolák* is. Az amoebának e szerint bizonyos szerkezete van és egyszerű alkata mellett már élő lényt képvisel.

Az amoebákhoz sok tekintetben hasonlók a minden gerinczes és a legtöbb gerincztelen állat vérében előforduló úgynevezett *fehérvérsejtek* (leukocyták). Ezeket is számos, a fényt erősen törő, szemcséket tartalmazó protoplasmatömeg alkotja, belsejökben egy vagy több magot lehet felismerni és mint az amoebákat, e fehérvérsejteket sem veszi hártya körül.

Ez egyszerű szervezeteknek tehát az amoebáknak vagy fehérvérsejteknek, megfigyelése a górcső alatt, legalkalmasabb feltárni előttünk az élettüneményeket a lehető legegyszerűbb alakjokban. Minthogy pedig a fehérvérsejtek hozzánk közelebb állanak mint az amoebák, azok fonalán akarjuk az élettüneményeket megismerni tanúlni. Legjobb e czélra békából vett nyirkot vagy vért használni; lehet azonban saját vérünkből is egy cseppet venni, csak hogy ez esetben gondoskodnunk kell arról, miszerint e vér hőmérséke a górcső alatt is testünk hőfoka magasságán megmaradjon.

Ha a tárgyüvegre adott, nyiroksejteket tartalmazó nyirok vagy vér közé, finom porrá tört festőanyagszemcséket, például karmin- vagy cinoberszemcséket keverünk: nem sokára látni fogjuk, mint veszik be saját testük állományába e szemcséket a fehérvérsejtek. De valamint az általunk látható színes szemcséket magukba befogadják a fehérvérsejtek, épen úgy beveszik az oly anyagokat is melyeket saját szükségükre felhasználni képesek és azokat aztán protoplasmájuk közvetlen alkatrészévé átalakítják. Ez élő elemi szervezetek tehát *táplálkoznak*; ez egyik élettünemények.

A táplálkozás azonban alakváltozással is jár. Az elhalt fehérvérsejt teke alakú; nem ilyen az élő. Midőn a sejt festékszemcséket, vagy esetleg vörösvérsejttörmeléket, magába bevenni készül, akkor egy vagy több nyulványt bocsát ki magából, melyek a szemcséket mind jobban jobban utóljára egészen körül ölelik: így jut a felvett anyag fehérvérsejt belsejébe. Az élő sejtek ezen kívül még igen sokféle alakot vesznek fel. Néha a sejt egészen ellapul, hosszú fonalszerű nyulványokat bocsát ki, melyek az eredeti sejt rovására nőnek s így lassan az egész sejt odajut el, a hol azelőtt csak nyulványának vége volt. A sejt tehát helyét változtatja. Könnyen lehet a sejtek e mozgásképességéről meggyőződni, ha Ranvier ajánlatát követve kis darabka bodzafabelet teszünk valamely békának bőralatti nyiroktömlőjébe. A bodzafabél nagy sokszögű sejtjeiben tudniillik 24 óra mulva számos bevándorlott fehérvérsejtet lehet találni.



1. ábra. Nyiroksejtek egy lobos békaszem csarnokvizéből: *a—k* élénk amoebaszerű mozgásban; *l* nyugalomban; *e* oszlási alak (Mihálkovics G. szerint).

Azon körülmény folytán, hogy az amoebák is hasonló mozgást végeznek, a fehérvérsejtek imént jelzett mozgását amoebaszerű mozgásnak nevezik. Ez amoebaszerű *mozgás* tehát az elemi szervezetek egy második élettünemény (1. ábra).

Elhaló s már nem mozgó fehérvérsejtek 30—35°-ra felmelegítve újból igen élénken kezdenek mozogni, mi arra mutat, hogy e fehérvérsejtek meleg által ingerelhetők. Hasonló áll az amoebákról. E lények is a mondott körülmények között mozgásnak indúlnak, sőt ha csak idegen testtel érintkeznek is, már is mozogni kezdenek. Mindez, és maga

az a körülmény, hogy a fehérvérsejtek és amoebák a közelükben levő anyagrészek felé nyújtványokat bocsájtanak, ez elemi szervezetek *érzőképességének* bizonyos foka mellett tanúskodik.

Egy további nevezetes élettüneményt lehet látni a nyiroksejteken ha egy nyirokcseppet úgynevezett nedves kamarába helyezünk, a melyben, ha azt fedőüveggel befedjük, a nyirokcsepp körül még kevés levegő is marad vissza; a fedőüveg szélét aztán paraffin-nal zárjuk még körül, ne hogy a bennfoglalt levegő közé kivülről új levegő vegyülhessen. Ha a készítményt ily előkészítés után egy napon át állani hagyjuk, akkor a csepp közepén gömbölyű nem mozgó sejteket látunk, szélén, tehát a befoglalt levegő közelében, a sejtek még frissek, életben vannak és elég élénken is mozognak. Feltűnő továbbá még az, hogy sokkal nagyobb számmal találunk sejteket a csepp szélén mint közepén. A sejtek tehát a levegő felé vándorolnak és ennek közelében életképességüket is sokkal tovább tartják meg. Levegőre van tehát a sejtnek szüksége, hogy életben maradjon. Sőt mint a további vizsgálatból kitűnik, nem közönyös a sejt életére nézve az sem, hogy milyen légnemű anyaggal áll a nyirokcsepp érintkezésben. Szénsav s más gázok előbb-utóbb megölik, egyedül az éleny az, a mi a sejteket életképes állapotban megtartja. Ez a tapasztalat, kapcsolatban ama körülménynyel, hogy a fehérvérsejtek kivülről felvett anyagokkal táplálkoznak, azokban végbemenő egy további élettüneménynek, az *anyagcserének* jelenlétéről tesznek tanúságot.

Végre az egyszerű élő szervezeteknek egy élettüneményeként ismerték fel még a *szaporodást* is. Kitartó vizsgálat mellett sikerült tudniillik látni a fehérvérsejt magvának oszlását. A sejttest oszlását közvetlenül senki sem észlelte ugyan, de tekintettel a magoszlásra ez kétségbe nem vonható. Az amoeba teste is, midőn eléggé megnőtt, két vagy több részre oszlik, melyek közül azután mindegyik mint külön amoeba él tovább.

A *mozgás, érzés, a táplálkozás az egesz anyagcserével* és a *szaporodás* tehát azon tünemények, melyeket a legegyszerűbb szerkezetű élő szervezetekben is megfigyelni lehet, s így ezeket azon szervezetek jellemző élettüneményeinek mondhatjuk.

Az élettünemények, a mint azt később ki fogjuk mutatni, mind vegyi erőből származnak. Az élő protoplasmában ez erő felszabadúl és miután az illető élettünemény előidézésére szolgált elhagyja a protoplasmát; így foly az örökös erőfelszabadulás egészen a halál beálltáig és szolgál mind ama mozgások létrehozására, melyeket az élet fogalma alatt összefoglalunk.

Hogy e tekintetben előlegesen is némi áttekintést nyerhessünk, e czélra szükséges, miszerint az ember testét alkotó morphologiai és chemiai alkatrészek iránt előre is már némi tájékozást szerezzünk.

I. A szervezet morphologiai alkatrészei.

3. §. A sejt.

A növények és állatok teste górcső alatt felismerhető elemi szervezetekből, a sejtekből van felépítve (Schleiden 1838 és Schwann 1839). A sejtek a növény és állat azon legkisebb alakelemei, melyek alkalmas viszonyok között önálló életet folytatni képesek. Az állati sejt lényeges alkatrészei a *sejttest* és az ezáltal bezárt *sejtmag* (nucleus).

A *sejttestet* az általunk már ismert szívós folyékony vagy kocsonyaszerű összeállású protoplasma alkotja. A protoplasma anyaga finoman szemcsézett. Újabban némelyek (Frommann, Heitzmann, Flemming és *mások)* erős nagyítás mellett észlelt hálózatot írtak le benne, azonban nehéz eldönteni, vajjon e hálózat a protoplasma bizonyos állandó szerkezetének kinyomata-e, vagy talán csak a protoplasma egy bizonyos állapotának felel meg. Sok sejt testében a protoplasmán kívül még festékszemcséket, jegeczeket, zsírcseppeket és egyebeket is lehet találni. A protoplasma egyáltalában, a sejt feladatának megfelelőleg, igen kiterjedt változásoknak van alávetve.

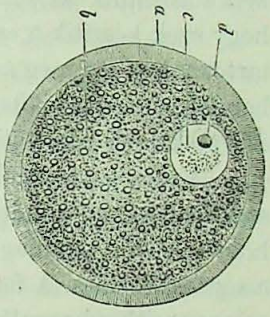
A *sejtmag* tömörebb összeállású mint a protoplasma. Élő sejtben a szemcsés állományú sejttesten keresztül sokszor nem lehet kivenni a sejtmagot, de ez előtűnik, mihelyt a sejtprotoplasmát igen híg savakkal átlátszóvá tesszük. Ilyenkor a mag többnyire mint a sejttest közepén, vagy központján kívül fekvő, élesen határolt hólyagcsa tünik fel. Minden fiatal sejtnek van magja.

Csak a legalsóbb rendű állatkákról (protistákról) tünt ki, hogy azokat a sejt jelentőségével bíró magnélküli protoplasma alkotja; az ilyen magnélküli sejteket *cytodák*nak nevezik. De ott is, a hol fiatal korban a sejtmag jelen van, mint a magasabb állatok testét alkotó sejtekben, sok esetben eltűnik az később. A sejtmag belsejében előforduló egy, vagy több, élesen határolt gömböcskét *magocskának* (nucelolus) nevezik. Egyébként a mag állománya szintén szemcsés, illetőleg át van járva finom hálószerűen elrendeződő szálakkal, melyeknek hurkait folyóanyag tölti be. A legtöbb sejtmagot kettős körvonalú maghártya veszi körül.

A sejttesten, a magon és magocskán kívül némely sejten még *sejthártya* is fordul elő, mint annak rendes alkotórésze. A fiatal sejteknek majdnem kivétel nélkül nincsen sejthártyájuk. Idősebbeken is többnyire megtömörült protoplasma réteget, nem pedig sejthártyát lehet találni. A hol jelen van, ott a kettős körvonalakról ismerhető feli s úgy tűnik elő mint egyszerű alkatnélküli hártya. Némely petesejten a sejthártyán keresztül finom likacsok vezetnek a sejtprotoplasmába.

Mind ez említett sejtrészek igen szépen ki vannak fejlődve és könnyen felismerhetők a petesejten, azon sejten tehát, melyből a fejlődés folyamán minden többi sejt és az egész állat vagy ember fejlődik (2. ábra).

A petesejt, valamint a fehérvérsejt is gömbalakú és így van az a fejlődés első idejében valamennyi ébrénysejttel is. A kifejlett egyénben azonban, a feladat szerint, melyet valamely sejt teljesíteni hivatva van, a sejtek alakja és nagysága igen változó.



2. ábra. Érett házinyúlpete Graaf-féle tüszőből: *a* peteburok (Zona p.); *b* peteszék (sejtprotoplasma); *c* csirhólyag; (sejtmag); *d* csirfolt (magocska) (Mihálkovics G. szerint).

A sejtek, élettani jelentőségüket illetőleg, mint elemi szervezetek, képesítve vannak mind azon életműködésre, melyeket az amoebák és fehérvérsejtek élettünemenyeiként felismertünk. A protoplasma nevezetesen azon része a sejtnek, melyben a legtöbb életműködés lefoly. A benne végbemenő változások a mozgástünemenyeknek okai; itt találjuk az anyagcsere terményeit; ha a sejt nő, különösen protoplasmája gyarapodik. A sejtmag a sejtek szaporodásánál működik közre, egyéb jelentősége a sejt szervezetében ismerve nincsen. A sejthártya ott, a hol van, a sejtállományt tartja össze. A kifejlett egyénben azonban a sejtek több csoportba vannak elrendeződve, mely csoportok mind más és más életműködésnek szolgálnak, mialatt a többi életműködés bennök csak alárendelt szerepet visel.

A sejteknek egy nagy része összehúzódó és vándorolni képes mint az ameoba (vándorsejtek). Mások ugyan nem változtatják helyüket meg, de összehúzódásuk által mozgásba tudnak hozni egész testrészeket (izomsejtek, izomrostok). Ismét mások mozgásra szolgáló sajátszerű nyujtványokkal vannak ellátva (csillószőrös sejtek, spermatozoák). Mind eme sejtek az életműködések egyikének, a mozgásnak szolgálnak kiválóan.

A sejteknek egy másik csoportja meg ingerlékenysége által tünik ki; benne az érzések, a szellemi működések székhelyére ismert a physiologia. Ezek az idegsejtek.

A táplálkozás és anyagcsere minden élő sejtnek közös tulajdonsága ugyan, de vannak olyan sejtek is, melyeknek különös feladata az egyén anyagcseréjéről gondoskodni. Igy készül bizonyos sejtekben azok protoplasmájából olyan anyag, a melyre az emésztésnél lényegesen szükség van (nyálmirigy-, gyomormirigysejtek stb.); más sejtek meg a megemésztett tápanyagoknak a bélben felszívódásáról gondoskodnak (bélfelhám). A felszívódott anyagokat a vér viszi a testben minden felé, benne vannak az úgynevezett vörösvérsejtek, melyek a levegő élenyét a tüdőkben megkötik és a vérrel együtt mindenüvé elhordják a hol csak a testben élenyre szükség van. Ugyancsak az anyagcserét közvetítő sejtekhez kell soroznunk az emlőben a tejet elválasztó mirigysejteket is, minthogy ezek készítik a csecsemő táplálására szükséges tápanyagokat. Ide tartoznak végre még azok a sejtek, melyek az élet folyamán képződött bomlástermékek kiüszöböléséről gondoskodnak (például a vese húgycsövecskéinek hámsejtjei).

Külön sejtek szolgálnak a szaporodásra is. Életének bizonyos időszakában ugyan mindegyik sejt képes szaporodni. Szaporodik pedig úgy, hogy először a sejtmag válik két egyenlő részre, ezt követi aztán később a sejttest oszlása. A fiatal sejt aztán sejtanyag felvétel által tovább nő és az anyasejthez hasonló sejtté lesz, növése közben pedig úgy változik meg, a mint azt az egyén testében való rendeltetése magával hozza. De új egyént létrehozni csak a petefészekben és a herében fejlődő bizonyos sejtek képesek; némely állatnál a petesejt egymaga is elegendő ezen czélra.

Ilyen sokoldalú külön működéssel bíró sejtekből alkotott szervezetnek a részeiket összetartó anyagra és szilárd vázra, valamint takaró és védő készülékre van szüksége. Mind e feladatokat szintén külön e czélra fejlődött sejtek és azok által szolgált egyéb anyagok teljesítik.

A jelzett életműködéseknek megfelelőleg a sejtek, alak, nagyság, szerkezet valamint vegyi alkat szerint is különbözők.

Azonos életműködésnek szolgáló sejtcsoportot, ha azt sejtközti anyag vagy a sejtek közé helyezett másnemű sejtek tartják össze *szövetnek* nevezünk. Ilyen szövet, folyékony sejtközti anyaggal maga a *vér*, a *nyirok* (lympha) és a *tápnya* (chylus). Ezeken kivül pedig megkülönböztetünk: *izom-, ideg-, hám- és mirigyszövetet*, valamint ide tartoznak a *kötőszövetek* lágy és szilárd sejtközötti anyaggal.

Mind ezen sokféle sejt, illetve szövet életműködései összegének

eredménye gyanánt foghatók fel az egy egyénben végbemenő életjelenségek, ennélfogva minden élettan alapját a szöveteket alkotó sejtek és az ezekben végbemenő változások ismerete képezi.

4. §. Izomszövet.

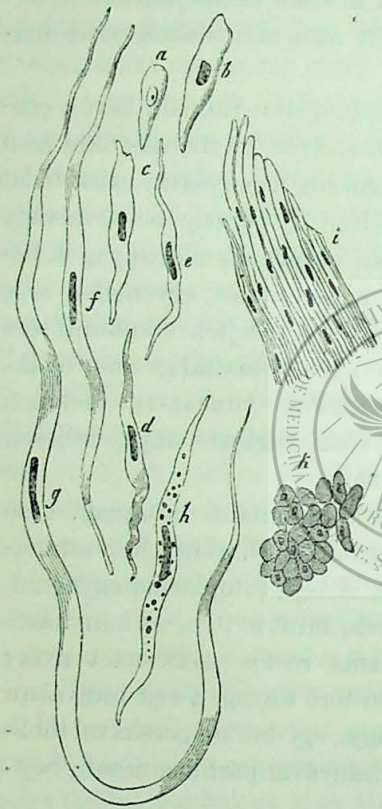
Az izomszövet aránylag igen hosszúra nyújtott sejtekből, illetőleg rostokból van alkotva, melyek feladata összehúzódó képességük által mozgást hozni létre. Megkülönböztetünk a) *síma izomsejteket* és b) *harántcsíkos izomrostokat*. A kettő között átmeneti alakok sem hiányoznak.

a) A *síma izomsejteket*, ott a hol tömegesen vannak, kevés, egészen egynemű ragasztó anyag tartja össze, azért szétbontás által igen nehezen különíthetők el. A ragasztó anyagot híg légenysavas ezüst oldat feketére színezi, 30—35 százalékos kalilúg 10 perczig behatva vagy légenysav és chlorosavas kalium keveréke oldják. Ez oldóanyagok behatása alatt azonban az izomsejtek széle kissé csipkés, egyenetlen lesz, azért legjobb úgy itt, mint egyéb szöveteknél is a sejtek elkülönítésére a mesterséges gyomoremésztést (0·3—0·5% sósavoldattal gyomor nyákhártyából készített gyomornedvvel) használni (Bikfalvi), melynek mintegy félórai behatása alatt a sejtek közti ragasztó anyag teljesen feloldódik, míg a sejtek épen megmaradnak.

Az így elkülönített síma izomsejtek különböző hosszúak, orsó alakúak, mindkét végükön hegyben végződnek (3. ábra). Keresztmetszetük körkörös; a sejt tehát kissé lapos. A sejtprotoplasma egynemű, a mag körül szemcsés, bizonyos vegyszerek, mint a 10%-os konyhasóoldat behatása alatt az egész protoplasma rostos szerkezetet nyer; egyébként positiv egy tengelyű kettősen törő anyag, a sejt irányában fekvő tengelylyel. Hosszú pálcza alakú magja, egy-két magocskával többnyire a sejt közepén fekszik a sejt hosszirányával párhúzamosan. Sejtburok hiányzik.

A síma izomsejtek általában oly testrészekben találhatók, melyeknek mozgása akaratunk befolyása nélkül történik. A bélcsőben a nyelőcsőtől kezdve véges végig előfordulnak; a légző utakban a légcső, a hörgök, sőt az egyes alveolusok falába is beterjednek; megtaláljuk a férfi és női ivarszervekben, hol kiválóan a méhben igen vastag réteget képeznek: nem kevésbbé lényeges részük van a vesemedencze, az ureterek és húgyhólyag alkotásában; fontos részei a véredények, különösen az ütőerek falának; végre síma izomsejteket találunk a szem belsejében, a lépben és a bőrben ott, a hol ez szőrökkel van ellátva (M. arrectores pili).

Átmeneti alakok a síma izomsejtektől a harántcsíkos izomrostokhoz alsóbb rangú gerinczeseknél azok szívállományában, kiválóan pedig gerincztelen állatoknál fordúlnak elő. Még inkább megközelítik a harántcsíkos izomrostokat az emlősök és az emberszivet alkotó izomrostok, melyek tulajdonképen burok nélküli, egymással receszerűen összefüggő, harántcsíkos sejtekből állanak. E sejtekből való alkotásnak megfelelőleg a szív is testünk azon szervei közé tartozik, melyeknek mozgása akaratunk hozzájárulása nélkül történik.



3. ábra. Símaizomsejtek: *a*, *b*, a fejlődés kezdetén, egy 5 Cm. hosszú disznó-ébrény gyomrából; *c*—*g* különféle hosszirányú sejtek az emberből, *h* zsírszemcsékkel; *i* sejtcsoport oldalfekvésben, *k* harántúl átmetszve (Mihálkovics G. szerint).

b) A *harántcsíkos izomrostok* hosszú hengerek, melyek haránt irányu csíkolatok által vannak jellemezve. Ha ugyanis valamely élő, összehúzódó izomrostot a többi rosttól elkülönítve górcső alatt megvizsgálunk, úgy azon váltogatva világos és sötét haránt irányú vonalakat veszünk észre. A világos harántvonalak keskenyebbek s inkább egynemű anyagból vannak alkotva, a sötétebbeket hosszirányú finom csíkolatok, egymás mellé sorakozott hosszas hasáb alakú testecskékre osztják fel (4. ábra *A*). Ennek megfelelőleg híg sósav vagy chromsav az egyes sötét vonalakat, illetve korongokat összekötő izomtartalmat oldja és úgynevezett izomkorongokra bontja fel (4. ábra *D*): híg alkohol a hasábalakú húsrészecskéket egymással összetartó anyagot oldja s az izomrost hosszú fibrillákra esik szét (4. ábra *E*); a híg alkohol hosszas behatása alatt végre az egész izomrost hasábalakú darabokra hull szét.

Ezen hasáb alakú darabok, a Bowman által úgynevezett húsrészecskék (sarcous elements), a polarisaló górcső alatt positiv egytengelyű kettőstörő tulajdonságuk által lényegesen különböznek az egyébként isotrop izomállománytól.

Kettőstörését az izom anisotrop anyagának a *polarisaló górcső* segedelmével lehet felismerni. Az ilyen górcső tárgyasztalában a diaphragma helyén egy Nicol-féle hasáb van. Feladata a rajta áteső fényt sarkítani (polarisalni), azért polarisatornak is nevezik. Egy második a górcső szemlencséje fölé helyezett Nicol a górcső tárgyasztalán fekvő tárgyon átment sarkított fény megvizsgálására szolgál, ez az analysator. Tudvalevőleg mindenik Nicol-féle hasáb csak bizonyos irányban rezgő fényt bocsát magán keresztül; azért midőn a kettőnek sarkítássikja egymással összeesik a polarisaló Nicol-on átment fényt az analysaló is átbocsátja, ellenben, ha a kettőnek sarkítássikja egymással 90°-nyi szöget képez, a fény nem megy át az analysatoron és ekkor a górcső látttere sötét. Ha, midőn a polarisaló górcső az utóbbi módon be van állítva, a górcső tárgyasztalára kettősentörő testet teszünk, például hosszában tárgylemezre fektetett harántcsíkos izomrostot, akkor a sötét láttér a kettősentörő anisotrop izomrészeknek megfelelőleg világos lesz. Ha pedig nem hosszában fektetjük az izmot, hanem izomkeresztmetszeteket teszünk a górcső alá, a láttér nem világosodik fel; ezen irányban tehát az izom nem kettőstörő. Azon irányban, melyben a kettősentörő testen átmenő fény kettőstörést nem szenved, fekszik azon test optikai főtengelye; a harántcsíkos izom főtengelye tehát az izom hossza irányával esik össze, minthogy pedig az izomnak csak egy ilyen iránya van, azért mondjuk az izom anisotrop anyagát egy tengelyű kettőstörőnek.

Kettőstörő testeknél a két sugár közül, melyekre a rajta áthaladó egy sugár töretik, az egyiket rendesen, a másodikat rendkivülien tört sugárnak nevezzük és a kettőstörő testet negativ kettőstörőnek, ha a rendesen tört sugár, positiv kettőstörőnek pedig, ha a rendkivülien tört sugár töréstényezője a nagyobb. Izom anisotrop anyagánál a rendkivülien tört sugár töréstényezője nagyobb lévén a rendesen tört sugár töréstényezőjénél, az *positiv egy tengelyű kettőstörő anyag.*

Azon különbség, mely a sötét és világos helyek közt a polarisaló górcsőben a jelzett eljárás mellett feltünik, még szembetünőbbé tehető a chromaticus polarisalás segedelmével, ha fedőlemez helyett csillám vagy gypsz lemezzel fedjük be az izomrostot.

Azon tapasztalat folytán, hogy az izomrost optikai állandói az összehúzódás alatt nem változnak, Brücke arra a következtetésre jutott, hogy mindegyik húsrészecske sok apró kettősentörő testecskéből van összetéve, melyeket disdiaclastoknak nevezett el. Brücke e következtetése mellett felhozza azon általa észlelt tüneményt is, mely szerint, ha élő izmot lepárolt vizbe vetünk, úgy elhalt rostjainak végein, melyek a lepárolt víz behatásanak leginkább ki voltak téve húsrészecskék nem láthatók, ezek kettősen törő finom ezüst szürke tömecskékre estek szét. Vajjon e tömecskék a disdiaklastok, vagy ezeknek kisebb csoportjai-e, még kérdéses.

A kettősentörő izomtömecskék összehúzódáskor, valamint egyéb — más helyen részletesebben tárgyalandó — befolyások alatt, különféleképen rendeződnek; innen vannak azon különböző képek is, melyeket egyes szerzők a harántcsíkos izomroston láttak és leirtak. Igy nem

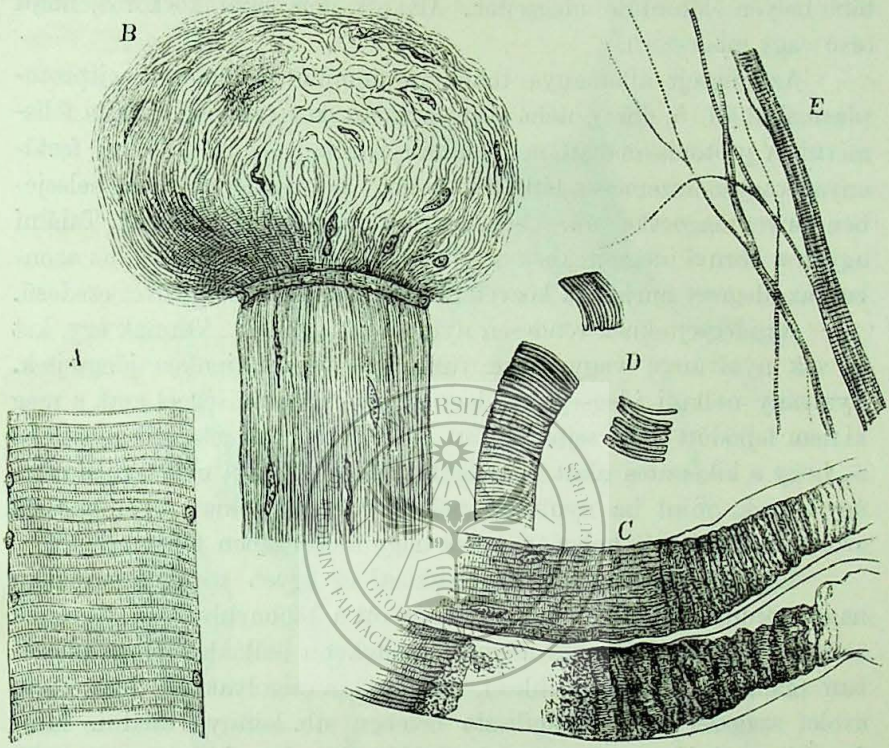
ritkán találni a világosabb isotrop anyagon haránẗúl huzódó finom csíkot, mely azon állományt kétfelé osztja. Ezen csík az izomrost egész vastagságán végig terjed, kettősentörő anyagból áll, mely egyszerű fényben finom szemcsékből alkotottnak bizonyul. Krause, ki e csíkot először leírta, azt *alaphártyának* nevezi. Szerinte minden kettősentörő anisotrop réteget, az előtte és mögötte levő isotrop anyag felével együtt, egy az alaphártya által képezett rekesz zárja be. Sőt Krause szerint e rekeszeket még apróbb rekeszekre osztják olyan hártyák, melyek az egyes húsrészecskék közt egyik alaphártyától a másikhoz vezetnek. Csaknem ugyanazon időben midőn Krause közleményét közzétette Hensen az anisotrop anyagban általa látott, világosabb csíkról tett említést, melyet ő középkorongnak nevezett el. Majd Merkel, Engelmann még más csíkokat is irtak le; nevezetesen a Krause-féle alaphártya két oldalán két mellékcsíkot.

Mind e csíkolatok az anisotrop anyag részecskéinek — a disdiaklastáknak vagy azok csoportjainak — módosult elrendeződéséből erednek. Hogy itt nem praeformált hártyákkal van dolgunk, erre utal az a körülmény, hogy a csíkolatok ugyanazon izom rostjain, sőt egy roston is különböző elrendeződésben találhatók, s hogy optikai és chemiai tulajdonságaikban a húsrészecskékkel megegyeznek; továbbá e mellett szól Kühne azaz észlelete, hogy élő izomrost bennékében az egyes húsrészecskék közt filariát látott szabadon úszni anélkül, hogy valami szakadás látszott volna az izomcsőben, vagy hogy a filaria előhaladása közben mögötte hézag maradt volna vissza; valamint bizonyítja azt azon általam észlelt tény, hogy élő békaizomrost egész bennékét kiömleni láttam, midőn egy alkalommal az izomrost burkát bontótűvel beszakítottam.

Az isotrop és anisotrop anyagon kívül az izomrostban még számos hosszúdad mag is van elszórva; kivált könnyen előtünnek e magvak híg eczetsavval való kezelés után (4. ábra *B*). A magvak mind hossztengelyükkel az izomrost hossza szerint feküsznek. Gyakran még az eredeti sejtprotoplasma egy kis visszamaradt része van a magvak körül, mely különösen a magvak végein nagyobb mennyiségben szokott jelen lenni.

Mind e részeit a haránẗcsíkos izomrostnak egy alaktalan üvegszerűen átlátszó ruganyos hártya, a sarcolemma zárja körül (4. ábra *C*). E hártya alaktalan voltánál fogva csak akkor látható, ha az izomrost állománya megszakad, vagy ha a sarcolemma és izomállomány közé víz szivárog be; a mi például könnyen megtörténik akkor, midőn az izomrostot egy ideig 0·6% konyhasóoldatban áztatjuk.

Miként a síma izomsejteket ragasztó anyag tartja össze, úgy fűzi össze az izomban a harántcsíkos izomrostokat is egy egészszé egy külön e czélra rendelt kötőszövet.



4. ábra. *A.* Izomrost hydrophylus piceusból, 1% konyhasóoldatban hevenyében kikészítve.
B. Békaizomrost ecetsavval kezelve.
C. Két békaizomrost konyhasóoldatnak hosszas behatása után; a zsugorodott bennék a sarcolemmatól elvált.
D. Chromsavban keményített izomból vett izomrost; látni lehet mint lazúl az összefüggés az izomkorongok közt.
E. Alkoholban tartott proteus anguinus izmából készítmény. Az izomrost rostocsokra való szétesésben (Toldt szerint).

5. §. Idegszövet.

Az idegrendszer alakelemei *sejtek* és *rostok*. A sejtek az idegrendszernek azon központi részei, melyektől az impulsusok kiindulnak vagy a melyekhez, mint végpontokhoz, a peripherián megindított impulsusok eljutnak, míg a rostok a vezető utak. Az idegsejtek és idegrostok azért közvetetlenül is összefüggnek egymással.

a) *Az idegsejtek* a legváltozatosabb nagyságban és alakban fordúlnak elő. Az emberi test legnagyobb sejtjei közé tartoznak a gerinczagy mellső szarvaiban található idegsejtek, ellenben aránylag igen kicsinyek a gerinczagy hátsó szarvaiban, valamint a nagyagy és kisagy több helyén előforduló idegsejtek. Alakjuk gömbölyű, körkörös, majd orsó vagy loborszerű.

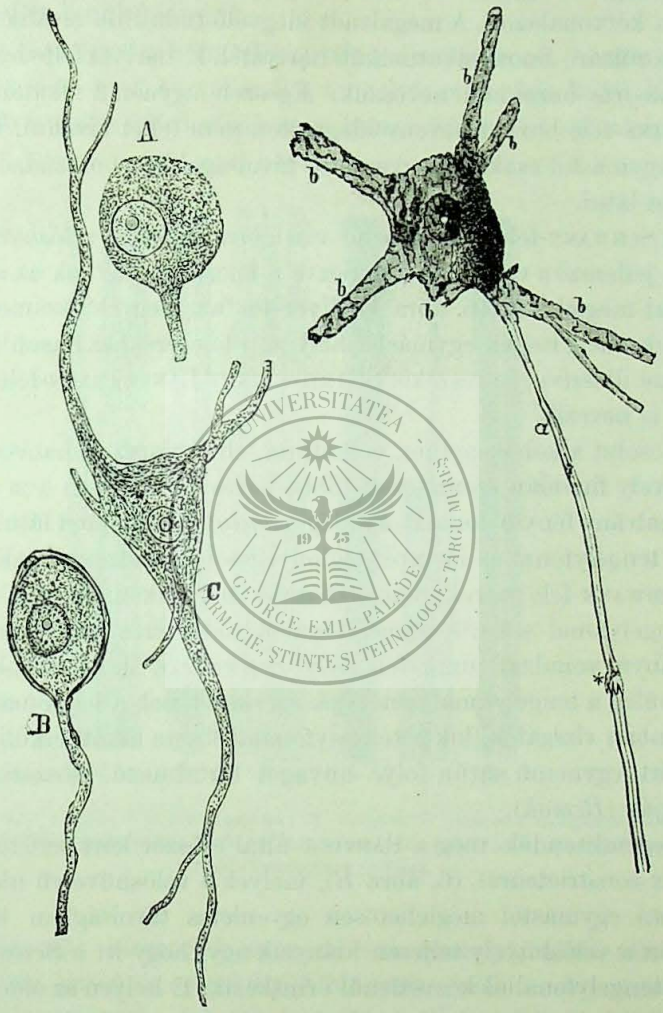
Az idegsejt állománya többnyire finoman szemcsézett sejtprotoplasmából áll (5. ábra), néha rostocskás szerkezetet is lehet rajta felismerni. A protoplasmában nem ritkán barna vagy sárga színű festőanyag vagy zsírszemcsék láthatók. A nagy hólyagszerű sejtmag belsejében fényes magocska van. A sejthártya tulajdonképen hiányzik. Találni ugyan a környi idegsejtekben a sejt körül sok magvú burkot, az azonban az idegrost burkának közvetetlen folytatása és kötőszövet eredésű.

Az idegsejteknek rendesen nyulványai vannak. Vannak egy, két és sok nyulványu vagy sarkú (uni-, bi- és multipolar) idegsejtek. Nyulvány nélküli idegsejteket legnagyobb valószinűséggel csak a még ki nem fejlődött fiatal sejtek között lehet találni; megeshetik ugyan az is, hogy a kikészítés alatt leszakadtak valamely sejt nyulványai és ez úgy látszik, mint ha nyulvány nélküli idegsejt volna; ilyen esetben azonban a szakadás helye az esetek nagy többségében felismerhető.

Egysarkú idegsejtek a csigolyaközti és egyéb környi dúczokban nagy számmal fordúlnak elő, úgy hogy ott a többnyulványu idegsejtek aránylag ritkák. Két nyulványú idegsejteket a hallóideg pörge dúczában (ganglion spirale cochleae), halaknál a csigolyaközti dúczokban, axolol szagszervében, földigiliszta belében stb. könnyű találni. Minden központi idegrendszerben levő idegsejt soknyulványu vagy több sarkú. E nyulványok között vannak egészen egynemű erősen fénylő nyulványok, melyek a dúczsejt testéből egy megvastagodással erednek és a környék felé vezető idegrost tengelyfonalává lesznek. A soknyulványú idegsejtnek ilyen tengelyfonal nyulványa csak egy van. A többi nyulványon hosszában finom csíkos szerkezet látszik; a csíkolatok közt apró szemcsék egész sorozatai vannak a sejtprotoplasmában. E nyulványokat protoplasma-nyulványoknak nevezik. Faágszerű elágazódás folytán finom rostocskákra oszlanak fel, melyek legnagyobb valószínűséggel idegfonatokat képeznek; az idegfonatok szálainak egy része az egyes idegsejteket köti össze egymással, egy másik részök pedig erősebb idegtörzsökké egyesül és tovavezető idegrosttá lesz.

b) *Az idegrostok* az idegnyulványok közvetetlen folytatásai, fonalszerű képletek, egyszerű vagy összetett szerkezettel, úgy azonban, hogy

egyes idegrost lefutása közben is megváltozhatik szerkezetében: míg például egy helyt az egyszerű szerkezetű idegrostokhoz tartozik, addig máshelyt a legösszetettebb idegrostok szerkezete lehet.



5. ábra. *A.* Dúczsejt a béka Gasser-féle dúczából rövid nyulvánnyal.
B. Dúczsejt békasympathicusból.
C. Soksarkú idegsejt embergerinczagy mellső szarvából.
D. Nagy soksarkú dúczsejt ökör gerinczagyából: *a* tengelyfonalnyulvány; *b* protoplasmanyulványok (Toldt szerint).

A legösszetettebb szerkezetű idegrostok a *velőshüvelyű idegrostok* (6. ábra *a*). Épen leölt állat valamely idegét szétbontva könnyen aka-

dunk ilyen velőshüvelyű idegrostra. E rostok elhalás előtt síma, zsírszerűen fénylő szalagokként tünnek fel, mely szalagokon valamely szerkezetet felismerni nem lehet. Elhalás után azonban az idegvelő megalvad, az idegrost egyenetlen, hol vékonyabb, hol vastagabb lesz, széle kettősen körvonalazott. A megalvadt idegvelő tudniillik elválik az idegrostot körülzáró finom alkatnélküli hártyától. E hártyát felfedezője után Schwann-*féle burok*nak nevezzük. Egészen egynemű alkatnál fogva a Schwann-féle burkot heveny idegroston nem lehet kivenni. Belső oldalán, egymástól csaknem egyenletes távolságokban hosszúdad magvakat lehet látni.

A Schwann-féle burkon belül van a jóval erősebb *velőshüvely*. Különösen jellemző a velőshüvelyre nézve a felosmiumsavnak az a hatása, hogy azt megfeketíti (6. ábra 4). Ilyenkor az idegvelő számos részre tagozódik, mely részek egymásba helyezett tölcsérekhez hasonlóan vannak össze illesztve; e részeket Schmidt vagy Lantermann-féle velőtagoknak is nevezik.

Absolut alkohol, aether, collodium, chloroform behatása alatt a velőshüvely finoman szemcsézett többé-kevésbbé átlátszó lesz és ekkor benne halvány fénylő fonalat, az ideg *tengelyfonalát*, lehet látni (6. ábra 5, 6). A tengelyfonal az idegrost leglényegesebb alkatrésze; velőshüvely vagy Schwann-féle burok hiányozhatnak helyenként az ideg mentén, de a tengelyfonal soha. A tengelyfonalon néha erős nagyítás mellett hosszirányú vonalzat tünik fel, mely Schultze M. és mások szerint valószinűleg a tengelyfonal rostocskás szerkezetének a lenyomata; vannak azonban vizsgálók, kik a tengelyfonalat finom alkatnélküli hártyával bezárt, egynemű sűrűn folyó anyagot tartalmazó, csőszerű képletnek tartják (*Remak*).

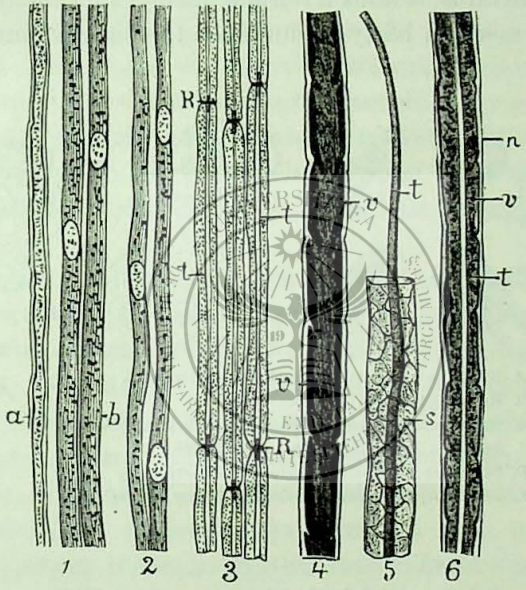
Megemlítendők még a Ranvier által először leirt *befűző gyűrük* (anneaux constricteurs) (6. ábra *R*), melyek a velőshüvelyű idegrostok hosszában egymástól meglehetősen egyenletes távolságban láthatók. Helyükön a velőshüvely teljesen hiányzik úgy, hogy itt a Schwann-féle burok a tengelyfonallal közvetlenül érintkezik. E helyen az oldott festőanyagok könnyen behatolnak a tengelyfonalhoz és megfestik azt, a miből valószínű, hogy az idegrost táplálása is a befűző gyűrű helye felől történik. Két ilyen befűző gyűrű közé eső idegrostrészletnek mindig csak egy magja van.

Kühne és Ewald végre még a velőshüvelyt bezáró, szerintök szarúanyagból álló egy külső és egy belső hüvelyt (neurokeratin-hüvelyek) irtak le, melyekre nézve azonban kitünt, hogy a különböző kém-

szerek behatása alatt az idegvelőből keletkezett úgynevezett myelinalakoknak felelnek meg (Hesse, Pertik, Bikfalvi).

Az eddigiekben leirt velőshüvelyű idegrostokon kívül vannak ezekhez egészen hasonló szerkezetű idegrostok, melyeken azonban a Schwann-féle burok hiányzik.

Más idegrostok megint velőshüvelylyel nem bírnak, hanem bennök a Schwann-féle burok közvetlenül a tengelyfonalat zárja körül. Ez idegrostok halványak s felfedezőjük után Remak-féle *rostoknak* nevezik.



6. ábra. Idegrostok: *a* velős-, *b* halványidegrostok; *R* velőshüvelyű idegrostok Ranvier-féle befűző-gyűrűvel; *v* Schmidt-Lantermann-féle velőtagok felosmiumsavval kezelt béka ülőidegéből; *t* tengelyfonal (Thanhoffer szerint).

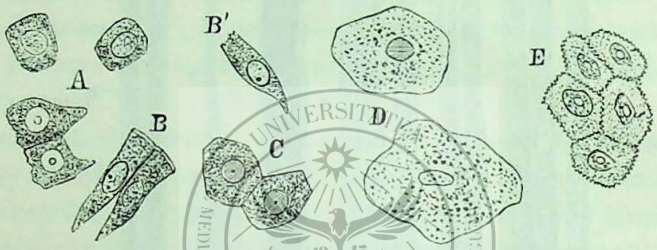
Ismét más idegrostok csupán csak tengelyfonalból állanak, a Schwann-féle burok és velőshüvely hiányzik; ezek a *csupasz tengelyfonalak*. Végre vannak csak erős nagyítás mellett és kivált chloraranynyal (Cohnheim) vagy a mint tapasztaltuk, hæmatoxylin-nal való festés után látható, felette finom úgynevezett *csupasz tengelyfonalrostok*, melyek gyakran hálózatokat képeznek mint az idegsejtek protoplasmanyulványainak ágai a központi idegrendszer némely helyein, vagy mint a tengelyfonalak eloszlásából származó végágak a környéki szervekben.

6. §. Hám- és mirigyszövet.

A testet védő és az anyagcserét eszközlő szövetként szerepelnek leginkább a hám- és mirigyszövet sejtjei.

a) Hámszövet (epithel) fedi a test egész felületét, az ezen felülettel közlekedő üreket, a savóshártyákat, valamint a központi idegrendszer üreit is.

A hámsejtek élesen határolt szélűek, hevenyállapotban átlátszóságuk által más sejtektől könnyen megkülönböztethetők. Elhalt sejtek protoplasmája zavaros, bennök a sejtmag könnyen felismerhető. A hámsejtek egy részének van hártyája, másokban pedig egy tömörebb kéregréteg képződik.



7. ábra. *A.* Kúpalakú hámsejték gyermek porczhártyájából.
B. Hengersejték béka beléből.
B'. Hengersejt porczhártyahám legmélyebb rétegéből.
C. Sokoldalu lapos hámsejt béka-bőrhámból.
D. Széles lapos hámsejt emberszájnyákhártyából.
E. Tüskés sejtek ember sarkbőréből (Toldt szerint).

Az *egyrétegű hám sejtjeinek* alakja: a lapos, kúp, a szabálytalan sokszögű és a hengerded alak (7. ábra). Különböző helyeken egymásba átmenő alakokat is lehet találni.

Igen változatos a sejtek alakja a *sokrétegű hámban*. Valamely bőr-, szájnyákhártya-, vagy porczhártya-keresztmetszeten minden kigondolható átmeneti sejtalak ismerhető fel a henger- vagy orsódadalakú hámsejttől a lemezszerűen ellapult hámsejtig. Ugyan itt fordúlnak elő a hámsejtek egy sajátszerű alakban, az úgynevezett *tüskés sejtek* alakjában. Jellemző e sejtekre nézve az, hogy szélük finom, rövid, tüskeszerű nyulványokkal van ellátva, melyek mint finom léczek elterjednek részben a sejt felületére is (7. ábra. *E*). A tüskék czélját némelyek abban vélték lenni, hogy az egyik sejt tüskéi a másiknak megfelelő mélyedéseibe illeszkednek, mint két egymásra nyomott kefe szőrei és ezáltal az össze-

tartást a sejtek közt fokozzák (Schultze M.); mások szerint e sejteknek csak tüskéi érintkeznek, úgy hogy a tüskék közti mélyedések egymással közlekedő hézagokat képeznek, melyek sejtközti nedvhézagok jelentőségével birnak (Bizzozero).

Némely hámsejtek szabad felületükön csillószőrökkel vannak ellátva és *csillósejteknek* neveztetnek. Ismét mások, a bélben előforduló *hengerhámsejtek*, szabad végükön fénylő sejtszéllel (szegélylyel) vannak ellátva; élő állapotban e sejtek szabad felületén pálczikaszerű protoplasma-nyulványok állanak ki (Brettauer és Steinach), békabelén e nyulványok ki és befelé való mozgását is észlelték. (Thanhoffer.)

Mind e hámsejtek oly szorosan vannak egymás mellé, illetőleg egymás fölé helyezve, hogy közvetlenül érintkezni látszanak. Hig légenysavas ezüstoldattal festés útján sikerült azonban egy a sejteket összetartó *ragasztó anyag* jelenlétét kimutatni, melyet különben, erős nagyítás mellett, minden külön festés nélkül is meg lehet látni. E ragasztó anyag fehérje-féle anyagból áll, és ebben halad a tápláló nedv a sejtekhez.

Az egyszer kifejlett hámsejtek sokféle változásnak vannak alávetve; nagyrészt rövid életűek. A sokrétegű hámsejtek a mint a mélyebb rétegben történő sejtszaporodás következtében mind felületesebb rétegekbe jutnak, ellapúlnak, vegyi összetételük megváltozik és végre lekopnak. A bél hengersejtjei kehelyalakú sejtekké lesznek, protoplasmájuk mucindús anyaggá változik át. A bőrfelhám és az ennek sejtjeiből fejlődő köröm és hajak az elszarusodásnak vannak alávetve. A sejtek fehérjében bővelkedő protoplasmája keratinná lesz; a sejteket összetartó ragasztó anyag többnyire szintén megszilárdúl s mint a körmök- és hajaknál, a sejteket oly erősen tartja össze, hogy azok csak erős lúgok vagy kénsav behatása után választhatók szét.

b) A mirigyszövet a mirigyváladékok készítésére szolgál, különben pedig a felhámszövettel azonos eredésű. A sejtek alkata és alakja különböző, a mirigy nyugvó vagy működő állapota szerint, különböző azonban a mirigy szerint is, melynek alkotásában részt vesz. Igy vannak gömbölyű, szabálytalan sokszögű, lapos vagy hengeralakú mirigysejtek. Hártyájuk többnyire nincsen.

A mirigyben a sejtek alkatnélküli vagy alkattal biró hártyával bezárt górcsői kis üregekben vannak a fal mentén egymás mellett elhelyezve: váladékuk ez üregekbe ömlik. A mirigy vagy csőszerű alakkal nyílik valamely felhámmal fedett felületre (csövesmirigy), vagy több üreg találkozik össze benne egy közös kivezetőcsőben, mely ismét

más hasonló kivezetőcsövekkel nyílik egybe, míg végre egy közös kivezetőcső a váladékot a szabad felületre viszi (fürtösmirigy).

A mirigyekhez szokás még az úgynevezett nyirokmirigyeket és vérmirigyeket is sorozni. Azonban ezek nem váladékot készítő mirigyek, nincsen kivezető csővük, sejtjeik sem fejlődnek hámsejtekből és így nem is valódi mirigyek.

7. §. Kötőanyagok.

A kötőanyagok feladata physikai; összetartják a testet alkotó egyéb szöveteket, vázat alkotnak a szervezet számára, hézagaikban tápláló nedvet vezetnek a szövetekhez, tápanyagokat (főleg zsírt) tartalmaznak, melyeket szükség esetén a szervezet saját szükségére felhasználhat. Mind ezen szövetekben sejteket és ezek között sejtközti anyagot különböztetünk meg: a kötőszövetek rendeltetését tekintve a sejtközti anyag itt fontosabb a sejteknél.

Megkülönböztetünk háromféle kötőszövetet, úgymint: a szorosabb értelemben vett *kötőszövetet* különféle alakjaival, a *porczszövetet* és a *csontszövetet*.

a) A kötőszövetek mind az ébrényi úgynevezett *kocsonyás kötőszövetből* fejlődnek. E kötőszövet egynemű, szívós vagy sűrűn folyó, színtelen átlátszó olyszerű sejtközti anyagból áll, milyen például a szem üvegtestének állománya. E kocsonyás sejtközti anyagban vannak az ezen szövetre nézve jellemző csillagalakú, hosszú nyulványok által egymással közlekedő, finoman szemcsés protoplasmájú sejtek. Találni ezeken kívül a sejtközti anyagban még gyéren előforduló gömbölyű sejteket is, melyek valószínüleg bevándorlott nyiroksejtek. A sejtközti anyagban némely vizsgáló szerint fokozatosan beálló megszilárdulás folytán, mások szerint a sejtek nyulványaiból, igen finom kötőszövetrostok is fejlődnek. Ilyen rostocskák például igen nagy számmal vannak a szintén kocsonyás kötőszövethez tartozó köldökzsinorban, a Warton-féle kocsonyában.

A kötőszövet egy második alakja a *reczés vagy mirigyszerű* (adenoid) kötőszövet, melyet sokfelé elágazódó csillagalakú sejtek képeznek. A sejtek nyulványok által függnek össze egymással és finom reczét alkotnak. A sejtprotoplasma legnagyobb része a nyulványokban van, úgy hogy a recze csomópontján levő sejtmagot csak felette kevés protoplasma környezi (8. ábra).

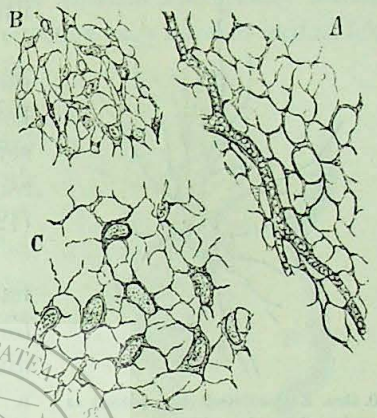
A reczés kötőszövetben, a kötőanyagokra nézve egyébként oly jellemző sejtközti anyag, csaknem teljesen hiányzik. A sejtek s nyul-

ványaik által alkotott hálózatok üregeit kevés nyirok és sok nyiroksejt töltik ki. A nyiroksejtek itt különösen oly nagy számmal fordúlnak elő, hogy azokat a reczés szövetből készített górcsői metszetből kémcsőben vízzel való rázás, vagy ecsetelés által el kell távolitani, ha a reczés kötőszövetet magát látni akarja az ember.

Egyébként a reczés kötőszövet az ember testében számos helyen fordul elő, de legnagyobb mennyiségben a nyiroktüszőkben.

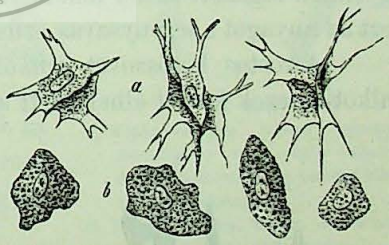
A kötőszövetek egy harmadik neme a *rostos kötőszövet*. Többféle sejtek és különbözőleg átváltozott sejtközötti anyag jellemzők e szövetre.

A mi a *sejteket* illeti, ezek igen változatos alakban fordulnak elő a rostos kötőszövetben. Legnagyobb részök szárny- vagy bordaszerű, meglehetősen hosszú nyulványokkal bir, mely nyulványok fátyolszerűen átlátszó finomságuak (9. ábra *a*). Burkot e nyulványos sejteken látni nem lehet. A körkörös sejtmagot csak kevés egynemű protoplasma veszi körül.



8. ábra. Reczés kötőszövet előállítva a metszetnek alkoholban rázása által.
A. Macska bélfodornyirokmirigyéből.
B. Közel ért macskaébrény bélfodor-nyirokmirigyéből.
C. Salamandra maculata kedezmirigyéből. (Toldt szerint).

Helyenként a rostos kötőszövetben, orsó- vagy csillagalakú sejteket lehet találni (10. ábra). Nyiroksejtek is igen gyakran előfordulnak benne. E sejteket, mert amoebaszerű mozgásaikkal helyüket változtatják, kötőszöveti *vándorsejteknek* is nevezik.

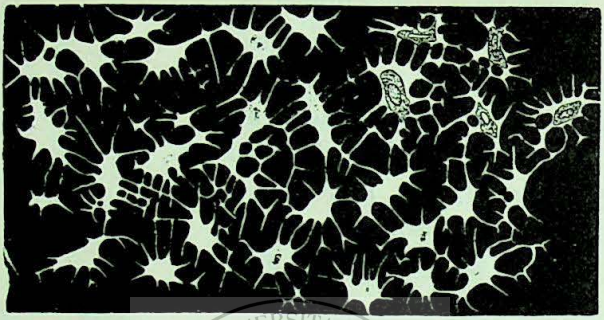


9. ábra. Kötőszövetsejtek az emberből: *a* lapos sejtek szárnyalakú szabálytalan nyulványokkal; *b* durván szemcsés plasmasejtek (Mihálkovics szerint).

A véredényeket környező kötőszövetben, gyakran, nyulványnélküli igen változó nagyságu protoplasma dús, durván szemcsézett sejtek fordulnak elő; ezek az úgynevezett *plasma-* vagy *edénykörüli sejtek* (9. ábra *b*).

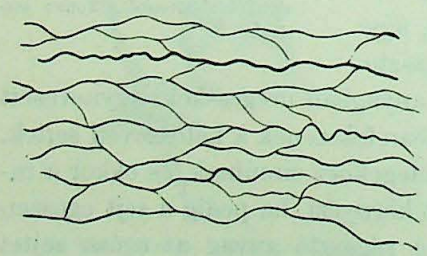
A szem érhártyájában (chorioidea) és a barnaszínü szivárványhártyában nyulványos, többé-kevésbbé csillagalakú kötőszöveti sejtek

van. A nedvlikacsok, a ragasztó anyagot átjáró, finom nedvcsatornák által közlekednek egymással és így a kötőszövetben *nedv-csatorna rendszert* alkotnak (14. ábra), melyben a szövetet tápláló nedv kering. Igen könnyen sikerül a nedv-csatornarendszert kimutatni, ha a szövetet híg légenysavas ezüstoldattal megfestjük és pedig legalkalmasabb e czélra a porczhártyát, a rekeszt, vagy valamely savós hártyát használni.

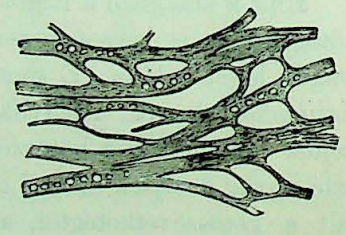


14. ábra. Az ember porczhártyája légenysavas ezüstoldattal kezelve. A porczhártya saját anyaga sötét, ezt színezte meg a festőanyag, a nedvcsatornarendszer világos. Helyenként a likacsokban a megbarnult sejteket láthatni (Frey szerint).

Végül megemlítendő még, hogy a rostoskötőszövetben a kötőszövet-kötegeken kívül *rugalmas rostok* is vannak. Nevüket e rostok onnan nyerték, mert a kötőszövet-kötegeknél tömöttebb összeállásúak és nagy fokban ruganyosak. A rugalmas rostokat éles szél határolja, erősen fénytörők, vegyszereknek sokkal inkább ellenállanak, úgy hogy savakban és lúgokban változatlanúl megmaradnak, csak kalilúgban főzve oldódnak fel. Vannak igen finom (15. ábra), valamint durva (16. ábra) rugalmas rostok. Rendszerint elágazódnak és a kötőszövetben egész hálózatokat képeznek.



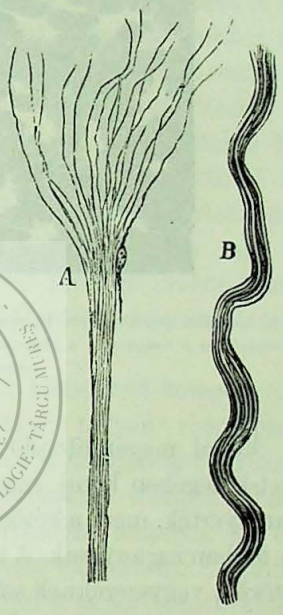
15. ábra. Finom rugalmas recze egy gyermek hashártyájából (Mihálkovics G. szerint).



16. ábra. Durva rugalmas rostokból álló recze, likacsokkal a rostokban. A ló tüdőütér középső hártyájából (Mihálkovics szerint).

A *kötőszövet-rostok* felette vékony kerek fonalkák (13. ábra, *A*), melyeket valamely átlátszó anyag többnyire nagyobb *kötőszövet-kötegekké* egyesít össze (13. ábra *A* és *B*). E ragasztó anyagot 10%-os konyhasóoldat, felmangansavas kalium, mész- vagy barytvíz feloldják, midőn a köteg rostjaira esik szét.

A kötegeknek az őket alkotó rostok vonalas szerkezetet adnak. Rendes körülmények közt a rostoknak egyenes vagy keveset hajlott fekvésük van, természetes helyzetükből kiszabadúlva hullámzatos vagy dugó-húzószerűen csavarodott alakot nyernek. Lágy állományuk vízben nehezen duzzad és átlátszóságát elveszti. Polarisált fényben a kötőszöveti kötegek, úgy mint a harántcsíkos izomrost anisotrop anyaga, positiv egy tengelyű kettőstörésünek mutatkoznak.



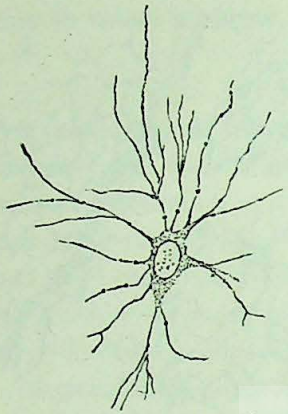
13. ábra.
A. Kötőszövetköteg féléves gyermek izominából, felső végén rostokra oszlik; jobboldalt egy orsódad kötőszövetsejt látható.
B. Kötőszövetköteg felnőtt ember bőralatti kötőszövetéből. (Toldt szerint).

A kötőszöveti kötegeket legtöbbször egy *köteghüvely* veszi körül; ez átlátszó, vékony, helyenként övszerűen megvastagodott alkatnélküli hártya, mely higított (0·5—1%) eczetsav behatása alatt mutatható ki. Ilyenkor tudniillik a kötegek megduzzadnak és némely kötegen, például a pókhálókéreg (arachnoidea) kötőszövet-kötegein, fűzérszerű befűződések képződnek, mi onnan van, hogy a gyenge hüvely a duzzadó rostok nyomásának az övszerű megvastagodások közt enged, míg a megvastagodásoknak megfelelőleg a nyomásnak ellenáll (Rollett, Boll).

Mint a kötegben a rostok közt, úgy a kötegek közt is kocsonyaszerű ragasztó anyagot lehet találni. E ragasztó anyagban üregecskék, úgynevezett *nedvlikacsok* vannak; a nedvlikacsokban fekszenek a kötőszöveti sejtek. A sejtek legtöbbször a kötőszövet-kötegekhez simúlnak, és ekkor a ragasztó anyag a sejtek szabad oldalát környezi, ha pedig a sejt egészen elvált a kötőszövetkötegtől, akkor a ragasztó anyag az egész sejtet körülveszi. Minthogy azonban a sejt a nedvlikacsot egészen ki nem tölti, a nedvlikacsban hézagok maradnak szabadon, melyekben *szövetnedv*

fordúlnak elő, melyek sejtprotoplasmájában fekete festék van lerakódva (11. ábra). Ezek a *festékes kötőszövetsejtek*.

A rostos kötőszövet sejtjeinek protoplasmájában gyakran nagyobb mennyiségű és többféle zsír képződik; az így megváltozott sejteket *zsírsejteknek* (12. ábra), a kötőszövetet pedig ilyenkor zsírszövetnek nevezzük.



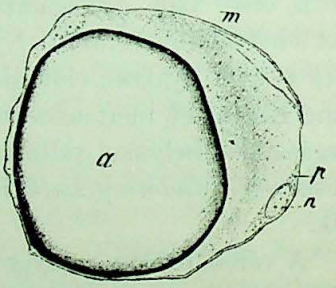
10. ábra. Kötőszövetsejt (u. n. póksejt az agyból) számos, hosszú fínom nyulványnyal. (Mihálkovics G. szerint).

A zsír a sejt belsejét csaknem egészen elfoglalhatja, úgy hogy a mag a kevés megmaradt sejtprotoplasmával a sejt oldalához szorul (12. ábra. *n p*). A zsírsejteken idővel hártya is képződik (12. ábra *m*).

Végre a kötőszövet-sejtekhez tartoznak még az *ál-hámsejtek* vagy *endotheliák*. Ezek lapos kötőszövetsejtek. Ezek fedik be a savós testüregeknek és valamennyi a külvilágtól elzárt kötőszövetüregnek felületét, úgy a mint a hámsejtek szokták a nyákhártyák felületét beborítani; ezek képezik továbbá a hajszáledények falát és bélelik ki a vér- és nyirokedényeket. Az endotheliák pikkelyszerű, lapos, átlátszó sejtek, sejtmaggal; vannak azonban mag nélküli endothelsejtek is. A sejteknek többnyire gyengén fogazott szélét alaktalan ragasztó anyag köti egymással össze; ezt az anyagot a légenysavas ezüst barnafeketére festi meg.

A rostos kötőszövet *sejtközötti anyagát* finom rostok és kötegek alkotják ezek között elhelyezett alaktalan sejtközötti anyaggal.

11. ábra. Festékes kötőszövetsejtek az érhártya fölötti szövetből (lamina fusca). A magban és némely nyulványban nincsen festék. (Mihálkovics G. szerint).



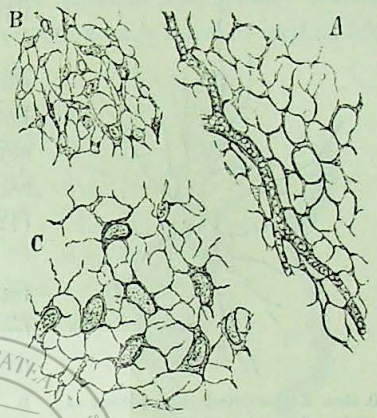
12. ábra. Zsírsejt a kutya bőralatti kötőszövetéből, légenysavas ezüstoldat (1:1000) belövelése után: A burok *m* alatt fekszik a mag *n*, környezve kevés szemcsés protoplasmával *p*, azután következik egy nyálkatartalmú folyadékréteg, végre a zsírcsep *a*, melynek fölszínét az ezüstoldat megfeketítette. (Mihálkovics G. szerint).

ványaik által alkotott hálózatok üregeit kevés nyirok és sok nyiroksejt töltik ki. A nyiroksejtek itt különösen oly nagy számmal fordúlnak elő, hogy azokat a reczés szövetből készített górcsői metszetből kémcsőben vízzel való rázás, vagy ecsetelés által el kell távolitani, ha a reczés kötőszövetet magát látni akarja az ember.

Egyébként a reczés kötőszövet az ember testében számos helyen fordul elő, de legnagyobb mennyiségben a nyiroktüszőkben.

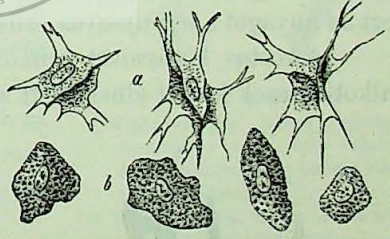
A kötőszövetek egy harmadik neme a *rostos kötőszövet*. Többféle sejtek és különbözőleg átváltozott sejtközötti anyag jellemzők e szövetre.

A mi a *sejteket* illeti, ezek igen változatos alakban fordulnak elő a rostos kötőszövetben. Legnagyobb részök szárny- vagy bordaszerű, meglehetősen hosszú nyulványokkal bir, mely nyulványok fátyolszerűen átlátszó finomságuak (9. ábra *a*). Burkot e nyulványos sejteken látni nem lehet. A körkörös sejtmagot csak kevés egynemű protoplasma veszi körül.



8. ábra. Reczés kötőszövet előállítva a metszetnek alkoholban rázása által.
A. Macska bélfodornyirokmirigyéből.
B. Közel ért macskaébrény bélfodor-nyirokmirigyéből.
C. Salamandra maculata kedezmirigyéből. (Toldt szerint).

Helyenként a rostos kötőszövetben, orsó- vagy csillagalakú sejteket lehet találni (10. ábra). Nyiroksejtek is igen gyakran előfordulnak benne. E sejteket, mert amoebaszerű mozgásaikkal helyüket változtatják, kötőszöveti *vándorsejteknek* is nevezik.



9. ábra. Kötőszövetsejtek az emberből: *a* lapos sejtek szárnyalakú szabálytalan nyulványokkal; *b* durván szemcsés plasmasejtek (Mihálkovics szerint).

A véredényeket környező kötőszövetben, gyakran, nyulványnélküli igen változó nagyságu protoplasma dús, durván szemcsézett sejtek fordulnak elő; ezek az úgynevezett *plasma-* vagy *edénykörüli sejtek* (9. ábra *b*).

A szem érhártyájában (chorioidea) és a barnaszínü szivárványhártyában nyulványos, többé-kevésbbé csillagalakú kötőszöveti sejtek

Finom rugalmas rostokat lehet találni a bőr kötőszövetében, a savós hártyákban, a szem kötőhártyájában (conjunctiva bulbi) a rostos-kötőszövet közé keverve; durva rugalmas rostok vannak például a valódi hangszalagokban, a nagy emlősök tarkószalagában; átlikgatott rugalmas lemezzé egybeolvadva a nagy és középnagy ütőerek belhártyája alatt, egynemű rugalmas hártya alakjában pedig a szem DESCEMET-féle hártyájában.

A mi a rostos kötőszövet-kötegeinek elrendeződését illeti, a kötegek a kötőszövetben vagy minden rend nélkül lazán fekszenek a szervek részei közt *(alaktalan kötőszövet)*, vagy pedig bizonyos szabályossággal tömötten vannak elrendezve és többé-kevésbbé önálló hártyákat, kötegeket képeznek *(alakos kötőszövet)*. Az alaktalan kötőszövetben a rostkötegek lazán összetartó, könnyen elmozdítható hálózatokat alkotnak; a testben e kötőszövet felette nagy mértékben van elterjedve. Az alakos kötőszövetben a kötőszövet-kötegek vagy párhúzamosan vannak egymás mellé rendezve, mint a szalagokban és inakban, vagy több, egymással kereszteződő réteget képeznek, mint a rostos hártyákban.

Az *ínszövetet* hosszú egyenes lefutású kötőszövet-kötegek (inkötegek) jellemzik. A 3—4 inköteg érintkező helyén visszamaradó finom csatornákat laza kötőszövet tölti ki, ez a *kötegközötti kötőszövet*. Ebben vannak a lapos, szárnyalakú nyulványokkal ellátott, kötőszövet-sejtek, kisebb-nagyobb sorokban az inkötegre fektetve. Az egész inat kívülről még kötőszövetből alkotott hüvely veszi körül. Ez inhüvely az inkötegek közé terjedő folytatványok által a köteg-közötti kötőszövettel függ össze. Ott, a hol az in az izommal összefügg az izmot környező laza kötőszövetbe (perimysium) megy át. Az izomrostokat tudniillik rostos kötőszövet környezi és egyesíti izommá; e kötőszövet közvetlenül az inkötegekbe folytatódik (TOLDT). Az izomrost tompa végét a sarcolemma tudniillik úgy zárja körül, mint az izomrost hosszfelületét, az izomrostot környező kötőszövet ellenben megszakadás nélkül folytatódik az in kötőszövetébe. Minden izomrost tehát egy kötőszövetből alkotott tömlőben fekszik, a mi által minden alakváltozását ez utóbbira és általa az inra ruházza át.

b) A porczszövet az eddig tárgyalt kötőanyagoktól nagyobb fokú ruganyossága és szilárdsága által különbözik. A benne foglalt porczsejtek többnyire igen nagyok; protoplasmájuk egynemű, halál után finoman szemcsézetes, a hólyagszerű magban egy vagy több magocska látható (17. ábra *n*). A sejteket porcztokok veszik körül. Némelyek e

tokokat a sejtközti anyagból származóknak, mások átalakúlt sejthártyáknak mondják; tekintve azt, hogy a kettős körvonalú porczsejttokok a gyomoremésztés alatt nem úgy viselkeznek, mint a sejtközti anyagok, hanem úgy, mint a sejtek szoktak, a mennyiben a porcz. sejtközti anyaga teljesen feloldódik, a sejt pedig a sejttokkal együtt elkülönödik (Bikfalvi), valószínübbnek tetszik, hogy a porcztokok a sejthártyából származnak. Erős nagyítás mellett, különösen pedig víz behatása után, a porczsejt protoplasmájában és magvában reczét lehet kivenni, melynek finom fonalai a sejtet a porcztokkal látszanak egyesíteni.

A porczsejtek alakja igen változó. Vannak egészen gömbölyű vagy félgömbalakú sejtek, sok helyen azonban félhold-, orsódad-alakú, sőt egészen lapos porczsejtek is fordúlnak elő.

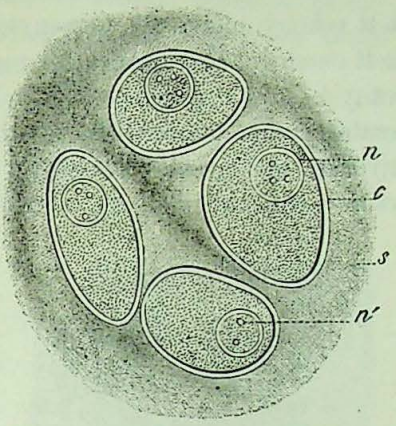
A sejtközti anyag különböző morphologiai tulajdonságainál fogva háromféle porczfajt szokás megkülönböztetni, ezek; az *üvegporcz, a reczés porcz* és *a rostos porcz.*

Az *üvegporcz (hyalinporcz)* sejtközötti anyaga, vékony porczmetszeten szerkezet nélküli egyneműen átlátszó, vastagabb rétegen kékes-fehéren áttünő (17. ábra *s*). Ez egyneműalapanyag azonban idővel el is változhatik; rostok lépnek fel, vagy földsók rakódnak le benne. Több szerző az üvegszerű alapanyagban finom csatornákat ir le, melyeket különböző vegyszerek behatása alatt láthatóvá tenniök sikerült és melyek szerintök a porcz táplálását eszközlő nedvet vezetik (Reitz, Heitzmann, Budge és *mások.*) Lepárolt vízben áztatott valamint gyomornedvben emésztett porczmetszetek megvizsgálásából következtethető, hogy az üvegporczban látható vonalak nem felelnek meg saját fallal biró csatornarendszernek, hanem ritkább összetételű anyaggal kitöltött hézagoknak (Bikfalvi).

A porczsejtek az alapanyagban többnyire szabálytalanúl, nem ritkán azonban szabályos sorokban vannak elrendeződve. A sejteknek osztódás útján történő szaporodása folytán, egy közös sejttokon belül igen gyakran a sejteknek egész csoportját lehet találni.

Nevezetes még, hogy a különben egyneműsejtközti anyagban, vízben való áztatás és egyéb kezelés után, a porczsejttok körül rendezett rétegzetes alkat ismerhető fel. Valószínü, hogy az üvegporcz alapanyaga eredetileg már ilyen rétegzetes szerkezetű, csakhogy a rétegek és a köztük levő anyag heveny állapotban egyformán törik a fényt, mi a víz, anilin-színezés és egyebek behatása alatt megváltozik és azért tűnik fel e kezelés mellett a rétegzetes alkat.

Az üvegporcz a legelterjedtebb porczfaj. Az ébrénynél a csontváz legtöbb csontját kezdetben üvegporcz képezi, ennek maradványa a felnőttnek izületporcza is; a bordaporczok, az orr-, az alap- és feszítőporcz (cartilago cricoidea és thyreoidea), a légcső és a hörgök porczai is ide tartoznak.



17. ábra. Metszet a béka czombfejecsének izületporczából, vizsgálva hevenyen, folyadék hozzáadása nélkül: *c* sejttok; *n* mag; *n'* magocska; *s* üvegszerű alapanyag (Mihálkovics G. szerint).

A *reczés porcz* üvegszerű alapanyagában finom rugalmas rostokból álló sűrű hálózat van. E rugalmas rostok oly sűrűn töltik be az alapanyagot, hogy a porcznak többékevésbbé sárga színt kölcsönöznek és azt majdnem átlátszatlanná teszik. A porczsejtek alakja, nagysága és elrendeződése itt kevésbbé változatos, mint az üvegporcznál (18. ábra *A*). A reczés porcz alkotja a fülkagylót, a gégefedőt, a Wrisberg- és Santorini-féle porczokat, az állító-porczok (cartilagines arytaenoideae) hangszalag nyulványait, valamint a külső hallójárat és az Eustach-féle kürt porczos részét.

A *rostosporczban* az üvegszerű alapanyag hiányzik, helyét lényegében a rostoskötőszövettel megegyező anyag foglalja el. Az igen finom rostok nincsenek kötegekké egyesítve. A porczsejtek eme rostok között, hol egyenként, hol kisebb-nagyobb csoportokba rendeződve találhatók (18. ábra *B*).

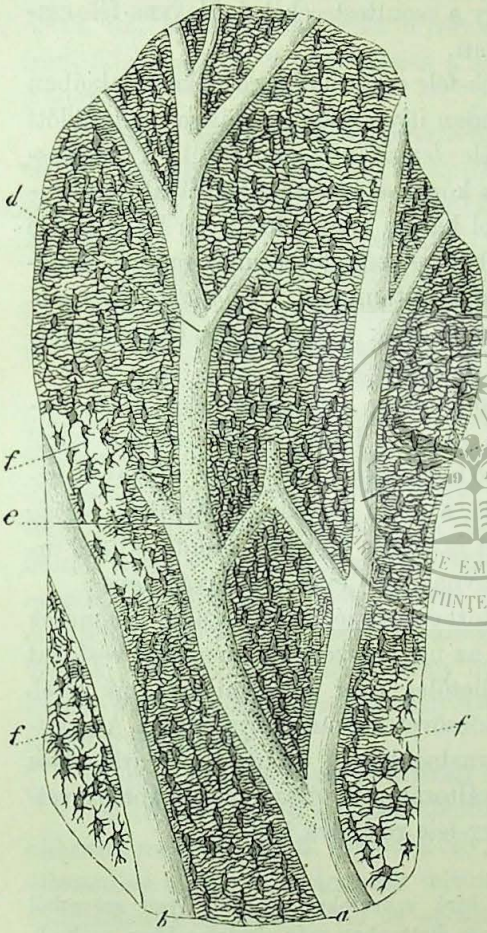
A rostosporcz az izületközötti porczokban, a csigolyaközötti korongokban, az izület-szegélyekben és az inakban ott fordúl elő, a hol ezek csont fölött csúsznak el.

c) A *csontszövet* alapanyaga egészen szilárd halmaz állapota által lényegesen különbözik a többi kötőszövetek sejtközti anyagától.

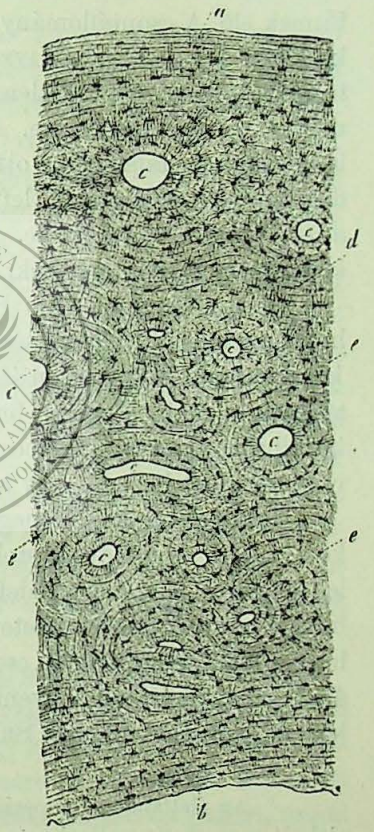
Rövid csontok rendszerint igen vékony csontlemezkékből állanak; az ezek közt fennmaradó kisebb-nagyobb üregeket puha vörös anyag, a csontvelő, tölti ki. Csak a csont felületén egyesülnek a csontlemezkék erősebb kéregréteggé. Az ilyen szerkezetű csontszövetet *szivacsos csontszövet*-nek nevezik.

Ettől eltérő a hosszú csontok alkata. Azok teste (diaphysis) tömött fehér csontanyagból, úgynevezett *tömött csontszövetből* áll.

véredények pótolják, ellenben felette nagy számmal vannak Havers-féle csatornák a tömött csontszövetben. Azért igen alkalmasak a hengeres csontokból készített hossz- (19. ábra) és kereszt (20. ábra) csiszolatok és metszetek a Havers-féle csatornák valamint az egész csontállomány elrendeződésének tanúlmányozására.



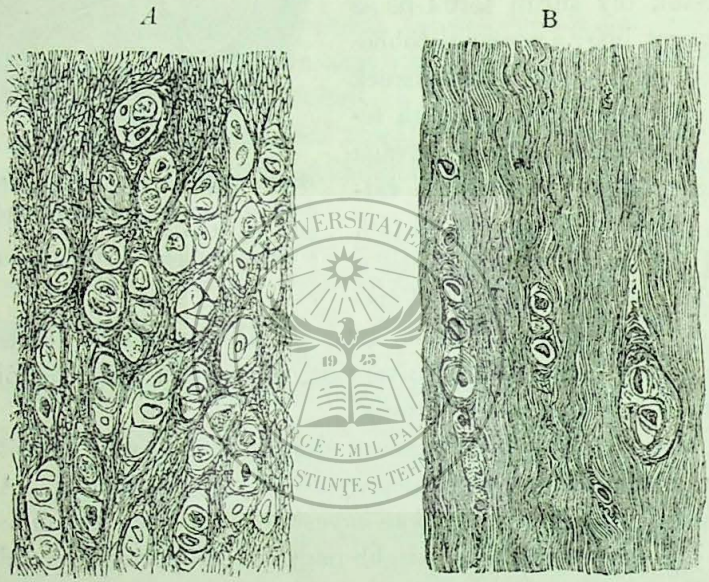
19. ábra. Hosszirányú csiszolat ember száraz újjperczéből. A Havers-féle csatornák *a* és *b* párhúzamosak a csont hossztengelyével, helyenkint keskenyebb oldalágak mennek el tőlük. A levegővel megtelt csonttestecskék és nyulványaik sötétek, ezek fínom likacsai az egyik edénycsatornába *(c)* nyilnak, fínom pontocskák alakjában. (Frey szerint).



20. ábra. Harántcsiszolat az embernek száraz kézközép-csontjából, vizsgálva tömény terpentinolajban: *a* a csont külső felszíne, külső fölemezekkel; *b* belső felszíne, megfelelő fölemezekkel; *c* Havers-féle csatornák körkörös lemezrendszereikkel, harántúl átmetszve; *d* beiktatott lemezek. A lemezek között a sötét csonttestecskék *e*. (Frey szerint).

Mindkét rendbeli csont belsejébe a felületről számos, szabad szemmel kivehető, nyílás vezet.

A szivacsos csontlemezkékben, valamint tömött csontból készített vékony metszetek alapanyagában számos üregecske, az úgynevezett *csonttestecskék* tünnek fel, melyektől a különböző irányokban nyulványok, a *csontcsatornácskák*, indúlnak ki. A szomszéd csonttestecskék csatornácskái összenyílnak egymással. Van tehát a csont alapállományában egy a rostos kötőszövet nedvcsatorna-rendszerének megfelelő csatornahálózat, melynek csomópontjait a csonttestecskék képezik.



18. ábra. *A.* Reczésporcz. Metszet ember fülporczából.
B. Rostos- vagy kötőszövetporcz. Metszet ember csigolyaközti korongjából (Toldt szerint).

A csonttestecskékben vannak elhelyezve a csontsejtek, ép úgy, mint a rostoskötőszövet nedvlikacsaiban a kötőszövetsejtek. Az orsó- vagy lencsealakú csontsejtek kerek magvát finoman szemcsés protoplasma veszi körül.

A finom csonttestecskéken és az ezekből kiinduló még finomabb csontcsatornácskákon kívül, vannak a csontállományban nagyobb kerek átmetszetű csövek a Havers-*féle csatornák*, melyekben a csont véredénykéi haladnak. Vékony szivacsos csontlemezekben ilyen Havers-féle csatornák nincsenek, itt ezeket, az üregeket kitöltő csontvelő és

A hosszcsiszolaton azt lehet látni, hogy a Havers-féle csatornák a csont hosszában haladnak. A nagyobb Havers-féle csatornából kisebb csatornák indúlnak ki és közlekednek egymással. Havers-féle csatornák a velőűrbe, valamint a csont felületére is nyílnak. Az ilyen csontcsiszolatokon látni lehet továbbá, hogy a csatornákat környező alapanyagban elhelyezett csonttestecskék nyulványainak egy része a Havers-féle csatorna falát áttöri, úgy hogy a csonttestecskék és Havers-féle csatornák közt egyenes közlekedés van.

Haránt csiszolaton a Havers-féle csatornák kerek likak alakjában tünnek elő. A csontállomány minden ilyen likat gyűrükbe rendeződött körkörös lemezekben (Havers-féle *lemezek*) veszen körül. A csonttestecskék többnyire a csontlemezek között a lemezek irányával párhúzamosan vannak elhelyezve. A hol három vagy több ilyen Havers-féle lemezrendszer találkozik, ott többnyire szegletes terület marad szabadon, melyet szabálytalan lefutásu csontlemezek, a *beiktatott (intermediär) lemezek* töltenek be. Végre vannak még az egész csont felülete körül vezetett csontlemezek, ezek a *főlemezek*.

A csontlemezek, sósavban kellő ideig áztatott csonton, elkülönithetők egymástól. Ha ezt tesszük, akkor a Havers-féle csatorna körül közvetetlenül üvegszerüen átlátszó hártyát találunk, mely a sósav behatásának ellenáll. Egészen hasonló, a sósav hatásának ellenálló anyag körülhatárolja a csonttestecskéket is. Ezek szerint a csontot átjáró ürrendszer falát legbelől, egy a sósavnak igen ellenálló anyag képezi.

Az ilyen mészsóitól megfosztott csont szétczafatolásakor a lemezek közt merev kötőszövetrostokat, az úgynevezett Sharpey-féle rostokat lehet találni. E rostok eredetét illetőleg meg kell emlékeznünk arról, hogy a csontok külső felületét kötőszövetes csonthártya borítja. A csonthártya felől lesz a fejlődő csont vastagabb, új csontréteg reárakódása által; a csonthártyának ilyenkor változatlanúl visszamaradó kötőszövetkötegei lesznek a csontok Sharpey-féle rostjaivá.*

* Az élettanilag fontossággal bíró szövetekről, a több ilyen szövetből alakuló szervek tárgyalásakor, a különös élettanban még részletesebben szólunk.

II. A szervezet chemiai alkatrészei.

8. §. Vegyalkat általában.

A fennebbiekben láttuk, hogy egész szervezetünket sejtek és ezek protoplasmája külső részének átalakulásából eredő sejtközti alapanyag építik fel, midőn tehát most a testünket alkotó chemiai alkatrészek iránt tájékozódunk, tulajdonképen a protoplasma vegyalkatát tanuljuk ismerni.

Mint a vegyelemzések kiderítették, az emberi testet a következő elemek alkotják: széneny (*C*), éleny (*O*), köneny (*H*), légeny (*N*), kén (*S*), phosphor (*P*), chlor (*Cl*), fluor (*Fl*), silicium (*Si*); natrium (*Na*), kalium (*K*), mész (*Ca*) magnesium (*Mg*), vas (*Fe*) és mangan (*Mn*).

Találtak a szervezetben még rezet (*Cu*), ólmot (*Pb*) és lithiumot (*Li*) is, de ezek már nem állandó alkatrészek s ha jelen vannak, akkor is igen csekély mennyiségben fordúlnak elő.

Ez elemek közül testünk az élenyt és légenyt szabad állapotban veszi fel, ezeken kívül még csak könenyt lehet a bélgázok közt találni; a többi elem mind, vegyi egyesületek alakjában jut szervezetünkbe és így képezi a protoplasma alkatrészét. A vegyi egyesületek közt vannak szerves és nem szerves anyagok. A szerves anyagok kiválóan a fehérjenemű testek és azok származékai valamint a szénhydratok és zsírok csoportjába tartoznak. Ezeken kívül vannak még a protoplasmában az említett anyagok széteséséből, illetőleg azok egyesüléséből eredő szerves vegyek, melyek nem annyira nagy mennyiségük miatt fontosak, mint inkább azon betekintés miatt, melyet a szervezetben lefolyó anyagcserét illetőleg nyújtanak.

A nem szerves anyagok a vizen kívül, sók- és savakból állanak.

A következőkben a testet alkató anyagok vegyi tulajdonságaival akarunk megismerkedni és pedig úgy, hogy kiválóan csak a vegyületek élettanilag fontos sajátságainak feltüntetésére szorítkozunk. E mellett tárgyalásunk aránylag rövid és ez által átnézetesebb maradhat, annál is inkább, minthogy az egyes anyagok élettani szerepével részletesebben foglalkozni a különös élettanban még alkalmunk lesz.

9. §. Szervetlen alkatrészek.

A szervetlen alkatrészek testünk azon tűzálló részei, melyek nem élő testek alkatrészeiként is előfordúlnak. Ilyen alkatrészek: az éleny

és légeny, a szénsav, víz, valamint a sósav-, phosphorsav- és kénsavnak a sói natrium-, kalium-, kalcium- és magnesiummal. Kovasavat is találtak ugyan a szervezet némely szövetében, de valószínű, hogy az csak véletlenül, por belehelése által, került oda; a növényeknek különben a kovasav rendes alkatrésze.

Az *élény* (*O*) az egyedüli a légnemű anyagok között, melyre mint tápszerre testünknek szüksége van; protoplasmamozgás épen úgy, mint izomösszehúzódás élény nélkül lehetetlen. Szabad élény a körlevegőben meglehetős egyenletes mennyiségben van jelen, Bunsen szerint közép értékben 20·96 térf. százalék. Innen veszi fel szervezetünk az élényt a légző tüdők útján a vérbe és ez viszi tovább a szövetekbe. Szabad élényt tartalmaz a levegőn kívül még a folyó és tenger víz is; innen kapják azt a vízben élő állatok.

Élényt tartalmaz egyébként a chlornatrium és chlorkalium s esetleg még a fluorcalcium kivételével valamennyi tápanyagunk is. Az élény tehát a mellett, hogy szabad állapotban jut be szervezetünkbe, még tápanyagainknak is igen lényeges alkatórésze.

A *légeny* (*N*), mint ilyen, az élet fenntartásához nem szükséges. Szabad állapotban szervezetünkben előfordúl ugyan, de a légzőszervek útján jutott oda. A körlevegő 79 térf. százaléka, összes súlyának több mint $^3/_4$-ed része tudniillik légeny, e miatt kénytelen ezen légnem minden a körlevegő behatásának alávetett folyadékba, tehát a vérbe is, behatolni. Regnault és Reiset a szervezetben található szabad légeny egy második forrására is felhivták a figyelmet. E búvárok vizsgálataik alkalmával úgy találták, hogy jól táplált állatok légenyt lehelnek ki, azaz, hogy a szervezetben összetett légenytartalmú anyagok szétesésekor légeny lesz szabaddá; a légenynek ilyen eredetét azonban, az azóta folytatott vizsgálatok eddigelé még, minden kétséget kizárólag, nem bizonyítják.

Fontos a légeny, mint testünket alkotó bizonyos szerves vegyek alkatrésze; ilyen légenyt tartalmazó vegyületek a fehérjék és származékaik, melyekből szokott épen állani a sejtprotoplasma legnagyobb része.

A *szénsav* (CO_2) a körlevegőben csak felette kis mennyiségben van jelen, középértékben 0,0415 térf. százalék. A levegőből tehát szénsav nem jut szervezetünkbe, hanem, ha eltekintünk azon szénsavtól melyet szénsavsók (például szénsavas natrium, szénsavas magnesia) alakjában felveszünk, testünkben képződik, mint szerves alkatrészeink egyik bomlásterménye.

A tüdőlégzés feladatai közé tartozik az így képződött szénsav kiküszöböléséről gondoskodni.

A *vizet* (H_2O) italainkban és ételeinkben vesszük magunkhoz, aránylag egy kis rész belőle szervezetünkben is képződik még pedig a szerves anyagok könenyének élenyülése folytán. Testünk súlyának mintegy 63 százaléka víz, több tehát mint a mennyit a szilárd alkatrészek összes súlya tesz ki. A víz tápanyagainknak, testünk nedveinek és szöveteinek oldószere és a szervezetnek egyik fontos hőszabályozója. A vízelpárlás a tüdők és a bőrfelület útján sok meleget köt meg, innen van, hogy magasabb hőmérsékű környezetben is képesek vagyunk, a vízelpárlás növelése által, testünk hőfokát a rendes magasságon megtartani.

A mily nagy szüksége van azonban a szervezetnek bizonyos mennyiségű vízre, ép annyira kárára van, ha az a kellőnél nagyobb mennyiségben jut abba. A tiszta víz valóságos méregként hat az élőszervezetre. A sejtek élő protoplasmája, az izmok és egyéb szövetek megmerevednek, elhalnak a lepárolt víz behatása alatt.

A savak közül a *sósav* (HCl) azaz egyetlen sav, mely szervezetünkben szabad állapotban előfordúl, és mely a gyomornedvnek igen lényeges alkatrésze. A gyomorban a sósav azokból a sókból készül, melyeknek alkatában azt ételeinkben és italainkban testünkbe bevesszük. Ilyen só különösen a chlornatrium, ezen kívül van azonban még a testben chlorkalium és kevés chlorcalcium is.

A *konyhasó* ($NaCl$) a vérnedvnek mintegy 0·5 százalékát teszi ki; mi a mint más helyen látni fogjuk, épen annyi, mint a mennyinek jelenléte a vízben, ezt a szövetekre nézve ártalmatlanná teszi. A natriumsók egyáltalában csak felette nagy tömörség mellett válhatnak szervezetünk ártalmára. A véren kívül találni chlornatriumot még a nyirokban és egyes szervek váladékában; így előfordúl az a húgyban, epében, pankreasnedvben stb. A chlornatriumnak az említetten kívül még az átszivárgásos folyamatoknál és abban van szerepe, hogy mint fűszer az emésztőnedveket elválasztó mirigyeket nagyobb fokú tevékenységre serkenti.

Chlorkalium (KCl) a vörösvérsejtekben, izmokban, idegekben és mirigyekben található. Egészben véve azonban sokkal kisebb mennyiségben fordúl elő a szervezetben, mint a chlornatrium. Nagy adagban mindannyi kaliumsó méreg a magasabb állatokra és az emberre nézve.

Chlorcalcium ($CaCl$) *a fluorcalciummal* ($CaFl$) együtt igen kis mennyiségben van meg a csontok és fogak állományában.

A *phosphorsav sóinak* ($PO(OH)_3$) nagy jelentősége van az állati

szervezetben, a mennyiben kivált a csontoknak oly fontos alkatrészei, hogy csont phosphorsavsók nélkül tulajdonképen a lehetetlenségek közé tartozik. A phosphorsavsók azonban egyéb szöveteknek és nedveknek is, mint például az izmoknak, vérnek, rendes alkatrészei.

A phosphorsavsók a szervezetben, mint közönyös és savanyú phosphorsavas natrium és kalium, mint basicus phosphorsavas mész, basicus phosphorsavas magnesia és mint phosphorsavas ammoniak-magnesia jönnek elő.

A phosphorsavsóknak legnagyobb részét az ételekkel és italokkal vesszük fel, egy részök azonban oly szerves vegyületek szétéséből is származik, melyeknek a phosphorsav egyik igen lényeges alkatrésze. E szerves vegyületek: a glycerinphosphorsav, a lecithin és nuclein.

A *kénsav* ($SO_2[OH]_2$) mint kénsavas natrium és kénsavas mész fordúl elő. Részben az ételekkel és italokkal jut szervezetünkbe, részben azonban ott képződik, mint kéntartalmú szerves vegyületeknek, a fehérjéknek és származékaiknak egyik élenyülési terménye. A kénsavsók tehát leginkább bomlástermények.

10. §. Szerves alkatrészek általában.

A protoplasmát alkotó szerves anyagok, a *fehérjenemű testek*, a *szénhydratok* és *zsírok* három nagy csoportjába tartoznak. A fehérjék szént, élenyt, légenyt, könenyt és ként tartalmaznak; sőt vannak a fehérjékkel rokon igen összetett vegyületek, melyekben az említetteken kívül még phosphor és vas is van. A szénhydrátok és zsírok azoknál már valamivel egyszerűbb vegyületek, a mennyiben csak szén-, élény- és könenyből állanak. Innen van, hogy az előbbeni testeket *légenytartalmú*, az utóbbiakat *légenymentes alkatrészek*nek is mondjuk.

Mint szénvegyek mind igen összetett vegyületek és a protoplasma minden változásakor maguk is tetemes változást szenvednek. A szervezet vegyi vizsgálatakor azért a fehérjenemű anyagoknak és származékainak számos alakjait, valamint a zsírok és szénhydrátok több faját fogjuk találni.

Minthogy pedig e vegyületek igen bomlékonyak és így vegyi behatások, magasbb hőfok, erjedés és rohadás alatt könnyen megváltoznak, magában a szervezetben mind egyszerűbb és egyszerűbb szerkezetű vegyületekké lesznek. E bomlásoknál legfőbb szereplő a légvételek útján szervezetünkbe bevett éleny, melynek behatása alatt az összetett vegyületek egyszerűbb és egyszersmind élényesebb vegyi

testekké lesznek. Az e miatt képződő bomlásanyagok egy része a fehérjenemű anyagok légenyét tartalmazza, ezeket *ammoniakszármazékos* vegyeknek nevezzük. A bomlásanyagok egy másik része légenymentes és a *zsírok* meg az *aromaticus anyagok* csoportjába tartozó számos vegyület által van képviselve.

Az ammoniakszármazékos vegyületeknek szervezetünkben végső bomlásterménye a húgyanyag ($[NH_2]_2CO$), mely egy tömecs víz (H_2O) felvétele után végre ammoniakká $(NH_3)_2$ és szénsavvá (CO_2) lesz; ezen kívül előfordúl még kénsav és phosphorsav is a bomlástermények között. A légenymentes bomlástermények végre mind szénsavvá és vízzé válnak.

Az alatt míg a fehérjenemű anyagokból, szénhydrátokból és zsírokból a bomlás végső terményei létre jönnek, e vegyületeknek a változás hosszú során kell keresztül menni, s ez átváltozás folyamán tényleg más és más vegyi egyesületekké lesznek. Ezek közül az egyszerűbbek képződését követni tudjuk, némelyikét pedig a közvetlenül összetettebb vegyületekből mesterségesen is előállítjuk; de az összetettebb vegyületek alakulása nagy részt még ismeretlen; bizonyos azonban, hogy az oxydatio mellett synthesis is szerepel.

A következő sorokban először a szervezetünket alkotó szerves testeket, a fehérjenemű anyagokat, szénhydrátokat és zsírokat akarjuk megismerni tanúlni, azután pedig áttérünk a legfőbb bomlásanyagok ismertetésére.

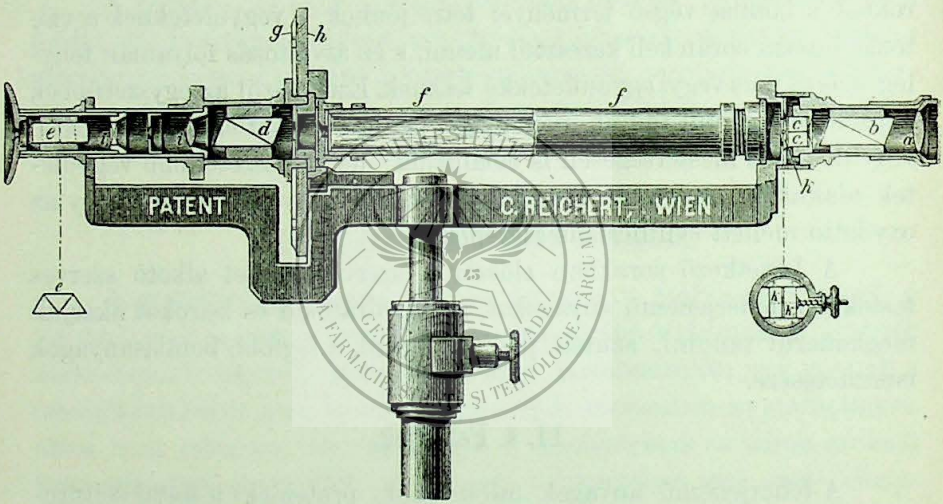
11. §. Fehérjék.

A fehérjenemű anyagok (albuminok, proteinek) a fiatal sejtprotoplasma legfőbb alkatrészei. Nagy mennyiségben vannak a vérben, savós folyadékokban, izmokban, idegekben és egyéb szervekben, némely mirigyek váladékában is előfordúlnak; ellenben fehérjementeseknek mondhatók az epe, húgy, izzadság és a könymirigyek váladéka.

Vegyi alkata e testeknek még nincsen ismerve. Számos elemzésből kiderült, hogy az éleny, köneny, légeny, szén és kén a következő százalékos arányviszony szerint vesznek részt alkotásában:

C — 50—55
O — 20—23·5
N — 15—18
H — 6·9—7·3
S — 0·3—2·0 (Hoppe-Seyler).

Ezeken kívül a fehérjék elégésekor szervetlen alkatrészek is szoktak visszamaradni. Igy a tojásfehérje elégésekor chlorkalium és chlornatrium, kisebb mennyiségben phosphorsav-, kénsav- és szénsavnak egyesületei natriummal, kaliummal, valamint kevés calcium, magnesium és vas. Épen úgy visszamaradnak hamurészek, ha a savófehérjét vagy az izmokban foglalt fehérjenemű testet elégetjük; az első esetben a chlornatrium a másodikban a kaliumsók és phosphorsavsók vannak a hamuban túlnyomó mennyiségben képviselve. Hogy miképen vannak e sók a fehérjékkel összekötve, nem tudjuk, de tény, miszerint hártyán való átszivárgás (dialysis) útján legnagyobb részben a fehérjéktől elkülöníthetők.



21. ábra. A Fleischl-féle spectro-polarimeter.

Dialysis czéljából a fehérjéket oly üvegedénybe adjuk, melynek fenekét vízmentesen odakötött állati hártya vagy pergamentpapir pótolja. Az így előkészített üveg párolt vízzel töltött nagyobb edénybe jön úgy, hogy a párolt víz a hártyát mossa. Átszivárgásra alkalmas anyagok ilyenkor a hártyán keresztül a vízhez mennek, mindaddig míg hasonló concentratiót nem nyernek a vízben, mint minővel az üvegedényben bírnak. Ha pedig a vizet a külső edényben időközönként megújítjuk, úgy végre sikerül az átszivárgásra alkalmas anyagot egészen elkülöníteni az üvegben visszamaradó, diffusióra alkalmatlan anyagoktól.

A fehérjék hártyán alig szivárognak keresztül, míg a sók ilyen átszivárgásra igen alkalmasak. Graham az átszivárogni képes anyagokat *krystalloid-* az arra alkalmatlanokat *colloid-anyagoknak* nevezte el; a sók tehát az előbbeniekhez, a fehérjék pedig az utóbbiakhoz tartoznak.

Savakkal főzve, a fehérjék leucin-, tyrosin-, asparagin- és glutaminsav- végre ammoniak- és szénsavvá esnek szét. Alkaliákkal főzve szintén leucin, tyrosin valamint ammoniak, szénsav és kénhydrogen állanak elő. Rohadáskor ugyanezen testek, valamint hydroparacumorsav és ennek további bomlásterményei képződnek. Mind ezen tapasztalatok valamint egyéb vizsgálatok daczára nem ismerjük a feherjék vegyi alkatát, csak az valószinű, hogy aromaticus jellegű csoportok és zsírok foglaltatnak tömecseikben, egyesülve húgyanyag- vagy guanidin-vegyekkel vagy hydantoinekkel (Hoppe-Seyler).

Mind annyi fehérje alaktalan. Sikerült azonban, különösen bizonyos növényi fehérjéket jegeczedett állapotban is előállítani. Egy részök vízben oldódik, más részök vízben oldhatlan. Oldhatlanok a fehérjék aetherben, chloroformban, benzolban, szénkénegben, petroleumætherben; alkoholban csak kevés fehérje oldódik fel és igen csekély mennyiségben. Oldataikból kicsapják, a phosphorsav kivételével a concentrált ásványsavak, csersav és a nehéz fémsók.

A polarisált fényre balra térítő hatásuk van. A fehérjéknek e tulajdonsága nagy fontosságú, nem csak mivel általa a fehérjéket más szerves anyagoktól megkülönböztetni könnyű, hanem kiválóan azért is, mivel általa a fehérje mennyiségét valamely folyadékban a legrövidebb idő alatt meghatározhatjuk; a fehérjék a polarisált fényt annál nagyobb fokban térítik balra, minél vastagabb a folyadékréteg, és az utóbbinak azonos vastagsága mellett minél több fehérjét tartalmaz a folyadék.

Folyadékokban oldott anyagok a polarisált fényre gyakorlott hatásának vizsgálására külön e czélra készült eszköz szolgál, melyet, mert a jobbra térítő czukor mennyiségének meghatározására szokták kiváltképen használni, *saccharimeternek* neveznek. Ilyen saccharimeter több féle van, leginkább használják a Soleil-Ventzke-félét, könnyebben kezelhető és pontosabb méréseket is ad a Fleischl-féle *spektro-polarimeter* (21. ábra).

Az állványra erősített eszköznek a fényforrás (petroleum vagy gázláng) felé fordított oldalán, gyűjtő lencse (*a*) van, mely a beeső fénysugaraknak párhuzamos irányt ad. A lencsén átment fény Nicol-féle hasábon (*b*) (a polarisatoron) megy keresztül s sarkított fénynyé lesz. Innen a fény a Soleil-féle kettősquarcz-hoz (*cc*,) jut, melynek egyik fele a sarkított fény rezgéssíkját annyival jobbra téríti, mint a mennyire azt a második balra csavarja. Úgy a Nicol-féle hasáb jegeczfőtengelye, mint a két quarcz érintővonala, vízszíntesen vannak fektetve. A kettősquarcz előtt közvetlenül, *k*-nál, két átlátszatlan lemez, minden oldalról a láttérnek közel felét fedi el, úgy hogy a lemezek párhúzamosan álló függélyes szélei közt keskeny rés szabadon marad, melyet csavar segedelmével tágítani vagy szűkíteni lehet. E szerint a két quarczlapon átment fény egy része függélyes vonalban megy át a résen s bejut az *ff* két végén üveglappal elzárható csőbe, mely esetleg fehérjét vagy czukrot tartalmazó folyadékkal lehet megtöltve. Erre a második Nicol-féle hasábba (*d*) (az analysatorba) esik a fény.

E második hasáb az eszköz optikai tengelye körül forgatható úgy, hogy jegeczfőtengelye párhúzamosan állhat a polarisator jegeczfőtengelyével, vagy ettől különböző szög alatt el is térhet. Az e második hasábon kitérő fény *i i* távcsövön és *e* hasábokon át a néző szemébe jut. A távcső *i*, szemlencséjét keveset kihúzni vagy betolni lehet, miáltal a távcső a fényt átbocsátó rés távolságára beállítható.

A két Nicol-féle hasáb jegecztengelyeinek párhuzamos állása mellett, ha ezek között a sarkított fény rezgéssíkját eltérítő folyadék nincsen, vízszíntes síkban fekvő színképet fogunk látni, melyet finom sötét vízszíntesen fekvő vonal, egymás felett levő két egyenlő félre oszt; e vonal a két quarczlap érintkezésvonala. Egyszersmind feltünik a két színképben egy szélesebb függélyes sötét vonal, megfelelőleg a színkép az *E—b* Frauenhofer-féle vonalak közé eső részének, melynek sugarait a quarczlapok 90° szög alatt eltérítettek s melyeket az analysáló Nicol-féle hasáb keresztül nem bocsát. A két színkép e függélyes sötét vonala egyenes irányban van egymás felett s eltér egymástól, mihelyt az analysatort forgatjuk és pedig a forgás iránya szerint különböző irányban. Az analysáló Nicol-féle hasábot (*d*) tartó tokhoz mutató van erősítve (*g*), melynek segedelmével a *h* köríven az analysator eltérését le lehet olvasni. A köríven nullával az a pont van megjelölve, melyre a mutató akkor áll, mikor a két színkép sötét vonalai egyenes vonalba esnek. Mihelyt az *f f* cső fehérje vagy czukor oldattal megtöltve van, a két sötét vonal nem a nulla állásban, hanem az analysator más állása mellett esik össze egymással. A mutató ilyenkor a köríven a folyadék százalékos fehérje, illetőleg czukor tartalmát jelzi; midőn például 5·4 fokot mutat, ez azt jelenti, hogy 100 k. cmt. folyadékban 5·4 grm. fehérje van. Valamely folyadék fehérje vagy czukor tartalma tehát a köríven közvetetlenül leolvasható.

Fehérjenemű anyagok jelenléte többféle vegyhatás által mutatható ki:

1. Erős légenysavval hevítve üledék képződik, mely czitromsárga színűvé lesz. Alkaliák hozzáadására narancs vörös szín áll elő (xanthoproteinkémlés).

2. Eczetsavval vagy sósavval erősen megsavanyított fehérjeoldatban, nehány csepp ferrocyankaliumoldat, fehér pelyhes csapadékot ad.

3. Épen úgy kiválik a fehérje oldataiból, ha az eczetsavval vagy sósavval megsavanyított fehérjeoldathoz tömör kénsavas natrium oldatból ugyan annyit vagy többet adunk hozzá.

4. Eczetsavval gyengén megsavanyított fehérjeoldattal, Millon-féle reagens csapadékot ad, mely úgy, mint a felette álló folyadék, hevítés alatt halvány vörös színt nyer.

A Millon-féle reagens úgy készül, hogy $HgCl_2$ hidegen telített oldatához NO_3Ag-ot adunk, kevesebbet mint a mennyi a teljes kiválásra szükséges. A szűrlet $(NO_3)_2$ *Hg*-ot tartalmaz és nehány csepp 1%-os NO_2Na oldat hozzáadására adja a Millon-féle reactiót.

5. Natronlúg és nehány csepp hígított kénsavas rézoldattal kezelt fehérjeoldat ibolya színt nyer (biuretkémlés).

6. Metaphosphorsav por alakban adva fehérjét tartalmazó folyadékba fehér üledéket ad.

7. Ha jégeczetben oldott fehérjéhez lassanként tömör kénsavat adunk s ezt óvatosan melegítjük, a folyadék ibolya színt nyer és gyönge sárgazöld színben fluorescál (Adamkiewicz-féle kémlés).

Az elősorolt és egyéb közös tulajdonságok daczára, a fehérjenemű anyagok sok tekintetben annyira eltérnek egymástól, hogy többféle fehérjét vagyunk kénytelenek megkülönböztetni.

I. Albuminok. Vízben könnyen oldható fehérjék, melyek igen hígított savak, konyhasó, valamint hígított szénsavas alkaliák behatása alatt oldataikból nem válnak ki; mintegy 70 C.°-ra felmelegítve megalvadnak. Szárítva sárga tömeggé lesznek.

a) *Tojásfehérje.* Madártojásfehérjéből állítható elő. A madártojásban tudniillik igen gyönge hártyákból alkotott rekeszrendszer van, melyet fehérje tölt ki tömör oldatban. Ebből a tojásfehérjét úgy nyerjük, hogy a fehérjét ollóval darabokra szeljük, és hasonló térfogatu vízzel hígítva s összerázva átszűrjük. A szürlet még tisztítható, ha kénsavas magnesiummal és azután kénsavas natriummal 20° mellett telítjük. A sókat végre dialysis útján távolítjuk el és a lehetőleg sóment oldatot 40—50° mellett beszárítjuk.

A tojásfehérje tömör alkoholra, valamint aether behatására, vízbeli oldatából kiválik s megalvad. Erős savak is megalvasztják úgy, hogy oldhatlan állapotban megmarad akkor is, ha a savat leöntjük róla. Dialysis által sóinak legnagyobb részétől megfosztva, a tojásfehérje hevítésre nem válik ki oldatából. Tömör eczetsav behatása alatt a concentrált fehérjeoldat áttünő kocsonyaszerű anyaggá változik át, hasonló történik, ha tojásfehérje tömör oldatához erős kalilúgot adunk.

Specificus fordító képessége = — 37·8 (Starke);* savak vagy alkaliak behatása alatt nagyobbodik.

b) *Savófehérje (serumalbumin).* A vérsavóban, savós izzadmányokban, nyirokban, chylusban és a harántcsíkos izmok állományában fordúl elő. A tejben szoptatás kezdetén szintén sok a savófehérje, később azonban kevés. A tojásfehérjétől lényegesen különbözik az által, hogy aetherre nem alvad meg, kivéve, ha osmosis útján a hozzá tapadó sók-

* *Jegyzet.* Specificus fordító képesség (specifische Drehung) alatt értjük a sarkított fény rezgéssíkja kitérésének ama fokát, melyre ezt a körsarkító (circum polárosító) anyag téríti, midőn amaz anyagból 1 grm.-ot 1 k. cmt. vízben oldva, 1 decimeter hosszú csőben, saccharimeterbe adunk.

tól megtisztítjuk, továbbá az által, hogy tömör sósavban könnyen oldódik, sőt a sósav hozzáadásakor kezdetben beálló alvadék is eltünik, ha több sósavat adunk hozzá; különbözik továbbá a tojásfehérjétől azáltal is, hogy specificus fordító képessége sokkal nagyobb, tudniillik —62·6 egész 64·6, végre még azáltal, hogy a megalvadt savófehérje erős légenysavban könnyen oldódik, tojásfehérje pedig nehezen.

II. **Globulinok.** Az albuminoktól abban különböznek, hogy vízben oldhatatlanok. Feloldódnak mihelyt mérhető kis mennyiségü konyhasót vagy kénsavas magnesiumot adunk a vizhez. Közönyös oldataikból kiválanak hevítéskor, feles víz hozzáadására, valamint akkor is, ha 30° mellett kénsavas magnesiummal telítjük oldataikat. Híg savak oldják ugyan a globulinokat, de át is változtatják savfehérjére; hasonló az alkaliák hatása is, ezek alkalifehérjéket készítenek belölük. Ide tartoznak:

a) *Vitellin.* A tojássárga fehérjenemü anyagainak ez teszi ki a legnagyobb részét. Abból fehér szemcsés anyag alakjában a vitellin oly módon nyerhető, hogy a tojássárgát ætherrel mindaddig kezeljük, míg csak sárga színü anyag vonható ki belőle, a maradékot azután 10%-os konyhasóoldatban oldjuk és átszürjük, végre pedig a szürletből feles víz hozzáadására képződő üledéket a hozzá kevert lecithin- és nucleintól alkohollal megtisztítjuk. Némelyek a vitellint összetett testnek tartják, mely alkohol behatása alatt coagulált fehérjére és lecithinre hasad.

Híg konyhasó oldatokból 70—80 C.°-nál kiválik. A globulinokhoz tartozó fehérjék legnagyobb részétől abban különbözik, hogy sóval telített oldatokból nem ülepedik ki.

b) *Globulin (Krystallin)* a szemlencséből állítható elő, ha ezt szétdaraboljuk és kősóval, víz hozzáadása mellett, porczellán tégelyben addig dörzsöljük, míg csak a só fel nem oldódik. Az oldatot leszürve a szürlet több rendbeli fehérjét tartalmaz, melyek közül a globulin, ha rajta szénsaváramot vezetünk keresztül kiválik. Közönbös vegyhatású oldata 73 C.°-nál megzavarodik és 93° mellett megolvad (Lehmann). Konyhasóval telített oldatból nem válik ki (Hoppe-Seyler); úgy viselkedik tehát mint a vitellin.

c) *Myosin.* A hullameredés beálltakor képződik az izomban s valószinüleg minden mozgásra képes protoplasma elhalásakor ebben is. A fennebbi globulinoktól eltér azáltal, hogy ha oldatait konyhasóval telítjük, kiválik. Kiválás után kocsonyaszerüen ruganyos tömeget képez. Híg konyhasó oldatból 55—60° mellett pelyhekben ülepedik ki; ez üledék azonban már nem myosin.

d) *Serumglobulin* (paraglobulin, fibrinoplasticus anyag). A vérsavóban, nyirokban és izzadmányokban fordúl elő. Ezekből állítható elő legegyszerűbben kénsavas magnesiummal való kiülepítés által (Hammarsten) vagy pedig úgy, hogy a 10—15-ször annyi vizzel hígított vérsavón át szénsaváramot vezetünk (Schmidt S.). Tiszta, élenyment vízben a serumglobulin oldhatatlan, ellenben feloldódik benne, ha a vizet levegővel vagy élenynyel rázzuk össze. 1—5%-os konyhasóoldatából 72—75 C.° mellett kiválik. Különös szerepe e testnek a rostanyagképzés körül van. Rostanyag képződik, mihelyt serumglobulint hydrokele-folyadékhoz, vagy a pericardium a pleura és peritoneum ürében előfordúló savósizzadmányokhoz hozzáadjuk. Specificus fordító képessége = — 47·8°.

e) *Fibrinogen*. Vérnedvben, nyirokban, izzadmányokban, szóval minden oly folyadékban előjön, melyből, ha nyugton állani hagyjuk rostanyag képződik, vagy a melyből állás közben rostanyag válik ki, ha hozzá alvadt vérből vett folyadékot vegyítünk. Oldataiból kiválik, ha azokat konyhasóval vagy kénsavas magnesiummal telítjük. 1—5%-os konyhasóoldatából már 55—56 C.°-ra felmelegítve kiválik. Szénsav behatására oldataiból nehezebben ülepíthető ki, mint a serumglobulin.

III. Rostanyag (fibrin). Vízben és híg sóoldatokban oldhatlan. Alvadt vérből ennek mosása által nyerhető. Híg sósavban, ecetsavban és alkaliákban megduzzad, az utóbbiakban oldódik is. Az oldat azonban már nem rostanyag hanem alkalialbumin. Épen úgy lesz a rostanyag lassan acidalbuminná, ha savak behatásának hosszabb ideig kitesszük, gyorsabban áll be e változás ha még 40—60°-nyi hő behatásának alávetjük. Hosszabb állás után feloldódik a fibrin: 10%-os konyhasóoldatban, phosphorsavas kaliumban és kénsavas natriumban. Ez oldatokban oly testté változik át, mely sok tekintetben a myosin- vagy globulin-ra emlékeztet.

IV. Albuminatok. Oly fehérje-módosulatok, a melyek más fehérjenemű anyagból, savak vagy alkaliák behatása alatt képződnek. Ennek megfelelőleg megkülönböztetünk *acidalbumint* és *alkalialbumint*.

a) *Acidalbumin*. Előáll ha a tojásfehérjét vagy savófehérjét híg sósavval kezeljük, ha coagulált fehérjét vagy rostanyagot tömör sósavval, kénsavval vagy légenysavval leöntünk vagy ha azokhoz nehéz fémsókat, például platinchloridot, légenysavas higanyt, vaschloridot adunk.

Az acidalbumin oldatából kiválik, ha azt óvatosan közömbösítjük, vagy mészvízzel forraljuk; ellenben nem válik ki hevítésre. Old-

hatlan: tiszta vízben, közönbös sóoldatokban, alkoholban; oldódik: higított savakban és alkaliákban.

Az izmokból előállítható acidalbumint *syntonin*-nak szokták nevezni. Előállítására az izmot összeaprítjuk és 0·2%-os sósavban egy ideig ázni hagyjuk, a szűrlet tartalmazza a syntonint. Szénsavas natriummal vagy ammoniakkal közönbösítve, a syntonin kocsonyaszerű pelyhes üledék alakjában válik ki. Felette híg sósavoldatának specificus balra fordító képessége = — 72°; vízfürdőben, zárt edényben való melegítés után a fordító képesség — 84·8°-ra nő.

Erős alkalival kezelve az acidalbumin alkalialbuminná lesz.

b) *Alkalialbumin.* Úgy nyerhető, ha a tojásfehérjét, savófehérjét vagy izomállományt sav helyett hígított alkali behatásának vetjük alá.

Oldatából az alkalialbumin közönbösítésre kiválik. Vízben, alkoholban keveset oldódik; közönyös konyhasóoldatokban oldhatlan. Hevítésre nem válik ki. Oldható híg savakban és alkaliákban.

Az acidalbumintól lényegesen különbözik abban, hogy nem esik ki, ha alkali-oldatát basicus phosphorsavsók jelenlétében közönbösítjük, míg az acidalbumin hasonló kezelés mellett oldatából kiválik. Az alkalialbumin vízben részben oldódik, acidalbumin, nem. Az alkalialbumin kiűzi a szénsavat calcium-, baryum-, strontium-mal való egyesületeiből és maga egyesül ezen fémekkel, az acidalbumin pedig nem. Az acidalbumin ként tartalmaz — kalilúggal és alas eczetsavas ólommal hevítve ugyanis barna szín áll elő —, az alkalialbumin kénmentes.

Specificus fordító képessége különböző a fehérje szerint, melyből előállítottuk. Híg tojásfehérjéből készített alkalialbumin specificus fordító képessége = — 38·5 egészen — 47°, főtt tojás fehérjéjéből előállítotté —58·8°; savófehérjéből készült alkalialbumin specificus fordító képessége = — 86°.

A tejben nagy mennyiségben előforduló alkalialbumint *casein*-nek nevezzük. A tejből kénsavas magnesiummal való teljes telítés által választható ki; tehéntejből úgy is nyerhető, hogy ezt vízzel való higítás után óvatosan eczetsavval kezeljük. Legtöbb reactioiban megegyezik az alkalialbuminnal. Specificus fordító képessége — 80°, híg alkalioldatokban = — 76°, erős alkalioldatokban — 91°.

Acidalbumin és alkalialbumin legnagyobb valószinűséggel az illető fehérjének a savval vagy alkalival való egyesületének tekinthetők.

V. Coagulált fehérje anyagok. Megalvadt fehérjék képződnek az eddig elősorolt fehérjenemű anyagokból; tojás- vagy savófehérjéből, globulinból, rostanyagból, kiülepített acidalbuminból és

alkalialbumínból, ha ezeket 70°-ra felmelegítjük vagy ha alkohol behatásának hosszabb időre kitesszük.

Vízben, alkoholban és közönbös sóoldatokban oldhatlanok. Híg savak és alkaliak, hosszabb behatás alatt, a coagulált fehérjét, kivált magasabb hőmérsékben oldják; egyébként pedig csak tömör savak és alkaliák képesek feloldani. Ezen oldások alatt azonban részben szétesés van folyamatban, részben acidalbumin és alkalialbumin képződnek.

VI. Peptonok. Minden fehérjenemű test peptonná lesz a gyomor- és pankreas-emésztés befolyása alatt. Ezen kívül peptonok képződnek még, ha a fehérjéket erős savakkal vagy lúgokkal kezeljük, valamint akkor is midőn azok rohadnak. A peptonok képződése alkalmával a fehérjék elemei vizet vesznek parányaik közé; midőn a fehérjékből peptonok lesznek, ezek súlyban gyarapodnak *(Danilewski)*.

A peptonok vízben igen könnyen, absolut alkoholban alig, ætherben pedig épen nem oldódnak. Sem hevítésre, sem savak vagy lúgok behatására nem válnak ki oldataikból, valamint nem eczetsav és ferrocyankaliumra és akkor sem, ha konyhasóval telítjük oldataikat. Kiválasztják ellenben oldataikból a csersav, lényegsavas higanyéleg, jodhiganyjodkalium, vagy jodbismuthjodkalium és sósav.

A peptonoknak jellemző kémhatása az, hogy tömör natronlúggal keverve kevés kénsavas réz hozzáadására vörös színt nyernek, valamivel több kénsavas rézre pedig ibolyaszínű lesz a peptonoldat. A peptonok minden többi fehérjétől lényegesen eltérnek abban, hogy hártyán átszivárgásra igen alkalmasak.

VII. Amyloidanyag *(Lardaceïn)*. Csak pathologicus viszonyok közt található a különböző szervekben. Előállítás végett, az amyloid-anyaggal beszűrődött szervet összeaprítjuk, hideg vízzel kivonjuk, a kötőszövet feloldása végett vízzel főzzük, a maradékot a zsírtól és cholesterintól alkohol és ætherrel való kezelés által megtisztítjuk; a visszamaradó anyag ruganyos rostokat és amyloid-anyagot tartalmaz, a ruganyos rostokat gyomornedv feloldja, az amyloidanyagot nem (Kühne).

Az amyloid-anyag a fehérjékkel egészen azonos összetételű vegyület, csakhogy a kén benne oxydált állapotban van. E tulajdonságokon kívül a többi fehérjétől még az által különböztethető meg, hogy a jodvörösre, kénsav és jod ibolyára sőt kékre, anilinibolya pedig rózsapirosra festik.

12. §. Vérfestékek.

Az emlősök vörös vérsejtjeiben, oldott állapotban, kis mennyiségben a vörös izmokban, valamint némely gerinctelen állat (péld. a földigiliszta) vérében fordulnak elő, az *oxyhæmoglobin* és *hæmoglobin*.

A különböző állatok véréből előállított hämoglobinok némely tulajdonságaikra nézve eltérnek egymástól, azért fel kell tennünk, hogy többféle oxyhæmoglobin és hæmoglobin van. Vegyi összetételét illetőleg az egyes állatok hæmoglobinja alkatrészeinek százalékos arányviszonyában eltérés van; így például van

	C	*O*	*N*	*H*	*S*	*Fe*
kutya hæmoglobinban	53·85	21·84	16·17	7·32	0·39	0·43
ló hæmoglobinban	54·87	19·73	17·31	6·97	0·65	0·47

Az oxyhæmoglobin jegeczedő anyag. A fehérjéknél összetettebb test. 70—80°-ra felmelegítve, vagy alkaliák, savak, ózon behatásának alávetve, hæmatinra ($C_{68}\ H_{70}\ N_8\ Fe_2\ O_{10}$) és fehérjére, valamint több illó zsírsavra hasad. — Egyéb tulajdonságaival a vér tárgyalásakor fogunk behatóbban foglalkozni.

13. §. Albuminoidok.

Az albuminoidok vegyi összetételüket illetőleg közel állanak a fehérjékhez, ezekből képződött vegyeknek tekintjük és azért fehérje-származékvegyeknek is mondjuk. Hogy miképen származtak az egyesek a fehérjékből még ismeretlen, épen úgy nem tudjuk tömecsszerkezetüket. Nem jegeczedő testek. Egymástól sokkal inkább eltérnek, mint a fehérjék. Számos szövetnek igen lényeges alkatrészei. A legfőbbek a következők:

a) *Mucin* (nyálkaanyag). A nyálkának az a jellemző alkatrésze, mely neki ragadós, nyúlós összeállást kölcsönöz. Legkönnyebben előállítható marhaepéből úgy, hogy ebből alkoholüledéket készítünk, ezt vízben feloldjuk s az oldatból eczetsavval a muczint kicsapjuk.

Száz súlyrészben 52·17 *C*, 28·18 *O*, 12·64 *N* és 7·01 *H* tartalmaz (Eichwald).

Eczetsavban, alkoholban, nehéz fémsókban oldhatatlan. Oldatából egyszer kiválasztva többé vízben sem oldódik, csak megduzzad benne. Alkaliákban könnyen oldódik. Légenysavval, Millon-féle reagenssel ugyanazon reactiókat adja, mint a fehérjék, de a többi fehérjekém-

hatások már nem sikerülnek vele. Kénsavval hevítve leucin és sok (7%) tyrosin képződik belőle.

b) *Glutin* (gelatin). A kötőszövetek és csontokból húzamosabb ideig vízben való főzés által nyerhető, valamint előállítható úgy is, ha a kötőszövetet higított eczetsavban több napon át állni hagyjuk.

Száz súlyrész 50·76 *C*-, 25·21 *O*-, 18·32 *N*-, 7·15 *H*-, 0·56 *S*-et tartalmaz.

Hideg vízben kocsonyaszerűen megduzzad, melegítve teljesen feloldódik. Savak, alkaliák hidegben is oldják. Csersav, higanychlorid, jodhiganyjodkalium és phosphorwolframsav eczetsavas vagy sósavas oldatából kicsapják.

Vizes oldatának specificus balra fordító képessége 30 C.° mellett —130°, alkaliák vagy eczetsav hozzáadására csak —112 egészen —114°.

Ha a glutint erős sósavval főzzük, akkor kénköneny, glutaminsav, leucin, glycocoll és ammoniak képződnek belőle.

Minthogy a kötőszövet vízben alig duzzad, és glutin belőle csak vízben való hosszas forralás által nyerhető, több mint valószinű, hogy e test csak a kezelés alatt képződik valamely a kötőszövetben és csontokban foglalt anyagból, melyet azért *collagen*-nek nevezünk.

c) *Chondrin*. A porczok vagy a szem porczhártyájának vízben való főzése által állítható elő és pedig nyilván egy oly anyagból, mely a porcz hyalinállományát képezi: a *chondrogen*-ből.

Vegyi összetételét illetőleg 100 súlyrészben: 47·74 *C*, 31·04 *O*, 13·87 *N*, 6·76 *H*, 0·60 *S* találni.

Forró vízben nehezebben oldódik, mint a glutin. Ez oldatából eczetsav, timsó, chlorvíz, ólomeczet, higított ásványsók, kénsavas réz és légenysavas ezüst behatására kiválik; az utóbbi négy reagens feles mennyiségben feloldja a chondrint. Könnyen oldódik ezen kívül alkaliákban nevezetesen ammoniakban is.

Úgy alkali- mint vízoldata balra térítik a sarkított fény rezgés síkját; specificus fordító képessége = — 213·5°, sőt sok feles natronlúg jelenlétében = — 552·0° (De Bary).

Erős sósavban főzve a chondrint, belőle légenytartalmú bomlásanyagok fejlődnek, melyek a kénsavas rézre ugyanolyan reducáló hatással vannak, mint a szőlőczukor, ezek mellett még egy a syntonin-hoz hasonló test is fejlődik.

d) *Elastin*. A kötőszövet ruganyos rostjainak jellemző alkatrésze. Miután a kötőszövetből minden lehetőt kivontunk, visszamarad az elastin, mert oldhatlan test. Nem oldódik sem hideg sem forró vízben,

nem eczetsavban, híg alkaliakban, ammoniakban, alkoholban. Előállítására a marha tarkószalagát (ligamentum nuchæ) szokás használni. Sárgaszínű rugalmas anyag, mely szárítva keménynyé törékenynyé lesz.

Alkatrészeinek mennyiségi viszonya a következő: 55·5 *C*, 20·5 *O*, 16·7 *N*, 7·4 *H*; tehát kénmentes vegyület.

Tömör alkalilúgok, concentrált kénsav és légenysav oldják, de ez oldás vegybontással jár. Oldata csersavra váladékot ád. Híg kénsavval való főzéskor az elastin 30—40% leucint ad.

e) *Keratin (szaruanyag).* A hajak, körmök, bőrfelhám (epidermis), tollak és szarvak kiváló alkatrésze. Ezekből nyerhető mint maradék, ha az anyagokat ætherben való főzés után alkohollal, vízzel és híg savakkal kimossuk; a visszamaradó anyag a *keratin*. Igen valószínű azonban, hogy e maradék is, több vegyület keveréke.

Száz súlyrész keratinban van 50·3—52·5 *C*, 20·7—25·0 *O*, 16·2—17·7 *N*, 6·4—7·0 *H*, 0·7—5·0 *S*.

Papin-féle fazékban vízzel 150°-ra felmelegítve oldódik, tejszerű folyadékká lesz és kénhydrogenszagot terjeszt; részben tehát minden esetre szétesik. Tömény eczetsav- és alkaliákban főzve szintén oldódik a keratin. Híg kénsavban való főzés alatt leucin-, tyrosin- és asparaginsavvá lesz. Bomlástermékeihez tartoznak ezeken kívül még a kénhydrogén és az ammoniak. A kén úgy látszik lazábban van a keratinhoz kötve, mint a többi alkatrészek.

f) *Nuclein.* A mióta Mieschер a genysejtek magvában és a tojássárga sárga testecskéiben a nucleint felfedezte, azóta sikerült ez anyagot a tejben, vörösvérsejtekben, spermában és általában a különböző szövetek fiatal fejlődés alatt levő sejtjeiben, kivált ezek magvaiban is, megtalálni; nem szenved tehát kétséget, hogy e test szervezetünkben igen el van terjedve. Tiszta állapotban nehezen állítható elő, mivel könnyen szétesik. Nyerése czéljából a fehérjéket eltávolítjuk 0·1% sósavat tartalmazó vízzel kezelés és néhány óráig tartó gyomoremésztés által. Az oldatlanúl visszamaradó nucleint 0·1 sósavval, azután vízzel, végre alkohollal s ætherrel mossuk és kénsav fölött vacuumban szárítjuk (Hoppe-Seyler).

A nuclein tartalma: 29*C* és 22*O*, 9*N*, 49*H*, 3*P*. Vízben csak kevéssé oldódik, alkalikus oldatokban könnyen. A xanthoproteinreactiót adja, de nem ád Millon-féle folyadékkal kezelve vörös színt. Más fehérje származékvegytől nagy phosphortartalma által különböztethető meg. Alkalival főzve szétesik, s e szétesés egyik terméke gyanánt phosphorsav (nem glycerinphosphorsav) képződik.

g) *Lecithin.* $C_{44}H_{90}NPO_9$. A szervezetben igen el van terjedve. Előfordúl a vérben, agyban, idegekben, tojássárgában, a fehér vérsejtekben, epében, savós izzadmányokban, genyben, valamint a rája villamos szervében. HOPPE-SEYLER állította először elő a lecithint tojássárgából.

A tiszta lecithin színtelen jegeczedő test, mely forró alkoholban igen könnyen oldódik. Könnyen oldható ætherben, chloroformban, benzolban, szénkénegben is. Vízben megduzzad és a górcső alatt zsírszerű fonalak és cseppek alakjában (myelin alakok) tűnik fel. Úgy az oldott mint a vízben duzzadt lecithin állás közben csakhamar szétesik, valamint szétesik a lecithin 70°-ra való felmelegítés alatt, továbbá savák vagy alkaliák behatása folytán is. A szétesés következtében az oldat savi hatást nyer. Barytvízzel főzve a lecithint, neurin, glycerinphosphorsav bariumhoz kötve és stearinsavas barium képződnek. Ha híg kénsavval főzzük a lecithin ætheroldatát, a neurin a kénsavval egyesül és az ætherben distearylglycerinphosphorsav marad oldva. Rohadáskor is szétesik a lecithin neurinre és glycerinphosphorsavra. Ezek szerint a lecithin a distearylglycerinphosphorsav egyesületének tekinthető neurinnel, mely egyesületben a glycerinphosphorsav két köneny-paránya a stearinsav gyöke által helyettesítve van (DIAKONOW). Ugyanis:

Lecithin Distearylglycerinphosphorsav Neurin

$$C_{44}H_{90}NPO_9 = C_3H_5O_3(C_{18}H_{35}O)_2PO_3H + N(CH_3)_3 . HO . C_2H_4HO.$$

Igen valószínű, hogy a glycerinphosphorsav két köneny parányának helyét a stearinsav gyökén kívül más, például a palmitin- és olajsav, vagy egyéb zsírsav gyökei is elfoglalhatják.

A lecithin jellemző bomlásterményei a neurin és glycerinphosphorsav.

α) *Neurin* $C_5H_{15}NO_2$. Disznó- és marhaepében találta legelőször STRECKER. Szabad állapotban nem fordúl elő, hanem csak mint a lecithin bomlásterménye. Legegyszerűbben tojássárgából állítható elő (DIAKONOW). WURTZ-nak sikerült a neurint mesterségesen is előállítani azáltal, hogy glycolhydrochloridet trimethylaminra hagyott behatni, azután ehez æthylenoxydet és vizet adott. E szerint a neurin trimethyloxyäthylammoniumhydroxydnak $N(CH_3)_3 . (C_2H_5O)OH$ tekintendő.

β) *Glycerinphosphorsav* $C_3H_9PO_6$, vagy $C_3H_5(OH)_2PO_4H_2$. Mint a lecithin bomlásterménye található a vérben és mindazokban a szövetekben, melyekben lecithin fordúl elő. Mesterségesen előállítható, ha glycerint phosphorsavval melegítünk. Két vegyértékű sav.

h) *Protagon* $C_{160}H_{308}N_5PO_{35}$?. A protagont Liebreich apróra tört agyállományból 45 C.°-ra melegített 85%-os alkohollal vonta ki. Barytvízzel főzvè cerebrinre és a lecithin bomlásterményeire esik szét. A protagon valószínűleg a lecithin-nek cerebrin-nel és egyéb közelebbről még nem ismert anyagokkal való keveréke vagy laza vegyi egyesülete (Hoppe-Seyler).

i) *Cerebrin.* Lényeges alkatrésze az idegállománynak, nevezetesen az ideg tengelyfonalának. Előállítható az agyállományból úgy, hogy azt péppé dörzsöljük s belőle a lecithint és neurint lehetőleg eltávolítjuk. A cerebrin 100 súlyrészben tartalmaz: 68·74*C*, 18·91*O*, 10·91*H*, 1·44*N*-t (Geoghegan). A tiszta cerebrin egy könnyű, fehér jegeczes por, mely forró alkoholban könnyen oldódik; hideg alkoholban s ätherben oldhatlan. Savak behatása alatt szétesik. E szétesés terményei közt egy czukornemű anyag van, mely a kénsavas rézéleget reducálja és a sarkított fényt balra téríti.

k) *Erjesztő anyagok.* Oly anyagok, melyeknek behatása alatt más, könnyen bomló szerves vegyek, vízfelvétel mellett széthasadnak, anélkül azonban, hogy ez alatt az erjesztők maguk elhasználtatnának. Az erjesztők bizonyos mirigyek sejtjeiben képződnek ezeknek fehérjéiből, azért sorozzuk ezeket is ide, a fehérjeszármazék vegyek közé. A szervezetünkben található erjesztők egyike *a czukorerjesztő (ptyalin).* Előfordúl a szájnyálban, pankreasnedvben a vékonybél nedvében s csaknem minden szövetnedvben. Keményítőből, glycogenből és más szénhydratokból vízfelvétel mellett czukrot készít. Egy második a gyomornyákhártya mirigyeinek *(pepsin),* a pankreasnak *(trypsin)* váladékában fordúl elő. Fehérjékből peptonokat készít. Egy harmadik erjesztő anyag zsírerjesztő. Ez a pankreasnedvnek az az alkatrésze, mely zsírokat zsírsavra és glycerinre bont fel. Mindezekről részletesen az emésztés tárgyalásakor lesz szó.

14. §. Szénhydrátok.

A szénhydrátok sok vegyértékű alkoholok. Közös jellemző tulajdonságuk, hogy a köneny és éleny oly súlyarányban foglaltatnak bennök, mint minő arányban a vizet alkotják, azaz, kétszer annyi a könenymint az élenyparány. Szervezetünkben a szénhydrátok közül leginkább el van terjedve a *szőlőczukor.* Ezen kívül előfordúl még egyes szervekben és nedvekben a *tejczukor, izomczukor (inosit)* és *glycogen.*

a) *Szőlőczukor* (dextrose vagy glycose) $C_6H_{12}O_6 + H_2O$. Rendes

alkatrésze a vérnek, nyíroknak és chylusnak. A béltartalomban is előfordúl még pedig különböző mennyiségben, a mi függ a tápanyag minőségétől és mennyiségétől. Felette nagy mennyiségben van a szőlőczukor a diabeticusok szervezetében. Az ilyen beteg húgya szőlőczukrot böven tartalmaz és azért legalkalmasabb is ennek tiszta állapotban való előállítására. E czélra a húgyot vízfürdőben szörpsűrűségig besűrítjük és állani hagyjuk, a szőlőczukor ezután nehány nap alatt kijegeczedik. E jegeczek azonban nem tiszták, nevezetesen húgyanyagot tartalmaznak, ettől forró, majd hideg alkohollal való kezelés által tisztíthatók meg.

A tiszta szőlőczukor színtelen, négyoldalú hasábokban jegeczedő test. A jegeczek gyakran nagyobb gömbökké tömörülnek össze. Vízben, kivált meleg vízben, könnyen oldódik. Aetherben, alkoholban oldhatlan. Oldataiból eczetsavas óloméleg és ammoniak könnyen kiválasztják. A sarkított fényre jobbra térítő hatása van. Specificus fordító képessége = + 104°, melegítés következtében leszáll + 53°-ra.

Alkaliákkal könnyen egyesül már közönséges hőmérsék mellett is, savakkal csak ha ezekkel beforrasztott csőben hevítjük. A czukornak alkaliákkal egyesülete azonban nem állandó, állásközben, még inkább melegítés alatt felbomlik, megbarnúl, tejsav, kozmás katechusav, hangyasav és egyebek fejlődnek belőle.

Nevezetes tulajdonsága a szőlőczukornak az, hogy élesztő behatása alatt *szeszes erjedésbe* megy át. Ez erjedés legélénkebb 25 C.° fok mellett, megszűnik 5 C.°-on alól, valamint 45 C.°-on felül való melegítésnél. Az erjedéskor beálló hasadása a következő: $C_6H_{12}O_6 = 2(C_2H_6O) + 2(CO_2)$; képződik tehát két tömecs æthylalkohol és két tömecs szénsav. Felette csekély mennyiségben, mint ezen erjedés terményeit, találni lehet még egyéb alkoholokat, glycerint és borostyánkősavat. Az erjedés csak akkor tökéletes, hogy ha a folyadék 15%-nál több czukrot nem tartalmaz, mert különben a képződő alkohol meggátolja az erjedést.

Szeszes erjedésen kívül a szőlőczukor *tejsavas erjedésre* is képes. Erre inditja azt szétesö fehérjéknek, nevezetesen savanyú tejnek vagy caseinnek, jelenléte. Ez erjedés legélénkebb a test hőmérsékénél (37 C.°). Szénsavas alkalisók is előmozdítják; az alkalisók a fejlődő tejsavat megkötik, mi előnyös azért, mert a szabad tejsav akadályozza az erjedést. A tejsav képződését szőlőczukorból a következő arány fejezi ki: $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$; ha az erjedés tovább tart, a szőlőczukor vajsavra és könenyre bomlik fel $2C_6H_{12}O_6 = C_4O_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2$.

A szőlőczukor jelenlétét valamely folyadékban többféle kémhatás által lehet kimutatni: Ezek közül a nevezetesebbek a következők:

1. Ha a szőlőczukrot tartalmazó folyadékot kémcsőben, kali- vagy natronlúg hozzáadása mellett, a forralásig hevítjük, a folyadék megsárgúl, sőt ha sok benne a czukor, megbarnúl, és az égett czukor (caramel) szagát terjeszti. Égetőn csípős lesz ez a szag, ha még néhány csepp légenysavat adunk a folyadékhoz: (Moore-féle czukorkémlés).

2. Ha czukoroldathoz kali-, vagy natronlúgot, és ez után kénsavas rézélegoldatból óvatosan annyit adunk hozzá, míg ez a czukoroldatban épen csak feloldódik s e folyadékot hevítjük, akkor sárga-, illetőleg vörös rézélecsüledék képződik. Feles kénsavas rézéleg jelenléte mellett a reductio nem sikerül; ilyenkor hevítés alatt fekete rézéleg válik ki. E kémlés egyike a legérzékenyebb kémhatásoknak, segedelmével kimutatható a szőlőczukor jelenléte még akkor is, ha 1 k. cmt. folyadékban csak 0·0025% czukor van (Trommer-féle czukorkémlés).

3. Kevés natronlúggal kezelt czukoroldatban bismuthéleg, vagy basicus légenysavas bismuthéleg hevítés után szürke *(Bi_2O_2)*, végre fekete *(Bi)* üledéket ad. E kémlés mellett azonban meg kell győződni arról, vajjon a fekete üledéket nem kénbismuth *(Bi_2S_3)* képezi-e. (Böttger-féle czukorkémlés).

4. Kevés natronlúg és néhány csepp pikrinsavoldat czukoroldattal hevítve, vérvörös szín áll elő (Braun-féle czukorkémlés).

5. Szőlőczukrot tartalmazó folyadékban, alkalikus indigooldat kék színe melegítés után, ha sok a czukor benne, sárga, ha kevés bíborvörösre változik át (Mulder-féle czukorkémlés).

A szőlőczukorral legtöbb tulajdonságaikban megegyező anyagok képződnek a keményítőből malátakivonat, valamint szájnyál és pankreasnedv behatása alatt.

A *nyers keményítő (amylum)* $C_6H_{10}O_5$ vízben való főzése által nyerjük az *oldott keményítőt* (granulose). Ez oly anyag, mely vízben opaleskáló színben oldódik s oldatából alkoholra kiválik. Jellemző kémhatása az, hogy jodkaliumban oldott jod hozzáadására kék színt nyer.

Ha keményítőt 2%-os kénsavval főzünk, akkor ez a változások bizonyos során megy keresztül, melyeknek végterménye a szőlőczukor. Először is az úgynevezett *oldható keményítő* (amidulin [*Nasse*] vagy amylogen [*Bondonneau*] képződik; egy anyag, mely csersav és alkohol behatására oldatából kiválik, és mint a nyers vagy oldott keményítő joddal sötétkék színt ad. Az oldható keményítőből, az egésznek tovább főzése alatt, először *erythrodextrin*, ezután s részben evvel egyidejűleg is *achroodextrin* képződik *(Brücke)*. A dextrinek szintén oldhatók vízben, alkoholra is kiválnak oldataikból csak úgy, mint az oldható keményítő; ellenben a csersav behatása alatt oldva maradnak. E közös tulajdonságaik mellett azonban abban különböznek egy-

mástól, hogy míg a jod az erythrodextrint vörösre festi, addig az achroodextrint nem színezi. Mind két dextrin végre tovább tartó hevítés alatt szőlőczukorrá lesz.

Hasonló ehez az a változás is, a melyen a keményítő a malátakivonat befolyása alatt keresztül megy. Ez az erjedés legjobban folyik 60 C.° mellett és az által nevezetes, hogy nem valamennyi keményítő lesz czukorrá, mint a kénsavval való főzésnél, hanem csak annak egy része. A malátakivonat, ugy tetszik, az oldható keményítőt erythrodextrin-re változtatja át és ez részben achroodextrinné részben czukorrá lesz *(Brücke)*. Az achroodextrinre a malátakivonat hatástalan. Tényleg a keményítőnek közel fele nem lesz czukorrá. Maly úgy véli, hogy e folyamat a következő schema által érzékíthető:

keményítő achroodextrin czukor

$$2C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6.$$

A keményítőből malátakivonat által nyerhető czukrot *maltose*-nak nevezik. A maltose a szőlőczukortól abban különbözik, hogy reductioképessége kisebb, és hogy a sarkított fény rezgéssíkjára erősebb eltérítő befolyása van; specificus fordító képessége = + 150°.

Szervezetünkben is vannak erjesztőanyagok, melyek a keményítőre hasonló befolyással vannak, mint a malátakivonat. Az ilyenkor képződő czukrot azonban némelyek, mint Nasse, a maltosetól megkülönböztetendőnek tartják és *ptyalose*-nak nevezik. Musculus és Mering szerint a kettő azonos. Úgy a maltose, mint a ptyalose szervezetünkben utólag szőlőczukorrá lesznek.

b) *Tejczukor (lactosé)* $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. A tej egyik lényeges alkatrésze. Előállítható a casein és esetleg még a jelenlevő egyéb fehérjenemű testek eltávolítása után. A visszamaradt tejet besűrítjük és állani hagyjuk; nehány nap alatt a tejczukor kijegeczedik. A jegeczek meleg vízben való feloldás és újból kijegeczítés által még tovább tisztíthatók.

Tiszta állapotban színtelen, kemény, négy és nyolcz oldalú hasábokban jegeczedő test. Vízben nehezebben oldódik mint a szőlőczukor, alkoholban, ætherben oldhatlan. Oldataiból eczetsavas ólomeleg és ammoniak kicsapják épen úgy, mint a szőlőczukrot, melylyel még reactiói is közösek.

Valamint a szőlőczukor (és a keményítő, dextrin, maltose), úgy a tejczukor is a sarkított fény rezgési síkját jobbra téríti; specificus fordító képessége az embertejből nyert tejczukornak = + 52·53°.

Élesztő befolyása alatt csak nehezen és hosszú idő mulva áll be tökéletlen alkohol-erjedés. Ellenben igen könnyen megy át a tejczukor tejsavas erjedésbe, ha oldatához savanyú tejet, vagy sajtot és krétát adunk.

c) *Inosit* (izomczukor) $C_6H_{12}O_6 + H_2O$. Rendesen kis mennyiségben az izmokban fordúl elő, ezen kívül a vese-, tüdő-, máj- és agyállományában is találták; nagyobb mennyiségben van a zöldpaszulyban és a szőlőnedvben. Az inosit előállítása czéljából, az illető anyag vízkivo-

natából a fehérjéket kiválasztjuk, a visszamaradt oldatból aztán a basicus eczetsavas óloméleg és ammoniak az inositet kicsapják.

A tiszta inosit rhomboedrikus, gyakran csavarodott alakú jegeczeket alkot, mely jegeczek azonban igen könnyen szétmállanak. A sarkított fényre hatástalan, valamint nem adja a szőlő- és tejczukor reactióit sem. Kimutatása úgy történik, hogy kevés inositet porczellán lapra adunk, s ezt légenysavval óvatosan szabad láng felett elpároljuk, a maradékhoz ammoniakot és egy csepp chlorcalcium-oldatot adunk, elpárlás után vörös anyag marad vissza (Scherer-féle inositkémlés). Vagy az inosit vízoldatához kevés légenysavas higanyéleget lehet adni, s ezt óvatosan elpárolni: a maradék eleintén kénsárga, erősebb hevítés nél czinobervörös színt nyer, mely hidegben eltünik és melegítésre újból előáll (Galloisféle inositkémlés).

d) *Glycogen* (állati keményítő) $C_6H_{10}O_5$. Gyakran a májban nagy mennyiségben van, ezen kívül pedig rendes alkatrésze még az izmoknak és különböző sejteknek, így a leukocytáknak is. Előállítása végett épen leölt állat máját aprítunk össze, majd forró vízbe adjuk és főzzük, azután pedig mozsárban péppé törjük. A pépet megszűrjük. A szűrletet kihűlés után sósavval, jódhiganykalium-oldattal kezeljük, mindaddig míg csak üledék (fehérje) képződik. Szűrés után a folyadékhoz addig adunk alkoholt (60—70%), míg minden glycogen az oldatból ki nem vált. Az így nyert glycogent alkohollal és ætherrel még tovább lehet mosni és azután kénsav felett megszárítani.

A glycogen színtelen, nem jegeczedő, íz- és szagnélküli anyag. Vízben oldódik, oldata opaleskál. Alkoholban, ætherben oldhatatlan. Eczetsavas ólomélegre megzavarodik az oldat, de a glycogen nem válik ki. A sarkított fényt erősen jobbra téríti; specificus fordító képessége = + 211 egészen 226·7° (Külz, Böhm és Hofmann).

Híg sósavval vagy kénsavval főzve, valamint malátakivonat, szájnyál, pankreasnedv stb. behatása alatt szőlőczukorrá lesz.

A glycogen kimutatására a jod szolgál, hozzáadására ugyanis az barnavörös színt nyer; e vörös szín hevítésre eltűnik s kihűlésre újra előáll, miáltal a glycogent a dextrintől meg lehet különböztetni, mert az utóbbinak jodra beállott vörös színezése, ha melegítésre egyszer eltűnt, kihűlés után többé vissza nem áll.

15. §. Zsírok és rokon anyagok.

Szervezetünkben *a zsírok* bizonyos kötőszöveti sejtekben, a zsírsejtekben, még pedig gyakran nagy mennyiségben, vannak lerakva; ezen kívül a chylusban és a tejben rendesen finom fejet (emulsio) alakjában fordúlnak elő. Vízben nem oldódnak, nagyrészt hideg borszeszben sem. Szappanokban és epesavakat tartalmazó folyadékokban feloldódnak. Oldhatók továbbá forró borszeszben, ætherben, chloroformban. Folyó vagy illó zsír, a szilárd zsírokat képes feloldani. Alkaliákkal főzve glycerinre és zsírsavra esnek szét, a zsírsav az alkalival szappanná egyesül. Állás közben a levegőn, valamint fehérjékkel, vízzel, fémekkel ha összejönnek, a zsírok szétesnek; és ilyenkor illózsírsavak, szénkönenyvegyek, víz és acrolein képződnek.

Szervezetünkben a zsírok közül a *palmitin*, *stearin* és *olein* vannak kiválóan képviselve. Mindezek a glycerinnek, mint három vegyértékű alkoholnak az ætherei; az alkohol három köneny paránya helyett három savgyök lépett a vegyületbe. Tiszta állapotban színtelen anyagok. A szervezetben birt sárga színüket bennök feloldott festőanyagoknak köszönik.

a) *Palmitin* (tripálmitin) $\left.\begin{matrix} C_3H_5 \\ (C_{16}H_{31}O)_3 \end{matrix}\right\} O_3$. Előállítására legalkalmasabb a pálmaolajat használni, melyből a szabad palmitinsavat alkohollal eltávolítjuk. Finom tűkben jegeczedő test. A hőfok szerint, melynek előzőleg ki volt téve, különböző magas az olvadáspontja; olvad 46°, 62° és 63° mellett, de 45°-nál már minden esetre szilárd halmazállapotot vesz fel.

b) *Stearin* (tristearin) $\left.\begin{matrix} C_3H_5 \\ (C_{18}H_{35}O)_3 \end{matrix}\right\} O_3$. Legnagyobb mennyiségben juhzsírból állítható elő; a palmitin- és oleintól a készített ætherikus oldat ismételt kijegeczítése által elkülöníthető. Négy oldalú lapokban jegeczedik. Melegítésre a megelőző kezelés szerint 53—66°-ig terjedő hőhatárokon belől van az olvadáspontja.

c) *Olein* (triolein) $\left.\begin{matrix} C_3H_5 \\ (C_{18}H_{33}O)_3 \end{matrix}\right\} O_3$. Faolajból állítható elő legkönnyebben. A faolaj alkohololdatának lehűlése után az olein oldva marad, mialatt a többi zsírok kijegeczednek. Folyó halmazállapotú zsír, mely a test hőmérséke mellett a palmitint és stearint is oldva tartja.

Ha e zsírokat marólugokkal kezeljük, szétesnek, mint fennebb mondtuk, *szappan* képződik belőlük és *glycerin* lesz szabaddá. Az ilyenkor végbemenő vegyi folyamatot érzékíti a következő példa:

$$\overset{\text{Tristearin}}{\left.\begin{matrix} C_3H_5 \\ (C_{18}H_{35}O)_3 \end{matrix}\right\} O_3} + 3\left.\begin{matrix} H \\ K \end{matrix}\right\} O = 3\overset{\text{kaliszappan}}{\left.\begin{matrix} C_{18}H_{35}O \\ K \end{matrix}\right\} O} + \overset{\text{glycerin}}{\left.\begin{matrix} C_3H_5 \\ H_3 \end{matrix}\right\} O_3}$$

Ehez egészen hasonló folyamatot képes a zsírokban a pankreasnedvben foglalt egy erjesztő anyag is megindítani; a zsírok *zsírsavra* és *glycerinre* esnek szét, a zsírsav pedig az epe befolyása alatt szappanná lesz.

A glycerin $\left.\begin{matrix} (C_3H_5) \\ H_3 \end{matrix}\right\} O_3$ tisztán előállítva sűrűn folyó, édes ízű, szagtalan, színtelen folyadék. Vízben, alkoholban könnyen oldódik, ætherben oldhatatlan. Phosphorsavval vagy savanyú kénsavas kaliummal hevítve a glycerin vízre és *acrolein*-re (C_3H_4O) bomlik fel, mely vegybontás az illó acrolein szúró szaga miatt a glycerin felismerésére alkalmas.

Valamint a zsírok állás közben a levegőn megavasodnak, úgy változnak meg élenyfelvétel által szervezetünkben is és válnak mindinkább széntelenebb vegyületekké, továbbá szénsavvá és vizzé. Ezen élenyülési folyamatot érzékítheti a következő példa:

$$\overset{\text{Stearinsav}}{C_{18}H_{36}O_2} + 2O = \overset{\text{caprinsav}}{C_{10}H_{20}O_2} + \overset{\text{caprylsav}}{C_8H_{16}O_2}; \overset{\text{caprylsav}}{C_8H_{16}O_2} + 9O = 3\,\overset{\text{eczetsav}}{C_2H_4O_2} + \overset{\text{hangyasav}}{CH_2O_2} + CO_2 + H_2O;$$

a hangyasav végre további élenyfelvétel alatt szénsavvá és vizzé válik $(CH_2O_2 + O = CO_2 + H_2O)$. Ilyen módon lesznek a testünket alkotó zsírok zsírsavaiból egyszerűbb összetételü zsírsavak, végre pedig szénsav és víz. Az ember és állatok szervezetében előfordúló *zsírsavak* a következők:

Olajsav	$C_{18}H_{34}O_2$	Capronsav	$C_6H_{12}O_2$
Stearinsav	$C_{18}H_{36}O_2$	Valeriansav	$C_5H_{10}O_2$
Palmitinsav	$C_{16}H_{32}O_2$	Isovajsav	$C_4H_8O_2$
Myristinsav	$C_{14}H_{28}O_2$	Vajsav	$C_4H_8O_2$
Laurostearinsav	$C_{12}H_{24}O_2$	Propionsav	$C_3H_6O_2$
Caprinsav	$C_{10}H_{20}O_2$	Eczetsav	$C_2H_4O_2$
Caprylsav	$C_8H_{16}O_2$	Hangyasav	CH_2O_2

Ezek közül előfordulnak a testben az olajsav, stearinsav és palmitinsav zsírján kívül még myristinsav, laurostearinsav, caprinsav, caprylsav, capronsav, vajsav. A zsírsavsorozat legegyszerűbb alakjai a lép állományában, az izzadásmirigyek váladékában, meg a húgyban találhatók.

Mind e zsírsavak általános képlete $C_nH_{2n}O_2$ az egy olajsav kivé-

telével, melynek általános képlete $H(C_nH_{2n-3})O_2$-nek felel meg. Ezek egyaljú zsírsavak megfelelően az egyvegyértékű alkoholoknak s úgy tekinthetők, mint ezek élenyülésterményei. A zsírsavaknak az alkoholokból képződése módjának érzékítésére szolgáljon a következő példa:

$$\overset{\text{Propylalkohol}}{C_3H_7(OH)} + 2O = \overset{\text{propionsav}}{C_3H_6O_2} + H_2O.$$

Vannak azonban e zsírsavaknál élenyesebb savak is, melyek a két és több vegyértékű alkoholokhoz épen oly viszonyban állanak, mint minőben a zsírsavak vannak az egyvegyértékűekhez. A kétvegyértékű alkoholok (glycolok) élenyüléséből, az élenyülés foka szerint, a savak két sorozatát lehet leszármaztatni. Az első sorozatba tartozó savak közül előfordul szervezetünkben a *tejsav* (egyaljú sav), mely a propylglycol élenyüléséből képződöttnek tekinthető: $C_3H_6(OH)_2 + 2O = HC_3H_5O_3 + H_2O$. A második sorozat savai közül szervezetünk bomlástermékei közt találni az *oxalsavat*, mint az æthylglycol élenyülés-terményét és a *borostyánkősavat*, mint a butylglycol élenyülés-terményét; mind kettő kétaljú sav. Az *oxalsav* képződését előtünteti a következő schema:

$$\overset{\text{Aethylglycol}}{C_2H_4(OH)_2} + 2O = \overset{\text{glycolsav}}{HC_2H_3O_3} + H_2O, \text{ a } \overset{\text{glycolsav}}{HC_2H_3O_3} + 2O = \overset{\text{oxalsav}}{H_2C_2O_4} + H_2O;$$

ehez hasonló a borostyánkősav képződése is a butylglycolból.

a) *Tejsav* $C_3H_6O_3 = C_2H_4(OH),CO_2(H)$. Az ember testében két isomér alakban fordúl elő. Van ugyan még egy harmadik alakja is a tejsavnak, de ez szervezetünkben még nem találtatott meg. Mind a három alakja a tejsavnak tiszta állapotban színtelen, erős savi hatású folyadék. Vízben, alkoholban, ætherben egyaránt könnyen oldhatók. Nevezetesek sóik, kivált azok, melyeket zinkummal és calciummal képeznek.

1. *Hydracrylsav*. Mesterségesen β-jodpropionsavból állítható elő. A szervezet alkatrészei közt nem találták meg.

2. *Erjedéses tejsav (aethylidentejsav)*. Ez azon tejsav, mely a czukor tejsavas erjedése alkalmával, valamint egyéb anyagok erjedésekor is képződik. Többnyire a gyomor és vékonybelek tartalmában fordúl elő. Találták még az agy szürke állományában (Gscheidlen) és az izmokban is (Heintz).

3. *Hústejsav (paratejsav)*. Az izmokban előfordúló tejsav; innen az elnevezése. A Liebig-féle húskivonatnak rendes alkatrésze. Bőven van

jelen néha a kóros izzadmányokban is. Előállítása végett az összeaprított húsból ismételten hideg vízkivonatot készítünk. A kivonatból eltávolítjuk a fehérjéket; azután bariuméleggel (BaO) kezeljük, míg csak üledék képződik. A feles barytot szénsavval csapjuk le, a maradékot pedig 70° mellett szörpsűrűségig besűrítjük. A szörpöt sok absolut alkohollal jól összekeverjük, állani hagyjuk, az alkoholt leöntjük róla s a kevés vízben oldott maradékot ismételten úgy kezeljük alkohollal, mint előbb. Az alkoholt az oldatról lepároljuk. Lehülés után a szörpsűrű maradékhoz ugyanannyit adunk olyan folyadékból, mely egy súlyrész kénsav és két súlyrész vízből áll. E keveréket nagy mennyiségű ætherrel összerázzuk, melybe a tejsav átmegy. A tiszta ætherkivonatot leöntjük, finom porrá tört szénsavas zinkummal kezeljük s 24 óráig állani hagyjuk. Az æther lepárlása után vizet adunk a maradékhoz, forraljuk, szűrjük, mossuk. Kénköneny által a zinkumot kiválasztjuk. A tiszta folyadék kevés egyéb anyag mellett (ZnS, $ZnCl_2$), szabad tejsavat tartalmaz, mely a folyadék besűrítése után ætherrel kivonható (Hoppe-Seyler).

Ez eljárás követhető az erjedéses tejsav nyerése czéljából is.

Míg a sarkított fényre a többi tejsav hatástalan, addig a szabad hústejsav e fény rezgéssíkját jobbra, anhydridje balra téríti. Zinksójának fordító képessége = — 7·65°. A hústejsav az erjedéses tejsavtól, főleg még az által is különbözik, hogy sóinak jegeczvíz-tartalma és vízben, alkoholban való oldékonysága emezétől eltérnek. A hústejsav zinksója például, mely megfelel $(C_3H_5O_3)_2Zn + 2H_2O$ képletnek, tartalmaz 12·9% jegeczvizet, 14—15 C° mellett belőle 1 súlyrész 17·5 rész vízben és 1109 rész alkoholban oldódik; az erjedéses tejsav zinksója = $(C_3H_5O_3)_2 Zn + 3 H_2O$, 18·18% jegeczvízzel, ebből, 14—15 C° mellett, 1 súlyrész 58—63 súlyrész vízben oldódik, alkoholban pedig teljesen oldhatlan.

b) *Oxalsav* $C_2H_2O_4$. Mint oxalsavas mészsó ($C_3CaO_4 + H_2O$) előjön a húgyban, ritkán a bélürülékekben s felette ritkán az epében; szabad állapotban nincs a testben.

Az oxalsavas mész jegeczedő test, melyet górcső alatt jegeczalakjánál fogva könnyű felismerni; épszögű oktaeder alak. Ritkán találni amorph-alakban, vagy gömbölyű tömegeket képezve. Vízben, alkoholban, ætherben, ammoniakban, szénsavas alkaliákban nem oldódik, majdnem teljesen oldhatatlan eczetsavban is. Oldják tejsav, valamint phosphorsavas- és húgysavas natriumoldatok. Hevítve szénsavas mész ($CaCO_3$) lesz belőle.

c) *Borostyánkősav* $C_4H_6O_4$. Kis mennyiségben sok állati szerv-

ben és folyadékban található. Így előfordul a lép-, thymus-, thyreoideaban, valamint hydrokephalus- és hydrokele-folyadékban. A borostyánkősavnak az a tulajdonsága, hogy alkalisói absolut alkoholban oldhatatlanok, szolgál előállítására. Tiszta állapotban nagy rhombos táblákban, néha hosszú hasábokban jegeczedik. Vízben könnyen oldható, alkoholban már nehezebben, ætherben épen nem.

A zsírokkal rokon, vegyi alkotásukat illetőleg azonban ismeretlen ide tartozó anyagok még a *cholsav* és a *cholesterin*.

a) *Cholsav* $C_{24}H_{40}O_5$. Előfordúl a vékony és vastag bélben, valamint a bélürülékben. Előállítására szolgálnak az epesavak, a taurocholsav és glycocholsav, melyekből savak vagy alkaliák behatása alatt vagy rohadáskor is képződik. Vízben oldhatlan, színtelen, jegeczedni képes test. Jellemző kémhatása, hogy kevés nádczukor- és tömény kénsavval 60—70 C°-ra hevítve biborvörös színt nyer.

Közelebbi sajátságairól, valamint az epesavakról is, részletesen szólunk majd az epe tárgyalásakor.

b) *Cholesterin* $C_{25}H_{42}O$. Először az epében találták, előfordúl azonban kis mennyiségben a vérben és a legtöbb szövetben; az utóbbiak közül különösen az agy, gerinczagy és idegek állományában. Legkönnyebben előállítható epekövekből, melyeknek ez teszi legnagyobb részét.

E czélra az epeköveket összetörjük és a cholesterint forró alkohollal vagy alkohol- és æther-keverékkel kivonjuk belőlük. Az alkoholból lehülés vagy az ætherből elpárlás után kijegeczedő cholesterin alkohol és vízzel való mosás által még tovább tisztítható.

A tiszta cholesterin fehér, oldataiból kijegeczedő test. Aether, benzol és chloroform oldataiból finom selyemfényű tűjegeczekben válik ki, forró alkohol-oldatából nagy rhombos táblákban. Vízben és hideg borszeszben oldhatatlan. Nevezetes, hogy epesavoldatokban feloldódik; ezek tartják az epében is oldva.

Az egészen száraz cholesterin 145 C° mellett megolvad és 360°-ra hevítve légűres térben elpárolható.

A sarkított fény rezgés síkját balra téríti. Az ætheroldat fordító képessége = — 31·59°. Kalilúggal hevítve szétesik. Légenysavban cholesterinsavvá lesz. Tömény kénsavval hevítve, szintén bomlást szenved és szép piros szint nyer.

Jellemző kémhatásai közül megemlíthetők: tömény kénsavval kezelt cholesterin choloroform hozzáadására eleintén vérvörös, később ibolya, végre teljesen színtelen lesz; a folyadék egyszersmind zöld szín-

ben fluoreskál. Tömény kénsavval kezelt cholesterin jódra ibolya, majd kék, zöld és vörös színt nyer. Ha cholesterint 1 csepp légenysavval szabad láng fölött porczellánlapon elpárolunk sárga folt marad vissza, mely ammoniak hozzáadására vörös lesz.

A cholesterin az egyetlen ismert egyvegyértékű alkohol, mely szervezetünkben mint olyan előfordul. Szerves savakkal hevítve æthervegyületeket képez. Gyöke ismeretlen.

16. §. Ammoniakos származékvegyek.

A fehérjenemű anyagok- és származékaiknak a szervezetben végbemenő szétesésekor mint végső légenytartalmú bomlástermény a húgyanyag lép fel, melyről már előbb megemlítettük azt, hogy víz-felvétel mellett ammoniakra és szénsavra esik szét. Mielőtt azonban a hasadás és élenyülés e végső terménye képződnék, addig a fehérjék és származékaikból oly összetettebb vegyületek fejlődnek, melyekben az ammoniak valamely szénkönenyvegyhez van kötve. Ez ammoniakos származékanyagokban, tudniillik az ammoniak, mint egy vegyértékű NH_2 vagy mint két vegyértékű NH, vagy végre, mint három vegyértékű N tömecs van egyesülve valamely szénkönenyvegy megfelelő gyökével. Nagy részben ismerjük is azon anyagok vegyalkatát; vannak azonban köztük oly anyagok is, melyeknek vegyalkata még ismeretlen, de melyek bomlásterményei kétségkívülivé teszik azt, hogy szintén ammoniakos származékvegyek vagy cyanvegyek.

Az ismert vegyalkatú ammoniakos származékvegyek az *aminok-*, *amidok-* és *amidosavaknak* nevezett csoportok valamelyikéhez tartoznak.

1. Aminok.

Vegyületek, melyekben az ammoniak tömecse alkoholgyökkel van egyesülve; NH_2, NH, vagy N lépett az alkoholnak HO, $2HO$ vagy $3HO$-ja helyett a vegyületbe, mi úgy is mondható, hogy az aminokban az ammoniak köneny parányai szeszgyökök által vannak helyettesítve. Így, ha a methylalkohol $CH_3 . HO$ hydroxylja helyett NH_2 lép a vegyületbe, akkor képződik a methylamin CH_3, NH_2, vagy ha $(HO)_2$ helyett NH belép a dimethylamin $(CH_3)_2 . NH$ és midőn $(HO)_3$ helyett N vegyületet alkot az alkoholgyökkel, lesz a trimethylamin $(CH_3)_3 . N$.

Az aminok sorába felette kevés ammoniakos származékvegyület tartozik az állati testben képződő bomlástermények közül. Egy ilyen

anyagot, mint a lecithin bomlásterményét már ismerni tanultunk, ez volt a *neurin* $C_5H_{15}NO_2$, mint trimethyloxyäthylammoniumhydroxyd $N(CH_3)_3 . (C_2H_5O)OH$. A guanin bomlás terményeként képződő *guanidin* $C(NH_2)_2(NH)$, valamint a kreatin szétesésekor nyerhető *methyluramin* $C(NH_2)(NH)_2(CH_3)$ is ide tartoznak.

2. *Amidok.*

Az amidok oly vegyületek, melyekben a sav egy vagy több HO-ja helyét NH_2, NH vagy N foglalja el. Ide tartozik az ammoniakos származékvegyeknek szervezetünkben legvégső bomlásterménye a *húgyanyag* $CO(NH_2)_2$, mint a szénsav $CO(OH)_2$ biamidje, miért carbamid nek is nevezik.

A húgyanyag az ember és emlősök húgyának leglényegesebb alkatrésze. Ezen kívül azonban előfordúl még kis mennyiségben a vérben, nyirokban, a máj- és egyéb szervek állományában is.

A húgyból nyerhető, ha ezt besűrítjük és alkohollal kivonatot készítünk belőle; a húgyanyag az alkoholkivonatba megy át. Tisztában kapjuk, ha a szörpsűrűségig besűrített és 0°-ra lehűtött vizelethez légenysavat adunk. A képződött légenysavas húgyanyag $(NH_2)_2 CO. HNO_3$ légenysavban oldhatlan lévén, üledéket képez, melyet szürés által a többi húgyalkatrésztől elkülönítünk. Az üledéket vízben feloldjuk s hozzá szénsavas bariumot adunk mindaddig, mig a felszabadúló szénsav által okozott pezsgés tart. Az ezután beszárított anyagot absolut alkohollal öntjük le, átszűrjük és állani hagyjuk; az alkohol elpárlása alatt a húgyanyag a szürletből kijegeczedik. Mesterségesen húgyanyagot elő lehet állítani, ha cyansavas kaliumot és kénsavas ammoniakot vízben feloldunk s a keverék oldatot, a víz elpárlása által, beszárítjuk; a maradékból a képződött hugyanyagot absolut alkohollal vonjuk ki, melyből az kijegeczíthető.

A tiszta húgyanyag töményoldatokból hosszú tűkben jegeczedik ki, híg oldatokból négyoldalú hasábokban. Közönyös vegyhatása mellett számos savval és némely alkalival is egyesül. Úgy ezen egyesületeiről, valamint a húgyanyag egyéb tulajdonságairól is majd a húgy tárgyalásakor szólunk részletesen.

Az amidokhoz tartozik a húgyanyagon kívül az *alloxan*, mint mesoxalyl húgyanyag $CO(NH)_2(C_3O_3)$; olyan vegyület, melyben a húgyanyag NH_2 tömecsének egyik könenye helyét savgyök foglalja el. Az *alloxan* képződik, ha húgysavat légenysavval, vagy chlorsavas kaliummal és sósavval kezelünk. A szervezetben nem jön elő. Éleny

vesztés mellett *alloxantinná* lesz. Vannak a húgysav mesterséges oxydatiojakor képződő még egyéb vegyületek is, melyek ide sorozandók, de miután szervezetünkben elő nem fordúlnak, figyelmen kívül is hagyhatjuk azokat.

3. Amidosavak.

Az amidosavaknál a savgyök 1, 2, 3 *H*-je helyét NH_2, NH, illetőleg N foglalja el. Ide tartozó ammoniakos származékvegyeket már nagyobb számmal ismerünk.

a) *Leucin* $C_6H_{13}NO_2$, mint amidocapronsav $C_6H_{10}(NH_2)O.OH$. Rendesen található a pankreas, lép, máj, nyálmirigyek, thyreoidea állományában. A fehérjéknek és származékaiknak, nevezetesen az enyvnek, egyik leggyakoribb bomlás-terménye. Rohadás, savak, alkaliák behatása alatt képződik. Előállítható szaruforgácsból, ha ezt 24 órán át kénsavval főzzük. Főzés után a kénsavat kréta vagy bariuméleg hozzáadása által választjuk ki, a leucint a szürletből kijegeczítjük.

A tiszta leucin fényes, fehér jegeczeket képez; tisztátalan oldatokból gyengén fénytörő gömbökben válik ki. Hideg vízben nehezebben oldódik, mint melegben. Alkoholban is csak kevés leucin oldható. Jelenlétének kimutatására a SCHERER-féle leucinkémlés szolgál: porczellán lemezen vagy platinlapon a leucint tartalmazó anyagot légenysavval pároljuk el, a színtelen maradék natronlúg hozzáadására sárga vagy barna színü lesz, ha pedig most ujból melegítjük, zsírszerű cseppként tűnik elő.

b) *Kreatin* $C_4H_9N_3O_2$, mint methyluramido-eczetsav $(NH_2)(NH)CN(CH_3)CH_2CO\,OH$. Előállítható izomkivonatból az által, hogy az izomkivonatot alkalikus eczetsavas ólméleggel kezeljük, a szürletből az ólmot kénkönenynyel kiválasztjuk és az átszűrt folyadékból a kreatinin-nal kevert kreatint kijegeczítjük.

A kreatin tiszta állapotban fehér rhombos hasábokban jegeczedő test. Hideg vízben, de még inkább melegben, könnyen oldódik, alkoholban csaknem oldhatatlan. Barytvízzel főzve szétesik: methylhydantoin-, sarkosin-, húgyanyag-, ammoniak- és oxalsavas methyluraminre.

c) *Asparaginsav* $C_4H_7NO_4$ mint amidoborostyánkősav $C_4H_5(NH_2)O_4$. Az állati testben a pankreas-emésztés terményeként található. Előáll, ha fehérjéket, szaruanyagot vagy enyvet híg kénsavval főzünk. Rhombos hasábokban jegeczedik.

d) *Cystin* $C_3H_7NSO_2$. Valószínüleg amidotejsav $C_3H_5(NH_2)O_3$, melyben egy éleny parány kén által van helyettesítve. Kivételesen a

húgyban fordul elő, mint szürke színű jegeczedő üledék, valamint ritkán, húgykövek alkatrésze gyanánt.

e) *Taurin* $C_2H_7NSO_3$, amido-æthylkénsav $SO_2(OH)(C_2H_4.H_2N)$. Azon kívül, hogy némely mirigyben szabad állapotban található, előfordúl a taurin a cholsavval egyesülve az epében, mint taurocholsav $C_{26}H_{45}NO_7S$, melyből előállítani is szokták.

Színtelen, négy- vagy hatoldalú hasábokban, két pyramisalakú véggel jegeczedő test. Vízben, különösen forró vízben jól oldható; abszolut alkoholban oldhatatlan.

α) Taurocholsav $C_{26}H_{45}NO_7S$, kivált húsevő állatok és az ember epéjében, mint ennek egyik lényeges alkatrésze, fordúl elő, s itt aránylag nagy mennyiségben található; növényevők epéjében ellenben csak kevés taurocholsav van. A taurin és cholsav egyesületének tekinthető, egy tömecs víz felvétele mellett azokra esik szét:

$$\overset{\text{Taurocholsav}}{C_{26}H_{45}NO_7S} + H_2O = \overset{\text{taurin}}{C_2H_7NO_3S} + \overset{\text{cholsav}}{C_{24}H_{40}O_5}.$$

Előállítására legjobb a kutyaepét használni. Szárítva amorph port képez. Vízben, alkoholban könnyen, ætherben épen nem oldódik. Sói jegeczednek s vízben könnyen oldhatók. Natriumsója alkohololdatban a sarkított fényt jobbra téríti; fordító képessége $= + 24{\cdot}5°$.

β) Glycin vagy *glycocoll* $C_2H_5NO_2$, mint amidoeczetsav $C_2H_2(NH_2)O(OH)$. Szabad állapotban nem találták az emberi szervezetben, csak mint az epesavak, hippursav, a húgysav és enyv egyik bomlásterménye ismeretes. Az utóbbiból savak vagy alkaliák behatása alatt állítható elő, e miatt s mert édeskés az íze, *enyvczukornak* is nevezik. A hippursavból ennek sósavval való főzése által nyerhető.

A glycin rhomboedricus alakban jegeczedő test. Vízben könnyen oldható. Aetherben, alkoholban nem oldódik. Savakkal és alkaliakkal egyesül. A glycin forró oldata rézéleghydrát hozzáadására kék színt nyer, kihűlés után a tömény oldatból glycin-rézéleghydrátból álló sötét kék jegeczek válnak ki; ez egyike azon jellemző tulajdonságoknak, melyek által a glycin felismerhető.

a) *Glycocholsav* $C_{26}H_{43}NO_6$. Növényevő állatok s kisebb részben az ember epéjének egyik lényeges alkatrésze. A glycin és cholsav egyesülete, belőle, egy tömecs víz felvétel mellett, mindkét nevezett anyag hasadás útján előállítható:

$$\overset{\text{Glycocholsav}}{C_{26}H_{43}NO_6} + H_2O = \overset{\text{cholsav}}{C_{24}H_{40}O_5} + \overset{\text{glycin}}{C_2NH_5O_2}.$$

Ökörepéből legkönnyebben állítható elő. Finom fényes tűkben jegeczedő test, mely hideg vizben alig, meleg vízben s alkoholban könnyen oldódik. Sói vízben könnyen oldhatók. A sarkított fényt a glycocholsav jobbra téríti; fordító képessége = + 29·0°.

b) *Hippursav* $C_9H_9NO_3$. Növényevő állatok húgyában csak nem rendesen nagy mennyiségben fordúl elő. Emberhúgyban többnyire kevés található. A glycinnek a benzoësavval vízfelvétel mellett képződött egyesületének tekinthető:

$$\overset{\text{Hippursav}}{C_9H_9NO_3} + H_2O = \overset{\text{benzoesav}}{C_7H_6O_2} + \overset{\text{glycin}}{C_2H_5NO_2}.$$

Marha- vagy lóhúgyból, ennek besürítése után sósav hozzáadására nyerhető. Hosszú négyoldalú hasábokban jegeczedő test. Nehezen oldható hideg vizben, könnyebben forróban. Nagyon jól oldódik alkoholban. Sói többnyire vízben könnyen oldhatók.

4. Ismeretlen alkatú ammoniakos származékvegyek.

a) *Inosinsav* $C_{10}H_{14}N_4O_{11}$. Ez, az izmokban előforduló ammoniakos származékvegyület erős, savi vegyhatása által tünik ki.

b) *Tyrosin* $C_9H_{11}NO_3$. Azonos a paraphenyloxyalphaamidopropionsavval (Erlenmeyer és Lipp). Mindig a leucin kiséretében található. Csak a vékony- és vastag-belekben fordúl elő, midőn azokban emésztés folyik. Előállítható ugyanazon eljárás szerint, mint a leucin. Az utóbbitól el lehet választani, ha a mind kettőt tartalmazó anyagot, ammoniak hozzáadása mellett, forró vízben feloldjuk s a hideg oldathoz eczetsavas ólomféleget addig adunk, míg az üledék fehér nem lesz, szűrés után a melegített folyadékból az ammoniakot higított kénsavval megkötjük, az ólmot kiülepítjük, midőn szűrés után a kihült folyadékból a tyrosin kiválik (Hlasiwetz és Habermann).

A tyrosin finom tűkben jegeczedő test. Hideg vízben, alkoholban, ætherben oldhatlan; forró vízben, savakban és lúgokban feloldódik. Kimutatható azon feketebarna szín által, mely előáll, ha légenysavval elpároljuk és natronlúgot hozzá adunk; vagy úgy is, hogy a tyrosint 1—2 csepp kénsavval óraüvegre adjuk és félóra múlva kevés vizet reáöntünk, a kénsavat szénsavas calciummal közönyösítjük, az egészet átszűrjük, midőn a szürlet nehány csepp vaschlorid-oldat hozzáadására ibolyaszínt nyer.

c) *Carnin* $C_7H_8N_4O_3$. Húskivonatokban találta Weidel. Izomkivonatokból basicus eczetsavas ólomféleg által kiválasztható. Finom hó-

fehér jegeczedő tömeget képez. Hideg vízben nehezen, melegben könnyen oldódik.

d) *Guanin* $C_5H_5N_5O$. A pókok ürülékében és a peru-guanoban régóta ismert anyag, újabban a pankreas-, máj- és húskivonatokban is megtalálták. Ha a guanot először mésztejjel azután a szűrletet szénsavas natriummal főzzük s az átszűrt folyadékot eczetsavval kezeljük, a guanin kevés húgysav kíséretében kiválik. Az üledéket sósavval való kezelés által oldva és megtisztítva, belőle a guanin ammoniakkal kicsapható.

Fehér, jegeczedni nem képes por, mely vízben, alkoholban, ammoniakban oldhatatlan és ásványsavakban, kalium- vagy natrium-lúgban könnyen feloldódik. Légecssavval kezelve hypoxanthinná lesz.

e) *Hypoxanthin vagy sarkin* $C_5H_4N_4O$. Az izmok, a lép- és máj nedvében, valamint a csontvelőben fordul elő. Oldataiból basicus eczetsavas óloméleg kicsapja. Finom tűkben jegeczedő test. Alkaliákban, savakban könnyen oldható, forró vízben nehezebben, hidegben 1 *r.* hypoxanthin csak 300 *r.* vízben oldódik. Alkohol épen nem oldja. Élenyülés által xanthinná lesz.

f) *Xanthin* $C_5H_4N_4O_2$. Felette kis mennyiségben fordúl elő az izmokban, májban, thymusban, pankreasban, agyban és húgyban. Tiszta állapotban színtelen, vízben oldhatatlan port képez, mely csak alkaliákban, savakban oldódik, illetőleg ezekkel egyesül.

Úgy a xanthin, mint a hypoxanthin, guanin és carnin a húgysavval rokon-anyagok.

g) *Húgysav* $C_5H_4N_4O_3$. Madarak és hüllők húgyában nagy mennyiségben jön elő, az emberi húgynak szintén rendes alkatrésze. Guanóból vagy kígyók ürülékeiből szokták előállítani. Natronlúggal való kezelés után megszűrjük az anyagot, a szűrleten át szénsavat vezetünk, mire húgysavas natrium válik ki. A húgysavas natriumból, ha azt sósavval főzzük s kihülni hagyjuk, a húgysav kiválik.

A tiszta húgysav színtelen jegeczedő por. Vízben felette nehezen oldódik (14000 *r.* hideg és 1800 *r.* forró vizben), alkoholban, ætherben épen nem oldható. Hevítve belőle húgyanyag, cyansav, kéksav és szénsavas ammoniak képződnek és szén marad vissza. Tömény kénsavval hevítve szénsavvá és ammoniakká lesz.

h) *Kreatinin* $C_4H_7N_3O$. Izomkivonatban és a húgyban található. Kreatinból, ha ezt híg kénsavval főzzük, egy tömecs vízvesztés mellett előáll:

Kreatin
$$C_4H_9N_3O_2 — H_2O = C_4H_7N_3O.$$

Színtelen hasábokban jegeczedő alkalikus vegyhatású test. Vízben s alkoholban feloldódik. Savakkal és sókkal egyesül. Vegyületei közűl legnevezetesebb a kreatinin-chlorzink $(C_4H_7N_3O)_2ZnCl_2$.

i) *Allantoin* $C_4H_6N_4O_3$. Az allantois-folyadékban és csecsemők húgyában fordúl elő a születés utáni első 8 nap alatt. Terhesek húgyában is található. Legkönnyebben lehet a húgyból előállítani úgy, hogy a húgyhoz hypermangansavas kaliumot vagy ferrocyankaliumot adunk. A húgysavból élenyüléskor szintén képződik, a húgysavból tudniillik allantoin és szénsav lesz. Az allantoin tehát a húgysavnak élenyülés-terménye. Tovább tartó élenyülés alatt húgyanyaggá lesz.

Szintén jegeczedő test, mely vízben s forró alkoholban oldható. Hevítés alatt elég, szén marad vissza és ammoniakgőzök szállnak el.

k) *Indican* vagy indoxylkénsav C_8H_6N, SO_4H. A vizeletben fordúl elő. Rhombalakú színtelen lemezekben jegeczedik. Híg sósavval kezelve kénsavra és indoxyl-ra esik szét. Az indoxyl olajszerű cseppeket képez, melyek csakhamar szétesnek és a folyadékot vörösre színezik.

l) *Indol* C_8H_7N. Ember-béltartalomban és bélsárban található. Fehérjék rohadásakor is képződik; így előfordúl a fehérjék pankreasemésztése alkalmával, mint a rohadás egy terménye. Tiszta állapotban jegeczedik. Jellemző az indolra nézve az a vörös szín, mely légecssavat tartalmazó légenysav hozzáadására beáll; az ilyen némiképen tömör oldatból vörösszinű nitrosoindol $C_{16}H_{13}(NO)N_2, NO_3H$ válik ki.

m) *Skatol* C_9H_9N. Mint az indol a béltartalomban fordúl elő. Ezen kívül a fehérjék rohadásakor képződik; valamint akkor is, ha ezeket alkaliákkal hevítjük. Színtelen lemezekben jegeczedik. Egyik jellemző kémhatása, hogy higított légenysavval vagy sósavval melegítés után benne ibolyaszín képződik.

Az indol és skatol adják leginkább a bélsár jellemző szagát.

n) *Festőanyagok.* Ezek mind ammoniakos származékvegyeknek tekinthetők. Jelen ismereteink szerint mindannyian a hæmoglobintól, illetőleg ennek bomlásterményétől a hæmatintól erednek. Előfordúlnak az epében, a húgyban és bizonyos szervek szöveteiben:

Hæmatin $C_{68}H_{70}N_8Fe_2O_{10}$. Mint a hæmoglobin bomlás terménye fordúl elő a szervezetben. Kékesfekete színű jegeczedő test, mely finom porrá törve sötétbarna színt nyer.

Bilirubin $C_{16}H_{18}N_2O_3$. (Cholepyrrhin, biliphäin, hämatoidin).

A húsevő állatok és az ember epéjének festőanyaga. A hämatin-tól való származása több mint valószínű, bár a vér festőanyagából mesterségesen előállítani még nem sikerült. Narancsvörös színű, rhombos lapokban jegeczedő test. Vízben oldhatlan, de chloroformban, főleg melegítés alatt, könnyen feloldódik. Alkaliákkal egyesül, mint valamely egyvegyértékű sav. Allégenysavat tartalmazó légenysav hozzáadására zöld, majd kék, ibolya, vörös, végre sárga színűvé lesz (Gmelin-féle kémlés). A levegőn álló alkalikus bilirubin-oldat élenyfelvétel mellett zöldszínű biliverdinné lesz.

A *biliverdin* $C_{16}H_{18}N_2O_4$ növényevők és sok hidegvérű epéjének a festőanyaga. Amorph, sötét zöld színű anyag. Vízben, chloroformban, ætherben oldhatatlan, alkoholban azonban könnyen feloldódik. Kénecssav behatása alatt úgylátszik bilirubinná lesz.

Mint a biliverdin további élenyülésének terményeit találták még az epekövekben a *bilifuscint* $C_{16}H_{20}N_2O_5$ és a *biliprasint* $C_{16}H_{22}N_2O_6$.

Urobilin. Az emberhúgy azon egyetlen festőanyaga, mely abban minden kétséget kizárólag ki van mutatva. Legjobban nyerhető lázas betegek sötét húgyából. Mesterségesen az urobilint bilirubinból sikerül előállítani, ha az utóbbit natriumamalgammal kezeljük. Alkoholban és ætherben könnyen oldódik. Átcső fényben rózsa-, egészen biborvörös színű, ráeső fényben élénk sárgazöld fémfénye van.

Melanin. Az a barna festőanyag, mely a szem festékes rétegében, a bőr Malpighi-féle rétegében és a hajakban, szintúgy rendesen található felnőttek tüdejében és hörgmirigyeiben is. E szemcsés fekete anyag vízben, ætherben, alkoholban és savakban oldhatatlan.

III. A szervezet életműködései.

17. §. Átnézet.

Midőn az élettüneményeket az amoebán és leukocytán megfigyeltük, akkor az érzőképesség, a mozgás, az anyagcsere és szaporodás ötlöttek szembe, mint azon elemi szervezeteken észlelhető olyan tünemények, melyek nem élő testeken elő nem fordúlnak. Összetett szerkezetű egyéneken, mint milyen az ember is, láttuk, hogy a testet alkató sejtek csoportokba vannak rendezve, mely csoportok kiválóan mind más és más és külön életműködésnek szolgálnak, mialatt a többi életműködés bennök csak alárendelt szereppel bír, e mellett azonban az élettünemények itt is ugyanazok voltak, mint az elemi szervezeteknél.

Egyetlen életműködést nem sikerült eddig még elemi szervezeten megfigyelni, mely a magasabb szervezeteken igen szembetünően nyilvánúl és ez a hőfejlesztés, bár nem szenvedhet kétséget, hogy meleg azokban épen úgy fejlődik, mint akár az emberi testben; az elemi szervezeteken a hőfejlesztés a viszonyoknak megfelelőleg igen csekély és azért jelen eszközeink segedelmével ki sem mutatható.

Szervezetünk életműködései ezek szerint: 1. az idegrendszerben végbemenő molecularis változások, melyek hatása az idegvégekkel összefüggő szervek működésében a peripherián, vagy mint érzés a centrumban nyilvánúl, 2. az erőművi munka vagy mozgás, 3. a hőfejlesztés, 4. az anyagcsere és végre 5. a szaporodás. Ezek közűl az 1—3 alatt felsoroltak *az erőnek különböző nyilvánulatai* a szervezetben; a 4 alatt emlitett *anyagcsere* anyagoknak kívülről való felvételében áll; ez anyagokat a szervezet átváltoztatja saját teste alkatrészeivé, valamint az ezek szétesésében eredő bomlástermények kiküszöböléséről is gondoskodik; végre a *szaporodás* hivatva van az elenyésző, elhaló egyének helyére új egyénekről gondoskodni.

Mind ez életműködések között okozatos összefüggés van. Az erőnyilvánulatok épen úgy nem jöhetnek létre anyagcsere nélkül, a mint a szaporodás sem volna lehetséges a kellő táplálkozás hiánya mellett. Az életműködések közt fennálló e viszony megértésére szükségünk van mindenekelőtt megismerni az erély megmaradásáról szóló törvényt.

18. §. Az erély megmaradásáról szóló törvény.

Erélynek a munkára való képességet nevezzük. Az erély nyilvánúlhat mint nehézkedés, mint a testek közt való összetartás, mint erőművi munka, mint meleg, fény, villamosság és delejesség. Az erély e különböző alakjai egymásra átalakulhatnak. Erőművi munkát például meleggé, ezt villamossággá, a villamosságot delejességgé s ezt ismét erőművi munkává átváltoztatni semmi nehézséggel sem jár. Az erély megmaradásáról szóló törvény szerint ez egymásra átalakuló erők közt a mennyiségi viszony mindenkor ugyanaz; erély sem el nem veszhet, sem elő nem állítható ott, a hol különben jelen nincsen.

Az erély megmaradásáról szóló törvény ilyen értelemben való helyessége legkönnyebben kimutatható az erőművi munka és a hő között fennálló viszony fonalán.

Munkaegységül az az erély szolgál, mely 1 kilogramm súlyt 1 méter magasságra felemelni képes; e munkaegységet *kilogramm-*

méternek nevezzük. Hőegységként azt a melegmennyiséget állapították meg, mely 1 kilogramm víznek hőmérsékét 0°-ról 1 C.°-ra birja emelni. JOULE vizsgálataiból kiderült, hogy a munkának melegre való átalakulásakor az elhasznált munka és képződött meleg közt állandó viszony van. Ha ugyanis 1 kilogramm víz 425 méternyi magasságból leesik és ekkor esésében megakad, úgy az az erély, melylyel a megállás pillanatában bírt, annyi melegre változik át, mint a mennyi szükséges ugyan e víz hőfokának 1 C.°-kal való emelésére, tehát egy hőegységre. Mint a tovább folytatott vizsgálatokból kiderült, egy hőegység nyerésére mindenkor 425 kilogramm-méter munka szükséges. Hasonlóan állandó a viszony akkor is, ha meleget munkára változtatunk át; 425 kilogramm-méter munka mindenkor egy hőegységnek megfelelő meleggé lesz.

Bizonyos mennyiségű munka tehát minden körülmények közt határozott mennyiségű melegre, villamosságra, delejességre változtatható át, sem többre sem kevesebbre.

Van azonban az erélynek olyan állapota is, melyben az jelen van ugyan, de tettleg nem nyilvánúl, közvetlenül fel sem ismerhető. Midőn például valamely követ háztetőre feldobunk, az a karunktól nyert erélylyel repül oda, és ez erélylyel azalatt is bír, míg a háztetőn nyugton marad, csak nyilvánulásában van erélye akadályozva, de mozgásgyanánt előtűnik azonnal, mihelyt a követ gyöngéden megmozdítjuk, vagy ha a támaszt alóla elvonjuk. Az erélyt, midőn tényleg nyilvánúl, *actualis erélynek*, midőn jelen van ugyan, de tettleg nem nyilvánúl, *potentialis erélynek* mondjuk. A kő egész erélykészlete tehát potentialis erélyképen van jelen, mialatt az a háztetőn fekszik és actualis erélylyé változik át, midőn onnan leesik. Ha el lehetne tekinteni amaz erélyvesztéstől, melyet a kő esése közben a levegővel való surlódása miatt szenved, úgy az a potentialis erély, melylyel a kő a háztetőn bírt, egyenlő volna azzal az actualis erélylyel, melylyel az a földre esett, illetőleg azon actualis erélylyel, melylyel karunk a követ felhajította.

Midőn a kő a földre esik, erőművi munka alakjában nyilvánúlt actualis erélye nem vesz el, hanem meleggé alakúl át. A tömegmozgás az odaütődés pillanatában paránymozgássá (meleggé) változik át.

A háztetőn fennakadt és a leeső kő közt fennálló erélyviszonyhoz hasonló az az erélyviszony is, mely az egyes különvált és a vegyületekké egyesülő vegyi elemek között van. Minden szabad, valamint laza vegyi egyesületben levő elem, úgy mint a megtámasztott kő, kötve tart bizonyos potentialis erélykészletet, mely, mihelyt az elemek pará-

nyai szorosabb vegyületekké egyesülnek, actualis erélylyé lesz. E hasonlatosság annyira megy, hogy úgy mint a háztetőre felhajított kő potentialis erélye csak akkor lesz actualis erélylyé, ha támaszától megfosztjuk a követ, az elemek is csak bizonyos feltételek mellett egyesülnek és illető potentiális erélykészletük is csak ezeknek teljesülése alkalmával lesz actualis erélylyé. Igy a szén a levegő élenyével szénsavvá csak akkor egyesül, ha azt a kellő hőfokra felmelegítjük; a szén és éleny potentialis erélye mint meleg, mint fény lesz actualis erélylyé. Az elemeknek ilyen vegyi egyesülésekor fejlődött meleg mennyisége ugyanannyi, akár gyors, akar lassú volt az égés. Favre és Silbermann kimutatták, hogy egy kilogramm szén szénsavvá égésekor 8080, és egy kilogramm hydrogen vízzé égésekor 34,462 hőegység lesz meleg alakjában actualis erélylyé.

A szerves vegyületekben az elemek paránvai lazán vannak egymással egyesülve, erélykészletük jelentékeny része még mint potentialis erély van hozzájuk kötve, azért mihelyt e vegyületek elégnek, az éleny hozzájárulása mellett szorosabb vegyi egyesületekké válnak, potentialis erélykészletük szabaddá lesz és pedig annál nagyobb mértékben, minél szorosabb vegyi egyesületeket képeznek. Igy például tudjuk Frankland vizsgálataiból, hogy egy kilogramm fehérjének húgyanyaggá való égésekor 4263 hőegység fejlődik, egy kilogramm zsírnak szénsavvá és vízzé elégésekor 9069 és egy kilogramm keményítő elégése által ugyancsak szénsavra és vízre 4328 hőegység lesz szabaddá.

De valamint potentialis erély lesz actualis erélylyé, akkor, midőn vegyi elemek vegyületekké egyesülnek, épen úgy kívülről hozzájáruló actualis erély tünik el és változik át potentialis erélylyé, akkor midőn szoros vegyi egyesületek esnek szét, és elemeik külön válnak egymástól.

Az erély megmaradásáról szóló törvény ez esetekben is teljes érvényben van. Bizonyos mennyiségű szén, köneny vagy czukor, zsír, fehérje elégésekor mindig ugyanaz a melegmennyiség lesz szabaddá és viszont, hogy a képződött szénsav és víz alkotó elemeikre szétessenek, épen annyi actualis erélyre van szükségük, mint a mennyi egyesülésükkor tőlük elszállt. A mi tehát a potentialis erélyből eltünik, az actualis erélylyé lesz és viszont.

Az erély tehát egyik alakból más alakra változhatik, azonban a mennyiségi viszony az erély különböző alakjai között állandóan ugyanaz. Lássuk már most, vajjon az erély megmaradásáról szóló törvény érvényben van-e szervezetünkre is, vajjon a különböző erőnyilvánulatok erélyforrása szintén a szervezetben foglalt valamely potentialis erélykészletben keresendő-e vagy nem.

19. §. Erőnyilvánulatok az állati szervezetben.

Az erely megmaradásáról szóló törvény eszméjének felfedezője, Mayer J. R. heilbronni gyakorló orvos, 1840-ben Java szigetén tartózkodott, hol akkor, mint mondja, valamely heveny tüdőbetegség járványosan uralkodott. Mayer, az akkori szokásnak megfelelőleg, számos betegen eret vágott s feltűnt neki, hogy ez egyének visszeres vére nem sötét-, a mint itthon lenni szokott, hanem élénkpiros színű volt; mintha csak ütőeres vér lett volna. E körülmény vezette Mayer-t arra a gondolatra, hogy az emberi test állandó melege a benne végbemenő élenyülő folyamatok eredménye; az élenyülés folyamatainak pedig arra, hogy a test hőmérséke a kellő fokon megmaradjon, Java szigetén, hol a nagy meleg miatt a hővesztés kisebb, csekélyebb fokúaknak kell lenni, mint Európában, hol a hővesztés a hidegebb környezet miatt jóval nagyobb.

Tehát épen az emberen tett észlelet vezetett az erély megmaradásáról szóló törvény korszakot alkotó felfedezéséhez. Noha Mayer az általa észlelt tünetet tévesen magyarázta akkor, midőn a visszeres vér élénkpiros színéből csökkent élenyülésre következtetett, mivel a vér színe nem annyira a benne végbemenő élenyülő folyamatoktól, mint inkább a véráram sebességétől, illetőleg az edények tágasságától függ, meleg környezetben pedig tágulnak a bőr edényei; mindazáltal az általa vont következtetéseket a búvárlat eredményei mégis igazolták.

Szervezetünk legfőbb erőnyilvánulatai *a hőfejlesztés, az erőművi munka és az idegrendszerben végbemenő molecularis változások.*

A testhőmérsék állandó melegvérű állatoknál, melyek közé az ember is tartozik, csak igen szűk korlátok között ingadozik. Egészséges ember testhőmérséke különböző a nap időszaka szerint. Reggeltől estig fokozódik, úgy hogy midőn például reggel 6 órakor 36·7 C°-ot tesz, akkor este 6 óráig 37·5 C°-ra emelkedik, ezután pedig alászáll és reggelre előbbeni alacsony értéket nyeri vissza. Középértékben tehát az ember testhőmérséke 37·1 C°-nak felel meg, a mi éghajlatunk alatt magasabb azon környezet hőfokánál, melyben tartózkodni szoktunk és a mi hővesztésünk tetemes voltánál fogva csak folytonos hőtermelés mellett lehetséges.

Helmholtz szerint egy 82 kilogramm súlyú ember 24 óra alatt középértékben 2732 hőegységet veszít és pedig a bőrfelület útján, sugárzás és vízelpárlás miatt 2195 hőegységet, a belégzett levegő felmelegítésére mintegy 70 hőegységet, a tüdők útján kilehelt vízgőz kép-

zésére 397·5 hőegységet, végre az ételek és italok felmelegítésére 24 óra alatt szintén mintegy 70 hőegységet. E tetemes hővesztést kell tehát szervezetünknek folytonosan pótolnia, hogy testünk hőmérséke állandóan azon hőfokon megmaradjon, a mely mellett életünk egyáltalában lehetséges.

E tetemes melegmennyiség pótlására szükséges erély egy része a munkának melegre való átalakulásából származhatik és tényleg származik is. Ilyen munka, nyugvó embernél is, a szív munkája, mely a surlódás miatt, melyet a szív által hajtott áramló vér részei az edények falán és egymás közt szenvednek, meleggé átalakul; hasonlóan melegre átváltozó munkaerőt szolgáltatnak a légző mozgások is, valamint az izmaink által végzett erőművi munkának egy része is melegre alakul át. De mind e meleggé átalakuló munkaerély 24 óra alatt alig tesz ki többet 87,990·72 kilogramm-méternél, mi 425-tel elosztva 207·03 hőegységnek felel meg. E hő az ugyanazon idő alatt vesztett 2732 hőegységhez képest igen csekély, ezért a testünket melegítő hő legnagyobb részének máshonnan kell származnia.

1822-ben a párisi akadémia az állati meleg forrásainak kutatására pályázatot tüzött ki; pályáztak Dulong és Despretz. Mindkét vizsgáló gondosan meghatározta az állat által bizonyos idő alatt termelt meleget s evvel egyidejűleg megmérte az állat által kisérlet közben elhasznált élenyt és az ugyanakkor kilehelt szénsavat; az elhasznált éleny és kilehelt szénsavból kiszámította azt a hőt, melynek az állatban végbemenő égés folyamatok alatt felszabadulni kellett volna s ezt a tényleg mért hőmennyiséggel összehasonlította. E vizsgálatok eredménye, a szén és köneny égési melegét illetőleg a Favre és Silbermann által nyert értékeket alapúl véve, határozottan a mellett szól, hogy az állat által termelt minden meleg a benne végbemenő élenyülési folyamatoktól származik. A csekély eltéréseket a tényleg mért és a számítás útján nyert meleg mennyisége közt, megmagyarázzák a kisérleti hibák, nevezetesen az, hogy az állati testben élenyülő szerves vegyekből nyert meleget Dulong és Despretz úgy számították ki, mintha megfelelő mennyiségű szén és köneny égett volna el, valamint hogy a légeny élenyüléséből eredő melegre tekintettel nem voltak, holott zsírok- és szénhydrátokon kívül fehérjék is résztvettek az élenyülő folyamatban és ezek egyik bomlásterményeként a húgyanyag lép fel.

Az emberen eddigelé tett vizsgálatok ugyanazt bizonyítják és azért ha a valaki által kifejtett meleget meghatározni akarjuk, nem is

mérjük magát az elszálló meleget, hanem kiszámítjuk azt az illető által elhasznált anyagokból. Az ürülékekben foglalt termékekből meg az elhasznált élenyből kiszámítható az a fehérje és szénhydrát vagy zsírmennyiség, melynek szétesésében a bomlási termékeknek képződni kellett; az illető szerves anyag elégéséből fejlődött meleg pedig Frankland adatai alapján könnyen kiszámítható.

A meleg, melyet testünk termel, saját szerves alkatrészeink kötve tartott potentialis erélykészletéből származik, mely meleg alakjában actualis erélylyé lesz, midőn azok élenyfelvétel mellett szénsav-, víz- és húgyanyaggá égnek el.

A szervezet erőnyilvánulatainak egy második alakja az *erőművi munka*. Hogy az izmok ezt is saját alkatrészeik potentialis erélykészletéből merítik, bizonyítja az izommunkával járó fokozódott anyagcsere. Munka közben tetemesen fokozódik a kilehelt szénsav mennyisége; így találta E. Smith, hogy a valaki által kilehelt szénsav mennyisége, ha az 1 óra alatt 2—3 angol mérföldet bejár, a nyugalomkor általa kilehelt szénsavnak 2—3-szorosát teszi. Hirn vizsgálataiból kiderült, hogy a ki nyugalom alatt 1 gramm elhasznált élenyre 5 hőegységet fejlesztett, az munka közben ugyancsak 1 gramm élenyre 3 hőegységet termel; a levegőből felvett éleny egy része tehát munka közben nem melegfejlesztésre, hanem erőművi munka létrehozására fordíttatott. Működő izomban élénkebb a vérkeringés, a kifolyó vér bomlásanyagokban dúsabb, mint a nyugvó izomban.

Az *agy- és idegek működésében nyilvánuló molecularis változásoknak* erélyforrása szintén az azon testrészeket alkotó szerves vegyek potentialis erélykészletében keresendő. Bizonyítja ezt az a körülmény, hogy a vérkeringésből kizárt ideg működésképességét elveszti, hogy az agyhoz vezető ütőereknek leszorítása öntudatvesztést von maga után; sőt Gscheidlen vizsgálatai egyenesen kimutatták, hogy a működő ideg élenyt fogyaszt és hogy az agyban a szerves anyagok bomlásterményei meggyűlnek.

Ezek után az élőszervezetek erőnyilvánulatainak: a melegnek, melyet termelnek, az erőművi munkának, melyet végeznek, valamint az idegrendszerükben lefolyó molecularis változásoknak is egyedüli erélyforrása a testüket alkotó szervesanyagok potentialis erélykészletében van. Az erély megmaradásáról szóló törvény tehát itt is teljes érvényben van.

20. §. Anyagforgalom az állati szervezetben.

Az állat tápanyagokat vesz fel, ezeket saját testállományával azonos anyagokká változtatja át és teste közvetlen alkatrészeiként fogadja magába. A felvett anyagok teszik lehetségessé a fejlődő szervezet növését, adják azokat a lazán összetartott szerves anyagokat, melyeknek szétesésében szervezetünk az erélynyilvánulatokhoz szükséges actualis erélyt meríti és adják azokat az anyagrészeket, melyek nélkül a szaporodás lehetetlen volna.

Az állati szervezet tápanyagai: a fehérjék, zsírok, szénhydrátok, élény, víz és sók. Ezek közül a szerves tápanyagokat az állat a növényektől nyeri, részint közvetetlenül, midőn tudniillik növényekkel táplálkozik, részint közvetve, midőn növényekkel táplálkozó állatok húsával él. Szerves anyagképződést szervetlen anyagokból, állatban eddigelé még nem észleltek; a szerves anyagokat a növények készítik.

A növények tápanyagai a szénsav, víz, ammoniak, légenysavsók és egyéb tűzállóanyagok; tehát szervetlen alkatrészek. Ezek közül a szénsavat a növény zöld részei veszik fel a napsugarak behatása alatt míg helyette élenyt bocsátanak szabadon; a nem zöld részek, valamint a chlorophylltartó részek pedig sötétben élenyt vesznek fel és szénsavat lehelnek ki. E légcsere lényegében olyan, hogy a növény mindig több szénsavat köt meg, mint a mennyit szabadon bocsát és több élenyt szabadít fel, mint a mennyi szabad élenyt kivülről felvesz. Berthelot tapasztalatai szerint a növény a szabad villamosság befolyása alatt a körlég légenyét is képes megkötni. Az ammoniakot, légenysavsókat és egyéb tűzálló részeket a növény gyökereivel vízben oldva veszi fel.

A vizet és szénsavat a chlorophyll a napfény és napmeleg hatása alatt felbontja. E felbontás alkalmával különválnak egymástól a víz és szénsav elemei és a nap actualis erélyének megfelelő részét kötik meg. Az így felszabadult élény egy része a körlevegőbe elszáll, a többi élény a szénnel és könenynyel alkotja a légenymentes szerves vegyeket, mindenek előtt a keményítőt, melyből azután a többi szénhydrát további élenytelenítés (reductio) folytán pedig a zsírok képződnek.

Az ammoniak és légenysavsók szolgáltatják a növénynek kiválóan azt a légenyt, melyre ennek a fehérjék alkotásához szüksége van. A légenytartalmú szervetlen vegyekből és szénhydrátokból készülnek tehát a növényben a fehérjék és pedig szintén élény felszabadulás mellett.

Ezek szerint a növény sok élenyü egyszerű szervetlen anyagokból készíti azon kevés élenyü összetett szerves anyagokat, melyek nekünk tápanyagokként szolgálnak; és midőn ezt teszi, felhasználja a nap actualis erélyét és ezt tartalmazzák potentialis erély alakjában lekötve azok a laza vegyi egyesületek, melyeket mint tápanyagokat a növénytől felveszünk.

A tápanyagok legnagyobb részét a bélcső útján szívjuk fel, miután azokat ott az emésztő nedvek előbb a felszívódásra alkalmasakká tették. A *felszívódást* külön e czélra rendelt szervek eszközlik. Innen

jutnak a felszívott anyagok a *nyirokedény-rendszerbe* és ennek útján *a vérbe*. A vért a véredényrendszerben *a lüktető szív* folytonos keringésben tartja és a testben mindenüvé elhajtja.

A nyomás miatt, mely alatt így a vér a vérútban van, vérnedv szűrődik át a véredényeket környező szövet nedvhézagaiba; így jutnak el mindenütt a tápanyagok testünk szöveteibe, ezeknek sejtjeihez. E nedvhézagokban erednek a nyirokedények, melyek az elhasznált, valamint a felesleges anyagok nagy részét felszívják és a vérhez visszaviszik; egy része ez anyagoknak átszivárgás útján kerül vissza egyenesen a véredényekbe.

Így jut szervezetünk abba a helyzetbe, hogy a felvett tápanyagokat saját teste állományába beolvaszthatja. A felvett *fehérjékből* (leginkább peptonok) készíti testünk mindazokat a fehérjéket, melyek alkatrészei közt előfordulnak, ezekből alkotja synthesis útján a hæmoglobint, valamint ezekből készíti azokat a fehérjeszármazék vegyeket is, melyeket bizonyos szövetek és váladékok alkatrészeiként megismerni tanultunk. A fehérjékből készülnek szervezetünkben, élenyfelvétel mellett lefolyó hasadásfolyamatok útján zsírok.

Hogy a zsírok fehérjékből képződhetnek számos tapasztalat bizonyítja. Így találták, hogy a tej, tiszta hússal való táplálás mellett zsírban legdúsabb. A tejben rendesen jóval több zsír van, mint a mennyit az állat tápszereiben felvesz (Subotin, Kemmerich). Húsevő állatok tisztán hússal való táplálta-tás mellett zsírt raknak le szöveteik közé. Ha a sajt (casein) áll, zsírdúsabb lesz és ammoniakos származékvegyületek lépnek fel benne. Végre megemlíthető még, hogy a kórtanban a szövetek zsíros metamorphosisa rég óta ismert dolog; hámsejtek-, genysejtek-, májsejtekben fehérjeanyagok szétesésében zsír keletkezik.

Fehérjékből származhatnak részben a máj- és izmokban található glycogen és inosit is és úgy ezek mint a zsírok képződésekor létrejövő élenydúsabb ammoniakos származékvegyek.

A *zsíroknak* egy része a zsírszövetben halmozódik fel, másik része pedig a képződött szénhydrátokkal együtt, további élenyülés folytán, szétesik.

A tápanyagokban felvett zsírok részben felhalmozódnak a szervezetben, részben pedig a felvett *szénhydrátokkal* együtt szétesésük által a szervezet erőnyilvánulataihoz szükséges actualis erélyt szolgáltatják; élenyfelvétel mellett tudniillik e laza szerves vegyületek szoros vegyi egyesületekké lesznek.

A tápanyagokkal felvett anyagok szétesésékhez szükséges *élenyt*, vérünk hämoglobin tartalmu sejtjei, a körlevegőből veszik magukhoz a

tüdőkben. A vörösvérsejtek a vérárammal tovasodortatva a testben szerteszét viszik az élenyt.

Az összetett szerves anyagok éleny- és vízfelvétel mellett egyszerűbb vegyületekké hasadnak, minthogy kevés éleny és igen összetett alkatú vegyületek könnyen vesznek fel élenyt és sok élenyü egyszerű vegyületekké esnek szét. Egyébként ezen élenyfelvétellel járó hasadásfolyamatoknál még bizonyos erjesztő hatással bíró anyagok (enzymek) is működnek közre, épen úgy, a mint a szervezeten kívül lefolyó hasadásokat is erjesztő anyagok (élesztő, schizomyceták) okozzák.

Midőn tehát az állat a meleg, az erőművi munka és egyéb erőnyilvánulatokhoz szükséges actualis erélyt saját teste szerves alkatrészeinek potentialis erélyéből nyeri: akkor ez anyagok éleny és víz felvétele mellett szénsavra, vízre, húgyanyagra és egyéb ammoniakos származékanyagokra, valamint phosphor- és kénsavra hasadnak. Mielőtt a szerves tápanyagokból a szétesés e végső bomlásterményei képződtek volna, addig egyes szervekben élenytelenítés sőt egyszerűbb vegyületekből összetettebbek képzése, potentialis erély kötése mellett, is folyt. Mind ezek végeredménye azonban mégis a fent jelzett hasadás, egyszerű élenydús vegyületek képzése és actualis erély felszabadítása.

A szétesés végterményei nem csak értékkel nem birnak szervezetünkben, hanem egyenesen zavarják azt életműködéseinek teljesítésében; hogy tehát az élet veszélyeztetve ne legyen, ezeknek a testből el kell távolodni. És így a hasadástermények, valamint a tápszerekkel felvett és a szervezet által nem szükségelt felesleges víz és különböző sók kiküszöbölésével befejeződik a szervezetben a magunkba vett anyagok forgalma.

A bomlásterményeket a keringő vér viszi a kiválasztást eszközlő szervekbe, a tüdőkbe, vesékbe és a bőrbe. A tüdők útján leheljük ki a szénsavat és vízgőzt, a vesék választják ki vizben oldva a húgyanyagot, húgysavat és egyéb ammoniakos származékvegyek mellett a különböző sókat. A bőr kiválasztó működése embernel elenyésző csekély, leginkább még víz távozik el a bőr útján, ezen kívül még felette kevés szénsavat, illó zsírsavakat és ammoniákos származékanyagokat választanak ki a bőr izzadó mirigyei.

Az állati szervezetben tehát folytonos a tápanyagfelvétel, áthasonlítás (assimilatio), szétbontás és a bomlásanyagok kevés kiválasztása és ez az anyagforgalom képezi alapját az erőforgalomnak is, a mennyiben kevés élenyü összetett szerves anyagokból, melyek potentialis erélyt tartanak lekötve, sok élenyü szervetlen vegyületek lesznek és az azok által kötve tartott erély actualis erély alakjában szabadúl el.

21. §. Szaporodás.

Testünk oly összetett szerkezetű gép, melyben az életműködések nem állhatnak örökké fenn. A gépezet valamely részében előbb utóbb zavar áll be s ez véget vet az egész gép működésének; bekövetkezik a halál. Az egyének ilyen pusztulása mellett a faj fenmaradásáról gondoskodni épen a *szaporodás* feladata.

Abból a tapasztalatból kiindulva, hogy rohadó anyagokban különböző alsóbb rendű állatokat lehet kifejlődni látni, a régibb korbeli búvárok lehetségesnek tartották a szervezetek származását nem szerves anyagokból is. Megerősítette ezt a feltevést az a felfogás, hogy a föld valaha forró égi test volt, melyen csak akkor támadhattak élő lények miután az a kellő fokra lehűlt, mint ezt a geologiai kutatások minden kétséget kizárólag bizonyítják. A jelenkori vizsgálatok azonban a szerves lényeknek *ősnemzés* (abiogenesis) útján való keletkezését igen kétessé teszik, és így nem mondható valószínűnek az sem, hogy a legelső szerves lények e földön ily ősnemzés útján keletkeztek volna (Schwann, Helmholtz, Gscheidlen, Pasteur stb.). Egyes vizsgálók (William Thomson) azon nézetnek adtak kifejezést, hogy a szerves csirák más égitestről, meteorkövekkel, jutottak a földre. De ha a dolog úgy is volna, a mi egyébként újabb vizsgálatok szerint igen valószínűtlen, úgy az első lények keletkezésének kérdésével csak a földről szorulnánk más égi testre.

Azon időben, midőn a földfelület melege akkora volt, hogy ezt forró gőzök és folyadékok borították, az anyagok rajta folytonos mozgásban voltak. Ez anyagok mozgása és az élő lényeken észlelhető mozgások közt csak mennyiségbeli különbség létezhetett. Preyer azért felteszi, hogy az ezután bekövetkezett lehülés alatt mindenekelőtt az úgy nevezett nem szerves testek váltak ki, az ezektől elszakadó s szintén lassan lehülő anyagoknak a mai protoplasmához legfeljebb annyi hasonlatosságuk lehetett, hogy az élenyt s más anyagokat vettek fel, szénsavat bocsátottak el és oszláson mentek keresztül. Ez anyagokból fejlődhetett idővel a protoplasmához mindinkább hasonló anyag, melynek további változásaiból végre a növény- és állatország kezdetleges alakjai képződhettek. Preyer elmélete szerint a protoplasma fennmaradt, miután az égő földfelület lehűlése folytán a most nem élő testek, a forró gőzök és folyadékokból kiváltak. Az ősnemzéssel szemben, mely öntudatosan cselekvő teremtő erőt tételez fel, Preyer elméletének az az előnye van, hogy változatlan természettörvény befolyásának tulajdonítja az első lények létrejöttét.

Jelenleg minden tapasztalat azt tanusítja, hogy az élő lények mind, hozzájuk hasonló élő lényektől származtak le, hasadtak le azokról.

Testünk legelemibb morphologiai alkatrésze a sejt is hasonló más sejttől származik. A sejt magja és utána a protoplasma ketté oszlik (*oszlás útján* szaporodás), ha ez oszlás sejthártyán belül történik, *endogen sejtoszlás*nak nevezzük; szaporodik a sejt továbbá úgy is, hogy a protoplasma egy része a sejttestből egy vagy több irány felé bimbószerűen kinő s végre az anyasejttől leválik, ezt *bimbózás* útján való szaporodásnak mondjuk. A hol mag van a sejtben, ott a szaporodás mindig a magból indúl ki. Ezt illetőleg még kevéssel ezelőtt a *közvetlen oszlást* vélték a szaporodás egyedüli módjának, újabb vizsgálatok azonban kiderítettek, hogy a sejtmagban szaporodás alatt igen bonyolódott változások folynak. A maghártya eltűnik, a mag megnagyobbodik, hálószerűen elrendezett szálai üresen maradt központ körül hurkokat képeznek; később a hurkok csillagalakúlag elrendeződnek, majd két központ körül sorakoznak, végre pedig egészen két felé válnak. A hurkok két csoportja körül külön burok fejlődik; az egy magból két mag lett. A magoszlást a sejtprotoplasma oszlása követi. Ezt *kozvetett sejtoszlásnak* vagy *karyokinesisnek* nevezik (Bütschki, Strassburg és *mások*). Ha a sejtprotoplasma oszlása elmarad, akkor két magvú sejtet találunk.

Miként a sejtek, úgy szaporodnak bizonyos alsó rendű élő lények is, oszlás vagy bimbózás útján. Az így fejlődött egyének hosszú időn át, néha állandóan is, összefüggésben maradnak az anyatesttel. Ide tartoznak a polypusok, bizonyos férgek és egyéb alsóbb rendű állatfajok.

Az egyén testében külön fejlődő *csirsejt* útján szaporodnak bizonyos trematodák és infusoriák; itten az anyatesttől elvált csirsejtből az állat hasonló módon fejlődik ki, mint a hogy a petéből szokott.

A legösszetettebb szervezetek *ivarnemzés* útján szaporodnak. Ezek is egyetlen sejtből, a petesejtből fejlődnek ki, mely azonban külön szervben, a petefészekben, képződik. Termékenyítéskor a pete egy activ sejttel, a spermasejttel olvad egybe, melyet szintén külön szerv: a here, készít. Anyagfelvétel alatt a petesejt protoplasmája endogen sejtoszlás útján számtalan egynemű sejtté oszlik, melyek tovább változás folytán hasonló lényt hoznak létre, mint minőtől a pete- és spermasejt származott. — A fejlődés ily folyamata mellett a fejlődő ébrény súlyban és térfogatban gyarapodik, anyagokat vesz fel és ezeket saját teste állományává hasonlítja át.

Ilyen körülmények között a szaporodás és fejlődés szintén kellő anyagfelvételt tesz szükségessé az anyaszervezet részéről, kiváló nagy fokban akkor, ha, mint az ember és emlősöknél, a csir az anyatestben hosszasabban időzik, nő és fejlődik. Innen van, hogy az állatok annál szaporábbak, minél több tápanyagot vesznek fel; ezért szaporábbak háziállataink a szabadon élő hasonfajú állatoknál; sőt a statisztikai adatok bizonyítják, hogy termékeny esztendőkben több gyermek is születik, mint éhszükség idején. Melegvérű állat tápanyagainak nagy részét saját teste melegének a kellő fokon való megtartására kénytelen fordítani különösen a hideg éghajlat alatt, a mi háziállataink is azért jóval szaporábbak a forró égöv alatt, mint mi nálunk. Erőművi munka létrehozására is szüksége van az állatnak tápanyagokra, és pedig aránylag annál többre, minél nagyobb az állat, evvel megegyezőleg a nagyobb állatok kevésbbé szaporák, mint a kicsinyek, a mely állat kevesebb fáradsággal szerzi meg tápanyagait, szaporább annál, mely azokhoz csak nagyobb fáradság árán juthat. Az erély megmaradásáról szóló törvénynyel tehát a szaporodás életműködése is teljes összhangzásban van.

22. §. A különös élettan beosztása.

Minthogy az élettan feladata az élettüneményeket elemezni, a feltételeket, melyektől ezek függnek, az összefüggést, mely köztük fennáll, megállapítani és mindezeket ismert természettörvényekből megmagyarázni, szükséges, hogy a részletes élettan tárgyalásánál határozott terv szerint járjunk el. Az egyes élettünemények oly szoros okozatos összefüggésben vannak egymással, hogy a részletek könnyebb megértethetése szempontjából épen nem közönyös a sorrend, melyben az élettan tárgyaival megismerkedünk.

Az ember és állat szervezetének életműködéseit három nagy csoportba soroztuk. Ezek közül az első csoport az erőnyilvánulatokat foglalta magába, a második az anyagforgalmat, végre a harmadik a szaporodást és fejlődést. A különös élettan is ennek megfelelőleg három főszakaszra osztható be. Tekintettel arra, hogy, a mint láttuk, az anyagforgalom az életnek ama forrása, melyből a többi két csoportbeli működés keletkezik, a különös élettan tárgyalását is evvel lehetne megkezdeni. Ha meggondoljuk azonban, hogy az idegrendszer minden szerv működését kormányozza, hogy minden életműködést befolyásol és szabályoz, úgy be kell ismernünk, miszerint az idegélettan tudása nélkül a többi szervek működésének fejtegetésébe bocsátkozni sok nehézséggel

járna, sőt némely tekintetben lehetetlen is volna. Az idegrendszer működése egyébként is az, mely a többi életműködés ismerete nélkül, legkönnyebben tanulmányozható. Az idegrendszernek kiváló szerepe teszi ezt úgy is első helyre szervezetünkben. Leghelyesebben fogunk tehát eljárni, ha a különös élettan tárgyalását az erőnyilvánulatokkal — az erőforgalommal — első sorban pedig az *idegélettannal* kezdjük meg.

Az idegélettanban először az idegek *általános* tulajdonságait fogjuk vizsgálni. Ez után követjük azokat az idegeket, melyeknek feladata, hogy az impulsusokat környéki szervekbe vezessék és ezeket működésre indítsák; ilyen szervek különösen az izmok és hozzátartozó részeik. Innen áttérünk azokhoz az idegekhez, melyek érzékszervekben végződnek; feladatuk e szerveknek, hogy a külső benyomásokat felfogják és ezeket az idegrendszer központjához elvezessék. Itten a központi idegrendszerben végre minden ideg találkozik; az impulsusok a mozgásra s egyéb működésre innen indúlnak ki, az érzéki benyomások itt jutnak öntudatunkra; a szellemi működéseknek is a központi idegrendszer a székhelye. Az általános idegélettan után tehát a *mozgató-*, *érzőidegek*, a *gerinczagy* és *agy idegeinek* és végre magának a *központi idegrendszernek* működéseit fogjuk megismerni.

Az idegműködésen kívül az *erőforgalomhoz* tartoznak még a *mozgások* és a *hőfejlesztés*; ezeknek tárgyalása fogja tehát az idegélettant követni.

Az életműködések második csoportját teszi az *anyagforgalom*. Ennek vizsgálatakor kiindulunk a *tápanyagfelvételtől* és az *emésztéstől*. Kisérni fogjuk az anyagokat, midőn azok a *felszivódás* útján a vérbe jutnak. Ezt követi majd a *vér-* és *vérkeringés* élettana. Innen a *légzés* és a tisztán *kiválasztó működések* élettanához jutunk. Végre miután így az egész anyagforgalomról részletes ismeretet nyertünk, át fogjuk még tekinteni az emberben lefolyó anyagcserét mint egészet.

Utoljára veszszük vizsgálat alá az életműködések harmadik csoportját a *szaporodást* és *fejlődést*, mint az *egyénforgalom* élettanát.

FŐBB FORRÁSOK.

Mayer I. K. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. 1845.

Ludwig C. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. 1852.

Haeser H. Lehrbuch d. Geschichte d. Medicin. 1868.

Haeckel E. Anthropogenie oder Entwickelungsgeschichte des Menschen. 1874.

Haeckel E. Natürliche Schöpfungsgeschichte. 1872.
Sachs I. Grundzüge der Pflanzen-Physiologie. 1873.
Preyer W. Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme. 1880.
Kölliker A. Grundriss d. Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. 1880.
Ranvier L. Techniches Lehrbuch d. Histologie. 1877—1882.
Helmholtz H. Wissenschaftliche Abhandlungen. 1881.
Huxley Th. H. Practical biology. 1881.
Mihálkovics Géza, Általános boncztan. 1881.
Preyer W. Elemente d. allgemeinen Physiologie. 1883.
Hoppe-Seyler F. Handbuch d. physiol. und path. chemischen Analyse. V. kiadás. 1883.
Thanhoffer L. Az összehasonlító élet- és szövettan alapvonalai. Budapest. 1883.
Toldt K. Lehrbuch d. Gewebelehre. II. kiadás. 1884.
Kruckenberg C. Fr. W. Grundriss d. med.-chemischen Analyse. 1884.
Pflüger E. F. W. Archiv f. d. gesammte Physiologie.
Hoppe-Seyler F. Zeitschrift f. physiol. Chemie.
Kolozsvári orvos-természettudományi értesítő.
Henle-Meisner. Berichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie.
Hofmann-Schwalbe, Jahresberichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie.
Wiener mediz. Wochenschrift. 1885.

KÜLÖNÖS ÉLETTAN.

I.

AZ ERŐFORGALOM (ERŐNYILVÁNULATOK) ÉLETTANA.

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ FARMACIE ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE GEORGE EMIL PALADE 1925

I.

ÁLTALÁNOS IDEGÉLETTAN.

23. §. Átnézet.

Szervezetünkben az uralkodó szerep az idegrendszeré. A legkülönbözőbb szerveket ez kapcsolja össze egymással. Az azokból kiinduló idegrostok mind a központi idegrendszerben találkoznak össze. Ide vezetik a különböző érzékszervek által felfogott benyomásokat, itt jutnak azok öntudatunkra is; ugyancsak innen indulnak ki az impulsusok a peripheria felé vezető idegrostokon olyan szervekhez, melyeket működésre indítani hivatva vannak, a milyenek például az izmok. Mind ezeknek megfelelőleg a központi idegrendszerben a vezető utak sokoldalúlag össze vannak kapcsolva egymással, a peripherián pedig különböző szervekben végződnek.

A központi idegrendszer, az érzékszervek, izmok és a megfelelő idegek működését külön fejezetekben részletesen tárgyalni fogjuk, jelenleg az idegek általános tulajdonságaival akarunk megismerkedni. Ezek között legnevezetesebb az idegnek az a képessége, hogy bizonyos behatások alatt nyugalmi állapotából tevékeny állapotba jut és hogy e tevékeny állapotát tovább azokhoz a végső szervekhez vezeti, a melyekben végződik. Az olyan behatást, mely az ideget működésre képes indítani, *inger*-nek nevezzük, magát a működés állapotát *izgalom*-nak vagy *ingerület*-nek, az idegnek azt a képességét pedig, hogy az ingerre izgalmi állapotba jut, *ingerlékenység*-nek mondjuk.

Rendes életviszonyok között az inger az idegnek mindig csak egyik végét éri, az ez által támadt izgalmat pedig a másik végén levő végkészülékhez vezeti. Az idegnek környi végét izgatja az inger, ha az inger érzékszervben végződik, az érző ideg az ingerületet központi végéhez vezeti tovább; megfordítva van a dolog a mozgató idegeknél. *Természetes ingere* tehát a mozgató idegnek, a központi idegrendszerből kiinduló impulsus, míg az érzékszervek idegei közül a látóidegé

a fény, a hallóidegé a hang, a szaglóidegé a különböző illó anyagok, az izlő idegvégeké az ízanyagok, a bőr tapintó idegeié a nyomás és hőbeli behatások.

Az idegek azonban nemcsak a természetes ingerek által és a megfelelő végszervek útján hozhatók izgalomba, hanem bizonyos *általános ingerek* által akkor is, ha ez ingerek, az ideg lefutása közben, hatnak az idegre. Ilyen általános idegingerek: *az erőművi behatás, a hő, vegyi behatások* és a *villamosság*.

Izgassunk például valamely mozgató ideget bárhol és bármelyik általános ingerrel, az izgatás mindig a megfelelő izomnak összehúzódását fogja maga után vonni. Midőn a látó ideget lefutása közben, vagy közvetlenül a szemet, villamosan izgatjuk, e behatás fényérzést támaszt csak úgy, mintha a szembe fény jutott volna. Hasonlót tapasztalunk, ha a bőr érző idegeit lefutásuk közben az általános idegingerek valamelyikével izgatjuk, ez is csak azt az érzést támasztja, mint a melyet amaz ideg végkészülékeinek megfelelő ingerlése okozni szokott. Sőt öntudatunk az érzést sem helyezi oda, a hol a behatás történt, hanem oda, a honnan a természetes inger az ideg végkészülékére behatni szokott. Midőn például könyökünkkel véletlenül valamihez odaütődünk, akkor a n. ulnaris erőművi ingerlése következtében beálló fájdalmas érzést nem a könyök helyén érezzük, hanem a megfelelő idegrostok környéki végein, kiválón a kisujjban. Feltünők az ilyen érzések csonkított végtagokon; itt az idegcsonk izgatását az illető egyén az idegnek már nem létező végeiben véli érezni.

Az izgalom tehát egyformán nyilvánúl, bárhol izgassuk az ideget, akár természetes, akár általános ingerrel illessük azt. Azért, midőn az ideg ingerlékenységét és izgalomvezető képességét közelebbről akarjuk megismerni, nem szorulunk az idegben a természetes idegingerek által okozott változások megfigyelésére, a mi annál is nehezebb volna, minthogy az idegizgalom jelenlétét rendesen nem magán az idegen, hanem azon szerv működéséből ismerjük fel, a melyben az ideg végződik és a melyet izgalma által tevékenységre indít. Az érzékszervek idegeinek izgalmát mindenki az idegközpontban (agyban) érzi meg, a mozgató idegét az illető izom összehúzódása jelzi. Legalkalmasabb azért izmával összefüggő mozgató ideget választani és ezt a rendelkezésünkre álló általános idegingerek valamelyikével akkor és akkora fokban ingerelni, amint azt a vizsgálat czélja megkívánja.

Az *ingerlékenységen* és *izgalomvezetőképességen* kivül az ideg még *villamosságot* is fejleszt. A következőkben feladatunk lesz az ideg

mindezen működéseit és a viszonyokat, melyektől ezek függnek, közelebbről megismerni, a köztük netalán létező viszonyt is megjelölni. Mindenekelőtt lássuk az általános idegingerek hatását az idegre, hogy a további vizsgálatokra azt válasszuk, a mely közülök legalkalmasabbnak bizonyúl.

24. §. Erőművi ingerek hatása.

Az érző idegeknek gyors erőművi bántalmazása fájdalomérzést, a mozgató idegeknek hasonló bántalmazása a megfelelő izmok rángását vonja maga után. Ha az ideget nyomjuk, szúrjuk, metszük vagy valami kemeny tárgyhoz odaütjük, mind ez ingerképen hat és az ideget izgalomba hozza.

Ezek és egyéb erőművi behatások azonban az ideget csak akkor képesek izgatni, ha arra bizonyos sebességgel behatnak. Ha valamely ideget gyengén megnyomunk és e nyomást lassan fokozzuk, a kellő óvatosság mellett a nyomást annyira növelhetjük, hogy az ideg teljesen összezúzva lesz, anélkül, hogy az ideggel összefüggő szerv izgalomba jött volna. Schiff galambokon tett kisérleteket említ, melyeknél az állat szárnyához vezető érző idegeket æthernarcosis alatt előre átmetszette, azután a plexus brachialis körül selyemszalagból kötött kacsot vezetett, ezt aztán lassacskán mind jobban-jobban összehúzta a szárny teljesen bénulva lett, anélkül, hogy e közben a szárnyon a legkisebb rángást lehetett volna észrevenni. Ugyanez áll az érző idegre nézve is. Midőn ülés közben a n. ischiadicust nyomjuk, lábunk elzsibbad, e zsibbasztó érzést a nyomás egyenletes tartama és nagyobbodása mellett alig érezzük, ellenben igen érezhetővé válik, mihelyt a lábat elfoglalt helyzetéből kimozdítjuk és a nyomás megszünt hatni az idegre. Erőművi inger tehát egyenletes tartama alatt nem izgatja az ideget, hanem csak akkor, ha erejében bizonyos gyorsasággal változik. De itt is van határ. Lehet másfelől az erőművi behatás nagyon is sebes, midőn aztán e miatt nem izgatja ingerként az ideget. Igy ha jó éles késsel ketté vágjuk az ideget, ez izgalomba nem jut, ha mozgató volt az ideg, izma nem ráng atódzik; hirtelen alkalmazott ütéssel a béka n. ischiadicusát szétzúzhatjuk, anélkül, hogy az alszárban rángás következnék be.

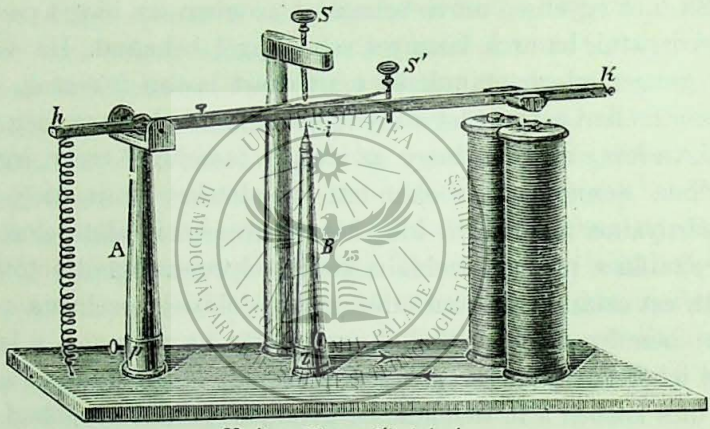
Az idegnyújtással hasonlóan van a dolog. A kikészített ideg gyenge nyújtása, sem érzéssel, sem mozgással nem jár, míg kellő erővel és sebességgel alkalmazott nyújtás a megfelelő izmokban rángást, illetőleg fájdalmas érzést okoz.

Arra, hogy az erőművi behatás izgassa az ideget nem szükséges,

hogy annak megtámadja életképességét, lehet az erőműi inger aránylag gyenge, csak elég sebességgel hasson be az idegre. Erőműi ingerek által azért az ideg izma tetanusba is hozható, azaz, lehet az ideget egymásután oly gyorsan erőművileg izgatni, hogy az izom egyik rángása még le nem járt, midőn a másik már következik; a rángás így mintegy folytonos.

E czélra igen alkalmas eszköz Heidenhain «tetanomotor»-ja. Lényegében ez eszköz a Wagner-féle kalapácsnak felel meg (lásd a 22. ábrát).

Az *A* oszlopot valamely villamtelep egyik sarkával kötjük össze, innen az áram a *hk* emelőbe jut. Ez emelőt a *h*-nál levő rúgó az *S* csavarhoz szorítja oda; a villamáram azért az emelőről a csavarra s ennek oszlopára kerül. Az *S* csavart tartó oszloptól a villamosságot selyemmel körülfont sodrony vezeti két vasoszlop körül honnan aztán az áram *Z*-n át a telephez vissza-



22. ábra. Wagner-féle kalapács.

ut. A vasoszlopok felett az emelőhez puha vasdarab van csavarva. Midőn a két vasoszlop körül villamáram kering ezek delejesek lesznek és az emelőhez erősített vasat az emelővel együtt magukhoz húzzák. Ez által az emelő és az *S* csavar közt az érintkezés megszakad s az áramfolyása a vas oszlopok körül is megszünik; a vasoszlopok elvesztik delejességüket, az emelő visszazökken előbbeni helyzetébe, midőn az áram ismét zárva van és a játék újból kezdődik. Így tartja a villamáram, folytonos megszakítása és megindúlása által, az emelőt szünetnélkül mozgásban. Heidenhain e kalapács emelőjének *k* végére elefántcsontból készült kicsiny kalapácsot erősíttetett és e kicsiny kalapács alá ugyancsak elefántcsontból, megfelelő árokkal ellátott, ülőt tétetett oda. Az ülő árkába fektetett ideget a kalapács mozgása közben ütögetni kénytelen. Ilyenkor az izom tetanusba jut, noha a kalapács szakadatlanúl ugyanazon helyen üti az ideget; szolgál annak ez jeléül, hogy az egyes ütések elég erősek, miszerint az ideget izgassák, de azért azt meg nem ölik.

Ritka esetben egyetlen ütés vagy másnemű erőműi behatás is elegendő a tetanus előidézésére; legkönnyebben lehet az erőműi ideg-

ingernek e hatását békaischiadicuson látni, ha ezt a medenczéből való kitérése helyén átmetszük. (Harless).

Az ideg ingerlékenységét mérsékelt sértés, mely nem zúz vagy szakít, rövid időre növeli, minden durva bántalmazás azonban megsemmisíti. Ugyanez áll az idegnyújtásra nézve is. Erős nyújtás az ideget ingerlékenységétől rövid időre egészen képes megfosztani, de e mellett még az olyan ideg is, mely a nyújtás miatt állandón meghosszabbítva marad, visszanyerheti ingerlékenységét. Természetes, a túl nagy nyújtás az ingerlékenység állandó elvesztését vonja maga után, épen úgy, mint az idegnek egyébként durva sértése is létrehozza.

25. §. A hő ingerhatása.

A megmelegítés és lehűtés ingerként hat az idegre. Ha békaischiadicust + 38—45 C.°-ra melegítünk vagy —4 C.°-ra lehűtünk, az alszár rángatódzik (Valentin). Eckhard csak + 66—68 C.°-ra való megmelegítés vagy + 4—6 C.°-ra lehűtés alatt látott a motoricus idegre ingerhatást. Eckhard azért azon véleményben van, hogy a hő csak oly magas vagy alacsony foknál hat ingerként, a melynél az ideg életképességét is megtámadja; azonban Rosenthal és Afanasieff, valamint utóbb Grützner vizsgálatai kiderítették, hogy a hő oly fok alatt is ingerként hat, mely mellett az ideg életképességét még nem semmisíti meg. Nem helyes a vizsgálat czéljából az idegeket melegített vízbe mártani (Eckhard), minthogy a víz az ideg ingerlékenységét egymagában is megsemmisíti; hanem vagy tiszta olajat kell e czélra használni, vagy az ideget melegített üveg, illetőleg porczellán lapra reátenni. Grützner vékony falu sárgaréz edénykére fektette az ideget, az edény ürén ismert hőfokú vízet vezetett keresztül s ez szolgált az edény megmelegítésére.

Emberen a hő ingerhatását Weber E. H. vizsgálta. Könyökét jéghideg vizbe mártotta és úgy találta, hogy midőn a hideg a n. ulnaris törzséig eljutott, fájdalmat okozott, tehát az ideget izgatta; hosszabb behatás után az illető ideg által ellátott bőrfelület érzékenységét elvesztette, azaz, az idegizgalmat tovább vezetni képes nem volt.

Nevezetes a hőnek befolyása az ideg ingerlékenységére. Melegítés fokozza az ideg ingerlékenységét, lehűtés csökkenti azt. Békaischiadicus legingerlékenyebb 40—45 C.° alatt, ezen túl csökken az ingerlékenysége, 54 C.°-nál már megsemmisül. Az e fokra felmelegített ideg azonban lehütés által még visszanyerheti ingerlékenységét, csak 65 C.°

öli meg teljesen az ideget. + 5 C.°-ra lehütés az ideg ingerlékenységét csökkenti, alacsonyabb hőfok pedig egészen megsemmisíti, de azért még az ideget meg nem öli. Lassan megfagyasztott ideg felmelegítés után ingerlékenységét még újra visszanyeri (Eckhard).

26. §. Vegyi ingerek hatása.

A vegyi behatások általában rosz idegingerek. Feltünő nagy tömörség mellett kell a vegyi anyagoknak az idegre hatni, hogy ezt izgassák és akkor is az izgalom az inger alkalmazását sokszor csak igen lassan követi. A vegyi anyagok a legtöbb esetben, midőn az ideget izgatják, egyszersmind ennek életképességét is megsemmisítik. Érző idegben a vegyi behatások tartós izgalmat okoznak, a mint arról mindenki önmagán is könnyen meggyőződhetik; mozgató idegben ezen izgalom kevésbbé intensiv és nem is látszik folytonosnak. Hasonlót észlelt Grützner a hő hatását illetőleg tett vizsgálatainál is; ha a hő érző idegekre hatott be, akkor az állatok igen erélyes izgalmat jeleztek, mig a mozgató idegek hasonló izgatására aránylag sokkal kevésbbé heves mozgások következtek be. Miután semmi alapunk sincs feltenni, hogy az érző idegek a vegyi és hőbeli behatások iránt ingerlékenyebbek a mozgató idegeknél, az izgatás látszólag engyenlőtlen eredményének okát az illető ideg végkészülékében kell keresnünk.

A *savak* ingerhatását az idegre csak Eckhard vizsgálatai óta ismerjük. Ezek a mozgató idegnek feltünő rossz ingerei. A *légynysav* és *sósav* csak 20—21%-os oldatban hatnak ingerként és 11%-os tömörség mellett ingerhatásuk már bizonytalan. Még rosszabb idegінger a *kénsav*, mely még 45%-os oldatban is bizonytalan hatásu és csak 60%-os oldatban izgatja biztosan a belé mártott békaischiadicust. Jobb inger a *chromsav*. Ez már 5%-os oldatban hat ingerként. A *szénsav* nem izgatja a szabadon kikészitett ideget, legalább rángást az izmokban nem okoz az, ha a megfelelő ideget a szénsavgáz behatásának kitesszük; ingerlékenységét ellenben elveszti az ideg, ha a szénsav behatásának van kitéve (Ranke). A szerves savak közül Kühne szerint a *sóskasav* hatástalan az idegre, *eczetsav*, *tejsav* csak egészen tömör oldatban izgatják.

Az *alkaliák* a savaknál sokkal jobb idegingerek. A *kali- vagy natronlúg* már igen hig oldatokban (0·8—1·8%) ingerként hatnak az idegre. Az *ammoniak* ingerhatását illetőleg eltérők a nézetek. A vizsgálók egy része (Funke, Wundt) szerint az izom rángatódzik, ha idegét

ammoniakba mártjuk, mások szerint (Eckhard, Kühne) az ammoniak hatástalan az idegre. Az ammoniakkal tett ilynemü vizsgálatoknál könnyen hiba csúszhatik a kisérletbe, minthogy a fejlödö ammoniakgözök az izmot directe izgathatják és igy izomrángást okozhatnak. Azért legjobb úgy tenni a kisérletet, hogy üveglapot lyukasztunk át s e lyukon keresztül vezetjük az üveglapra fektetett készitmény idegét; felülről reá helyezett üvegharang a készitményt a kiszáradás ellen védi, alulról pedig az ideg kilóg. Az ammoniakot olyan üvegedénybe adjuk, melyet reá helyezett üveglappal jól el lehet zárni; igy az ideg ammoniakban van anélkül, hogy ammoniakgözök az üvegből elpárologva az izmot fedö harang alá juthatnának (Kühne). Ha a kisérletet igy tesszük, az izom csakugyan nem jelez idegizgalmat. Miután azonban az ammoniak az érzö ideget izgatja, az izomrángás kimaradásából nem következtethetjük azt, hogy az ammoniak a mozgató idegnek nem volna ingere. Lehet, hogy az ammoniak ugyanakkor, midön az ideget izgatja, ennek vezetöképességét is megsemmisiti, vagy pedig, s ez, tekintettel az érzö idegekre gyakorlott hatására valószinübb, a keltett idegizgalom nem elegendö erös arra, hogy az izmot összehúzódásra inditsa.

Mészviz sem izgatja az ideget (Kühne).

A *sókat* illetöleg Kühne szerint a *kénsavas rézéleg*, a *kénsavas vaséleg* és a *higanychlorid* nem idegingerek. *Eczetsavas óloméleg* is csak tömény oldatban hat ingerként. *Kénsavas horganyéleg* 20%-os oldatban izgatja az ideget. Jobb idegingerek ezeknél az alkalisók. *Konyhasó* 4—5%-os oldatban már ingerként hat. A sók ingerhatása feltünö lassan követi az inger alkalmazását. Kezdetben egyes rángások jelentkeznek, nehány percz mulva azonban valóságos tetanus fejlödik ki.

A *szerves anyagok* közül az *aethericus olajok, a carbolsav* megölik az ideget, de nem izgatják; *alkohol aether, chloroform, epesavsók* kezdetben izgatólag hatnak, majd azonban szintén megölik az ideget.

Számos anyag az által izgatja az ideget, hogy vizet von el töle. Igy ha valamely átmetszett ideg metszfelületét *glycerinbe, czukorba* vagy *száraz vérporba* mártjuk, nemsokára rángások állanak be az illetö izomban. Ingerlöleg hat vizelvonás által az is, ha az ideget itatós papirra fektetjük (Eckhard). Szivattyú alatt végzett gyors szárítás szintén izgatja az ideget. A szivattyú alatt való szárítás által ingerlékenységét vessztett ideg, ha azonnal megnedvesitjük, visszanyeri ingerlékenységét, de nem, ha a beszárítás óta hosszabb idö telt el.

A *vizben* tartott ideg ingerlékenységét egészen elveszti. A tiszta

víz erős idegméreg. Vannak azonban folyadékok, melyek az ideg életképességét nem támadják meg, ezeket azért *indifferens* folyadékoknak nevezzük. Ilyen különösen a *0·6%-os konyhasó oldat* (Kölliker, Nasse). Harless szerint az *1—3%-os kénsavas-* és *phosphorsavas natrium* is ide tartozik.

Az ideg ingerlékenységét a legtöbb vegyi anyag, valamint a vizelvonás is kezdetben fokozza, később azonban csökkenti és végre megszünteti.

27. §. A villamosság hatása az idegre.

A megelőzőkben tárgyalt idegingerek azon fokon, melyben az ideget izgatják, többnyire annak életképességét is megtámadják és annak ingerlékenységét is előbb-utóbb megsemmisítik. Különösen áll ez a vegyi idegingerekre nézve. Ezek lassan szivárognak be az idegállományába és ha egyszer oly töménységben jutottak oda, hogy az ideget izgatni képesek, ezt addig izgatják, míg az általuk okozott változás az ideg illető helyét egészen meg nem öli. A hő aránylag gyenge inger és nehezen kezelhető. Egyedül az erőművi behatás bizonyult oly idegingernek, mely kellő óvatosság mellett hosszabb időn keresztül alkalmazható anélkül, hogy az ideget sértené. Az erőművi inger bizonyos intensitás mellett jó ideginger, ezen alól még nem hat ingerként s túl rajta már sérti az ideget. Minden egyes esetben nehéz az ingernek azt a fokát és sebességét pontosan meghatározni, mely mellett az erőművi inger az ideg ingerlékeny elemeit nem sérti és mégis jó ingergyanánt hat.

Mind e hátrányoktól teljesen ment a villamosság. Az ideg életképességét nem támadja meg, ha csak túl erős áramokat nem alkalmazunk. Erejét meghatározni, azt a szükség szerint fokozni, a legnagyobb pontossággal tudjuk. A villamosságot megindíthatjuk és megszakíthatjuk, a mikor nekünk tetszik, az idegre behatni hagyhatjuk azt, hosszú vagy rövid ideig. Élő állat és ember idegeire alkalmazható ingerünk is van benne, mely nem csak az élettannak tett már sok jó szolgálatot, hanem melyet bizonyos idegbajok felismerése és gyógykezelése körül is sikerrel használnak. A villamosság nem csak mint alkalmas inger érdemli meg kiváló fokban figyelmünket, hanem azon egyéb befolyása miatt is, melyet az idegre, különösen ennek ingerlékenységére gyakorol. A következőkben először a villamáram befolyását az idegingerlékenységre fogjuk tekintetbe venni és csak azután térünk át ingerhatásának vizsgálatára, mert amannak ismerete nélkül ez utóbbit nem lehet megérteni. Megelőzőleg azonban azon eszközökkel és vizsgáló eljárásokkal

akarunk lehető röviden megismerkedni, melyeknek tudása nélkül a jelen tárgyunkra vonatkozólag közlendők, érthetlenek maradnának. Bővebbet nyujtanak e tekintetben a physikai tankönyvek.

A) Vizsgáló eljárások.

Idegélettani vizsgálatokra legalkalmasabb az úgynevezett érintkezési villamosság. Tudvalevőleg minden villamtalan test egyenlő mennyiségben tartalmaz positiv és negativ villamosságot, ezek kölcsönösen kötik egymást és azért tetszik a test *villamtalan*-nak. Van azonban többféle eljárás, melynek segedelmével a villamosságnak ez az elrendezése megzavarható úgy, hogy valamely test a két villamosság közül az egyikből többet tartalmaz, mint a másikból, ilyenkor azután ez a test *szabad* villamosságot tartalmaz. Igy, ha két lapos fémlemezt, pl. horgany- és rézlapot, egy közös edényben folyadékba mártunk, úgy a fémlemezeknek a folyadékkal való érintkezése miatt a fémek és folyadék egyébként kötött villamosságai megoszlanak, az egyik fémen gyűlik meg minden positiv, a másodikon minden negativ villamosság. Minthogy pedig a hasonló villamosságok egymást taszítják, a két fémen a villamosság bizonyos feszülés alatt lesz. Azért, ha a két fémnek a folyadékból kiálló szabad végeit valamely jól vezető sodrony által egymással összekötjük, a feszülések a sodronyon át kiegyenlítődni törekesznek, a villamosság áramlásnak indúl, a positiv villamosság az egyik, a negativ a másik irányban áramol; de mert a fémek és folyadék közt az érintkezés fennáll a feszülések sem egyenlítődhetnek ki és a villamosság a vezetőben, a fémekben a folyadékban folytonos keringésben van. Az ilyen, folyadékot és két beléillesztett nem érintkező fémet tartalmazó edényt *galvanikus elem*-nek nevezzük. Horgany és rézből álló elemnél a vezetőben a positiv villamosság a réztől a horganyhoz áramol, a negativ pedig az ellenkező irányt követi; a folyadékban a negativ villamosság a réztől a horganyhoz, a positiv a horganytól a rézhez folyik. Midőn valamely villaműram irányáról szólunk mindig csak a positiv villamosság áramlásirányát értjük alatta, magától értetődvén, hogy a negativ villamosság az ellenkező irányt követi. A példaként választott esetben tehát a villamosság a vezetőben a réztől a horganyhoz, a folyadékban pedig a horganytól a rézhez áramol.

A villamosfeszülés, mely valamely folyadékba helyezett két fém végén van, a fémek és a folyadék szerint, melyek használva voltak, különböző nagy. Lehet a fémeket oly sorba állítani, melyben minden következő a megelőzőhez viszonyitva a folyadékból kiálló végén positiv villamos feszülést nyer és mely feszülési sorban egyszersmind két-két fém feszülése mindig egyenlő a kettő között álló fémek feszülése összegének. Híg kénsavra nézve e feszülési sor a következő: horgany, ólom, vas, réz, platina, szén. Azt a feszüléskülönbséget, mely két ilyen fém közt van, midőn ezeket folyadékba bemártjuk, azok *elektromotorikus erejének* nevezzük. Legnagyobbnak fogjuk az oly elem elektromotorikus erejét mondani, mely horganyból és szénből áll, kisebb az elektromotoricus erő, ha a szén helyett platin még kisebb, ha réz lép a sorba.

Minél nagyobb a feszüléskülönbség a két fém közt, annál több az elem által nyujtott villamosság, annál nagyobb az *áramerő*. Ez áramerő mérésénél azaz áramerő szolgál egységül, mely egy percz alatt 1 k. cmt. durléget képes fejleszteni. A villamosság t. i., ha vizen keresztül vezetjük, a vizet

alkató részeire bontja. Ha a valamely elem két végétől vezető huzalokat külön-külön platinlemezzel összekötjük és ezeket vízzel telt edénybe mártjuk, akkor a positiv véggel összekötött platinlemezen az éleny, a negativ villamos feszülésű platinlemezen a köneny válik ki. A villamáram e képességét *elektrolysisnek*, az elektrolysis útján felszabadúló bomlásanyagok felfogására és az áramerő mérésére szolgáló eszközt pedig *voltameter*-nek nevezzük. A voltameter áramerő-mérésre nem alkalmas, nemcsak mert kezelése sok vesződéssel jár, hanem főleg, mert a rajta átvezetett áram a vizet egyenetlen módon bontja fel; kezdetben az elektrolytikus folyamat legnagyobb, ezután mind kisebb és kisebb lesz. Ez onnan van, mert a két platinlemezt a kiváló éleny illetőleg köneny bevonja s ezek a folyadékban úgy viselkőznek, mint két bemártott fém, az éleny a negativ a köneny a positiv fém szerepét játsza. A voltameterben e szerint az elektrolysis folytán az eredeti árammal ellenirányú, úgynevezett *másodlagos vagy polarisáló áram* támad és ez ellenkező iránya miatt gyengíti amannak hatását. Azért áramerő-mérésre nem az elektrolysist használjuk, hanem a villamáramnak azt a tulajdonságát hogy ha delejtü mellett elvezetjük ezt nyugalmi állásából kitéríti. A delejtű nyugalmi állását a föld delejes vonzóereje határozza meg. Ha nyugalomban levő kicsiny delejtű közelében, vele párhuzamos irányban, villamáramot vezetünk el, akkor ez a delejtűt nyugalmi állásából kitéríti. A villamáram a föld delejesdelőljének irányára függélyes helyzetbe igyekszik hozni a delejtűt, a föld delejes vonzó hatása e delőlőben tartani meg azt, a delejtű azért a két ellenirányban ható erő befolyása alatt valamely közbeeső állást kénytelen elfoglalni. Az áramerő ilyenkor egyenlő a föld delejes ereje szorzatának azon szög tangensével, mely alatt az áram a delejtűt nyugalmi állásából kitérítette. Ha a delejtűnek az egységnek megfelelő áramerő mellett elért kitérítéséből indúlunk ki, akkor az áramerők úgy aránylanak, mint a kitérítési szögek tangensei. Ilyen, az áramerő mérésére szolgáló készülék a *tangensbussole*.

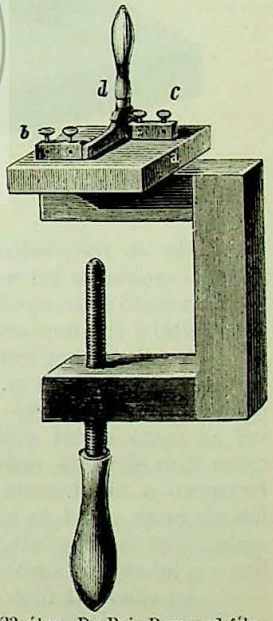
De épen úgy, a mint a voltameteren átvezetett villamáram ebben elektrolysist okoz és a képződött bomlásanyagok egy ellenirányú másodlagos áramot támasztanak, magában az elemben is elektrolytikus folyamat történik. A villamáram itt is villamosság által szétbontható folyadékban áramlik és ezt bontja fel, épen úgy mint a voltameterben, A horganylapon éleny a rézlapon köneny válnak ki és egy az elemben a könenytől az élenyhez haladó, tehát az eredeti árammal ellenirányú, áramot okoznak, minek természetes következménye az, hogy az elem árama kezdetben legerősebb s ezután mind gyengébb és gyengébb lesz. Azért élettani vizsgálatokra az ilyen elemek alkalmatlanok, hogy pontosak legyenek a vizsgálatok, állandó erős áramot adó elemekre van szükségünk, milyenek a Daniell- vagy a Grove-féle elemek. Ez elemekben a két fém két különböző folyadékba helyezve és ezáltal a másodlagos áram keletkezése meggátolva van. Üveg- vagy porczellanedény belsejét likacsos fal választja két felé, a Daniell-féle elemeknél az edény egyik felében a horgany, a másikban a réz foglaltatik, a horganyhoz híg (8%) kénsav, a rézhez tömör kénsavasrézéleg oldata van adva, a Grove-féle elemeknél a réz helyett platinalap van használatban s ehhez a kénsavasrézéleg-oldat helyett légenysav van öntve. A likacsos válaszfal meggátolja a folyadékok összeelegyedését, de átbocsátja a villamosáramot.

Az egy elem által adott áram a legtöbb esetben a vizsgálat czéljaira nem elég erős, azért az úgynevezett *összetett lánczot* vagy *telepet* használjuk. A telepnél több egyszerű elem úgy van összekötve egymással, hogy az egyik

elem egyik nemű fémét a következőnek más nemű fémével kapcsoljuk össze, miáltal az egyes elemek feszülései összeadódnak; mind ezen feszülések összege a telep két végén gyűlik meg és ha ezeket vezető által összekötjük egymással, akkor a vezetőben megfelelő arányban erősebb villamáram fog keringeni. Az elemek ilyen összekapcsolását *egymásután való berendezésnek* szokás nevezni. Több elemet úgy is lehet összekapcsolni egymással, hogy az elemek minden positiv és minden negativ feszüléssel bíró fém végeit különkülön kötjük össze: ez az *egymás mellett való berendezés*. Az élettanban, mint az orvosi gyakorlatban is, kizárólag egymás után összekapcsolt elemekből álló villamtelepeket használunk.

Hogy a villamáramot tetszésünk szerint megindíthassuk és megszakíthassuk e czélra a vezető sodronyok és így az áram útjába a DU BOIS-REYMOND-féle *kulcsot* (lásd a 23. ábrát) teszszük.

A villamosságot elszigetelő kemény kaucsukból készült alapra *a*, két hosszúdad négyszögű sárgarézdarab *b* és *c* van reá erősítve. A sárgarézdarabok egyikéhez, *c*-hez, csontból készült fogóval ellátott sárgarézemelő *d* van mozgathatóan odacsavarva. Ha a *d* fogót lenyomjuk az emelő helyreállítja az összeköttetést a *b* és *c* sárgarézdarabok közt, ha visszahúzzuk megszakítja azt. Midőn azért a telep egyik végétől vezető sodronyt *c*-nél az egyik, a másik végétől jövő sodronyt *b*-nél a második sárgarézdarabba becsavarjuk, akkor az áramot a *d* emelő mozgatása által tetszés szerint megszakíthatjuk és megindíthatjuk. Ha pedig a sárgarézdarabok mindegyikébe még egy-egy sodronyvéget beszorítunk és a két sodrony szabad végét ideggel összekapcsoljuk, akkor a teleptől jövő villamosság kénytelen lesz az ideget átáramolni, ha a kulcsot megnyitjuk és egyenesen a kulcson át a telephez fog menni, midőn a kulcs zárva van. Az utóbbi esetben a villamosság előtt ugyan két út áll szabadon, az egyik az idegen, a második a kulcson keresztül vezet a telephez, de mert az akadályok a sodronyban és az idegben sokkal nagyobbak mint a kulcsban, azért a villamosság az utóbbi utat követi.



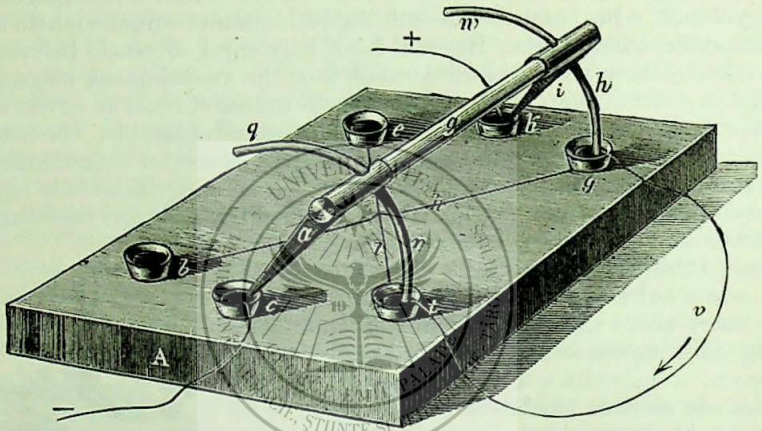
23. ábra. Du Bois-Reymond-féle kulcs.

Bizonyos esetekben czélszerűbb a kulcsot abban a módosításban használni, melyet annak JENDRÁSSIK adott. A JENDRÁSSIK-féle kulcsnál a *d* emelő rúgóval van ellátva és a záráskor felülről esik a *b* sárgarézdarab felső lapjára; ezáltal a villamáram útjának egyaránt tökéletes zárása egy pillanat alatt eszközölhető.

Egy második fontos, mondhatni sokszor nélkülözhetlen eszköz az *irányváltoztató* vagy *gyrotrop* (24. ábra).

Ez eszközt azon czélból iktatjuk az áram útjába, hogy segedelmével az áram irányát a szükség szerint lehessen megváltoztatni. Fa vagy keménykaucsukból készült *A* lapon hat sekély lyuk, vagy edények e van higanynyal megtöltve. Ezek közül *b*- és *y*-t valamint *e*- és *t*-t, egymással nem érintkező sodronyok, *n* és *l* kötik össze. *c* és *k* higanyedénykében egy ide-oda mozgatható ingóhíd áll, melynek minden végén három (*a r q* és *w i h*) egymással összefüggő fémkara van, a híd két fém végét a villamosságot nem vezető *g* üvegpálcza tartja össze. A teleptől vezető sodronyokat

c és *k*-ba helyezzük. *y* és *t*-től *v* sodrony vezeti a villamosságot tovább. Ezen *v* sodrony útjába esetleg ideget is lehet tenni. Ha az ingóhídnak a rajzban megjelölt helyzetet adjuk, akkor a +-sal megjelölt positiv villamosság *k*-ig eljutva itt *i*-re, erről *h*-n át *y*-ba és a nyíl által megjelölt irányban a vezetőn keresztül *t*-be, a honnan *r* és *a*-n keresztül *c* higanytartóba és így vissza a telephez jut. Ha pedig az ingóhidat a második oldalra csapjuk át, úgy hogy *w* *e*-be és *q* *b*-be merülnek, ellenben *h* és *r* a megfelelő edényekből kijutnak, akkor a positiv villamosság *i*-től *w*-át *e*-be fog kerülni és itt *l* sodronyon át *t* edénybe, melyből a *v* huzalon a nyíllal ellenkező irányt követve *y*-ba innen *n*-nen át *b*-be és a *q* és *a* által adott uton a telephez vissza fog térni. E szerint az ingó hídnak egyszerű ide-oda való áttétele által képesek vagyunk az áram irányát a vezetőben megváltoztatni.



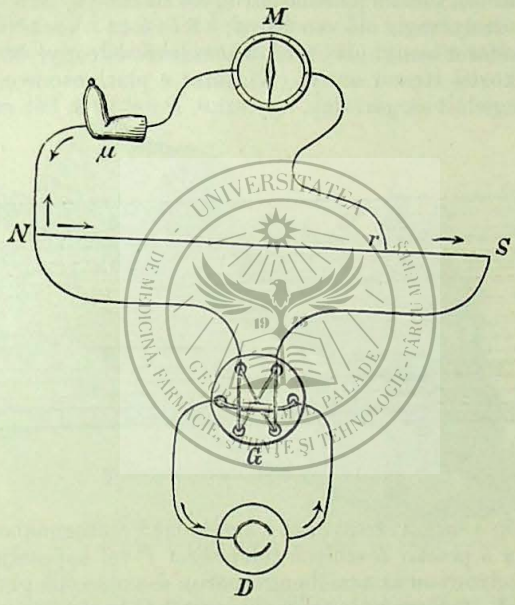
24. ábra. Pohl-féle irányváltoztató.

Ha az irányváltoztatóból az *n* és *l* sodronyokat, vagy a mint ezeket nevezni szokták a keresztet, kiveszszük és egyfelől *t y*-t, másfelől *be*-t különkülön vezető sodronyokkal összekötjük, akkor az ingó híd ide-oda való áttétele által a villamos áramot az egyik illetőleg második úton vezethetjük el.

A villamáram iránya mellett gyakran válik szükségessé pontosan változtatni annak erejét is. E czélra az áram útjába akadályokat lehet állítani, például rosszúl vezető folyadékoszlopokat s ezek nagyságának változásával az áram erejét módosítani; az ilyen eszközt *rheostat*-nak nevezik. Az ily módon elérhető erőváltozások azonban többnyire elégtelenek. Du Bois-Reymond a villamáram azon tulajdonsága alapján, hogy az, ha útja két felé elágazik, a két út közt az akadályok nagysága arányában oszlik meg, eszközöket szerkesztett, melyek segedelmével az áram erőt a legpontosabban s a lehetőleg legrövidebb idő alatt lehet megváltoztatni.

Az akadályt illetőleg a szerves anyagok igen nagy akadályt képeznek a villamáram útjában, épen így rossz villamvezetők a folyadékok is; legjobb villamvezetők a fémek. Természetes, hogy ezek között is az egyesek villamvezető képessége igen különböző. De, eltekintve az illető anyag minőségétől, az ugyanazon anyagból készült villamvezető is annál nagyobb akadályt képez az áram útjában, minél hosszabb és minél vékonyabb. Ha tehát a

telep áramát vezető sodrony végébe két sodronyt kapcsolunk, melyek közül az egyik az ideghez megy, mialatt a második oly villamvezetővel áll összeköttetésben, melynek akadálynagyságát tetszésünk szerint változtatni tudjuk, és e két út később egyesülve tér vissza a telephez, akkor hatalmunkban áll az akadályok változásával az idegen átmenő villamáram erejét tetszésünk szerint növelni vagy kisebbíteni. Az áramerő igen kis határon belül változtatására szerkesztette du Bois-Reymond azt az *egyszerű rheochord*-ot, melyet a mellékelt 25. ábra mutat. *N S* egy deszkadarab felett kifeszített réz- vagy platinasodrony, ennek két végéhez vezetjük a *D* telep villamáramát a *G* irányváltoztatón keresztül. *NS* sodronyon át az áram visszatérhet a telephez. *N*-nél azonban egy mellékút is van hagyva a μ-vel jelzett ideg- vagy izomhoz és *r*-en át vissza *N S* sodronyhoz. Az áram ennélfogva *N*-nél két felé ágazódik,

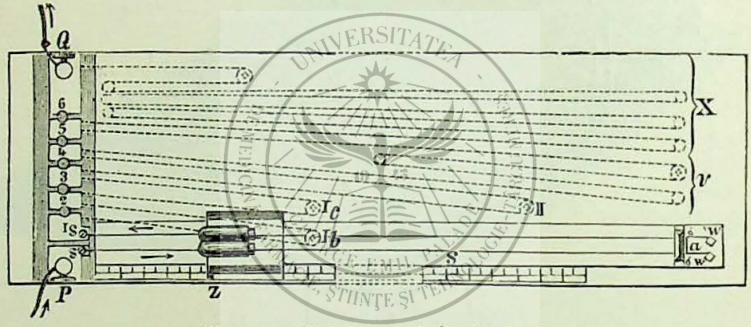


25. ábra. Du Bois-Reymond egyszerű rheochordjának kisérleti alkalmazása.

legnagyobb része *N S*-en át megy vissza a telephez, kis része azonban az idegen vagy izmon át halad tovább. *r* sodronyvégnek *N S* sodronyon ide-oda tolása által változtatjuk az akadályokat az idegen átvezetett áramág útjában s ezáltal magának az áramágnak is az erejét.

Tág határok között változtatható a villamáram ereje du Bois-Reymond-nak második *rheochordja* által, mely a 26. ábrán látható lerajzolva. 1178 mm. hosszú, 175 mm. széles és 52 mm. magas faszekrény felett két mintegy 0·3 mm. vastag platinasodrony van kifeszítve. A sodronyok egyik végei *s* és s^1-nél megfelelő sárgarézlapokhoz vannak odacsavarva, másik végeik *a*-nál elefántcsontból készült nyergen mennek át s ezután *w* és ^1w-hez vannak odaerősítve. Alattuk faléczen ide-oda mozgatható sárgarézből készült *Z* szán van. A két platinasodrony a szánon levő két üres aczélhengeren megy keresztül, mely czélból a két hengernek elől fínom lika van, hátúl pedig

hasonló likkal ellátott parafadugóval van elzárva. A két henger higanynyal van megtöltve, mely az egyébként egymástól elszigetelt platinasodronyokat, mint vezető kapcsolja össze. *s* sárgarézlap *P*-nél a villamvezető sodronyok odaerősítésére szolgáló két csavarszorítóval van ellátva. *s* és s^1 mellett a szekrény tetejének felső lapján átterjedőleg, kemény kaucsuk által egymástól elszigetelt 5 darab sárgarézlap (2, 3, 4, 5, 6) van vezetve. Az s^1-től 6-ig terjedő sárgarézlapok egymásfelé tekintő szélének félköralakú kivágása által képezett kerekcsatornákat, beléjök illő sárgarézcsapok által el lehet zárni, vagy a csapok kihúzása által nyitvatartani, miáltal az egyes sárgarézlapok közt a közvetlen összeköttetés fentartható, illetőleg megszüntethető. A csapokon kívül az egymással szomszédos sárgarézlapokat a faszekrény belsejében kifeszített újezüstsodronyok is összekötik; az ábrán e sodronyokat szakadozott vonal jelzi. Az 1 és 2 valamint a 2 és 3 sárgarézlapot összekötő sodronyok akadály-nagysága egyenkint annyi, mint a platinasodronyok akadálya, ha a szán az elefántcsontokból készült nyeregig elő van tolva; a 3 és 4-et összekötő sodrony akadály-nagysága kétszer annyi (II), a 4 és 5 közt levő sodronyé ötször annyi (V), végre az 5 és 6 köztié tízszer annyi (X), mint a platinasodronyok akadálya. *Q*-nál a 6-tal megjelölt sárgarézlap, úgy mint *P*-nél az *s*, két csavarszorítóval



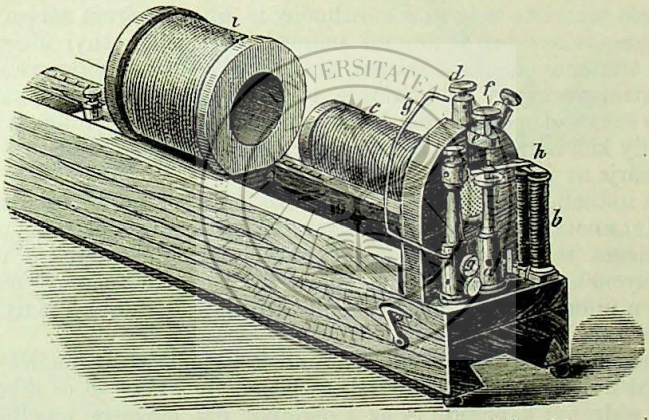
26. ábra. Du Bois-Reymond-féle rheochord.

van ellátva. Midőn a sárgarézcsapokat a kerekalakú csatornákba dugjuk, akkor a villamosság, ha a positiv feszülésű telepvéget *P*-vel kapcsoljuk össze, *P*-től az egyik platinasodronyon az aczélhengerpáron és a második platinasodronyon át egyenesen az s^1—*6* sárgarézlapokon keresztül *Q*-ba és vissza a telephez fog haladni; ha pedig a sárgaréz-csapok egy részét vagy mindannyit kihúzzuk, a villamosság a megfelelő újezüst sodronyokon kénytelen átmenni s útjában nagyobb akadályra talál. Ezekből következik, hogy ha *P* és *Q*-nál még egy-egy sodrony van odacsavarva s e két sodrony ideghez vezet, akkor ez utóbbi uton kevés villamosság fog menni, midőn a rheochordban kicsinyek az akadályok, és sok, ha ezek nagyok.

Élettani vizsgálatok alkalmával nem ritkán vagyunk abban a helyzetben, hogy pillanatnyi ideig tartó áramcsapásokkal izgassunk valamely ideget. E czélra legalkalmasabb az *inductiókészüléket* abban a módosításban használni, melyet annak DU BOIS-REYMOND adott. Az eszköz szerkezete a mellékelt 27. ábrából tünik ki.

A villaméramot valamely teleptől vezető két sodrony közül az egyiket *g*-nél, a másikat *a*-nál kapcsoljuk az eszközbe. Feltéve, hogy a telep positivsarka az, melyet *g* csavarral szorítottunk oda, akkor a villamosság a megfelelő fémoszlopon halad fel s eljut azon vízszintesen fekvő fémrúgóba, melynek *h*

végéhez vaslap van odaerősítve. E rúgó közepe érintkezik az *f* csavarral, a villamosság azért a csavarra s ettől a *d* csavarra és ettől a *c*-vel megjelölt elsődleges tekercsre terjed el. Az elsődleges tekercs *(c)* fahengerből áll, mely körül selyemmel isolalt rézsodrony van sokszorosan feltekerve; a rézsodrony egyik vége *d* csavarral függ össze, másik vége a *b* vasoszlopok körülvezetett sodronyba folytatódik. Ennélfogva a villamáram is, ha egyszer az elsődleges tekercset átjárta *b*-nél a két vasoszlopot folyja körül, onnan *a*-hoz és vissza a telephez jut. Mint a WAGNER-féle kalapácsnál itt is, a megjelölt úton keringő áram delejessé teszi a két vasoszlopot *(b)*. Ezek a *h* vaslapot lehúzzák, miáltal a fémrúgónak az *f* csavarral érintkezését megszüntetik, s az áram megszakad. Az áram e megszakítása miatt a vasoszlopok delejességüket elvesztik a *h* vaslapot elbocsátják, a rúgó az *f* csavarral újból érintkezik, az áram ismét előbbeni útján kering, s így megy ez tovább. A telep árama tehát magamagát indítja és szakítja meg. Valamely villamáram indítása és szakítása egy közelben álló második tekercsben, ha ennek két végét egymással vezetőleg összekötjük, villamáramot kelt. Ilyen második tekercs ez eszközön



27. ábra. Du-Bois-Reymond-féle szánkagép (inductiókészülék).

az *i*-tekercs. A telepbeli áramnak az elsődleges tekercsben való minden megindítása, ellenirányú, és minden megszakítása a megszakítottal hasonló irányú áramot okoz a másodlagos *(i)* tekercsben. Ez úgynevezett inducáltáramok csak pillanatnyi ideig tartanak és egyedül az elsődleges tekercs áramának indításakor s szakításakor jelentkeznek. Az inducált áram annál erősebb, minél erősebb a telepbeli áram, minél hosszabb a másodlagos tekercs sodronya és minél közelebb van a két tekercs egymáshoz. A másodlagos tekercs isolalt sodronya azért igen sokszor (egészen 20,000-szer) van a fahenger körül tekerődve, hogy pedig a legfelületesebb sodronytekerületek is közel essenek az elsődleges tekercshez a sodrony egyszersmind vékony. Hogy végre a két tekercs egymáshoz lehetőleg közel állítható legyen, a másodlagos tekercs akkora nagy, hogy megfelelő sínen az elsődleges tekercsre reátolható; innen az egész eszköznek a neve: DU BOIS-REYMOND-féle *szánkagép*.

Az inducált áram erejét növelhetjük még azáltal, hogy az elsődleges tekercs *(c)* fahengerébe egymástól isolalt vassodronydarabokat teszünk. E sodronydarabok tudniillik delejesekké lesznek, mihelyt a telepbeli áram az

elsődleges tekercsben azokat körülfolyja és delejességüket elvesztik a mint az áram megszakad. Valamely huzaltekercsben azonban áramot inducál nemcsak villamáramnak a megindítása és megszakítása, hanem az is, ha ama tekercshez delejjel hirtelen közeledünk, vagy ilyennel attól gyorsan eltávozunk. Az inducált áram itt is a delejjel a tekercshez való közeledéskor ellenkező irányú, mint annak eltávolításakor. Midőn a vassodronyok delejesekké lesznek, illetőleg delejességüket elvesztik, az általuk inducált áram hozzáadódik a telepbeli áram indítása és szakítása által inducált áramhoz, miáltal a másodlagos tekercs inducált árama erejében tetemesen gyarapodik.

Az így szerkesztett szánkagép inducált árama azonban az állandó áram megindításakor gyengébb mint megszakításakor. Ennek oka abban van, hogy az állandó áram indítása pillanatától egészen addig, mig a villamosság az elsődleges tekercs minden tekerületét átjárva teljes erejével inducálólag hathat a másodlagos tekercsre, bizonyos kis idő eltelik, holott az áram megszakításakor az egész áram hirtelen megszakad. Minthogy az inductio annál erősebb minél gyorsabban következnek be az áram erőbeli változásai, szükségképen erősebb lesz a szakításkor inducált áram az indításkor inducált áramnál. Kisebbíti az áram indításának inductióhatását a másodlagos tekercsre még az a körülmény is, hogy az áram zárása magában az elsődleges tekercsben is áramot inducál s ott pillanatnyi ideig tartó, a telepbeli árammal ellenkező irányú, áramot okoz; ez az úgynevezett *különáram* (extracurrent). A különáram a telepbeli áram hatását a másodlagos tekercsre szükségképen szintén késleltetni fogja. A telepbeli áram megszakításakor ily különáram nem képződhetik, mert a megszakítás a különáram elől is elzárja az útat.

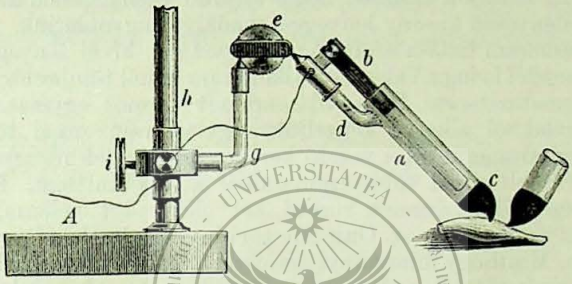
Az inductióáramok ilyen különböző erejéből eredő hiba elkerülése végett Helmholtz a szánkagép szerkezetén kis módosítást tett, mely által az elsődleges tekercsben szakításkor közel hasonlók lettek a viszonyok, mint milyenek indításkor; a telepbeli áram szakításakor a másodlagos tekercsben inducált áram tehát egyenlő erős lett az indításkor nyert áramcsapással.

Helmholtz ugyanis a villamáramnak a meglevő út mellett még egy mellékutat nyitott az elsődleges tekercsbe azáltal, hogy g- és d-be a g^1—g-vel jelölt sodronyt kapcsolta és az a oszlopot oly magasra emelte, hogy az emelő, midőn ezt a b electrodelejek lehúzzák, az oszlopot érinteni kénytelen legyen. Az eszköz e módosítása mellett az elsődleges tekercs árama, akkor, midőn a fémrúgó az f csavart nem érinti, mikor tehát az áram megszakítva van, a fémrúgótól a oszlopon át egyenesen a telephez megy, egy kis része azonban most is g^1-ön át az elsődleges tekercset fogja átfolyni és így az áram megszakításakor sem az elsődleges tekercsárama nem semmisül meg egészen, sem a különáram létrejötte megakadályozva nincsen.

Mint fennebb láttuk a voltameteren átvezetett villamáram a vizet vegybontja, a kiváló ionok — a köneny és élény —, a voltameterben úgynevezett polarisaló áramot okoznak, mely ellenkező iránya miatt az eredeti áram erejét csökkenti. Ehez hasonló történik akkor is, ha az áramot vezető elektrodokat valamely más, villamáram által szétbontható, testtel érintkezésbe hozzuk. Ilyen test az ideg is. Ha az ideget, villamáramot vezető két sodronnyal közvetlen érintkezésbe tesszük, akkor a positiv (anod) és negativ (kathod) sarkon megfelelő ionok szintén kiválnak; élettani vizsgálatokra azért olyan elektrodokat kell használni, melyeknek alkalmazása vegybontással nem jár. Regnault tapasztalta, hogy ha amalgamozott horganylapokat kénsavas horganyélegoldatba adunk és ezeken át áramot vezetünk, akkor elek-

trolysis nem jön létre, polarisaló áram sem fejlődik. Du Bois-Reymond azért azokat az elektrodokat készítette, melyeknek egy példányát a 28-ik ábra mutatja.

Két üvegcső alsó nyilása 1% konyhasó oldattal gyurt alakítóagyaggal van elzárva s az agyagdugónak (*c*) egyszersmind olyan alak adva, hogy hegyes végénél fogva az idegre vagy izomra könnyen odailleszthető legyen. Kényelmesebb az agyagdugó helyett az üvegcsőbe ecsetet beerősíteni gypszszel; alkalmilag az ecsetet és gypszet 0·5%-os konyhasó oldattal megáztatjuk és az ecset szabad végét az idegre tesszük. Az *a* edénykéket kénsavas horganyéleg tömör oldatával töltjük meg s ebbe adjuk az amalgamozott *b* horganylapokat. A horganylaptól vezető sodrony a teleppel van összekötve. Mint a rajzból látni lehet, az üvegcső az állványhoz úgy oda van erősítve, hogy lehetőleg könnyen beállítható legyen.



28. ábra. Du Bois-Reymond-féle nem polarisaló elektrodok.

Elő emberen áramátvezetésre fémből vagy szénből készült elektrodok vannak használatban. Végük gombalakú vagy lapos. A gombszerű végre legjobb szivacsot, a lapos végre flanelt s fölé finom vásznat kötni. Használat előtt az elektrodok jól megnedvesítendők, minthogy különben a villamosságot sem ezek, sem a száraz bőrfelhám nem vezetik. A megnedvesítésre legjobb jó meleg vizet használni, mivel ez sokkal jobban vezeti a villamosságot, mint a hideg víz.

Az elektrodok itt természetesen közvetlenül az idegre nem alkalmazhatók, hanem a bőrre illesztendők. Hogy ilyen körülmények közt az áramhatást megértsük, szükségünk van az Ohm-*féle törvényt* ismerni.

E törvény szerint az *áramerő* (intensitása = *I*) egyenes arányban áll a telep vagy más villamforrás elektromotorikus erejének (*E*) nagyságával és azért az áramerő a telep szerint vagy a szánkagép szerint, melyet a vizsgálatra használtunk, különböző. Ugyanazon elektromotorikus erő mellett pedig lényegesen befoly az áramerő nagyságára még az az akadály (*A*), melyre az áram a vezetőben talál; e tekintetben az áramerő fordított arányban áll a vezetőbeli akadályok nagyságával. Az Ohm-féle törvény szerint tehát az áramerő egyenlő az elektromotorikus erővel, osztva ezt az akadálylyal, azaz

$$I = \frac{E}{A}.$$

Az akadály nő a vezető hosszának és csökken vastagságának nagyobbodása arányában; az áramerő is, ugyanazon elektromotorikus erő mellett, a vezető hosszának arányában kisebbedik és vastagsági átmérőjének nagyobbodásával nő, az áram tehát annál erősebb lesz, minél rövidebb és minél vastagabb a vezető út.

Szerves testalkatrészeink kivált pedig az epidermis felette nagy akadályok az áram útjában ; azért emberen teendő vizsgálatokhoz aránylag nagy elektromotorikus erejű telepekre van szükségünk. Nevezetes, hogy az idegek és izmok a villamáramot sokkal rosszabbúl vezetik keresztt, mint hossz irányban, Hermann vizsgálatai szerint az ideg 5-ször, az izom 9-szer nagyobb akadály keresztirányban mint hosszirányban átvezetett áram útjában.

A villamáram útjában levő akadályok közül azt, mely magában a telepben van *lényeges akadálynak* (A) s azt, melyet a vezető út képez *lényegtelen akadálynak* (a) mondjuk. E szerint a fennebbi képlet így irandó $I = \frac{E}{A + a}$

Élettani vizsgálatoknál a lényegtelen akadály, tehát az, melyet a szerves részek képeznek valamely áram útjában, felette nagy a lényeges akadályhoz képest. Azért az áramerőt a telepet képező elemek szaporodásával igen lehet fokozni ; az itt nem jön számba, hogy ez által a lényegtelen akadályhoz képest úgy is elenyésző kicsiny lényeges akadályt nagyobbítjuk.

A villamáram hatása az áramerő nagyságán kívül lényegesen még az *áram tömörségétől* is függ. Valamely villamáram annál tömörebb minél kisebb a vezető keresztmetszete. Ha a villamáramot számos egymás mellett elhaladó áramszálakból alkotva képzeljük, úgy az áram annál tömörebb, minél több ilyen áramszál jut a vezető keresztmetszetének téregységére, ellenben annál erősebb minél több áramszálból áll egyáltalában. Ha a teleptől vagy szánkagéptől az áramot vezető két elektrodot valamely testre reá helyezzük, az áramszálak az Ohm-féle törvény értelmében oszolnak meg az illető testben. Minthogy mindannyi áramszál a testbe az elektrodok utján jut, az áram is ezek közelében lesz legtömörebb és ha a két elektrod közül az egyik kisebb mint a másik, akkor az áram is ezen tömörebb lesz, mint a másikon. A testben legtömörebb az áram a két elektrodot összekötő egyenes vonal irányában. Lényegesen függ mindezektől valamely villamáram élettani hatása, mivel e hatás egyáltalában csak az áram tömörségének bizonyos foka mellett áll be. Azért lehetőleg kis elektrodot teszünk a bőrfelületre oda a hol azt akarjuk, hogy a villamáram legtömörebb legyen és az alatta levő szervre például idegre erősen behasson ; a másik lehetőleg nagy elektrodot ellenben e helytől jó távol illesztjük a testfelületre.

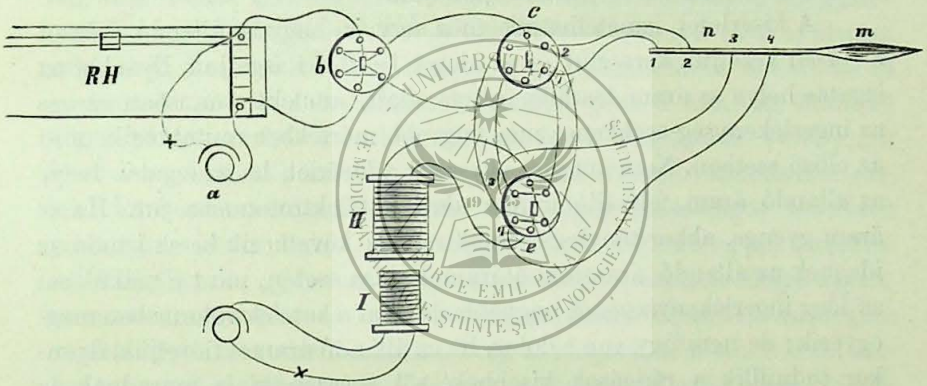
B) A villamáram hatása az idegingerlékenységre.

Azt az állapotot, melyben valamely állandó villamárammal átáramlott élő ideg van *elektrotonus*nak nevezzük. Elektrotonusban az idegnek több tulajdonsága megváltozik. Ezek közül egyike a legnevezetesebbeknek az idegingerlékenységének megváltozása.

Az elektrotonusban az idegingerlékenység változásának vizsgálatára a következő kísérleti berendezés szolgálhat (29. ábra).

2—3 Daniell-féle elem (a), adja az állandó, úgynevezett elektrotonisáló áramot. Kulcs közbeiktatásával vezetjük az áramot az RH-valjelölt rheochordhoz. A rheochord-tól mellékút gyanánt vezetnek sodronyok a keresztes gyrotrop-hoz (b) s onnan egy másik gyrotrophoz (c), melyben a kereszt hiányzik, és a mely arra szolgál, hogy az állandó áramot a szük-

ség szerint 1—2, vagy 3—4-re vezethessük. Az állandó áramon kívül ingerre is van szükségünk; ez lehet vegyi inger, például konyhasóoldat, vagy erőművi, vagy lehet villamos csapás is. Az utóbbi esetben még 1—2 Daniell-féle elemből álló második telepet használunk, melynek áramát kulcson keresztül szánkagép elsődleges tekercséhez vezetjük (*I*). A szánkagép ilyenkor úgy van beállítva, hogy az áram azon, ha egyszer a kulcsot zártuk, folytonosan kering, és megszakad, mihelyt a kulcsot megnyitjuk. A másodlagos tekercs (*II*) áramát egy keresztnélküli gyrotrophoz (*e*) vezetjük azon czélra, hogy azt 1—2-re, illetőleg 3—4-re elvezethessük. Az 1—2 és 3—4-től sodronyok mennek az *n* ideget érintő elektrodokhoz. Az ideggel összefüggő izmot (*m*) végre emelőbe lehet beakasztani, a melynek felemelése által saját összehúzódását jelzi.



29. ábra. Kisérleti berendezés az elektrotonus vizsgálatára.

A kisérlet ilyen berendezése mellett az állandó áramot 1—2-ön, az izgató inducált áramcsapást 3—4-en hagyhatjuk a kikészített béka-idegre behatni, vagy tehetjük a kisérletet megfordítva is; egyszersmind úgy vezethetjük az állandó áramot az idegen át, hogy az izomhoz az anod áll közelebb, a mikor az áram irányát *felszállónak*, vagy úgy, hogy ahoz a kathod van közelebb s ekkor azt *leszállónak* mondjuk. Ezek mellett még tudjuk úgy az állandó, mint az ingerlő áram erejét is szükség szerint megváltoztatni valamint az ideget érintő elektrodokat egymáshoz jobban közeliteni vagy egymástól eltávolítani.

Ha az ideget 3—4-en oly gyenge bevezetett áramcsapással izgatjuk, hogy izma csak keveset húzódik össze, s ezután 1—2-ön az állandó áramot leszálló irányban megindítjuk és az ideget az előbbi helyen

(3—4) az előbbeni ingerrel újból izgatjuk, az izom erősebben rángatódzik, mint az állandó áram alkalmazása előtt rángatódzott volt. Mihelyt az állandó áramot megszakítjuk és az ideget 3—4-nél ismételten izgatjuk, az izomrángás csak oly kicsiny lesz, mint az első esetben volt, sőt nem ritkán annál még kisebb is. Ebből következik, hogy *az ideg ingerlékenysége a kathod mellett fokozódott.* Az idegingerlékenység e növekedését a kathod oldalán *katelektrotonus*nak nevezzük.

Midőn az állandó áram irányát megfordítjuk és azt felszállóvá tesszük, akkor, egyébiránt azonos berendezés mellett, az ingerlékenységet nem csak nem találjuk növekedettnek, hanem ellenkezőleg csökkentnek; sőt lehet, hogy az előbb jelen volt izomrángás az állandó áram tartama alatt való izgatáskor egészen elmarad. *Az idegingerlékenység tehát az anod mellett csökkent.* Az idegingerlékenység e csökkenését az anod oldalán *anelektrotonus*nak mondjuk.

A kísérletet ismételhetjük még úgy is, hogy az állandó áramot 3—4-en vezetjük keresztül és az ideget 1—2-nél izgatjuk. Ilyenkor az izgatás helye az áram leszálló iránya alatt, anelektrotonusban van és az ingerlékenység-csökkenés még nagyobb mértékben mutatkozik, mint az előző esetben. Nem annyira egyszerű a kísérlet, ha az izgatás helye az állandó áram felszálló iránya alatt katelektrotonusba jut. Ha az áram gyenge, akkor tényleg erősebb rángás következik be az izmon az idegnek az állandó árammal átáramoltatása esetén, mint e nélkül, mi az ideg ingerlékenységének nagyobbodásával a katelektrotonusban megegyezik; de nem úgy van a dolog, ha az állandó áramot növeljük, ilyenkor tudniillik a rángások kisebbek, sőt egészen ki is maradnak az állandó áram tartama alatt. Ez a látszólag eltérő eredmény onnan van, mert *erős áram által átáramlott idegrészlet, kivált az anod helyén, az idegizgalmat rosszúl vagy épen nem vezeti.* Hiába izgatjuk az ideget fokozódott ingerlékenységben levő helyen: a nagyobb izgalmat az állandó árammal átáramlott idegrészlet az izomhoz nem bocsátja oda.

Kísérlet közben lehet az izgató áramot szolgáltató elektrodokkal az állandó áram sarkaihoz közeledni vagy ezektől eltávozni, lehet az állandó áram erejét változtatni vagy az állandó áram sarkai közé különböző hosszú idegdarabot befogni. Ilyenkor arról győződünk meg, hogy az ingerlékenységnek növekedése és kisebbedése legnagyobb az állandó áram sarkai közelében, ezektől kezdve azonban még az ideg jó hosszú részére terjed ki. Az állandó áram erejével, az átáramlott idegdarab nagyságával nő, bizonyos határig, az elektrotonusi változás foka és kiterjedése. Természetes, hogy az ideg életképessége is befolyással

van az elektrotonus kifejlődésére; életképes, ingerlékenyebb idegen ugyanazon állandó áram mellett nagyobb a létrehozott ingerlékenységi változás, mint kevésbbé ingerlékeny idegen.

A mi az állandó áram sarkai közé vett idegdarab ingerlékenységének változását illeti, ennek vizsgálata vegyi ingerrel, például konyhasóoldatcseppel, történik legjobban. Konyhasócseppet teszünk az idegdarabra, midőn nemsokára az izom tetanicus rángásokba jut; ha most az izgatott idegdarabot az állandó áram sarkai közé fogjuk és hol az anodot, hol pedig a kathodot tesszük közel az izgatás helyéhez, úgy az ingerlékenységnek változása ki fog tünni részint az izomrángás kisebbedéséből részint annak növekedéséből. Az ilyen módon tett vizsgálatból kiderült, hogy gyenge erejű állandó áramoknál, a sarkok közé vett idegdarab legnagyobb része növekedett ingerlékenységben, katelektrotonusban van és csak kis része árúl el csökkent ingerlékenységet, anelektrotonust, az anod közelében. Van egy úgynevezett közönyös pont az idegen, az állandó áram sarkai közt, melyen a katelektrotonicus növekedés az anelectrotonicus kisebbedéssel találkozik, e pont a mint az áramerő fokozódik az anodtól a kathod felé vándorol. Megegyezik evvel a mit Pflüger a sarkok közé vett egész idegdarab villamos izgatásakor észlelt. Pflüger az állandó áramot szánkagép másodlagos tekercsén vezette keresztül, mialatt az elsődleges tekercs villamteleppel összeköttetésben állott és így inducált áramcsapásokat bocsátott az idegre ugyanazon elektrodokon át, melyeknek útján az állandó áramot is az ideghez vezette. Ilyenkor tudniillik kitünt, hogy az idegnek az állandó áram sarkai közé vett részében az ingerlékenység gyenge állandó áram behatásakor fokozódott, erős áram alkalmazásakor pedig kisebbedett.

Az idegingerlékenység növekedése katelektrotonusban az állandó áram zárásakor azonnal bekövetkezik, gyorsan éri el maximumát, ezen túl pedig mind kisebb és kisebb lesz. Az ingerlékenység kisebbedése anelektrotonusban csak lassan áll be, lassan fokozódik és lassan is kisebbedik.

Az állandó áram *megszakítása után* az anelektrotonusban volt idegrészlet ingerlékenysége azonnal igen tetemesen túlemelkedik a rendes ingerlékenységi fokon, a katelektrotonusban volt idegrészlet ingerlékenysége eleintén rövid időre kisebbedik, azután azonban csakhamar nagy fokban emelkedik és miként az anelektrotonust követő ingerlékenységi növekedés, csak lassan tér vissza az ingerlékenység rendes fokára. Az áram megszakítása után tehát egészben véve az ideg ingerlékenysége egy ideig fokozódva marad.

Érző idegen Pflüger az elektronust úgy vizsgálta meg, hogy a békát előre strichninnel megmérgezte. A strychnin tudniillik felette fokozza a reflexingerlékenységet, vagyis az állatnak azt a tulajdonságát, hogy érző idegeit érő izgató hatásra testének különböző izmaiban mozgások következnek be. Az így mérgezett béka n. ischiadicusát kikészítve erre tömör konyhasóoldatból egy cseppet adott. Az ezáltal izgatott érzőidegek izgalma a gerinczagyhoz s ezen át a túloldali végtag idegei útján a megfelelő izmokhoz jutott el s ezek rángatództak. Ha az izgatott helyet Pflüger anelektrotonusba tette, a reflexmozgások csökkentek vagy teljesen el is maradtak; az izgatott hely érzőidegeinek ingerlékenysége tehát anelektrotonusban csökkent.

Élő emberen is megvizsgálták az ingerlékenység változását elektrotonusban. Eulenburg és Erb vizsgálatainak eredményei teljesen megegyeznek a béka kimetszett idegén tett tapasztalatokkal. Biztos sikerrel jár a kisérlet, ha a mintegy 10 Daniell-féle elemből álló telep ingerlő áramát az elektrotonisaló áram sarkai közelében vagy azokon belől alkalmazzuk. Nem tiszta az eredmény, ha az izgató áramot az állandó áram sarkaitól távol hagyjuk behatni; ilyenkor, szétterjedő áramszálak és az áramtömörség kisebbedése az állandó áram sarkai közelében már megzavarják a kísérletet. Igen alkalmas a vizsgálatra, az állandó áram sarkait a felkaron, a n. ulnaris felett odailleszteni egymástól 10—12 Cmt. távolban; az izgató inducált áramot lehetőleg finom elektródal juttatjuk az ideghez.

C) Az állandó villamáram ingerhatása.

Midőn valamely állandó villamáramot megindítunk, katelektrotonus és anelektrotonus támad az idegben, midőn azt megszakítjuk, megszünik benne mind a kettő. *Mozgató idegre* az áramnak ilyen megindítása és megszakítása ingergyanánt hat; az ideggel összefüggő izom e behatásokra rángatódzik. Általában az állandó áram akkor izgatja az ideget, ha tömörsége ingadozik, és ez ingerhatás annál erősebb, minél gyorsabbak és minél nagyobbak az ingadozások (Du Bois-Reymond); azért hat épen leginkább ingerként az áram indítása és megszakításakor, s nem egyenletes tartama alatt, vagy ha erejében nagyon lassan változik, az utóbbi esetben még akkor sem, ha e változások alatt igen magasra nő.

Csak túlerős áramok használatakor észlelt Du Bois-Reymond az áram egyenletes tartama alatt is ingerhatást, folytonosan tartó (tetanicus) izomrángásokat; szerinte ez izgató hatást az idegben lefolyó villamos vegybontás okozza. Pflüger azonban igen gyenge áramok

alkalmazásánál az áram tartama alatt is észlelt tartós ingerhatást s felteszi azért, hogy az áram, ingadozásain kívül tartama alatt is ingerként hat az idegre, csakhogy gyengébb fokban. Ez az ingerhatás az áram tartama alatt némely idegen épen nem áll be, máson pedig minduntalan jelentkezik; azért Engelmann és Grünhagen az egész tüneményt a kikészitett idegben lappangó ingereknek, milyen például a kiszáradás, tulajdonítják, mely lappangó ingerek magukban elégtelenek ugyan kellő fokú idegizgalomnak előidézésére, de az általuk okozott csekély izgalom a szükséges fokot eléri, mihelyt az ideg illető része katelektrotonusba, tehát fokozódott ingerlékenységi állapotba jut.

Némileg másképen nyilvánúl az állandó áram ingerhatása az *érző idegen*. A mellett, hogy itt kiválóan az áram megindítása és megszakítása ingerként hat, ennek egész tartama alatt is van bizonyos kisebb fokú érzés jelen, mely velünk az áram állandó ingerhatását megérezteti. Az érző idegek végkészülékei nem csak a villamáramnak vagy egyéb idegingereknek ingadozása által, hanem ezeknek egyenletes behatása folytán is izgalmi állapotba jutnak; így van ez minden érzékszervünkkel és a bőrrel is; de ha az áram sarkának a bőrre illesztése után egyenletesen tartó égető érzést, az áram által magukra a bőr érzővégkészülékeire gyakorlott hatásnak tulajdonítjuk is, vannak másfelől kétségbevonhatlan tapasztalatok, melyek bizonyítják, hogy az egyenletes áram az idegre közvetlenül tartós ingerhatást gyakorol. Ide tartozik Grützner-nek az az észlelete, hogy ha a n. ulnaris-ra a könyökön, vagy a n. medianus-ra a kézhajlásban állandó áramot engedünk behatni, ezen idegek végein a megfelelő ujjakon igen élénken tartós égést érezünk.

Míg egyfelől tehát, úgy látszik, joggal mondhatjuk azt, hogy az állandó villamáram a mozgató ideget akkor izgatja, ha tömörsége ingadozik, egyenletes tartama alatt pedig nem: másfelől nem szenved kétséget az sem, hogy az érző ideget egyenletes tartama alatt is ingerli. Az idegeknek mozgató és érző voltában, nem lehet e különbség oka. A kétféle idegrostok szerkezetében semmi különbség, és így semmi alap sincs arra, hogy feltegyük, miszerint a két rendbeli ideg izgalma egymástól különböző folyamat volna; egyedüli különbség köztük az, hogy az idegizgalom egyik esetben izommozgásban, a másikban az öntudatban létrejövő érzésben nyilvánúl. Épen azért, ha az állandó villamáram izgatja az érző ideget tartama alatt, akkor a mozgató ideget is izgatni fogja. E szerint a látszólagos eltérés okát egyedül az idegek végkészülékeiben kell keresnünk; az idegnek oly fokú izgalma, mely elégtelen a mozgató ideg felől összehúzódásra indítani az izmot, elegendő

lehet arra, hogy ha érzőideg útján az agyhoz eljut, öntudatunk tudomást nyerjen róla. Az állandó áram tartama alatt rendesen jelenlevő kisfokú idegizgalom a motoricus idegben rendesen nem elegendő arra, hogy az izmot összehúzódásra indítsa; a néha észlelhető tetanikus rángások nyilván onnan vannak, hogy az illető idegben egyébként lefolyó változások — kiszáradás, nyújtás, metszés stb. — ennek ingerlékenységét annyira fokozzák, miszerint az áram egyenletes tartama alatt fejlődő különben kisfokú izgalom oly magasra emelkedik, hogy eleg erős lesz az izmot összehúzódásra inditani. E mellett szól az a tapasztalat is, hogy élő ember idegén sem ezt a tüneményt, sem a szakításkori tetanust nem sikerült észlelni.

A mint tudniillik néha az áram állandó tartama alatt a megfelelő izomban tartós rángások következnek be, úgy nem ritkán az áram megszakítását is tetanicus izomösszehuzódások követik (Ritter-féle *szakítási tetanus*). E szakításkori tetanus könnyebben áll be felszálló, mint leszálló irányú árammal és kisebbedik vagy meg is szünik ugyanez áramnak újból való megindítására, fokozódik ellenben, ha az áramot másodízben az ellenkező irányban indítjuk meg (Rosenthal J., Wundt). Nevezetes itten Pflüger-nek az a tapasztalata, hogy a leszálló irányú áram után bekövetkező szakításkori tetanus azonnal megszünik, mihelyt az ideget az áram sarkai közt átmetszszük, ellenben a felszálló irányú áram után a szakításkori tetanus az ideg átmetszése után is fennáll. A szakításkori tetanusnál az izgalom tehát az anod tájáról indúl ki, az ideg azon helyéről, melyen az áram megszakítása után az idegingerlékenység azonnal tetemesen emelkedik; a szakításkori tetanus megszűnik, mihelyt az áram megindítása által az izgalom helyét újból anelectrotonusba tesszük, azaz ingerlékenységét kisebbítjük, es fokozódik, midőn ugyanez áram ellenirányban való megindítása által az illető idegrészletet katelektrotonusba juttatjuk, azaz ingerlékenységét tovább növeljük. Mindez egyszersmind arra is utal, hogy a szakításkori tetanus igen valószinűleg elektrolytikus változások eredménye.

Ha már a szakításkori tetanus vizsgálatából kiderült, hogy ez az anod helyéről indul ki, úgy Bezold vizsgálatai meg kétségkivülivé tették azt, hogy az izgalom minden állandó áram indításakor a katod, szakításakor az anod helyéről indúl ki. Midőn tudniillik Bezold meghatározta azt az időt, mely az áram indítása illetőleg megszakításától az izomrángás bekövetkeztéig eltelik, akkor úgy tapasztalta, hogy az izomrángás felszálló irányú áram mellett később követi az áram indítását mint szakítását és hogy az áram leszálló iránya mellett, a dolog

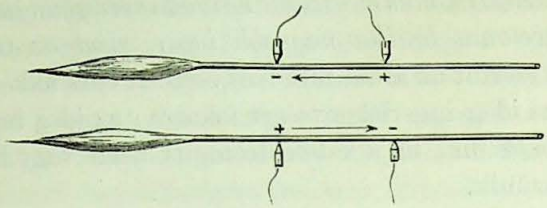
épen megfordítva van. Bezold ugyanakkor azt is tapasztalta, hogy az áram indítását követő izomrángás nagyobb mint az, mely a szakitást követi. Mondhatjuk tehát, hogy *az idegre különösen a katelektrotonus beállta és az anelektrotonus megszünte hatnak inger gyanánt, hogy azonban a katelektrotonus beállta nagyobb inger, mint az anelektrotonus megszűnése.* E szerint az áram mindkét esetben csak akkor hat ingerként, midőn az ideg ingerlékenységét fokozza; az ideg ingerlékenység pedig akkor fokozódik, ha a katelektrotonus beáll vagy ha az anelektrotonus megszűnik.

Kimetszett idegen ugyanazon erős inger alkalmazása mellett azt lehet tapasztalni, hogy egészben véve az ideg izgalma annál nagyobb, minél távolabb izomi végétől érte az inger az ideget; oly inger, mely közel az izomhoz éri az ideget, rángást nem okoz, távolabb alkalmazva attól rángást válthat ki (Budge, Pflüger). Pflüger e tapasztalatból azt a következtetést vonta, hogy az idegizgalom az idegben való továbbhaladása közben nő. Heidenhain azonban kimutatta, hogy az egész tüneménynek egyedüli oka maga a metszés, mert ha az ideget közel az izomhoz metszette át és izgatta, akkor az izgalom csak olyan erősnek bizonyult mint az előtt, mikor a hosszabb ideget izomi végétől távol izgatta. A metszés maga növeli az ideg ingerlékenységét. Egyébiránt több vizsgáló tapasztalata kétségkívülivé teszi azt, hogy az ideg ingerlékenysége annak egész hosszában nem egyenlő nagy. Budge a n. ischiadicus mentén több olyan pontot talált, melynek ingerlékenysége fokozódott, nevezetesen pedig az ideg olyan helyein, melyeken az ischiadicustól eltérő ágak metszettek át. Heidenhain kikészített, de ki nem metszett béka ischiadicuson azt tapasztalta, hogy ez közvetlenül a térdhajlás felett kevésbbé ingerlékeny, mint alább, ezen felül pedig ismét ingerlékenyebb.

Fennebb láttuk, hogy az állandó áram kiválóan indítása és szakítása alkalmával izgatja az ideget. A közelebbi vizsgálat kiderítette továbbá azt is, hogy az ingerhatás nem minden körülmények közt áll be, hanem egészen életképes friss idegen is az áram erejétől és irányától függ. Mind e felismert viszonyok az úgynevezett «*rángásszabály*»-ban találnak kifejezést. Pflüger szerint a rángás szabálya a következő:

Áramerő	Felszálló áram		Leszálló áram	
	indítás	szakitás	indítás	szakitás
gyenge	rángás	nyugalom	rángás	nyugalom
középerős	rángás	rángás	rángás	rángás
erős áram	nyugalom	rángás	rángás	nyugalom v. gyenge rángás

E szabály teljesen megegyezik a villamáram ingerhatását és befolyását illetőleg az idegingerlékenységre mondottakkal és azok alapján könnyen meg is érthető.



30. ábra.

Felszálló irányú áram megindításakor rángás következik be oly gyenge villamáram behatására, mely különben elégtelen szakításkor, vagy leszálló irány mellett, az ideget megfelelő izgalomba hozni. Ez onnan van, mert felszálló irányú áram megindításakor a katelectrotonus beállása szolgál ingerül, és ez nagyobb inger, mint megszakításakor az anelectrotonus megszünte; felszálló irányú áramnál a kathod egyszersmind távolabb is esik az izomtól, mint az anod és így közelebb van a metszés helyéhez, miért is a tőle kiinduló ingerületnek nagyobbnak kell lenni. Ha az áramerőt kis fokban nagyobbítjuk és ismételjük a kísérletet, akkor tapasztaljuk, hogy a felszálló irányú áram indításakor jelentkező izomösszehúzódáshoz a *leszálló áram megindításakor* is csatlakozik rángás, ellenben az áram szakításakor még mindig nincsen izomösszehúzódás; ez onnan van, mert áramindításkor a katelektrotonus beállása nagyobb izgalmat okoz, mint a milyet szakításkor az anelektrotonus megszünése, még ha az anod az idegen a metszés helyéhez közelebb is van, mint a kathod.

Az áramerő tovább tartó nagyobbodására a felszálló és leszálló irányú áramok indításakor beálló rángáshoz, a *leszálló s majd a felszálló áram megszakításakori rángás is* csatlakozik. Az inger nagyobbodásával az anelektrotonus megszűnése oly fokú izgalmat okoz, hogy ez az izmot összehúzódásra képes indítani; e fokát az izgalom leszálló irányú áram mellett előbb éri el, mivel ilyenkor az anod a metszés helyéhez közelebb van, tehát fokozódottabb ingerlékenységgel biró helyen hat be az idegre. Középerős áramoknál *úgy a fel- mint leszálló irány mellett ingerként hat az áramnak úgy megindítása mint megszakítása.*

Az áramerő tovább nagyobbodásával azonban mindinkább előtérbe lép az áram részéről az izgalomvezetésre gyakorlott akadályozó befolyás és nem sokára *kimarad a felszálló irányú áram indításakor*

bekövetkező rángás; a kathod helyéről kiinduló nagy izgalom az erős anelektrotonusban levő idegrészen át az izomhoz nem juthat el. *A leszálló irányú áram szakításakor is gyengül a rángás;* ennek oka abban van, hogy az elektrotonus megszűnésével a katelektrotonusban volt idegrészletben az ingerlékenység és izgalomvezetőképesség csökken.

Élő ember mozgató idegén a rángásszabály teljes érvényben van. Az ideget számos rétegben fedő szerves részek miatt azonban nem vezethetjük a villamáramot egyenletes tömörséggel az idegen keresztül. Az áram mindig legtömörebb közvetlenül az elektrodok alatt, mint az ideg többi helyein és lehet oly idegrészlet a két elektrod közt, melyben az áram tömörsége olyan csekély, hogy villamárammal át nem áramlottnak tekinthető.

Azért nem is lehet élőn az áramirányra oly határozottan tekintettel lenni, mint az a kikészített idegen lehetséges volt; hanem a két elektrod közül az egyiket az ideghez lehetőleg közel hozzuk s ennek figyeljük meg az ingerhatását, mialatt a másodikat jó távolban helyezzük a testre. Az ilyen kisérletre különösen alkalmas a n. facialis-t, ulnaris-t vagy a n. radialist használni. A vizsgálatokból kiderült, hogy gyenge áramok csak a kathodnak az ideg fölött való alkalmazásakor adnak indításkori rángást (kathodindításkori rángás); közép erős áramok alkalmazásakor a kathodindításkori rángás erősebb lesz, egyszersmind hozzá csatlakozik anodindításkori és szakításkori rángás is; erős áramoknál a kathodindításkori rángás igen erős és tartós, ép úgy nő az anodindításkori és szakításkori rángás, hozzájuk végre gyenge kathodszakításkori rángás is csatlakozik. Mind ez a Pflüger-féle rángásszabálylyal megegyezik, valamint megegyezik azon szabálylyal az is, hogy a kathod kiválóan indításkori az anod szakításkori rángást okoz, valamint hogy a kathod ingerhatása az anodénál nagyobb.

Érző idegre nézve Pflüger e szabályt szintén strichninnel gyengén mérgezett békán tanúlmányozta a reflexmozgások segedelmével és azt a mozgató idegek rángásszabályával teljesen megegyezőnek találta. Erb vizsgálatai élő emberen a rángásszabálynak teljes érvényét az érzőidegre határozottan bizonyítják: gyengén növekedő áram használatakor először kathodindításkori érzés áll be, mely erősebb áramoknál az áram egész tartama alatt fennálló érzésbe megy át; ezt a gyengébb anodszakításkori érzés követi; az áramnak tovább tartó növelésénél gyenge anodindításkori érzést veszünk észre, melyre az anod helyén az áram tartama alatt is fennálló gyenge érzés következik, végre igen erős áramoknál kathodszakításkori érzés is jelentkezik. Tehát itt is a kathod,

kiválóan indításkor az anod pedig szakításkor izgat; a kathod izgatása jóval jelentékenyebb az anodénál.

Egyéb működést teljesítő idegeken (gátló, elválasztó idegek) is érvényesnek bizonyúlt mindaz, mit a villamosság ingerhatását illetőleg felismertünk és a mi a rángásszabályban oly szép kifejezést talált, úgy hogy e szabály általános érvényessége ma már minden kétségen kívül áll.

Az áramirány befolyására az eddigiekben annyiban voltunk tekintettel, hogy figyelembe vettük, vajjon fel- vagy leszálló iránya volt-e a villamáramnak, egyébként pedig az áramot mindig az ideghossztengelye irányában vezettük. Pontos vizsgálatok kiderítették, hogy a villamosság ez irányban hat leginkább ingerként és hogy *függélyesen keresztül vezetve az idegen, ezt épen nem izgatja* (Hermann, Erb). Megegyezik ez azzal a tapasztalattal, hogy az idegen keresztül függélyes irányban vezetett villamáram abban elektrotonust sem okoz.

Végre megemlíthetjük még, hogy valamely *villamáram ingerhatásának foka* ugyanazon áramerő mellett *az átáramlott idegdarab hosszától is függ*, a mennyiben az idegizgalom annál nagyobb, minél hosszabb idegrészen vezetjük át az állandó áramot (Willy). Ez is megegyezik azzal, hogy az elektrotonus nő az állandó áram sarkai közé vett idegdarab hosszával.

D) Inducált áramok ingerhatása.

Az inducált áramcsapás oly felette rövid ideig tartó villamáramnak felel meg, mely hirtelen áll be és aránylag lassan tünik el. A katelektrotonusnak az áramindítással járó beállása tehát gyors és azért az ideget inkább is fogja izgatni, mint az anelektrotonusnak az áram megszakításával járó megszűnése; ez utóbbi aránylag lassan következvén be, izgalmat sem okoz az idegben. Inducált áram tehát csak indításkori rángást támaszt és nem szakításkorit is (Chauveau, Fick, Lamansky). Egyáltalában nem közönyös valamely villamáram időtartama ennek ingerhatására. Túl rövid, például 0·001 mp.-ig vagy ennél rövidebb ideig tartó, különben erős áramok már nem izgatják az ideget. Ugyanazon áram mind inkább növekedő időtartamával végre oly időtartamhoz jutunk, mely mellett ingerként hat, ezentúl egy ideig időtartamának nagyobbodásával az áram ingerhatása nő, s csak ha már 0·017—0·018 mp.-ig tart, éri el azt a fokot, melyben az ideget állandó tartama alatt is izgatni szokta (Fick, König). Lehült vagy elhaló ideg rövid ideig

tartó áramok iránt kevésbbé érzékeny, mint a rendes hőmérséknek kitett ép ideg.

Az inducált áramokról nevezetes még, hogy az ideget akkor is izgatják, midőn az ideget az illető szánkagép másodlagos tekercsének egyetlen sarkával kötjük össze, újjunkkal pedig az ideg-izom készítményt vagy a szánkagép másodlagos tekercsének második végét elvezetőleg érintjük. Az inducált áram e tulajdonságát Du Bois-Reymond szerint *egy sarkból eredő rángásnak* nevezik. Ennek oka a villamosság áramlása a másodlagos tekercsben az inductió pillanatában a sodrony végei felé. A positiv villamosság a sodrony egyik végén, a negativ annak másik végén gyűlik meg s ott bizonyos feszülés alatt van; ha e feszülés kiegyenlitődhetik például az által, hogy az idegizomkészítményt vagy a másodlagos tekercs második végét érintés által a földdel összeköttetésbe tesszük, akkor az evvel járó villamáramlás az idegre izgatólag hat. Kisérleteknél azért a kulcs a másodlagos tekercs áramának útjába úgy állítandó, hogy az áram, ha a kulcs zárva van ezen át, ha nyitva van, az idegen keresztül menni legyen kénytelen, nem pedig úgy, hogy a kulcsot a másodlagos tekercs egyik sarkától vézető sodrony útjába állítjuk mialatt a másik sodronyt egyenesen az ideggel összekötjük, mert ekkor egy sarkból eredő rángások a kisérletet könnyen megzavarhatják.

28. §. Izgalomvezetés az idegben.

Izgalmi állapotát az ideg továbbvezeti, e képességét *vezetőképességnek* nevezzük. Izgalomvezetőképességgel valamely ideg csak akkor bir, ha életképes, ép és folytonosságában megszakítva nincsen; elhalt ideg vagy lefutásának valamely helyén átmetszett, zúzott, vagy vegyianyag behatása által sérült ideg az izgalmat nem vezeti.

Idegtörzsben az idegrostok egymás mellett haladnak, elágazódások vagy egyenes közlekedés az idegek közt nincs. E boncztani viszonynak megfelelőleg azt tapasztaljuk, hogy működéseinket localisálni tudjuk: látó szervünkkel a térben tájékozódunk az egyes tárgyakról nyert képek után; testünk felületén elég pontosan megjelölhetjük a helyet, melyen esetleg meg van érintve; azokat az izmokat tudjuk beidegezni, a melyeket összehúzódásra indítani akarunk; ha valamely vegyes ideg, például érző és mozgató ideg, bizonyos rostjait, például érző gyökeit izgatjuk, akkor a többi rostokon, a mozgató idegrostokon, az izgalomnak semmi jelét sem lehet látni. Mind ez arra mutat, hogy *az idegrostok az izgalmat egész kiterjedésükben elszigetelten vezetik.* Ennek

megfelelőleg rostelágazódás csak ott van, a hol elszigetelt vezetésre semmi szükség nincsen; így az egyes izmokba eljutott idegrostok elágazódnak az illető izmokban. Azért nem is pótolhatja valamely idegrost működését az illető szervvel összefüggő valamely más ideg; minden idegnek van bizonyos kiterjedése és határozott feladata a végszervben, melyet helyette más ideg nem végezhet el.

Természetes körülmények közt az izgalom az idegnek azon végétől indul ki, melyen az inger behatott és az idegen végig azon szervhez halad, melyet működésre inditani feladata az izgalomnak. Az idegeknek egy része a központi idegrendszerben nyeri az impulsust az izgalomra és ezt a túlsó végén levő valamely szervhez vezeti (mozgató, elválasztó s egyéb úgynevezett centrifugál idegek); bármennyire is izgassuk lefutásuk közben ez idegeket, öntudatunkban érzést támasztani ez izgatás nem képes. Az idegeknek egy másik része környéki végüket ért valamely ingerhatásra jut izgalomba és az izgalmat a központi idegrendszerhez vezeti, mely ott jut bizonyos érzés alakjában öntudatunkra (érzéki s egyéb centripetál idegek); ha ez idegeket átmetszük és környéki végüket izgatjuk, az izgalom egy szerv működésében sem nyer kifejezést. Az élőben tehát minden ideg izgalmát csak egy irányban vezeti, de még ebből korántsem következtethető, hogy az illető ideg az izgalmat ellenkező irányban ne lenne képes vezetni. A mozgató ideg által esetleg a központ felé vezetett izgalom mozgást elő nem idézhet, mert ott a megfelelő izmok hiányoznak, de érzést sem kelthet, mivel az agysejtek, melyekben rostjai végződnek, az érzésimpulsusok felfogására nem alkalmasak; épen úgy nem juthat öntudatunkra az az izgalom sem, melyet érző idegrost vezet esetleg a peripheria felé, minthogy ott az izgalom felfogására szolgáló végszerv szintén hiányzik. Az idegek azonos szerkezete s az a körülmény, hogy az idegnek felette összetett szerkezetre és mechanismusra volna szüksége, ha az izgalmat csak egy irányban lenne képes vezetni, a búvárokat már régóta arra birta, hogy feltegyék, miszerint *minden idegrost az izgalmat mindkét irányban vezeti;* ma már e feltevés helyességét igazoló tapasztalatokkal is rendelkezünk.

Mint majd látni fogjuk, az idegek épen úgy fejlesztenek villamáramot, mint valamely telep. E villamfejlesztő képesség az ideg izgalmi állapotában kisebb, mint nyugalmakor, azért az idegtől elvezetett áram erőbeli csökkenése az ideg izgalmi állapotának határozott bizonyítékául is szolgál. Du Bois-Reymond, midőn ideget lefutása közben izgatott, tapasztalta, hogy az attól elvezethető áram kisebbedése az

izgatás helyétől kiindulólag mind két irányban halad az idegen végig; az izgalom tehát az idegben mind két irányban terjed tovább.

Bidder kezdeményezésére számos vizsgáló a n. lingualist és n. hypoglossust kutyán átmetszette s azután a n. lingualis központi csonkját a n. hypoglossus környéki végével összenövesztette. Az összenövés után a n. lingualis izgatására a nyelv mozgott; a n. lingualis érző rostjainak izgatását, miután ezek a hypoglossus mozgató rostjaival összenőttek, nyelvmozgások követték (Philipeau és Vulpian, Bidder, Rosenthal J.). E kísérlet bizonyító képességét csökkenti azonban az a tapasztalat, hogy a n. lingualisban a peripheria felé oly vezető rostok is mennek (a chorda tympani), melyek esetleg a n. hypoglossus ágaival nőhettek össze s így okozhattak az összenövés után a n. lingualis izgatására nyelvmozgást (Vulpian).

Bert P. patkány farkát az állat háta felé visszahajtotta, a hát bőréhez odanövesztette és azután tövénél levágta. Az így környéki végével a hátba benőtt fark érzékeny volt, jeléül annak, hogy érző idegrostjai az izgalmat visszafelé, a fark tövétől a háthoz nőtt vége felé, vezetik.

Igen bizonyítók Kühne-nek a béka m. sartoriusa-val tett kísérletei is. Ez izomba az ideg az alsó oldal közepén tér be s onnan ágazódik el az izom inas végei felé. Kühne az izom szélesebb végét 40°-ú olajba mártotta be, miáltal az izmot megölte, de az ideget nem. Ha az olajba mártva volt izomvéget, például metszéssel izgatta, egyes izomrostok rángatództak, jeléül annak, hogy az idegrostok izgalmukat elágazódáshelyükhöz visszavezették, a honnan ép izomrostokhoz vezető idegszálakba eljutott. Kühne a m. sartoriussal úgy is tette kisérleteit, hogy az izmot egyik vége felől hosszának mintegy $^1/_3$ részéig behasította s tapasztalta, hogy az egyik oldali lebeny izgatására a túloldaliban is rángások beállottak, ezek csak úgy jöhettek létre, hogy az izgatott mozgató idegrostok ingerületüket vissza felé vezették s elágazódási helyükön oly idegrostokra ruházták át, melyek a túloldali lebeny némely izomrostjában végződnek. Ehhez hasonlót észlelt Babuchin a villamos-rája elektricus rostjain.

Ezek után az idegek mindkét irányban való vezetőképessége minden kétségen kívül áll és az idegizgalom különböző nyilvánulásának oka egyedül a végszervben van.

Hogy mi az a folyamat az idegben, mely benne végbe megy, midőn izgalmi állapotban van, azt még nem tudjuk. Midőn az ideg szerkezete ismerve nem volt, az idegizgalmat idegrángásnak vagy folya-

dék áramlásnak vélték az idegcsövekben. Miután kiderült, hogy nincs a mi az ideget, mint a csengetyűhúzót rángassa, hogy maga az ideg ingerlékeny s izgalmi állapotba jut, bármely helyén érje alkalmas inger, azon magyarázatokkal fel kellett hagyni. Galvani felfedezése óta közel állott az a felfogás, hogy az idegizgalom nem más, mint villamosság áramlása az idegrostokban és ma is szeretjük az idegek működését a távirdasodronyok szerepéhez hasonlítani. De bebizonyúlt, hogy az idegizgalom villamosság áramlása sem lehet: az idegrostok az izgalmat elszigetelten vezetik, a villamosságot elszigetelő részek pedig nincsenek, a lekötés által zúzott idegrész a legerősebb izgalmat sem vezeti ellenben a villamáramot, tovább bocsátja, végre az ideg az izgalmat sokkal lassabban is vezeti, mint a villamosságot. Az idegizgalom nem lehet az a paránymozgás sem, melyet melegnek nevezünk, mert melegfejlesztést a környéki idegekben kimutatni eddigelé még nem sikerült. Az idegizgalom tehát egyikének sem felel meg azon erélyalakoknak, melyekkel a természettanban találkozunk. Ha meggondoljuk, hogy az izgalom előhaladása közben az idegben nem fogy, ereje nem csökken, sőt hogy némelyek szerint minél hosszabb utat tesz meg, annál nagyobbra nő, úgy lehetetlen az idegizgalmat másnak, mint oly változásnak tekinteni, mely az idegben részecskéről részecskére hullámszerűen előhaladó erélyfelszabadításban áll. Hermann szerint ez erély hasadás útján lesz szabaddá; az ideg valamely helyén a beható inger által egyszer megindított hasadási folyamat az idegben részecskéről-részecskére terjed tovább. Hasonló az egy meggyújtott puskapor vonalhoz, csakhogy az idegben ingerbehatásra nem minden potentialis erély szabadúl fel, hanem csak annak egy része.

29. §. Az izgalom terjedésének sebessége az idegben.

Az idegizgalom terjedésének sebességét pontosan meghatározni Helmholtz tanított meg bennünket. Vizsgálatait a kimetszett béka-ischiadicuson tette a Pouillet-féle eljárással és az általa szerkesztett *myographionnal.*

A Pouillet-féle eljárás a villamáramnak a delejtűre gyakorlott hatásán alapszik; ha a villamáram egy rövid ideig delejtű körül kering ezt nyugalmi állásából egy másik állásba téríti ki, a kitérítés foka függ az áram erejétől és időtartamától. A villamáram a mint megindul, kimozdítja a delejtűt, ez lengő mozgást végez és ha a villamáram hosszasabban eltart, végre nyugalmi állásától eltérő más állásban megállapodik.

Ha pedig az áram az erre szükséges időnél rövidebb ideig tart, akkor a delejtű kisebb fokú kitérítést szenved; e kitérítés nagysága függ az áram erejétől és időtartamától, a kitérítési szög tángense (27. §. *A*) egyenesen aránylik az áram erejével és időtartamával. Pouillet e viszonyt rövid ideig tartó folyamatok meghatározására használta. E czélból csak az szükséges, hogy a bussole körül vezetendő ismert erejű áram abban a pillanatban indúljon meg, melyben a kérdéses időtartamú folyamat kezdődik és akkor szünjék meg, mikor ama folyamat is megszűnik. Ha ismeretes az az idő, melyre az áramnak szüksége van, hogy a delejtűt az erejének megfelelő fokra kitérítse, az az a delejtű lengés ideje (T); ha továbbá ismerjük a kitérítés fokát, melyre az áram állandó tartama alatt a delejtűt kitéríteni képes (a) és végre, ha megfigyeltük a rövid ideig tartó folyamat alatt a delejtűnek az áram által elszenvedett kitérítés fokát (h): akkor a folyamat kérdéses időtartamát (t) a következő képlet szerint számíthatjuk ki $t = \frac{T}{a\pi} h$; hol π a Ludolf-féle számot jelenti.

A bussole, mely ezen vizsgálatokra szolgál a Wiedemann-féle vagy a Meissner-Meyerstein-féle galvanometer. A Wiedemann-féle galvanometert a következő 31. ábra tünteti fel.

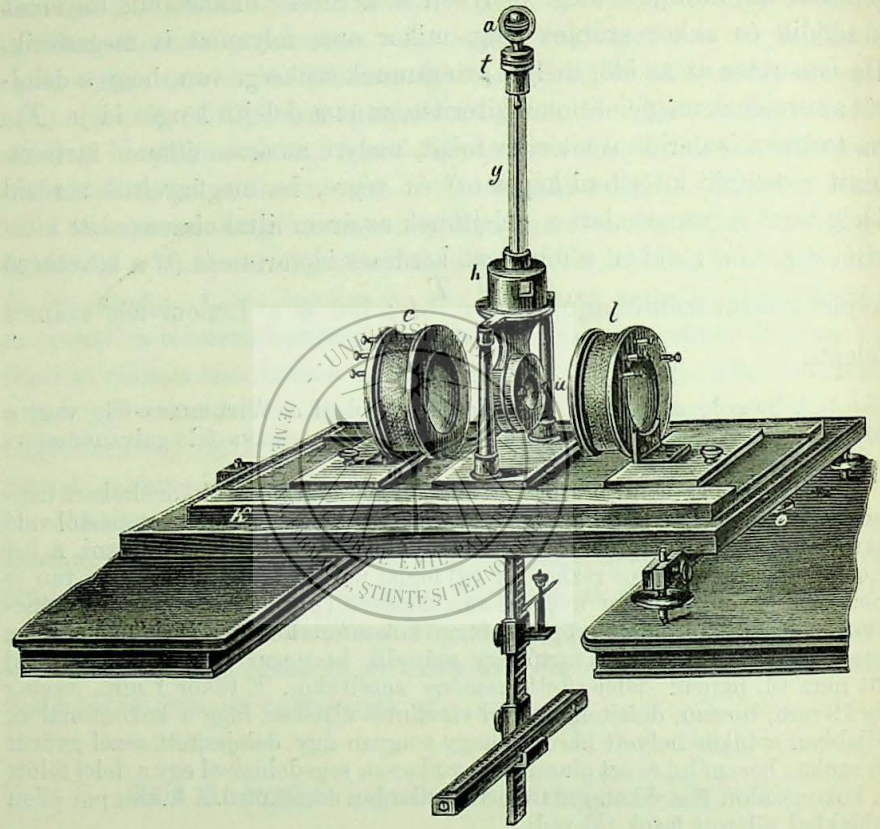
Három csavarral beállítható falapon két sodronynyal körültekert henger (c és l) van ide-oda tolhatólag oda erősítve, A hengereknek egymástól való távolságát a deszkalaphoz erősített léczen közvetlenül le lehet olvasni. A két henger között egy üres rézhenger (u) foglal helyet, mely felül nyitva van és bele egy 12 cmt. hosszu üvegcső van illesztve (g). E csőben, csavarmenetekkel ellátott horoghoz erősített, függő kokonfonal ér be a rézhenger ürébe, mely alsó végén a delejt tartó egy második horoggal van ellátva. A delej itt nem tű, hanem delejesített kemény aczéltükör. E tükör 1 mm. vastag és 19 mm. hosszú, delejtengelyével vizszintes állásban függ a kokonfonalon. Újabban a tükör helyett hasonló nagy s ugyan úgy delejesített aczél gyűrűt is szokás használni és ezt alumínium-rudacska segedelmével egy a delej fölött a kokonszálon függő könnyű tükörrel szilárdan összekötni. A tükröt por ellen ablakkal ellátott fatok (h) védi.

Érzékenynyé tehető e galvanometer az által, hogy a selyemmel körülfont sodronyokat a c, l, hengerek körül sokszorosan vezetjük körül. Thermoáramok meghatározására minden hengeren 1 mm. vastag, összesen 80-szor körül tekerődött két sodrony van vezetve. A két sodrony 4 vége csavarral van ellátva, hogy egymással és a tovább vezető sodronyokkal összekapcsolhatók legyenek.

Gyöngébb villamáramok mérésére, mint minőket például az ideg is fejleszt, oly hengerek szolgálnak, a melyek körül $^1/_5$ mm. vastag sodrony 12,000-szer vagy többször van körül vezetve. Kiváló fokban érzékeny lesz az eszköz, ha megkisebbítjük a föld delejességének vonzó hatását a delej gyűrűre, a mi az által érhető el, hogy az eszköz alá, fölé vagy mellé a föld delejes delelője irányában egy másik nagy delejt helyezünk, úgy hogy mindkét delej felelkező sarkai ugyanazon irányban állanak, vagy úgy, hogy a nagy

delejjel a delejgyűrűhez, ennek egyenes folytatása irányában, a nagy delej ellenkező sarkával közeledünk.

A galvanometer természetesen úgy állítandó be, hogy a tükör illetőleg delejgyűrű, a föld delejes delelőjébe essék. Ha ilyenkor egy vagy mind két tekercsen keresztül villamáramot vezetünk, a függő delej nyugalmi állásából kitér. A kitérítést úgy olvassuk le, hogy a galvanometer előtt bizonyos távolságban osztályzatot állítunk fel és ennek tükörképét a galvanometer tükrében távcsővel megfigyeljük. A távcső látterét egy annak szemlencse rend-

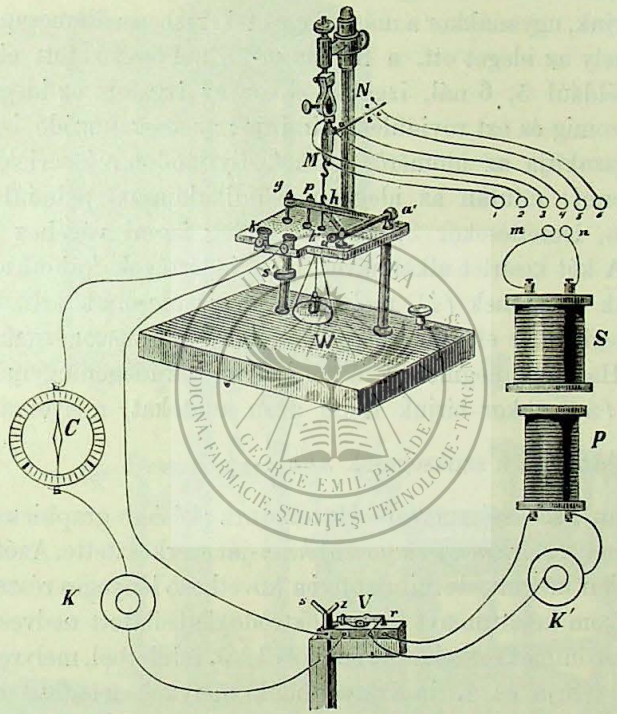


31. ábra. Wiedemann-féle galvanometer.

szerén átvezetett fonal kétfelé választja s ehez viszonyítjuk a foksor látszólagos kitérítését, mely megfelel a kétszeres kiterítési szög tangensének. Megjegyzendő azonban, hogy az áramerő a kitérítési szög tangensével csak addig áll egyenes arányban, míg a delej nagysága a körülötte vezetett áramút átmérőjéhez viszonyítva kicsiny és a kitérítés az áram behatását a delejtűre meg nem változtathatja.

A delejtükör vagy gyűrű azért van rézhengerbe befüggesztve, hogy lengése közben abba áramokat inducáljon, melyek lengéseit nehezítik s kitérítése után csakhamar megállítják. E nélkül az egyszer kimozdított delej igen hosszasan tartó ingaszerű lengéseket végezne; a rézhenger jelenléte által a delej lengései aperiodicus lengésekké lesznek.

A kísérlet berendezését, úgy a mint azt Helmholtz az idegizgalom előhaladássebességének mérésére használta, a 32. ábra érzékíti. *M*, *N*, béka-idegizom készítményt függélyesen tartja egy fogó, melybe annak czombcsontja be van fogva. Az izom (gastrocnemius) ina *h*-nál egy *a*, a^1-ban mozgó *ahg* emelőbe van beakasztva, *p* csavar csúcsa a sárgarézből készült asztalkába isoláltan erősített platinlapot érint, *g* csavar rézcsúcsba végződik, mely egy alatta álló higanynyal



32. ábra. Kisérleti berendezés az idegizgalom terjedéssebességének meghatározására a Pouillet-féle eljárás szerint.

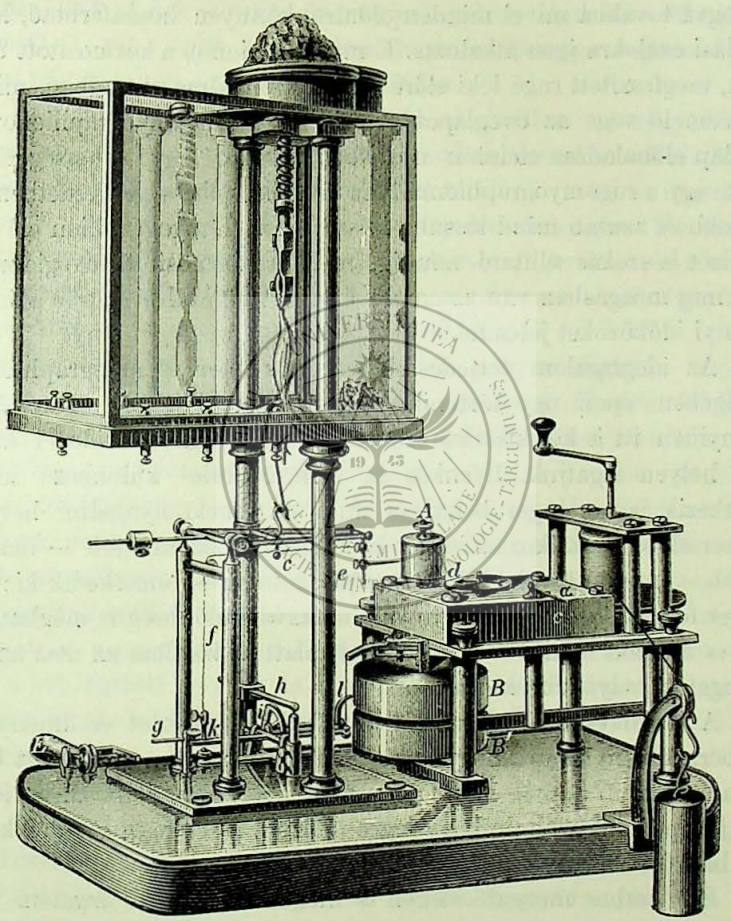
megtöltött szintén isolált aczéledénybe merül, s^1 csavarral a higanytartó aczéledény felemelhető addig, míg a *g* csavar csúcsa a higanyba be nem merül, ez után az edény visszasülyesztendő addig, míg a *g* csavar csúcsát a higanynyal csak vékony higanyfonal köti össze. A kísérlet ily berendezése mellett, ha az izom rövidülésekor az emelőt felemeli és a higanyfonal megszakad, az izom elernyedése után a *g* csavarcsúcsa a higanyba nem fog beérni; ennél fogva az előbb zárva volt villamáram is megszakítva marad.

A K^1 telep árama a P elsődleges tekercset járja át, onnan r-nél jut a V emelőhöz s ettől vissza a telephez; r-nél az emelőnek az ábrán rajzolt állása mellett az áram zárva van. A K telep áramát a C galvanometeren át a higanytartó aczéledénybe vezetjük, onnan q és p-n át s-hez. Mihelyt az s kulcsot lenyomjuk, z-nél ez időmérő áram útját zárjuk és ugyanakkor megszakítjuk r-nél a K' telep áramát is, miáltal az S másodlagos tekercsben áramcsapást inducálunk. Az egész kísérlet tehát abban áll, hogy midőn s kulcs leszorítása által az időmérő áramot zárjuk, ugyanakkor a másodlagos tekercsben villamcsapást inducálunk, mely az ideget ott, a hol az m-, n-nel összekötött elektrodok azt érik, például 5, 6-nál, izgatja, ekkor az izgalom az idegen végig terjed az izomig és ezt rövidülésre indítja; az összehúzódó izom q és p-nél megszakítja az időmérő áramot. Ily módon a kísérletet kétszer kell megtenni; miután az ideg az első alkalommal például 5, 6-nál lett izgatva, ismétlésekor 3, 4-nél, az ideg izomi végéhez közelebb izgatjuk. A két kísérlet alkalmával nyert időértékek különbsége megfelel annak az időnek *(i)*, melyre az idegizgalomnak szüksége volt, hogy az idegben az először izgatott helytől a másodszor izgatott helyig eljusson. Ha még megmérjük a két helynek az idegen egymástól való távolságát *(u)*, akkor birjuk mind azon adatokat, melyek a sebesség *(s)* meghatározására szükségesek $s = \frac{u}{i}$.

Ugyan e sebességmérésre Helmholtz később graphicus eljárást követett, mely czélra *hengermyographion*-ját szerkesztette. Azóta számos myographion készült, de mindannyi a következő lényeges részekből áll: 1. az idegizom készítményt tartó elektrodokkal ellátott nedves kamarából; 2. az izommal összekötött emelőből; 3. felületből, melyre az emelő mozgásait felírja és 4. ingerkiváltóból, melynek feladata az ideget izgató áramcsapást a kellő időpillanatban kiváltani. A Helmholtz-féle myographion $^1/_4$ természetes nagyságban a 33. ábrán van lerajzolva. Felül látjuk a nedves kamarát az ideg-izom készítményt tartó fogóval, ugyan oda jönnek be az elektrodok. Az izom a c rámával függ össze, melynek e-nél íróhegye van. Ez alatt van a complicált szerkezetű, az ingert a kellő időben kiváltó része az eszköznek *(g, k, h, i, l)*. Lényegében itt a h emelő zárja az elsődleges tekercsen átvezetett áramot és az eszköz szakítja meg azt a h emelőnek azon oszlopról való elemelése által, melyen nyugszik; ez által, a másodlagos tekercsnek a nedves kamarában levő elektrodokkal összekötött végeitől kiinduló inducált áramcsapás ingerli az ideget. Az erre összehúzódó izom által moz-

gatott emelő a kormosított *A* hengerre mozgásait irja fel. E hengert a *c* szekrényben bennfoglalt óramű tartja sebes forgásban. A *d*-nél levő mutató jelzi a henger körülforgásainak számát.

A későbbi myographionok egyik-másik tekintetben eltérnek Helmholtz éz első myographionjától. Sokkal egyszerűbb, pontosabb s köny-



33. ábra. Helmholtz-féle myographion.

nyebben is kezelhető például az *ingamyographion* (Fick, Helmholtz, Wundt). Bekormosított üveglap van felakasztva egy ingára, ennek lengési síkjában; arra írja fel mozgásait az emelő. Az üveg alatt lenyúló rövid fémnyelv szakítja meg az inga mozgásai közben az elsődleges tekercs áramát, ugyancsak az által, hogy egy, az áramot zárva tartó

fémemelőt útjából lök el. Harless az Atwood-féle esőgépet alkalmazta myographion készítésére, mely tökéletlen eszköz Jendrássik-nak adott alkalmat kifogástalan *esőmyographionja* szerkesztésére; ez eszköznek az a határozott előnye van, hogy a kormosított üveglap, melyre az izommozgás jelzése történik, egyenletes sebességgel halad el az iróemelő előtt. Du Bois-Reymond *rugómyographion*ja egyszerű szerkezeténél fogva továbbá mivel minden oldalról könnyen hozzáférhető, kivált előadási célokra igen alkalmas. E myographionon a kormosított üveglapot, megfeszített rúgó löki előre egy erre alkalmas rámában, mialatt az iróemelő vége az üveglapot érinti. Ha az ingamyographionon az üveglap előhaladása eleintén növekedő, azután fogyó sebességgel történik, úgy a rúgómyographionnál az üveglap sebessége kezdetben legnagyobb és azután mind lassúbb-lassúbb lesz. E myographion elé azért időjelzőt is szokás állítani mindig, mely a kormosított üveglapra, az alatt míg mozgásban van az emelő által irt rövidülési görbe alá, $^1/_{100}$ mp.-nyi időközöket jelez fel.

Az idegizgalom terjedéssebességének mérése myographionnal, lényegében épen úgy történik, mint a Pouillet-féle eljárással, a mennyiben itt is két kisérlet szükséges, mely alatt az ideget különböző helyen izgatjuk. Ilyenkor az izomrövidüles különböző időben következik be az inger behatása után, az emelő nyugalmi helyéből egyszer előbb — mikor az ideget közel az izomhoz izgatjuk — másszor később — midőn távolabb hatott attól az inger — emelkedik ki; ha a henger forgássebessége ismerve van, amaz időkülönbség is meghatározható és ez azon időnek felel meg, mely alatt az izgalom az utat az ideg két izgatott helye közt megtette.

A mindkét eljárás szerint tett számos kisérlet eredményének középértékeként kitünt, hogy az izgalom a hevenyében kimetszett béka-ischiadicuson 27 (26·4—38·4) méter-t fut be 1 mp. alatt. Ha az ideget lehűtjük például azáltal, hogy jégre tesszük, a sebesség $^1/_{10}$-del kisebb lesz, ha 20—25°-ra felmelegítjük, nagyobbodik.

Élő ember mozgató idegén is meghatározták az izgalom tovaterjedés-sebességét. Még pedig a következő módon. A hüvelykpárna izomzatára emelőt helyeztek, melynek vége a myographion forgó hengeréhez ért. A hüvelyk izomzata megvastagodik, a rajta nyugvó emelő végét, mihelyt a n. medianus izgatása által összehúzódásra indítjuk, felemeli. A kisérlet céljából, az illető egyén egész karját gypszkötéssel vesszük körül, egyedül az elektródok számára marad nyilt hely a kéztőizületnek megfelelőleg továbbá a felkaron a m. coracobrachialis felett.

Két kisérlet teendő, mely alatt egyszer az egyik, másszor a másik helyen izgatjuk a n. medianust. Mindkét helyen történt ingerlés alatt az emelő kimozdul nyugalmi állásából, de különböző időben. Az időkülönbség annak az időnek felel meg, a mely alatt az idegizgalom a felkaron izgatott helytől a kéztőizületben izgatott helyig eljutott. Helmholtz és Baxt vizsgálatai szerint az izgalom középértékben 33·9 méter-t fut be egy mp. alatt. A kar lehülése és megmelegedése alatt 30—90 méterig változott 1 mp. alatt az izgalom terjedéssebessége; nyáron pedig sokkal nagyobb volt a sebesség, mint télen.

A hőfok tehát lényegesen befoly az izgalom tovaterjedésének sebességére. Ez magyarázza meg nagy részben azokat az eltéréseket is, melyeket az egyes vizsgálók adatai közt találunk. A mi az ingernagyság befolyását illeti az idegizgalom terjedéssebességére Helmholtz Valentin és Wundt úgy találták, hogy erősebb inger által okozott izgalom gyorsabban terjed tovább az idegen, a mit azonban Rosenthal J. nem volt képes érvényességében megerősíteni.

Érző idegben emberen határozták meg az izgalom terjedéssebességét. Helmholtz a Pouillet-féle eljárással, Hirsch és Kohlrausch a chronoskop-pal, mely $^1/_{1000}$ mp-nyi időközöket jelez, Schelske és De Jaager a Krille-féle villamosjelzőkészülékkel tették vizsgálataikat, mindnyájan úgy, hogy az illető egyént az agytól különböző távolságra eső ponton ismert pillanatban két izben izgatták és az illető megjelezte az eszközön azt az időpontot, a melyben az ingerlést megérezte. Igy izgatták például egyszer a fület, másszor egyik lábújjat, vagy egy lábújjat és a megfelelő oldali lágyéktájat és a nyert időkülönbségből meg a két izgatott helynek az agytól való távolságából kiszámították az izgalom tovahaladássebességét az érző idegben. A talált értékek 25·294 egészen 60 méter közt ingadoztak, a legtöbb esetben azonban 30—40 méternek feleltek meg 1 mp. alatt.

Az izgalomvezetőképességet tehát élő ember érző és mozgató idegén közel egyenlőnek találták. Az érző idegre vonatkozólag az egyesek által tett vizsgálatok közt előfordult eltérésekre nyilván lényeges befolyással volt a kisérleti egyén részéről a kisérletre fordított figyelem esetleges foka. Minden esetben azt az időt mérték, a mely alatt az izgalom az érző idegben és a központi idegrendszerben tovább terjedt; a központban a mozgató idegekre átment; azután ezeken végig haladott és a jelt adó izmot vagy izmokat összehúzódásra indította; az egész folyamat 0·125—0 2 mp-ig szokott eltartani.

30. §. Az ideg ingerlékenységére és vezetőképességére befolyó tényezők.

A hőnek, az erőművi behatásoknak, a villamosságnak és a különböző vegyi anyagoknak befolyását az idegekre az eddig tárgyaltakból már ismerjük, vannak azonban még egyéb általános viszonyok is, melyek szintén lényegesen befolynak az ideg ingerlékenységére és vezetőképességére, ilyenek: az elfáradás, az anyagcsere, az ideg összefüggésének megszakítása a központi idegrendszerrel.

Hosszú ideig tartó működés alatt az ideg *elfárad*. Ezt bizonyítja az idegtől elvezethető áram csökkenésének (a nemleges áramingadozásnak) gyengülése a kisérlet folytonos ismétlése alatt; erre utalnak továbbá Bernstein kisérletei a béka ideg-izom készítménnyel. Az izom folyvást tartó működés alatt aránylag gyorsan kimerül, azért, abból hogy a tartósan izgatott ideggel összefüggő izom mind kisebb fokban összehúzúdik és végre teljes nyugalomban marad, magának az idegnek elfáradására következtetést nem lehet vonni. Hogy az izom elfáradásának befolyását a kísérletnél elkerülje, Bernstein az idegen keresztül, közel ennek az izomba való betérési helye előtt állandó áramot vezetett és ugyanez idő alatt az ideget, az izomtól távolabb eső helyen, folytonosan izgatta. Az állandó áram elég erős volt arra, hogy az izgalmat az izomtól távol tartsa, mialatt az ideg, a folytonosan beható inger miatt, tartós izgalomban volt. Így lehetett az idegizgalom fokát friss, ki nem merült izom rángásából megbecsülni az állandó áram időközönként történő megszakítása által. A vizsgálat igazolta, hogy az ideg felette lassan fárad el az izgatás helyén.

Csonkított végtagokban a visszamaradó idegcsonk ingerlékenysége folyton csökken, utóljára pedig teljesen elvész. *Az idegnek* tehát *működni kell*, hogy működésképességét megtartsa; tartós tétlenség mellett ingerlékenységét egészen elveszti.

Az állat testéből *kimetszett ideg* ingerlékenységét idővel szintén elveszti. Kezdetben az idegizgatásra a megfelelelő izom erős rángás által jelzi az izgalmat, később ugyanazon inger mellett az izomrángások csökkennek, majd el is maradnak; ilyenkor még a közvetlenül az izomra alkalmazott inger az izmot egy ideig összehúzódásra képes indítani, jeléül annak, hogy itt mindenek előtt az ideg vesztette el ingerlékenységét. Az ingerlékenység e csökkenése gyorsabban következik be melegvérű állatnál mint hidegvérűnél.

Az idegingerlékenység változását kimetszett idegen számos vizsgáló tette tanulmánya tárgyává. Kitünt, hogy a változás a metszés he-

lyétől indúl ki és onnan halad előre az ideg környéki vége felé. A kimetszett idegnek ingerlékenysége a metszés helye közelében emelkedik, innen aztán az emelkedés az ideg környéki vége felé terjed tovább, mialatt a metszés közelében már csökkenni kezd; ez ingerlékenységi csökkenés is az ideg izomi vége felé halad előre és az ideg teljes elhalásával végződik. Az ingerlékenység változásait az elhaló idegben Ritter-Valli-féle elhalásszabálynak nevezik.

Az *élőben átmetszett ideg* egy idő múlva szintén elveszti ingerlékenységét és ingerület-vezetőképességét. Az átmetszett ideg ingerlékenysége eleintén emelkedik, azután csökken a teljes eltűnésig, mi meleg vérűnél 2—3 nap alatt, békánál több hét alatt áll be; ez a változás is a metszés helyétől halad az ideg környeki vége felé. E változás az ingerlékenységben változással jár az ideg szerkezetében is. Átmetszés után az idegrost velőállománya a Schwann-féle hüvelytől külön válik, benne nagy számmal fínom zsírnemű szemcsék lépnek fel és úgy tetszik, hogy fehérjenemű és zsírnemű alkatrészei egymástól különválnak. Az idegrost ilyenkor gyakran még ingerlékeny, jeléül annak, hogy az idegnek ingerlékeny része a tengelyfonal. Később ez is szétmállik. A zsírnemű szemcsék csakhamar eltünnek, a magvak a Schwann-féle hüvelyben szaporodnak, végre az egész környéki idegrész helyett egy kötőszövetes köteg marad vissza. A központi idegcsonkban hasonló változások csak a legközelebbi Ranvier-féle gyürűig terjednek, ezentúl az ideg épen, változatlanúl marad meg. Egyedül az érző idegekről tudjuk, hogy, ha a csigolya közti dúczok felett átmetszük, központi csonkjuk és nem környéki végük degeneralódik. Úgy tetszik ezekből, mintha az érző rostokra a csigolya közti dúczok, a mozgató idegrostokra a gerinczagy, megtartó befolyást gyakorolnának (Waller), az ideg léte és működés képessége tehát bizonyos központi szervekkel való összefüggést tételez fel.

Azonban nem minden egyszer átmetszett ideg szenvedi a jelzett változást. Sokszor az ideg ott a hol átmetszettük újból összenő és a rendes állapot ismét helyre van állítva. Az ilyen regeneratio fiatal állat idegein bekövetkezik még ha több (egészen 5) cmt. hosszú darabot ki is vágunk az idegből (Schiff). Természetes, hogy a folytonosság helyreállásával az ingerlékenység is visszaáll. Az átmetszest követő negyedik hét közepe táján indúl meg, az ideg környéki végén, a régi rostjainak Schwann-féle hüvelyeiben, az új idegrostok fejlődése. Új idegvelő és Schwann-féle hüvely képződnek a Ranvier-féle gyűrűkkel. Ez alatt az átmetszett ideg központi végétől nőnek a tengelyfonalak, a regeneraló idegvégbe a peripheria felé. Végre a központi csonk a kör-

nyéki idegvéggel teljesen összeolvad. Minthogy vegyes idegek ilyen regeneratiója alkalmával előbb az érzés áll helyre és csak ezután a mozgás: következtetni lehet, hogy az érző idegek előbb regeneralódnak, mint a mozgatók, vagy a mi valószínűbb, hogy az érző ideg végkészüléke az ideg degeneratiója alatt kevésbbé változott meg, mint az izom s így a regeneratio után hamarább lett működésképessé.

A hosszas működést követő elfáradás, a tétlen ideg ingerlékenységének vesztése, a kimetszett és folytonosságában megszakított idegen észlelt változások mind arra utalnak, hogy az *anyagcsere* az, a melyhez az idegnek működésképessége kötve van.

Az ideg Schwann-féle hüvelye ruganyos elastin nemű anyagból áll. Velősállományát többnyire alkoholban, ætherben és chloroformban oldható anyagok alkotják, mint a lecithin és bomlásterményei, a protagon, cerebrin és cholesterin, kevés a myosin- vagy fibrinogen-ra emlékeztető fehérjével keverten. Ez utóbbinak jelenlétére következtetünk abból, hogy, mint Bikfalvi vizsgálatai kimutatták, az élő idegrost nem olyan kettősen törő, mint az elhalt, hogy tehát az idegrostban oly anyagnak kell lenni, a mely elhalás alatt szilárdabb halmazállapotot vesz fel és a fényt kettősen töri, épen úgy mint a fibrinogenanyag midőn rostanyaggá lesz. A cerebrinből újabban Parcus még homocerebrint és enkephalint állított elő. A homocerebrin finom tűszerű jegeczekben jegeczedik. Az enkephalint gyöngén hajlott lemezekben lehet találni; ez anyag csak az agyállományban és ott is igen kis mennyiségben fordul elő.

A tengelyfonal vízben, alkoholban, ætherben oldhatlan, ellenben tömör savakban és lúgokban könnyen oldódik. Minthogy légenysavval hevítve górcső alatt sárga színt nyer, mely natronlúg hozzá adására sötétebb lesz (xanthoproteinkémlés), következtethető, hogy a tengelyfonal fehérje nemű anyagokból áll.

Az idegállomány szervetlen alkatrészei közt sok a phosphorsavsó, nevezetesen a phosphorsavas kalium, ezen kívül előfordulnak az idegben phosphorsavas földek, phosphorsavas vaséleg, chlorkalium; és kénsavas kalium mind ezeket azonban eddigelé csak agyállományból állították elő.

A hevenyében átmetszett ideg közönyös vegyhatású, halál után rövid idővel savanyú vegyhatást nyer. Erősen működött ideg vegyhatása szintén savi, így például strichnintetanus után (Funke). Az idegekből vízzel különböző bomlásterményeket lehet kivonni, így nyerhetők: a kreatin, xanthin, hypoxanthin, inosit, tejsav és illó zsírsavak. Mindezek arról tesznek tanuságot, hogy az idegben, kivált működése alatt anyagforgalom van folyamatban.

Az anyagforgalom az idegben azonban igen lassú. Éleny felvétel és szénsav kiválasztás nem mutatható ki. Közönyös gázokban, nedves légüres térben csak olyan soká tartják meg az idegek működésképességüket, mint sok élenyű levegőben. Az idegműködés az éleny felvételétől kétségkívül nagy fokban független.

Hogy az aorta abdominalis lekötését a hátsó végtagok hűdése követi, az mint látni fogjuk, mindenek előtt az izmok bénulásának az eredménye. E bénult testrészek izgatására mellső, nem bénult, testrészeivel az állat a bántalmazás elől még jó soká szabadulni törekszik; érző idegei pedig soká megtartják ingerlékenységüket. Ha valakinek szemére nyomást gyakorlunk, az látóképességét csakhamar elveszti, és míg a nyomás tart, addig nem is lát. A szem ideghártyáját tápláló arteria centralis retinæ nek a nyomás által okozott összeszorítása meggátolja a vérnek odajutását a szem belsejébe, az ideghártya nem tápláltatik és ez okozza érzéketlenségét. Ha az agyhoz vezető véredényeket elzárjuk, az állat öntudatát mondhatni azonnal elveszti. A központban illetőleg peripherián levő idegvégek ingerlékenysége sokkal nagyobb-mértékben függ tehát attól, vajjon vérrel kellő fokban vannak-e ellátva vagy nem, mint magoké az idegeké.

31. §. Villamfejlesztés az idegben.

Galvani, Volta, Humboldt és mások vizsgálatai azt derítették ki, hogy bizonyos állati testrészeknek villamfejlesztő képessége van; du Bois-Reymond pedig korszakot alkotó munkáiban az ideg és izom villamfejlesztő tulajdonságait ismertette meg behatóan és az élettant oly methodusokkal gazdagította, melyek e tárgyban a lehető legpontosabb vizsgálatokat teszik lehetségessé.

A) Vizsgáló eljárások.

Az idegáram jelenlétét az *úgynevezett élettani rheoskop*-pal lehet kimutatni. Az élettani rheoskop alatt értjük a béka n. ischiadicust összefüggésben az alszárral. Eddig is láttuk, hogy, ha az a készítmény ingerlékeny; az idegnek villamos ingerlése izgalmat okoz az idegben ez pedig rángást a megfelelő izmokban. Életképes, friss ideg saját áramának megszakítása vagy megindítása néha elegendő az idegnek oly fokban való izgatására, hogy az izmot rángásra indítsa. E czélból egy üveglapra, egymástól 1—2 cm.-nyi távolban párhúzamosan egymás mellé, két, 0·5%-os konyhasóoldatba áztatott itatóspapir-pamatot teszünk.

A két pamatnak egymással szemben álló két végét tojáshártyával fedjük be. Azután az ideget a papirpamatokra illetőleg a tojáshártyákra fektetjük úgy, hogy az egyik papirpamaton az idegnek metszett vége a másikon hosszfelülete nyugszik, az alszár pedig az üveglapra kerül. Ha most a papirpamatok túlsó két végét hasonló papirpamatnak keresztbe fektetése által egymással összekötjük, akkor, ha az ideg villamosságot fejleszt, az idegáram útja teljesen zárva van; midőn pedig a papirpamatot elvesszük, az idegáram útját is megszakítjuk. Az idegáram ilyen gyors megindítása és megszakítása izgalmat okoz az idegben, és az alszár rángatódzik.

Bár így az élettani rheoskop segedelmével meggyőződhetünk az idegáram jelenlétéről, ennek erejét, erejében való esetleges változását és az áram irányát illetőleg, amaz eljárás semmi nemű felvilágosítást nem ád és azért e tekintetben más eszközökhez és eljárásokhoz kell fordúlnunk.

Az idegizgalom terjedéssebességének a Pouillet-féle eljárás szerint való mérésének tárgyalásakor a *tükörgalvanometerrel*, mint oly eszközzel ismerkedtünk meg, mely áramerő mérésére szolgál és a kellő sodronytekercsekkel ellátva az idegáramok mérésére is elég érzékeny; nevezetesen a Wiedemann-féle galvanometer részletes leirásánál említettük, hogy ideg- és izomáramok mérésére oly két tekercs szükséges, melyekben $^1/_5$ mm. vastag isolált sodrony 12,000 és több tekerületben van körülvezetve.

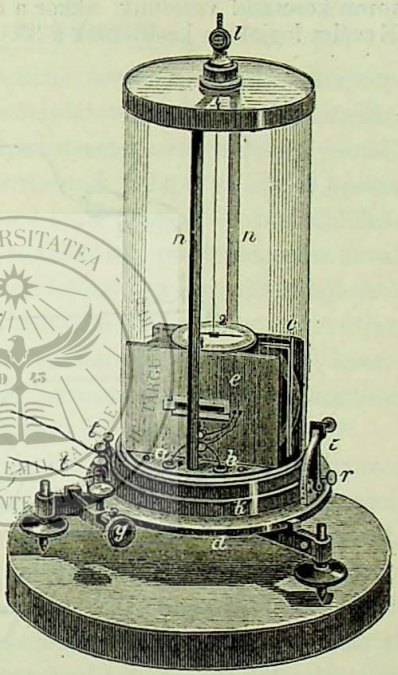
Mielőtt a tükörgalvanometernek az élettani vizsgálatokhoz szükséges érzékenységet megadni sikerült volna, addig du Bois-Reymond az általa módosított *multiplicatorral* tette vizsgálatait, mely eszköz még ma is igen elterjedt használatnak örvend.

A *multiplicatoron*, épen úgy, mint a tükörgalvanometeren, az aránylag gyenge áram hatása a delejtűre az által sokszoroztatik, hogy két sodrony külön-külön 15,000-szer vagy többször is a delejtű körül vezetve van. Mint a tükörgalvanometernél itt is a két sodrony egyenként, együtt vagy egymásután összekapcsolva használható, e szerint az áram is vagy csak az egyik sodronyban áramolja körül a delejtűt, vagy egyszerre mind a kettőben, vagy végre úgy, hogy miután az egyik sodronyt átáramolta a másikat is járja át. Nehogy a sodronytekerületek a delejtűtől aránylag messzire essenek, a tekerületek itt is igen vékony, izolált sodronyokból készülnek.

A föld delejes vonzóerejének hatása a delejtűre a multiplicatoron szintén ki van zárva. Itt tudniillik nem egy, hanem két egyenlő delejes erejű igen könnyű delejtű egymással úgy van összekapcsolva, hogy azonos végeik ellenkező irány felé tekintenek. Az ilyen *astatikus tűpár* lehetőleg párhuzamosan és szilárdan van egymással összekötve és kokonszálon függ, mely a (a 34. ábrán *l*-nél) felső végén beállítható csavarhoz van odakötve. A csavart az *nn* oszlopok tartják. A delejtűpár az *e* tekercsben úgy függ, hogy az egyik delejtű a tekercsen belől, a második azonkívül esik. A delejtűk ilyen elhelyezése mellett ugyanis a villamáram mindkét tűre egy értelemben hat kité-

rítőleg (lásd alább az Ampère-féle törvényt), mi által az eszköz felette érzékenynyé van téve. A felső delejtű alatt van a foksor, melyen a delejtű által elért kitérítés fokát közvetlenül leolvasni lehet. Egyszersmind két gomb is van a foksoron ott, a hova ennek 90-ik foka esik. E gomboktól vékony csillámlemezek nyúlnak elő, melyeknek feladata a delejtűk további kitérítését meggátolni, ha netalán túlerős áram hatna reájok.

A két delejtűt teljesen egyenlő delejes erejűvé tenni nehéz, az egyiknek delejes ereje rendesen felülmúlja valamennyire a másikét, miért is a szabadon függő delejtűpár mindig a föld delejes delelője irányában fog megállani. Ha pedig az erősebb tűt gyengítjük, akkor végre elérhetünk oly ponthoz, melyben a delejtűpár delejereje lehetőleg egyenlő. Ilyenkor a delejek nem is a föld delejes delelője irányában állanak meg, hanem e delelőre függélyes irányban. Ez pedig azért van, mert a két delejt egymással úgy összekötni, hogy delejtengelyeik tökéletesen párhuzamosan álljanak igen nehéz, és nem igen sikerül; a föld delejerejének hatása a két delejtüre azért egyensúlyban csak akkor lesz, ha a delejek tengelyén keresztül fektetett két függélyes sík által képezett szöget felező vonal a föld delejes delelőjére függélyesen áll. A tűknek ez úgynevezett *önkényes elhajlása* miatt a multiplicator úgy állítandó be, hogy a *g* csavar segedelmével a *k*-t és vele a tekercset *d* lapon addig forgatjuk a míg a felső tű csúcsa a foksor nulla pontját mutatja. A beállítás után a tűknek és a tekerületeknek egy irányban kell esni.



34. ábra. Du Bois-Reymond multiplicatorja.

Ezeken kívül azonban befolyása van még a delejtűpár állására a sodronyoknak is. A réz, melyből azokat a finom sodronyokat készítik mindig kevés vasat is tartalmaz és ebbe a befüggesztett tűk delejességet inducálnak. Midőn a tűk a tekercs közepében függnek a sodronyokba inducált delejes erő a tűk mindkét oldalán egyenlő nagy, mihelyt azonban helyzetökből kitéríttetnek, az inducált delejes erő a delejtűk mindkét végénél az egyik oldalon nagyobb, mint a másikon s e miatt a delejek a diagonalis irányában megállapodni kénytelenek. A sodronyok által okozott eltérés miatt a multiplicator idegáramok mérésére teljesen hasznavehetetlen volna, azért ennek javításáról kellett gondoskodni, mit du Bois-Reymond az által ért el, hogy a foksor nulla pontja elé delejtű hegyet állított.

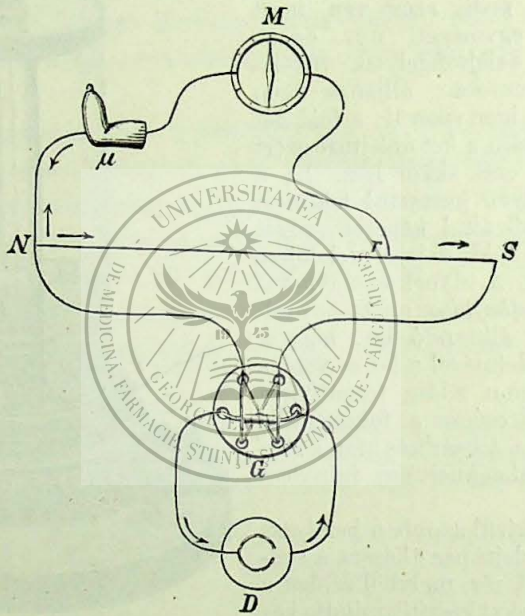
A delejtűhegy az ábrán a *c*-vel megjelölt sárgarézkar végéhez van odaerősítve és *r i* csavarok segedelmével jobbra-balra, előre- s vissza állítható. E delejtűhegy által a delejtűknek a foksor nulla pontján állandó egyensúlypont van biztosítva.

A tekercset, delejtűket stb. por és léghuzam ellen üvegbura védi.

Ha a sodronytekercsben villamáram kering, a delejtű-pár új állásba jut, melyből az áram iránya és ereje meghatározható.

Az áram irányát a delejtű kitérítési irányából az Ampere-féle törvény segedelmével tudhatjuk meg. E törvény értelmében képzeljünk magunknak egy emberi alakot az áram útjában úgy fekve, hogy az arczával a delejtű felé van fordítva, akkor, ha az áram az illető alak lábától feje felé kering a delejtű éjszaki sarka amaz egyén bal keze felé fog kitérni és megfordítva ha fejétől lába felé halad az áram.

Az elektromotorikus erő mérésére legalkalmasabb a du Bois-Reymond által ajánlott kompensatiót használni. Midőn tudniillik a mérendő idegárammal ellenkező irányban, egy másik ugyanoly erős áramot a multiplicatoron keresztül vezetünk, akkor a delejtű nyugalmi állásából nem tér ki. E czélra legjobb a kisérletnek a 35. ábrán megjelölt berendezést adni.



35. ábra. Kisérleti berendezés idegáramok mérésére.

M itt a multiplicator, melyen át a μ-vel jelölt ideg vagy izom áramát vezetjük. *NS* du Bois-Reymond egyszerű rheochordja. *G* a gyrotrop. *D* egy Daniell-féle elem, melynek áramát az irányváltoztatóhoz s onnan, az idegárammal ellenkező irányban, az *NS* rheochordhoz vezetjük el. Itt az *r* tolót addig mozgatjuk, míg a kimozdult multiplicatortű nyugalmi állását vissza nem nyeri. Ha ez el van érve, akkor az ideg elvezetőleg érintett két pontjának feszülésküloönbsége szükségképen egyenlő azon áramrészlettel, mely a Daniell-féle telep áramától a multiplicator körül elvezettetik. Nem kell tehát egyebet tudni, mint a Daniell-féle elemtől elvezetett áramág elektromotorikus erejét; ennek meghatározásmódja iránt bármely physikai tankönyv felvilágosítást ad.

Újabban idegáramerő mérésére még használják a Lippmann-féle *hajcsöves-elektrometert* is. Ha finoman kihúzott üvegcsőbe higanyt adunk,

ez nem folyik ki és ha az ilyen higanynyal megtöltött csövet híg kénsavba (1:20) mártunk s a kénsavtól a higany felé villamáramot vezetünk, akkor a higany a vékony csőben, az elektromotorikus erő nagysága szerint különböző fokban, visszahúzódik. A higany állásának e változása alkalmas távcsővel pontosan meghatározható és az átvezetett villamáram erejének mérésére szolgálhat.

Az ideg villamfejlesztő képességének vizsgálatakor az ideget *nem sarkítható elektrodok* útján kell összekötni a multiplicatorral, mert ha valahol, úgy itt kerülendők a vezetőben esetleg képződő áramok. Ez elektrodokat már megismertük a 27. §-ban *A* alatt.

B) Villamfejlesztő képesség.

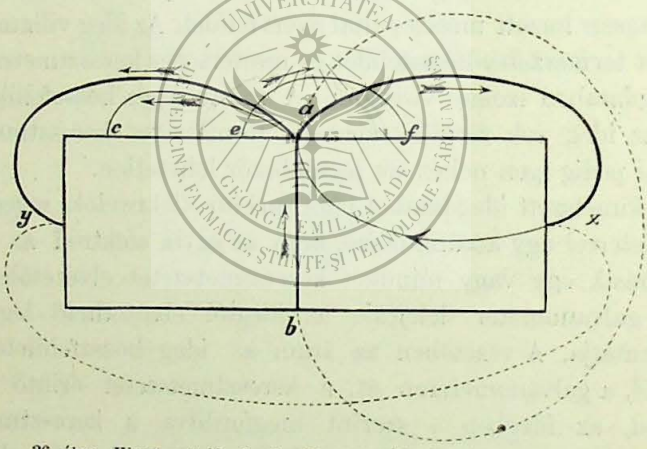
Egy idegdarabon megkülönböztetünk *keresztmetszetet, hosszfelületet* és ezen utóbbi körül a két keresztmetszettől egyenlő távolságban vezetett övöt, mint *aequatort*. A keresztmetszetet *természetesnek* mondjuk az ideg természetes végén; *mesterségesnek* midőn az ideget hossza irányára függélyesen vezetett metszéssel ketté vágjuk. A hosszfelületnél is természetes az ideg eredeti hosszfelülete, mesterséges az avval párhuzamosan húzott metszés által nyert felület. Az ideg villamfejlesztő képességét természetes hosszfelület és mesterséges keresztmetszet útján nyert idegdarabon szokás vizsgálni. A mesterséges hosszfelület készítésénél az ideg sok sérülést szenved; természetes keresztmetszethez hozzáférni pedig igen nehéz sőt legtöbbször lehetetlen.

Ha kimetszett idegdarabot nem sarkító elektrodok segedelmével galvanometerrel úgy kötünk össze, hogy az egyik elektrod az æquator táját a másik egy vagy mindkét keresztmetszetet elvezetőleg érinti, akkor a galvanometer delejtűje az idegtől elvezethető legnagyobb áramot mutatja. A vezetőben az áram az ideg hosszfelületét érintő elektrodtól, a galvanometeren át, a keresztmetszetet érintő elektrod felé halad, az idegben e szerint megfordítva a keresztmetszettől az aquator felé tart. Az ideg ilyen behelyezését az elvezető elektrodok közé *erős berendezésnek* nevezzük. A béka-ischiadicustól e berendezés mellett elvezethető ármot Du Bois-Reymond 0·022, házinyúlétól 0·026 Daniell-féle elemáramnak megfelelőnek találta. Engelmann sokkal nagyobb értékekhez jutott, mert szerinte a békaischiadicus árama 0·046 Daniell-nek felel meg.

Sokkal gyengébb áramot sikerül elvezetni, ha az elektrodok az idegnek az æquatortól egyenlőtlen távolságra eső két pontját érintik. Az áram ilyenkor a vezetőben az æquatorhoz közelebb álló elektrodtól az attól távolabb álló elektrod felé van irányítva. E berendezést *gyenge berendezésnek* nevezik. Ha az egyik elektrodot az æquatoron tartjuk

mialatt a másodikkal a keresztmetszettől az æquatorhoz közeledünk, akkor annál gyengébb áramot vezetünk el, minél inkább közeledünk a második elektroddal is az æquator felé. Ezek szerint mondhatjuk, hogy gyenge áramot akkor is kapunk, midőn mind két elektrod a hosszfelületet elvezetőleg érinti, csak az szükséges, miszerint az egyik electrod közelebb, a másik távolabb legyen az æquatortól.

Nem sikerül az idegtől áramot elvezetni, ha az egyik elektrod az egyik, a második a másik keresztmetszetet elvezetőleg érinti, vagy ha az ideg hosszfelületének, az æquatortól egyenlő távolban eső két pontját érintjük elvezetőleg. A kisérlet berendezését ilyenkor *hatálytalan berendezés*nek nevezzük (Du Bois-Reymond). Újabban Mendelsohn és Christiani a kísérlet ezen berendezése alatt is észleltek gyenge áramot, mely centrifugal idegekben felszálló, centripetal idegekben leszálló irányt követett, mely tehát az idegizgalommal ellenkező irányú volt (lásd a 34-ik §-t).



36. ábra. Kimetszett idegdarab villamfejlesztő képességének elrendezése.

Ezek szerint a villamosság positiv feszülése legnagyobb az æquatoron, innen a keresztmetszet felé mind kisebb és kisebb. A hosszfelület minden pontja a keresztmetszethez képest elektropositiv.

A 36-ik ábrán lerajzolt idegdarabon *a b* az æquator. Az elvezethető legerősebb áramokat azon vastag vonalak jelzik, melyek *a*-tól *x* és *y* felé vezetnek. Gyengébbek az *e*-től *f* felé és *a*-tól *c* felé vezető áramok. Ezek közül az egyik az æquatorhoz közelebb álló ponttól (*e*) az attól távolabb álló ponthoz *f*, a másik az æquatortól *a* a hosszfelület egy másik pontjához *c* áramlik. Hatástalan azon berendezés, melynél az

æquator két pontja *a* és *b* vagy a hosszfelület két pontja *x* és *y* vannak érintve elvezetőleg; ez irányokat az ábrán pontozott vonalok jelölik.

Mozgató és érző idegek közt e tekintetben eltérés nincsen, sőt az agy és gerinczagy is így viselkednek. Ezektől is áram vezethető el, mely áram a természetes vagy mesterséges hosszfelülettől a mesterséges keresztmetszethez megy. Át nem metszett idegtől áramot nem lehet elvezetni (Grünhagen); ilyen idegnek aequatora nincs, a villamos feszülés az ideg felületén egyenlő. Egyébiránt Holmgren-nek sikerült át nem metszett idegtől is elvezetni áramot, midőn a két elektrod közül az egyiket a n. opticusra a másikat a szemtekére illesztette oda, mint természetes idegkeresztmetszetre. Holmgren az opticust az ideghártyában való végéhez képest elektropositivnak találta.

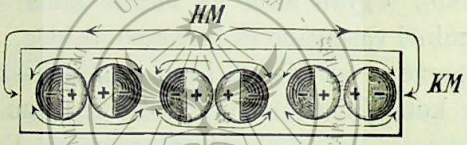
Minél életképesebb az ideg, annál nagyobb a tőle elvezetett áram ereje is. A halállal az ideg villamfejlesztő képessége is eltünik. A béka idegárama 14—25 C.° mellett éri el maximumát. Az áram, ha az ideget forró vizbe mártjuk vagy ha az ideg nagy fokban kifáradt megfordul (Du Bois-Reymond). Ugyan attól az idegtől annál nagyobb áramot vezethetünk el, minél vastagabb és hosszabb az ideg.

Du Bois-Reymond az ideg és izom villamfejlesztő tulajdonságának fáradhatlan kutatója az imént vázolt idegáram keletkezését egy általa felállított *tömecs-elmélet* alapján magyarázza. Ez elmélet szerint, az ideget közönyös, a villamosságot tökéletlenül vezető anyagban elhelyezett elektromotorikus tömecsek, alkotják. Minden ilyen tömecs a hosszfelület felé fordított elektropositiv övi részből, és a keresztmetszet felé tekintő elektronegativ két sarki részből áll (peripolaris tömecsek). Egy egy peripolaris elrendeződésü tömecs helyét két dipolaris tömecs is pótolhatja, melynek mindegyike egy positiv és egy negativ félből áll: a tömecsek positiv oldalukkal egymás felé vannak fordítva, negativ végük a keresztmetszet felé fordúl, úgy a mint az a 37. ábrán elő van tüntetve.

Az ilyen tömecsek azon anyagban, melyben elhelyezve vannak áramokat idéznek elő. Ez áramok a tömecs positiv részétől ennek negativ végei felé folynak. A villamosságot rosszúl vezető tömecsközti anyag miatt az ideg felületéről áram vezethető el s ez a vezetőben a hosszfelülettől a keresztmetszet felé kénytelen keringeni. Hogy végre a hosszfelületnek az æquatortól egyenlőtlen távolban levő két pontjáról is áramot el lehet vezetni, ezt a tömecselmélet onnan magyarázza, hogy felteszi, miszerint az ideg elhalása a keresztmetszettől az æquator felé halad elő. Az æquatortól egyenlőtlen távolra eső két pont az elhalás különböző stadiumában lévén, tömecseinek villamfejlesztő képessége

is különböző. Az æquatorhoz közelebb eső idegrész tömecseinek erősebb villamfejlesztő képességénél fogva, a villamáram ezektől a vezetőben az æquatortól távolabb eső tömecsek felé fog áramlani.

Míg Du Bois-Reymond szerint az idegáram az élő ideg lényeges tulajdonsága, addig mások, nevezetesen Hermann azt, az átmetszés által okozott zúzódás eredményének mondják; szerintök a zúzott, elhaló idegrész elektronegative viselkedik a változatlan ép ideg felülethez. A sértetlen nyugvó idegen egyáltalában nincsenek különbségek a villamos feszülésben. A szemen tett észleleteket, melyekből Holmgren következtette, hogy az ideg természetes vége az idegrostokhoz elektronegative viselkedik, Du Bois-Reymond felfogása mellett bizonyítókként felhozni nem lehet. Holmgren a szem ideghártyáján természetes keresztmetszeteknek tekinti a pálczika-csapok chorioideabeli végeit, természetes hosszmetszeteknek az optikusrostok elágazódását az ideghártya belső felületén s ez viselkedett vizsgálatainál elektropositiv a külső felülethez képest. A kisérleteket isolált ideghártyán, valamint egész



37. ábra. Dipolaris tömecsek elrendezése.

szemtekén tette. Az isolált ideghártyán tett kisérleteknél nincsen kizárva az, hogy a Holmgren által talált áram a kikészítés által okozott sértő behatások eredménye ne volna; az ép szemtekén történt kísérletek eredménye pedig az e szervet alkotó egyéb részek esetleges villamfejlesztő képessége által lényeges módosítást szenvedhetett, nevezetesen befolyhattak itt a chorioidea, a szem belsejében levő izmok és más szemalkatrészek.

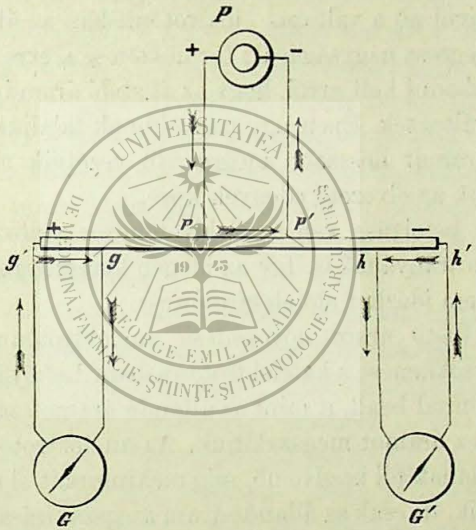
Az ideghosszfelületéről elvezethető gyenge áramokat végre Hermann abból származtatja, hogy az elhalás miatt fejlődő áramok az idegben messze elterjednek; azért legerősebb is az idegtől elvezetett áram akkor, midőn az egyik elektrodot távol a keresztmetszettől, az æquatorra, a másodikat pedig a keresztmetszetre tesszük.

32. §. Az ideg villamfejlesztő képessége elektrotonus alatt.

Ha valamely idegdarab egyik részén át állandó villamáramot vezetünk, mialatt ugyanazon idegnek az állandó áram sarkain kívül

eső részétől az ideg saját áramát a galvanometerre elvezetjük, akkor tapasztalni fogjuk, hogy az anod oldaláról történő elvezetés alatt a galvanometer delejtűje jobban kitér, mint volt az állandó áram átvezetése előtt, a kathod oldaláról történő elvezetéskor ellenben nyugalmi állása felé tér vissza; *az idegtől elvezethető áram anelektrotonusban nő és katelektrotonusban csökken.*

Vajjon az állandó áram sarkai közé foglalt idegrészben is ilyen értelemben fejlődik-e változás? e tekintetben eltérők a nézetek. A vizsgálók egy része e változást épen úgy jelenlevőnek tekinti itt is, mint az ingerlékenységbeli változást, más részök ellenben tagadja, hogy az idegtől elvezethető áram változása az állandó áram sarkai közé vett idegrészre is kiterjedne.



38. ábra. Kisérleti berendezés az idegáram változásának vizsgálatára elektrotonusban.

Az áramerő-változás jelenlétéről elektronusban a 38. ábrán feltüntetett kisérleti berendezés segélyével lehet legegyszerűbben meggyőződni. Az állandó áram p és p' elektrodokon át foly az idegbe, mialatt mindkét végéről saját áramát a G és G' galvanometerekre vezetjük. Mielőtt az elektrotonisáló áramot az idegen átvezettük volna, az ideg saját árama bizonyos fokra kitéríti a galvanometerek delejtűit. Mihelyt pedig az állandó áramot az ábrán megjelölt irányban megindítjuk, a két galvanometer delejtűi épen ellenkező irányban térnek el. A G galvanometer delejtűje még tovább hajlik el, míg G' galvanometeré nyugalmi

állása felé tér vissza, mi arra mutat, hogy az idegtől elvezethető áram anelektrotonusban nő és katelektrotonusban csökken.

Az elektrotonusos változás csak élő idegen észlelhető. Ingerlékenyebb idegen aránylag nagyobb, mint kevésbbé ingerlékeny idegen. Az ideg lekötése, zúzódása az elektrotonus kifejlődését a sértett helyen túl meggátolja.

Az állandó áram sarkai közelében legnagyobb, ezektől távolabb mind kisebb és kisebb az elektrotonusos változás nagysága és kiterjedése, egyébként az állandó áram erejének fokozódásával mindaddig nő, míg az állandó áram olyan erős nem lesz, hogy az ideg életképességét megtámadja. Az állandó áram erejének fokozásával sikerült Du Bois-Reymond-nak az áramerő nagyobbodását anelektrotonusban annyira vinni, hogy az 0·5 Daniell elemnek megfelelt.

Ezeken kívül nő a változás elektrotonusban az állandó áram sarkai közé vett idegrész nagyságával; természetesen, erre irányított kísérleteknél, gondoskodni kell arról, hogy az állandó áram intensitása kísérlet közben ne változzék. Épen úgy nagyobbnak találjuk a változást, ha az ideg saját áramát hosszabb idegrészről vezetjük el, mint ha rövid idegrészt vettünk az elvezető edények közé.

Lényeges befolyása van az elektrotonusos változás kifejlődésére az állandó áram irányának is. Igy az idegen keresztirányban átvezetett állandó áram nem idézhet elő elektrotonust.

Az elvezethető áram növekedése anelektrotonusban rendesen nagyobb, mint csökkenése a katelektrotonusban. Lefolyását illetőleg, az elektrotonus azonnal beáll, a mint az állandó áramot zárjuk és azonnal megszűnik, ha ez áramot megszakítjuk. Az anelektrotonus az állandó áram zárása pillanatától kezdve nő, míg maximumát el nem éri, azután lassan kisebbedik, de csak az állandó áram megszakításakor szünik meg egészen. A katelektrotonus gyorsabban emelkedik maximumára, hogy ezután lassan süllyedjen. Az állandó áram megszakítása után rövid ideig tartó változás következik be az ellenkező irányban; az előbb nagyobbodva vagy kisebbedve volt idegáram megcsökken vagy megnő.

Az idegáramnak elektrotonusban történő változása megmagyarázza azt a tünetet, melyet Du Bois-Reymond *paradox* rángásnak nevezett. Például azon esetet, hogy a gastrocnemius rángatódzik, midőn a n. peroneust állandó árammal izgatjuk. Ha tudniillik valamely idegre egy második, izmával összefüggő ideget fektetünk és az első idegen át állandó áramot indítunk meg, akkor a második ideggel összefüggő izom is összehuzódik. Ez onnan van, mert az első ideg a rajta fekvő második

ideget is elektrotonusba hozza, miáltal saját árama erejében megváltozik. Azért, midőn a n. peroneus központi végén állandó áramot vezetünk keresztül, a n. ischiadicusban vele együtt haladó n. tibialis is elektrotonusba jut és ez hat ingerként a n. tibialis-ra.

Elektrotonusban tehát az ingerlékenységbeli változással még az ideg saját áramának erőbeli változása is együtt jár. Du Bois-Reymond azért a két tüneményt egymással szoros kapcsolatban levőnek tekinti. Az elektrotonusos változást Du Bois-Reymond szintén tömecselmélete alapján magyarázza meg. Szerinte az állandó áram az ideget alkotó elektromotorikus tömecseket nyugalmi helyzetükből kimozdítja. A sarkai között foglalt idegrészben a dipolar tömecseket az állandó áram úgy téríti ki, hogy azok az anod felé negativ-, a kathod felé positiv pólusukkal vannak fordítva. Ez az irányító hatás kiterjed az állandó áram sarkain túl is, csakhogy az áram erejétől, az állandó áram sarkaitól való távolságtól függőleg, különböző fokban. A tömecsek ilyszerű elrendeződése a Volta-féle oszlopra emlékeztet, a tömecsek ellenkező sarkaikkal egymás felé vannak fordítva, tengelyeik iránya egymással és az ideg hossztengelyével esik össze. E miatt az egyes tömecsek által fejlesztett áramoknak mind ugyanaz az iránya lesz, mint a milyen az elektrotonisáló áramé. Innen volna az idegtől elvezethető áram nagyobbodása az anod és kisebbedése a kathod oldalán.

Matteucci úgy találta, hogy az elektrotonussal megegyező tüneteket lehet előidézni, ha egy fémsodronyt vezetőfolyadékkal veszünk körül és ezen állandó áramot vezetünk át úgy, mint azt az idegnél tettük. Példáúl, hogy ha üvegcsőbe platinsodronyt vezetünk és a csövet kénsavas horganyéleggel töltjük meg. Ilyenkor az állandó áram sarkain kívül eső sodronyrészek felől az állandó árammal megegyező irányú áramokat lehet a galvanometerhez vezetni épen úgy, mint az idegtől az elektrotonusban. Ezek az áramok az állandó áram sarkai közelében legnagyobbak és nőnek az állandó áram erejének nagyobbodásával. Ebből folyólag Matteucci az idegtől elvezethető áramban az elektrotonus alatt észlelhető erőbeli változásokat elektrolytikus folyamatoknak tulajdonítja. Az áram a sodronyt környező folyadékban villamos vegybontást okoz, melynek terményei a sodronyon válnak ki és ebben kisebb-nagyobb hosszban elterjednek. Az e miatt fellépő polarisatio a bevezetett állandó áram egyenes behatolását megnehezíti a jól vezető fémsodronyba, áramszálak terjednek el a folyadékban, melyek az anodtól mind a kathod felé haladnak. Oda helyezett elvezető elektrodokra az áramszálak egyrésze átterjed; s ezek az ideg elektrotonikus állapota-

kor észlelhető tünetekkel teljesen megegyező eredményt adnak. Megerősíti ezt a magyarázatot az a tapasztalat is, hogy ha az üvegcsőbe bevezetett sodrony és a folyadék olyan természetűek, miszerint érintkezésük helyén polarisaló áramok nem fejlődnek, például amalgamozott horgany és tömör kénsavas horganyéleg, akkor az állandó áram sarkain kívül eső részektől nem sikerül áramot elvezetni. Hermann szerint minden idegrost egy tengelyrészből és burokállományból áll, de eldöntetlen dolog vajjon a tengelyfonal és velőshüvely vagy az idegcsőtartalom és neurilemma határán történik-e a polarisatio. Bár a tengelyrész nem oly jó villamvezető, mint Matteucci példájában a fémsodrony, az idegre vezetett villamáramot mégis kénytelen vezetni és a beléje haladó áramszálaknak a polarisatio miatt épen úgy kell szétterjedni itt is, mint amott. Alákötés vagy az idegrost tartalmának zúzódása, az ideg tengelyrészét működés-képtelenné teszi, folytonosságában megszakítja.

Az elektrotonusos tünetekre vonatkozólag Matteucci és Hermann által adott magyarázat helyessége ellen különösen az a tapasztalat szól, hogy az elektrotonus csak élő idegben fejlődik ki és hogy az ideg ingerlékenységétől függ a változás nagysága elektronusban.

33. §. A villamfejlesztő képesség változása az ideg izgalma alatt.

Az idegtől elvezethető áram erejében megkisebbedik, ha az ideg izgalmi állapotban van. E tekintetben a behatott inger minősége közönyös. Bármely általános inger által hozzuk az ideget izgalmi állapotba, a tőle elvezetett áramot erejében kisebbedettnek találjuk, mindaddig míg az ideg izgalmi állapota tart. Az idegáram e csökkenését Du Bois-Reymond óta *nemleges áramingadozásnak* nevezik. Vizsgálatára legalkalmasabb az idegdarab egyik végét egy szánkagép másodlagos tekercsével összekapcsolt elektrodokra fektetni, másik végétől pedig az ideg saját áramát a galvanometerre elvezetni. Mihelyt bevezetett áramcsapásokat bocsátunk az idegre, a galvanometer tűjét az idegáram által szenvedett kitérésétől nyugalmi állása felé közeledni látjuk. Az idegáram nem semmisül meg teljesen: azaz a delejtű nem tér vissza egészen nyugalmi állásáig, hanem kitérítve marad, csakhogy kisebb fokban.

A nemleges áramingadozás beáll, ha akár mozgató, akár érző vagy vegyes ideggel tesszük a kísérletet; beáll akár az ideg központi, akár környi végétől vezetjük el az ideg saját áramát. E szerint a nemleges áramingadozás az izgatás helyétől kiindúlva mindkét irányban halad

az idegben. Minthogy pedig a nemleges áramingadozás az idegizgalommal együtt jár, következik, hogy az inger behatására beálló izgalom is mindkét irányban terjed tovább az idegben.

A nemleges áramingadozás jelenlétéről az idegizgalom alatt az élettani rheoskoppal is meg lehet győződni. Ha az A idegizomkészítmény idegét egy másik kimetszett B idegre fektetjük úgy, hogy ennek æquatortáját és egyik véget érinti, akkor a B ideg másik végének inducált áramcsapásokkal való izgatásakor az A izom rángatódzik. B ideg tartós gyors izgatása tetanust okoz az A ideggel összefüggő izomban, jeléül annak, hogy az idegáram az izgalom alatt erejében ingadozik; hogy ez ingadozás az idegáram csökkenésében áll, ezt az idegizomkészítmény jelezni nem képes, erre a galvanometer szükséges.

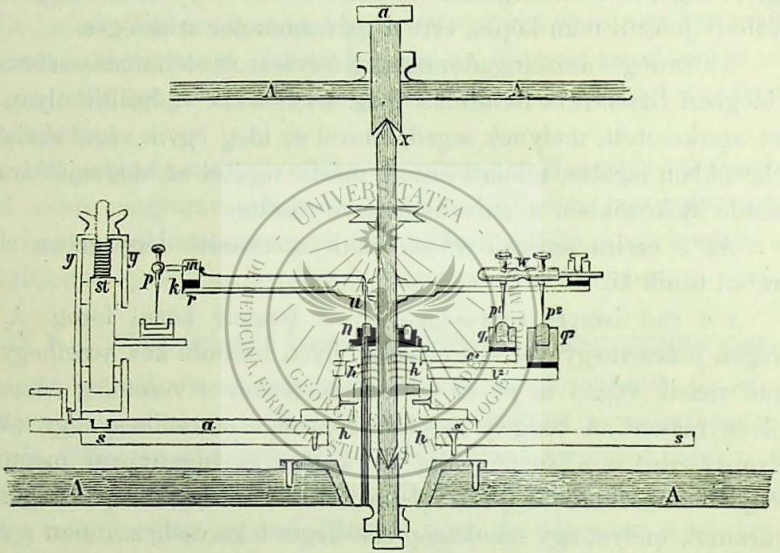
A nemleges áramingadozásnak lefolyását és előhaladás-sebességét az idegben Bernstein határozta meg. Bernstein tudniillik olyan eszközt szerkesztett, melynek segedelmével az ideg egyik végét szabályos időközökben izgatta, mialatt annak másik végétől az ideg saját áramát hasonló időközökben a galvanometerre vezette.

Az e czélra szolgáló *rheotom*nak szerkezete lényegében a 39. ábrából tünik ki.

$r\ u$ rúd ismert sebességgel x—h tengely körül forog. A rúd k végén p aczélhegygyel van ellátva; ilyen hasonló két aczélhegy van a rúd másik végén is p^1 és p^2-nél, melyeket w vezetőleg összekapcsol egymással. A tengely forgása közben a p aczélhegy egy előálló sodronyt érint, a p^1 és p^2 pedig két különálló, higanynyal megtöltött edénykébe merül bele q^1 és q^2-nél. A kisérlethez telep szolgáltatja az áramot, melyet egy szánkagép elsődleges tekercséhez, innen a rheotom tengelyéhez vezetünk. A rheotom tengelyétől az áram a higanynyal megtöltött n edénykébe jut innen $u\ r$ rudra, majd a p hegyre, erről az ábrán megjelölt előálló huzalra és vissza a telephez. A tengely forgása közben az áramot zárja és megszakítja akkor, midőn p a húzallal érintkezik, illetőleg evvel való érintkezése megszünik. Ugyanez áramot inducál a szánkagép másodlagos tekercsébe, mely ha alkalmas elektrod segedelmével az ideg egyik végét éri, azt izgatni fogja. Ha e kisérlet alatt az ideg másik végét két elvezető elektrod érinti úgy, hogy az egyik az ideg keresztmetszetével a másik hosszfelületével áll érintkezésben és a vezető huzal az egyik elektrodtól a galvanometerhez vezet, innen q^1 edénybe, mely higanynyal van megtöltve, mialatt a második elektrod huzala q^2 edénynyel áll összeköttetésben: akkor p^1 és p^2 zárni fogja az idegáram útját mihelyt a higanytartó edényekbe be-

merülnek; ez alatt tehát az idegáram körül folyja a galvanometer delejtűjét. A mialatt a p^1 és p^2 a tengely körülforgása közben a q_1 és q_2-be nem merül belé, az alatt az idegáram útja is meg lesz szakítva.

Az ábrán megjelölt esetben az izgató áram ugyanakkor járhatja át az elsődleges tekercset, a mikor az idegáram útja p^1 és p^2-nek q^1 és q^2-be való bemerülése által zárva van és így az ideget is ugyanakkor izgatni fogja. A kísérlet berendezése továbbá még olyan, hogy az ideg saját árama ellenirányú áram által kompensálva van, azért a galvanometer tűje sem tér ki nyugalmi állásából, míg az ideg izgatva nincsen. Az eszköz ilyen berendezése mellett a galvanometer delejtűje a nemle-



39. ábra. A BERNSTEIN-féle rheotom.

ges áramingadozás jelenlétét az eszköz forgásai közben nem jelzi. Ha ezután az eszközt úgy állítjuk be, hogy a p aczélhegy előbb érinti a vezető huzalt, mint a p^1 és p^2 a higanyba való bemerülésük által az idegáram útját zárják és ha ezen kísérletet többször ismételjük úgy, hogy a p minden kísérletnél valamivel előbb zárja az elsődleges tekercs áramát, akkor végre oly berendezéshez jutunk, a mely mellett a galvanometer tűjén csekély kitérítés lesz látható. A kisérletnek ilyen módon való folytatása alatt a galvanometer tűjének kitérítése eleintén még fokozódik, majd kisebbedik végre egészen elmarad. Azt tapasztaljuk, hogy az elsődleges tekercs áramát már annyival előbb zártuk, mint a hogy p^1 és p^2 a q^1 és q^2-be való bemerülése

által az idegáram útját zárta, hogy e közben az elvezető edények közé vett idegrészre nézve a nemleges áramingadozás már le is járt. Arra tehát, hogy a nemleges áramingadozást az ideg egyik végén kimutatni lehessen, szükséges hogy az ideg másik végét bizonyos idővel előbb izgassuk, mielőtt az idegáramot a galvanometerre elvezetnénk. Ha ismerjük az eszköz forgássebességét és így azt az időt, mely az ingerlő áram zárásától eltelt addig, míg a nemleges áramingadozás a galvanometeren jelezhető volt, végre ha megmérjük az idegrész hosszát, mely az izgatott és az elvezető elektrodokkal érintett idegrész közt van, akkor kiszámíthatjuk a nemleges áramingadozás előhaladás-sebességét. Bernstein e sebességet békaidegen egy mp. alatt 28 méternek, tehát az izgalom előhaladás-sebességével megfelelőnek, találta.

E vizsgálatokból az is kitünik, hogy a nemleges áramingadozás az idegnek egy részén való átáramlása közben beállása után egy bizonyos maximumig nő, ezután kisebbedik, a míg csak meg nem szünik. A nemleges áramingadozás e szerint hullámszerűen terjed tovább. Hullámhossza 18—19 mm., azaz 18—19 mm. hosszú idegrész van egyszerre nemleges áramingadozásban és így izgalomban, midőn a nemleges áramingadozás hulláma az idegen végig halad. Az idegnek egy-egy pontja 0·0006—0·0007 mp.-ig van nemleges áramingadozásban.

A nemleges áramingadozásnak hullámszerű előhaladásából az is következik, hogy mialatt valamely inger egyszeri behatása által okozott izgalom az idegen végig terjed, az alatt az ideg minden egyes pontján egymás után két ellenkező irányban haladó áramnak kell jelentkezni. Mert midőn a nemleges áramingadozás az egyik elvezető elektrod helyén maximumát eléri, akkor az idegtől elvezethető áramnak éppen ellenkező irányúnak kell lenni, mint mikor a nemleges áramingadozás a második elektrod helyéhez eljutott és amott esetleg már egészen le is járt. E szerint a galvanometernek mindig egymásután két ellenirányú áram jelenlétét kellene jelezni, vagy ki sem kellene térnie nyugalmi állásából, mivel ezek igen sebesen követvén egymást a galvanometer a gyors változásokat követni nem képes. Minthogy azonban a galvanometer nevezetesen tetanisaló áramok behatása alatt áramot jelez, mely a keresztmetszettől a hosszfelület felé halad, következik, hogy e váltakozva ellenirányban haladó áramok, ha jelen is vannak, egymást nem semmisítik meg, hanem a jelzett irányban keringő áram mindenkor erősebb, mint az ellenkező irányt követő második áram. E körülmény oka abban lehetne, hogy a nemleges áramingadozás az ingerlés helyétől a keresztmetszet felé való előhaladása közben megcsökken és azért

nagyobb, midőn a keresztmetszettől távolabb álló elvezető elektrod alatt halad el, mint midőn a keresztmetszet végét érintő elektrodhoz jut. Ha az elektrodokat a hatálytalan berendezésnek megfelelőleg teszszük az idegdarabra, tehát az æquatortól egyenlő távolra, vagy pedig, ha sértetlen idegen tesszük a kísérletet, akkor a galvanometer azon ideg izgatásakor nem jelez nemleges áramingadozást (Du Bois Reymond). E tapasztalat a mellett szól, hogy a két ellenirányú áram ilyen esetben egyenlő erejű, azaz, hogy az izgalom az idegben való előhaladása közben nem kisebbedik és nem is nő, hanem egyenletes nagyságban halad tovább. És így nem marad egyéb hátra, mint feltenni azt, hogy az idegnek elhaló része a keresztmetszet helyén izgalomra nem képes s ennélfogva rajta nemleges áramingadozás sem fejlődhetik ki. Hermann lehűtött idegen, melyben az izgalom lassan szokott továbbterjedni, a nemleges áramingadozás által a vezetőben okozott két ellenirányú áramot külön-külön megfigyelte egy e czélra szerkesztett alkalmas eszköz, az *eső-rheotom* segedelmével. A két áram közül az egyiket *adterminal*, a másodikat *abterminal* áramnak nevezte el. Vizsgálataiból kiderült, hogy átmetszett idegeken a második áram hiányzik, az izgalom a keresztmetszetre át nem terjed, ott nemleges áramingadozást sem okoz. A galvanometer kitérítésére azért a nemleges áramingadozásnak csak az alatt van befolyása, mialatt az izgalom a keresztmetszettől távol álló elektrod alatt megy el.

A nemleges áramingadozás az az egyedüli objektiv tünet, melyben valamely idegizgalom nyilvánúl, ezen kívül csak az izomrángásból vagy a központi idegrendszerben lefolyó változásokról ismerhetjük fel az idegizgalom jelenlétét. Az idegizgalommal még az a közös tulajdonsága is van, hogy az inger nagyságának növésével bizonyos határig szintén fokozódik; az ingernek tovább nagyobbodása pedig kisebbítheti a nemleges áramingadozást, valamint az idegizgalmat is, azáltal, hogy az ideg életképességét megtámadja.

Miután Du Bois-Regmond az ideg saját áramát elektromotorikus tömecsek hatásából származtatja, a nemleges áramingadozást e tömecsek működés miatt csökkent villamfejlesztő képességének tulajdonítja. Hermann szerint az idegnek izgalomban levő része épen úgy, mint az elhaló rész, elektronegativ a nyugalomban levő idegrészekhez képest. A hosszfelület valamely helyén izgatott idegrészszel szemben az ideg keresztmetszetén elhalt és így izgalomra és nemleges áramingadozásra nem képes idegrész van. Az izgatás által okozott áram azért az idegben a hosszfelülettől a keresztmetszet felé tart, tehát ellenkező

irányban, mint az ideg saját árama. Hermann mindezeknek megfelelőleg a nemleges áramingadozást okozó áramot *működéses áramnak* (Actionsstrom) nevezte el.

FŐBB FORRÁSOK.

Wagner's. Handwörterbuch d. Physiologie. 1846.

Valentin G., Lehrbuch d. Physiologie des Menschen. 1847.

Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. 1848, 1849, 1860.

Heidenhain R. Physiologische Studien. 1856.

Schiff M. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. 1859.

Pflüger E. F. W. Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. 1859.

Ranke J. Lebensbedingungen d. Nerven. 1868.

Bernstein J. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. 1871.

Cyon E. Methodik d. physiol. Experimente und Vivisectionen. 1876.

Du Bois-Reymond, Gesammelte Abhandlungen zur allg. Muskel- und Nervenphysik. 1875, 1877.

Hermann L. Handbuch d. Physiologie. I. k. és II. k. I. r. 1879.

Erb W. Handbuch d. Elektrotherapie. 1882.

Rosenthal-Bernhardt, Elektricitätslehre für Mediciner. 1884.

Zeitschrift f. rat. Medicin X. und Neue Folge II.

Archiv f. physiol. Heilkunde. 1853 és 1857.

Archiv f. d. gesammt. Physiologie. 1872 (V, VI), 1873 (VII), 1874 (VIII.) 1877 (XV) és 1879 (XVII. és XVIII.) stb.

Archiv f. Anatomie und Physiologie 1850, 1852, 1859, 1864, 1866, 1877. stb.

Compt. Rend. 1863 (56).

Kolozsvári Orvos-természettudományi értesítő. 1884.

Henle-Meissner. Berichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie. 1856—1871-ig.

Hofmann-Schwalbe, Jahresberichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie 1872—1882.

Repertorium der Physik. IX. 1873.

II.

KÜLÖNÖS IDEGÉLETTAN.

34. §. Atnézet.

Az idegek, melyek az izgalmat mindkét irányban képesek vezetni rendes körülmények között a környéki vagy központi végüket ért behatások útján jutnak tevékenységbe: e miatt az idegizgalmat is mindig csak egy irányban vezetik. Ilyen szempontból megkülönböztetünk *központtól vezető (centrifugal)* és a *központhoz vezető (centripetal)* ideget. A központtól vezető idegek impulsusukat a központi idegrendszerben nyerik és környéki végükhez vezetik el; a központhoz vezető idegek környéki végüket ért ingerhatás következtében jutnak izgalomba és izgalmukat a központi idegrendszerre terjesztik át. Az idegrendszer egész jelentősége épen abban rejlik, hogy különböző végszerveket köt össze egymással: központi végszerveket, melyekben a lelki műveletek folynak le olyan környéki végszervekkel, melyeket a központi végszervek felől működésre indítani tud, vagy melyek külső behatások által izgalomba jutnak és ez által a külvilági tárgyak valamely tulajdonságáról jelt adnak. A központtól és a központhoz vezető idegek működésének tárgyalása azért ezek végszervei tulajdonságainak vizsgálata nélkül nem is képzelhető. A különös idegélettan feladata ezek szerint kiválóan azon végkészülékek működésének tárgyalásában fog állani, melyekkel az idegek úgy környéki végükön, mint a központi idegrendszerben összefüggnek.

A központtól vezető idegek közül:

1. *A mozgató (motorikus) ideget* az a feladata, hogy a központi idegrendszerben, vagy idegsejtekben nyert impulsust haránteséku izomrostokhoz vagy izomsejtekhez vezesse s ezekben bizonyos működéseket indítson meg és tartson fenn.

2. *A gátló ideget* feladata, nyert izgalmukat környéki szervekhez vezetni, hogy ott azok működését szabályozzák, esetleg megakadá-

lyozzák. Ilyen szereppel biró idegrostokat vezet a n. vagus a szívhez, a n. splanchnicus a belekhez, amaz a szívnek, ez a beleknek mozgására van befolyással. Az ide tartozó idegek gátolják a véredények összehúzódását — vasodilatatorok —, vagy bizonyos mirigyek elválasztó működését.

3. *Az elválasztó (sekretorikus) idegeknek* a peripheria felé vezetett izgalma mirigyeket indít elválasztó működésre, oly mirigyeket t. i. melyekben azok az idegek végződnek.

4. *A tápláló (trophikus) idegek* olyan idegek volnának, melyeknek feladata lenne azon szervek táplálásáról, kellő anyagcseréjéről és fennmaradásáról gondoskodni, a mely szervekhez vezetik a központokban nyert impulsusokat. Egyes idegek megbetegedése következtében állandón észlelhető kóros változások, valamint különböző idegek átmetszése után a megfelelő szervekben fellépő táplálási zavarok vezettek külön tápláló idegek felvételére. Nevezetesen Samuel volt az, a ki ilyen tápláló idegek felvételének szükségét igyekezett bebizonyítani kísérleti alapon is.

A kórágynál tehető számos tapasztalatot szokás a trophikus idegek lételének bizonyságául felhozni. Ezek közül például felemlíthetjük a *hemiatrophia facialis progressiva* név alatt ismert azt a betegséget, melyben a bőr, a bőralatti kötőszövet, az izmok és csontok a megbetegedett arczfélen elsorvadnak; a betegség okául itten a n. trigeminus, n. facialis és a nyaki sympathicus véredénymozgató és tápláló idegeinek megbetegedését tekintik. Egy másik nevezetes idetartozó megbetegedés, az úgynevezett *malum perforans pedis*. Egy a lábtalpon többnyire külső sértésre beállani szokott fekélyesedés, mely mind-mind mélyebbre terjed s a bőr, a lágy részek, csontok és izületek elpusztulásával jár. A gerinczagyat vagy környéki idegeket ért sértésekre látták gyakran fellépni ezt a betegséget. Az idegzsábát nem ritkán a bőrnek különböző megbetegedései kisérik. Környéki hüdésekre fekélyesedések és sorvadás következhetnek a bőrön. A gerinczagy és agy sértéseit vagy megbetegedéseit zavarok követhetik a legkülönbözőbb szervekben.

A kísérleti élettan által tett tapasztalatok nagy száma szintén trophikus idegek jelenléte mellett látszik tanuskodni. A központoknak vagy a különböző idegeknek, mint a n. ischiadicus, cruralis, trigeminus, vagus, nyaki sympathicus és másoknak átmetszésére hasonló táplálászavarok következnek be, mint a minőket bekövetkezni lehet látni a kórágynál idegközpontok vagy idegek sérelmeinél: tudniillik lobok, fekélyesedések, sorvadások a bőrön és nyákhártyákon, az izmokban, csontokon és belső zsigereken. A n. ischiadicus átmetszése után az illető végtag csontjai sorvadnak, vékonyak és porczszerűen hajlíthatók lesznek; meg kell

azonban jegyeznünk, hogy e változás nem következik be, ha a bénult végtagot több hónapon át naponta egy óra hosszat galvanisáljuk (Schiff) valamint, hogy gypszbe kötött béka két lábán, melyek közül az egyiknek idegeit átmetszettük, a változásban semmi különbség észlelhető nem volt. A trigeminusátmetszést, mint látni fogjuk, a szem lobja végre elpusztulása követi, az ajkakon, a száj és szájpad nyákhártyáján fekélyek képződnek; ezek a változások azonban úgy tetszik, az érzés és ennek folytán bizonyos mozgások hiányában lelik okukat. A n. vagus átmetszését tüdőlob és egyéb zavarok követik, melyeket a nyelő mozgások, a gége és a mélyebb légutak érzésének és mozgásának bénulásaira lehet visszavezetni. A nyaki sympathicus átmetszésére nyulaknál a megfelelő oldalon a fül szőrei gyorsabban nőnek, mit a fül edényeinek az átmetszés miatt nagyobb tágulása s e miatt az egész fül jobb táplálása következményének lehet tekinteni. Az izmok és mirigyek idegeinek átmetszése, mint látni fogjuk, az illető szervekben oly táplálászavarokkal jár, melyek miatt azok végre elpusztulnak.

Mindezen említett és még számos más zavarok is, melyek a központi idegrendszer vagy környi idegek sértésére bekövetkeznek, a vizsgálók nagy részét a szervek táplálásáról gondoskodó idegek felvételére vezették. E felvétel ellen azonban az a tény szól, hogy ilyen idegek léte boncztanilag kimutatva nincsen. Számos, sőt mondhatni mindannyi itten érvül felhozni szokott tünetet az érző, edénymozgató- és a szervek működését fenntartó idegek működéshiányából is lehet magyarázni. Heidenhain ugyan trophikus idegeknek nevezi a száj nyálmirigyeihez menő azokat az idegrostokat, melyeknek izgatása a mirigysejtekben a nyál szerves alkatrészeinek készítését fenntartja; ez idegeknek szerepe a mirigyben azonban lényegében megfelel a mozgató idegek befolyásának az izmokra; mindkettőnek izgalma ama szerv működését tartja fenn, melyben végződnek, ezekre azért mint tápláló idegek lételét igazoló idegekre hivatkozni nem lehet.

Míg külön tápláló idegek létét igazoló boncztani alap hiányzik, addig azon idegek felvételére nem is vagyunk feljogosítva és ha vannak tünetek, melyeket az idegek ismert egyéb functiójából magyarázni nem tudunk, úgy ez csak arra utal, hogy az egyes szervekben végződő idegelemek nem csak e szervek általunk ismert működését tartják fenn, hanem ezekben a kellő anyagforgalomról is gondoskodnak. Erre példát nyujtanak az izmok mozgató idegei. Ez idegeknek az izmok anyagcseréjét fenntartó befolyása ki van mutatva és így nem szenved kétséget, hogy azok útján a központi idegrendszertől az izmokhoz állandó csekély

impulsus megy, mely ezek nyugalma alatt is némi kisfokú anyagforgalmat fenntart. Az egész valószínüleg reflex-tünemény, azaz, az érző bőrfelület izgalma a gerinczagyban átterjed mozgató idegágakra. Ez következtethető legalább Brondgeest ama tapasztalatából, hogy lefejezett, felakasztott béka hátsó lábait némileg hajlottan tartja, mig idegeit mind, vagy legalább a gerinczagy érző gyökeit, át nem metszük. A mozgató idegek tehát állandó működést és ezáltal anyagforgalmat tartanak fenn az izomban. Ez az anyagforgalom nagyobb lesz, ha az ideg impulsusát fokozzuk, mikor azután a munka es meleg fejlesztésre szükséges actualis erély nagyobb mennyiségben szabadul fel.

Ezzel a trophicus idegekről elmondtuk, mit ezekről röviden mondani lehet, a többi centrifugal vezető idegek közül csak a mozgató idegek működését fogjuk itt külön fejezetben tárgyalás alá venni, ellenben a gátló, elválasztó, valamint az edénymozgató idegek működésével czélszerűbbnek véljük, azon szervek élettanának tárgyalásakor közelebbről megismerkedni, mely szervek működésére amaz idegek lényegesen befolynak.

A központhoz vezető idegek a különböző *érző idegek*. Ezek környéki vége külön végszervvel van ellátva. Ha e végszervre alkalmas inger hat, az idegek izgalomba jutnak. Az érző idegek izgalmukat a központi idegrendszer azon pontjaihoz vezetik, melyek annak felfogására vannak hivatva. Ide tartoznak a tapintó érzék idegei a különböző úgynevezett közérzeteket közvetítő idegekkel, továbbá a látó-, halló-, izlő- és szaglóideg.

Minden ideg ezek szerint, a központi idegrendszerben nyeri vagy ahoz vezeti izgalmát, csak aránylag kis része az idegeknek indul ki és nyeri impulsusát környi idegdúczokból, melyek környi szervekben fekszenek. Ezeknél fogva a különös idegélettan keretébe tartozik még a *gerinczagy-* és *agy-idegek*, és a *n. sympathicus* és a *központi idegrendszer* működésének tárgyalása is.

1. A mozgató idegek élettana. Általános izomélettan.

35. §. Izomingerlékenység.

Az izom legfőbb feladata egyes testrészeket vagy ha kell az egész testet is mozgatni. E feladatot az által teljesíti, hogy bizonyos benne lefolyó változások következtében összehúzódik, ennek folytán végei egy-

máshoz közelednek és ennek következtében a végeivel összefüggő testrészek mozgásba jönnek. Minden haránteosikos izom idegbefolyás alatt végzi összehúzódásait. Általános idegélettani tanulmányaink alatt is, az idegizgalom jelenlétére legtöbbször az ideggel összefüggő izom összehúzódásából következtettünk. Rendes életviszonyok közt az izom csakis ezen az úton, csak a vele összefüggő mozgató ideg ingerlése folytán indítható rövidülésre, különben egyáltalában nem húzódik össze. Tapasztalatok bizonyítják azonban, hogy az izom direct reá alkalmazott általános idegingerekre is megrövidül.

Ütés, magasabb hő, vegyi ingerek vagy villamos áramcsapások, tevékeny állapotba hozhatják az izmot.

Hosszú időn keresztül foglalkoztatta a vizsgálókat az a kérdés, vajjon a directe izgatott izom csak azért húzódik-e össze, mivel az inger az izom rostjai közt létező ideget izgatja s ezek útján indítja az izmot rövidülésre, vagy talán azért, mert az izom az idegtől függetlenül is izgatható és összehúzódásra indítható. Az ez irányban tett kutatások minden kétséget kizárólag azt bizonyítják, hogy az izom maga, mint olyan is, ingerlékeny.

A mozgató idegek átmetszését, mint láttuk az idegek elfajulása, ingerlékenységének, izgalomvezető képességének teljes elvesztése követi. Az izmok azonban direct reájok alkalmazott ingerek behatása alatt (Brown-Séquard, Bidder s mások) még jó soká összehúzódnak, idegeik degeneratioja után is. Később az izmok is megváltoznak és müködés-képtelenekké lesznek; az idegek hiánya miatt az izmokban is következnek be táplálási zavarok, csakhogy jóval később mint az idegekben.

Eckhard az ideg izomi végéhez közel felszálló irányban állandó villamáramot vezetett az idegen keresztül, miáltal az idegnek az izomban levő részeit erős anelektrotonusba tehát csökkent ingerlékenységbe helyezte, és azt tapasztalta, hogy ilyenkor, egyenesen az izomra alkalmazott gyenge inger behatása alatt, az izomrángás elmaradt, sőt erős ingerre is kisebb fokú volt, mint midőn az izmot idege felől izgatta. Eckhard azért az izmot csak idege felől véli ingerelhetönek. Azonban a mint semmi biztosítékunk sincs egyfelől az iránt, hogy az anelektrotonus az izomrostok közt haladó idegekig csakugyan elterjed, úgy másfelől az a lehetőség sincsen kizárva, hogy az anelektrotonus magának az izomnak ingerlékenységét is csökkenti. Egyébiránt, mint azonnal látni fogjuk, tény az, hogy az izom ingerlékenysége az idege felől történt izgatás iránt nagyobb, mint egyenesen az izomra alkalmazott inger

iránt és így az izomrángások csökkenését Eckhard kisérleteiben tényleg az idegizgalom teljes kimaradása okozhatta.

Bizonyos vegyi anyagoknak az izomra való közvetlen behatására ez összehúzódik, ellenben ha amaz anyagokat az idegekkel hozzuk közvetlen érintkezésbe, az izom nyugalomban marad. Úgy látszik tehát, hogy vannak külön izomingerek, melyek az idegeket izgatni nem képesek. E tapasztalatnak az izom közvetlen ingerlékenységét bizonyító ereje ellen azonban felhozható, hogy nincsen kizárva, miszerint valamely vegyi anyag az idegtörzsöt nem képes izgatni, esetleg mert az idegrostokat környező burkokon csak nehezen hatol át, míg az izomban elágazódó finom idegágakat izgatni tudja.

Mindezeknél sokkal inkább döntenek egyfelől Kühne idegment izomrészekkel végzett kisérletei, valamint másfelől a curara behatása alatt tett észleletek.

Béka m. sartoriusán az ideg az izom alsó felületének közepe táján tér be az izomba, ott elágazódik, de jóval végződik az izom felső és alsó vége előtt, úgy hogy az izom mind két végén, hosszának mintegy $^1/_8$-dányi kiterjedésében, idegmentes. Daczára ennek ideg nélküli végének vegyi vagy erőművi ingerlésére a sartorius összehúzódik.

A *curara* (urari, worara) vagy amerikai nyílméreggel mérgezett állat idegeinek izgatása teljesen hatástalan az izmokra, ellenben közvetlenül az izmokra alkalmazott inger behatása alatt, az izmok összehuzódnak. Egyik hátsó végtaghoz vezető véredények lekötése után a hát vagy alsó állkapocs bőre alá fecskendezve a curarát, az állat azon egy végtag kivételével egész testén bénítva lesz, testfelületének bármely helyén történt bántalmazására csak azt a végtagját mozgatja; a n. ischiadicus izgatására az illető láb rángatódzik. Hasonlót lehet látni, ha az egyik lábon az art. cruralist lekötjük; ilyenkor az ischiadicusnak nem csak a lekötés helye alatt eredő ágai maradnak ingerlékenyek, hanem az egész idegtörzs. Mindez arra mutat, hogy az érző idegek a központi idegrendszer, valamint a mozgató idegek is egy ideig még megtartják ingerlékenységüket, midőn a mozgató ideg környéki vége már bénítva van. E mellett bizonyít az a tapasztalat is, hogy egyetlen izom edényeinek lekötésére, midőn a méreg egyébként a testben mindenfelé eljuthat, a megfelelő idegtörzs izgatása még jó sokáig rángást okoz ez izomban, mialatt minden többi izom nyugalomban marad. Arra a kérdésre vonatkozólag, hogy a curara az idegnek melyik részét támadja meg és bénítja először, szükséges az idegvégződés módját ismerni az izomban. Az izomba betérő ideg ágainak kis része a perimysiumban vesz el, na-

gyobb részök pedig apró ágakra oszlik, ezek az izomrostok közt ágazódnak el és az izomrostokban végződnek. Gerinczes állatoknál egy (Krause) vagy több (Kühne) úgynevezett *véglemez* közvetíti az összefüggést az ideg és izom közt. Az ilyen, véglemeznek lapos, az izom felszíne felett kevéssé kiemelkedő, kerekded vagy egyik irányban nyújtott, korong alakja van. Állományának legnagyobb része halvány, finoman szemcsézett és számos világos magot tartalmaz. Oldalról tekintve látni lehet, a mint az ideg tengelyfonala a véglemez finoman szemcsézett állományába betér és ott 2—3 ágra oszlik, valamint azt is, hogy az ideg velősállománya közvetetlenül a véglemezen ér véget. Schwann-féle burka a véglemez felett terül el és az izomrost sarkolemmájával forr össze.

Az ideg tengelyfonalának végződés módja az izomrostban még vitás. Újabban valószínűnek látszik, hogy az ideg tengelyfonalának ágaiból chlorarannyal kimutatható finom tengelyfonalrostok indúlnak ki, melyek az izomrost belsejében elterjedve ennek isotrop anyagában végződnek (Gerlach és *mások)*. Kühne szerint e tengelyfonalrostok azon protoplasmával függenek össze, mely a sejtmagvakat környezi. Erős curaramérgezés a véglemez szerkezetét megváltoztatja. A véglemezen behúzódások, mélyedések lépnek fel; míg egyébként nehéz az en face látott véglemezt lerajzolni, addig a curaraval mérgezett izom véglemeze elég éles arra, hogy jól lerajzolható legyen. Az elhaló véglemez is hasonló változásokon megy át, csakhogy más viszonyok közt, mint a curara behatásának alávetett (Kühne).

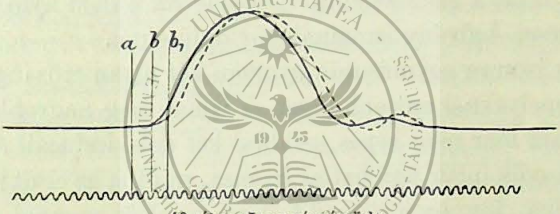
A curara tehát a véglemezt bénítja és ezt jóval előbb mint az idegtörzsöket; minthogy pedig az izmok az idegvéglemezek bénulása után reájok közvetlenül alkalmazott ingerekre is összehúzódnak, a curaramérgezése tünete az izmok közvetlen ingerlékenysége mellett nyomós érvgyanánt szerepel.

36. §. Izomrángás.

Az idegnek vagy izomnak egyszeri izgatása az izmot *egyszerű rángásra* indítja. Úgy tetszik, mintha az izomösszehúzódás az ingernek az izomra való behatásával egy időben indúlna meg. Az egyszerű izomrángás oly gyorsan jár le, hogy puszta megtekintés által lehetetlen csak némi tájékozást nyerni időtartama és lefolyásának módja felől. E tekintetekben felvilágosítást csak a myographionnal való kisérletezés ad, ugyanazon eszköz tehát, mely az idegizgalom terjedés sebességének meghatározására szolgált. A myographion íróemeltyűjével összefüggő békaizom idegének vagy magának az izomnak közvetlen

ingerlésére az izom, rövidülése alatt felemeli, majd visszaesni engedi, az emelőt. Ez alatt az emelő íróvége a myographion kormosított mozgó felületén olyan görbe vonalat ír, mint a milyent a 40-ik ábrán látunk lerajzolva. A *rángásgörbe*, alakja szerint ítélve, eleintén lassan azután gyorsulva, majd ismét lassúbbodva emelkedik tetőfokára, hogy innen kezdetben lassan, majd gyorsabban, végre ismét lassú előhaladással érjen véget. A rángásgörbe alatt időjelzővel írt hullámalak egy-egy hulláma 0·01 mp.-nek felel meg.

Ha a kisérletre curarával mérgezett állat izmát használjuk és közvetlenül az izmot ingereljük, akkor arról lehet meggyőződni, hogy az inger behatását az izom összehúzódása nem követi azonnal, hanem mintegy 0·01 mp.-el később. Ezt az időt a *lappangás időszakának* nevezik. Az ábrán *a*-tól *b*-ig terjed a lappangás időszaka. A lappangás időszaka után az *emelkedés időszaka* következik mintegy 0·03—0·04 mp.-nyi időtartammal; végre ugyanannyi ideig, 0·04—0·05 mp.-ig, tart az elernyedés időszaka is.



40. ábra. Izom-rángásgörbe.

A Pouillet-féle eljárással a lappangás időszaka szintén meghatározható.

Ismételten izgatott és így elfáradó izmon a lappangás időszaka mind hosszabb ideig szokott tartani, egyszersmind nő a rövidülés és elernyedés időszaka is; az egész rövidülésgörbe nyújtottabb és kevésbbé magas lesz. A rövidülés lefolyása tehát hosszabb időt vesz igénybe. Megfordítva van a dolog, ha a ki nem metszett izmot izgatjuk az élőben; ilyenkor a lappangás időszaka 0·01 mp.-nél sokkal rövidebb ideig, 0·0033—0·0025 mp.-ig tart. Élő embernél a lappangás időszakát 0·01—0·004 mp. közt változónak találták.

Lényegesen változik a lappangás időszaka és az egész rángás lefolyása a súly nagysága szerint is, melylyel az izom megterhelve van. Minél nagyobb súlyt kénytelen az izom összehúzódása alatt emelni, annál hosszabbra nő a lappangás időszaka és annál rövidebb lesz a rángásgörbe. Csekély teherrel megterhelt izom, rövidülés után, előb-

beni hosszát nem igen nyeri vissza. Ennek oka az izom belsejében minden rövidüléskor jelen levő dörzsölődés, mely elernyedés után meggátolja, hogy az izom előbbeni hosszára megnyúljék, ha csak kellő nagy súly nincsen reáakasztva, a mely lehúzza.

A békaizmon, még tovább tett tapasztolatok szerint, a lehűtött izom rángásgörbéje nyújtott, a 30—38 C.°-ra felmelegítetté rövid; nyáron befogott béka izomgörbéje szintén hosszabb, mint a tavaszi békától vett izomé.

Nagy különbség van, az izomrángás lefolyásának gyorsaságát illetőleg, magok közt az egyes izmok közt is. Míg a sima izomsejtek sőt még a szív összehúzódása is mondhatni szemmel követhető, addig a harántesikos izmok összehúzódása azokénál általában jóval gyorsabban jár le. De ezek közül is felette lassú például a tekenősbéka izmainak rövidülése a béka vagy épen valamely emlős állat izmai összehúzódásához képest. Ugyanazon állatfaj egyes izmainak rövidülése sem tart egyenlő hosszú ideig. Így békánál lassabban rövidül a m. hyoglossus, mint a gastrocnemius; lassúbbak a házi nyúl vörös izmainak rövidülései, halvány izmainak rövidüléseinél.

Ha az izomra egymásután gyorsan két olyan erős ingert hagyunk behatni, a melyeknél erősebb inger az izmot még nagyobb összehúzódásra indítani már nem képes, például két erős inducált áramcsapást, akkor a második inger úgy hat az izomra, mintha az elsőt nem is alkalmaztuk volna. Így ha a második inger az elsőt azonnal követi, még mielőtt az izom rövidülését az első inger behatása miatt megkezdte volna, tehát a lappangás időszaka alatt, akkor a rövidülésgörbén semmi változás nincsen, a rángásgörbe épen olyan, mintha csak egyszer ingereltük volna az izmot. Ettől azonban eltér a rángásgörbe alakja, ha a második inger az izmot már rövidülése alatt éri. Ilyenkor az első rövidüléshez egy második csatlakozik. Az e második rövidülés által írt görbe teljesen megfelel egy izomrövidülés görbének, csakhogy nem az alapvonaltól indul ki, hanem az első görbe által megindulása pillanatában már bírt magasságból. A második görbe mintegy reárakódik az elsőre. A két egymást gyorsan követő ingercsapás által kiváltott izomösszehúzódás legnagyobb fokát akkor fogja elérni, ha a második görbe kezdete az első emelkedésének tetőfokával esik össze; ilyenkor a két rovidülés úgy adódik össze, hogy az izom a myographion emelőjét majdnem kétszer akkora magasra emeli, mint egyszerű rángás alatt.

A második áramcsapás után az izomra, egy harmadikat, negyediket és többet is lehet mérni. Ha ezek egymást oly gyorsan követik,

hogy az előző ingerhatás által okozott összehúzódás még le nem járt, midőn az izom a következőre már megkapja az impulsust, akkor az izomösszehúzódás csak csekély ingadozásokat tesz, vagy, ha az áramcsapások elég gyorsan követik egymást az izom állandóan összehúzódva látszik maradni. Ilyenkor a görbe gyorsan emelkedik bizonyos magaslatra, melyen mindaddig megmarad, míg az ingerek a mondott sebességgel az izomra behatnak, vagy míg az izom el nem fárad. A rövidülés, melyet az izom ilyen folytonos ingerlés következtében elér, eredeti hosszának 65—85 középértékben 75%-ának felel meg. Ezen egyszerű izomösszehúzódásoknak összeolvadását egy látszólag egyenletesen megmaradó tartós összehúzódássá, *tetanus*-nak nevezzük. Természetes, hogy a tetanikus összehúzódás előidézése czéljából az egyes ingercsapásoknak annál szaporábban kell egymást követni minél rövidebb idő alatt végzi valamely izom rángásait. Innen van, hogy a tekenősbéka izmait 1 mp. alatt 2—3-szor beható inger már tetanusba hozza; a béka m. hyoglossusát másodperczenként 10, m. gastrocnemiusát 27, a nyúl vörös izmait 10, fehér izmait 30, a madár izmait 70 a rovarok izmait pedig 330—340 inducált áramcsapás hozza tetanusba (Marey). Hogy a tetanus, daczára a látszólag egyenletesen tartó összehúzódásnak, tényleg számos egymást gyorsan követő összehúzódások összege, erről meggyőz a tetanust okozó ingerek szakadozott egymásutánja, valamint az a körülmény, hogy tetanusban levő izmon hangot lehet hallani. E hang magassága — tehát rezgéseinek száma, — egyenletesen változik az alkalmazott inger behatásainak számával.

Az egymást szaporán követő ingerek folytán beálló tartós összehúzódáshoz hasonló az izmoknak, az akarat befolyása alatt és anélkül történő s hosszabb-rövidebb ideig fennálló összehúzódása is. Ez úgynevezett *tonikus* összehúzódás sem egyéb, mint a mozgató idegeknek a központban történő időszakos ingerlése által okozott tetanus. Hogy itt nem egy egyenletesen tartó egyszerű összehúzódással van dolgunk hanem számos egyes összehúzódás összegével, erre némiképen már az a tapasztalat is utal, hogy az izmot idege felől rendesen csak ilyen szakadozottan beható ingerlés által tudjuk állandóan tartó összehúzódásra indítani. Bizonyítja e következtetés helyességét a saját izmainkon, ezeknek rövidülésekor hallható izomhang. Így sikerült Helmholtz-nak saját rágóizmainak hangját összehúzódásuk alatt meg hallani. Stethoskoppal más egyének izmain is hallható az izomhang. Legjobb az ilyen megfigyelésre az éjjeli csendet felhasználni, midőn a gyenge izomhangokat könnyebben ki lehet venni. Helmholtz sze-

rint az izomhang 36—40 rezgésnek felel meg 1 mp. alatt. Közelebbi vizsgálatokból kiderült, hogy a tulajdonképeni izomhang 1 mp. alatt 18—20 rezgésnek felel meg; ennek első felhangját (36—40 rezgéssel) erősíti meg a külső hallójárat velehangzás útján. Végre döntő itt az a tapasztalat, hogy, midőn valamely állat idegeit a gerinczagyat érő inducált áram csappásokkal izgatjuk, az izmokon mindig azt az egy hangot halljuk, mely 1 mp. alatt 18—20 rezgésnek felel meg, bár mily szaporán kövessék is egymást az ingercsapások; e körülmény a gerinczagynak olyszerű szabályozó képességére utal, melynél fogva az az oda eljutott izgalmat mp-enként 19—20-szor képes tovább bocsátani, függetlenül attól, vajjon ez izgalom állandóan vagy bizonyos szaporasággal jutott-e oda.

Egyenletesen tartó állandó rövidüléseket az izom csak rendkivüli viszonyok közt tessz. Igy látni lehet, hogy bizonyos anyagokkal, — milyen az antiarin, digitalin, veratrin és más anyagok, — mérgezett állatok izmai, épen úgy mint a kifárasztott állatok izmai is, hosszasan tartó összehúzódásokat végeznek. Ha karunkon a bicepsre ütést mérünk, akkor az az ütés helyén jó ideig megvastagodva marad. Az erős erőművi inger, de egyéb az izomra behatott erős inger is ilyen hosszasabban eltartó összehúzódásokat képes okozni. Szépen lehet e megmaradó izomösszehúzódást, melyet Schiff *idiomuscularis rángásnak* nevezett el, hevenyében leölt melegvérű állat izmain látni, ha az izmokra a rostok irányára függélyes irányban valamely kemény élt odanyomunk. A nyomás helyén megvastagszik az izom, mialatt ugyan e helyről kiinduló rövid rángás fut végig az egész izmon. A behatás helye ezen túl is még jó soká összehúzódva marad.

37. §. Változások az izomban rövidülése alatt.

A rövidülő izom megvastagszik, — *alakja változik* — mialatt térfogata mondhatni állandó marad. Kühne híg konyhasó- vagy czukoroldaton úszó aräometerrel tett vizsgálatainál tetanus alatt az izmon térfogat változást nem észlelt. Erman vízzel megtöltött üveghengerbe, melyet parafadugóval jól bedugaszolt, a dugón átvezetett és az üveghengerben horogalakúlag meghajlott, két erős vezetősodronyra, mintegy 12 cmt. hosszú angolnafarkat akasztott. Ezeken kívül a dugón keresztül még egy hajszálüvegcső is volt vezetve és az egész vízzel úgy megtöltve, hogy a víz a hajszálcsőben is bizonyos magaslaton állott. Az angolnafark minden izgatásakor a víz a hajszálcsőben keveset leszállott, jeléül annak,

hogy az izom összehúzódása alatt térfogata, mint Erman véli, keveset kisebbedik. Más vizsgálók az izom rövidülése alatt történő látszólagos térfogatkisebbedést az edényekben foglalt levegő összeszorításából származtatják (J. Müller, Marchand). A kísérletet mindenesetre helyesebb lett volna víz helyett, mely az izmokban hullámzódást okoz, 0·6% konyhasó oldattal megtenni; békával Erman eljárása szerint 0·6% konyhasó oldatban általunk tett kísérletek teljesen negativ eredményt adtak.

Azon körülménynek megfelelőleg, hogy az izom a mint rövidül meg is vastagszik, a vízszintesen fektetett izmon nyugvó íróemelő az izomrángás alatt ugyan oly alakú rángási görbét ír a myographion kormosított lapján, mint a milyent a felakasztott izom alsó végével összekötött emelő szokott írni.

Az összehúzódott izomnak alakján kívül még *ruganyossága is megváltozik*. Nyugvó élő izom igen könnyen nyújtható és mihelyt a nyújtó erő reá hatni megszünt, előbbeni hosszát visszanyeri; kicsiny, de tökéletes tehát a nyugvó izom ruganyossága. Ki nem metszett izom a testben állandóan bizonyos fokig meg van feszülve; a kimetszett izom mindig rövidebb mint milyen kimetszés előtt volt, az inak vagy magának az izomnak átmetszésére a metszett végek visszahúzódnak. Innen van, hogy a végtagok csonkításánál az izmokat alantabban kell átmetszeni mint a csontokat. Az izmok állandó megfeszítése azoknak kis fokú ruganyossága miatt sietteti a rövidülés beállát az izmok beidegzésekor, anélkül, hogy a testrészek mozgását nehezítené. Összehúzódott izom könnyebben nyújtható mint a nyugvó, ruganyossága tehát csekélyebb. Weber Ed., kinek az izom ruganyossági viszonyait illető első beható tanulmányokat köszönjük, vizsgálatait a béka m. hyoglossusán tette. Az izom a glottis-sal összefüggő egyik végével fémhorogra volt akasztva, másik vastagabb végén is fémhorog függött, melyre súlyok reá helyezése végett mérlegserpenyő volt akasztva. A két horog egyszersmind a Weber által használt delejes elektromotornak elektrodjaként szolgált. Ilyen körülmények közt, a nyugalmi állapota alatt különböző súlyokkal megterhelt és ez által különböző fokban nyújtott izomnak a tetanisálás alatt elért hosszából, meg volt határozható működés közben az izom ruganyosságának és nyújthatóságának változása. Weber szerint a nyugvó és működő izom nyújthatósága egymáshoz úgy aránylik mint 1 : 2-hez. Elfáradás alatt a működő izom nyújthatóbb lesz.

Fennebb láttuk, hogy a rövidülő izom térfogata nem, csak alakja változik meg. Az izom rövidebb és vastagabb lesz. E körülmény úgy, mint az izomgörbe alakja a rövidülésnek hullámszerű lefolyása mel-

lett szólnak. Hogy azonban az izomrostban milyen változások okozzák e rövidülést e tekintetben egyedül az izomrostok rángásának górcső alatt való megfigyelése képes felvilágosítást adni. Prevost és Dumas az izomrostok összehúzódását górcső alatt figyelték meg és úgy találták, hogy az összehúzódott izom zigzugosan hajlik meg, a rövidülő izom rövidülésének s megvastagodásának okát azért az izom e hajlásában vélték lenni. A nevezett vizsgálók tévedését Weber mutatta ki. Az izom zigzugos hajlása tudniillik nem az összehúzódás alatt, hanem ezután látható és következménye az izomrostok tapadásának az üveglaphoz, melyen a górcső alatt fekszenek. Az inger behatására az izomrostok összehúzódnak és egyenesen nyújtva vannak, elernyedéskor azonban előbbeni hosszukat vissza nyerik, csakhogy az izgatás előtti helyzetükbe vissza nem kerülhetnek, mivel nincs a mi végeiket egymástól eltávolítsa; innen a zigzugszerüen hajlott alak. Hogy a zigzugszerű hajlást izgatás után az izom dörzsölődése okozza az alaphoz, melyen fekszik, erről szépen meg lehet győződni górcső nélkül is, ha valamely békasartoriust higanyra fektetünk és villamcsapással izgatunk; izgatás után az elernyedt izom zigzugszerüen hajolva fekszik ott. Az izomnak a higannyal való dörzsölődése gátolja itt meg az izom kiegyenesedését összehuzódása után.

Ha valamely izmon, például békasartoriuson át, állandó villamáramot vezetünk, akkor azon, az áram megindításától kezdve, az anodtól a kathod felé haladó hullámszerű mozgást látunk. Különösen élénk ez áramlás közvetlenül az áram megindítása után; később mind csekélyebb és csekélyebb lesz, míg végre egészen eltünik. Az áram megszakítása után rövid ideig tartó visszafelé, az anod felé, irányított hullámzást lehet látni. A kísérlet többször ismételhető és különösen élénk lesz, ha ez ismétlések közben az áram irányát megváltoztatjuk. E Porret-féle *tüneményt* illetőleg, mint ez áramlásokat Kühne elnevezte, maga Kühne abban a véleményben van, hogy a villamáram az izomcső bennékét sodorja az anodtól a kathod felé. A tüneménynek e magyarázata azonban kevés valószínűséggel bír, mert folyadékban eloszlott finom anyagrészecskéket a folyadékon keresztül vezetett villamáram a kathodtól az anod felé szokta vinni, tehát épen ellenkező irányban, mint melyet a hullám alak a Porret-féle tüneményben követ (Jürgensen). A górcső alatt megfigyelt izmon sem lehet a részecskék ilyen tovahordását látni. Jendrássik szerint a Porret-féle tünemény az izmon a villamáramnak azon tulajdonságán alapúl, hogy folyadékon át vezetve a folyadékot a nemleges sark felé viszi Ha valamely folyadékot likacsos válaszfal által két felé választunk és a villamtelep egyik sarkát a válaszfal

egyik —, a másikat annak második oldalára tesszük, a folyadék az áram megindítása után a kathod oldalán gyülik meg; a likacsos fal teszi lehetségessé a folyadék felhalmozódását a negativ sarkon daczára a hydrostatikai nyomásnak, mely az áram által okozott nyomásbeli különbségeket kiegyenlíteni törekszik. Az izomrostok közt levő vér- és nyirokedényekben s a szövetközti hézagokban foglalt nedvet fogja az izmon átvezetett áram tovább vinni, épen úgy, mint a hogy villamos endosmosisnál a folyadékot az anodtól a kathod felé sodorja. A Porret-féle tünemény ilyen magyarázata megegyezik azon ténynyel is, hogy az áramlás idővel mind inkább gyengébb lesz, és hogy a villamáram megszüntetésével, a kathodnál felhalmozódott folyadék miatt feszült szövetrészek, a folyadékot az anod felé visszaszorítják.

A Kühne által izmon először leirt Porret-féle tüneménytől eltérnek azok a változások, melyeket megfelelő tömör áramnak kevés élő izomroston való keresztülvezetésekor magukon a rostokon észlelni lehet. A csíkolatok eltünnek s újból rendeződnek, de úgy hogy az előbb jelen volt széles csíkolatok helyére keskenyebb sűrűn egymás mellett elhelyezett csíkolatok lépnek. E változás az állandó áram sarkain kívül és belől foly le egyaránt és mindig a közel álló sark felé van fordítva (Jendrássik és Mezey). A tüneményt Jendrássik vizsgálatainak bizonysága szerint, a villamáram által kiválasztott elektrolytoknak kell tulajdonítani. Ezek a velök érintkező izomrétegekre olyan hatást gyakorolnak, melynél fogva a széles csíkolatokat alkotó részecskék a velök érintkező rétegekben megváltozott rendben, sűrű finom csíkolatok képen sorakoznak. Nevezetes, hogy az izom nyugvó állapotának megfelelő vegyhatás visszaállításakor a sűrű finom csíkolatokból a megfelelő ritkább széles csíkolatok visszaállanak. Közönyös erre nézve az, valjon vegyszerek vagy villamáram behatása által okoztuk a vegyi változást. Jendrássik a fedőlemez alá helyezett izomrostokban a széles csíkolatot keskenyre átváltozni aztán meg lassan visszaváltozni látta, midőn tűvel a fedőlemez nyomogatása által a rostokra szakadatos nyomást gyakorlott.

A csíkolatok elrendeződése megváltozik Jendrássik észleletei szerint még a víz, higított eczetsav vagy 1%-os sósav, illetőleg egy csepp 1%-os natron vagy kalilúg behatása alatt, épen úgy, mint a villamáram behatása alatt. Sőt az 1%-os sósav behatása alatt képződött finom sűrű csíkolatokat a savnak alkalival közömbösítése által visszahaladó áramlattal felbontani és az eredeti szélességű csíkolatokra visszaváltoztatni sikerült. Hasonló ilyen sűrű finom csíkolatok képződését látta Jendrassik fellépni béka izomrostoknak 40 C.°-ra való felmelegítése

alatt is. Elevenen borszeszbe tett s ott meghalt rovar izmain hasonló változás maradványa szintén észlelhető. Az ilyen rovartól vett egyes izomrostokon nem ritkán látható, az izomrost egy keskenyebb széles csíkolatokat tartalmazó része mellett, szélesebb izomrészlet finom, sűrű csíkolatokkal.

Mindez észleletek nyilván arra mutatnak, hogy az izomösszehuzódásra alkalmas alakváltozást az izom haránt rétegeit képező részecskéknek, nevezetesen a disdiaklastoknak megfelelő elrendeződése eszközli. E következtetés lényegében megegyezik avval, a mit Brücke már 1858-ban tett észleletei alapján valószínűnek mondott. Jendrássik vizsgálataiból egyszersmind az is kitünik, hogy a részecskék elrendeződésének változása az izomállomány vegyi alkatától függ, bár egyelőre annak lehetősége sincsen kizárva, hogy a részecskéknek egymásra gyakorlott irányító hatására és azok elrendeződésére még egyéb tényezők is gyakorolhatnak befolyást.

Engelmann rovar izomrostokat osmiumsavval és egyéb kém szerekkel ölt meg és ez által az izomrostokat, mint véli, összehúzódási állapotukban rögzítette s észlelte, hogy rövidülés alatt az anisotrop állomány az isotrop rovására megduzzad. Az előbb pálczaalakú anisotrop anyagrészek megduzzadás által gömbszerű alakot nyervén megrövidülnek és megfelelőleg meg is vastagodnak; ez lenne az izomrövidülés oka. Az izomrövidülésnek e magyarázata már azért sem valószínű, mert semmi ismeretünk nincsen, mely az anisotrop részecskék ilyen gyors duzzadásának és az izom elernyedésekori lelohadásának lehetősége mellett szólana.

38. §. Az izomrángás terjedéssebessége.

Ha valamely curarával mérgezett állat párhuzamos rostú izmát egyik végén izgatjuk, akkor szabadszemmel is kivehető a rövidülésnek terjedése az izgatás helyétől az izom második vége felé. Épen úgy, ha az izmot közepe táján izgatjuk, az izgatás helyétől az izom mind két vége felé haladó rövidüléshullámot lehet látni. Az idege felől izgatott izom rövidülése az idegvéglemez helyétől indúl ki és innen terjed tovább mind két irányban. Ezek szerint az izomösszehúzódás az izom ingerelt pontjától indúl ki és innen halad elő új meg új rétegeket vonva be a változásba, mely a rángást eredményezi, mialatt az összehúzódásban volt rétegek nyugalmi állapotukba már visszatérnek, úgy tehát, mint a hogy minden hullámszerű mozgás szokott tovább terjedni.

A rövidüléshullám terjedéssebességét először Aeby határozta

meg a myographion segedelmével. Aeby a béka gracilis-ét kemény alap felett vízszintesen feszítette ki. Az izmon, megmért távolságban egymástól iróvéggel ellátott két emelő nyugodott. A két emelő iróvégei a myographion kormositott hengerét érintették egyenlő magasságban és oly távolságban egymástól, mely az emelők által az izmon érintett két pont egymástól való távolságának épen megfelelt. A két emelő iróvégei által a forgó hengeren irt két egyenes vonal tehát teljesen egybe esett. De midőn Aeby az izom egyik végét izgatta, akkor a rövidüléssel együtt járó megvastagodás az izmon végig terjedett és kimozdította majd az egyik, majd a másik emelőt nyugalmi állásából, minélfogva mindenik emelő a hengeren egy-egy rángás görbét irt. A két rövidülésgörbe kiindulás pontjainak egymástól való távolsága a két emelő egymástól való távolságánál nagyobb volt. A rövidülés tehát nem egyszerre mozditotta ki nyugalmi állásából a két emelőt, hanem először az ingerlés helyéhez közelebb és ezután a távolabb állót. Az az idő, melylyel az összehúzódó izom a második emelőt az elsőnél később kimozdította, megfelel azon időnek, melyre az izomrövidülésnek szüksége volt, hogy az emelők közt foglalt izomdarabon végig terjedjen. Aeby vizsgálatai eredménye szerint az izomrövidülés terjedéssebessége középértékben 1 méternek felel meg 1 mp. alatt. E tovaterjedési sebesség változott az izom hőfoka és életképessége szerint, ellenben független volt attól, vajjon a béka előzetesen curarával mérgezve volt-e vagy nem. A terjedéssebesség az izom megmelegítésére nőtt és csökkent lehütésekor.

Más eljárás szerint határozta meg Bezold az izomrövidülés tovaterjedéssebességét. Bezold curarával mérgezett béka m. sartoriusát használta vizsgálataihoz. Ez izom felső két harmadát parafához erősítette, úgy hogy ez az izgatás alatt összehúzódni nem volt képes, de az izomizgalmat még is jól vezette. Alsó szabad harmada a myographion irójával függött össze. A felső két harmad elektrodokkal érintkezett, melyek útján az izomhoz állandó villamáramot vagy inducált áramcsapásokat lehetett vezetni. Mint az idegizgalom terjedéssebességének mérésénél úgy itt is két kísérletre volt szükség. Bezold az izmot egyszer felső végén, másszor az összehúzódni képes alsó vége közelében izgatta inducált áramcsapásokkal. A két kísérlet alatt talált időértékek különbsége megfelelt annak az időnek, melyre az izomizgalomnak szüksége volt, hogy az először izgatott helytől, a másodszor izgatott helyig az utat megtegye. Az így tett kísérletek eredménye szerint az izomizgalom terjedéssebessége mintegy 1·2 méternek felelt meg 1 mp. alatt.

Ugyan e vizsgálatai alatt Bezold azt is találta, hogy, ha az izom

izgatott és összehúzódó része közé eső izomdarabon át állandó villamáramot vezetett, akkor a rövidülés az izgatást később követte, mint ha ez állandó áramot az izmon keresztül nem vezette. E szerint az állandó villamárammal átáramlott izomdarab az izomizgalmat roszúl vezeti. Sőt erősebb állandó áramok keresztül vezetése alatt a rángás teljesen elmaradt, jeléül annak, hogy az állandó villamáram az izom izgalomvezető képességét nem csak kisebbíti, hanem azt teljesen meg is tudja szüntetni. Az állandó áram e hatása, mint Bezold kimutatta, csak az állandó áram sarkai közé fogott izomdarabra terjed ki.

Indúcált áramokon kivül Bezold állandó áramot is használt az izomizgatásra és tapasztalta, hogy a rángás az áram irányától függő különböző gyorsasággal követi az áram indítását, illetőleg szakítását. Ha az anod az izomnak összehúzódó végéhez állott közelebb, akkor a rángás áraminditáskor később állott be, mint szakításkor és megfordítva akkor, ha az anod az izom felső végén volt. E szerint izomnál is indításkor a kathod, szakításkor az anod helyéről indúl ki az izgalom, csak úgy, mint az idegnél.

Bezold-tól eltérő eljárást követett Bernstein, a ki nemcsak a rövidülés terjedéssebességét, hanem ennek időtartamát és hullámhosszát is meghatározta. Bernstein Aeby eljárását úgy módosította, hogy a vízszíntesen fektetett izom körül hurkot kötött, mely alant könnyű emelővel összefüggött és az izmot egyszer távol a huroktól, másszor ennek közvetlen közelében izgatta. Az első kísérletben a rövidülésnek tehát az izgatás helyétől a hurokig terjedő utat kellett bejárnia mielőtt a megvastagodó izom az emelőt helyéből kimozdíthatta; ellenben a második kísérletben az izgalom részéről semmi út befutására sem volt szükség. Bernstein e kísérletei alatt a rövidülés terjedéssebességét 3—4 (3·869) méternek találta 1 mp. alatt. A hurok alatti izomrész rövidülése 0·0533—0·0894 mp.-et vett igénybe, ennélfogva a rövidülés hullámhossza 206—380 mm.-nek felel meg. Minthogy pedig a békaizomrost hossza 3—4 cmt.-nél nem nagyobb, az izom egész kiterjedésében egyszerre lesz összehuzódásban. Bernstein-nal egyidejűleg Valentin, később Hermann a Pouillet-féle eljárással hasonlóan nagyobb értékeket találtak, mint Aeby és Bezold. Aeby későbbi közleményei szerint valószínű, hogy az általa használt izmok nem igen voltak életképesek; Bezold pedig épen nem előnyös viszonyok közé helyezte az izmot, midőn ennek egy részét úgy megszorította, hogy ez össze nem húzódhatott.

Egyébiránt a békaizom rövidülésének tovaterjedéssebessége Jendrássik tapasztalatai szerint csakugyan változó, sülyedhet 1 méte-

ren alól, valamint emelkedhetik három méteren felül is. Ez lényegesen függ az izom életképességének és elfáradásának fokától.

Jendrássik a rángásgörbéből az izom hullámszerű összehúzódásának egész időbeli lefolyását vette elemzés alá. Összehuzódás alatt az izom minden egyes rétege lengésszerű mozgást tesz, mely rétegről-rétegre terjed tovább, mint például a hangot vezető légrészecskék vagy bármely más ruganyos test részecskéi, ha e testben hullámmozgást indítunk meg. Rángás közben az izomrészek helyváltozása olyan, mint a nyugalmi helyzetéből hirtelen kimozdított ingáé. Azért, midőn az összehuzódó izomrészek egymáshoz közeledenek, majd egymástól eltávoznak, ennek is az ingalengések törvénye szerint kell történni; Jendrássik ez okból az izomrángás lefolyását a hullámelmélet alapján vette vizsgálat alá. Minden hullámszerű mozgásnál tekintetbe jön a mozgás tovaterjedés-sebessége és a hullámhossza, az egyes részecskék lengését illetőleg pedig megkülönböztetjük a lengési közt és a lengés időtartamát. A hullámhossz (l) egyenlő a tovaterjedéssebesség (v) és a lengési idő (T) szorzatával; $l = vT$. A rángás időbeli lefolyásából következik, hogy az izomrészecskék kihajlásukat a legnagyobb sebességgel kezdik meg, lassúbbodva haladnak egy bizonyos határállás felé, a melytől növekedő sebességgel visszatérnek, hogy elért nyugalmi állásukban meg is maradjanak. A részecskék tehát fél ingaszerű lengést végeznek.

Ha az izomrészecskék visszatérésük után a tulsó oldalra is kitérnének, mint ezt az inga teszi, akkor kettős görbét kellene az izomnak irni, mit tényleg nem ir. A dolog ilyen állása mellett egy egyenlet volt levezethető, melynek segedelmével meglehetett határozni azt, hogy a rángás kezdetétől mennyi idő mulva éri el az izomrövidülés legnagyobb értékét, mennyi idő mulva fele értékét, végre azt, hogy mennyi idő mulva áll be a görbe forduló pontja, azaz az a pont, melyen a rángásgörbe domború alakja a homorúba átmegy, vagy megfordítva. És viszont, ha ez értékek az izom által tényleg megírt rángásgörbén megméretnek, akkor azok alapján kiszámítható a fél hullám hossza, a fél lengésidő, valamint a hullámnak tovaterjedéssebessége is.

Jendrássik az izom elemeinek lengésidejét 0·09—0·13 mp.-re terjedőnek, a terjedéssebességet 1—3 méternek találta 1 mp. alatt; mi 90—390 mm. közt ingadozó hullámhossznak felel meg. Ez adatok a Bernstein által találtakkal elég jól megegyeznek. Minthogy a sebesség ilyen tág határok közt ingadozik, szükségképen a hullámhossznak is tág határok közt kell változnia. Ez eltérések ugyanazon béka izmai

közt is észlelhetők és leginkább az elfáradás és az elhalás előhaladásának esetleges fokától függnek.

A békán kívül meghatározták az izgalom terjedéssebességét Bernstein és Steiner a kutya sternomastoideusán, valamint a házinyúl izmain és azt egy mp. alatt 2—6 méter közt változónak találták. Emberizmon az előkaron Hermann az izgalom terjedéssebességét egy mp. alatt 10—13 méter közt ingadozónak találta. Az izgalom terjedéssebessége ezek szerint nagyobb melegvérű, mint hidegvérű állat izmán és nagyobb az élő, mint a kimetszett izomban.

39. §. Izommunka.

Az izomnak legfőbb feladata szervezetünkben az erőművi munka fejlesztése. E munka *(c)* annál nagyobb, minél rövidebb idő alatt *(i)* emeli az izom a súlyt *(s)* és minél nagyobb magasságra emeli azt *(m)*; tehát $c = \frac{sm}{i}$. A magasság és súly befolyását a valamely izom által végzett munkára különösen Weber Ed. vizsgálta meg behatóan, ellenben az időt, mely alatt az izom a súlyt az illető magasságra emeli, eddigelé még nem vették pontosan számba.

Az izom legnagyobb fokban akkor lesz összehúzódva, hogy ha azon legnagyobb ingerrel izgatjuk, melynél nagyobb az izomösszehúzódás fokát öregbíteni már nem képes, tehát ha az inger maximális, továbbá ha az izom összehúzódása közben magán kívül egyéb súlyt nem emel és végre, ha az inger tetanisalólag folyt be az izomra. Hogy az izom rövidülésének maximumát tetanusban éri el ez onnan van, mert akkor az izom egész kiterjedésében rövidülésének legnagyobb fokán van, míg egy egyszerű rángásnál az összehúzódás e fokán az izomnak mindig csak egyetlen rétege lehet. Hogy mekkora a rövidülés legmagasabb foka az, párhuzamos rostú izomnál, egyedül az izom hosszától függ. Mint láttuk az izmok jóval rövidebbek a rövidülési hullám hosszánál, azért kell a rövidülés nagyságának is az izom hosszával nagyobbodni. Tetanusban az izom nyugalmi hosszának $^3/_4$-ére rövidül. Rendes körülmények közt azonban sohasem jut az izom abba a helyzetbe, hogy ilyen magas fokra összehúzódjék; az izomvégek tapadása a csontokhoz, melyeknek mozgatása feladata az izomnak, olyan, hogy az izomnak aránylag csekély rövidülése már kiterjedt mozgásokat eredményez.

Azonban a kimetszett izom nem képes a rövidülésnek azon maximumán megmaradni, melyet a tetanisáló ingerlés alkalmazása kez-

detén elért. Az eleintén nagy fokban összehúzódott izom, az ingerlés hosszabb ideig való tartama alatt, meghosszabbodik. 42·1 mm. hosszú izom 476 perczig tartó izgatás alatt, az első perczekben 19·7 mm.-re húzódott össze, ezentúl pedig mind hosszabb és hosszabb lett, anélkül azonban, hogy a kisérlet végén is eredeti hosszát visszanyerte volna (Weber). Ennek oka az, hogy ilyen tartós izgatás következtében az izom elfárad. A működést követő nyugalom alatt azonban az elfáradt izom felüdül és még a kimetszett és elfáradt izom is, egy ideig tartott nyugalom után újból összehúzódik, bár nem az első kísérlet alkalmával elért magasságra.

A súly, a melyet valamely izom elbir, egyedül az izomrostok számától, tehát az izom vastagságától függ. Minél számosabb rostból áll az izom, annál több rost közt oszlik meg a súly, annál kevesebbet kell belőle egy-egy rostnak emelni. Egyenlő hosszú két izom közül nagyobb munkára tehát az képes, a melyik vastagabb, azért az izomerőt az izom keresztmetszetének egységére vonatkoztatva szoktuk kifejezni; egységül 1□ cmt.-t véve. Az a súly, mely épen elegendő az izgatott izom rövidülését megakadályozni, az izom *absolut erejének* mértékeül szolgál. A békagastrocnemius absolut erejét Rosenthal 2300—3000 grm.-nak, a hypoglossusét Weber 682·2 grm.-nak megfelelőnek találta. Weber az emberizom absolut erejét is meghatározta. Midőn lábujjhegyünkre, illetőleg a capitula metatarsira állunk, a sarkat emelő lábikra az egész testsúlyt emeli. Lábunk, sarkától a lábujjizületig, egy egykarú emelőt képez, melyen az erő az emelő egész hosszára hat, míg a súly az emelőnek csak azon részére, mely a lábujjaktól a lábizületig terjed. Az erő tehát hosszabb emelőkarra hat, mint a súly. Weber a kisérleti egyén dereka körül övet erősített s ezt egyenlőtlen karú emelővel kötötte össze. Az emelő hosszabb karja súlylyal volt ellátva, melyet Weber addig mozgatott ide-oda, míg az illető egyén lábujjhegyre állani képes már nem volt. Ilyenkor súly és erő egyensúlyban voltak. A test és az övvel összefüggő emelő súlyából Weber kiszámította ama súly nagyságát, melynek az emelőre azon helyen nehezedni kellene a hol az erő az emelőre behat, ha azt akarjuk, hogy az illető egyén lábujjhegyére ne állhasson. E kiszámított súly a két láb absolut erejének felel meg, mely csak még a két lábikra vastagságával volt elosztandó. Weber számos hullán tett mérések alapján meghatározta a lábikrát alkotó három izom, úgy mint a m. gastrocnemius, plantaris és soleus közép átmetszetét és ennek segedelmével az ember-lábikra absolut erejét, mit 836—1087 grammnak

talált. Később, más vizsgálók ismételték Weber eljárását, és nevezetesen Henke és Knorz, Weber számításaiban azt hibáztatták, hogy a láb, mint emelő, forgáspontját a metatarsus fejecsében kereste, holott az a bokaizületben van. E szerint az az emelőkar, melyre az erő behat, a lábsarktól csak a talus tengelyéig és nem a metatarsus fejecséig terjed. Ez által a nevezett vizsgálók négyszer nagyobb értéket számítottak ki. Egyéb izmokon, így nevezetesen az előkaron, tett vizsgálatok nyomán Henke és Knorz 6000—8000 grammig terjedő értékeket találtak.

Nem szenved kétséget, hogy az absolut izomerő melegvérűnél nagyobb, mint hidegvérűnél és hogy az élőben is nagyobb, mint a kimetszett izmon.

A fennebbiekben ugy láttuk, hogy midőn az izom semmi súlyt nem emel, akkor éri el rövidülésének maximumát, munkát természetesen ilyenkor nem végez, mert $e = m \times 0$; épen úgy nem végez az izom akkor sem munkát, ha absolut erejét mérjük, midőn tudniillik azon legnagyobb súlylyal megterheljük, melyet izgatása közben még megbir, de a melynek terhe alatt rövidülni már nem képes, ilyenkor ugyanis $e = 0 \times s$. Hogy az izom munkát végezhessen, e czélra szükséges tehát, miszerint a rövidülés magassága és a súly, melyet emelni a feladata, a megjelölt két határ közt változzanak. A rövidülés és súly középfoka mellett lesz az izom által végzett munka legnagyobb. Az ingernek ugyanazon foka mellett az izom annál kevésbbé magasra húzódik össze, minél nagyobb a súly, melyet reá akasztottunk. Bár Weber e tekintetben tett vizsgálatai e tétel általános érvényét teljesen igazolják, tagadhatlan, hogy a súly növelése bizonyos határig az izom összehúzódására fokozó befolyással is van. Így midőn például valamely izom 10 grm. súlyt emelt és ezután 20 grammal terheljük meg, az, ugyanazon inger mellett a súlyt nem fél akkora magasságra emeli mint a kisebbiket, hanem lehet hogy ugyanazon vagy még nagyobb magasságra. Az izomnak a súly által nyújtása fokozza tehát benne azt a folyamatot, mely az izomrángást eredményezi. Csakhogy a megterhelés izomrángást fokozó befolyásának határa van és e határon túl a Weber Ed. által felismert viszony, mely szerint a súly nagyobbodásával a rángás magassága csökken, teljes érvénybe lép.

Az izom elfáradása működés közben lényegesen befoly az izom munkaképességére. Az elfáradt izom ugyanazt a súlyt sokkal kevésbbé magasra emeli, mint a pihent. S a minő arányban halad elő kísérletközben az izomelfáradása, azon arányban mind csak kisebb-kisebb súlyt lesz képes emelni, nagyobb súlyok alatt pedig már nem is tud összehúzódni.

A munkaképesség egyébiránt ugyanazon állat izmainál különböző; ezenkívül valamint az izomnak absolut ereje, úgy munkaképessége is nagyobb az élő testben foglalt és vérrel ellátott, mint a kimetszett izmon. Mindezek szerint minden izomnak munkaképessége más-más megterheltetés mellett a legnagyobb. Egy ember munkaképességét, naponta 8 munkaórát véve, 1 mp. alatt 10—11 kilogramm-méterre becsülik, az egész napi munkaerő tehát mintegy 30,000 kilogramm-méternek felel meg. Tudvalevőleg a ló munkaerejét «lóerőt» 1 mp. alatt 70 kilogramm-méterre teszik.

40. §. Általános ingerek hatása az izomra.

Az élő szervezetben az izmot összehúzódásra indító impulsusok a központi idegrendszerből indulnak ki és az idegrendszert az izomrostokkal összekötő idegrostok útján jutnak el az izmokhoz. Ennek megfelelőleg ingerlékenyebb az ideg mint az izom, azaz, bizonyos fokú inger az idegre behatva nagyobb összehúzódásra inditja az izmot, mintha azt közvetlenül az izomra alkalmaztuk volt. Kitünt ez kivált Rosenthal vizsgálataiból. Rosenthal a békát, melynek egyik lábához vezető véredényeit előzetesen lekötötte, curarával mérgezte meg és ezután a mérgezett láb gastrocnemiusára fektette a nem mérgezett ischiadicust. Idegen és izmon át áramcsapásokat bocsátott. Az áramcsapások a kisérlet kezdetén oly gyöngék voltak, hogy az ideget vagy az izmot nem voltak képesek izgatni. Lassan növelve az izgató áram erejét, ez csakhamar olyan fokra emelkedett, a mely mellett az idegével összefüggő izom már rángatódzott, míg a közvetlenül izgatott curarisált izom még nyugalomban maradt; hogy ez utóbbi is rángatódzék, az inger nagyságát még tetemesen kellett növelni.

Az idege felől izgatott izom rángása és azon rángás közt, melyet az izom közvetlen ingerlése után végez, nem ismerünk különbséget, sőt legnagyobb részt ugyanazon külső ingerek, melyek segedelmével az izmot idege felől összehúzódásra indítani tudjuk, alkalmasak az izomnak közvetlen ingerlésére is. Az általános idegingerek: az erőműví-, hőbeli- és vegyi behatások valamint a villamosság az izmot egyszerű rövidülésre vagy tetanusra indítják, ha közvetlenül hatnak is reá.

Erőműví behatások, mint az ütés, nyujtás, metszés, szúrás, ha bizonyos sebességgel történnek, egy-egy izomrángást vonnak maguk után. Mérsékelt nyújtás az izom ingerlékenységét fokozza.

Ily erős erőműví behatásokra az izom a megfelelő helyen hosszabb ideig marad összehúzódva *(idiomuscularis rángás)*. Az erőműví

ingerhatásoknak többszörös és gyors ismétlődése tetanust eredményezhet. Az erőműyi inger azonban rendesen megöli azt az izomrészt, melyre behat; az idiomuscularis rángás is az első ütés által az izomban okozott kisebb-nagyobb fokú zúzódásnak az eredménye.

A *hő* lényegesen befoly az izom ingerlékenységére és bizonyos fokon ingerül is szolgál. Általában az izom tovább marad ingerlékeny, ha lehűtjük, mintha az emlősök testhőfokán melegen tartjuk; természetes, hogy a megfagyasztást kerülni kell, mert az egyszer megfagyva volt izom ingerlékenységét többé vissza nem nyeri. Ez áll úgy a kimetszett békaizomra, mint az emlős izmára nézve is. Bernard melegvérű állatok nyaki gerinczagyát metszette át. Az átmetszés miatt a test véredényei felette kitágultak, az állat tetemesen lehült. Nyúlnak testhőfoka a nyaki gerinczagy átmetszése után 6—10 óra alatt 20 C.°-ra szállott le. Az így lehült állat izmai azonban halál után 6—8 óráig is megtartották ingerlékenységüket.

A mi az izomnak a hőmérséktől függő ingerlékenységi fokát illeti, azt lehet tapasztalni, hogy a békaizom ingerlékenysége nő a hőmérsék emelésével egészen 30—33, sőt 40 C.°-ig. A meleg növeli az izom ingerlékenységét, de csak múlólag, mert melegben az izmok ingerlékenysége aránylag gyorsan eltünik. Ha békaizmot 40, melegvérűét 50 C.°-nak teszünk ki, az izom csakhamar hömeredt lesz. E hőmeredés azonos a hullameredéssel (Kühne), beálltát épen a magas hőmérsék okozta.

A hő mint inger azon hőfok közelében hat, mely az izomnak életképességét szokta megtámadni; így 40 és 0 C.° körül. Sőt a 0 C.° alatti hömérsék is mindaddig izgatja az izmot, míg meg nem fagyasztja. A hőmérsék ingerként ható fokának azonban hirtelen kell az izomra behatni, hogy rángásokat, illetőleg rendetlen tetanust okozhasson.

Ehez hasonló a *vegyi ingerek* hatása is; gyors behatás által tetanicus rángásokat okoznak, és az izmot csakhamar megölik. A sértetlen izomra adott *ásványsavak* már feltünő híg oldatokban izgatják az izmot, az izomrostokban rángások állanak be. E tekintetben az izmok az idegeknél sokkal ingerlékenyebbek. A sósav, mely az ideget csak 1%-os oldatban izgatta, az izmot már izgatja, ha 1 rész savat 1000 r. vizzel hígítunk vagy akkor is, ha gőze éri az izmot (Kühne). Szénsav az izmot megöli és merevedést okoz. A *szerves savak*, mint az eczetsav és sóskasav, szintén jóval hígabb oldatokban izgatják az izmot mint az ideget. A tejsav tömör állapotban csak az ideget, híg oldatban ellenben csak az izmot ingerli; hasonló áll a *glycerinről* is. Az *alkaliák* közül az ammoniak és mészvíz csak az izmot izgatják, ellenben nem az.

ideget (Kühne). A kali- és natronlúgból már 1 r. 1000 rész vízben oldva az izmot izgatni képesek. A *sók* közül a vas-, horgany-, réz-, ezüst-, ólom sói mind erős izomingerek. Az *epe*, illetőleg epesavak, már híg oldatokban izgatják az izmot.

Izomingerek a *közönyös alkalisók* is, bizonyos fokú tömörség mellett. Ugyanez alkalisók közelebbi vizsgálatából az is kitűnt, hogy ezek bizonyos tömörségű oldatai az izmot nem izgatják és egészen közönyös folyadékokként viselkeznek, ép úgy mint a vérnedv vagy a nyirok. Így kitűnt, hogy 0·6%-os konyhasó oldat (Nasse) teljesen ártalmatlan az izmokra, ingerként nem hat és benne a békaizom ingerlékenységét órahosszat bírja fentartani. Ezért az ilyen konyhasóoldatot physiologikus víznek is szokás nevezni. Előnyösnek bizonyult az izom életképességére a phosphorsavas natrium is 1·55, és a kénsavas natrium 1·4 százalékos oldatokban. Annál erősebb inger azonban a lepárolt víz. Míg egy olyan béka, melynek véredényrendszerébe a vér helyett 0·6%-os konyhasóoldatot fecskendünk, frissen ugrik, izmai ingerlékenységüket még több órán át, sőt 1—2 napig is megtartják, addig az a béka, melynek véredényeibe párolt vizet fecskendeztünk, hullameredt lesz. Befecskendezés közben pedig izmaiban folytonos fibrillaris rángásokat lehet látni, jeleül a víz ingerhatásának, később megszűnnek ugyan a rángások, de az izom halvány, zavaros lesz és elhal. A víz tehát az izomra méregként hat.

A *villamosság* hatása az izomra hasonlít annak az idegre gyakorlott hatásához. Az *állandó villámárammal* átáramlott izomrész ingerlékenysége, gyönge állandó áramok alkalmazásakor fokozódik, erős áramok átvezetése alatt csökken. Jeleül szolgál ez annak, hogy az elektrodok közé vett izomdarab ingerlékenysége az állandó áram behatása alatt épen úgy változik meg, mint az ideg ingerlékenysége, fokozódik a kathod és csökken az anod közelében, a közönyösségi pont gyenge állandó áramok alkalmazásakor közel van az anodhoz, és az áram erejének fokozódásakor a kathod felé vándorol. A sarkokon kívül eső izomrész ingerlékenységére az állandó áram hatástalan (Bezold). Egyébként az állandó áram, mint az ideget, az izmot is leginkább indításakor és szakításakor, tehát ingadozásai közben izgatja és nem egyenletes tartama alatt. Mint már fennebb láttuk (38. §.), Bezold kimutatta, hogy az állandó áram az izmot úgy mint az ideget indításkor a kathod, szakításkor az anod helyén izgatja. Bezold eme tapasztalainak azonban ellentmondanak Aeby vizsgálatai. Aeby ugyanis 17 mm. hosszú izmon állandó áramot azalatt vezetett át, mialatt az izmon a kathod és anod köz-

vetlen közelében egy-egy íróemelő nyugodott. Ez emelők nyugalmi helyzetükből mindig egy időben mozdúltak ki, akár milyen volt az állandó áram ereje vagy iránya. A Bezold által felismert viszony szerint pedig várható volt, hogy áramindításkor az az emelő fog előbb kimozdúlni, mely a kathod, és szakításkor az, mely az anod közelében van. Újabban Engelmann, Hering és Biedermann által tett vizsgálatok azonban Bezold észleletének helyessége mellett tanuskodnak. Engelmann nevezetesen a házinyúl ureterén is tapasztalta, hogy áramindításkor a kathod, szakításkor az anod helyén indúl ki a peristaltikus mozgás. Hogy az áram indítása, a katelektrotonus beállta, az izomra is nagyobb inger, mint az áram szakítása, az anelektrotonus megszünte; e tekintetben mindannyi vizsgáló megegyezik. Erős áramoknak az izomra behatásakor Schiff a kathod helyén idiomuskularis összehúzódást látott. Közepérős áramoknál a szakításkori rángás gyengébb az indításkorinál, sőt gyakran el is marad. Csak erős áramok alkalmazásakor következik be állandóan szakításkori rángás is. Erős áramok indítása után az izom egy ideig még összehúzódva marad (Wundt). Ez összehúzódás lassan múlik.

Élő ember izmait is lehet állandó árammal izgatni. Oly egyéneken tett megfigyelések, kiknél a mozgató idegek kóros változások következtében teljesen degeneralódtak és az izmok ingerlékenységüket megtartották, az élő ember izmainak közvetlen ingerlékenysége mellett bizonyítanak. — Ha ilyen izmokra az állandó áram mindkét sarkát behatni hagyjuk, vagy ha valamely hosszú izom fölé például a biceps bracchii fölé az állandó áram sarkait oly helyen illesztjük oda, mely az ideg betérés helyétől távol esik, akkor tapasztalni fogjuk, hogy csak az áram indítása hat ingerként, szakítása nem (Erb). Midőn csak az egyik sarkat alkalmazzuk ingerképen az izomra, akkor a kathodzáráskori rángás alig valamivel nagyobb az anodzáráskori rángásnál; az idegeknél a kathodzáráskori rángás tetemesen felülmúlta az anodzáráskori rángást.

Inducált áram minden egyes csapása rángást okoz az izomban, és ha az áramcsapások elég gyorsan következnek egymásután, tetanust idéznek elő. Az inducált áramcsapások ingerhatása nemcsak azok erejétől, hanem időtartamától is lényegesen függ; 0·001 mp.-nél rövidebb ideig tartó áramcsapások az izmot nem birják összehúzódásra indítani (Fick), ha csak az áram erejét tetemesen nem növeljük. Úgy látszik, az ideg rövidebb ideig tartó áramcsapások iránt fogékony, mint az izom. A villamáramnak bizonyos időre van szüksége, hogy ingerként hasson, hogy indítása után a katelektrotonus és anelektrotonus kifejlődhessenek. Elfáradt és elhaló izmok azért kevésbbé is ingerelhetők inducált

áramok által, mint állandó árammal. Épen így tapasztalták, hogy rheumában szenvedő betegek izmai inducált áramok által gyakran nem ingerelhetők, holott állandó áram ez izmokban csak úgy okoz rángást, mint ép ember izmaiban.

Élőben az izmok izgatása inducált áramokkal annál biztosabban sikerül, minél közelebb alkalmazzuk az izgató elektrodot a mozgató idegnek az izomba való betéréshelyéhez.

41. §. Az izomingerlékenységre befolyó tényezők.

Az izom működésképességére különböző körülmények folynak be. Mint láttuk, az állandó villamáram, valamint egyéb külső behatások is lényegesen módosíthatják az izom ingerlékenységét és izgalomvezetőképességét. A következőkben a szervezetben előfordúlható belső viszonyok befolyását fogjuk még figyelembe venni, és ezek közül mint legnevezetesebbeket az izom összefüggését az ideggel s ennek útján a központi idegrendszerrel, továbbá a nyugalomnak munkával való váltakozását, az elfáradást és vérkeringést.

Ha valamely *ideg átmetszése* miatt degenerálódott: a vele összefüggött izom még jó soká megtartja ingerlékenységét. Idővel azonban az izomban is szöveti változások állanak be, melyek ingerlékenységének teljes elvesztésével végződhetnek. Az izmon, az ideg átmetszése után a 3—10-ik napon vagy később fibrillaris rángások lépnek fel, melyek jó soká eltartanak, és mindenesetre az izomban jelenlevő izgalmi állapotra mutatnak. E tünet emlékeztet a Bernard Cl. által a chorda tympani átmetszése után a gl. submaxillarisban észlelt állandó nyálfolyásra (paralytikus nyálfolyás). A bénult izom ingerlékenységi változását illetőleg tapasztalni lehet, hogy az izom ingerlékenysége a 3—4-ik napon csökken, azután emelkedik, majd sülyedni kezd, a sülyedés tart az ingerlékenység teljes elenyészéséig, melyet csak több hónap múlva ér el. Különösen az inducált áramok iránt való fogékonyságát veszti el hamar az izom, míg az állandó áram indítása vagy szakítása iránt jó sokáig fogékony marad. Az ingerlékenységi változással morphologiai változás is jár; az izom sorvad, végre pedig kötőszöveti köteg foglalja el helyét.

Hogy miben áll az idegrendszernek e megtartó befolyása az izmokra, nem tudjuk. Embereken észlelt környéki facialishűdésekből következik, hogy az érző idegek befolyása itten ki van zárva. Nem marad más hátra, mint a tápláló befolyást maguknak a mozgató idegeknek, vagy, mint némelyek akarják, külön ezekkel együtt az izomba betérő tápláló (trophikus) idegeknek tulajdonítani.

A mellett azonban, hogy az ideggel való összefüggés szükséges az izomnak, másfelől az izom kellő működésképességét annál inkább meg fogja tartani, *minél gyakrabban van használatban.* — Mindennapi tapasztalatból tudjuk, hogy nehéz munkát végző embereknek erősen kifejlett izmaik vannak; ellenben tanulók, szobatudósok, ha vívás, tornázás által izmaikat külön nem gyakorolják, gyenge izomzattal bírnak. A működés e befolyásának okát az izomösszehúzódással járó vérbőségben kell keresnünk. Minden az izomba betérő ideg izgatásakor a véredények is kitágulnak az izomban. Az edények e tágulása jóval tovább tart el az izom összehúzódásánál is. Az izom tehát összehúzódása alatt és után vérdúsabb, mint nyugalmakor, és azért jobban táplálhatik. Az edények e tágulásának oka abban van, hogy az izomba betérő ideg nem csak mozgató idegrostokat vezet az izom számára, hanem izgalmuk által az edények tágulását és szűkülését eredményező idegrostokat is. Az edénymozgató idegrostok közül hatékonyabbak a tágítók, és azért lép előtérbe ezeknek izgalma, ha az izom idegtörzsét izgatjuk (Ludwig).

Azonban a folytonos munkát sem bírja ki az izom tartósan; *elfárad* ha soká működik. A fáradt izom működésképessége csökken vagy egy időre el is vesz, és pedig annál inkább, minél erélyesebben volt az izom izgatva, és minél hosszasabban tartott az izgalma. Állandó áram sokszorosan ismételt ingerlése alatt az izom mind kevésbbé húzódik össze; a súlyt, melyet emel, mind kisebb magasságra emeli, vagy ha későbbi izgatás alatt azt akarjuk, hogy a súlyt szintén olyan magasra emelje, mint azelőtt, erősebb ingert kell alkalmaznunk. Tetanus alatt az eleintén erélyesen összehúzódott izom mindinkább megnyúlik, esetleg annyira, hogy a myographion emelője csaknem az izom nyugalmi hosszának megfelelő magasságig lesülyed. Az elfáradó izom által irt rángásgörbe e szerint, egyenes vonal. Elfáradt izom lassabban és kevésbbé magasra rövidül, mint a nyugodt izom. A lappangás időszaka is hosszabb. Az izom, ha semmi súlylyal megterhelve nincsen, csak lassan fárad el; ennél gyorsabban, ha súlyt emel, bár ezt elernyedése alatt nem hordja; még hamarébb áll be az elfáradás akkor, ha az izom a súlyt összehúzódása és elernyedése közben is tartja; és leggyorsabban, ha az izomra akkora nagy súlyt akasztunk, hogy ezt izgalma alatt emelni nem képes.

Élőben az elfáradás nem csak a munkaképesség csökkenését okozza, hanem az izmokban bizonyos kellemetlen fájdalmas érzés alakjában is nyilvánúl, melyet mindenki jól ismer magán tett tapasztalatok után. A fáradság érzetet részben az izmok, részben talán a köz-

ponti idegrendszer okozzák. A központi idegrendszer mind nehezebben tudja a szükséges impulsusokat kiváltani és az izmokhoz elküldeni. Erre abból következtethetünk, hogy nagy izgatottság mellett még igen elfáradt állapotban is tetemes munkát tudunk végezni.

Az elfáradás okai: az izom működése alatt benne felhalmozódó bomlásanyagok és az e működéshez szükséges alkatrészek hiánya. Du Bois-Reymond mutatta ki, hogy a működött izom vegyhatása savi, holott a friss nyugvó izom kémhatása közönyös lenni szokott. Későbbi vizsgálatok kiderítették azt is, hogy az izomban, működés közben kiváltképen savanyú phosporsavas kalium, tejsav és szénsav fejlődnek. Egyszersmind az is kitünt, hogy, ha a tetanisálás által kifárasztott izom véredényein át 0·6% konyhasóoldatot fecskendünk és ez által a működés alatt képződött bomlásanyagokat az izomból eltávolítjuk, az izom újból működésképessé lesz. Viszont, kifárasztott izmok húskivonatának curarisált izmok véredényeibe való befecskendezése által ez izmok ingerlékenységét lehet kisebbíteni, és ezeket az elfáradt izmokhoz hasonló állapotba hozni; ugyanez történik akkor is, ha higított phosphorsavat, vagy savanyú phosphorsavas natriumot fecskendünk az izmok véredényeibe. Hogy azonban a működő izomban nemcsak azon bomlásanyagok meggyűlése, hanem egyszersmind a működéshez szükséges anyagok, mindenekelőtt az éleny hiánya is hozzájárúl a fáradság érzetének felkeltéséhez ezt Kronecker azon kísérletei bizonyítják, melyeknél folytonosan izgatott izmon át híg konyhasóoldatot vezetett és a fáradás eltünt, ha az 1%-os konyhasó oldat közé 0·05% fölmanganusavas kaliumot vegyített. Ha a vérútból különben kizárt izmon át élenyétől megfosztott vért vezetünk, akkor ennek ingerlékenysége inkább csökken, mint fokozódik. Visszeres vérrel átáramlott izom ingerlékenységét gyorsabban veszti el, mint a vértelen izom.

Mindezek érthetővé teszik azt is, hogy miért fárad később el a testben maradt és vérrel ellátott izom, mint a kimetszett, valamint arra is utalnak ama tapasztalatok, hogy a vérkeringésnek az izom működésképességére igen jelentékeny befolyása van. A Stenson-féle kisérletnél, midőn valamely melegvérű állatnak, pl. házinyúlnak aorta abdominalisát lekötjük, a hátsó végtagok izmaiban bénulás következik be. — Du Bois-Reymond útmutatása szerint legjobban tehető meg e kísérlet, ha félívbe hajlott, troikarszerű, hüvelybe foglalt lapostűvel visszük végbe. A tűbe alkalmas szalagot fűzünk be, és mihelyt a hasfalat átszúrtuk, a tűt a hüvelybe visszahúzzuk, és az egészet a gerinczoszlop körül vezetjük. Ha a hasfal túlsó oldalát elértük, a tűt ismét előtoljuk és vele

az ez oldali hasfalat is átbökjük. Igy nem kell a hasürt megnyitni és a sértés, melyet okoztunk, annyira jelentéktelen, hogy az állatok kísérlet után többnyire életben maradnak. Ha a hasürön át vezetett szalag két végét az állat hátán elég erővel összekötjük az aortát a gerinczoszlophoz szorítjuk és elzárjuk. Nyúlon az izom ingerlékenysége az ideg felől való izgatás iránt a lekötés után 1 óra múlva teljesen eltünt, közvetlenül az izomra alkalmazott ingerre az izom a lekötés után 4—5 óra mulva szintén megszünik rángatódzni; később az izom hullameredt lesz. Ha a kötést idejekorán feloldjuk, a bénulás csakhamar eltünik és az állat végtagjait csak úgy tudja használni, mint az előtt.

A vérkeringés megszünése következtében tehát az izom működésképtelenné lesz. Megfordítva sikerült, nevezetesen Ludwig és Schmidtnek kimetszett kutya izmokat (a biceps femoris-t és a semitendinosus-t) mesterséges vérkeringés fenntartása által halál után 20 óráig is működésképes állapotban tartani. A vérkeringés tartja tehát az izmokat életben. Anyagokat visz az izmokba és vezet el onnan. Közelebbről való betekintést e folyamatokba, egyedül az izmok vegyi szerkezetének s ennek az élet folyamán szenvedett elváltozásának ismerete alapján, nyerhetünk.

42. §. Az izom vegyalkata és vegyi változások az izomban.

Az izomban működés közben vegyi változások folynak le, melyek alatt az izmot alkotó bizonyos szerves anyagok szétesnek és az ez alatt felszabaduló erély egy része az izom által kifejtett erőművi munka alakjában, egy másik része, mint látni fogjuk, meleg alakjában nyilvánúl. Mielőtt azonban a működő izomban lefolyó vegyi folyamatokkal foglalkoznánk, szükségünk van a nyugvó izom vegyalkatát ismerni.

A *nyugvó élő izom* vegyhatása közönyös vagy alkalikus. Lakmussal tett kémléseknél nem ritkán ibolyaszínű lesz a vörös és a kék lakmus is, úgy hogy az izom nem ritkán amphoter-nek tünik fel.

A fehérjék közül az élő izom egy fehérjenemű anyagot tartalmaz, mely sok tekintetben hasonlít a vérben levő rostanyagképzők-hez. Élő békaizom Kühne tapasztalatai szerint —7—10 C.°-ra lehűtve és felolvasztva visszanyeri ingerlékenységét, a megfagyasztott izom azért élőnek is tekinthető. Ha ilyen —7—10 C.°-ra lehűtött élő békaizmot, melyet a vértől előre megtisztítottunk volt, összeaprítunk és megfelelően lehűtött mozsárban 1% konyhasót tartalmazó négyszer annyi hóval porrá dörzsöljük, akkor fehér port kapunk, mely már —3 C.° mellett nehezen

szűrhető szörpszerű folyadékká lesz. Az opaleskaló szürletet *izomplasmának* (izomnedvnek) nevezzük. Az izomplasma 0 C.°-ra felmelegedve igen lassan, közönséges hőmérsék, nevezetesen pedig 40 C.° mellett felette gyorsan, kocsonyaszerűen összeálló lepénynyé alvad meg. A szürlet alkalikus vegyhatású, a lepény idővel savi reactiót nyer. A kocsonyaszerű összeállású lepényből később savós folyadék — az *izomsavó* — szorúl ki. A visszamaradó lepény puha szemcsés összeállású *myosinból* áll. A myosint minden más állat izomából is sikerült előállítani. Ez fehérjenemű test, mely vízben, alkoholban oldhatatlan. Sókban, nezetesen 5—10%-os konyhasóban könnyen feloldódik, de az oldatból feles konyhasó hozzáadására, valamint 55—60 C.°-ra való melegítéskor kiválik. Híg savak, nevezetesen sósav hozzáadására acidalbuminná, híg alkaliák behatása alatt pedig alkalialbuminná lesz.

A myosinmegalvadás az izomplasmában teljesen megegyezik azon folyamattal, melylyel a vér élettanában a vérrostanyag képződését illetőleg fogunk megismerkedni, azért a myosinképzést, úgy mint a rostanyag képződését a vérből, erjedésfolyamatnak tekintjük.

Az izomsavóban Kühne még háromféle fehérjét különböztet meg. Egyik ezek közül hidegvérű állat izomsavójából 45 C.°, melegvérűéből 50—55 C.° mellett válik ki. Ezt *musculin*nak nevezik. A musculin a myosintól abban is különbözik, hogy konyhasóoldatokban oldhatatlan. Ezen kívül van az izomsavóban 75 C.° mellett megalvadó *serumalbumin* és *alkalialbumin* is. — Az alkalialbuminról megjegyzendő, hogy a serumból igen különböző hőmérsék mellett válik ki, mi az izomsavó, sav és só tartalmától függ.

A mi az izom anisotrop anyagának (a sarcous elements) vegyalkatát illeti, tagadhatatlan, hogy ezek is fehérjenemű anyagból állanak. A haráncsikolatok elvesztik kettős törőképességüket mindazon behatások alatt, melyek fehérjéket megváltoztatnak. Plósz azt találta, hogy izmokból, melyekből a myosint sósvízzel való kezelés által eltávolította, savakkal acidalbumint és alkaliákkal alkalialbumint állított elő, a kettős törés eltünt. Plósz azért itt a fehérjét más ismeretlen anyagokkal gondolja egyesülve, mely vegyi egyesületeket a sav és alkaliák felbontják, de a sók nem.

Az izom összes fehérjetartalma 16—20% közt ingadozik.

Az izom egyéb alkatrészeit illetőleg, a vörös izmokban *hæmoglobin* fordúl elő, mi az izmoknak vörös színt kölcsönöz. Hogy a hæmoglobin nem az izmok edényeiben előforduló vér alkatrésze, hanem maguknak az izmoknak lényeges alkatrésze, azt Kühne bizonyította be, úgy hogy tel-

jesen vértelen izmokon is kimutatta a hæmoglobin jelenlétét úgy spektroskoppal valamint hæminjegeczek előállítása által is (lásd a második rész 150-ik §-át). Igen valószínű, hogy az izmok hæmoglobinja az izmokban képződik, nem pedig a vérből kerül oda. E mellett szólnak azok a tapasztalatok, hogy bizonyos állatok izmai mindig halványfehérek maradnak, hogy például a házinyulak bizonyos izmai mindenkor fehérek, míg mások mindig pirosak, erre utal végre az a tapasztalat is, hogy a borju izmai fehérek míg szopik az állat, és vörösek lesznek, a mint zöld táplálékra kerül.

Egyéb légenytartalmú anyag közül: az *elastin* és *collagen* talán kizárólag is, de mindenesetre a legnagyobb részben, az izomrostokat környező kötőszövetből és véredényekből származik. A *kreatin* és *kreatinin* közül a kreatin kétségkívül jelen van az izomban, a kreatinint illetőleg pedig eltérők a vélemények. Neubauer és Nawrocki csak kreatint találtak az izomban; Voit C. szerint is csak ritka esetben van kreatinin mint olyan az izomban. Voit C. szerint van kretin:

békaizomban	0·21—0·35
marhaizomban	0·2198—0·2763
kutyaizomban	0·2231—0·2479
nyúlizomban	0·2693—0·3361 és
emberizomban	0·282—0·3026%

Carnin, *hypoxanthin*, *xanthin* és *húgysav* rendes alkatrészei az izmoknak. *Inosinsav*, *taurin* és *lecithin* előállítása az izmokból szintén sikerült. *Húgyanyag* rendes jelenléte az izomban kétes; betegek izmaiban és némely hal izmaiban találták; Picard P-nek házinyulak izmaiból 3‰ húgyanyagot sikerült előállítani.

A fehérjefélék és származékaikon kívül vannak még az izmokban a szerves anyagok közül: *zsirok*, *glykogen*, *inosit*, és esetleg *tejsav*. Ezek közül a zsír nagy és kis mennyiségben lehet az izomban, legkisebb zsírtartalmat sovány ökör izmaiban találtak 0·76%-zsírtartalommal. Glykogen is igen változó mennyiségben fordúl elő; középértékben 0·90%-ot tesz ki az izmok glykogen tartalma.

A nem szerves anyagok az izomban 1—1·5%-kal kiválóan phosphorsavas kaliumból, kevés mész és magnesium phosphorsavsókból és vasból állanak. Natrium- és Chlor-nak csak nyomait lehet találni. Végre sok víz, és légnemű anyagok, nevezetesen szénsav fordúlnak elő az izomban.

Emberizomban a felsorolt anyagok közül foglaltatnak: vízben oldhatlan fehérje 15·54%, oldható fehérje 1·93%, enyvadóanyag 2·07%, kivonat-anyagok 3·71%, zsírok 2·30%, víz 74·45%. A szilárd anyagok összes mennyisége 25·55%-ot tesz ki. (Bibra).

Mindezen alkatrészeken kívül az izom még erjesztőanyagokat is tartalmaz. Ilyen erjesztőanyag okozza az izomban a myosin kiválást. Előállítása hullamerev izomból sikerült; hogy ez erjesztő az izomban jelen van, a mellett szól a myosinkiválás már említett hasonlósága a vérmegalvással, valamint az a tény, hogy az izomplasmából kivált myosin felbontja a könenyfeléleget. Sikerült továbbá az izomból czukorerjesztő anyagot előállítani, mely az izomban a glykogent szőlőczukorrá, vagy legalább egy ennek csoportjába tartozó anyaggá változtatja át. Az izomban bizonyos viszonyok közt történő tejsavképződés tejsaverjesztő jelenlétére is utal.

A testből kivett izom, valamint a véredények lekötése által a vérútból kizárt izmok, vagy elhalt egyén izmai, előbb utóbb elvesztik ingerlékenységüket. Az ingerlékenység eltünését a *hullamerevség* (rigor mortis) követi. Embernél a hullamerevség a halál után azonnal is beállhat; így látták azt tetanusban szenvedő egyénnél a halállal egyidejüleg beállani, de legtöbbször 10 percztől 7 óráig tartó időközben, sőt erőszakos halál esetében csak 16—18 órával fejlődik ki a halál után. A hullamerevség rendesen a fejen és nyakon indúl meg, innen átterjed a törzsre, ettől a felső, majd az alsó végtagokra. A hullamerevség annál gyorsabban áll be, minél gyengébb az illető egyén izomzata és minél inkább ki volt fárasztva közvetlenül a halál előtt. Innen van, hogy csatamezőn elesetteket néha azon helyzetben találják megmerevedve, a melyet lelövetésük pillanatában elfoglaltak volt (catalepticus hullameredés). Tapasztalták, hogy ezen catalepticus hullamerevség gerinczagysértések miatt elhaltakon észlelhető. Nyilván, a harczmezőn elesett egyén előzetesen fárasztó meneteket végzett és ezek hozták izmait abba a helyzetbe, melybe a hosszasan hajtott vad izmai jutnak, melyek tapasztalat szerint néha halál után mondhatni azonnal megmerevednek. Tagadhatlan az is, hogy gerinczagysértésekre az izmok izgalomba jutnak és e miatt egy időre megmerevednek, e merevség alatt kellett tehát a hullamerevségnek beállani. Hogy gerinczagysértések izommerevséget okoznak arról békán könnyű meggyőződni, ha az állat megölése végett a gerinczagycsatornán végig kötőtűt szúrunk. Békán a gerinczagyszúrást követő merevség természetesen elmúlik és az izom jóval később lesz hullameredté, mert a hidegvérű állatok izmai halál után csak 1—2 nap mulva szoktak hullameredtekké lenni. A hideg egyáltalában késlelteti, meleg sietteti a hullamerevség beálltát; mint láttuk 40 C° mellett a békaizom is azonnal hullameredt lesz (höderme). Ember ébrény a 7-ik hónap előtt nem lesz hullameredt. Gátolják a

hullamerevség beálltát: lehülés vagy megfagyás, sok élenyü vér vagy 10% konyhasóoldat bevezetése az izom edényrendszerébe, különösen azonban az izom leforrázása vagy alkohollal való leöntése. Késlelteti a hullamerevség beállását: a mozgató idegek átmetszése. Úgy látszik tehát, hogy a hullamerevség nem egészen független az idegrendszertől, melyről egyébként láttuk, hogy halál után ebben is megalvadási folyamat megy végbez.

A hullamerev izom rövidült és megvastagodott, mintha erősen összehúzódott volna. Egyébként a merev izom, górcső alatt zavaros és nem átlátszó. Az izom ellenállóbb; ha megmerevedett végtagot erőszakkal meghajlítunk, úgy a hullamerevség csak akkor fejlődik újra ki rajta, ha az azelőtt még teljesen kifejlődve nem volt, különben pedig nem.

A hullamerevség beállta az izom elhalásának kétségtelen jele. A *Stenson*-féle kísérlet vége szintén hullamerevség. Nyúlnál is beáll az aorta abdominalis lekötése után 2—6 óra alatt. Az izom tehát a vérkeringést nem nélkülözheti. Ezt bizonyítja az is, hogy ha kevéssel a megmerevedés beállta után vért fecskendünk az izom edényeibe a hullamerevség kifejlődését még meg lehet gátolni, de nem akkor, ha ez már egészen kifejlődött.

A hullamerev izom vegyalkata lényegesen eltér az élő izom vegyalkatától. A minden vértől megtisztított hullamerev izom vegyhatása savi. Sőt a sav itt oly fontos szerepet játszik, hogy tapasztalat szerint élőizomban is hullamerevséget lehet előidézni, ha igen gyenge sav, például a szénsav, behatásának kitesszük. 0·1—0·2% tejsav- vagy sósavnak az izom edényeibe való befecskendezésére azonnal beáll a hullamerevedés. A hullameredt izom savi vegyhatását szabad tejsavnak, egy olyan alkatrésznek jelenléte okozza, mely élő nyugvó izomban nincs jelen. Minthogy a tejsavképződés az izomban nem csak a levegőn történik, hanem olaj vagy higany alatt valamint légüres térben is, következik, hogy a tejsavképződésre hullamerev izomban az éleny jelenléte nem szükséges.

Azonban a merevség közvetlen okozója nem a szabad sav, hanem az izomban volt azon fehérjenemű anyag kiválása, melyről láttuk, hogy megalvadása által kocsonyaszerű összeállást kölcsönöz az izomplasmának, tehát a megalvadás által képződött myosin. Ha hullamerev izmot minden vértől, zsírtól és kötőszövettől jól megtisztítunk és összeapritunk és ismételten vízkivonatot készítünk belőle, az izomállománynak vízben oldhatatlan nagy része visszamarad. Ez anyag 10% konyhasó oldatban, nehezen szűrhető ragadós anyagként, feloldódik,

a myosin sóoldatából víz hozzáadása által pelyhekben kiválik és általában a myosinnak minden tulajdonságával bír. Kühne, a kinek a hullamerevség okát illető ismereteinket köszönjük, azt is kimutatta, hogy az élő izomból nyert plasma ugyanazon idő alatt alvad meg, a mely idő alatt az izom megmerevedni szokott.

A *myosinképző* fehérjén kívül a szabad sav, mely a hullamerev izomban jelen van kiválasztja az *alkalialbumint* is, miáltal a hullamerevséget növeli. A *muscülin* csak akkor válik ki, hogyha az izom 44—50 C°-nak ki volt téve. Ha az izom hőmérsékét még tovább egészen 70—80 C°-ig növeljük akkor a *serumalbumin* is kiválik és a hullamerevség lehető legmagasabb fokát éri el.

Ezeken kívül feltünt még, hogy a hullamerev izom kevesebb glykogent tartalmaz, mint az élő, sőt ha a savképződés magas fokot ért el, az izomban glykogent nem is lehet találni. Helyette egy czukornemű anyag lép fel, mely a szőlőczukor tulajdonságaival bír s *húsczukornak* (Meissner) neveztetik. Gyakran van az ilyen hullamerev izomban erythrodextrin is, mint átmeneti terméke a glykogennek húsczukorrá (Nasse). A húsczukor is fogy a hullamerev izomban, az erjedésfolyamat további menete alatt és *tejsav* lesz belőle. Újabban Böhm által tett észleletek szerint, a glycogen fogyása a hullamerev izomban rohadás eredménye lenne és a tejsav nem glycogenből, hanem valószínűleg fehérjék széteséséből származnék.

Hullamerev izomban még nagyfokú *szénsav* képződés is foly. Szervezetünkben rendesen a szénsav szerves, szént tartalmazó anyagok élenyülése útján képződik, hullamerev izomban azonban a szénsav e módon nem jöhet létre. A hulla élenyt nem vesz fel. Élenyt nem tartalmazó békaizomban is az izom hullamerev állapotában szénsav lesz szabaddá kiváló nagy fokban. A hullamerev izomban felszabadult szénsav ilyeténképen csak hasadás útján jöhet létre, miután pedig a képződött tejsav és szénsav mennyisége közt mutatkozó bizonyos arányviszony állandónak bizonyúlt, valószinűséggel állítható, hogy a hullamerev izomban a szénsav képződése a tejsav képződéssel együtt jár.

Ha a szabadsav mennyisége bizonyos magas fokot elér akkor oldani kezdi a megalvadt fehérjéket, a myosint, a kiválasztott alkalialbumint és az esetleg kiválasztott musculint is. Ezentúl az izom rohadásnak indúl.

Röviden mondhatjuk, hogy az élő izom vegyhatása közönyös vagy alkalikus, rostjaiban pedig a többi közt myosinképző anyagot, alkalialbumint és glykogent tartalmaz. A hullamerev izom vegyhatása savi, benne megalvadt myosint és kiválasztott alkalialbumint lehet találni,

ellenben nem oldott myosinképzőt és alkalialbumint; a glykogen többnyire megfogyott; ezeken kívül húsczukor illetőleg tejsav és szénsav is vannak a hullamerev izomban.

A *nyugvó izomban* vegyi változások folynak le, melyek az izom működése alatt annak megfelelően fokozódnak. E vegyi változásokban a légenytartalmú anyagok úgy tetszik nem igen vesznek részt, hanem igen az izom légenymentes alkatrészei és ezek közül különösen a glykogen. Erre utalnak nevezetesen azok a tapasztalatok, melyeket a vizsgálók akkor tettek, midőn az izomhoz vezető idegeket vagy a gerinczagyat átmetszették. Az idegátmetszés tudniillik tetemesen csökkenti a nyugvó izom anyagforgalmát és látni lehet, hogy az izom glykogen tartalma 5 egészen 172%-kal nagyobbodik (Chandelon). E tapasztalat egyszersmind arra is utal, hogy az idegrendszer bizonyos állandó befolyást gyakorol az izomra, melynél fogva annak anyagcseréjét fokozza. Ezen chemiai tonus a motorikus idegek kisfokú állandó izgalma által van feltételezve. A böridegek izgatása lehülés által fokozza, egyenletesen tartó hőmérsék vagy morphium mérgezés pedig kisebbítik e tonust.

Hogy mivé lesz a nyugvó izomban eltünő glykogen, és melyek az izomban lefolyó vegyi változás végterményei, e tekintetben legjobb feleletet ád az izomból kifolyó vér vegyalkatának összehasonlítása az izomba bevezetett vér vegyalkatával, mint azt Sczelkow tette, Ludwig vezetése alatt. Sczelkow kísérletei közül két vizsgálat eredményét közöljük itten, melyek alatt a vér éleny, légeny és szénsav tartalma lett meghatározva; az értékek 0C° hőmérsék 1 méter higanynyomás alatt, a vér térfogatszázaléka arányában vannak kifejezve.

		O	N	szivattyú által kivonható szénsav	vegyileg kötött szénsav	összes szénsav	$Q = \frac{CO_2}{O}$
1. kis.	ütőeres vér	12·083	1·108	25·726	1·377	27·103	
	nyugvó izom visszeres vére	4·389	1·080	32 872	1·532	34 404	0·949
	működő izom visszeres vére	4·680	1·318	38·078	1·452	39·530	1·679
2. kis.	ütőeres vér	17·334	1·636	24·204	0·341	24·545	
	nyugvó izom visszeres vére	7·500	1·364	31·036	0·550	31·486	0·716
	működő izom visszeres vére	1·265	0·923	34·443	0·438	34·882	0·643

E vizsgálatok szerint nem szenved kétséget, hogy a nyugvó izomban tetemes élenyfogyasztás mellett élénk szénsavfejlesztés foly. Az

élenyfogyasztás és szénsavképzés mellett tanuskodnak Pflüger laboratoriumából kikerült vizsgálatok is. Curarával mérgezett állatokon az éleny elhasználása és szénsav fejlesztése tetemesen kisebbedik. Hasonló tűnt ki morphiummal mérgezett állatra nézve is. Ugyanazok a behatások tehát, melyek alatt a glykogen szaporodik az izomban, csökkentik az éleny elhasználást és szénsav fejlesztést is.

A nyugvó izomban lefolyó vegyi változások alatt összetett szerves anyagok — a glykogen és esetleg egyéb szénkönenyvegyek is — éleny felvétel által, szénsavra és nyilván vízre is esnek szét. E szétesés alatt potentialis erélynek actualis erélylyé kell átalakulnia; minthogy az izom munkát nem végez, azon actualis erély nem erőművi munka alakjában hanem, mint kitűnt, meleg alakjában lesz szabaddá. Tényleg az izomban lefolyó vegyi változásokkal egyenes arányban változik az izom által termelt hő is. Az izom ezen hőtermelésének feltételeivel bővebben foglalkozunk majd a következő §-ban.

Fokozódik a *vegyi változás, ha összehúzódásra nevezetesen tartós tetanusra indítjuk az izmot.* Míg a nyugvó izom vegyhatása közönyös vagy alkalicus, addig a működőé savanyú; erélyes tetanusban volt izom a kék lakmust megvörösíti. A legújabb időkig még általánosan elfogadott vélemény volt az, hogy a működő izom savi vegyhatása a működés alatt képződött tejsavtól származik, mint a hullamerev izomé. Warren és Astachensky által tett vizsgálatokból azonban kitűnt, hogy az izom tejsavtartalma tetanus alatt nem csak nem nő, hanem ellenkezőleg kisebbedik. Ennek megfelelőleg Weyl és Zeitler kimutatták, hogy az izomban működése közben a phosphorsav szaporodik meg; a működött izom savanyú kémhatását savanyú phosphorsavas kalium (KH_2PO_4) jelenléte okozza. A nevezett vizsgálók szerint a phosphorsav a lecithin és nuclein széteséséből származnék, mi ha valónak bizonyúlna, a mellett tanuskodnék, hogy az izomban működés közben légenytartalmú anyagok is esnek szét.

Eddigelé egyenes tapasztalataink nincsenek, melyekből kitünnék a légenytartalmú anyagoknak, és így nevezetesen a fehérjéknek is, a működő izomban lefolyó anyagcserénél valamelyes közvetlen szerepe; sőt, mint Voit tapasztalta, erős munkát végzett ember húgya nem tartalmaz észrevehetőleg több húgyanyagot, mint a nyugvó emberé. Ellenben nem szenved kétséget, hogy tetanisált izom kevesebb glykogent tartalmaz mint a nyugvó. A működéskor felszabaduló actualis erély nagyrészben a glykogen széteséséből származik. Azonban az izomerőnek még más anyag vagy anyagok széteséséből is lehet származnia, e mel-

lett szól legalább az a tapasztalat, hogy éheztetett állatok izmai glykogent nem tartalmaznak, de azért ingerlékenyek és összehúzódni is képesek. Ezeken kívül a Helmholz által tett vizsgálatokból kitünt, hogy a működő izomból kevesebb anyag vonható ki vízzel és több alkohollal, mint a nyugvó izomból, a mi részben onnan van, mert a glykogen, mely vízben oldható, fogyott, helyette pedig az alkoholban oldható kivonatanyagok megszaporodtak.

Sczelkow fennebb közölt két kísérletének eredményéből azt is látjuk, hogy az izomból kifolyó vér szénsavtartalma működés alatt tetemesen nő. Fokozódott szénsavtermelés észlelhető a vérútból kizárt tetanisált izmon még légüres térben is. Valamint növelt szénsavképzés mellett bizonyítanak az összes légcserére irányított vizsgálatok; nagyobb fokú munka mellett tetemesen nő a tüdő által kilehelt szénsavtartalom; Pettenkofer és Voit észlelték, hogy ha valaki 1 óráig tartó nehéz munkát végez, ötször annyi szénsavat lehel ki, mint nyugalmakor.

A fokozódott szénsavkiválasztás itt is, mint a hullamerevségnél semmi arányban sem áll az elhasznált éleny mennyiségével. A Sczelkow után általunk idézett két kísérlet közül is, az elsőben alig fogyott több éleny az izom működése alatt, mint nyugalomkor, tetemesebb volt az élenyfogyasztás a második kísérletben; az éleny elhasználásának fokozódása semmiképen sem áll arányban a szénsav-kiválasztás fokozódásával. Még feltünőbb az aránytalanság az elhasznált éleny és képződött szénsav között a kivágott izmon, melyről mondtuk, hogy légüres térben is összehuzódik és szénsavat fejleszt. Hasonlót észleltek békaizmon, ha ezt légenygázban tartva izgatták; az izom tetanusba volt indítható, az általa fejlesztett szénsavat a tetanus alatt meglehetett határozni. Ezek szerint a működő izomban élenyülésen kívül hasadásfolyamatoknak is le kell folyni. E hasadásfolyamatok útján lesz szabaddá a szénsav nagy része. Az ily módon működött izomban természetesen a szénsavon kívül kevés élenyü vegyületek is képződnek és ezeknek tulajdonítandó az izmoknak azon sajátsága, hogy színíthető anyagoktól az élenyt könnyen elvonják, mint azt békaizmokkal tett kísérleteik közben Grützner és Gscheidlen észlelték.

Ezek szerint a működő izomban tulajdonképen csak fokozódva találjuk azt a vegyi folyamatot, mely kisebb mértékben élő nyugvó izomban is állandóan foly és ez főleg a szénhydrátok, nevezetesen a glykogen és egyéb anyagok, elhasználása és a szénsav fejlődése. Az izomban anyagok esnek szét és ez által lesz benne az erély szabaddá. Ez anyagokat az izomnak táplálás által pótolni kell, hogy újból olyan működés-

képessé váljék, mint milyen működésképes tetanisálása előtt volt. Bár a fehérjék szétbomlásának végterményei az izom működése alatt nem szaporodnak, az a körülmény, hogy a glykogen, mint látni fogjuk, fehérjékből is képződik és hogy PFLÜGER szénsavat oly anyagból is látott előállani, mely nem volt sem szénhydrát sem zsír, a mellett szól: hogy itt a fehérjéknek lényeges szerepe van és nincsen kizárva, hogy a felszabaduló szénsav nagy részben igen összetett anyagból, talán épen fehérjenemű anyagból, származik.

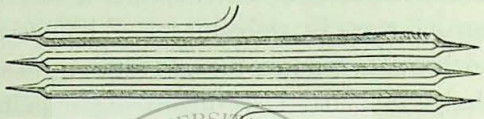
43. §. Hőfejlesztés az izomban.

Már a nyugvó izomban lefolyó vegyi folyamat tárgyalásakor utaltunk az izomban fennálló állandó hőtermelésre. A szervezetünkben fejlődő meleg legnagyobb része itt szabadúl fel. E hőfejlesztés nő az izom összehúzódásai közben. Ha fázunk, mozgás által igyekszünk testünket felmelegíteni. A kutya lábizmai közé dugott higanyhőmérő emelkedik, a mint az izmokat tartósabb összehúzódásra indítjuk. De mert működő izomban élénkebb a vérkeringés, nem lehetetlen, hogy a jelzett magasabb hőmérsék innen származik. Valjon fejleszt-e az izom rángásai közben függetlenül a vérkeringéstől is meleget? e kérdés eldöntésére legalkalmasabb hidegvérű állat kivágott izmain tenni vizsgálatokat. MATTEUCCI üvegedénybe több békalábszárat s ezek közé hőmérőt tett, úgy hogy az izmok a hőmérőt minden oldalról körülvették. A békaizmok tartós izgatása alatt nőtt a hőmérsék az üvegedényben. Ilyen eljárás azonban nem alkalmas az izom hőfejlesztőképességének pontos meghatározására. A békaizmok kicsinyek, azokba higanyhőmérőt beállítani, vagy velök a hőmérőt teljesen körül fogni nem lehet, azért utalva vagyunk thermomultiplicatorral tenni a vizsgálatokat.

Ha két különböző fém két végét összeforrasztjuk és a két forrasztáshely közül az egyiket más hőfoknak tesszük ki, mint a másikat, a két fémben villamos áramlás indúl meg. Így, ha újezüst-rúdnak két végére vasat forrasztunk oda, akár kétszer meghajlott vasdarab két végét, akár pedig két vasdarab közül az újezüst-rúd minden végére egyet-egyet és a vasdarabok két szabad végét vezető sodrony által kapcsoljuk össze egymással: akkor a két forrasztáshely közül az egyiknek felmelegítésére ebben a vastól az újezüst felé haladó irányban villamáram indul meg, mint erről meglehet győződni, ha az áramot könnyen mozgó delejtű körül vezetjük. Megfordított irányban kering az áram, ha a forrasztáshelyet lehűtjük. A delejtű kitérítése egyenes arányban nő a forrasztáshelyek hőkülönbségével. A két fémnek két helyen való ilyen összeforrasztása által nyert, hőáramfejlesztésre alkalmas eszközt *thermoelemnek* nevezik. Az eszköz érzékenységét tetemesen fokozza az, ha az áramerő mérésére, egyszerű delejtű helyett,

astatikus delejtűpárral ellátott mutiplicatort vagy galvanometert használunk. Ilyen czélra a multiplicator körül aránylag vastag rézhuzal 50—100-szor legyen körülvezetve. A bizonyos hőkülönbségeknek megfelelő kitérítést meg lehet határozni és ha ez egyszer mindenkorra megtörtént, gyors és finom hőmeghatározásokra igen alkalmas eszköz áll rendelkezésünkre.

A thermoelem által nyerhető áramok igen kicsinyek, az izomban fejlesztett hő jelzésére: azért, egy ilyen elem magában, többnyire elégtelen is. Érzékeny eszközt lehet azonban nyerni, ha több thermoelemet úgynevezett thermolánczczá kapcsolunk össze. Az összekapcsolás úgy történik, hogy több újezüst- és vasrudat váltakozva helyezünk egymás mellé és végeiket váltogatva forrasztjuk össze egymással; csak az utolsó vas- és újezüst-rúd egyik vége marad szabadon, hogy a multiplicatorral összeköthetők legyenek. Újabban az ilyen vas és újezüstből, készített thermoelemek végeit tűszerűen szokás kihúzni, hogy az izomba könnyen beszúrhatók legyenek; az ezek által esetleg okozott sértés csekély és az izomba több ilyen forrasztási hely vezethető be (41. ábra). Más és régibb szerkezetű az izom hőfejlesztésének tanulmányo-



41. ábra. Tűalakú thermoláncz.

zására Heidenhain által használt thermoláncz. Heidenhain bismuth és antimonból készítette elemeit, azon fémekből, melyeknek thermoelektricus ereje a legnagyobb. Tizenhat, tompa végével egy síkba eső ilyen elemből állott a thermoláncz és úgy volt rámába fogva, hogy az izom (gastrocnemius) a thermoelemek végeivel egyik oldalon folytonos érintkezésben állott, összehúzódása alatt épen úgy, mint nyugalmakor. Helyes, úgy ezen, mint a tűalakú thermoláncz tulsó végére ugyanazon állatból vett izmot tenni, hogy a két vég lehetőleg egy hőfokon legyen. Heidenhain eljárásával csak az izomfelület hőváltozását mérjük; ezen kívül az izom dörzsölése a thermolánczon az összehúzódások alatt, szintén meleget fejleszthet. Az ezekből eredő ily hibák némiképen kisebbíthetők, ha az izmot finom tűvel a thermoláncz rámájának alsó széléhez odatűzzük.

A kivágott békaizom egyszeri rángása alatt kifejtett meleget Heidenhain 0·001—0·005 C.°-nak megfelelőnek találta. A tetanus alatt termelt meleget Helmholtz határozta meg. Az e czélra *használt* béka egyik lábát levágta és azt a thermoláncz egyik végéré tűzte, míg a testtel összefüggésben hagyott másik láb a thermoláncz második végére volt reá illesztve. Ez utóbbi lábat Helmholtz a béka gerinczagyának izgatása által tetanusba hozta. Kezdetben mind a két lábban egyenlő volt a hőmérsék, 2—3 perczig tartó tetanisálás alatt azonban az izgatott láb hőmérséke 0·14—0·18 C.°-kal emelkedett.

Az izom által működése közben kifejtett meleg nagysága az izomban lefolyó vegyi folyamat miatt szabaddá lett erély nagyságától függ.

Ez erély egy része, mint munka, másik része mint meleg nyilvánúl. Különböző körülmények folynak be arra nézve, miként oszlik meg munka és meleg közt az izom által kifejlett actualis erély. Igy az *inger nagyságának* növekedésével, mint tudjuk, bizonyos határig egyenletesen nagyobbodik az izomösszehúzódás foka, evvel gyorsuló sebességgel nő a hőfejlesztés is. Több kis összehúzódás kevesebb meleget fejleszt tehát, mint egy olyan nagy, melynek magassága azon kisebb összehúzódások összegének felel meg. Ezek szerint a rövidülés aránylag annál nagyobb anyagforgalommal és így annál nagyobb erélyfelszabadulással jár, minél magasabbra emelkedik (Nawalichin).

De a valamely izom által kifejtett hő nagysága, az inger nagyságán kívül, még más tényezőktől is függ. Egy ilyen, az izom által termelt hő nagyságára lényegesen befolyó körülmény az, vajjon végez-e az izom munkát összehúzódása alatt vagy nem. Mert a tetanisált és munkát nem végző izom minden actualis erélye meleg alakjában nyilvánul, így például akkor, ha az izmot akkora súlylyal terheljük meg, melyet meg bir ugyan, de melynek terhe alatt összehúzódni nem képes. Legtöbb meleget fejleszt az izom, ha végeit megrögzítjük és ez által összehúzódásában meggátoljuk. Innen van, hogy tetanus alatt az ember (Wunderlich) és az állatok (Richet) testhőmérséke rendkívül magasra emelkedhetik. Ha pedig az izom izgalma alatt összehúzódik, akkor bizonyos határig a megterheléssel egyaránt nő a termelt meleg és a végzett munka. E viszony a meleg és munka közt azon akadály nagysága szerint változik, melylyel az izomnak összehúzódásai közben meg kell küzdeni. A fejlesztett meleg előnyére van, ha az izom az általa emelt súlyt elernyedése alatt is hordja; ilyenkor az izom kifelé munkát nem végez, a súly emelésekor munka alakjában szabaddá lett erély, az izom elernyedésekor benne meleggé változik át. Másként van a dolog, ha az izmot, miután összehúzódott, súlyától megszabadítjuk, ilyenkor a mérhető meleg sokkal kisebb, bár a súly nagyobbodásával bizonyos határig szintén nő. Ugyanazon inger mellett munka és meleg közt olyszerű viszony áll fenn, hogy minél kevesebb munkát végez valamely izom, annál több meleget fejleszt; minél inkább van valamely izom megakadályozva munka végzésében, a benne szabaddá vált actualis erélyből annál több lesz meleggé.

Heidenhain és Fick tekintettel voltak még az inger alkalmazása szaporaságának és az elfáradásnak befolyására az izom hőtermelésére. A mi az elsőt illeti, a nevezett vizsgálók azt találták, hogy az inger szaporasága a fejlesztett hő nagyságára csak addig van befolyással, a med-

dig az izomrövidülést növelni képes. Elfáradt izomban pedig nem csak a munkaképesség, hanem a hőképzés is csökken.

Végre megemlíthetjük még, hogy a hullamerevség is hőfejlesztéssel jár. E hőtermelés oka lehet egyfelől az a körülmény, hogy a hullamerevség beálltakor a folyó izomállomány szilárd halmazállapotba megy át (Walther), valamint okai lehetnek azon vegyi folyamatok, melyek a hullamerevség alatt az izomban lefolynak.

Az élő nyugvó izomban lefolyó anyagcsere hőfejlesztéssel jár. Munka közben a fokozódott anyagcsere alatt még nagyobb e hőtermelés. Nem tudjuk ugyan eddigi ismereteink alapján a nyugalomban levő izom által fejlesztett hőt külön meghatározni, de meg van határozva a működő izom által fejlesztett meleg. Az ilyen izomban a viszonyt a munka és a fejlesztett összes erő közt Fick olyannak találta, mint 1 : 3·5 egészen 23·6-hoz, mi 29- egészen 4%-nak felel meg; ez természetesen az izommegfeszülés fokától függött. Ha tekintetbe vesszük, hogy az izmok testünk igen jelentékeny részét teszik és hogy, mint láttuk, a nyugalom alatt termelt meleghez még az izmok működése közben fejlesztett hő is hozzájárul, úgy izmainkat méltán testünk legfőbb hőtermelőinek tekinthetjük.

44. §. A villamfejlesztő képesség az izomban.

Mint az idegnek, úgy az izomnak is villamfejlesztő képessége van. Ha ideg-izom készítményt készítünk és az üveghoroggal felemelt n. ischiadicust a m. gastrocnemius közepe tájára reábocsátjuk vagy attól elemeljük, az izom rángatódzik. E tünemény oka abban van, hogy az izom saját árama az idegben kering, midőn ez az izmon fekszik, megindúl, ha az ideget az izomra fektetjük és megszakad, ha az ideget az izomtól elemeljük; az izomáram e megindítása és megszakítása ingerként hat az elvezetőként szereplő idegre s ennek izgalma az izmot összehúzódásra indítja. E kisérlet egymaga is elegendő az izom villamfejlesztő képességének kimutatására. A közelebbi vizsgálatok ugyanazon eszközökkel és ugyanazon eljárások szerint teendők, mint az idegeknél. Mint az idegen, úgy az izmon is *hossz-* és *keresztmetszetet* különböztetünk meg. A *természetes hosszmetszet* az izom szabad felülete; *mesterséges* az a *hosszmetszet*, melyet az izom hosszfelületével párhuzamosan húzott metszéssel készítünk. *Természetes* az izom *keresztmetszete* az izom inas végén; *mesterséges*, ha az izmon átvezetett keresztmetszettel állítjuk elő. A két keresztmetszettől egyenlő távolban az izom körül vezetett vonal, itt is az *aequatornak* felel meg.

Ha párhuzamos rostú izom, például a m. sartorius, két pontját nem sarkított elektródokra fektetjük, az izomtól villamáramot vezethetünk el, ép úgy, mint az idegtől. Az izomáram legerősebb, ha az egyik elektrod az æquatoron, a második a keresztmetszeten érinti az izmot. Irányát illetőleg a vezetőben az æquatortól a keresztmetszet felé kering, az izomban tehát megfordítva, a keresztmetszettől az æquatorhoz halad. Gyengébb áramokat kapunk, ha mind két elektrod a hosszfelületet érinti, úgy, hogy az egyik közelebb, a másik távolabb van az æquatortól; az áram a vezetőben ilyenkor az æquatorhoz közelebb álló elektrodtól az æquatortól távolabb álló elektrodhoz folyik. Ellenben nem lehet az izomtól áramot elvezetni, ha a két elektrod az æquatortól egyenlő távolban fekvő két ponton érinti az izmot. Ha mindkét elektrodot az izom keresztmetszetére illesztjük, úgy hogy az egyik elektrod a keresztmetszet központját, a második egy a hosszfelülethez közel álló pontot elvezetőleg érint, akkor szintén kapunk áramot, mely a vezetőben a második elektrodtól az első felé kering; nincs áram, ha a két elektrod a keresztmetszetnek központjától egyenlő távolba eső két ponttal áll érintkezésben.

E tapasztalatok szerint, az æquator a legpositivebb, a keresztmetszet központja a legnegativebb pontjai az izomhengernek. A positiv feszülés az æquatortól a keresztmetszet felé, a negativ feszülés a keresztmetszet központjától a hosszfelület felé mind inkább csökken.

Friss élő izom elektromotorikus erejét előnyös kisérleti berendezéssel, du Bois-Reymond, 0·05—0·08 Daniell-elemmel megfelelőnek találta.

Ilyen villamfejlesztő képessége van nemcsak a béka, hanem egyáltalában minden élő izomnak. Ember csonkított lábán du Bois-Reymond a m. tibialis anticustól igen erős áramot vezetett el.

Az izomáram annál erősebb, minél vastagabb és hosszabb izomdarabot veszünk az elvezető elektrodok közé. Meleg növeli, lehűtés csökkenti az izomáram erejét. Melegített izomrész electropositiv a lehütött izomrészhez képest (Hermann). Egyébként mindazon behatások, melyek az izom életképességét megtámadják, kisebbítik és végre megsemmisítik annak villamfejlesztő képességét; ezt teszi a felmelegítés vagy lehűtés is azon a határon, melynél az izmot megöli. Halál után, vagy az izomnak az állatból való kimetszése után, az izom villamfejlesztő képessége egy ideig még tart ugyan, de mindinkább csökken, míg végre mihelyt a hullamerevség beáll: az izom ingerlékenységével együtt megszünik.

A leírttól eltérő az elektromotorikus elrendeződés nem párhuzamos

rostokból alkotott izmon. Igen feltünő ez eltérés a gastrocnemiuson. Itt az izom felső végétől annak alsó végéhez lehet áramot vezetni; az áram tehát az izomban alulról felfelé folyik. Ez onnan van, hogy az izomrostok ferdén haladnak. Hasonló észlelhető a m. triceps femorison is és valamely párhuzamos rostú izmon akkor, ha keresztmetszetét ferde irányban vezetett metszéssel állítjuk elő. Az ilyen rhombalakú izomdarab hosszfelületéről akkor is vezethetünk el áramot, ha az elektródok az izomnak az æquatortól egyenlő távolban álló két pontját érintik. Az áram a vezetőben az *izomrhomb* tompa szöglete közelében álló elektródtól a hegyes szöglethez közel fekvő elektród felé kering. Hasonló áll, ha a két elektródot a keresztmetszet központjától egyenlő távolságra állitjuk; függélyes keresztmetszeten e berendeződés hatálytalan, itt azonban áramot kapunk, mely a vezetőben szintén a tompa szeglettől a hegyes szeglethez halad. A keresztmetszetnek a hegyes szeglethez sokkal közelebb álló pontja az, a mely körül egyenlő távolban odaillesztve az elvezető edényeket az izomtól áramot elvezetni nem tudunk. Úgy tetszik ilyen rhombalakú izomdarabon az æquator áll ferdén. A rézsút vezetett keresztmetszetről nyert áramok arra utalnak, hogy a függélyes keresztmetszet gyenge áramaihoz még egy, az izomrhombus tompa szögletétől hegyes szeglete felé haladó áram csatlakozik. Du Bois-Reymond ez utóbbi áramot *elhajlási áram*nak nevezi. Az elhajlási áram annál erősebb minél ferdébben vannak a keresztmetszetek vezetve; béka gastrocnemiuson du Bois-Reymond az elhajlási áramot 0·114 Daniell-féle elem áramának megfelelőnek találta.

További eltérés az izom rendes elektromotorikus elrendeződésétől még a friss izom inas végén is észlelhető. Az egészen friss izom inas vége (természetes keresztmetszete) elektropositiv az izom természetes hosszfelületéhez képest; az áram a vezetőben tehát épen megfordított irányt követ, mint azt fennebb jeleztük. Kisérlet alatt ez áram gyengül, majd egészen hiányzik, mintha izomáram nem is léteznék, végre beáll a rendes állapot, azaz, a természetes keresztmetszet a hosszfelülethez képest elekronegativ lesz. Ezentúl az áram ereje mindaddig fokozódik, míg csak a mesterséges keresztmetszetnél bírni szokott magasságot el nem éri. E tünemény tovább áll fenn hidegben, mint melegben tartott békán és nincsen épen csak az izom inas végéhez kötve, hanem oly izmon is észlelhető, melyen az izom inas végéhez közel ejtettünk mesterséges keresztmetszetet. Az izom inas végének positiv részét du Bois-Reymond *parelektronomikus rétegnek* nevezi. Minden behatás, mely e parelektronomikus részt megsemmisiti, azonnal a rendes izomáramot idézi elő.

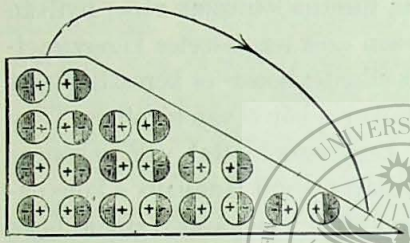
Ide tartozik a parelektronomikus rész elmetszése, égetése, savak, alkaliak vagy tömör konyhasóoldat behatása.

Minthogy az idegek és izmok testünknek igen nagy részét teszik ki, Du Bois-Reymond megkísértette az egész állat vagy ember testétől eredő villamáramot elvezetni. Ez áram kimutatását azonban az a körülmény zavarja, hogy a vizsgálat, legalább embernél, csak a bőrön át tehető és hogy a villamos ellentét hossz- és keresztmetszet közt nem nagy; erre utal legalább a parelektronomia. Békánál a bőr maga igen erős villamáramot fejleszt, mely kívülről befelé van irányítva. Du Bois-Reymond ez áramokat békánál a bőrnek tömör konyhasóoldattal való bekenése által megsemmisítette; ilyenkor az állat lábaitól feje felé haladó áramot mutatott ki. A békánál ily módon kimutatott áram sokkal gyengébb, ha a bőrt rajta hagyjuk az állaton, mintha lehúzzuk róla; nyilván azért, mert a bőr az izmokat, nevezetesen ezek természetes keresztmetszeteit a levegő behatása ellen védi s az ellentét hossz- és keresztmetszet közt nem fejlődhetik ki annyira, mint mikor a bőr el van távolítva. Tény továbbá az is, hogy a bőrfelületnek konyhasóoldattal való bekenése után a békától elvezetett áram kísérlet alatt nő, mit Hermann a konyhasónak a bőrön át az izmokhoz szivárgásából magyaráz. Ha a béka bőrét konyhasóoldat helyett légenysavas ezüstoldattal kenjük be, a bőr alatt fekvő izmok megzavarosodnak, jeléül annak, hogy maró anyagok a bőrön át az izmokig eljutnak. E szerint azt mondhatjuk, hogy élő sértetlen állaton áramok kimutatása eddigelé nem sikerült. Sőt úgy tetszik, hogy izmoktól, ha ezek teljesen sértetlenek, egyáltalában nem sikerül áramot elvezetni. Erre utalnak azon tapasztalatok is, hogy halak testfelületéről villamáram nem vezethető el, ha curarisálás által az önkénytes mozgásokat kizárjuk, pedig ez állatok bőre villamáramot nem fejleszt, mely az eredményes áramok megfigyelését megzavarhatná. Hermann egyáltalában olyan izmokról, melyeket kiméletesen készített ki, melyeket idegen testekkel nevezetesen bőrváladékkal való érintkezéstől és a megmelegítéstől megóvott, nem volt képes áramokat elvezetni. Engelmann a béka és más állatok szivén azt tapasztalta, hogy minden mesterséges keresztmetszet elektronegativ a szív természetes felületéhez képest; az áram, melyet ilyenkor az izomtól elvezetünk erős, de néhány óra lefolyása alatt eltünik, mikor azután friss keresztmetszet készítése által újból előállítható. Sértetlen állapotban, nyugalomban levő szívről épen nem, vagy alig észrevehető fokban sikerül villamáramot elvezetni.

Du Bois-Reymond az izomáramot, úgy mint az idegáramot az élő

izom lényeges tulajdonságának tekinti és az idegáram tárgyalásánál kifejtett *tömecselmélet* alapján magyarázza. Az izomban nagy számmal elhelyezett peripolaris illetőleg dipolaris tömecsek elektromotorikus erejének eredménye az izomáram is, épen úgy, mint az idegáram.

Az *elhajlási áramokat* du Bos-Reymond azon felvételből magyarázza, hogy midőn izomból ferde irányú metszés által rhombalakú darabot vágunk ki, e darabon a tömecseknek nemcsak negativ, hanem positiv polusai is a keresztmetszet felé vannak fordítva, úgy, a mint azt a 42. ábrán feltüntetve látjuk. A tömecsek positiv és negativ részei a keresztmetszeten váltakozva következnek egymásután, csak úgy, mint valamely galvanikus lánczban. A tömecskék ilyen oszlopszerű elrendeződése miatt fejlődik, a tompa csúcstól a hegyes felé haladó áram, mely az izom eredeti áramához hozzá adódik.



42. ábra. A dipolaris tömecsek elrendeződése rhombalakú izomdarabban.

A *parelektronomia* a tömecselmélet szerint onnan volna, hogy az izom inas végénél a dipolaris tömecsek positiv és nem negativ polusai vannak az izom vége felé fordítva. Az izom természetes vége tehát bizonyos kiterjedésben elektropositiv rétegből áll.

Hermann és követői az izomáramot is, úgy mint az idegáramot, sértő behatások által okozottnak tekintik. Az átmetszett vagy egyébként sértett izom rostállományának egy része a sértett helyen elhal, ez elhalt izomrész elektronegativ az élő izomállományhoz képest; innen aztán az izomáram. Sértetlen izom villamáramot nem fejleszt. E mellett bizonyítanak Engelmann- és Hermann-nak fennebb idézett tapasztalatai. Hermann felfogása mellett, azt is felhozza, hogy az izomtól elvezethető áram, mindjárt a keresztmetszet készítése után gyengébb, mint később; az izomáramnak időre van szüksége, hogy a keresztmetszet készítése után kifejlődjék. Az elhajlási áramot Hermann onnan származtatja, hogy az izomrészecskék elhalása, ferde irányú keresztmetszeten, kívülről befelé egyenletesen halad elő, a ható izomrészecskék lépcsőzetszerű oszlopként vannak tehát elrendezve. És, miután nincsen kimutatva, hogy egyetlen izomrostnak elhajlási árama van, felesleges a tömecselmélet ez áram magyarázására. A parelektronomia Hermann szerint egyáltalában nem létezik; az izom inas végén positivfeszülés akkor észlelhető, ha esetleg az izom felületét a kikészítés alatt megsértettük s ez e miatt elektronegativ lesz a sértetlen inasvéghez képest.

Hermann magyarázatát, mint fennebb láttuk, sok tapasztalat támogatja; azonban végérvényesen eldönteni azt, vajjon a két elmélet közül melyiket tartsuk meg és melyiket ejtsük el, még korai volna.

Megemlíthetjük végre még, hogy valamint az idegtől elvezethető áram állandó villamáramnak az idegen való átvezetése alatt (elektrotonusban) erejében megváltozik, ép úgy megváltozik hasonló körülmények között az izomtól elvezethető áram is. Az izomáram változása azonban csak az elektrotonisáló áram sarkai közé vett izomdarabra terjed ki és aránylag csekély; nő, ha az állandó áram iránya az izomáramának irányával megegyezik, csökken, ha a két áram iránya ellenkezik egymással. Az elektrotonusban észlelhető változás okát természetesen itt is du Bois-Reymond és Hermann egymástól eltérőleg magyarázzák úgy, a mint azt az idegáram elektrotonusbeli változásának tárgyalásakor láttuk.

45. §. A villamfejlesztő képesség változása az izom izgalma alatt.

Izgalma alatt az ideghez hasonlóan, az izom is nemleges áramingadozásba jut. Ha valamely izom kereszt- és hosszmetszetét, vagy az æquatortól egyenlőtlen távol eső két pontját nem sarkító elektrodok segedelmével a galvanometerrel összekötjük, az izomáram a delejtűt bizonyos fokra kitéríti. Ha ezután az izmot idegének bármi módon történő izgatása által egyszeri vagy mi jobb, tetanicus összehúzódásra indítjuk, a delejtű nyugalmi állása felé azonnal visszatér, anélkül azonban, hogy ez állást egészen elérné. Mihelyt az idegizgatással felhagyunk, a delejtű is visszanyeri az izomáram miatt előbb elfoglalt kitérítés fokát. Ha az izomra még egy második idegizomkészítmény idegét reáfektetjük, akkor a második izom is tetanusba jut, ha amaz izmot tetanusra indítjuk; ugyanez alatt az első izommal összekötött galvanometer delejtűje is nyugalmi állása felé van visszatérítve. A második izom tetanusa megszünik, mihelyt az első izom idegének izgatásával felhagyunk. Az első izom izgalma tehát ingerlőleg hat a rajta fekvő idegre és ennek izmát tetanusba hozza, a mi csak úgy történhetik meg, ha tetanus alatt az első izomnak a második idegen át keringő árama erejében folytonosan változik. E szerint a tetanus alatt az izomtól elvezethető áram csökkenése egymást gyorsan követő áramtömörségi ingadozásokon alapúl, a galvanometer delejtűje azonban nem képes azon sebes ingadozásokat követni s azért egyedül az idegáram erőbeli csökkenését jelzi.

A nemleges áramingadozást ki lehet mutatni az élő emberen is. Ha két kezünk felelkező ujjait kénsavas horganyoldattal megtöltött edényekbe mártjuk és az edényeket a galvanometerrel összekötjük, a galva-

nometer alig jelez áramot, a mint azonban az egyik kar izmait összehúzódásra indítjuk, a delejtű nyúgalmi állásából kimozdúl és áramot jelez, mely az összehúzódott karban felszálló irányt követ. Du Bois-Reymond szerint ez az ember izmainak nemleges áramingadozása.

Hasonlólag lehet sértetlen sziven is a nemleges áramingadozást észlelni. A szívről nyugalma alatt, mint Engelmann kimutatta, áramot elvezetni nem lehet, mihelyt azonban a szív lüktet, a galvanometer is villamáram jelenlétét jelzi, vagy ha a szívre béka idegizomkészítmény idegét reá fektetjük, ennek izma rángatódzik. Ez oly következetesen jelentkező tünemény, hogy a szívlüktetéseket, a galvanometer tűjének ingásai vagy a béka idegizomkészítmény izmának rángásai szerint, meg lehet számlálni. A mi e kísérletnél különösen feltünik az, hogy a galvanometer tűjének kihajlása és az idegizomkészítmény rángása nem egyidejű a szívlökéssel, hanem megelőzi ezt. A nemleges áramingadozás tehát jelen van, sőt már le is járt, mielőtt még az összehúzódás beállott volna. Azon időt, melylyel a nemleges ármingadozás az izomösszehúzódást megelőzi, Helmholtz a myographionnal pontosan meghatározta. Helmholtz tudniillik két idegizomkészítményt úgy kötött össze egymással, hogy az I. ideget inducált áramcsapással izgatta, mialatt a II. ideget az I. ideg izmára fektette, s ezt a myogrophionnal összekötötte. A myographionon azt az időt mérte meg, mely az I. ideg izgatásától a II. izom rángásáig eltelt. Ez idő állott azon időből, mely alatt 1. az I. idegen az izgalom végighaladott, 2. az ideg izgalma az I. izomban nemleges áramingadozást okozott s ez az izmon fekvő II. ideget izgatta, 3. a II. idegen az izgalom az izomig eljutott és végre 4. mely alatt a II-ik izomban a lappangási idő tartott. 1, 3 és 4 értéke egyéb vizsgálatokból ismerve lévén, ez értékek levonása által az egész talált időértékből, ismerve volt az idő, mely eltelt az I. ideg izgalmának az izomhoz odajutásától egészen addig, míg az izom nemleges áramingadozása a rajta fekvő II. ideget izgatta. Ez időérték $^1/_{200}$ mp.-nek felelt meg. Tekintve, hogy a lappangási idő az izomnál $^1/_{100}$ mp.-ig szokott el tartani, mondhatjuk, hogy a nemleges áramingadozás a lappangási időszak mintegy közepébe esik. E szerint a nemleges áramingadozás tényleg megelőzi az összehúzódást, azért ennek következménye sem lehet.

A nemleges áramingadozás előhaladási viszonyait Bernstein a békaizmon is megvizsgálta, ugyanazon eljárást követte itt is, mint a melyet az ideg nemleges áramingadozásának tárgyalásakor megismerni tanultunk. Vizsgálataiból kitűnt, hogy a nemleges áramingadozás az izomban is hullámszerűen és ugyanazzal a sebességgel terjed tovább,

mint a rövidülés. A nemleges áramingadozás előhaladási sebessége 1 mp. alatt 3 méternek felel meg, hullámhossza 10 mm., az izom egy-egy pontja 0·0033 mp.-ig van nemleges áramingadozásban. Élő emberen Hermann szerint a nemleges áramingadozás előhaladási sebessége 10—13 méter 1 mp. alatt.

Ha az elektrodokat az æquatortól egyenlő távolban az izomra helyezzük, akkor nemleges áramingadozást épen úgy nem jelez a galvanometer, a mint ilyen körülmények közt az izomtól izomáramot sem lehet elvezetni. Hasonló negativ eredményt kapott Hermann, ha két nedves fonalat ember előkarja körül vezetett, melyeket a galvanométerrel kötött össze és az előkar izmait, az idegeknek a felkaron történt tetanizálása által, izgatta. Hermann által az eső-rheotommal tett vizsgálatokból kitűnt, hogy mindkét kisérlet alatt nemleges áramingadozás van, csakhogy a nemleges áramingadozás által a vezetőben okozott két ellenirányú áram (ad- és abterminal) ez esetekben egyenlő erős és azért egymás hatását a delejtűre megsemmisítik. Hermann e tapasztalata ellenkezik du Bois-Reymond-nak ama kísérlete eredményével, melyben a galvanometer delejtűje áramot jelzett, midőn két kezünk felelkező ujjait külön-külön elvezető edényekbe mártottuk és az egyik kar izmait összehúzódásra indítottuk. Hermann ezért ez áramot nem izom-, hanem bőráramnak tartja.

A nemleges áramingadozást du Bois-Reymond, mint az idegnél itt is, a tömecsek villamfejlesztő képességének izgatás alatt való csökkenéséből származtatja. Hermann szerint, ki az izomáramot elhalástüneménynek tekinti, a nemleges áramingadozás az izomban is onnan van, hogy az izgalomban levő izomrészlet elektronegativ a nyugalomban levő izomrészlethez képest. Az izomösszehúzódás alatt a nemleges áramingadozás hulláma az idegvéglemeztől indul ki és végig terjed az izmon, ha az izmot idege felől izgatjuk, egyébként pedig az izgatás helyénél kezdődik. Hermann szerint sértetlen izmon a galvanometer nemleges áramingadozást nem jelez, mivel az izomnak az elvezető elektrodok által érintett két helyén, a nemleges áramingadozás egyenlő nagy; az ellenirányú két áram egymás hatását a galvanometerre megsemmisíti. Kimerülő izomban a nemleges áramingadozás hulláma előhaladása közben csökken, az izom végén legkisebb az ettől távolabb eső helyen nagyobb, azért a galvanometer delejtűje áramot jelez, mely a vezetőben az izom végétől hosszfelülete felé halad. Ha mesterséges keresztmetszet készítése által az izom végét zúzzuk, megöljük, ehez az izgalom nem juthat el s a különbség a két irányú áram közt nagyobb

KÖNYVTÁR

még mint az elfáradt izomban, a galvanometer azért ez esetben a legnagyobb nemleges áramingadozást fogja jelezni; a keresztmetszettől távol álló elektrod helyén az izomtól elvezethető áram erejében kisebbedik az izgalom miatt, a mesterséges keresztmetszet helyén nem, sőt az ez utóbbihoz közel eső részek is csak kis fokban jutnak izgalomba, itt e szerint az elektrod oly helyen érinti az izmot, a melyen semmi nemleges áramingadozás nincsen.

Bármiképen fogjuk is fel a nemleges áramingadozást, tény az, hogy izgalom alatt, illetőleg az izomrövidülést közvetlenül megelőzőleg, az idegben és izomban olyan molekularis változás folyik le, mely villamos tulajdonságai által felismerhető. Minthogy ezen molekularis változás idegnél és izomnál közösen jelentkezik, terjedéssebessége az izgalom terjedéssebességével egyenlő gyors, következik, hogy az izgalommal egyenes viszonyban van, és hogy az idegizgalom ingerhatása az izomra valószínüleg e molekularis változás útján történik (du Bois-Reymond). Az izom közvetlen ingerlésekor is, az első, mit az izmon észre lehet venni, az ingerelt hely nemleges áramingadozása, az ingerelt hely elektronegativ az izom nyugalomban levő részéhez képest, mi által ingerlőleg hathat az izom szomszéd részeire. Ezek az észlelt tényekből folyó következtetések, melyeknél tovább menni és az ideg s izom említett molekularis változásainak közelebbi természetét és lényegét illetőleg következtetéseket vonni, egyelőre még korai volna.

FŐBB FORRÁSOK.

Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. 1846.

Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. 1848—1884.

Kühne W. Myologische Untersuchungen. Leipzig 1860.

Heidenhain R. Studien des physiolog. Instituts zu Breslau. 1861—1865.

Bernstein J. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. 1871.

Samuel. Die trophischen Nerven. Leipzig. 1860.

Ranke Johannes, Grundzüge d. Physiologie des Menschen. 1875.

Gruenhagen A., Otto Funke's Lehrbuch d. Physiologie. 1876.

Hermann L. Handbuch d. Physiologie I. k. I. r. 1879.

Landois L. Lehrbuch d. Physiologie des Menschen. 1885.

Du Bois-Reymond, Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik. 1875—1877.

Kühne W. Untersuchungen aus dem physiol. Institut d. Universität Heidelberg. 1878.

Archiv f. d. gesammte Physiologie. 1869—1884.
Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1845—1884.
Archives de physiologie normale et pathologique. 1874.
Sitzungsberichte d. kaiserlichen Akademie d. Wissenschaften. Wien, 1861., 1871. és 1872.
Ludwig C. Arbeiten aus der physiol. Anstalt Leipzig. 1868, 1871.
Archiv f. pathol. Anatomie stb. 1865.
Göttinger Nachrichten 1861 és 1862.
Untersuchungen zur Naturlehre. 1856.
Archiv f. physiologische Heilkunde. 1859.
Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Giessen. 1855, 1869—70.
Zeitschrift f. physiolog. Chemie. 1882.
Henle-Meissner. Berichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie. 1856—1871.
Hofmann-Schwalbe. Jahresberichte über d. Fortschritte der Anatomie und Physiologie. 1872—1882.

2. Az érző idegek élettana.

46. §. Átnézet.

Az érző idegek környéki érzékszervet kötnek össze az idegizgalom felfogására szolgáló központi idegrendszerrel. Az érzékszervek környéki idegvégkészülékeinek izgatása az azokban végződő ideget izgalomba hozza, ez pedig az izgalmat a központi idegrendszer azon részéhez vezeti el, mely annak felfogására szolgál és a melyben az idegizgalom esetleg öntudatunkra jut.

Megkülönböztetjük a *tapintás, látás, hallás, ízlelés* és *szaglás* érzékszerveit. Az egyes érzékszervek ingerlése által bennünk támasztott érzések *minőségre* nézve rendesen oly határozottan különböznek egymástól, hogy az által az érzékszervet, melynek útján öntudatunkra jutottak, könnyen felismerhetjük. Ilyen értelemben beszélünk szín-, hang- stb. érzésekről.

A különböző érzékszervek által közvetített érzések közt azonban hasonlatosság is van; sőt néha e hasonlatosság oly nagy, hogy csakugyan nem tudjuk, melyik érzékszerv útján jutott az illető érzés tudomásunkra. Így például más izűnek tetszik nekünk ugyanaz a leves a szerint, a mint metélt- vagy koczkatésztát adnak beléje, vagyis összetévesztjük a nyelv tapintási érzékszerve által okozott érzést az ízérzéssel.

Az egyes érzékszervek által okozott érzéseknek, az azokat együvé tartozókként jellemző közös tulajdonságaikon kívül, egymástól eltérő sajátságaik is vannak. Bár a szem ingerlése mindig csak fényérzést, a bőré tapintásérzést stb. támaszt, mégis különbözők az ugyanazon érzékszerv által közvetített egyes érzések is. A különböző színérzések, vagy a különböző magas hangok, bizonyos jellemző sajátságok által eltérnek egymástól. De sőt ugyanaz a színérzés is különböző, a szerint, hogy az ideghártya minő helyére hatott be az illető fény; a nyomásérzés is más a szerint, hogy a testfelület mely helyét érintettük. Különbözőknek kell ez érzéseket mondanunk, mert a hely iránt tájékozódunk, a mely felől vagy a melyre testünkön a behatás történt. E szerint valamely érzékszerv elemeinek izgatása által okozott érzés hasonlít ugyan valami részben az ugyanazon érzékszerv más elemei által okozott érzésekhez, mi által azok összetartozása felismerhető, de különbözik is ezektől annyiban, hogy a valamely érzékszerv idegrostja által az öntudatban keltett érzést, minden más idegrost által okozott érzéstől megkülönböztetni tudjuk. Valamely idegrost izgalma által okozott érzés azon jellemző tulajdonságát, mely által az más, de ugyanazon érzékszerv körébe tartozó ideg izgalma által bennünk támasztott érzéstől különbözik, ez érzés *helyi jelének* nevezzük (Lotze).

Az érzések minőségükön kívül *erejükre* (intensitas) nézve is különböznek egymástól. Bőrünk felületén például felismerjük a nyomást vagy hőhatást és a helyi jel segedelmével a bőrfelület helyét, melyre a behatás történt; ezeken kívül azonban a kis fokú nyomást és a gyenge hőbehatást az erősebb nyomástól vagy nagyobb hőtől is megkülönböztetjük. Épen úgy megkülönböztetjük nemcsak a különböző színérzést támasztó fényt és az irányt, melyből a fény szemünkbe esett, hanem feltűnik egyszersmind a beható fény ereje is; hasonlóképen van az egyéb érzékszervek által okozott érzésekkel is. Sőt az ingernagyság módosítólag folyhat be az érzés minőségére nézve is; túlerős hőbehatás nem a meleg, hanem a fájdalom érzését okozza bennünk, a különböző színérzéseket támasztó ætherrezgések nagyfokú erő mellett többé-kevésbbé a fehér érzését okozzák. Az ingernagyság e befolyását az érzés minőségére egyfelől onnan magyarázzuk, hogy túlerős ingerek alkalmazásánál az izgalom a központnak nemcsak azon helyeire marad szorítkozva, melyekre kisebb fokú ingerek behatása alatt kiterjedni szokott, hanem azontúl is nagyobb agyterületre terjed el, valamint másfelől onnan is, hogy erős inger a környéki érzékszerv működését módosítani képes.

Erejökre nezve csak ugyanazon minőségű érzések hasonlíthatók

össze egymással. Így mondhatjuk, hogy valamely hang erősebb más hallott hangnál, ellenben nem, hogy valamely hallott hang erősebb bizonyos látott fénynél, vagy érzett íznél, stb. Számos ilyen megfigyelés az inger és érzés közt fennálló egyenes viszonyra utal. Ha ugyanis gyenge ingerrel kezdjük a kisérletezést, oly gyenge ingerrel, melynek az érzékszervre történt behatását meg sem érezzük és ez ingert lassan növeljük, lassanként bizonyos erős ingerhez jutunk el, melyet az érzésben már észreveszünk. Valamely inger azon legkisebb fokát, a mely mellett érzést képes támasztani, *ingerküszöbnek* nevezzük. Ha az ingerküszöbön túl lassan növeljük az inger nagyságát akkor az érzés is egyenletesen nagyobbodik. Az ingernagyság és az ennek behatása által okozott érzés foka közt fennálló viszony igen behatóan van tanulmányozva. Nem tudjuk ugyan két különböző nagy érzésről megmondani, mennyivel nagyobb az egyik a másiknál, de megtudjuk ítélni azt, hogy az egyik nagyobb mint a másik.

Nevezetesen ha valamely ismert erejű ingert alkalmazunk, például fényt, és ennek erejét változtatjuk, akkor képesek vagyunk meghatározni, hogy az inger növés- vagy csökkenésnek milyen foka mellett veszünk észre az érzésben nagyobbodást vagy kisebbedést. E kísérletek sokszoros ismétlése az inger különböző nagysága mellett arról győz meg, hogy arra, miszerint az érzésben némi növekedést észrevegyünk, az ingernek mindig eredeti nagyságának bizonyos határozott részével kell nagyobbodni (*Weber-féle törvény*). Így tapasztalta Weber, hogy két súly különböző nagynak tetszik, ha azok egymáshoz úgy aránylanak, mint 29 : 30-hoz s hogy ez arány fennáll, akár nagy, akár kis súlyokkal történik a kísérlet. 29 gramm súlyát megtudjuk különböztetni 30 gramm súlyától, ellenben nem 29·5 grammtól és épen úgy 29 decagrammhoz 1 decagrammot kell hozzáadni, hogy a súly növekedését megérezzük, nem pedig kevesebbet; azon 1 gramm, mely azelőtt elegendő volt, most elégtelen volna; a jelenlevő súlynak tehát mindig ugyanannyi hányadrészével kell nagyobbodni és épen úgy kisebbedni is, hogy a növekedést vagy kisebbedést észrevegyük. Más érzékszervekkel tett vizsgálatok is a Weber-féle törvény mellett bizonyítanak. Fechner azon felvételből indúlván ki, hogy az érzésben az épen felismerhető változások, melyeket az ingernagysággal arányosan növekedő izgalmak okoznak, egyenlő nagyok, azt következtette, hogy viszonylagosan egyenlő ingernagyobbodásoknak az érzésnek merőben egyenlő növekedései felelnek meg. Tekintve, hogy a logarithmusok egyenlő értékkel nagyobbodnak, ha a számok úgy nőnek, miszerint a növedék a szám nagyságához min-

dig ugyanazon viszonyban van, Fechner szerint az érzés egyenes arányban nő az ingernagyság logarithmusával. Fechner az így kifejezett törvényt *psychophysikai törvénynek* nevezte. Hering szerint azonban a Fechner által levezetett tétel Weber tapasztalataiból nem következik és legfeljebb csak azt lehet mondani, hogy a különbség két épen különböző nagynak tetsző egynemű érzés közt az inger nagyságával egyenes arányban nő.

Ezek szerint az érzések minőségre és intensitásra nézve igen sokfélék. Minden érzékszerv minden egyes idege legalább is más helyijellel ellátott érzést hoz tudomásunkra, mely intensitásra nézve még sokféle lehet. Ennek megfelelőleg minden érzőideg nem csak a peripherián, hanem a központi idegrendszerben is külön-külön végkészülékkel függ össze. Minden esetben tehát környéki és központi szervvel van dolgunk.

A környéki érzékszervet illetőleg tekintetbe jön az ingerbehatásoknak módja; a központi idegrendszert illetőleg pedig az, vajjon miként okozhatnak az érző idegek útján oda eljutott impulsusok különböző érzéseket és mi úton képesítenek ez érzések a térben való tájékozásra.

Az általános idegélettanban láttuk, hogy az ideg izgalmi állapota ugyanaz, akár milyen legyen az ideg, a melyre, vagy a melynek végkészülékére, az inger behatott. Bármely általános ideginger érjen valamely érző ideget vagy környéki végszervét, az érzés mindig az azon érzékszerv által közvetíttetni szokott érzések valamelyikében jut öntudatunkra. Így az erőművi behatás vagy villamos áramcsapás fényérzést okoz, ha a n. opticust és hangérzést, ha az acusticust érik. Ennek oka egyedül az illető izgalmat felfogó központi idegrendszerben lehet, a melyre nézve közönyös, hogy mi okozta az idegizgalmat, a központ ezt a maga módja és rendeltetésének megfelelőleg fogja fel. Míg azonban az általános idegingerek mindenféle ideget képesek izgatni, addig érzékszerveink úgy vannak szerkesztve, hogy kiválóan bizonyos inger által juthatnak izgalomba; ilyen ingerek például a tapintó bőrre nézve a nyomás és a hő, a szemre nézve bizonyos ætherrezgések, a fülre a léghullámok, az ízérzékre nézve a különböző ízanyagok, az orra nézve pedig a szagérzést okozó sokféle anyagok. Ezeknek nagy része egyenesen az idegre alkalmazva többnyire hatástalan, ellenben a végszervre behatva, itt olyan változást idéznek elő, mely alkalmas ideginger ül szolgál. Ez ingerek a megfelelő szervre nézve *homolog ideginger ek*, míg a többi ideginger e szervet illetőleg *heterolog ingernek* is mondható. Hogy miképen hatnak a homolog idegingerek ingerképen, ezt fejtegetni épen az érzékszervek élettanának feladata.

A folyamat, mely az érzéki behatások folytán bennünk végbemegy, szintén igen bonyolodott. Minden hatás, mely valamely érzékszervre befoly, az érzésben végződik. Az érzés székhelye nem a szem vagy fül, nem is az ízlést közvetítő nyelv vagy a szaglás szerve az orr, nem a tapintó bőrfelület, hanem az érzés már szellemi művelet, székhelye az agy. A beható homolog inger t. i. változást okoz az érzékszervben, ez ingerként hat az illető idegvégre; az innen kiindúló izgalom az idegen tovább halad a központi idegrendszer megfelelő pontjához és ebben változásokat okoz, melyeket észreveszünk és a melyek alapján esetleg a térben is tájékozódunk. Ez észrevevés és tájékozás nem az érzésnek közvetlen művei. Nem a kívülünk levő tárgyakat érezzük meg, hanem azon változásokat, melyek a tárgyak behatása folytán központi idegrendszerünkben előállanak. — A behatás és a bennünk támasztott érzés közt semmi hasonlatosság nincsen. Az ætherrezgések száma és az ezek behatása által okozott különböző színérzések közt épen úgy nem találunk semmi viszonyt, a mint nem ismerünk hasonlatosságot az édes ízt okozó ólomczukor és a nádczukor közt. Mi, úgy tetszik, nem is az érzést fogjuk fel, nem ezt veszszük észre, midőn érzékszervünkre valami behatott, hanem mindjárt a tárgyat véljük megérezni. Nem érzünk például a szemben alant fényt, a miből következtetjük, hogy kívülünk fennt világító tárgy van, melytől szemünkbe fény esik, hanem egyenesen azt mondjuk, hogy fennt világító tárgy van. Hogy így a bennünk támasztott érzések után az illető tárgyakat és azok helyét a térben azonnal felismerjük, ezt egyedül a folytonos tapasztalatnak és emlékező-képességünknek köszönjük.

A mindennapi tapasztalatból tudjuk, hogy minden érzéki benyomás bennünk gondolatokat ébreszt, melyek azzal máskor is együtt jártak. Oly gyorsan csatlakozik egyik gondolathoz a másik, hogy erről magunknak számot adni képesek nem vagyunk. A zongoraművész például mindazon újjmozgásokat, melyeket tesz, eleintén nagy nehezen tanulta meg, azután pedig gyorsan és öntudatlanul hajtja végre; egyszer megindítva azok mintegy maguktól folynak le. Így tanulja az újszülött gyermek is az érzékszervek útján nyert benyomásokat kívüle levő tárgyakra viszonyítani s magát e benyomások alapján a térben tájékozni; a folytonos gyakorlat miatt végre még az érzékszervek, vagy a központ, valamely közvetlen változása által támasztott érzést is kívülünk levő tárgyak által okozottnak véljük. Midőn tehát egyszer megismerni tanultuk a bizonyos külső behatásra támadó érzést, akkor az érzésből a behatásra reáismerünk. A folytonos gyakor-

lat oda vezetett, hogy az érzést és az ez által nyert fogalmat egynek fogjuk fel és észre sem veszszük, miszerint az egész csak be van tanulva. Igen találó e tekintetben az a hasonlat, melyet Exner használ, midőn érzéseinket a könyv betűivel hasonlítja össze. A betűk közt és a közt a mit jelentenek, szintén semmi hasonlatosság nincsen és bennünk a betűk látása még is azon tárgy fogalmát támasztja, melyet az írott szó kifejez.

A) A TAPINTÁS ÉRZÉKE.

47. §. A tapintás szervének szerkezete.

A tapintás érzékszerve csaknem kizárólag, a testünk felületét beborító bőr. A bőr felületes rétegét *felhámrétegnek* (epidermis), mélyebb rétegét *irhának* (cutis) nevezzük.

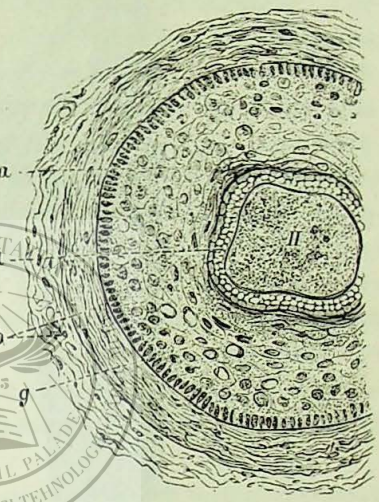
A bőrhám legkülsőbb rétegeiben a sejtek el vannak szarusodva és egymás felett laposan elterülő rétegeket alkotnak. A legfelületesebben fekvő sejtek pikkelyszerűen vékony, magnélküli sejtek, a mélyebb rétegekben lencsealakúak. A felületes szaruréteg sejtjeit valamely ragasztó anyag oly szorosan tartja össze, hogy csak lugok behatása után különíthetők el egymástól. A felhám e *szaruréteg alatt* (stratum corneum) következik annak Malpighi-*féle rétege* (stratum *Malpighi*). A Malpighi-féle réteg sejtjei gömbölyűek, csak kevéssé vannak lelapúlva, a legmélyebb rétegben hengerded alakúak. — A sejtekben határozattan kivehető magot erősen szemcsézett protoplasma környezi, ez tartalmazza azon festék-szemcséket is, melyektől a bőr színe függ. A Malpighi-féle rétegben igen élénk sejtszaporodás foly, mely által a bőr felületéről leváló hámsejtek pótlása történik. A hol a bőr szaru- és Malpighi-féle rétege közt vastag felhámréteg van, ott az átmenet helye gyakran világosabbnak látszik a többi hámnál és *stratum lucidum*-nak is neveztetik.

A Malpighi-féle hámréteg alatt következő irhát kötőszövet és ruganyos rostok hálózata alkotja. Ennek felületes része (pars papillaris) különböző nagy szemölcsökből áll, melyeket a felhám Malpighi-féle rétege vesz körül. — A kötőszövetkötegek bőralatti részektől, csonthártyától, izombőnyéktől indúlnak az irha felé. Itt eleintén kereszteződnek s durva hálózatokat alkotnak (pars reticularis), tovább elágazódva pedig finom kötőszövet-kötegekben alkotják a szemölcsöket és az irha felületén terülnek el. A kötőszövet-kötegek hálózataiban zsírszövetet és izzadásmirigyeket lehet találni. Ezeken kívül előfordúlnak

az irhában izomelemek is. Harántesíkos izomrostok az arcz bőrében mint az arczizmok végágai találhatók, síma izomsejteket különösen a hajtüszők körül és az izzadásmirigyek falában lehet találni.

A bőrfelhám némi változásaiból lesznek a *körmök* és a *hajak*.

A *körmöt* is vékony, egynemű, egymással szorosan összetartó szarulemezkék (szarusejtek) alkotják, melyekben azonban, ha natronlúg segedelmével elkülönítjük, lapos elliptikus magot is lehet felismerni. Az irha a körömágyban a körömgyöktől kiindúló, egymás mellett haladó léczeket képez. E léczek a körömgyökben legalacsonyabbak s előfelé mind magasabbak és magasabbak lesznek s ott végződnek, a hol a köröm a bőrhez hozzánőve már nincsen. A léczek közt levő mélyedéseket, a Malpighi-féle rétegnek megfelelő, sejtek töltik ki. A Malpighi-féle rétegből fejlődnek a körömállományt alkotó szarusejtek. Minden köröm felületén a körömágy léczeinek megfelelő hosszirányú csekély emelkedések és mélyedések láthatók.

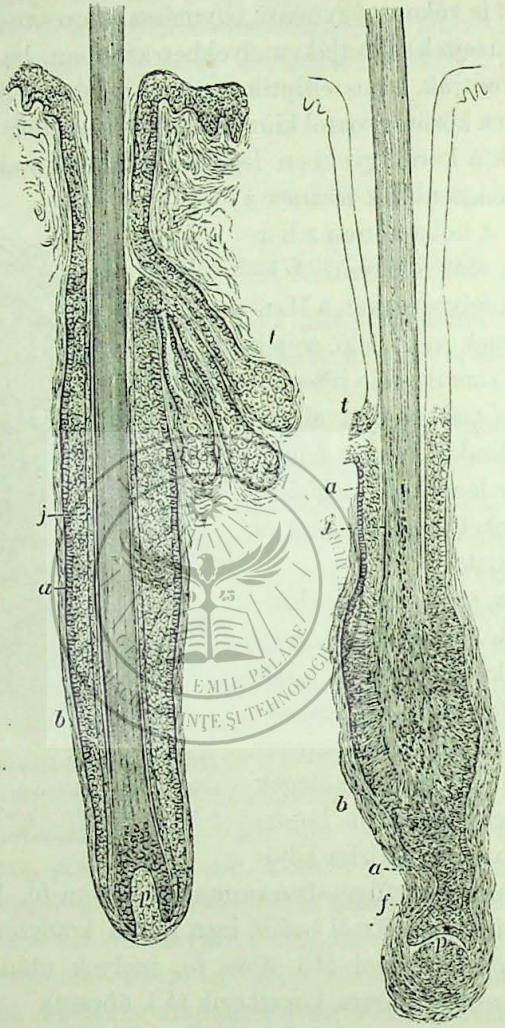


43. ábra. Hajtüszö keresztmetszete; *b* a hajtüszö külső és belső kötőszöveti rétege. *g* üveghártya, *a* külső gyökhüvely, *i* belső gyökhüvely, *H* a haj keresztmetszete (Toldt szerint).

A *haj*, az irha bemélyedéséből a bőr mélyebb rétegeiből — *hajtüszőből* — nő ki. A hajtüszö a bőr részeinek megfelelőleg kötőszövet- és felhámrétegből áll. A kötőszövetréteget legkivül kötőszövet-kötegek alkotják, melyek leginkább hosszirányban haladnak és az irha kötőszövetével egyenes összefüggésben vannak (43. ábra *b*). Itt véredények és idegek is találhatók. Ettől befelé igen finom kötőszövet-kötegek alkotják a kötőszöveti réteget (43. ábra *b*), melyek után végre teljesen egynemű átlátszó üveghártya következik (43. ábra *g*).

A kötőszövet-réteg üveghártyájától befelé jön a hajtüszö bőrhámjának megfelelő része. A bőrhám Malpighi-féle rétege tudniillik változatlanúl terjed a hajtüszőbe ennek fenekéig, s itt *külső gyökhüvelynek* (43. ábra *a*) nevezik. A külső gyökhüvelyt többnyire sok rétegü hámsejtek alkotják, melyek közül a legkülsőbbek az üveghártyával határosak, és hengerded alakúak. A bőrhám szarurétege egészen azon helyig terjed a hajtüszőbe, a hol abba a fagygyúmirigyek benyílnak;

ezen alól a szaruréteg helyét a *belső gyökhüvely* (43. ábra *i*) pótolja. A belső gyökhüvelyen különböző sejtekből alkotott három réteget lehet megkülönböztetni. A legkülsőbb réteget, a HENLE-féle réteget, lapos,



44. ábra. Hajtüsző hosszmetszete; *b* hajtüsző kötőszövet rétege, *a* külső, *j* belső gyökhüvely, *p* hajszemölcs, *t* fagygyúmirigy (TOLDT szerint).

hosszúra nyújtott, mag nélküli, egynemű sejtek alkotják. Ettől befelé következik a HUXLEY-féle *réteg*, lapos, szabálytalan sokszögű, szemcsés protoplasmájú, maggal ellátott sejtekkel 1—2 rétegben. A legbelső

harmadik réteget végre teljesen ellapúlt finom hártyát alkotó sejtek képezik; e hártyácska már közvetlenül a hajat érinti.

A hajtüsző fenekén e rétegek mindinkább eltűnnek, a sejtek inkább gömbölyűek, szemcsések lesznek. A hajtüsző kötőszövetrétegei itt kúpszerű szemölcsöt, a *hajszemölcsöt*, alkotják (44. ábra *p*), melyet a haj alsó megvastagodott vége, a *hajhagymája*, vesz körül.

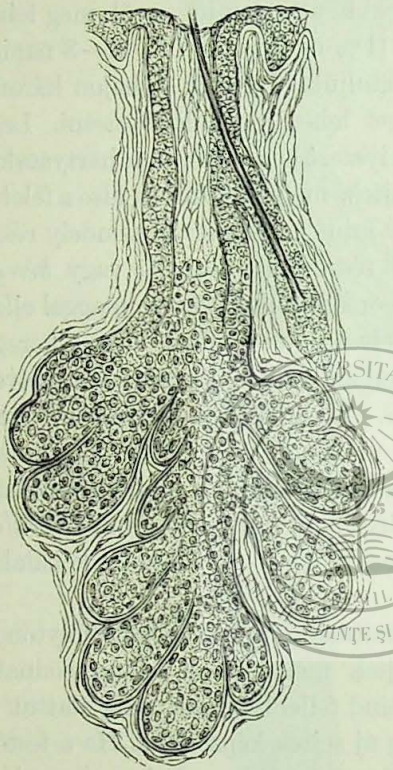
A haj maga tisztán hámképletekből áll, a mint erről meg lehet győződni, ha a hajat előbb savban (1%-os eczetsavban 2—3 napig) áztatjuk és ezután részeire szétczafatoljuk. Ilyenkor a hajon három, különböző alakú sejtekből álló, réteget lehet megkülönböztetni. Legkívül egyrétegű vékony, átlátszó, pikkelyszerű lemezekből álló hártyácska, a *cuticula*, fedi a hajat; a lemezek sejtek, melyek közül az alsó a felette levőnek kis részét mindig borítja, úgy mint a háztetőn a zsindely részben egymást fedi. A haj legvastagabb része a haj középső vagy *kéregrésze*. Ezt a haj hosszirányában fekvő orsódad alakú lapos, maggal ellátott sejtek alkotják. A festőanyag, mely a hajnak színét adja, e kéregrétegben van lerakva. A sejteket itt ragasztóanyag tartja össze, melyet csak savak vagy lúgok képesek oldani. A hajhagyma helyén a sejtek rövidebbek, lágyabbak, minél lejebb megyünk, annál inkább tünnek elő a hajtüsző hámrétegébe éles határ nélkül átmenő protoplasma tartalmú sejtek. A haj kéregrészének belsejében van végre a haj *velőállománya*. Ez két-három sorban rendezett, kevéssé ellapúlt, köbalakú sejtekből áll.

A mi a haj növését illeti, az a hajtüsző fenekén történő folytonos sejtszaporodás útján történik. A sejtek megnyúlnak, elszarusodnak, összetapadnak, e közben a hajban mind feljebb jutnak, míg alattuk a sejtszaporodás tovább foly és új meg új sejtek képződnek. Ha a festőanyag hiányzik a haj kéregállományában, ősz lesz a haj, az ilyen haj ezüstfényét növeli még az, ha a hajban, nevezetesen pedig a hajvelőben, levegő is van.

A hámréteg módosulatakép fejlődő körmön és hajon kívül vannak még a bőrben váladékot szolgáltató mirigyek is: ezek a fagygyú- és veritékmirigyek.

A *fagygyúmirigyek* vagy a hajtüszőbe nyílnak be (44. ábra *t*), a midőn 1—3 fagygyúmirigy is egy hajtüszőbe vezet, vagy pedig a hajtüsző van a mirigyben és a haj a mirigyből nő ki, a mint ez különösen a finomabb hajaknál lenni szokott (45. ábra). A mirigy az irha reczés rétegéig terjed be, kivezetőcsőből és több fürtszerű kiöblösödéssel biró mirigytestből áll. A mirigyet és kivezetőcsövét finom alkatnélküli hártya,

a sajáthártya, veszi körül. E kötőszövet eredetű alkatnélküli hártya híg natronlúg behatása alatt könnyen isolálható. A sajáthártyán belől köbalakú, világos, finom szemcsékkel és zsírcsemcsékkel telt sejtek vannak, melyekben többnyire a magot is könnyen ki lehet venni. A mélyebben fekvő sejtek szaporodnak, a mirigy üre felé közelebb jutott sejtek protoplasmája zsirosan szétesik.



45. árra. Fagygyúmirigy hosszmetszete, belőle kinövő hajjal; az ember arczbőréből (Toldt szerint).

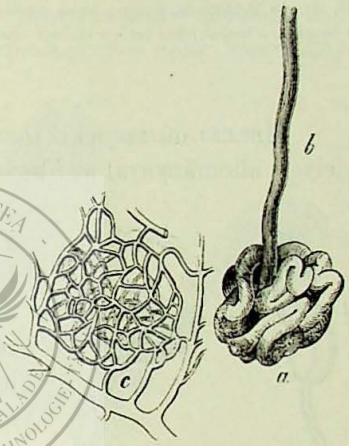
A *veritékmirigy* hosszú csőszerű tömlő. Kivezetőcsöve a felhámon keresztül dugóhúzószerű csavarulatokkal halad, ettől befelé egyenes vagy keveset hajlott alakban megy az irha alsó részéig, a hol a mirigy egy többé-kevésbbé gömbölyded gomolyagban végződik. A bőrhámrétegben a kivezetőcsövet felhámsejtek határolják, önálló fala a kivezetőcső e részének nincs. Az irhában kötőszövetburok és sajáthártya képezik a kivezetőcsövet, a sajáthártyát belől 2—3 rétegben világos sejtek fedik. A mirigygomolyag magaszintén sajáthártyából áll, ezen belől síma izomsejtek, végre pedig henger alakú mirigysejtek egy rétege következik. Az izomsejtek nagy veritékmirigyben egész különálló réteget képeznek, kisebb mirigyben csak itt-ott van egy-egy izomsejt, a legkisebb mirigyekben pedig az izomsejtek teljesen hiányoznak (Toldt). A mirigygomolyag tekerületeit kötőszövet tartja össze.

A veritékmirigyekhez hasonló szerkezettel és alakkal birnak a *fülzsírmirigyek* is, csakhogy itt az izomréteg sokkal erősebben van kifejlődve, mint a veritékmirigyeknél, a mirigysejtek pedig kisebb-nagyobb zsírszemcséket és fényes sárgaszínű festékszemcséket tartalmaznak.

A veritékmirigy-gomolyagot igen sűrű véredényhálózat veszi körül (46. ábra *c*), a mint a bőr egyátalában igen véredénydús. A bőralatti részekből tudniillik finom ütérágak hatolnak a bőrbe és itt elágazódnak; ez ágak egy része a zsírszövetet, egy másik a veritékmirigyeket,

egy harmadik részök végre az irha szemölcsös részét látja el a hajtüszőkkel és fagygyúmirigyekkel együtt. Minden zsirlebenybe egy, ritkán két ütőérág tér be, majd hajszáledényreczébe megy át, mely aztán a vért a zsírból kivezető, két visszérbe folyik össze. Valamivel feljebb találjuk a veritékmirigyeket ellátó ütőérágakat. Innen az ütőértörzs feljebb megy és a hajtüsző és fagygyúmirigyek számára való ágakat adja, végső ágai pedig a szemölcsök alatt elterülő hálózatot képezik, melyből egyes kacsok a szemölcsökbe térnek be. Az edénykacsok visszatérő ágai összenyílnak s a vért a bőrből elvezető visszerek gyökeivé lesznek.

A mi a bőr szerkezetében a tapintás érzések szempontjából bennünket kiválóan érdekel, ez az *idegek végződése a bőrben*. Az idegek többnyire a véredények kiséretében jutnak a bőrbe; egy részök már a bőralatti kötőszövetben, mások pedig az irhában végződnek, még más idegágak egészen a felhám sejtjei közé terjednek.

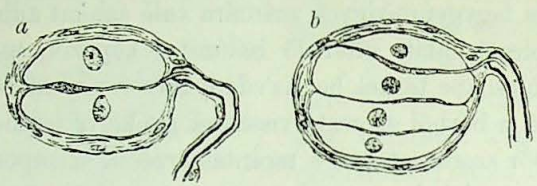


46. ábra. Veritékmirigy; *a* gomolyag, *b* kivezető-cső az irhában, *c* mirigy körötti véredényhálózat (Frey szerint).

Velőshüvely nélküli idegrostokat először Cohnheim észlelt a porczhártya hámsejtjei közt, aranychloriddal történt festés után. Nehezebb ez idegrostokat kimutatni a bőr, a szájnyálkahártya és a conjunctiva hámjában, a hol szintén előfordulnak. Némelyek szerint az ide eljutott idegrostocskák véghálózatokat képeznek, mások szerint a hámsejtek közt szabadon végződnek, még mások véleménye szerint pedig a tengelyfonalrostok gombszerű megvastagodásokkal vagy sejtekkel függnek össze. Az idegek az említett módok közül, nyilván nemcsak egyik módon végződnek a felhámban; erre mutatnak legalább a legújabb vizsgálatok eredményei.

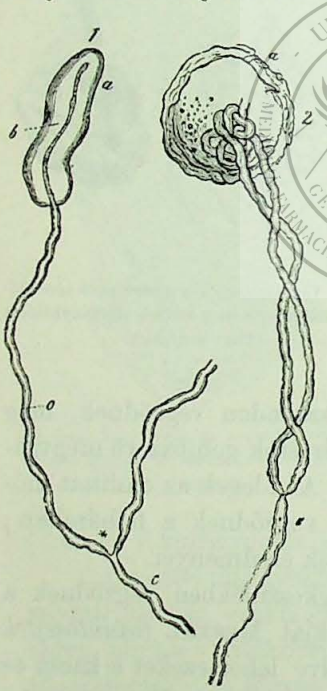
A velőshüvelyű idegrostok külön végkészülékben végződnek a bőrben. Ez idegvégződés legegyszerűbb alakját Merkel *tapintósejtek* neve alatt írta le. Különösen szépen kifejlődve lehet ezeket a kacsa és liba csőrének szélén, valamint azok szájürében találni. — Egy vagy több lencse illetőleg korong alakú, világos, finoman szemcsézett protoplasmájú sejtet, világos maggal, burokhártya környez, mely a tapintósejthez eljutott ideg Schwann-féle hüvelyével forrt össze. Az ideg tengely-

fonala a jelenlevő tapintósejtek szerint több ágra oszlik, mindegyik ág egy-egy korongalakú sejt keskeny oldalán halad el, majd a sejt lapos oldalára tér, hogy ott vékony, szemcsézett korong alakjában végződjék (47. ábra).



47. ábra. *a* Tapintó ikersejtek a kacsa csőrének viaszhártyájából. Az ideg SCHWANN-féle hüvelye átmegy a burokba, a tengelyfonal betér a két sejt közé, *b* tapintótestecske a kacsa nyelvének szemölcseiből (TOLDT szerint.)

MERKEL dúczsejtekkel azonos képleteknek tekinti a tapintósejteket, melyek állományával az idegvég összeforrt; más szerzők szerint a tapintósejtek módosult hámsejtek volnának. Embernél a tapintósejtek jelenléte a felhám mélyebb részeiben, az irha felületesebb rétegében, a hajtüsző kötőszövetrétegében és a bőr csaknem egész kiterjedésében ki van mutatva; legdúsabban fordúlnak elő tapintósejtek a has és czomb bőrén.



48. ábra. Véggömbök a szem kötőhártyájából: 1. Hengeralakú végbunkó a borjúból, *b* tok, *c* betérő ideg. — 2. Gömbölyűalakú véggömb az emberből, a betérő két idegrost gomolyszerűen felcsavarodik (FREY szerint).

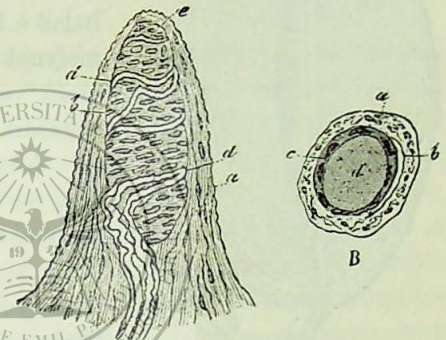
Valamivel már összetettebb szerkezetű tapintó végkészülékek a KRAUSE-féle *véggömbök*. Gömbölyű vagy hengeralakú képletek, két-három rétegű rostoskötőszövetből alakúlt burokkal, melyben csekély nagyítás mellett is már, elszórt orsóalakú magvakat lehet találni (48. ábra).

A véggömbhez eljutott velőtartalmú idegrost tengelyfonala betér a véggömbbe s többnyire ennek túlsó végéhez közel, kis megvastagodással vagy a nélkül végződik (48. ábra 1); néha az ideg tekervényes lefutás után gomolyt is képez a véggömbben (48. ábra 2). A velőshüvely a véggömbbe nem tér be. Az ideg

tengelyfonala körül a véggömb benneke finoman szemcsézett, gyengén fénylőnek tetszik és, mint a közelebbi vizsgálat kiderítette, egymás felett rétegzetesen elhelyezett, magtartalmú, apró sejtekből áll, melyek a tapintósejtekhez hasonlítanak. A KRAUSE-féle véggömb előfordúl a szemteke kötőhártyáján és egyéb nyálkahártyákban is. Így található embernél a piros ajkszéleken, a nyelv gombaszerű és körülárkolt szemölcseiben, a száj-, orrür, a glans penis és clitoridis nyálkahártyáján stb.

Nagyobb és a KRAUSE-féle véggömbnél összetettebb szerkezetű a MEISSNER-WAGNER-féle *tapintótestecske*, melyet erős kötőszöveti tok által összetartott tapintósejteknek lehet tekinteni (49. ábra).

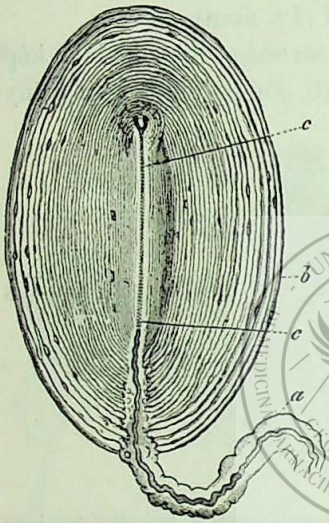
A tapintótestecskék élesen határolt hosszúkás, ellipsoidalakú képletek, melyek haránt irányú vonalzatuk miatt górcső alatt igen könnyen felismerhetők. A kötőszövettok belsejében levő több tapintósejt okozza ezen haráncsikolatos szerkezetet. A bennfoglalt tapintósejtek s magvaik laposak és a MEISSNER-féle testecske hossztengelyével kereszteződő irányban fekszenek. A testecskéhez eljutott 1—4 velőshüvelyű idegrost SCHWANN-féle burka a tapintótest burkával aztán összeforr, velőshüvelyét elveszti, a tengelyfonal pedig ágakra oszlik, melyek a testecske körül tekerődzve előbb-utóbb a tapintósejtek közé térnek be és ott finom korong alakjában végződnek épen úgy, mint a MERKEL-féle tapintósejteknél. A 40—200 μ.* hosszú és 30—60 μ. széles MEISSNER-féle testecskék előfordúlnak a bőr irhaszemölcseiben, nevezetesen pedig a kéztenyér és lábtalp bőrében s itt különösen az ujjakon. Ezeken kívül kisebb mennyiségben a kéz- és lábhát, a mellbimbó és a szemhéjak, az ajkak, az alkar és alszár bőrében, valamint a nyelv nyálkahártyájának szemölcseiben is lehet találni tapintótestecskéket. Átmeneti alakokat, MEISSNER-féle tapintótestecskéktől a tapintósejtekhez, a bőrben MERKEL, a nyelvben pedig GEBER találtak.



49. ábra. A MEISSNER-WAGNER-féle tapintótestecske hosszmetszete: *a* a bőrszemölcs kötőszövete; *b* a tapintó-testecske haránt irányú magvakkal, *c* idegrost. *B* tapintótestecske felülről tekintve; *a* a bőrszemölcs kötőszövete, *c* tapintótestecs burokja, *d* belseje (MIHÁLKOVICS G. szerint).

* μ-vel egy millimeter ezredrészét jelölik; ez a *mikromillimeter*.

A legnagyobb idetartozó végkészülék a Pacini-Vater-féle *testecske*. Ez tojásdad alakú 1—4 mm. hosszú, 0·7—1·2 mm. széles képlet, melyet már szabad szemmel is fel lehet ismerni (50. ábra). Falát concentricusan egymásba helyezett hártyák alkotják. A hártyák egyneműeknek tetszenek, de kitünt, hogy finom körkörös irányú kötőszövetrostokból állanak, melyek közt endothelsejtek fordúlnak elő. Az endothelsejtek magvai okozzák a lemezeken észlelhető orsóalakú megvastagodásokat. A lemezeket elválasztó réseket fehérje tartalmú folyadék tölti ki. Az ideg betérése helyén az ideg kötőszövethüvelye és Schwann-féle burka a hártyás tokokkal összeforr, s közvetlenül ezekbe megy át. Az ideg tengelyfonala a hártyarendszer által bezárt finoman szemcsés anyagba tér be s ebben halad a Pacini-féle testecske túlsó végéig, melynek közelében bunkó- vagy villaszerű véggel, vagy egyszerű hegygyel is végződik.



50. ábra. Pacini-Vater-féle testecske macska bélfodrából; *b* burokhártyák, *c* tengelyfonal, *a* velős hüvelyű ideg (Frey szerint).

A Pacini-Vater-féle testecskék gyakran, az ideggel együtt betérő, saját véredényekkel vannak ellátva.

A mi e testecskék előjövetelét illeti, legnagyobb számmal találhatók azok az ujjak, a kéztenyér és lábtalp bőralatti kötőszövetében; gyérebben vannak a kar és nyak bőralatti kötőszövetében a glans penisen és az emlőt fedő bőr alatt. Ezeken kívül előfordulnak e testecskék a különböző izületek közelében, a plexus solaris végágain, az inhüvelyeken. Kiemelendő e testecskék előjövetele a macska bélfodrában, hol egészen szabadon találhatók.

Végre megemlíthetjük még e helyen az úgynevezett *ivarszervi testecskéket* vagy *kéjtestecskéket*, melyek lényegükben kötőszövet által összetartott több Krause-féle véggömbnek felelnek meg és egyszerű véggömbök mellett a glans penisen, a clitorison valamint a kis szeméremajkakon fordúlnak elő.

48 §. A tapintásérzésekről általában.

Az ide tartozó érzéseket Weber E. H. óta két nagy csoportba szokás osztani. Az egyik csoportba sorozzuk a szorosabb értelemben

vett *tapintás érzéseket*, a másikba pedig a *közérzések* neve alatt összefoglalt érzéseket. A tapintásérzésekhez tartoznak a bőrfelület, valamint a testből kivezető nyílásokat bevonó nyálkahártyák útján tudomásunkra hozott olyan érzések, melyeket kívülünk levő tárgy behatása által okozottaknak ismerünk fel. Ezek a *nyomás-* és *hőérzés*. Mindkét érzésből a behatott testnek bizonyos tulajdonságok reánk való hatását ismerjük meg. Azonban nemcsak a bőr van érző idegekkel ellátva, hanem a porczok, körmök és hajak kivételével testünknek minden része. Ez idegek valamint a bőr idegei oly érzéseket hoznak öntudatunkra, melyek segedelmével nem kívülünk levő tárgyakat, hanem testünk vagy valamely szervünk állapotát megtudjuk és melyeket a közérzések neve alatt foglalunk össze. Ide soroljuk a *fájdalom-* és az *izomérzést*, a *borzongás-*, *csiklandozás-* és *kéjérzést*, valamint az *éhség-* és *szomjuság* érzetét is.

Hogy a tapintásérzéseket kívülünk létező tárgyakra vonatkoztassuk, a közérzéseket pedig nem, erre bennünket a tapasztalat tanított. Egyfelől az érzés helyi jele, mely miatt a nyomás- és hőérzés a hely szerint, melyre az illető inger behatott, bizonyos tekintetben más, úgy, hogy az érzés e különbségéből a behatás helyére reá ismerünk és másfelől az a körülmény, hogy öntudatunknak tapintószervünk esetleg mozgásairól is tudomása van, a mi szintén onnan ered, mert a tapintószerv minden mozgásának határozott érzés felel meg, mely ezen bizonyos mozgásra egészen jellemző; mind ezek arra utalnak, hogy a tapintásérzések okát kívülünk kell keresni. A nyomás- és hőérzésnek a mozgásokról tudomást adó izomérzéssel folytonos változása s az a tapasztalat, hogy az egyik nemű érzés a másik nélkül is jelen lehet, valamennyien, a tapintásérzések valamely külső okára utalnak. Ellenben a fájdalom, melyet a bőr fájdalmas bántására érzünk, helyét nem változtatja az izomérzéssel, a belső szerveinkben esetleg érzett fájdalmas érzéssel megegyezik, okát azért magunkban keressük.

Azonban e különbség mellett a tapintásérzéseknek a közérzésekkel közös tulajdonságuk is van és azért helyesen foglaljuk ezeket egy közös csoportba össze. Míg tudniillik a többi érzékszervek által nyert érzéseket tisztán csak külvilági tárgyakra vonatkoztatjuk s magunkról ezek útján semmi nemű jelt nem nyerünk, addig a nyomás- és hőérzés, azonkívül hogy ez érzések okát kívülünk tanultuk keresni, magunkról, illetőleg bőrünk állapotáról is adnak felvilágosítást s ebben aztán megegyeznek a közérzésekkel. Így a szem fényérzést, a fül hangérzést közvetít, de ez érzéseket épen nem vonatkoztatjuk a szemre vagy

fülre, hanem csak külvilági tárgyakra, nem érezzük a fény hatását a szem ideghártyáján vagy a hang benyomását az acusticus végkészülékén; hasonlóan, bár nem annyira élesen van ez, kifejezve a szaglás és ízlés körül is: ellenben ha valamely tárgy bőrünket érinti, úgy az érzésből nemcsak e tárgy némely tulajdonságait ismerjük fel, hanem azt is, hogy e tárgy a bőrt és ennek melyik helyét érintette. Ebben különböznek tehát a nyomás és hőérzés a többi érzékszervek által közvetített érzésektől s ebben egyeznek meg a közérzésekkel.

A tapintásérzések homolog ingerei a nyomás és a hő. A bőr idegvégeinek erőművi izgatása nyomásérzést, hőbeli izgatása hőérzést támaszt bennünk. Ha valamely test a bőrfelületre mérsékelt nyomást gyakorol vagy attól meleget von el, illetőleg a bőrnek meleget ad, e hatásából azon test súlyát vagy hőfokát megismerjük; ellenben ha ugyanez ingerek, vagy egyéb általános idegingerek is, nem idegvégeket, hanem magát az ideget érik, akkor az a fájdalom érzését támasztja bennünk. Szépen bizonyítja ezt Weber E. H. azon kisérlete, melynél a kisérletező könyökét jéghideg vízbe mártja. Az illető eleintén a könyök bőrében levő érző végkészülékek izgatása által okozott hőhatást mint hideget érzi, később a hideg hatása a mélyebb részekig beterjed, itt a nervus ulnaris törzsét izgatja, s ez fájdalomérzéssel jár; ezen fájdalom ahoz hasonlít, a mit akkor érzünk, midőn könyökünket kemény tárgyba ütjük úgy, hogy az ütés magát az ideget éri. A fájdalom székhelyét nem az ingerhatás helyén, hanem az ideg környi végén érezzük; oda helyezzük öntudatunkban az érzést akaratlanúl, a hol rendes körülmények között az inger az idegvégekre behatni szokott.

Hogy a tapintási érzések az illető idegek környéki végeinek izgatása után és nem az idegtörzsök izgatására támadnak, ezt bizonyítja még Weber E. H. az a kisérlete, melyben valakinek + 6 — 15 R.° meleg vizet csőre alakjában a végbélbe befecskendezett. Az illető érezte ugyan a hideget a végbélnyíláson, a hol tapintó végkészülékek még vannak, de beljebb már nem, bár a hideg víz hőelvonó hatása a hasürben bizonynyal az idegtörzsökig eljutott, mit az is bizonyít, hogy a hideg egy idő múlva a has bőrén érezhető volt; itt a víz hőelvonó hatása tehát a hasfal bőrében levő idegvégekig jutott.

Ezek szerint úgy tetszik, hogy ugyanazon ideg végkészülékére gyakorlott mérsékelt behatás nyomás-, illetőleg hőérzést okoz, a melynek erősebb, az ideget magát érő izgatása a fájdalom érzésével jár. Hasonlóan van a dolog az izomérzéssel és fájdalommal is. Ugyanazon érzőidegek, melyek rendes körülmények közt az izommunka fokát

megbecsülni engedik, túlerősen működő izmokban az elfáradást kisérő fájdalomérzetét látszanak tudtunkra adni. Azonban a hőváltozás vagy a nyomás, magára a bőrre bizonyos fokon túl való erös behatása, szintén fájdalmas érzést okoznak. A melegedő vizet melegnek mondjuk, mig 50 C.°-ra fel nem melegítjük, de ezentúl már fájdalmat érzünk.

Hogy tehát tapintásérzési benyomások létesülhessenek, az érzőidegek külön végkészülékére van szükség. E végkészüléket illetőleg minden tapasztalat arra utal, miszerint ennek közvetítésével az ideget aránylag gyenge ingerhatás hozza izgalomba, oly gyenge hő- vagy nyomásbeli behatás, a mely közvetlenül az idegre alkalmazva elégtelen az ideg izgatására. Ez ingereknek erős behatása fájdalmat okoz, akár az ideg végkészülékét, akár törzsét érje e behatás. Miután pedig minden eddigi ismeretünk szerint valamely ideg izgalma csak nagyságra, de nem minőségre nézve lehet különböző, az említett tapasztalatok csak úgy érthetők, ha felteszszük, hogy az erős idegizgalom az agyban nem marad egyedül azon idegközpontra szorítkozva, mely a tapintási érzések felfogására szolgál, hanem kiterjed oly központokra is, melyek izgalma fájdalomérzéssel jár. Hogy ilyen, a fájdalom megérzésére szolgáló központok léteznek, kétséget nem szenved. Számos érzőideg van, a mely csak fájdalomérzést hoz tudomásunkra. Ilyenek a belszervekben elterülő érző idegek. Ha forró ételt nyelünk, úgy ennek hőhatását megérezzük a szájban és torokürben, de nem a gyomorban; ebben csak fájdalmat okoz. Tapintási érzőképességgel az ilyen szervek épen nem birnak. A gyomor nem érzi például a vele érintkező rekesz mozgásait légzés közben, sem a gyomor ürébe behulló étel ütését.

Ez idegek környéki végén hiányzik az a végkészülék, a melynek izgatása tapintásérzéseket közvetít, központi végükön pedig oly agyrészszel függ össze, mely a fájdalom és nem a tapintásérzések felfogására szolgál.

Ilyen, csak fájdalmas érzéseket közvetítő idegek, úgy látszik az egyébként tapintó bőrben is vannak. Blix és Goldscheider a bőrön oly pontokat ismertek fel, a melyek izgatása egyedül fájdalomérzéssel jár. Ily külön fájdalomérzést közvetitő idegek mellett szól azon tapasztalat is, hogy vannak esetek, a melyekben a bőr tapintó képessége zavartalanúl megvan, fájdalomérző képessége ellenben teljesen hiányzik. Ez állapotot *analgesia*-nak nevezik. Az analgesia beáll például chloroform- vagy æthernarkosis alatt. Az elaltatott egyén érzi bőre érintését, de nem a metszést, melylyel az orvos végtagját csonkítja. Észlelték a fájdalomérzés hiányát a gerinczagy némely megbetegedéseinél is.

Schiff kisérletileg mutatta ki, hogy a fájdalom és a tapintásérzések útjai a gerinczagyban bizonnyal külön haladnak; állatok hátsó végtagjaiban analgesia állott be, ha a gerinczagy szürkeállományát, az ágyéki idegek eredés helye felett, átmetszette, ellenben megmaradt a fájdalomérzés képessége, sőt fokozódott volt oly állatok hátsó végtagjaiban, a melyek gerinczagyának legalább hátsó fehér kötegeit átmetszette, mialatt a szürkeállományt sértetlenül meghagyta. A gerinczagyban tehát a fájdalom és tapintásérzések útjai bizonyosan külön haladnak, a mint látszik az elsők a szürkeállományban, az utóbbiak a fehérállomány hátsó kötegeiben vezetnek. Hogy ez érzések már a gerinczagyba is külön utakon jutnak, e tekintetben, mint a feltevést bizonyító körülményre, némelyek arra hivatkoznak, hogy a bőrben külön végkészülékben nem végződő velőshüvely-nélküli idegek vannak s lehet, hogy ezek a fájdalmat közvetítő idegek, míg a külön végkészülékkel összefüggő idegek a tapintásérzéseket közvetítik (Funke, Hermann Handbuch d. Physiologie-jában). E körülmény azonban épen ama feltevés ellen bizonyít, mert a végszervnélküli idegek a szövetvizsgálók adatai szerint a bőr hámsejtjei között terjednek el, ennek sértése pedig épen nem jár fájdalommal. Kivételt képeznek ez alól a porczhártya-felhámban elterülő idegek. Ezek érintése csak fájdalmat okoz és nem tapintásérzést — nyomás- vagy hőérzést —; pedig itt szabad idegvégződés mellett tapintósejtekben való végződést is észleltek (Thanhoffer). Blix és Goldscheider fennebb idézett vizsgálatai szerint a bőrben tisztán fájdalomérző idegek vannak. Ezen kívül azonban igen valószínű, hogy a fájdalom a tapintásérzésekkel egy úton is halad a bőrtől a gerinczagyba, itt azután az út kétfelé oszlik, melyek közül az egyik a gerinczagy hátsó fehér kötegében az agynak a tapintási érzések felfogására szolgáló központjához vezet, míg a másik a gerinczagy szürkeállományában a fájdalom felfogására szolgáló központi agyrészekhez halad; csak fel kell tenni, hogy az izgalomvezetés útját álló akadályok kisebbek a fehér- mint a szürkeállományban. A gyengébb izgalom egyedül a könnyebb úton, a gerinczagy fehérállományában marad meg, míg a nagyobb fokú izgalom a rosszabbul vezető szürkeállományon is tovább terjed s e miatt a fájdalom érzését okozza, mely élénksége miatt a központban a tapintásérzést egészen el is nyomhatja.

E felfogás mellett nagyon szól Schiff-nek az az említett tapasztalata is, hogy a fájdalom érzése az állatban nagyobb fokú volt, ha a hátsó fehérkötegek átmetszése által a tapintásérzések útját elvágta; az izgalom ilyenkor nem oszlott kétfelé, egyedül a szürkeállományon

volt kénytelen tovább haladni és e miatt teljes erejében jutott az agynak a fájdalmat megérző részéhez. Megfordítva van a dolog a chloroform-narkosis alatt. Ilyenkor épen a szürkeállomány működése van megnehezítve, sőt mély narkosisban egészen lehetetlenné téve. Az érző idegek izgalma azért a narkosis bizonyos foka mellett a gerinczagy hátsó kötegeiben még el fog jutni az agyhoz, ellenben a szürkeállomány útján nem. Innen az analgesia.

Az *izomérzés* tudomást ad nekünk a rövidülő izom működése fokáról. Segedelmével becsüljük meg a tapintott test alakját, nagyságát, ha emeljük, súlyát, valamint esetleg reánk ható nyomás irányát is. Mint látni fogjuk, több mint valószínű, hogy ez érzést a mozgató idegrostokkal az izmokba bejutott érző idegrostok közvetítik.

A *borzongás* az az érzés, mely előáll például, midőn hátunkat hideg vízzel leöntjük. Ez nem csak tapintási végkészülékek izgatása által kelthető, hanem egyéb érzékszervek izgatása által is, így például akkor, ha tányéron vágás közben késünk elcsúszik, nem ritkán a fület sértő, az az éles hang támad, melynek hallatára szintén borzongást érzünk. E kellemetlen érzés tehát a központi idegrendszer érző részeinek különböző módon való izgatása által jön létre s mi azt a bőrbe csak localisáljuk. Külön csak ezen érzést okozó idegekről e szerint szó sem lehet.

A *csiklandozás* sem valami külön fajtája a tapintásérzéseknek. Előáll különösen az ajkak s az orrnyílás és ezek közelében levő arczbőrnek gyöngéd érintésére, például tollszárnynyal; de előidézhető a lábtalp-, a kéztenyér- és hónaljbőr, valamint a keménysz ájpad és egyéb helyek kellő módon izgatására is. Ez érzésnél nyilván a legfeltűnőbb az, hogy a bőr valamely pontjának egyszerű érintésére nem szokott beállani, hanem csak akkor, ha az érintés a bőrön nagyobb felületet és ezen más-más helyet talál. E körülményben keresendő a csiklandozásérzés oka. A bőr minden egyes helye az érintést némiképen különböző módon érzi meg; erről igen könnyen meg lehet győződni, ha kezünk tenyéroldalán egyik újjunk hegyétől kiindulva ezen újjon s majd a kéz tenyerén is másik kezünk egyik újját gyenge nyomással végig vezetjük, vagy ha a czeruza hegyével egyik ajk szélén végig megyünk s az ezek alatt nyert érzésekre figyelünk. Az érzésekben az érintés helye szerint fennálló e különbség sokkal feltűnőbb gyöngéd, tehát a felületesebben fekvő idegvégeket érintő, mint erősebb nyomásnál. A különböző nyomásérzések e változása az érintő test mozgása alatt okozza azt a kellemetlen érzést, melyet csiklandozásnak nevezünk. Hasonlítható ez a látérzéki benyomások közt található azon kellemetlen érzéshez, me-

lyet akkor kapunk, midőn fekete és fehér papirszelvényeket korongra helyezve forgatunk, mialatt a papirszelvények a korongon nem egymás mellett egyenletesen kiterítve fekszenek, hanem különböző síkban vannak. Ilyenkor tudniillik az érzések nem olvadnak össze vegyes érzéssé, hanem a csillogás kellemetlen érzését támasztják.

A *kéjérzést* az illető szervekben létező végkészülékek, ivarszervi testecskék, közvetítik.

Az *éhségről* és *szomjúságról* részletesen szólunk majd a táplálkozás élettanában.

Ezek szerint további fejtegetéseink tárgyát fogják képezni a nyomás, a hőérzések meg az izomérzés.

49. §. Nyomásérzés.

A nyomásérzés segedelmével ítéljük meg a bőrre ható nyomás nagyságát. Hogy ez lehetséges legyen, szükséges kizárni az izomérzést, minthogy ez is képesít a testek súlyának, tehát a nyomásnak megítélésére. Weber E. H. szerint az izomérzést úgy zárjuk ki, hogy azt a testrészünket, melylyel a vizsgálatot tenni akarjuk, nem tartjuk szabadon, hanem biztos alapra, például asztalra támasztjuk. A nyomásérzés körül teendő vizsgálatok megtételére jelenleg külön eszközök vannak használatban. Ezek közül itt csak az aránylag legelterjedtebben használtatni szokott Eulenburg-féle *baraesthesiometer*-t említjük meg. Ez a rúgómérlegek módjára szerkesztett eszköz, melynek nyomását kézzel vagy súlyokkal szabályozni lehet; a minden alkalommal jelen levő nyomás fokát óramutató jelzi.

Azt a minimalis nyomást, melyet megérezni képesek vagyunk, az ingerküszöböt, legelőször Kammler határozta meg. Kitünt, hogy e nyomás a bőr különböző tájain és a különböző embereknél is, nem egyenlő. A homlokon, halántékon, a kéz és előkar hátán nyomásérzőképességünk a legfinomabb, itten 0·002 grm. nyomását is észreveszszük. Az előkar belső felületén 0·003, az orr, ajak, alsó állkapocs, a szemhéjak és a hasfal bőrén 0·005, az ujjak tenyéroldalán 0·005—0·015, sőt a körmökön és a lábsark bőrén csak 1 grm. súlyát érezzük meg.

Az érzés finomságában észlelhető különbségek egyik oka az irhát fedő felhám vastagsága; minél vastagabb a bőr hámrétege, annál nagyobb súly szükséges, hogy a nyomás az idegvégkészülékig eljusson. Innen van az újjak belső oldalán és a körmön talált csekély finomság a nyomásérzésben. További befolyó körülmény az is, vajjon közel a bőr alatt vannak-e szilárd részek például csontok. Minthogy a

nyomásérzés a súlynak a bőr idegvégeire gyakorlott összenyomó hatásából ered, ez kemény alapon kisebb súly mellett lesz elérhető, mint ha a bőr alatt, jó vastag rétegben lágy részek következnek. Innen lehet, hogy az érzés finomsága nagyobb a homlok-, halántéktáj vagy az előkar hátbőrén, mint az előkar belső oldalán. A hámréteg vastagságán és az alap keménységén kívül lényeges befolyással van még az idegek ingerlékenysége és végkészülékeinek száma az illető bőrfelületen.

Érdekes, hogy nyomásérzés létrejöttére, az említett feltételeken kívül, befolyással van még a nyomás iránya is a bőrön. Erre utal legalább Meissner-nek az a tapasztalata, hogy ha újjunkat testünk hőfokára felmelegített vízbe vagy higanyba mártjuk, a nyomást csak a folyadék felületével érintkező helyen érezzük meg, bár az egész újjra hat, esetleg még az ingerküszöbnél jóval nagyobb erővel is. A bemártott újj bőrére a folyadék minden oldalról egyenletes nyomást gyakorol s azért a bőrt a felületre függélyes irányban nyomja össze. Nem úgy a szilárd testek vagy a folyadék felszíne. Ezek csak a kiállóbb bőrrészeket érintik, vagy épen oldalról nyomják a bőrt s így ez a nyomás elől kitérhet. Meissner ebből azt következteti, hogy a nyomásérzés létrejöttére a bőrnek oldalirányban való eltolása szükséges és hogy a bőrnek minden oldalról történő egyenletes összenyomása nyomásérzést nem okoz. Támogatja e következtetést Meissner-nek az a tapasztalata is, hogy szilárd test sem okoz nyomásérzést, ha a bőrt minden oldalról egyenletesen nyomja és ez a nyomás elől kitérni nem képes. Ha újjunkat parafinba mártjuk s ezután nyugton tartjuk mindaddig, míg az újj körül képződött parafinhüvely a lehülés alatt megkeményedett, akkor nem érezzük a parafinhüvelyt, még ha súlyokkal megterheljük is, ellenben azonnal megérezzük, mihelyt a parafinhüvelyt az újjon elmozdítjuk.

Mint már a 46. §-ban jeleztük a tapintásérzések intensitása az inger nagyságához azon viszonyban áll, melyet ott a Weber-féle törvény neve alatt kifejeztünk, mely szerint, hogy valamely érzésben a növekedést vagy csökkenést megérezzük, a jelenlevő ingernek mindig ugyanazzal a viszonylagos értékkel kell nagyobbodni vagy kisebbedni. Az e törvény által kifejezett viszonyok vizsgálata czéljából Weber úgy tapasztalta, hogy jobb a bőr ugyanazon helyére egymásután tenni az összehasonlítandó súlyokat, mint egyszerre különböző pontokra. Pontosabban tudjuk tehát egymással összehasonlítani a valamely megelőző súly által bennünk támasztott és emlékképben visszamaradt érzést, az ugyanazon bőrrészlettől a másodszor reá helyezett súly nyomása által okozott érzéssel, mint figyelmünket egyszerre kétfelé fordí-

tani, hogy két különböző helyen behatott súly nyomását egymással összehasonlítsuk, még ha e két súly részarányosan fekvő bőrrészleteket nyom is.

A két súlynak a bőrre reáillesztése közt azonban hosszú időnek eltelni nem szabad, mert ez csökkenti a finomságot a megkülönböztetésben.

Szükséges továbbá, hogy az összehasonlítandó súlyok a bőrt ugyan abban a terjedelemben érintsék. Ne legyen az egyik súlynak szélesebb alapja mint a másiknak. Mert a mely súly nagyobb felületet nyom, a bőrön több idegvégre nehezedik reá s e miatt ezt nagyobbnak ítéljük a másiknál, még ha az nem is volna súlyosabb.

Végre itt is kizárandó az izomérzés meg a hőérzés, minthogy ezek a nyomásérzés finomságát lényegesen befolyásolják. A hőérzés befolyásának bebizonyítására csak azt említjük meg, hogy homlokunkon —4—7 C.°-ra lehűtött tallért egyenlő nehéznek becsüljük, két +37—38 C.°-ra felmelegített tallérral, sőt nem ritkán az egy lehűtött tallért még nehezebbnek ítéljük. Természetes, hogy az, a kin a kisérlet történik, behúnyja szemét, a tallérokat pedig más teszi homlokára, mert a súlyokról és ezek hőfokáról másként mint nyomásérzése által tudomást szereznie nem szabad. E kisérletekhez egyáltalában mindig két egyén szükséges, mivel annak, a kin a kisérlet történik, a kisérletet szemmel kiséri nem szabad, minthogy ez a súlyok megítélésében elfogúlttá teszi. Egyébként pedig a vizsgálat vagy úgy történik, hogy két egyenlő súlyt teszünk egymás után a bőr ugyanazon helyére s ezután az egyiket mind addig változtatjuk, míg a súlykülönbséget az illető észre nem veszi, vagy pedig oly két különböző súlyt veszünk, melyek közt a különbséget épen csak hogy megérezzük és ezeket váltogatva helyezzük a bőr illető helyére, feljegyezvén mindannyiszor azt, vajjon a kisérleti egyén különböző súlyúnak mondta-e a két súlyt vagy sem és ha igen, melyiket ítélte nehezebbnek a másiknál; az így nyert adatokból az épen észrevehető nyomáskülönbség kiszámítható.

Weber az utolsó újjpercz tenyéroldalán akkor tudott két súlyt mint különböző nagyot megkülönböztetni, ha azok úgy aránylottak egymáshoz, mint 29—30-hoz; akár lat akár obon volt a súly, melyből kisérleteinél kiindúlt. Különböző volt e viszony különböző egyéneken és különböző ugyanazon egyénen is testének különböző helyein. Eulenburg a kéz és az egész kar tenyéroldalán $^1/_{10}$—$^1/_{20}$, a homlokon, ajkon, nyelvháton, arczon és a halántékon $^1/_{40}$—$^1/_{30}$ súlykülönbséget talált felismerhetőnek. E viszonyok csak bizonyos középnagy súlyokra nézve állanak.

Loewit és Biedermann igen könnyű súlyokkal kezdve mind nehezebb súlyokra mentek át s kiterjedt vizsgálataikban úgy találták, hogy a finomság súlykülönbségek felismerésében bizonyos abszolut súlynagyságig fokozódik, a súlyok tovább való növelése mellett azonban gyorsan csökken.

A nyomásérzés a súly behatása kezdetén legnagyobb, ezután pedig mindinkább csökken. Mint az idegingereknél általában, úgy itt is a nyomás annál inkább hat ingerképen, annál élénkebben okoz nyomásérzést, minél gyorsabban hat be; a nyomást lassú növeléssel igen magas fokra lehet emelni, a nélkül hogy ez érzést támasztana bennünk.

Úgy tetszik, hogy a nyomásérzés miután a súly behatni megszünt, még egy ideig fennáll, és pedig nem csak emlékezetünkben, hanem az érzés maga, az idegek izgalma, mint olyan, tovább tart mint a behatás. Valentin egy korong szélét tompa hegyekkel látta el s ezeket újjával érintette mialatt a korongot forgatta. Lassú forgatás alatt minden egyes hegy érintését külön érezte meg, a korong sebes forgatása alatt azonban a korong szélét simának érezte; az egyik hegy nyomása által támasztott nyomásérzés tehát még fennállott, mikor a másik hegy a bőrt ugyanazon helyen már érintette és azért az érzések összeolvadtak. A sebesség, melylyel a korong ilyenkor forgott, akkora volt, hogy az egyik hegy a másik után a bőrt $^1/_{640}$ mp.-nyi időközben érintette. Az utóérzés e szerint $^1/_{640}$ mp.-ig tartott. Más vizsgálók azonban jóval rövidebb időértékeket találtak. Wittich és Gruenhagen lengő húr rezgéseit megérezték, ha ez 1506—1552 rezgést tett 1 mp. alatt, sőt Gruenhagen a nyelvhegyén egy mp. alatt 10,000-szer ismétlődő villamcsapásokat, mint külön ingerhatásokat tudott megkülönböztetni. De a villamcsapások valószínűleg nem csak a nyelv tapintó végkészülékeit, hanem az idegtörzsöket is izgatták. A Wittich és Gruenhagen által elért eredmények a mellett szólanak, hogy itt, az utóérzés okozói gyanánt, tisztán mechanikai viszonyok szerepelnek: az idegizgalom csak annyiban tart tovább mint a nyomás, a mennyiben a nyomott bőrrészleteknek időre van szükségük, hogy nyugalmi állásukat visszanyerjék s míg ez megtörtént, addig a bőr részei az idegvégkészülékeket is nyomják.

50. §. Hőérzés.

Midőn bőrünk hőfoka emelkedik, meleget érzünk, midőn lehül, hideget. Ez érzések annál intensivebbek minél nagyobb a hő oda- vagy elvezetése a bőrtől.

Bőrünknek bizonyos, többé-kevésbbé állandó, hőfoka van, ha ily

hőmérsékű test bőrünkkel érintkezik, hőérzést nem támaszt; e hőfokot a bőr *nulla-fokának* szokás nevezni. E nulla-fok ugyanazon időben a bőr különböző helyein különböző. Ez abból tűnik ki, hogy midőn kezünket homlokunkra teszszük, a kettő közül az egyiket rendesen hidegebbnek vagy melegebbnek érezzük a másiknál, bár különben sem kezünkön, sem homlokunkon hőérzésünk nincsen. A nulla-fok a bőr egyetlen helyén sem állandó; Nothnagel szerint rendes körülmények között 27—33 C.° közt változik, kisérlet által azonban tetemesen lejebb szállítható vagy feljebb is emelhető. Kezünk például a +20 C. fokú vizet hidegnek érzi, de ha e kezet előbb nehány perczig +10 fokú vízben tartjuk és ezután a +20 fokú vizbe mártjuk, ez utóbbit egy ideig melegnek találjuk; nyilván mert a kéz nulla-foka a +10 C. fokú vízben a +20 C. fokon alól szállott. Ha a kezet a +20 fokú vízben tovább tartjuk, a meleg, mit előbb éreztünk, csakhamar eltűnik; a kéz nulla-foka a 20 C. fokot eléri s a bőr a víztől már nem nyer meleget. Majd a víz a bőrtől, mint a test melege által tovább felmelegedő testtől, meleget kezd elvonni, s mi a 20 C. fokú vizet oly hidegnek érezzük, mint a minőnek éreztük volna akkor, ha kezünket megelőzőleg +10 C. fokú vízbe való bemártás által le nem hűtöttük volna.

Hőérzésünk tehát arról ad felvilágositást, hogy valamely általunk érintett test melegebb- vagy hidegebb-e bőrünk illető helyénél s nem arról, hogy ama testnek mi a hőfoka. Ha a bőr hővesztése azon hővel, melyet a bőr maga termel és a melyet a vér odavezet, egyensúlyban van, vagyis ha a bőr nulla-foka állandó, akkor hőt nem érzünk. Mind az, mi ez egyensúlyt megzavarja, hőérzést okoz bennünk. A bőrünknél melegebb test hőt ad a bőrnek s ezt érezzük melegnek, hidegebb test hőt von el a bőrtől s ezt mint hideget érezzük meg. A melegáramlás gyorsasága lényegesen befoly hőérzésünk fokára; azért ugyanazon hőfokú két test közül a jó melegvezetőt hidegebbnek ítéljük a rossz hővezetőnél. Igy például fémet hidegebbnek érzünk ugyanoly hőfokú fánál, mert gyorsabban vonja el bőrünktől a meleget.

A bőr hőérzésének finomságára vonatkozó vizsgálatokat Weber olajjal megtöltött kicsiny üvegedénnyel tette. Az üvegedényt meleg vagy hideg vízbe mártotta s ezáltal a kísérletnél megkivánt hőfokra hozta. Nothnagel hasonló, fából készült és $^1/_{10}$ mm. vastag, rézfenékkel ellátott, edénykéket használt. Az edénykékbe vizet adott, melynek hőfokát bemártott hőmérő jelezte. Az ez edényekkel tett vizsgálatoknál, mint a hő behatása iránt legérzékenyebb helyek, a szemhéjak, az arcz és halánték tüntek ki. Az orr közepének kevésbbé finom hőérzőképes-

sége van, mint az orrszárnyaknak. A nyak és törzs hőérzőképessége rosszabb a medianvonalban, mint az oldalrészeken s egészben sokkal kevésbbé finom, mint az arczon. Az előkar érzékenyebb a kéznél s a felkar az előkarnál. Hasonló a viszony a lábakon is. Egészben véve finomabb az érzőképesség a végtagok külső, mint belső oldalán, ennek megfelelőleg hőváltozások iránt érzékenyebb az újjaknak és a kéznek hátbőre, mint a tenyér bőre (Nothnagel). Ennek megfelelőleg a hideg vagy meleg vízbe mártott kéz a kézháton előbb érzi meg a hőváltozást, mint a tenyéroldalán.

A hőérzés finomságában észlelhető e különbségeknek okai, nagyrészt ugyanazon körülmények, mint a melyeket a tapintási érzés finomságára befolyókként felismertünk. Az irhát fedő felhám okozza nyilván, hogy a kézhát bőrének finomabb hőérzőképessége van, mint a tenyér bőrének. Különösen kitünik ez Weber azon kísérletéből, melynél mindkét kezét úgy mártotta 1—2 R.° vízbe, hogy a két kéz tenyéroldalai egymás felé voltak fordítva, anélkül azonban, hogy érintkeztek volna. Kezdetben a hideget a két kéz hátán sokkal élénkebben érezte, mint a tenyeren, de mintegy 8 mp. mulva a hideg érzése a tenyéroldalon már sokkal élénkebb volt, s az is maradt. Hasonlót lehet a meleggel is tapasztalni. E kísérletben a tenyér vastag felhámrétege késleltette a hőérzés kifejlődését, de midőn a hideg hatása egyszer az irháig eljutott itt lett élénkebb, mert az idegvégkészülékek itt sokkal nagyobb számmal vannak, mint a kézhát bőrén. A hámréteg vastagságán kívül tehát az idegvégkészülékek mennyisége valamely bőrrészletben szintén befoly a hőérzés finomságára. Lényegesen befoly még a hőérzésre a hideg vagy meleg behatásának kitett bőrfelület nagysága is. Ha egyik kezünk újját és a másik kezet egészen, egyidejűleg, ugyanazon hőfokú vízbe belemártjuk, élénkebben érezzük a hő hatását ott, a hol az egész kéz ki volt téve a víz hőhatásának. Midőn a meleg vagy hideg nagyobb számú idegvégekre behat, az érzés intensivebb lesz. Ez magyarázza meg azt a tapasztalatot, hogy olyan fürdő, melyet, midőn csak kezünket tettük belé, épen elég melegnek véltünk, túlságosan melegnek tetszik, midőn egészen beléülünk.

Gyakorlat által a bőr hőérzőképességének finomsága növelhető.

Vajjon a Weber-féle törvény érvényben van-e a hőérzésnél is, e tekintetben számos vizsgálat történt. Az ez irányú vizsgálatokban nagy nehézség azonban az, hogy a bőr nulla-foka kísérlet közben is változik. Mint a tapintás érzésnél, itt is helyesebb a bőr ugyanazon helyére egymásután illeszteni réá a hőfokára nézve összehasonlítandó két testet,

annál inkább, minthogy igen valószínű, hogy a különben egymással összehasonlított két hely nulla-foka sem volna egyenlő.

A legbehatóbb vizsgálatokat e tekintetben Nothnagel végezte a fennt jelzetthez hasonló két edénynyel, melyeket különböző hőfokú vizzel töltött meg és a bőr ugyanazon helyére váltogatva helyezett oda. Vizsgálatai szerint a megérezhető legkisebb hőkülönbségek a következők: az arczon 0·4—0·2°, a halántékon 0·4—0·3°, a mellcsont fölött 0·6°, a mellen fennt s kívül 0·4°, a hasfalon közbül 0·5°, oldalt 0·4°, a hát közepén 1·2°, oldalt 0·9°, a kéztenyéren 0·5—0·4°, a kézháton 0·3°, a fel- és alkaron 0·2°, a lábháton 0·5—0·4°, alszáron 0·7°, végre a czombon 0·5 C.°. Ha Nothnagel a könyöknek hideg vízbe való bemártása által a n. ulnarist lehűtötte, akkor a kis újj hőmegkülönböztető képessége csökkent. Hasonló hatással volt a bőrnek egyenes lehűtése is. Igy ½—1 óráig az előkar belső felületére illesztett jégzacskó e hely hőérzőképességét annyira kisebbítette, hogy ez 0·2 C.°-ról 1—3 C.°-ra szállott le.

Végre megemlítendő még, hogy a kéznek hosszabb időn át való felfelé tartása által okozott vérszegénység az újjakban, ezek hőmegkülönböztető képességének finomságát növeli.

51. §. Helyérzés.

A bőrünk felületére nehezedő test nyomását s azt, vajjon e test hideg-e vagy meleg nemcsak érezzük, hanem felismerjük az általa bennünk támasztott érzésből a bőrön a helyet is, melyre az illető test behatott. Az érintett helyen érezzük a nyomást vagy hőbehatást, oda localisáljuk az érzést. Két vagy több helyen egyszerre történő érintésnél, ha az érintett helyek bizonyos távolságban vannak egymástól, felismerjük az érintett helyek számát s ezeknek a bőrfelületen egymáshoz való viszonyát.

Az érzések e localisálásában azonban néha tévedhetünk is. Igy például az Aristoteles-féle kísérletben, a keresztezett két újj közé vett golyócskát, kettősen érezzük meg. Az ismert kísérlet úgy történik, hogy a golyócska az egyik újj radialis a másik ulnaris oldalával jut érintkezésbe; a kettős érzés pedig onnan van, hogy bőrünk e két helyével egyszerre, egy tárgyat, ezelőtt soha sem tapintottunk, hanem kettőt, azért most is az egy tárgyat öntudatunk tévesen kettőnek ítéli. Hasonlóan tévedünk, midőn az ideget lefutása közben ért behatást is az idegvégekre helyezzük s ez annyira megy, hogy csonkított végtag idegvégei-

nek izgatására érzett fájdalmat a műtett egyén hiányzó végtagja bőrében véli érezni, ott tudniillik, a hol ez ideg azelőtt végződött; a központ a hozzá eljutott izgalom okát az idegvégekbe helyezni annyira megtanúlta, hogy azt ezekben keresi még akkor is, midőn az ideg természetes végei már hiányoznak.

A helyérzés oka, mint azt már más helyen kifejtettük, az érzések helyi jele. Tanulmányozására Weber két eljárást követett. Az egyik abban áll, hogy az illető egyént valami tompa végű tárgygyal érintjük s megbizzuk, hogy kutaszszal az érintett helyet jelölje meg; a megjelölt pont az érintettől többnyire eltér és pedig annál inkább, minél rosszabb az illető hely helyérző képessége. Számos ilynemű vizsgálat után nyert adatok középértékéből a vizsgált bőrészletek helyérző képessége felismerhető. Könnyebb s pontosabb eredményhez is vezet a második eljárás a tapintókörzővel. Tompa végű körző két végét a bőrre illesztjük s meghatározzuk azoknak azt a távolságát, melyben a két véget még épen kettőnek érezzük s melynél, ha a két körzővéget egymáshoz közelebb hozzuk, a kettős érzés egybe olvad össze. Szükséges azonban, hogy a két körző végét mindig egyenlő erővel tegyük a bőrre, minthogy különben eltérő értékeket kapunk; ha a körzőt kevéssé megnyomjuk, kisebb távolságban érezzük kettőnek a körző két végét, mint gyöngéd reáillesztésnél, túlerős nyomás mellett ismét kevésbbé finom a helyérzés.

A jelzett eljárások szerint tett vizsgálatokból feltünő nagy különbség tünt ki bőrünk helyérző-képességének finomságára nézve. A legfinomabb helyérző-képessége van nyelvünk hegyének, mely a két körzővéget 1·1 mm. távolság mellett egymástól már meg tudja különböztetni, utána következik az újjpercz tenyéroldala 2·2 mm.-rel, a második újjpercz tenyéroldalán e távolság 4·4 mm. Megemlítjük még az orrhegyet 6·6 mm., a fehérajkszélt 8·8 mm.-rel. Az előkar belső oldalán 27, hátsó oldalán 22·2, a mellen 44 és a háton 66 mm. távolság mellett lehetett a két körzővéget külön-külön megérezni. A végtagokon finomabb volt a helyérzés keresztirányban, mint hosszirányban. Igy tapasztalataink szerint az alkar tenyéroldalán keresztirányban illesztve a bőrre a körzővégeket 25·2—29, hosszirányban pedig 36—37·6 mm.-nyire kellett a körzővégeket egymástól eltávolítani. Az alkar helyérző képessége, mint vizsgálatainkból kitünt, legfinomabb az alkar hátán, erre következik a radial-, ezután az ulnar-oldal s legvégül a belső oldal. Az újjaktól a felkarig haladva a helyérzés finomsága általában csökken, csak a könyök tesz ez alól kivételt, itt bőrünk helyérző képessége finomabb, mint az alkarnak a könyök alatt eső részén. Mindez arra utal, hogy az ideg-

végek számán kívül a gyakorlat is lényegesen befoly helyérzésünk finomságára. Azon részeknek van nagyobb helyérzése, melyek a kar használata alatt több alkalmat nyernek ebbeli képességük kimüvelésére. Azért van finomabb helyérzése a kar külső oldalának a belsőnél, a könyöknek az alatta levő alkar-résznél, a radial- és ulnar-oldalnak a közbeeső bőrrészletnél.

Hogy gyakorlat által a helyérzés finomsága mennyire fokozható, kitünik a vakok tapintási képességének kiváló tökéletességéből (Czermak) és Volkmann azon tapasztalatából, hogy a helyérzés finomsága, vizsgálat közben, nehány óra alatt is fokozódik. Egy ilyen kísérleti sorozat alatt a körzővégeknek a kettős érzésre szükséges távolsága 17·6 mm.-től 4·4 mm.-nyire kisebbedett. Érdekes Volkmann az a tapasztalata is, hogy oldalarányos bőrrészletek oly viszonyban állanak, melynél fogva, ha az egyiket gyakoroljuk, a másik helyérző képességének finomsága is fokozódik.

Változtatólag foly be még a helyérzés finomságára a bőrnek állandó villamárammal való átáramoltatása. Katelektrotonusban fokozódott, anelektrotonusban csökkent a helyérzés finomsága. A mint egyáltalában az idegrészek ingerlékenységét fokozó befolyásokra nő, csökkentő befolyásokra kisebbedik a helyérzés finomsága.

A mint a helyérzés finomsága különböző a bőr egyes tájain a nyomást illetőleg, úgy különböző az a hőbehatásokat illetőleg is. Az e tekintetben való vizsgálatokra Czermak két kicsiny kémcsövet használt, melyeket meleg vagy hideg olajjal töltött meg s ezeket úgy tette a bőrre, mint a körzővégeket és meghatározta a távolságot, melyben azokat külön-külön észrevenni képes volt. Ha egyik edénykébe hideg folyadékot, a másikba pedig meleg olajat adott és a két edényt egymáshoz közelebb helyezte a bőrre, mint a mely távolságban két körzővéget még mint kettőt felismerni lehet, akkor megérezte ugyan a hideget és meleget, de azt nem, hogy ezek egymás mellett vannak, vagy hogy melyik van jobbról és melyik balról; a két edény helyi viszonya ezeknek csak oly távolsága mellett volt felismerhető, mint a mely mellett két körzővéget is külön megismerni képesek vagyunk. Pontosabb vizsgálatokra az általunk használt *thermaesthesiometer* alkalmas. Ez eszköz egy tolókörzőből vagyis oly körzőből áll, mint a milyent hengertestek vastagságának mérésére szokás használni, csakhogy a tolókörző, két szára helyett, két újezüstből készült csövecskével van ellátva. E csövecskék Y alakúak, közös száruk ürét válaszfal osztja kétfelé, alant e kettős cső a meleget jól vezető ezüsttel van elzárva; a csövecskék-

nek alsó vége csak 3 mm. vastag. A válaszfal nem ér le egészen ez ezüstzárig, a két cső azért ott közlekedik egymással. Ha a csövecskék egyik nyílt ágába vizet vezetünk be, ez a közös szár megfelelő oldalán lefolyik a csövecskét elzáró ezüstig, onnan a másik oldalra megy át s felfelé folyik a csövecske második nyílt ágába, hogy végre ebből kifolyjék. Kaucsukcsövecskék segedelmével az edénykék egyik nyílt ágát víztartó edénynyel kötjük össze, a másik ágból kifolyó víz elvezetéséről pedig egy másik kaucsukcső gondoskodik s így a csövecskék a folytonosan átáramló víz hőfokán tarthatók. A víz hideg vagy meleg lehet, sőt lehet, ha a kísérlet czélja úgy kívánja, egyik csövecskén át hideg, a másikon át meleg vizet vezetni. A csövecskék hőfoka meg fog felelni a víztartó edényekben foglalt és a csövecskékből kifolyó víz hőfoka közti különbségnek. Az ez eljárás segedelmével tett kísérletek megerősítették a már Czermak által felismert viszonyokat, ezen kívül az is kitünt belőlük, hogy a helyérzés finomságában nyer, ha a bőrfelület és a tapintó körzővégek közt nagyobb hőkülönbség van. Midőn a tapintókörző csövecskéin 5 C.°-ra lehűtött víz folyt keresztül, a távolság, melybe a körzővégeket helyettesítő csövecskéket egymástól állítani kellett, hogy kettős érzést kapjunk, az alkar belső oldalán középértékben 23·05 mm.-nek felelt meg, holott 45 C.° víz keresztülfolyása alatt e távolság 27·7 mm.-t tett ki. Megfordítva, ha a kart 15 C.°-ra lehűtött vízben tartjuk s ezáltal a bőr nulla-fokát a rendesnél jóval alább szállítjuk, ilyenkor 55 C.°-ra felmelegített víz átáramlása alatt finomabb a helyérzés; egy ily esetben például az alkaron 24·3 mm. távolságban kettős volt az érzés, holott ugyanitt 5 C.°-ra lehűtött víznek a csövecskéken való keresztül vezetésekor ezeket 28·6 mm. távolra kellett egymáshoz állítani, hogy a két csövecske érintését külön megérezzük.

Ezek szerint a helyérzes finomsága némileg változik a nyomás és hő változásával; sőt tekintve, hogy a helyérzés finomsága nő a tapintókörző és a bőrhőmérsék különbségével, e tapasztalatokból hajlandók volnánk azt is következtetni, hogy a nyomás- és hőérzést ugyanazon idegvégkészülékek közvetítik. Erősíteni látszanak e következtetést Wunderli tapasztalatai is. Wunderli ugyanis több egyén bőrére, a kiknek szeme be volt kötve, különböző helyeken, kis likkal ellátott papirlapot tett oda és e likon át a bőrt vagy gyapottal érintette vagy meleg fémrudacskával közeledett hozzá. Az egyén feladata volt megmondani vajjon érintést vagy meleget érez-e. A kéztenyeren és az arczon mindenkor helyes volt az ítélete, a többi helyeken azonban igen gyakran összetévesztette a nyomásérzést a hőérzéssel. Ide tartoznak még Szabadföldi

vizsgálatai is, a ki 2—5 mm. vastag és különböző nagy fadarabok közül egy nehányat 50 C.°-ra felmelegített és azt tapasztalta, hogy a felmelegített kisebb darabot mindig nehezebbnek ítélte a fel nem melegített nagyobbnál.

Azonban abból, hogy a különböző ingerek által támasztott érzéseket egymással összetévesztjük, hogy a helyérzés finomsága a tapintókörző és a bőr hőmérsékkülönbségével nő, még nem szabad következtetni azt, hogy amaz ingerek ugyanazt az idegvégkészüléket izgatják. Erre való példát már a 46. §-ban láttunk, a midőn más ízűnek mondtuk ugyanazt a levest a szerint, a mint metélt vagy koczka tésztát adunk belé, mely esetben összetévesztjük a tapintásérzést az ízérzéssel. Hasonló a viszony a nyomás- és hőérzések közt is. Blix és Goldscheider tudniillik, súlyokkal és a thermaesthesiometerhez használt csövecskékhez hasonló edényekkel tett kísérleteik alatt, a bőrön oly pontokat is mertek fel, melyeken csak nyomást, valamint olyanokat, melyeken csak hideget és ismét másokat, melyeken egyedül meleget éreztek. Külön nyomás-, meleg- és hidegérző pontok lételét a villamos inger alkalmazásával is sikerült bebizonyítani; a bőr egyes pontjainak villamos izgatása ugyanis nyomás-, másoké a meleg-, még másoké a hideg érzését okozta. A bőrben végződő idegek egy része tehát a nyomás, másrésze a meleg, meg másrésze a hideg megérzésére szolgál. A hajgyökök körül például többnyire csak hőérző pontok vannak.

A helyérzés különböző finomsága okának magyarázatánál Weber E. H. azon már többször indokolt felvételből indult ki, hogy ugyanaz az idegrost, ha különböző helyen, különböző ingerek által, egy időben izgatjuk, akkor is csak egyszerű érzést támaszthat bennünk. Olyan bőrterület tehát, melyben környéki vége előtt esetleg elágazódó egyetlen idegrost végszervei vannak, csak egyetlen érzést képes közvetíteni, bárha két vagy több ponton izgattuk is egyszerre. Az egyetlen tapintó idegrost által ellátott bőrterületet Weber *érzőkör*-nek nevezte el. Ez érzőkörök különböző nagyok a bőr egyes helyein. Innen a helyérző-képességnek különböző finomsága a bőrfelületen. Minden egyes érzőkör ingerlése által okozott érzésnek egészen határozott helyi jele van, akár egész kiterjedésében, akár csak közepén vagy széléhez közel érje az inger hatása az érzőkört. Hogy két külön inger külön észrevétessék e czélra szükséges, Weber felvétele szerint, nemcsak, hogy az ingerek két különböző *érzőkörre* behassanak, hanem megkivántatik még az is, hogy a két ingerelt hely közt több érintetlen érzőkör maradjon fenn. A két hely érintése által nyert benyomásnak nagyobb fokban kell különbözni egymástól,

mint a hogy két szomszéd érzőkör útján nyert érzések különbözni szoktak. Hogy csakugyan több érzőkörnek kell az ingerelt pontok közé esni, hogy a behatásokat külön megérezzük, ezt bizonyítja az a körülmény, hogy bőrünkön oly kiterjedésben, a melyen belől kettős érzést nem tudunk nyerni, valamely tárgynak ide-oda mozgatását megérezzük; e bőrészleten tehát egyes pontoknak még elég különböző helyi jele van arra, hogy az egymás után oda illesztett tárgy nyomását külön megérezni képesek legyünk, de nem arra, hogy az egyszerre behatott két vagy több ingert külön felismerjük. A távolság, melyben egyszerre történt két benyomás külön felismerhető, tehát a két érintett pont közt fennmaradó érzőkörök száma, gyakorlat által tetemesen kisebbíthető.

Megegyezik az érzőkörök felvételével az is, hogy, ha a tapintókörző végeit olyan távolra állítjuk egymástól, mely távolságban az arczon kettős benyomást okoznak s azokat lassú előhaladással a fül tájáról az arczon végig az ajkakig elvezetjük, akkor úgy érezzük, mintha a körzővégek egymástól mindinkább eltávoznának. Ugyanazt lehet érezni, ha az egymástól kellő távolságra állított két körzővéget az alkar belső oldalán és a kéztenyéren végig vezetjük. A mint az érzőkörök kisebbek lesznek s az épen megkivánt mennyiségnél több érzőkör esik a két körzővég közé, mind jobban és jobban veszszük ki a két körzővég nyomását, ezek egymástól mind távolabbra esni tetszenek.

Weber e magyarázata a helyérzés finomságáról lényegesen akkor sem változik, ha Czermak-kal azt a lehetőséget fogadjuk el, hogy az egyes érzőkörök nemcsak érintkeznek, hanem részben fedik is egymást, azaz, hogy minden bőrrészben egynél több idegvégkészülék is fordúl elő.

52. §. Izomérzés.

Valamely test súlyát nemcsak azon nyomásból ítéljük meg, melyet ama test bőrfelületünkre gyakorol, hanem a megerőltetés azon érzéséből is, mely bennünk támad, midőn e testet emeljük vagy esésében gátoljuk, tehát az *izomérzésből*. Ha valamely testetkezünkbe veszünk, megérezzük ennek nemcsak a bőrre gyakorlott nyomását, hanem az emelésére szükséges izomerőt is. A nyomásérzés és izomérzés itt tehát együttesen szerepelnek. Midőn tapintószervünkkel valamely test alakját felismerjük, nevezetesen azt, hogy gömbölyű vagy egyenes, síma vagy érdes-e a felülete, akkor az izomérzés is mindig közreműködik; midőn súlyát megbecsülni akarjuk s a testet kezünkben, esetleg ismételten is, fel s alá mozgatjuk, különösen a kifejtett izommunka által nyert izomérzésből ítéljük meg azon test súlyát. Minden testmozgás alkalmával ponto-

san meg tudjuk becsülni az azon mozgáshoz szükséges izomerőt. Behúnyt szemmel is, ha végtagjainkat mozgatjuk, ezek helyzetéről a térben az izomérzés egész pontossággal értesít; tudtunkra adja, mely izmok és milyen fokban vannak az egyes esetekben működésben.

Túlságos megerőltetésnél ez izomérzés az elfáradás érzetében nyilvánúl s a fájdalom egy nemét hozza öntudatunkra.

Az izomérzés vizsgálatánál lehetőleg kizárandó a nyomásérzés. Weber azért az összehasonlítandó súlyokat kendőbe tette és a kendő összekötött végeit kezébe fogta vagy az izomérzését illetőleg megvizsgálandó tag körül akasztotta. A nyomásérzés teljes kizárása természetesen lehetetlen, de mint Weber kimutatta, az ítélet által könnyen elhanyagolható.

Chavet szerint karunkkal 1 grm. súlyt fel tudunk ismerni. Weber meghatározta a két súly közt szükséges azt a különbséget, mely mellett ezek épen még különböző nagyoknak voltak felismerhetők és úgy találta, hogy két súlyt, mely egymáshoz úgy aránylott, mint 39 : 40-hez, még mint különböző nehezet tudott felismerni; úgy tetszik tehát, hogy az izomérzés finomabb a nyomásérzésnél. Azonban az egyes adatokat, melyek Weber-t e következtetésekhez vezették, sehol sem találjuk feljegyezve. Biedermann és Loewit vizsgálatainál 250 grm. súlyt $^1/_{21}$ részszel, 2500 grm.-ot csak $^1/_{114}$-del kellett növelni, hogy a növelés az érzésben észrevehető legyen; nagyobb súlynál, például 2750 grm.-nál a súly $^1/_{98}$ részszel való növelése volt szükséges, hogy az érzésben a súlyváltozás észrevétessék. Ezek az izomérzésnél a Weber-féle törvény érvénye ellen tanuskodnak.

Az izom által összehúzódása közben kifejtett erő és az esetleg végzett mozgás nagyságáról, Schiff és mások szerint, nem külön izomérzés, hanem a bőrnek a mozgások alatt történő esetleges összenyomása vagy nyújtása útján nyerünk tudomást, tehát a nyomásérzés útján. Az izületek közelében talált Pacini-féle testecskéket is az izom külön nyomásérző végkészülékeinek tekintik. A tüneményeknek a nyomásérzésekből való magyarázata ellen a legdöntőbb bizonyíték Bernhardt az a tapasztalata, hogy az izomérzés zavartalanúl fennáll még akkor is, ha a bőr æther vagy chloroform behatása miatt teljesen érzéstelen lett.

Wundt és mások szerint az izomérzés központi érzés. A mozgásimpulsusokat megindító motoricus idegsejtek működése, a bennök megindított izgalom foka és minősége, jutna e felfogás szerint öntudatunkra. Wundt ezt azért tartja valószínűnek, mert nem csak tényleg végrehaj-

tott mozgásról van tudomásunk, hanem olyanról is, melyet végbezvinni csak szándékunkban volt. A mozgásra szükséges beidegzéssel együtt jár a mozgásról való érzés is. Az izomérzés e felfogása ellen döntőleg bizonyít ugyancsak Bernhardt egy kísérlete. Bernhardt a láb és újjak hajlítása által súlyokat emelt, hogy az izomérzés finomságát megismerje. A súlyok egy csiga körül vezetett zsinor egyik végére voltak kötve, a zsinornak másik vége a láb, illetőleg újjakhoz volt erősítve. Az izmokat Bernhardt egyszer akarattal megindított izgalom segedelmével indította összehúzódásra, máskor az izmoknak inducált áramokkal közvetlen ingerlése útján. Az emelt súly nagyságáról való érzés mindkét esetben egyenlő mértékben jelen volt, holott, ha az izomérzés csak központi, ez érzésnek hiányozni kellett volna akkor, midőn az izmokat inducált áramcsapások indították összehúzódásra. Wundt feltevése ellen bizonyít az a tapasztalat is, hogy midőn valamely mozgató ideg reá gyakorlott nyomás miatt elzsibbad, akaratunk az ez ideg által ellátott izmokat beidegezni nem képes és ilyenkor hiányzik az illető végtag által végzett mozgásról minden érzés, bármennyire akarjunk is valamely mozgást végezni.

Weber E. H. az izomérzést mint külön érzést fogta fel, melyet az izomban végződő külön érzőidegek hoznak tudomásunkra. Ilyen érzőidegek létére utal az a körülmény, hogy az izomérzést, a fáradság érzetét, esetleg a görcsös fájdalmakat, az izmokba localisálja öntudatunk. Ma már érzőidegek az izmokban ki is vannak mutatva. Nevezetesen Sachs talált az izmokon és rostjaik közt véghálót alkotó idegrostokat. A véghálóban egyes szálak kis megvastagodással végződnek (Tschiriew, Rauber). Hogy ez idegek érző idegágak, Sachs mutatta ki a gerinczagyi érzőgyökök átmetszése által; ez idegágak tudniillik a gerinczagy valamint megfelelő gyökeinek átmetszése után degenerálódtak. Kórtani tapasztalatok is külön izomérző idegek léte mellett bizonyítanak. Az *ataxia*-ban szenvedő beteg izmait jól tudja beidegezni, mozgásai azonban még is zavartak, a véghezvinni szándékolt mozgáshoz szükséges beidegzést nem találja el, nem érzi végtagjai mozgásának fokát, erejét; a szükséges ellenőrzés a mozgásoknál nincs meg, hiányzik az izomérzés. Az ilyen beteg hasonló helyzetben van, mint az az állat, melynek hátsó-érző-gerinczagyi gyökeit átvágtuk. Tényleg a kóros változás a gerinczagynak érző impulsusokat vezető útjaiban található meg. Sőt vannak az ataxiának olyan esetei, melyekben a tapintásérzés zavartalanúl megvan, de az izomérzés hiányzik.

Vajjon miképen jutnak az izom érzőidegei az összehúzódás által

izgalomba, egész biztonsággal még nem tudjuk. Egyelőre két lehetőség van előttünk, az izom vagy erőművileg vagy vegyi úton izgathatja az ideget. Az első nem valószínű azért, mivel a fáradság érzete nagyon soká állhat fenn, még azután is miután az izom már régen megszünt összehúzódni, sokkal tovább, mint hogy feltehető volna, hogy az összehúzódás miatt okozott izgalom ilyen soká tartson. Ellenben tudjuk, hogy az izom minden működése vegyi változással jár, azért igen valószínű, miszerint e vegyi változás szolgáltatja az ingert az izom érzőidegei számára. Hogy az elfáradás oka az izomban működése alatt felhalmozódó bomlásanyagokban, valamint a működéshez szükséges anyagok, mint az éleny, hiányában keresendő, más helyen (181. l.) már fejtegetve volt.

B) A LÁTÁS ÉRZÉKE.

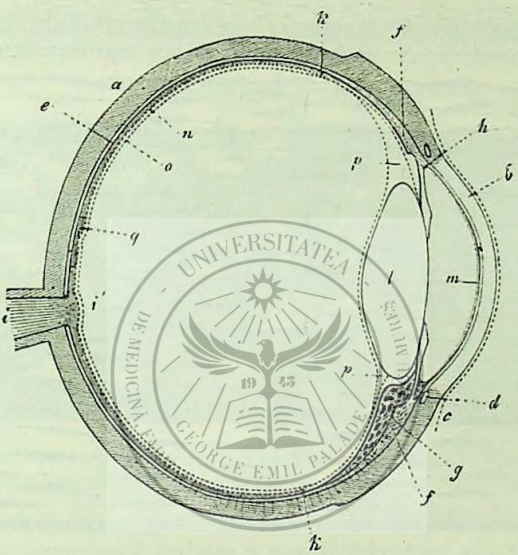
53. §. A látás szervének szerkezete.

A látás érzékszerve, a *szem*, közel tekealakú, hátul kevéssé ellapult hólyag. Legnagyobb domborulata a porczhártya csúcsától és a szem hátterének evvel szemben álló pontjától egyenlő távolságban a szem körül vezetett delelő síkjában fekszik, hol is a szem átmérője 23—26 mm.-t tesz. Minthogy a porczhártya erősebben domborúlt, mint a milyen domború a szemteke egyébként lenni szokott, a szemteke egyenes átmérője *(a szemtengely)* a delelő síkjában vezetett átmérőnél csak valamivel kisebb.

A szemteke alkatáról fogalmat ád az 51. ábra, mely egy szem vízszintes átmetszetét tünteti elő. Látni való, hogy három rétegből álló burok képezi a szem falát, melyen belől különböző átlátszó közegek vannak. A legkülsőbb réteg oldalt és hátul az *inhártya* (sclerotica) *(a)*, elől az ennek közvetlen folytatását képező *porczhártya* (cornea) *(b)*, utána következik mint második réteg a *festékes réteg* (tunica uvea), mely hátulról előre terjedőleg az *edényhártyából* (tunica vasculosa vagy chorioidea) (*c*), a *sugártestből* (corpus ciliare) (*g*) s végre az ennek közvetlen folytatását képező *szivárványhártyából* (iris) *(h)* áll; a legbelsőbb réteg az *ideghártya* (retina) *(n)*. A szemben bennfoglalt átlátszó közegek a *csarnokvíz* (humor aqueus), a *szemlencse* (lens crystallina) és az *üvegtest* (corpus vitreum). Ezeken kívül vannak a szemnek védőkészülékei, ezek a szemhéjak, a kötőhártya és a könymirigy.

A fehér színéről könnyen felismerhető *inhártya* erős rostos hártya.

Finom kötőszövetkötegek különböző irányban kereszteződve képezik legfőbb alkatrészét. A kötőszövetkötegek közt ruganyos rosthálózatok és kötőszövetsejtek vannak. A kötőszövetsejtek legnagyobb része színtelen, vékony, átlátszó pikkelyek, lapos hosszúdad maggal; csak gyéren fordulnak elő a festékszemcsékkel ellátott sejtek. Külső felületén az inhártya vékony kötőszövethártyával függ össze, belső oldalán ellenben a chorioideával finom ruganyos hálózat és festéktartalmú sejtek fűzik össze (lamina fusca scleroticæ). Az inhártya elől, ott hol a szemizmok inai vele összefonódnak, aránylag vastag, közepe táján jóval vékonyabb

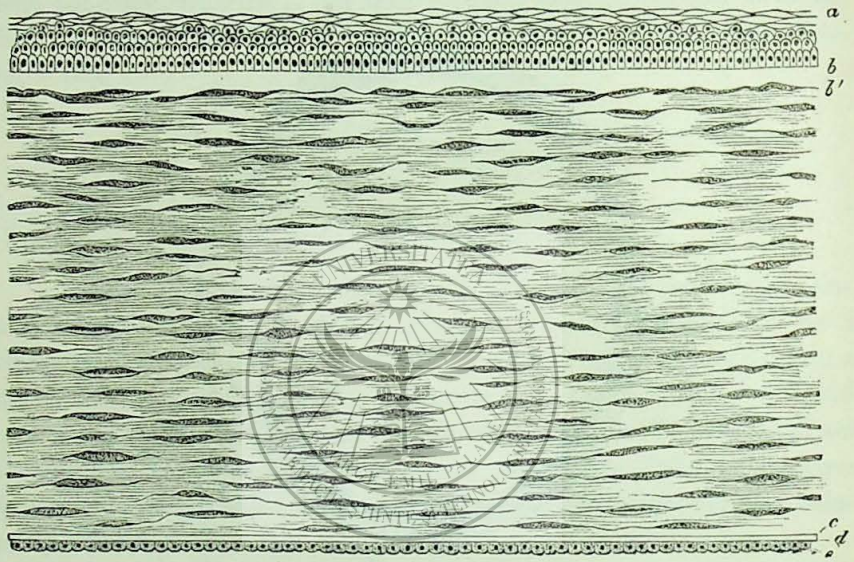


51. ábra. Szemkeresztmetszet HELMHOLTZ szerint; *a* inhártya, *b* porczhártya, *c* kötőhártya, *d* SCHLEMM-féle csatorna, *e* edényhártya, *f* súgárizom, *g* súgárnyújtvány, *h* szivárványhártya, *i* n. opticus, *i'* colliculus n. optici, *k* ora serrata retinæ, *o* membrana hyaloidea, *p* PETIT-féle csatorna, *q* macula lutea.

legvastagabb pedig hátsó felületén. Aránylag kevés vérü hártya: a n. opticus betéréshelye körül ütőeres edénykoszorú van, ettől edényágak indúlnak ki az inhártya kötőszövetkötegei közé. Egyébként számos helyen törik át az inhártyát az arteriæ ciliares, a venæ vorticosæ és a nervi ciliares. Az idegbetérés helyén a látóidegnek a dura matertől eredő hüvelye az inhártyába megy át, az inhártya szövetéből eredő rostok pedig finom hálózatot képeznek (lamina cribrosa), mely hálózat szálaival az opticusnak a pia matertől eredő hüvelye összeforr, a szabadon hagyott likakon át a n. opticus finom idegrostkötegei térnek a szembe.

A kolozsvári szemklinika KÖNYVTÁRA

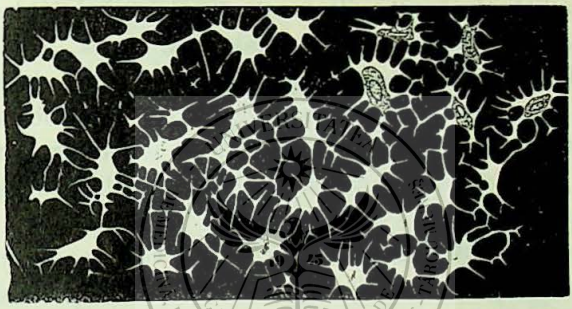
A *porczhártya*, alakját illetőleg leginkább megfelel egy ellipsoid csúcsszeletének; az ellipsoid, egy ellipsisnek hosszabb tengelye körül forgatása által állott elő. A porczhártyán kívülről befelé haladólag a következő rétegeket lehet megkülönböztetni: a többrétegű felhámot (52 ábra *a*), a mellső ruganyos hártyát (Bowman-féle hártya vagy lamina elastica anterior) (52. ábra *b*), az alapszövetet (substantia propria corneæ) (52. ábra *b'—c*), a hátsó ruganyos hártyát (Descemet-féle hártya vagy lamina elastica posterior) (52. ábra *d*) és



52. ábra. Emberporczhártya keresztmetszete; *a* többrétegű hám, *b* mellső ruganyos hártya, *b'—c*-ig a porczhártya alapszövete, *d* hátsó ruganyos hártya, *e* endothel (Mihálkovics G. szerint).

egyrétegű endothelt (52. ábra *e*). A többrétegű külső felhám a szemkötőhártya felhámjának folytatása. Legmélyebb rétegét hosszúra nyújtott, hengeralakú s oldalt a szomszédsejtek közé tolt lapos nyulványnyal ellátott sejtek alkotják. Ezen sejtekre két, vagy több rétegben először sokoldalú, sejtek és végre legfelületesebben átlátszó ellapult sejtek következnek. A mellső ruganyos hártya *(b)* nem külön hártya, hanem a porczhártya alapszövete tömörebb összeállásának köszöni létét, azért csak a felhám felé van élesen határolva, különben pedig közvetlenül a porczhártya alapszövetébe megy át. Az alapszövet teljesen átlátszó kötőszövetrostokból, sejtekből és sejtközti anyagból áll. A felette

finom kötőszövetrostok a porczhártya síkjában fekvő többrétegű lapos lemezekben alkotják az alapszövetet. A lemezek egymással keresztező irányokat követnek. A rostokat és lemezeket alkatnélküli sejtközti anyag tartja össze, mely 10% konyhasóoldatban vagy barytvízben oldódik; azért ez anyagok behatása alatt a rostok elkülönithetők. A sejtközti anyagban, a rostlemezek közt, a nedvcsatornák és nedvhézagok vannak. Ezüsttel való kezeléssel ezek keresztmetszeten mint lapos rések tünnek fel, lapja felől tekintve pedig a porczhártyát (53. ábra) szélesebb, egymással közlekedő nedvhézagokat látunk. E meglehetősen szabályos csillagalakú nedvlikacsok ürében lapos nyulványokkal ellátott porczhártyasejtek és a leukocytekkel azonos vándorsejtek vannak. A nedvlikacsok a porczhártya szélei felé nagyob-



53. ábra. Emberporczhártya légenysavas ezüstoldattal festve; a rostok közötti ragasztóanyag feketére festve, a nedvcsatorna-rendszer világos, helyenkint sejtek vannak benne (Frey szerint).

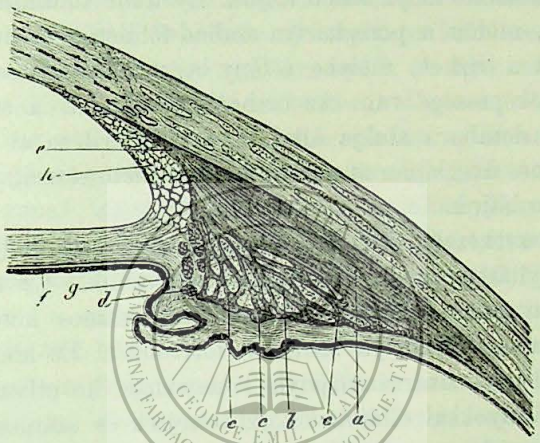
bak és nemcsak egymással, hanem a porczhártyában levő nagyobb nedvcsatornákkal is közlekednek. Ez utóbbiak endothellel kibélelt, idegeket vivő csatornamenetek. A porczhártya környéki részeiben a nedvcsatornák a szem kötőhártyája alatt és az inhártyában foglalt nyirokürökkel közlekednek. A porczhártya alapszövete szakadatlan folytatása az inhártya szövetének, azért szélén a kötőszövetrostlemezek közt finom ruganyos szálak is vannak benne. Ha a porczhártya alapszövetét savakkal főzzük, chondrint és nem glutint nyerünk. A hátsó ruganyos hártya (52. ábra *d*) egyszerű, szerkezet nélküli ruganyos rétegként a porczhártya alapállományáról könnyen leválasztható. A porczhártya szélén a ruganyoshártya rostokra foszlik szét. E foszlányok közt a porczhártya széléhez közel, de még az inhártyában van, a köröskörül haladó Schlemm-féle csatorna (sinus venosus iridis). A foszlányok belső része a ligamentum pectinatum iridisbe megy át és átterjed a szivárvány-

hártya mellső felületére. A porczhártya utolsó rétege egyrétegű, némely állatban fogazott szélű, endothelsejtekből áll (52. ábra *c*). Véredények a porczhártyába nem térnek be. Az idegek az inhártya mellső részében levő fonatból haladnak a porczhártyába és ott az endothellel bélelt nyirokürökben mennek tovább, mi közben velőshüvelyüket elvesztik. A porczhártya alapszövetében az idegek porczhártyasejtekkel függenek össze (Kühne, Thanhoffer). A hám alá érve, ott durvább fonatot alkotnak (stromafonat). Innen sok rost a hám közé fúródik, mialatt Schwann-féle hüvelyét elveszti. Itt az idegrostok a legalsóbb hengeralakú sejtek alapja körül egy második finomabb fonatot képeznek (hámalatti fonat). Úgy itt, mint a stromafonat csomópontjain apró háromszögű kiszélesedések vannak. A hámalatti fonatból finom idegszálak térnek a hám felületes rétegeibe, itt elágazódnak és egy harmadik fonatot alkotnak (hámközötti fonat), az ettől kiinduló elemi tengelyrostok pedig a legfelületesebb hámsejtek közé térnek. E helyen a tengelyrostok kihegyesített véggel vagy apró, gömbölyű duzzanatokban végződnek. Thanhoffer szerint az idegrostok a legalsóbb réteg hámsejtjei («sánczkaróalakú felhámsejtek») közé terjednek, s itt két ilyen sejt csúcsa közé fogott tapintótestecskének nevezhető végkészülékkel függnek össze.

A szem második rétege a *festékes réteg* vagy *tunica uvea*; nevét onnan kapta, mert ha valamely szemtekéről az in- és porczhártyát óvatosan lefejtjük, az fekete szőlőszemhez hasonlít. Leghátsóbb része, az *edényhártya (chorioidea)*, egyenes sima felületű, az inhártyához finom ruganyos kötőszövethálózat és festéket tartalmazó kötőszövetsejtek fűzik oda, melyeknek az inhártya leválasztása után a chorioideával összefüggésben maradó részét, mint a chorioideának egyik külön és pedig *legkülsőbb rétegét* (lamina fusca vagy suprachorioidea), szokás leirni. A lamina fusca elemei mélyebben terjednek be a chorioidea állományába és ott az úgynevezett *külső edényréteg* vázát képezik. A váz (stroma) finom ruganyos rosthálózatból, számos csillagalakú, festéket tartalmazó kötőszövetsejtből és ezek közt elszórtan előforduló vándorsejtekből áll. Mélyebben a váz festékes sejteket nem tartalmazó, finom ruganyos rosthálózatot képez, melyet Sattler szerint mindkét oldal felől endothelhártyácska borít. E külső edényrétegben vannak a chorioidea ütőerecskéi és számos visszerek. Ettől befelé van az edényhártya *chorio-capillaris* rétege, a chorioidea mentén elterjedő felette sűrű hajszáledényreczével. A hajszáledényhálózat egynemű, valószínűleg folyó anyagba van beágyazva. Egyéb alakelemek a chorio-capilla-

ris rétegben nincsenek. Végre legbelől következik még egy finom, úgy látszik ruganyos rostokból alkotott, *üveghártya*.

A tunica uvea második része a *sugártest (corpus ciliare)* (54. ábra). Ennek felülete nem egyenes síma, mint az edényhártyaé, hanem, mélyedések által egymástól elválasztott, a szem üre felé álló léczeket képez (processus ciliares). Legfontosabb része a kevés rostos kötőszövet és ruganyos rosthálózatok közt elhelyezett *sugárizom* (musculus ciliaris, tensor chorioideæ). Ez izom külső legerősebb része *(a)* a lig. pectinatumtól és a Schlemm-féle csatorna belső falától ered, megfelelő kötőszövetinnal. Síma izomsejtjei hátrafelé vannak irányítva, kezdetben



54. ábra. Emberszem sugártestének átmetszete; *a* a musculus ciliaris hosszirányban elhelyezett izomsejtjei, *b* sugárirányban haladó izomsejtkötegek, *cc* körkörös izomréteg, *d* körkörös izomréteg Müller-féle izomnak nevezett része, *e* a musculus ciliaris ina, *f* szivárványhártya sugárizma, *g* izomelemek, *h* ligamentum pectinatum.

párhúzamos izomkötegeket képeznek, hátrább összefonódnak és sűrű reczézetet alkotnak, melynek izomelemei a sugártest és edényhártya kötőszövetvázának ruganyos elemeivel tapadnak össze. A sugárizom összehúzódásakor az edényhártyát előre fogja húzni, Brücke azért *tensor chorioideae*-nek nevezte. A sugárizomnak nem minden izomsejtje terjed hátrafelé. Elemeinek egy része összetér a sugártest izomzatának azon sejtjeivel, melyek körkörösen *(c, d)* futnak. E körkörös izomréteg az előbbenitől bennebb, közel a szivárványhártya eredéshelyéhez esik és számos egymással összekötött izomkötegből áll. A hosszirányban és körkörösen elrendezett izomelemek közt sugárirányban, mintegy a szemteke központja felé irányított izomkötegek is vannak *(b)*.

Az uvea harmadik része végre a *szivárványhártya*. Ez a csarnok-

vízben mintegy szabadon úszó, közepén átlikadt hártya. E hártyának látólikbeli széle a mögötte levő szemlencsén nyugszik s azon ide-oda csúszik, midőn a látólik tágabb lesz vagy szűkül. Innen van, hogy midőn a látólik tágúl, a szivárványhártya szabad széle hátrább jut, midőn pedig szűkül, előbbre kerül. A szivárványhártya e mozgásáról a Czermak-féle orthoskoppal lehet meggyőződni. Ez kis, négyszögű, lapos üvegfallal ellátott egyik oldalon nyilt edény, mely az arczhoz úgy illesztendő, hogy a szem és környéke hiányzó oldalfalát elzárják. Az edényt azután 29—32 C.°-u vízzel töltjük meg, ha az előbb zárt szem kinyílik s mi ezt oldalról megtekintjük, akkor a lencse mellső felületét és a szivárványhártyát természetes helyzetében látjuk. Ilyenkor tudniillik a szemből kijövő fény, midőn a porczhártya szabad felületére ér, irányától nem tér el, mert a víznek, melybe a fény bejut, a szemvízzel mondhatni egyenlő törőképessége van. Az orthoskoppal tehát a sugaraknak a porczhártya domború alakja által okozott kitérítése el van kerülve s mert egyenes üveglapon át nézzük a szem illető részeit, ezeket valódi helyzetükben látjuk.

Szövetszerkezetét illetőleg a porczhártya endothelje egyenesen a szivárványhártya mellső felületére folytatódik. Ez *endothel-hártyácska* alatt finom kötőszövetköteghálózat számos kötőszövetsejttel képezik a szivárványhártya *mellső határlemezét*. Ez alatt laza kötőszövet-vázzal a szivárványhártya *edényrétege* következik, melyben hosszú nyulványokkal ellátott kötőszövetsejtek és számos sugárirányban haladó véredény van. Az edényréteg igen nevezetes alkatrészét még izomelemek is képezik. A sugártest körkörös izomrétegéből kiindulólag síma izomsejtek mennek egészen a szivárványhártya látólikbeli széléig, ezek alkotják a szivárványhártya *sugárizmát* (dilatator pupillæ). A látólik közelében az izomelemek ívszerűen mennek át egymásba, vagy már előbb térnek be a szivárványhártya második izmába, a *záróizomba* (sphincter pupillæ). A záróizom a látólik közelében a szivárványhártya hátsó határlemeze előtt van, és 0·5—1 mm. széles, tömötten összeálló síma izomsejtek alkotják. A *hátsó határlemez* üvegtiszta hártya. Ezt festékben dús sejtréteg, mint az ideghártyahám folytatása fedi. A szivárványhártya e festékes sejteken kívül a vázat alkotó kötőszövet sejtjeiben is gyakran, több-kevesebb, festéket (melanint) tartalmaz. Innen a szemek különböző színe. Barna- és feketének mondjuk azokat a szemeket, melyekben a váz is többé-kevésbbé fekete festéket tartalmaz, kéknek azokat, melyekben a váz festékmentes. Születés után a váz melanint nem tartalmaz, azért a legtöbb újszülött szeme kék,

csak később, midőn a fekete festék esetleg a vázban is fellép, lesznek a szemek sötétek.

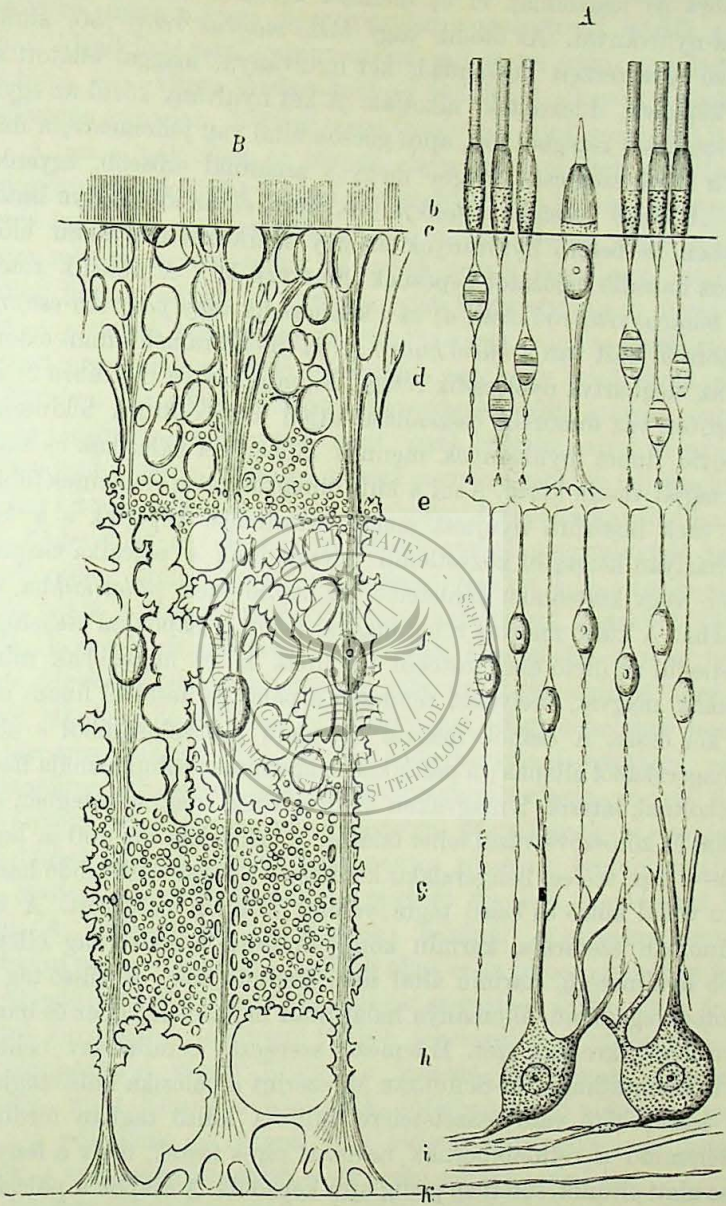
Az uvea dús edényzete vérét az art. ophthalmica-ból az arteriæ ciliares útján kapja. Az *art. ciliares posticae breves*, mintegy 15—20, az inhártyát az opticus betérési helye közelében átfúrják, egymással sűrűn közlekednek és még az inhártyában alkotják a *circulus arteriosus nervi optici*-t. Miután még ágakat adtak az opticus hüvelyéhez, a lamina cribrosaba, valamint az inhártyába, betérnek az edényhártyába s vérrel látják el a chorio-capillaris kiterjedt hajszáledényrendszerét. Az *art. ciliares posticae longae*, (összesen kettő) miután az inhártyát áttörték, az egyik a szem orri, a másik annak halántéki oldalán a lamina fusca-ban a sugártestig haladnak. A sugártest közelében mindegyik ütőér jobbra és balra térő egy-egy ágra oszlik, ez ágak találkoznak és a sugártest mellső részében ütőeres koszorút alkotnak, a *circulus arteriosus iridis major*-t. Ugyanez ütőeres koszorúba nyílik az *art. ciliares anticae* ágainak nagy része. Ezek a szemizmokat ellátó ütőérágak folytatásai és az inak tapadáshelyén jutnak az inhártyához s miután ezt és a kötőhártyát edénykékkel ellátták, áttörik az inhártyát és összenyilnak az art. ciliares posticæ longæ ágaival. Ez edények látják el vérrel a sugártestet és a szivárványhártyát. A szivárványhártyába bejutott edények, a látólik közelében a második közlekedő ütőeres koszorút, a *circulus arteriosus iridis minor*-t alkotják. A vért legnagyobb részben a venæ vorticosæ, 4—6 visszérág, vezetik vissza, melyek a szem legnagyobb domborulata, az æquator, közelében az inhártyát áttörik és végre a vena ophthalmicaba nyilnak be. Ezeken kívül az art. ciliares anticæ- és art. ciliares posticæ breves-t apró visszérkék kisérik, melyek a Schlemm-féle csatornával is összeköttetésben állanak.

A tunica uvea idegeit a sugáridegektől nyeri. A ganglion ciliare-ból (nervi ciliares breves) és a nasociliarisból (n. ciliares longi) eredő idegek (14 és több ág) az inhártyát a látóideg betérési helye közelében átfúrják s belső oldalán mennek előre, mialatt az edényhártya edényeit is ágakkal látják el. A szemben az idegrostok közt dúczsejtek is előfordulnak, különösen nagyobb számmal a sugártestben, a hol velőtartalmú és velő nélküli idegrostokból alkotott egész idegfonat van. E fonat látja el ágakkal a sugárizmot, szivárványhártyát és a porczhártyát.

A szem legbelsőbb rétege az *ideghártya* (retina), a látóideg tulajdonképeni végkészüléke a szemben. A látóideg Schwann-féle burok nélküli, de velőshüvelylyel ellátott, idegrostokból áll. Benne mintegy

400,000—438,000 szélesebb s ugyanannyi keskenyebb idegrost van. Ezeket három hüvely veszi körül, melyek a pia matertől, arachnoideatól és a dura matertől erednek. Midőn az ideg a szemtekébe betér, a hüvelyek az inhártyával illetőleg a lamina cribrosaval forrnak össze. Az idegrostok elvesztik velőshüvelyeiket és mint csupasz tengelyfonalak jutnak a szembe. Itt elterjednek és az ideghártyában végződnek. E hártya az edényhártya és sugártest, sőt részben még a szivárványhártya belső felületén is kiterjed. Idegelemei azonban csak az ora serrata tájáig fordúlnak elő, innen egyedül az ideghártya vázát képező kötőszövet és a festékes hám terjednek túl, mint pars ciliaris retinæ, végre a szivárványhártya hátsó felületére egyedül a festékes hám folytatódik.

A teljesen átlátszó ideghártyán több réteget különböztetünk meg. Ezek idegelemekből és támszövetből állanak. Legbelül határolja az ideghártyát a *belső határhártya* (membrana limitans interna) (55-ik ábra *k*), mint az ideghártya vázát alkotó kötőszövet rostjainak összeolvadása útján képződött réteg. Ezen belül következik az ideghártya második rétege, az *idegrostréteg*. A látóideg tudniillik a mint a szembe betér ott a szemürbe kissé bedomborodó dombcsát, a papilla nervi optici-t alkotja, innen terjednek ki az idegrostok, közvetlenül a belső határhártya alatt, sugárszerű irányban, csaknem az ora serrata-ig. A látóidegdombocska közelében az idegrostok többszörös rétegzetben fekszenek egymás felett, ettől távolabb rétegzetük mind vékonyabb lesz. Nevezetes, hogy a *macula lutea*-ba, az ideghártya élesen látó helyébe, nemcsak az idegdombocska felől egyenesen jövő idegrostok hatolnak, hanem minden oldalról jutnak oda rostok; ez idegrostok ívszerű hajlással a macula luteat fogják körül és előbb-utóbb egészen ebbe fordúlnak be. Ez által az ideghártya e helye idegrostokban igen dús lesz, anélkül, hogy felette idegkötegek vonulnának el, sőt a *fovea centralis*-ban, a macula lutea közepén, és közelében valóságos idegrostréteg nincsen is. A kifelé tovább következő harmadik vagy *idegdúczréteg* azon idegdúczsejteket tartalmazza (55. ábra *h*), melyekben az egyes idegrostok előbb-utóbb végződnek. Ezek soknyulványú idegsejtek. A nyulványok közül az egyik az idegsejtben végződő tengelyfonal, a többi protoplasma-nyulványok, s kifelé, a belső szemcsés rétegbe mennek. A fovea centralisban idegsejtek nincsenek. A macula luteaban egyébütt és környékén is az idegsejtek 2—3, egymás fölé helyezett sejtből álló réteget képeznek, tovább oldalt csak egy rétegben vannak dúczsejtek, sőt az ora serrata közelében külön idegsejtréteg nincs is. Az ideghártya negyedik vagy *belső szemcsés rétegében*



55. ábra. *A*. Az ideghártya keresztmetszete: *k* belső határhártya, *i* idegrostréteg, *h* idegdúcréteg, *g* belső szemcsés réteg, *f* belső magvas réteg, *e* külső szemcsés réteg, *d* külső magvas réteg, *c* külső határhártya, *b* pálczika-csapréteg (SCHWALBE szerint).

B. Az ideghártya váza megfelelőleg az *A*-ban feltüntetett ideghártyakeresztmetszetnek (SCHULTZE M. szerint).

(55. ábra *g*) ágazódnak el és mennek keresztül az idegsejtek protoplasma-nyulványai. Az ötödik vagy *belső magvas réteg* (55. ábra *f*) jellemző alkatrészeit hosszúdad, két nyulványú, maggal ellátott sejtszerű képletek, dúczsejtek, alkotják. A két nyulvány közül az egyik a belső szemcsés rétegből jön, apró göcsök által van jellemezve, a másik kifelé a külső szemcsés rétegbe megy s amannál erősebb, egyenletes, síma. *A külső szemcsés rétegben* (55. ábra *e*), az ideghártya hatodik rétegében, a betérő nyulványok az agy szürkeállományában előfordulóhoz hasonló hálózatot képeznek (Schutze M.). A hetedik réteg a *külső magvas réteg* (55. ábra *d*) és a kilenczedik vagy *pálczika-csapréteg* (55. ábra *b*) közt van a *külső határhártya* (membrana limitans externa) mint az ideghártya nyolczadik rétege. E határhártya (55. ábra *c*) is a kötőszöveti váz tömörebb összeállása útján képződöttnek tekintendő; tőle rövid finom nyulványok mennek kifelé és a pálczikák és csapok belső tagját veszik körül. A mi a külső magvas réteg elemeinek főbbjeit illeti, ezek hosszúra nyújtott magot tartalmazó képletek s a külső határhártyán keresztül közvetlenül folytatódnak a pálczika-csapréteg henger- vagy körtealakú képleteibe, az úgynevezett *pálczikák*ba vagy *csapok*ba. A külső magvas réteg magvai közül a csapokkal összefüggők közvetlenül az illető csap testéből indúlnak ki és nagyobbak mint a pálczikák magvai, melyeket rendesen a pálczika testével finom nyulvány köt össze. A csapok magvai egynemű protoplasmából s ebben kis magocskából állanak; a pálczikák magvainak protoplasmája harántúl csíkoltnak látszik. E magvakon kívül a külső magvas rétegben csak rostokat és kötőszövetvázat lehet találni. A pálczikák 40—50 μ. hosszú és 1·5—1·8 μ. széles, hengeralakú képletek. Középen áthúzódó haránt-irányú vonal külső és belső tagra választ minden pálczikát. A belső tag finoman szemcsés, karmin könnyen festi, a külső tag ellenben inkább hyalinszerű, karmin által nem festhető meg. A külső tag friss állapotban egynemű, állománya halál után hajlásokat képez és haránt-irányú lemezekre esik szét. E lemezes szerkezet osmiumsav behatása által is kimutatható, mi Schultze M. szerint a pálczika külső tagjának ilyen lemezekből való összetételére vall. A külső tagban fordúl elő egyszersmind a retinabibornak nevezett piros festék, mely a fény behatása alatt eltünik, sötétben pedig újra képződik. A csapok a pálczikáknál rövidebbek, mintegy 32—36 μ. hosszúak. Szintén külső és belső tagból állanak, melyeknek szerkezete a pálczikák megfelelő tagjának szerkezetével megegyezik. A belső tag kúpalakú, a külső határhártya felé fordított 6—7 μ. széles alappal. A külső tag szintén kúpszerű,

csak sokkal vékonyabb és rövidebb a belsőnél. Erős nagyításnál úgy a pálczika, mint a csap, hosszirányban vonalzottnak látszik, a belső tagban, kivált jod- vagy osmiumsavval való festés után, tojásdad alakú test tünik elő. Végre madaraknál és hüllőknél sikerült a belső tag külső végén színtelen, illetőleg sárga vagy vörös színű gömböket is látni.

A mi a pálczikák és csapok elrendeződését illeti a retinában, megjegyzendő, miszerint a szem legélesebben látó helyén, a sárgaszínű macula lutea-ban, csak csapok vannak, oldalt tőle az egyes csapokat egészen az ora serrata tájáig pálczikák veszik körül egy, majd két, illetőleg három sorban. A macula lutea központjában — fovea centralis — a csapok hosszabbak és keskenyebbek, mint az ideghártyában egyébütt, egyszersmind ferde a fekvésük, úgy hogy belső végük oldalra van fordítva. A macula lutea-ban, nevezetesen pedig a fovea centralisban, az ideghártya vékonyabb mint egyéb helyein, mivel itt az idegrost és idegdúczréteg valamint a belső szemcsés réteg is teljesen hiányzik. Egy látóidegrostra 7—8 csap és mintegy 100 pálczika esik (Salzer).

Végre mint az ideghártya tizedik rétege megemlítendő még a közvetlenül a tunica uvea-val érintkező *festékes hám*. Lapja szerint górcső alatt kiterítve többé-kevésbbé hatszögletű sejtekből állónak tetszik. E sejtekben általában sok a festék, közepükön, a mag helyén kevés. Ideghártya-keresztmetszeten valamint szétczafatolás által egymástól elkülönített sejteken is, látni lehet, hogy e festékes hámsejtek hosszúra vannak nyúlva. Az edényhartyával érintkező részök festékmentes, erre következik a sejt úgynevezett alapja, melytől finom nyulványok terjednek be az ideghártya pálczikáinak és csapjainak külső tagjai közé. A sejtek festékmentes részének protoplasmájában béka, madár, házinyúl szemeiben zsírt és myeloid szemcséket lehet találni. A zsírszemcsék színezettek; békánál aranysárga színűek. Egyébként pedig e hámban a legtöbb állat és az ember szemében festék van, egyedül az úgynevezett *albinos*-ok szemeiben hiányzik a festék. A festék barnaszínű, többnyire tükben jegeczedik; a melanintól való megkülönböztetés végett Kühne e festéket *fuscin*-nak nevezte el. A fuscin, mint Kühne békán látta, sötétben a sejt alapjában gyűlik meg s a pálczikák és csapok közé terjedő sejtnyulványok festéktől mentek, a világosság behatása alatt pedig ezekbe terjed be.

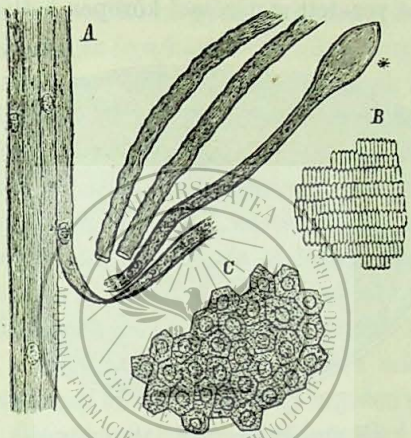
Ezek az ideghártya részei. Közülök mindazon képleteket, melyek a két határhártya közt előfordúlnak, *kötőanyagráz* tartja helyzetükben rögzítve (55. ábra *B*). E váz finom hálózatot alkot. A hálózat szálai közül legszélesebbek az úgynevezett Müller-féle rostok; ezek a belső

határhártyától kiinduló kötőanyagléczek, melyek részben már az ideghártya belső szemcsés rétegében, teljesen pedig külső magvas rétegében elágazódnak és végágaikkal a külső határhártyát alkotják. Az ideghártya váza a szem æquatortájától kezdve előfelé tömörebb és erősebb, mint a milyen az ideghártyának az æquatortól hátrább eső részében. Előfelé az idegelemek is mindinkább gyérülnek, úgy hogy az ora serrata táján már teljesen hiányzanak. Ennek megfelelőleg az ideghártyának a sugártesthez nőtt része (a pars ciliaris retinæ): a belső határhártyából, mint egynemű határrétegből, szorosan egymáshoz álló hengerded kötőszövetrostokból, mint a MÜLLER-féle rostoknak megfelelő képletekből, és végre festékes rétegből áll. Az utóbbi az ideghártya festékes hámrétegének felel meg, sejtjei azonban az ideghártya festékes hámjának sejtjeitől lényegesen eltérnek, a mennyiben igen sokoldalú, sőt gömbölyű alakuak és két-három rétegben is egymásra vannak helyezve.

A látóideggel együtt tér be még a szembe a *központi ideghártya-ütőér* (art. centralis retinæ) is. Ez ütőér a látóideg és ideghártya táplálására szolgáló vért viszi. A látóideghez számos apró ütőérágat küld. A papilla nervi opticiban két, egy felső és egy alsó, ágra oszlik, melyek újból két-két ágra szakadnak. A központi ideghártya-ütőér ez ágai betérnek az ideghártyába, itt az idegrostrétegben tovább elágazódnak és apró, hajszáledényekbe átmenő ágakat küldenek az idegdúcrétegbe. Hajszáledényei az idegrost- és idegdúcrétegtől kifelé egészen a külső szemcsés rétegig terjednek. Az ideghártya külső magvas rétegében és ettől kifelé véredényeket már nem lehet találni, még hajszáledényeket sem. A fovea centralisban edények épen nincsenek. Előfelé az art. centralis retinæ csak az ora serrata-ig terjed. Innen van, hogy a központi ideghártya-ütőér csak az opticus betérési helye közelében közlekedik az edényhártya edényeivel. A hajszáledényekből eredő visszerek az ütőerek mellett haladnak, úgy hogy a papilla nervi optici-be szintén egy felső és egy alsó ággal térnek be. A két visszér végre egy közös visszérbe nyílik össze.

A szem imént leírt burkai még átlátszó közegeket zárnak körül, melyek a porczhártyával együtt a szembe eső fény törésénél szerepelnek. Közvetetlenül a porczhártyán belől, a porczhártya és lencse közt van a *csarnokvíz* (humor aqueus). Tiszta színtelen folyadék, mintegy 2% szilárd alkatrészszel s ezek között különösen fehérje, czukor és konyhasó fordulnak elő. A csarnokvíz után következik a *szemlencse*. Kettős domború lencse, egy kisebb mellfelé, egy nagyobb hátrafelé álló domborulattal. Mellső felülete kisebb tengelye körül forgatott ellipsoid szeletének

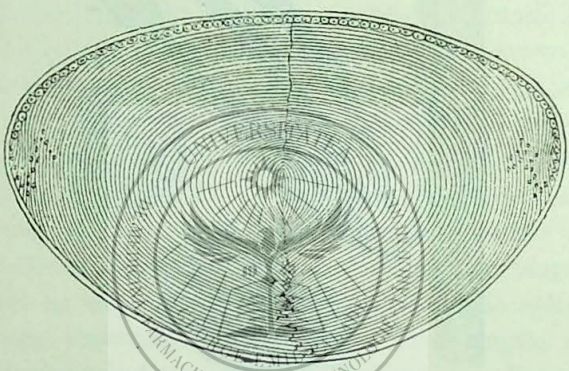
tekinthető, hátsó felülete inkább paraboloid csúcsszeletének felel meg. A lencsét ruganyos, alkatnélküli hártya, a *lencsetok* zárja körül. A lencsetok mellső részének belső felületét egy rétegben szabályos hatszögű hámsejtek borítják (56. ábra *C*). Ezeken kívül az egész lencsét lencserostok alkotják. A lencserostok egynemű, hyalinszerű anyagból állanak. Némelyek e rostokat folyékony benneket tartalmazó csöveknek tartják. Keresztmetszeten a lencserostok lapos hatszögű alakoknak látszanak, (56. ábra *B*), felületük síma; csak a mélyebben fekvő rostok szélei többé-kevésbbé fogazottak. A felületesebben fekvő rostok a lencse mélyebb rétegeiben levőknél vastagabbak; az előbbiek petealakú magot



56. ábra. *A*. Lencserostok. * Egy ilyen lencserost széles vége.
B. Lencserostok keresztmetszete.
C. Lencsetok-hámsejtek. (Toldt szerint).

is tartalmaznak, míg az utóbbiakban magot nem sikerült találni. A lencserostok egymás körül helyezett rétegeket alkotnak, melyekben a rostok széles oldala a lencse központja és külső felülete felé van fordítva. Az egy réteghez tartozó rostok egymással jobban összetartanak, mint az egymás fölött fekvő rétegek. A rostok elrendeződése a lencsében kissé bonyolódott. Ha a lencsét a szemből kivesszük és ennek mellső vagy hátsó felületét megtekintjük, úgy a felület közepétől egymástól 120° távolságban három-három sugarat látunk kiindulni. E sugarak helye a két felületen nem felelkező; a lencse-æquatoron tudniillik a mellső és hátsó felület sugarai 60° szög alatt térnek el egymástól. Szépen van kifejlődve e viszony az újszülött szemlencséjén; felnőtteknél eltérések fordulnak elő, nevezetesen gyakran minden sugár még két sugárra

ágazódik. A sugarak körül a lencserostok oly formán rendeződnek el, hogy minden rost egy ilyen sugártól indul ki egyik oldalon és áttér a lencse æquatorján túl a túlsó oldalra, hogy ott egyik sugár helyén végződjék. A valamely sugár egy pontjától két irányban hegyes szög alatt kiinduló két lencserost, a túlsó oldalon ismét valamely sugár egyetlen pontjában, ugyancsak hegyes szög alatt, találkozik. A mely rost a lencse mellső felületének közepétől kiindul, ez a túlsó oldalon valamely sugár szélső végéig terjed. Chromsavval keményített vagy vízzel, ásványsavakkal kezelt lencséről a lencserostok rétegekben leválaszthatók, s ezeken a rostok említett lefutása könnyen felismerhető. Az egyes rostrétegek helyzetéről legjobb képet nyerünk, ha keményített lencsét mellülről hátrafelé vezetett metszéssel közepén kettévágunk (57. ábra).



57. ábra. Emberszemlencse keresztmetszete.

Ilyen lencse-keresztmetszeten azt látjuk, hogy a felületes rostréteg a legkevésbbé domború s minél mélyebb a rostréteg, annál domborúbb. Egyszersmind feltűnik, hogy a lencsemag nem fekszik a lencse æquatorján keresztül fektetett síkban, hanem ennél valamivel hátrább. Mindezek, a lencseállománynak a középfelé növekedő törőképességével együtt, a szemlencse fénytörési szerepét illetőleg fontos tényezők.

A szemlencsét finom ruganyos hártya, a *zonula Zinnii* tartja rögzítve. E hártya finom ruganyos rostokkal az ideghártyának a sugártesthez nőtt s ora serratanak nevezett részétől ered; az egynemű ruganyos rostokat egynemü ragasztó anyag egyesíti helyenként megszakadt hártyává. A zonula *Zinnii* a sugártestnyujtványokhoz is oda van nőve, így az ora serratatól előre húzódik, majd elhagyja a sugártestet és két lemezre szakadva legnagyobb részben a lencsetok mellső felületére átterjed és ahhoz hozzátapad; a hátsó lencsetokhoz csak kis

része megy. A két lemez közt a lencse széle körül fennmaradó rés a *Petit-féle csatorna* (51. ábra *p*).

A lencse mögött van az *üvegtest* (corpus vitreum). Ez némelyek szerint közvetlenül érintkezik az ideghártya belső határhártyájával, az ora serrataval és a lencse hátsó felületével (Henle, Iwanoff), mások szerint finom alkatnélküli hártya, mint *üveghártya* (membrana hyaloidea), veszi körül az üvegtestet (Krause, Schwalbe); a kik az üveghártya létezését kétségbe vonják, azt a finom hártyácskát, melyet mások mint külön üveghártyát írnak le, az ideghártya belső határoló hártyájához számítják. Az üveghártya könnyen előtüntethető, ha az üvegtestet néhány óráig higított alkoholban tartjuk; ilyenkor az az üvegtesthez erősen odatapad, és csak mellől megy át közvetlenül a zonula *Zinnii*-be. Akármint legyen a dolog az üveghártyát illetőleg, tény az, hogy az üvegtest mint egy egész test tart össze. Bemetszésre csak kevés folyó anyag jön ki belőle. Az üvegtest állománya egészen egynemű, kocsonya-összeállású, ha összevágjuk és szűrőbe tesszük, részben átszűrődik, részben azonban a szűrőn visszamarad. Chromsavval kezelt üvegtestben hártyaszerű rétegeket lehet látni. Mindezek az üvegtestnek bizonyos hártyákból alkotott rekeszes szerkezete mellett szólanak. Stilling szerint az üvegtest külső kéregrésze a vöröshagymához hasonló concentricus rétegeket képez, a belső magnak nevezett része egynemű. A kéregrész az ora serrataig terjed s a lencsét nem érinti, ez utóbbi a belső magrészszel áll érintkezésben. Górcső alatt az üvegtestben gyöngéden szemcsézett, átlátszó, kerek maggal ellátott sejteket és folyó benneket találunk. E folyó anyag 1·69—1·98% szilárd alkatrészt tartalmaz s ezeknek több mint fele sókból áll, a többi pedig mucinból és kevés fehérjéből.

A *szem belsejében* foglalt átlátszó közegek, nevezetesen a csarnokvíz és üvegtest bizonyos *nyomást* gyakorolnak az azokat bezáró szemburkokra. E nyomást állatokon az által lehet mérni, hogy a porczhártyába kanült szúrunk be s ennek kiálló végét manometerrel kötjük össze. A különböző állatokon e nyomást 20—30 mm. higanynyomás közt változónak találjuk; feltehető azért, hogy az embernél is e határok közt fog ingadozni. A belső szemüri nyomást okozó folyadék mennyisége a szemben változik, folyadék távozik s helyébe új jut a szembe. Ezt bizonyítják a vérbe vezetett idegen anyagokkal tett tapasztalatok. Vérlúgsó, higanychlorid a vérbe való befecskendés után 20′-czel a csarnokvízben már kimutathatók. Bayer a phthalsav és resorcin összeolvasztása által a fluoresceïnt állította elő, egy egészen ártalmatlan anyagot, melyből 1 r. még 2.000,000 r. vízben is zöld színben való fluo-

rescalása által felismerhető. Ehrlich ez anyagból nyulak bőre alá 1 r. 5 r. vízben oldva 2—8 k. cmt.-nyit fecskendezett s a szemből a csarnokvizet kibocsátotta, $^1/_2$—1 percz mulva a látólik szélén már zöld cseppek léptek fel és 5—6 percz mulva a szemcsarnok egészen megtelt zöld színben fluorescaló csarnokvízzel. Minden, a vérnyomást megváltoztató behatás a szem belsejében levő nyomást is megváltoztatja. — A nyomás a szemürben egészen 90 mm. higanynyomásig emelkedik, ha a vért a szemből kivezető venæ vorticosæ-t lekötjük, nő, ha a nyaki gerinczagy izgatása által a vérnyomást egyáltalában fokozzuk és tetemesen csökken, mihelyt a megfelelő oldali a. carotist lekötjük. Nem szenved tehát kétséget, hogy a szem belsejében levő nyomást okozó folyadék a vérből származik. E mellett bizonyít a szem belsejében levő nyomásnak a szívveréssel és légzéssel járó változása is; minden szívlökéssel és kilégzéssel nő a nyomás a szemben. A fluoresceïn-nel tett kísérletekből következtethetjük, hogy a csarnokvíz, a sugártest és a szivárványhártya hátsó felületén levő véredényekben keringő vérből szűrődik keresztül. A fluoresceïn tudniillik a látólikon lép ki a mellső szemcsarnokba s ugyanez alatt a Petit-féle csatornán át a lencsébe és üvegtestbe is hatol (Schoeler és Uhthoff). Pflüger a porczhártyába, a limbus conjunctivæbe felületesen, az inhártyába mélyen beszúrt és a szembe succinylfluoresceïn-oldatot cseppentett. A folyadék felszívódás útján a mellső szemcsarnokba jutott.

Ezek szerint a szem külső felületéről a porczhártyába s ezen át a mellső szemcsarnokba is, folyadék hat be. Az edényhártya edényei az ideghártyán keresztül, az üvegtestbe, valószínüleg nem igen adnak nedvet.

Ugyanazon mértékben, melyben a szem belsejében levő átlátszó közegek ruganyosságuknál fogva a szem burkait nyomják, ezek viszont az átlátszó közegekre gyakorolnak nyomást; a folyadék ezért a szemből el is távozhatik. A csarnokvíz tehát esetleg nagy nyomás miatt visszaszűrődik a visszerekbe, nevezetesen a circulus venosusba és a szivárványhártya visszereibe. A szemcsarnokba befecskendezett berlini kék — átömlésre alkalmatlan test — behatol a lig. pectinatum szálai közé, de nem az edényekbe; a diffusiora alkalmas karmin ellenben a porczhártyaszél közelében bejut egészen az inhártyafeletti szövet edényeibe. Mindkét festék együttes befecskendezésére a mellső szemcsarnokba, a nevezett edények szintén csak pirosra színeződnek. Nyílt közlekedés a szemcsarnok és a véredények közt tehát nincsen, ezek csak diffusio útján közlekednek egymással. A mellső szemcsarnokba befecskendezett kar-

min nyirokútba nem kerül, még a megfelelő visszerek lekötése után sem. A mellső szemcsarnok és a nyirokutak ezek szerint, nem közlekednek egymással (Leber).

54. §. A szem védőkészülékei.

Hogy a szem a fénynek lehetőleg hozzáférhető legyen, e végből nagy részben szabadon fekszik a szemürben. Egyébként zsírdús kötőszövetpárna veszi körül s ebben mozgatják izmai, mint valami ízfejet az ízvápában. Sértések-, porrészek- és idegen testektől a szemet a szemhéjak védik, a porczhártyát pedig a kiszáradástól a könymirigyek váladéka óvja meg.

58. ábra. Ember felső szemhéjának keresztmetszete; *Ä* bőr, *M* m. orbicularis oculi, *C* szempillaszőr, *L* szemhéjszél, *K* Moll-féle mirigy, *G* Meibom-féle mirigy, *B* kötőhártya. *T* Krause-féle mirigyek, *D* Müller-féle szemhéjizom, *V* szemhéjütőér keresztmetszete.

A két *szemhéj* alapállománya az erős kötőszövetből álló tarsus. Az alsó szemhéj tarsusa a szemür szélén levő bőnyétől indul ki, a felső szemhéjé még a m. levator palpebræ superioris inától is.

A tarsuson kívül a szemhéjak kötőszövete rostkötegekből és rugányosrostok hálózatából áll. A tarsusban vannak a Meibom-féle mirigyek (58. ábra *G*), minden szemhéjon mintegy 30—40. A szemhéj belső szélén nyilnak szabad szemmel is kivehető likkal. A mirigyek egy sorban állanak egymás mellett és csaknem az egész tarsuson végig terjednek. Minden mirigynek kivezető csöve van, melybe rövid csatornákkal apró acinusok nyílnak. Az acinusok szerkezete megfelel a fagygyúmirigyek (211—212. lap) szerkezetének. Zsírnemű váladékuk a szemhéj belső szélét vonja be. A szemhéj kötőszövetvázában a Meibom-féle mirigyeken kívül még a Krause által felismert mirigyek vannak (58 ábra *T*). Ezeknek rövid kivezető csövei a szemhéjnak a szem felé

tekintő oldalán nyílnak. Mirigysejtjeiknek szerkezete az alább leirandó könymirigy sejtjeivel egyezik meg, valószinű azért, hogy váladékuk is azon mirigyek váladékával azonos.

A tarsus külső felületét a szem harántesikos izomrostokból álló körizma érinti, melynek rostjai belülről a külső szemzug felé haladnak. A szemhéjszélhez közel egyes izomrostok a pillaszőrök tüszői és a Meibom-féle mirigyek közé jutnak (musculus ciliaris Riolani). A szem körizmát végre, az itt mindig vékony, bőr fedi. A bőralatti zsírszövet, még zsírdús egyéneknél is, többnyire zsírszegény. A szemhéj mellső szélén nyílnak a pillaszőrök tüszői. A szőrtüszők mögött vannak a tömlőszerű, veritékmirigyekhez hasonló, Moll-féle mirigyek (58. ábra *K*), melyek rendesen pillaszőrtüszőbe nyilnak. A tarsus belső felületét a szem *kötőhártyája* vonja be. Szemhéjbeli részét (conjunctiva palpebrarum) finom rostoskötőszövet képezi, mely a szemhéj széle felé szemölcsöket alkot és többrétegű hengerded, gyermeknél gyakran lapos, felhám fedi. A kötőszövetkötegek közt sok a lymphoidszerű sejt. A szemhéjnak a szemtekére való átmenete helyén a felhám mindig egyrétegű hengerhám. A szemtekén a kötőhártyát (conjunctiva bulbi) ismét többrétegű felhám borítja. A porczhártyára egyedül a hámréteg folytatódik, míg a kötőhártya többi alakelemei idáig nem terjednek.

Az idegek a szem kötőhártyájában Krause-féle véggömbökben és a velőshüvely elvesztése után a felhám sejtjei közt szabadon végződnek (Waldeyer).

A szemhéjakat izmok mozgatják. A szem rést nyitvatartja az alsó szemhéjnak súlyánál fogva való leesése és a felsőnek a m. levator palpebræ superioris által történő felemelése. A szemet a m. orbicularis palpebrarum zárja (Gad szerint ennek Horner-féle izomnak nevezett része); a felső szemhéj leesik ha emelőizma nem működik.

A *könymirigyek*, mint a szemet nedvesen tartó könyet elválasztó szervek, a homlokcsontnak járomcsontnyújtványa mélyedésében vannak. 4—5 nagyobb és 8—10 kisebb kivezető csövük áttöri a kötőhártyát és a váladékot a kötőhártyaredőbe vezeti. A mirigyek szerkezete megegyezik a fürtösmirigyek s ezek közül a fültőmirigy szerkezetével. Kivezetőcsöveik fürtszerűen elágazódnak s végükön egy-egy apró acinus (mirigybogyó) ül. Az acinus falát a mirigy úgynevezett *sajáthártyája* (membrana propria) alkotja. A sajáthártya mint alkatnélküli hártya tűnik fel, alkalmas kezelés mellett azonban benne csillagalakú szerkezetet, a csillagok központjaiban pedig magvakat lehet felismerni; azért igen valószinű is, hogy sejtközti anyag által összetartott kötő-

szövetsejtekből áll. A sajáthártyán belül vannak a váladékot készítő mirigysejtek. E sejtek pihent mirigyben, ha ezt alkohollal kezeljük és karminnal megfestjük, színtelen világos protoplasmában kevés szemcsét és egy síma vagy egyenetlen czafatos szélű, apró, pirosra festett sejtmagot tartalmaznak. Hosszasabban tartott elválasztás után a mirigysejtek kisebbek, a sejtprotoplasma igen szemcsés, zavaros, a sejtmag kerek és nagyobb lesz (Heidenhain). A mirigy a n. lacrymalis trigemini izgatása által tetemes elválasztásra indítható, kevesbbé a n. subcutaneus malæ izgalma által. Demtschenko a n. sympathicus izgatására is bő könyelválasztást látott beállani. A könyek rendesen világosak, tiszták, csak a sympathicus izgatása alkalmával elválasztottak zavarosak. Reflex útján könyelválasztást lehet megindítani a kötőhártya izgatása által, nyilván ez úton származik a rendesen folyó könyelválasztásra szolgáló impulsus is; a könyvíz elpárlása, levegőnek, esetleg porrészeknek a szemre jutása adják a szükséges ingereket. Épen úgy megindul a könyelválasztás akkor is, ha erős fény bántja a szemet, vagy alkalmas ingerek izgatják az orr nyákhártyáját. A kedélymozgalmak alkalmával történő könyelválasztásra az izgalom directe a központból indúl ki. Alvás közben a könyelválasztás szünetel.

A köny 98·2% vizet és 1·8% szilárd alkatrészt tartalmaz, ezek közt 0·5% fehérjét és 1·32 szervetlen sókat, nevezetesen konyhasót (1·3%).

Ha a szem szabadon levő részeit benedvesítő köny felesleges mennyiségben jelen van, eltávolítására külön út szolgál. — A feles könyváladék kiömlését a szemhéj szélén túl az arczra a Meibom-féle mirigyek váladéka gátolja meg. A könyek a szemhéjak és a szemteke közt a belső szemzugban levő könytócsába, innen a felső és alsó szemhéjon levő egy-egy könyponton át a könycsövecskébe, könytömlőbe és a könyorrjáraton át az orrürbe kerülnek. Hogy milyen erő viszi a könyeket a jelzett úton az orrürbe, részben még ma is vita tárgya. A könycsövecskék falát kötőszövet és ezen belül több rétegű felhám képezi. A csövecskének közvetlenül a szem felé eső oldala mögött van a szem zárizmának Horner-féle izomnak nevezett része. A könytömlő és köny-orrjárat tömör rostos kötőszövetből és nyákhártyából áll. A nyákhártyát egy rétegben hengerhám fedi, csak a köny-orrjárat alsó végén lehet többrétegű lapos felhámot találni. Henke ezek ismerete alapján felteszi, hogy a belső szemzug a szemhéjak zárásakor előbbre, ezek nyitásakor hátrább áll. A szem zárásakor ezért tágul a könytömlő, mi szívólag hat a könyváladékra, e miatt merülnek be a könypontok a könytócsába és viszik a könyváladékot a könytömlőbe; a szem nyitásakor ellenben a

könytömlő mögött elhaladó Horner-féle izom a belső szemhéjszalagot vissza húzza, miáltal nyomást gyakorol a könytömlőre és ennek bennéket a könyorrjáraton át az orrürbe szorítja. Azonban Gad a szemhéjmozgásoknak ilyen szívó-nyomó hatását tagadja, a mennyiben tapasztalata szerint a Horner-féle izom épen a szem zárását eredményezi, holott Henke felvétele szerint ez izomnak a szem zárásakor tétlenül, a szem nyitásakor ellenben összehúzódásban kellene lenni. Gad szerint a szemhéjak minden zárása, mint olyan, nyomást gyakorol a kötőhártyaredőkben foglalt könyváladékra és ezt a könytömlőbe szorítja. A szemhéjak nyitásakor a kiszorított könyváladék egy része esetleg vissza is szivattathatik a kötőhártya falához való vonzás miatt. A könytömlőből az orrürbe a váladék az összetartás és nehézkedés befolyása alatt kerül. Olyan készülék, mely a könyváladékot szivattyú módjára az orrürbe hajtaná, nincsen.

55. §. Fénytörés sik felületen.

A látószerv homolog ingere — a fény — az ideghártyára való behatása által fényérzést okoz és ennek alapján képesít bennünket a külvilági tárgyak helyi viszonyai iránt való tájékozásra. Hogy ez lehetséges legyen, arra szükséges, miszerint a világító tárgy minden egyes pontjától kiinduló sugarak az ideghártyán is egy-egy képpontban egyesüljenek, ez után kell, hogy az ideghártyáig eljutott fénysugarak az idegeket izgassák és ezek izgalmukat a megfelelő agyközpontokig elvezessék, hol az idegizgalom érzületeket támaszt, melyek alapján ítéletünk a külvilági viszonyokra nézve tájékozódik. Midőn valamely tárgy minden egyes pontjától kiindult sugarak az ideghártyán is egy-egy képpontban egyesülnek, akkor az ideghártyán az illető tárgynak éles képe van; épen úgy mint a fényképész sötétkamarájában is a valamely tárgytól kiindult sugarak, a sötétkamarának az eszköz lencséjével szemben álló homályos üveglapján, az illető tárgy éles képét idézik elő. És valamint a sötét kamarában egy fénytörő lencse az egyes világító pontoktól kiindúlt sugarakat megfelelő képpontokba gyűjti össze, ép úgy, a szem fénytörő közegei, a porczhártya, csarnok víz, szemlencse és üvegtest is, az egyes világító pontoktól kiindult sugarakat megfelelő képpontokba egyesítik.

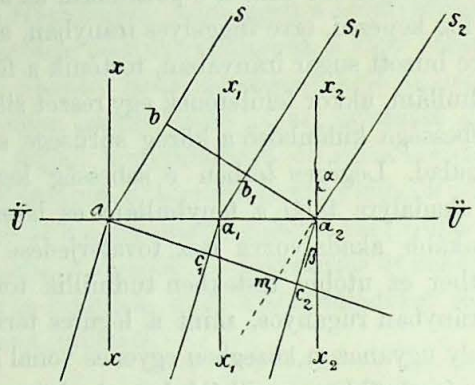
Hogy a fénysugarak menetét szemünkben, ez igen összetett fénytörő rendszerben, követni tudjuk, a fénytörés tanából való bizonyos ismeretekre van szükségünk, melyeket itt előre kell bocsátanunk,

mivel ezek ismerete nélkül a szem fénytörő közegeinek szerepéről a látásnál tiszta fogalmat szerezni nem lehet.

A fényt a fénysugár irányára függélyes síkban történő ætherrezgések terjesztik tovább. — Képzeljünk egy pontot, mely egyszerre világítani kezd, akkor bizonyos idő múlva e pont körül az æther gömbalakú rezgéshullámot fog képezni, erre függélyes irányban, a világító ponttól a hullámfelületre húzott sugár irányában, történik a fény előhaladása. Ha nagy a fényhullám, akkor felületének egy részét síknak lehet tekinteni. Terjedéssebessége különböző a közeg sűrűsége szerint, melyben a fény tovább halad. Légüres térben e sebesség legnagyobb lesz, a levegőben már akadályra talál a fényhullám és lassabban fog előre hatolni, még inkább akadályozva lesz tovaterjedése a vízben vagy üvegben. Az æther ez utóbbi testekben tudniillik tömörebb és nem is ugyanazon arányban ruganyos, mint a légüres térben. Innen van, hogy a fény, mely ugyanazon közegben egyenes vonal irányában halad tovább, a mint más sűrűbb vagy ritkább közegbe jut, esetleg eltér eddig követett irányától; ez azon szög nagyságától függ, mely alatt a sugár a két közeget elválasztó felületre reá esik. Így, ha a fénysugár függélyesen, azaz 90° szög alatt a levegőből sík felületű üvegbe esik, akkor előbbeni irányát megtartja, csak lassabban hatol előre, mint a levegőben, de ha 90°-nál kisebb szög alatt esik az üvegre, akkor a mint az üvegbe jut előbbeni irányát is elhagyja. Ha $\ddot{U}\ddot{U}$ (59. ábra) a levegő és üveg közti határt jelöli és a $b\,b_1\,a_2$ fényhullám ezen határra úgy érkezik oda, hogy a hullám a_2-vel megjelölt része az üveget érinti, mialatt b vége az üvegtől még $b\,a$ távolságban van, akkor mialatt a hullám b vége a-ig eljutott, a hullám a_2 pontja még csak c_2-ig jutott el, miáltal a hullámfelület iránya $b\,b_1\,a_2$-ből a $a\,c_1\,c_2$-be jutott, az a_2-ből e felületre húzott függélyes c_2-ben éri a felületet; az $s_2\,a_2$ irányban a levegőben ment sugár az üvegben $a_2\,c_2$ irányban haladt tovább. A fény tehát eltért irányától, midőn ritkább közegből sűrűbb közegbe átment. Azt a szöget, melyet a *beeső sugár* ($s_2\,a_2, s_1\,a_1, s\,a$) egy az üvegen általa érintett pontra húzott függélyessel, a *beeső függélylyel* ($x_2\,a_2, x_1\,a_1, x\,a$) képez, *beeső szögnek* nevezzük, ilyen szög például az $\alpha\angle$; azt a szöget ellenben, melyet a sugár törése után a beeső függélylyel képez, *törőszög*-nek mondjuk, ilyen törőszög például a $\beta\angle$.

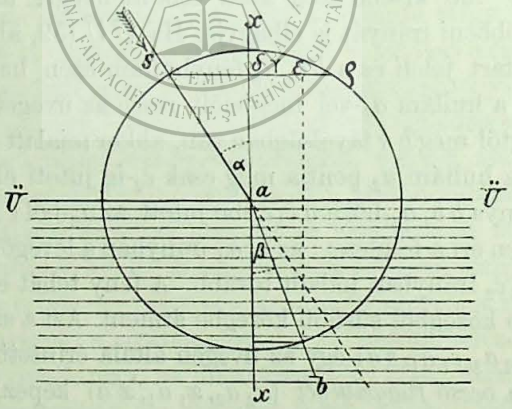
Minthogy ábránkon (59. ábra) $s_2\,a_2$ függélyes $b\,b_1\,a_2$-re, $a_2\,c_2$ függélyes $a\,c_1\,c_2$-re és $x_2\,a_2$ függélyes $\ddot{U}\ddot{U}$-re, azért $b\,a_2\,a\angle = \alpha$ és $\sin\alpha = \dfrac{ba}{a_2a}$, épen úgy $a_2\,a\,c_2\angle = \beta$ és $\sin\beta = \dfrac{a_2c_2}{a_2a}$ ezek után

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{b\,a}{a_2 c_2}$ vagyis a *beeső szög sinusa úgy aránylik a törőszög sinusához, mint a fény terjedéssebessége az egyik közegben ennek terjedéssebességéhez a második közegben.* A fény terjedéssebessége közt s



59. ábra.

a beeső- és törőszögek sinusai közt fennálló e viszonyt *töréstényezőnek* (törésviszonynak) nevezzük és n-nel jelöljük; $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$. Levegő és



60. ábra.

víz közt e töréstényező $= \frac{3}{2}$. Ha valamely közegre nézve a töréstényező és a beeső sugár iránya a levegőben ismerve van, akkor a sugár irányát azon közegben constructio útján, valamint számítás útján is, meghatározhatjuk. Legyen $s\,a$ (60. ábra) az a sugár, mely a ponton a

levegőből az üvegbe megy át, ha a pontból megfelelő kört készitünk és $s\,\delta\,\rho$ vonalat az üvegfelülettel párhuzamosan húzzuk és ez után $\delta\,\rho$-t három egyenlő részre, úgy mint $\delta\gamma$-, $\gamma\varepsilon$- és $\varepsilon\rho$-re, osztjuk és ε-ből εb vonalat párhuzamosan xx-el húzzuk és a-t b-vel egyenes vonal által összekötjük, akkor α beeső szögnek törőszöge β lesz; megfelelőleg az üveg törésténeyezőjének $= \frac{3}{2}$. Vagy, ha adva van a törésténeyező és a beesőszög nagysága, kiszámitható a törőszög nagysága és így a sugár iránya törés után; mert ha $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ akkor $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$.

A törésténeyező nagyobb az egységnél, azaz, a beeső szög nagyobb a törőszögnél, mikor a fény ritkább közegből sűrűbb közegbe megy át és megfordítva kisebb az egységnél, a beeső szög tehát kisebb a törőszögnél, midőn a fény sűrűbb közegből ritkábba jut be. A fennebbi példában $n = \frac{3}{2}$, ha a fény levegőből üvegbe megy át és $\frac{1}{n} = \frac{2}{3}$, ha a fény iránya a megfordított.

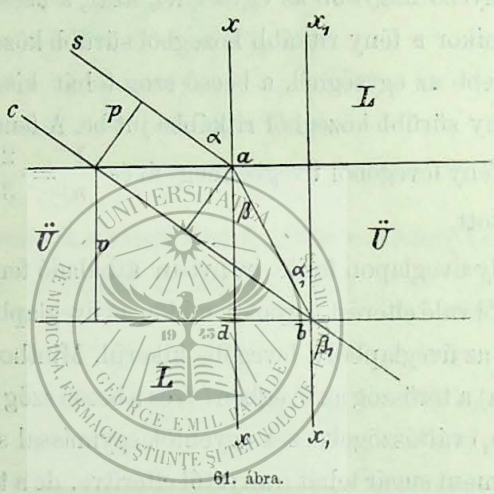
A valamely üveglapon ferde irányban áthaladó fénysugár kétszer szenved irányától való eltérést, egyszer, midőn az üveglapba bejut és másodszor, midőn az üveglapból a levegőbe kikerül. Minthogy pedig ilyen esetben (61. ábra) a törőszög az üvegben (β) és a beeső szög (b-nél) az üvegből a levegőre (α_1) váltószögek, ezek egyenlők egymással s azért $\alpha = \beta_1$; az üveglapon átment sugár tehát irányától eltérítve, de a törés előtt a levegőben bírt irányával párhuzamosan folytatja utját. A sugár által szenvedett eltérítés (p) függ: a törésténeyezőtől (n), az üveglap vastagságától (v) és a beeső szög (α) nagyságától (61. ábra). Mert $p : ab = \sin abc : 1$, ebből $p = ab.\ \sin abc$, és $ab : ad = 1 : \cos \beta$, ebből $ab = \frac{a\,d}{\cos \beta}$ illetőleg $ab = \frac{v}{\cos \beta}$, ha $p = ab.\ \sin abc$-be ab értékét helyezzük, lesz $p = \frac{v}{\cos \beta}$.

$\sin abc$, de $abc = \alpha - \beta$ azért $p = \frac{v}{\cos \beta} \sin (\alpha - \beta)$ vagyis:

$$p = \frac{\text{v. sin } (\alpha - \beta)}{\cos \beta}.$$

Mind ezek egyszersmind kétségkívülivé teszik azt, hogy a törésténeyező ismerete mulhatlanúl szükséges, ha valamely sugár irányát a törés után meghatározni akarjuk. A törésténeyezőt górcső segedelmével

szokás meghatározni. Az e czélra szolgáló górcső úgy van szerkesztve, hogy rajta a lencserendszereknek minden mozgatását fel, illetőleg lefelé pontosan le lehet olvasni. A górcső optikai tengélyének irányában a tárgyasztalra egy alkalmas tárgyat teszünk, melyre a górcsövet pontosan beállítjuk. Ezután azt a testet, melynek töréstényezője meghatározandó a górcső tárgylencserendszere és a tárgyasztalon levő tárgy közé helyezzük; hogy a tárgyat most is élesen lássuk, a górcsövet feljebb kell csavarni. Az az érték (m), melylyel a górcsövet feljebb állítanunk kell, függ a közbehelyezett test törőképességétől (n) és vastagságától (v), mely utóbbi szintén könnyen megmérhető. A töréstényező ezek



61. ábra.

után a következő képlet segedelmével számítható ki: $n = \frac{v}{v-m}$.

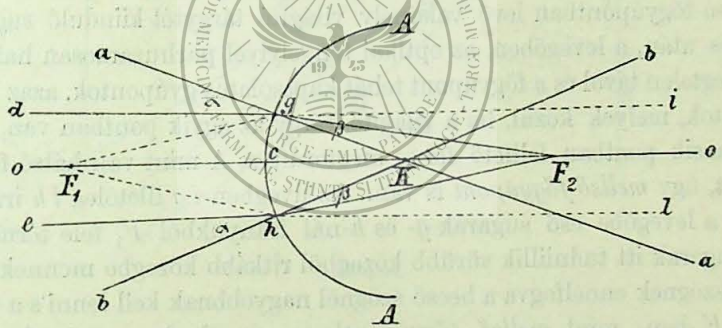
Az emberszem fénytörő közegeinek töréstényezőjét Krause W. úgy határozta meg, hogy a górcső tárgylencserendszerére, a tárgylencse alatt bizonyos távolságban, üveglapot csavart oda s a tárgylencserendszer és ez üveglap közé egyszer levegőt vagy párolt vizet, máskor a különböző törőközegek valamelyikét tette. A tárgyasztalon és szemlencsében egy-egy üvegmikrometer a górcsőnek mindenkor pontos beállítására szolgáltak, a mennyiben a górcsövet mindig úgy kellett beállítani, hogy mindkét mikrometer mértéke egyenlő élesen legyen látható. Krause meghatározta, hogy a szemlencse-mikrometer hány osztályzata felel meg a tárgymikrometer egy osztályzatának és ebből kiszámította az illető közbetett test töréstényezőjét. A talált értékek a következők:

	A törésténye zö		
	minimuma	maximuma	középértéke
Víz	1·3354	—	—
Porczhártya	1·3431	1·3569	1·3507
Csarnokvíz	1·3349	1·3557	1·3420
Üvegtest	1·3361	1·3569	1·3485
Lencse külső rétege	1·3431	1·4743	1·4053
Lencse középső rétege	1·3523	1·4775	1·4294
Lencse mag	1·4252	1·4507	1·4541

Friss és halál után 24 órával vizsgálatnak alávetett borjuszemen tett vizsgálatokból az is kitünt, hogy a szem törőközegeinek törésténye-zői a halál után következő első 24 órában nem igen változnak (Krause).

56. §. Fénytörés egyszerű gömbfelületen.

Ha két különböző törőképességgel bíró közeget gömbalakú felület választ el egymástól, akkor a viszonyok lényegükben ugyanazok, mint



62. ábra.

sík felületnél, különbség csak abban van, hogy itt a törőfelület minden egyes pontjára húzott beesőfüggély szükségképen más és más irányt követ. Egy ilyen levegőt üvegtől elválasztó gömbfelület keresztmetszetét a 62. ábrán *A A* ív tüntet fel. Ez ív és igy az egész gömbfelület *központja K*, *csúcspontja* (vagy főpontja) *c*, az e két ponton keresztül vezetett egyenes *o o* a *főtengely* vagy *optikai tengely*. Minden a felület valamely más pontján és a görbületi központon keresztül vezetett vonalat *melléktengely*-nek nevezünk. A fő- és melléktengelyek a törőfelület azon pontjára, melyen keresztül mennek függélyesen állanak:

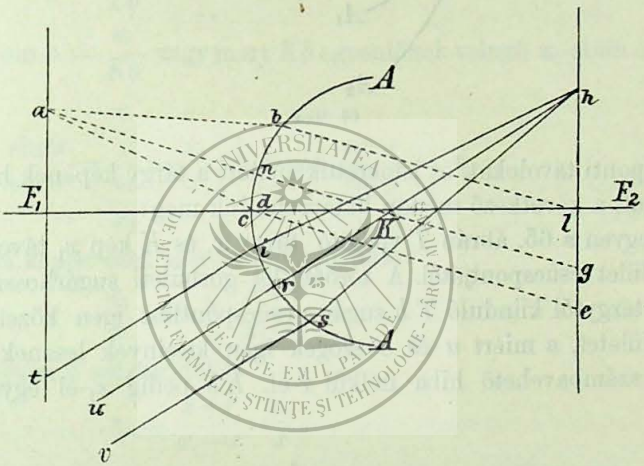
ennek következtében bármely tengely irányában a törőfelületre eső sugár irányából eltérítést nem szenved, midőn levegőből üvegbe megy át. Az ilyen sugarakat *irányugarak*nak mondjuk. Ilyen iránysugár az $o\,o$, $a\,a$ vagy $b\,b$ vonalak irányában a törőfelületre eső sugarak. Az iránysugarak ezek szerint mind a görbületi központban találkoznak, innen szokás e pontot *csomópont*nak is nevezni. Minden más nem a fő- vagy valamely melléktengely irányában a törőfelületre eső sugár bizonyos beesőszög alatt éri a felületet és azért, a midőn az üvegbe bejut irányától el is tér. Ilyenek a $d\,g$ vagy $e\,h$ sugarak, megfelelő beesőszöggel (α). A tört sugár irányát is a $\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}$ egyenlet határozza meg, csak úgy, mint a síkfelületen; $d\,g$ sugár $g\,F_2$ és $e\,h$ sugár $h\,F_2$ irányt fogja követni törés után. A pontot, melyben e két sugár és az optikai tengelylyel párhuzamosan beeső többi sugár is találkozik (F_2), e törőközeg *hátsó főgyúpontjának* nevezzük. Minthogy a világító tárgynak az optikai tengelyen végtelen távolban kell lenni, hogy a tőle jövő sugarak ama tengelylyel párhuzamosan essenek a törőfelületre, mondhatjuk, miszerint a hátsó főgyúpont az optikai tengelyen végtelen távolságban levő valamely pontnak képpontja. Épen így fognának egy a hátsó főgyúpontban levő valamely világító tárgytól kiinduló sugarak, törés után, a levegőben, az optikai tengelylyel párhuzamosan haladni. A végtelen távol és a főgyúpont tehát kapcsolatos gyúpontok, azaz olyan pontok, melyek közül, ha a világító tárgy az egyik pontban van, képe a másik pontban lelhető fel és megfordítva. A mint van hátsó főgyúpont, úgy *mellső főgyúpont* is van. Az üvegben $i\,g$ illetőleg $l\,h$ irányában a levegőbe eső sugarak g- és h-nál irányukból F_1 felé térnek el. A sugarak itt tudniillik sűrűbb közegből ritkább közegbe mennek át, a törőszögnek ennélfogva a beeső szögnél nagyobbnak kell lenni s a sugarak F_1-ben, mint *mellső főgyúpontban* egyesülnek; a végtelen és a mellső főgyúpont itt is kapcsolatos gyúpontok.

A hátsó főgyúpont távolságát a törőfelület csúcspontjától *hátsó főgyuponti távolnak*, a mellső főgyúpont távolságát ugyanazon ponttól *mellső főgyúponti távolnak* mondjuk.

A nem az optikai tengelylyel, hanem más iránysugárral párhuzamosan beeső sugarakra nézve hasonló viszony áll fenn (63. ábra), csak hogy e sugarak nem a főgyúpontban, hanem amaz iránysugár valamely pontjában egyesülnek. Igy egyesülnek $t\,i$, $u\,r$, $v\,s$ sugarak h-ban és $l\,b$, $g\,n$ a $e\,d$ sugarak a-ban. Ha mindkét oldalon az iránysugarakkal párhuzamosan haladó sugarak egyesülési pontjain keresztül függélyesen

vezetett síkot képzelünk, mely természetesen a főgyúponton keresztül fog menni, akkor egy hátsó illetőleg mellső *főgyúponti síkot* kapunk és minden egymással, de nem a főtengelylyel, párhuzamosan a törőfelületre eső sugár, törés után azon főgyúponti sík valamely pontjában egyesül, valamint a főgyúponti sík valamely pontjából kiinduló sugár valamennyi törés után egymással mind párhuzamosan halad.

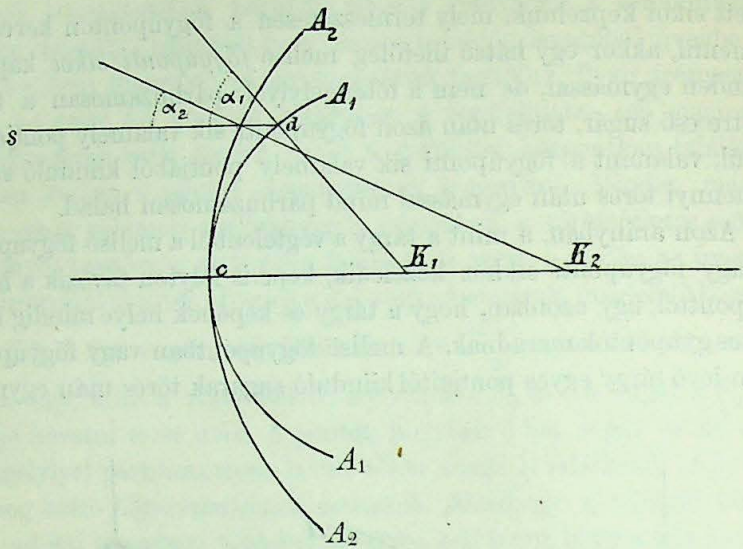
Azon arányban, a mint a tárgy a végtelenből a mellső főgyúponthoz vagy főgyúponti síkhoz közeledik, képe is folyton távozik a hátsó főgyúponttól, úgy azonban, hogy a tárgy és képének helye mindig kapcsolatos gyúpontok maradnak. A mellső főgyúpontban vagy főgyúponti síkban levő tárgy egyes pontjaitól kiinduló sugarak törés után egymás-



63. ábra.

sal párhuzamosan haladnak és így képpontban nem is egyesülhetnek. Végre, ha a tárgy a mellső főgyúpont és a csúcspont közé kerül, az egyes pontjaitól kiindúló sugarak széttérőleg fognak a sűrűbb közegben is tovább haladni; a széttérés csak kisebb fokú lesz törés után.

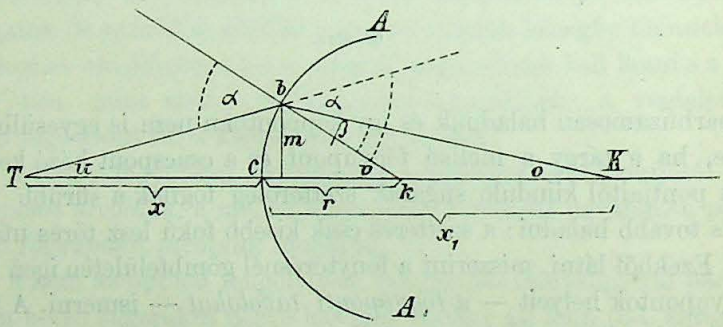
Ezekből látni, miszerint a fénytörésnél gömbfelületen igen fontos a főgyúpontok helyeit — a *főgyúponti távolokat* — ismerni. A főgyúpontok helye függ a törésténvezőtől és a felület görbületi sugárhosszától. Az utóbbi e tekintetben való szerepét felismerjük az ide mellékelt 64. ábrából, mennyiben ebből kitűnik, hogy ugyanazon irányú beeső sugárnak (*sd*) a függélylyel képezett beeső szöge (a_1 és a_2) annál nagyobb, minél rövidebb sugárhossznak felel meg a felület görbülete.



64. ábra.

A főgyúponti távolokat, és ismeretük mellett a tárgy képének helyét és nagyságát, a következő módon határozhatjuk meg:

Legyen a 65. ábrán T világító tárgy x, és K kép x_1 távolságban a törőfelület csúcspontjától. A törőfelület görbületi sugárhossza r. T világító tárgytól kiinduló $T\,b$ sugár c csúcsponthoz igen közel találja a törőfelületet, a miért u és o szögek igen kicsinyek lesznek és Tb minden számbavehető hiba nélkül x-el, Kb pedig x_1-el egyenlőnek vehető.



65. ábra.

Tekintve, hogy minden háromszögben az oldalak úgy aránylanak, mint az oldalakkal szemben álló szögek sinusai, Tbk háromszögben lesz

$\sin u : \sin Tbk = bk : Tk$ vagy mert $Tbk \angle = 180 - a$
és így $\sin Tbk = \sin a$ valamint $bk = r$, $Tk = x + r$
a képletet így is írhatjuk:

$$\sin u : \sin a = r : x + r .$$

Kbk háromszögben is

$$\sin o : \sin Kbk = kb : kK \text{ vagy:}$$
$$\sin o : \sin \beta = r : x_1 - r.$$

Osztva a két arányt egymással lesz:

$$\frac{\sin u}{\sin o} : \frac{\sin a}{\sin \beta} = \frac{r}{r} : \frac{x + r}{x_1 - r}$$

de $\sin u = \frac{m}{Tb}$ vagy mert Tb egyenlőnek vehető x-el $\sin u = \frac{m}{x}$

és $\sin o = \frac{m}{Kb}$ vagy mert Kb egyenlőnek vehető x_1-el $\sin o = \frac{m}{x_1}$

azért $\frac{\sin u}{\sin o} = \frac{\frac{m}{x}}{\frac{m}{x_1}} = \frac{x_1}{x}$; továbbá $\frac{\sin a}{\sin \beta} = n$,

a fennebbi képlet ezek szerint úgy is írható:

$$\frac{x_1}{x} : n = 1 : \frac{x + r}{x_1 - r};$$

vagy szorozva a szorzandókat

$$n = \frac{x + r}{x_1 - r} \cdot \frac{x_1}{x},$$

a nevezőt áthozva a túlsó oldalra $xn\,(x_1 - r) = x_1\,(x + r)$ vagy

$$xx_1 n - xnr = xx_1 + rx_1$$
$$xx_1 n - xx_1 = rx_1 + xnr$$
$$xx_1\,(n - 1) = rx_1 + xnr, \text{ ha ezen egyenletet}$$
$$xrx_1\text{-vel osztjuk:}$$

$$\frac{x x_1 (n - 1)}{x x_1 r} = \frac{r x_1}{x r x_1} + \frac{x n r}{x r x_1} \text{ s ebből } \frac{n - 1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x_1}.$$

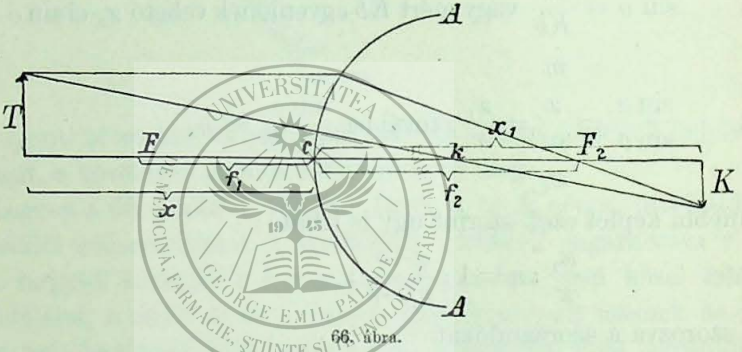
E képlet segedelmével könnyen ki lehet számítani a kép helyét a fénytörő felület mögött (x_1), ha adva van a tárgy távola a fénytörő felülettől (x), a felület töréstényezője (n) és görbületi sugárhossza (r). Ugyane képlet segedelmével azonban kiszámíthatjuk a gyútávolokat, vagy a gyútávolok ismerete mellett a törőfelület görbületi sugár hosszát és töréstényezőjét; valamint kiszámíthatjuk a kép nagyságát is.

A 66. ábrán a mellső gyútávolt f_1, a hátsó f_2-vel jelöltük meg. T a tárgy, K ennek képe. x és x_1 itt is a tárgy illetőleg kép távolát a fénytörőfelülettől jelölik.

Ha a tárgy a mellső gyúpontban, F-ben, van akkor képe a ∞-ben lesz, és $\frac{n-1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x_1}$ helyett, $x = f_1$ és $\frac{n}{\infty} = 0$ lévén, $\frac{n-1}{r} = \frac{1}{f_1}$ és ebből $f_1 = \frac{r}{n-1}$.

Ha a kép a hátsó gyútávolba esik, a tárgynak a ∞-ben kell lenni, $\frac{n-1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x_1}$ helyett, mert $x_1 = f_2$ és $x = \infty$, lesz

$$\frac{n-1}{r} = \frac{n}{f_2} \text{ és } f_2 = \frac{nr}{n-1}.$$



66. ábra.

Ha tehát a töréstényező és a görbületi sugár ismeretesek, akkor kiszámítható a mellső és hátsó főgyúponti távol. Azt is látjuk, hogy a hátsó főgyúponti távol nagyobb mint a mellső.

De a mint a görbületi sugárból és töréstényezőből a gyútávolokat ki lehet számítani, úgy viszont a gyútávolok segedelmével a töréstényezőt és a törőfelület görbületi sugárhosszát is ki lehet számítani. A töréstényezőt illetőleg:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{r}{n-1}}{\frac{nr}{n-1}} \text{ vagy ha az osztást véghez visszük, lesz}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{r\,(n-1)}{nr\,(n-1)}, \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{r}{nr} \text{ és ez} = \frac{1}{n}, \text{ tehát } n = \frac{f_2}{f_1};$$

ebből $n - 1 = \frac{f_2 - f_1}{f_1}$.

Épen úgy ki lehet számítani a törőfelület görbületi sugárhosszát is: $f_1 = \frac{r}{n-1}$ ebből $r = f_1(n-1)$, de $n-1 = \frac{f_2 - f_1}{f_1}$ azért $r = f_1\frac{f_2-f_1}{f_1}$ vagy $r = f_2 - f_1$.

E képletek segedelmével kiszámíthatjuk a kép vagy tárgy távolát, ha a két gyútávol és a tárgy, illetőleg kép, távola a törőfelülettől adva vannak.

Legyen például ismerve a két gyútávol és a tárgy távola (x), keresendő a kép távola (x_1):

$\frac{n-1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x_1}$ e helyett $\frac{n-1}{r} - \frac{1}{x} = \frac{n}{x_1}$, ha ez egyenletben $n-1$, r és n helyett a fent talált értékeket behelyezzük, lesz

$\frac{\frac{f_2-f_1}{f_1}}{f_2-f_1} - \frac{1}{x} = \frac{\frac{f_2}{f_1}}{x_1}$, ha az osztást az egyenlet első részében végbe visszük $\frac{f_2-f_1}{f_1(f_2-f_1)} - \frac{1}{x} = \frac{\frac{f_2}{f_1}}{x_1}$ vagy, mert f_2-f_1 számlálóban és nevezőben meg van, $\frac{1}{f_1} - \frac{1}{x} = \frac{\frac{f_2}{f_1}}{x_1}$. Ez egyenletet $\frac{f_2}{f_1}$-el elosztva lesz

$\frac{\frac{1}{f_1} - \frac{1}{x}}{\frac{f_2}{f_1}} = \frac{1}{x_1}$ illetőleg $\frac{f_1}{f_1 f_2} - \frac{f_1}{f_2 x} = \frac{1}{x_1}$ vagy

$\frac{1}{f_2} - \frac{f_1}{f_2 x} = \frac{1}{x_1}$, közös nevezőre hozva $\frac{1}{f_2}$ és $\frac{f_1}{f_2 x}$-et lesz

$\frac{x}{f_2 x} - \frac{f_1}{f_2 x}$ s e szerint $\frac{1}{x_1} = \frac{x-f_1}{f_2 x}$ és $x_1 = \frac{f_2 x}{x-f_1}$.

Ha a tárgy helye keresendő, akkor szintén $\frac{n-1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x_1}$ egyenletbe helyettesítjük az n és r helyett talált értékeket:

$\frac{\frac{f_2-f_1}{f_1}}{f_2-f_1} = \frac{1}{x} + \frac{f_2}{f_1 x_1}$ ha az osztást az egyenlet első részében végrehajtjuk lesz $\frac{f_2-f_1}{f_1(f_2-f_1)} = \frac{1}{x} + \frac{f_2}{f_1 x_1}$ és miután f_2-f_1

számlálóban s nevezőben meg van $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{x} + \frac{f_2}{f_1 x_1}$ s ebből $\frac{1}{f_1} - \frac{f_2}{f_1 x_1} = \frac{1}{x}$, közös nevezőre hozva $\frac{1}{f_1} - \frac{f_2}{f_1 x_1}$-et lesz $\frac{x_1}{f_1 x_1} - \frac{f_2}{f_1 x_1} = \frac{1}{x}$ és ez $\frac{x_1 - f_2}{f_1 x_1} = \frac{1}{x}$ ebből $x = \frac{f_1 x_1}{x_1 - f_2}$.

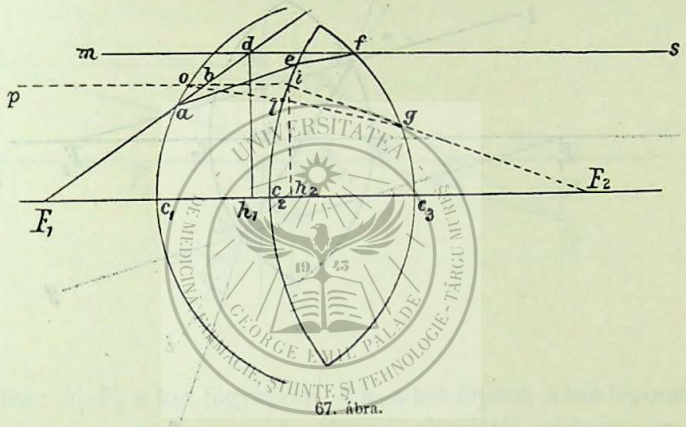
Végre kiszámítható a kép nagysága is, ha adva van a tárgy nagysága és a törőfelület görbület-radiusa. A 66. ábra szerint ugyanis $x + r : x_1 - r = T : K$ s ebből $K = T \cdot \frac{(x_1 - r)}{x + r}$.

57. §. Fénytörés összetett fénytörő-rendszerekben.

Két vagy több gömbfelület törőrendszerré úgy van helyesen egyesítve, ha azon felületek görbületi központjai és csúcspontjai mind egy egyenes vonal irányába esnek, az ilyen törőrendszert *központosítottnak*, a törőfelületek központjain és csúcspontjain átvezetett egyenes vonalat pedig a törőrendszer *tengelyének* nevezzük. Az ilyen központosított törőrendszernél a viszonyok nem oly egyszerűek, mint az egyszerű gömbfelületeknél. Sem a két gömbfelülettel bíró lencséknél, sem az ezeknél összetettebb fénytörő-rendszereknél nincsen oly görbületi központ, a melyre nézve irányított sugár töretlenül menne a törőközegeken keresztül; minden felületnek más-más a görbületi központja. De itt is van egy mellső és egy hátsó főgyúpont és főgyúponti sík, azaz olyan pont és sík, melyben az első közegben az optikai tengelylyel vagy egymással párhuzamosan haladott sugarak törés után találkoznak, vagy a melyekről kiinduló sugarak törés után egymással párhuzamosan haladnak. Csakhogy, ha egy összetett fénytörő-rendszerben e pontok helyeit ismerjük is, evvel még a sugarak menete a különböző közegekben törés alatt és az utolsó közegben törés után, még ismeretlen marad előttünk. Minthogy a kép helyének és nagyságának felismerésére nézve közönyös az, vajjon a sugarak menetét a törőközegekben ismerjük-e vagy nem, ellenben nélkülözhetlen tudni a sugarak irányát az utolsó közegben, azért minden összetett fénytörő-rendszerben a főgyúpontokon kívül még egyéb *sarkalatos pontok* is vannak felvéve, melyeken a sugarak az optikai tengelyben haladó súgár kivételével, valósággal nem mennek ugyan keresztül, de melyek ismerete mellett az első törőfelületre eső sugár menete az utolsó közegben, és így a tárgy képének helye és

nagysága is, könnyen felismerhető. Ilyen sarkalatos pontok az úgynevezett *főpontok* és *csomópontok*.

A mellékelt 67. ábra egy ilyen összetett fénytörőrendszert $c_1c_2c_3$ ábrázol a törőfelületekkel, mely felületek mind más-más törőképességgel biró közeget választanak el egymástól. E fénytörőrendszer mellső főgyúpontja F_1, hátsó főgyúpontja F_2. A mellső főgyúponton át, F_1 *a d* irányában, az első törőfelületre eső sugár *a*-nál *e* felé törik meg, *e*-nél a a második felületet éri és ott irányától ismét eltér *ef* irányban, *f*-be érve, minthogy a főgyúpontból indult ki, az utolsó közegben az optikai tengelylyel párhuzamosan, *fs* irányában fogja venni útját. A sugár ez utolsó iránya, ha visszafelé *m*-ig meghosszabbítjuk *d*-ben metszi a sugárnak törés előtt bírt irányát. A hol a *d*-ből az optikai tengelyre húzott füg-



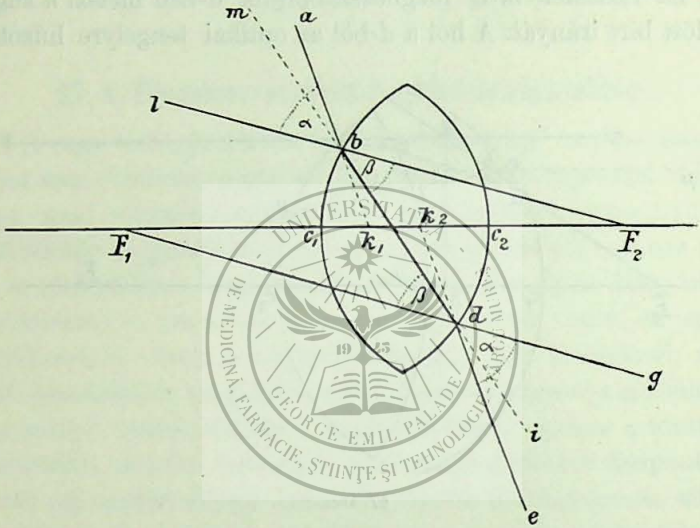
67. ábra.

gelyes e tengelyt metszi, h_1-ben, ott van az összetett fénytörőrendszer *mellső főpontja*, és az ezen át az optikai tengelyre függélyesen helyezett sík a *mellső főponti sík*. Hasonlóképen találjuk meg a hátsó főpontot és főponti síkot is, ha egy a hátsó főgyúpontból, F_2-ből, kiindult sugarat a törőközegeken keresztül követünk útjában. A 67. ábrán a szakadozott vonal jelöli az ilyen sugár menetét. Ha az utolsó közegben nyert irányt (*op*) valamint a sugárnak törés előtt birt irányát (F_2g) addig hosszabbítjuk meg, míg ezek *i*-nél találkoznak, akkor a hol az *i* ponttól az optikai tengelyre húzott függélyes eme tengelyt metszi, h_2-ben, ott van az összetett fénytörőrendszer *hátsó főpontja*, illetőleg az ezen keresztül fektetett *főponti sík*.

A főpontok, illetőleg főponti síkok ismerete mellett tudjuk azt, hogy az első törőfelületre eső sugárnak az első közegben bírt irányát

meghosszabbítva, ez az egyik főponti síkot a törőrendszer optikai tengelyétől oly távol találja, mint a minő távolban e tengelytől a sugár törés után az utolsó közegben a második főponti síkot elhagyja, illetőleg visszafelé meghosszabbítva ezt metszi. A gyútávolokat is a főpontokhoz viszonyítva fejezzük ki, mennyiben *mellső gyútávol*nak nevezzük a mellső fógyúpont távolát a mellső főponttól, *hátsó gyútávol*nak pedig a hátsó fógyúpont távolát a hátsó főponttól.

A sarkalatos pontok közt felsoroltuk még az úgynevezett *csomópontokat*. Ezek jelentőségét a 68. ábra tünteti fel. *ab* sugár *b*-nél a levegőből a sűrűbb közegbe jut s ezen keresztül *bd* irányában halad, *d*-nél



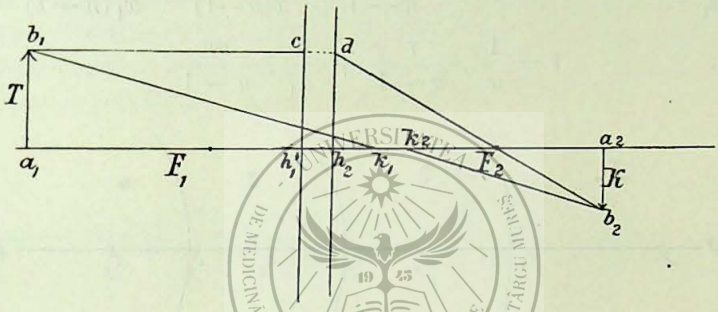
68. ábra.

ismét a levegőbe ér s ezentúl *de* irányában folytatja útját. Ha *ab* irányt meghosszabbítjuk úgy ez k_1-ben, *de* irány ugyan így visszafelé meghosszabbítva k_2 ben találják az optikai tengelyt. E két pontot, k_1 és k_2-t, a törőrendszer csomópontjainak nevezzük. A csomópontok olyan pontok az optikai tengelyen, melyek közül a törés előtt az első csomópontra irányított sugár törés után úgy folytatja útját, mintha a törés előtt birt irányával párhuzamosan a második csomópontból indult volna ki. Ha tehát e két pont valamely törőrendszerben ismerve van, akkor a törés előtt az első csomópontra irányított sugár törés után való irányát ismerjük, természetesen minden tekintet nélkül arra, hogy miképen haladott e sugár a törőközegeken keresztül.

A csomópontok egymástól mindig oly távolban vannak az opti-

kai tengelyen mint a főpontok; a főgyúpontokhoz való viszonyukat illetőleg pedig a mellső csomópont a mellső főgyúponttól olyan távolra esik, mint a mekkora nagy a hátsó gyúponti távol, épen úgy a hásó csomópontnak a hátsó főgyúponttól való távolsága megfelel a mellső gyúponti távolnak. Mihelyt a két gyúponti távol egyenlő nagy, a csomópontok is a főpontokkal összeesnek; ez az eset akkor van, mikor az első és utolsó közeg ugyanaz, például mikor az levegő.

Midőn valamely összetett fénytörőrendszerben a sarkalatos pontok mind, a főgyúpontok, főpontok és csomópontok adva vannak, akkor bár mely sugár iránya, vagy tárgy képének a helye és nagysága is meghatározhatók anélkül, hogy tekintettel kellene lennünk a sugártörésre a törőközegeken belül. Igy legyen a 69. ábrán egy összetett fénytörőrendszer optikai tengelye a_1a_2 és ezen a sarkalatos pontok



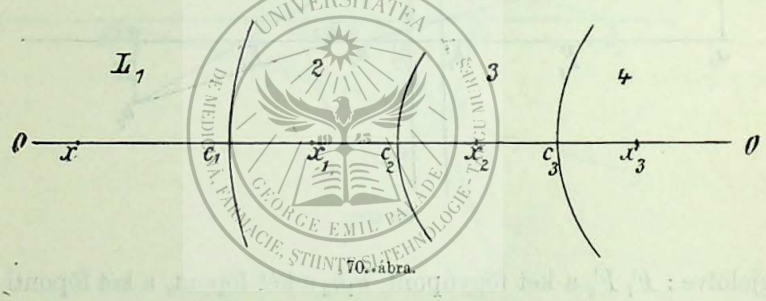
69. ábra.

megjelölve: F_1 F_2 a két főgyúpont, h_1h_2 a két főpont, a két főponti síkkal és k_1k_2 a két csomópont. a_1b_1 tárgy b_1 pontjától párhuzamosan az optikai tengelylyel az első törőfelületre eső sugár iránya adva van, ha ezt az első főponti síkig, a két sík közt párhuzamosan az optikai tengelylyel s onnan a hátsó főgyúponton keresztül tovább meghosszabbítjuk; mert minden az optikai tengelylyel párhuzamosan haladó sugár törés után a főgyúponton megy keresztül. Egy másik ugyancsak b_1 pontból kiinduló sugár az első csomópontra irányítva esik az első törőfelületre, ennek iránya törés után k_2b_2 lesz és a hol, ebben az irányban, eme sugár a dF_2 b_2 sugárral találkozik, b_2-ben, lesz b_1 tárgypont képe és T tárgy képe K.

Ezekből látni való, milyen fontos a sarkalatos pontok helyének ismerete. Hogy ez mitől függ, és miképen történik a sarkalatos pontok helyeinek meghatározása, nevezetesen a szemben, ezt akarjuk a következőben közelebbről tekintetbe venni.

Tegyük fel, hogy az OO optikai tengelyen központosított összetett fénytörő rendszer (70. ábra) első törőfelületére (c_1) X világító ponttól a levegőből (L_1) kiinduló sugárköteg esik, mely a második közegben (2) valódi vagy képzetes képbe (x_1) egyesül. E képet (x_1) tárgynak tekinthetjük a második (c_2) törőfelület által elválasztott harmadik (3) közegre nézve. A sugarak x_2-ben újra egy képpé egyesülnek, mely megint a harmadik törőfelületet (c_3) illetőleg világító tárgyként szerepel s a melytől kiinduló sugarak a negyedik (4) törőközegben végre x_3 képben egyesülnek. x tárgypont képe tehát x_3-ban van. A kép helyét kiszámíthatjuk a megelőző §-ban talált következő képlet segedelmével $\frac{n-1}{r} = \frac{1}{x} + \frac{n}{x_1}$. Ha e képletben az r-t áthozzuk, lesz $n-1 = \frac{r}{x} + \frac{nr}{x_1}$ s ezt $n-1$-el osztva $\frac{n-1}{n-1} = \frac{r}{x(n-1)} + \frac{nr}{x_1(n-1)}$ vagy:

$$1 = \frac{1}{x} \cdot \frac{r}{n-1} + \frac{1}{x_1} \cdot \frac{nr}{n-1}.$$



70. ábra.

Esetünkben a három felület forgássugarai közül c_1 sugarát jelöljük r_1-el, c_2-ét r_2-vel és c_3-ét r_3-mal; megfelelőleg a töréstényezőket is n_1-, n_2- és n_3-mal jelezzük. Ha a talált képletbe a megfelelő értékeket helyettesítjük lesz:

1) $1 = \frac{1}{x\,c_1} \cdot \frac{r_1}{n_1 - 1} + \frac{1}{c_1\,x_1} \cdot \frac{n_1\,r_1}{n_1 - 1}$, mely képlet segedelmével $c_1\,x_1$ meghatározható. Ha c_1 és c_2 törőfelületek egymástól való távolsága ismerve van, kiszámítható $x_1\,c_2$, mert

2) $x_1\,c_2 = c_1\,c_2 - c_1\,x_1$ s ha ezt tudjuk

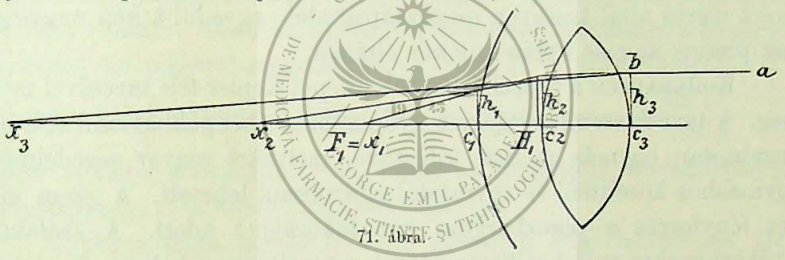
3) $1 = \frac{1}{x_1\,c_2} \cdot \frac{r_2}{n_2 - 1} + \frac{1}{c_2\,x_2} \cdot \frac{n_2\,r_2}{n_2 - 1}$-ből c_2x_2 is kiszámítható. Ha még $c_2\,c_3$ törőfelületeknek egymástól való távolságai is adva vannak, $x_2\,c_3$ is kiszámítható, a mennyiben

4) $x_2 c_3 = c_2 c_3 - c_2 x_2$ és így

5) $1 = \frac{1}{x_2 c_3} \cdot \frac{r_3}{n_3 - 1} + \frac{1}{c_3 x_3} \cdot \frac{n_3 r_3}{n_3 - 1}$-ből végre $c_3 x_3$, illetőleg a kép helye az utolsó törőfelület megett is meghatározható.

Az 1—5. képlet segedelmével kiszámítható a főgyúpontok fekvése az optikai tengelyen; erre ugyanis nem szükséges egyéb, mint kiszámítani egy a törőfelületek előtt végtelen távolban ($xc_1 = \infty$) levő tárgy képének helyét, ez a hátsó főgyúpont; és épen úgy ki kell számítani a tárgy helyét ($x\ c_1$) ha képe a végtelenben van ($c_3 x_3 = \infty$), ez lesz a mellső főgyúpont.

A főpontoknak a 67. ábrán történt szerkesztéséből látni való, miszerint ha bármilyen összetett fénytörő rendszerre nézve a főgyúpontok helyeit ismerjük, akkor egy az optikai tengelylyel párhuzamosan haladó sugár segedelmével, mely az illető gyúponttal ellenkező oldalról esik a törőfelületre, az egyik főpont helye is meghatározható és, ha ugyanez eljárást a másik oldalra nézve ismételjük, a második főpont helyét is meghatározhatjuk.



71. ábra.

Legyen például a 71. ábrán lerajzolt fénytörő rendszerben F_1 a mellső főgyúpont helye és essék a törőrendszerbe a b irányban egy sugár, mely c_3 c_2 és c_1 törőfelületeken törést szenved. A b ponton történt törés miatt a sugár x_3-ban találkoznék az optikai tengelylyel, de c_2 felületen irányától újból eltér x_2 felé, végre c_1 felületen szenvedett törése miatt F_1 mellső főgyúponton megy keresztül. A felállítandó arányok ennélfogva a következők:

$h_3 : h_2 = c_3 x_3 : c_2 x_3$

$h_2 : h_1 = c_2 x_2 : c_1 x_2$

$h_1 : h_3 = F_1 c_1 : F_1 H_1$ ezekből a mellső gyútávol

$$F_1 H_1 = \frac{c_3 x_3 \cdot c_2 x_2 \cdot F_1 c_1}{c_2 x_3 \cdot c_1 x_2}.$$

De ha a gyútávolokat ismerjük akkor, a csomópontokról fennt (271. l.) mondottak szerint, a csomópontok helye a fénytörőrendszer optikai tengelyén szintén adva van.

Hogy mind e meghatározások összetett fénytörőrendszeren és így az emberi szemen is kivihetők legyenek, erre nézve a levezetett képletek szerint szükségünk van, tudni a törőfelületek görbületi sugárhosszát, azoknak egymástól való távolságát és töréstényezőit. Ezek meghatározását illetőleg, ezentúl már, szorosan a szemhez tartjuk magunkat, melynek törőfelületei: a porczhártya s a lencse mellső- és hátsó felülete, törőközegei pedig: a porczhártya-, csarnokvíz-, lencse- és üvegtestállománya.

Törőfelületek görbületi sugárhosszainak meghatározása, tükörképek segedelmével történik. Valamely tárgy domború tükrön levő képének nagysága ($k\,n$), úgy aránylik a tárgy nagyságához ($t\,n$), mint a tükör fél görbületi sugárhossza ($\frac{1}{2}\,r$), a tárgy távolához a felület görbületi központjától (t) és, minthogy a felület sugárhossza elenyésző kicsiny a tárgy távolához a felülettől, a t értékét egyenlőnek vehetjük a tárgy távolával a tükröző felülettől. Az egyenlet, mely szerint a törőfelület görbületi sugara kiszámítható, ezek szerint a következő: $\frac{k\,n}{t\,n} = \frac{\frac{1}{2}\,r}{t}$. Ez értékek közül a tárgy nagysága és távolsága a tükröző felülettől direct mérés által könnyen meghatározhatók, egyedül a kép nagyságának pontos mérése kíván különös eljárást.

Kohlrausch a porczhártya tükörképét Kepler-féle távcsővel mérte meg. A távcső szemlencséjének gyúpontjában két pókhálószál volt párhuzamosan egymás mellett kifeszítve, melyeket csavar segedelmével egymáshoz közelíteni és egymástól eltávolítani lehetett. A szem előtt két fényforrás a porczhártyán két tükörképet adott. A szálaknak e tükörképekre való beállítása után a vizsgált szem helyére hosszmértéket tett és ezen olvasta le a tükörképeknek egymástól való távolságát a porczhártyán. Ez eljárás segélyével a kép nagyságának meghatározása két szakaszban történik, mennyiben először az egyik, azután a másik pókhálószálat kell beállítani; ha a vizsgált szem ez idő alatt bár csak kicsiny mozgást is végez, ez hibás eredményhez vezethet. A hiba elkerülhető a Helmholtz-féle *ophthalmometer* segedelmével, mely eszközzel a tükörkép nagysága egy kézmozdulattal megmérhető. Midőn tudniillik sík felületű üveglapon keresztül valamely tárgyat nézünk, ezt természetes nagyságában és a megfelelő helyen fogjuk látni, ha az üveglap a nézővonallal derékszöget képez, ellenben a tárgy illetőleg képe oldalra lesz eltolódva, mihelyt az üveglap a nézővonallal ferde szög alatt kereszteződik és pedig az eltolódás annál nagyobb lesz, minél hegyesebb a nézővonal és üveglap közti szög. E tapasztalaton alapul az ophthalmometer szerkezete és használata.

Lényegében az ophthalmometer egy állványon álló távcsőből áll, melynek tárgylencséje előtt befeketített, elől és hátul alkalmas nyílással ellátott, szekrénykében egyik szélökkel érintkező két üveglap van behelyezve, úgy hogy minden üveglap a tárgylencse felét elfedi. A két üveglap egyszersmind, a szekrénykéből kiálló csavar forgatása által, ugyanazon szögértékkel egymás felett ellenkező irányban elmozdítható; a távcső optikai tengelyének egyenes folytatása azon ponton megy keresztül, melyen a két üveglap forgatás alatt is egymással érintkezésben marad. Az üveglapok által forgatás alatt képezett szög a szekrényken levő fogsoron közvetlenül leolvasható. Midőn a két üveglap egy síkban van, a távcsövön és üveglapokon át nézett tárgyat egyszerűnek látjuk, mihelyt azonban a két üveglapot ellenkező irányban forgatjuk, kettős képet kapunk. A két kép annál inkább eltér egymástól, minél nagyobb szöget képez a két üveglap egymással. Vizsgálat alkalmával a két üveglapot úgy állítjuk be, hogy az egyik kép bal széle a másiknak jobb szélével érintkezzék, a mikor a tárgyat mindegyik üveglapon át szélességének fele értékével eltolva látjuk. Ha tárgynak millimetermértéket veszünk, akkor az üveglapok minden szögállásának megfelelő eltolódást közvetlenül megmérhetünk, vagy ki is számíthatjuk ezt a 259. lapon levezetett következő képlet segedelmével $p = \frac{v \cdot \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$, midőn ugyanis szükségünk van tudni az üveglapok töréstényezőjét, vastagságát (v) és a beeső szög nagyságát (α).

A porczhártya mellső felülete görbületi sugárhosszának meghatározásánál Helmholtz tárgynak világos ablakot használt, ennek képét nézte az ophthalmometeren át; vagy három lángot is vett, melyeket egy hosszmérték körül úgy állított fel, hogy az egyik távolabb, a másik kettő közelebb jutott egymáshoz. A három láng tükörképe szolgált tárgyul. Az üveglapokat az ophthalmometerben addig kellett forgatni, míg a megkétszerezett lángok közül az egyedül álló épen az egymáshoz közel levő kettő között volt látható. A porczhártya különböző helyein tett mérésekből nyert eredmények szerint a görbületi sugárhossz a porczhártya-csúcsán kisebb, mint a szélén. A porczhártya-csúcson Helmholtz a görbületi sugár hosszát három esetben 7·338, 7·646 és 8·154 mm.-rel megfelelőnek találta.

A porczhártya hátsó felülete valószínűleg erősebben görbült, mint a mellső, de ezt tekinteten kívül hagyhatjuk, mivel a porczhártya és csarnokvíz töréstényezői mondhatni egyenlők; a sugártörés e felületen minden esetre elenyésző csekély.

A következő törőfelület a lencse mellső felülete. Ennek távolságát a porczhártya csúcsától bonyolódott eljárás segedelmével Helmholtz az által határozta meg, hogy a lencse felületén nyugvó és így a lencsecsúcscsal a porczhártyától egyenlő távolságban levő szivárványhártyaszél távolságát a porczhártyától megmérte. Ugyanazon említett három esetben a szivárványhártya széle, és így a lencse csúcsa, a porczhártyától 4·024, 3·597 és 3·739 mm.-nyi távolságban volt.

A lencsefelületek görbületi sugarainak meghatározására szintén tükörképek szolgáltak. Mint a porczhártya felületéről, úgy a lencse mellső és hátsó felületéről is tükörképeket lehet nyerni. E Purkinje-Sanson-féle képeknek nevezett tükörképeket (72. ábra) jól lehet látni, ha a megvizsgálandó szemtől nehány decimeternyi távolban egyik oldalon gyertyát állítunk oda és hasonló magasságban a másik oldalról nézzük a szemet.

72. ábra. Egy lángnak tükörképei a szemen; a világos, középnagy kép a porczhártya tükörképe, a közbelső legnagyobb halvány tükörkép a lencse mellső felületének tükörképe, végre a legkisebb s fordított tükörkép a lencse hátsó felülete által adott tükörkép.

A lencse mellső felületének tükörképét az ophthalmometer segedelmével határozzuk meg és pedig, minthogy e tükörkép igen kevés fényű, úgy, hogy más tárgynak, a lencse mellső felületéről nyert tükörképpel hasonló nagy porczhártyabeli tükörképét, mérjük meg s e tükörkép segedelmével számítjuk ki a lencse mellső felületének görbületi súgárhosszát. A számítás nem olyan egyszerű, mint a porczhártya görbületi sugarának meghatározásánál, mivel a fényforrástól kiinduló sugarak, odamenet és visszaverődés után visszajövetkor is, a porczhártyán törést szenvednek, mi a számításnál tekintetbe veendő. Az említett három esetben Helmholtz a lencse mellső felületének görbületi súgárhosszát 11·9, 8·8 és 10·4 mm.-nek megfelelőnek találta.

A lencse vastagságát, illetve hátsó felülete csúcspontjának távolát a lencse mellső felületének csúcspontjától, valamint a lencse hátsó felületének görbületi sugárhosszát is Helmholtz szintén az e felületről történő tükrözés segedelmével számította ki, természetes, hogy e számításoknál a porczhártyán történő súgártörésen kívül még a súgártörés a lencse mellső felületén és a lencseállományban is számításba volt veendő.

A lencse hátsó felülete csúcsának távolságát a mellső felület csúcsától Helmholtz az említett három esetben 3·414, 3·801 és 3·555 mm.-nyinek találta. Hullaszemen, a kivett lencsén, e távolság 4 mm.,

sőt ennél is nagyobb volt, mi, mint látni fogjuk, onnan van, mert a szemben a lencse állandóan bizonyos nyomás alatt van, mely miatt laposabb, mint mikor a szemből ki van véve.

A lencse hátsó felületének görbületi súgárhosszát, oly szemen, melynek a lencse mellső felületének görbületi sugara 9·8243 mm.-t tett, Rosow 6·1249 mm.-nyinek találta.

A mi a szem törőközegeinek töréstényezőit illeti, ezeknek meghatározási módját és értékét a 259—260. l. láttuk, csak azt kell megjegyeznünk, miszerint a lencsének, mint egésznek törőképessége nagyobb, mint egyes rétegei törőképességének középértéke, sőt nagyobb, mint a lencsemag törőképessége. Egyfelől a lencserétegek mind erősebben vannak görbülve, görbületi sugaraik mind kisebbek, minél közelebb a lencsemaghoz eső réteget tekintünk meg, s másfelől az egyes rétegek töréstényezői is a felülettől a lencsemag felé mind nagyobb- és nagyobbak, ennélfogva a lencsén áthaladó súgár, mialatt rétegről rétegre megy, folyvást törést szenved, mely végeredményében nagyobb, mint ha a lencse egész állománya a lencsemag töréstényezőjével birna és a fénysugár csak a lencsébe való betérése- és kilépésekor töretnék meg. Ha tehát a szemlencsét mint egynemű anyagból alkotott lencsét számba venni akarjuk, töréstényezőjét is nagyobbnak kell vennünk, mint a mekkora a lencsemag töréstényezője; azért a lencse töréstényezőjét Listing kezdeményezése óta $^{16}/_{11}$ vagy is 1·4545-nek szokás venni.

A szem fénytörőközegeinek görbületi súgárhossza, a felületek egymástól való távola és azok töréstényezői még számos vizsgálat tárgyát képezték és ha már a közlött adatokból meggyőződtünk, hogy az egyes szemeken nyert értékek különböznek egymástól, még feltünőbbeknek fogjuk találni az eltéréseket, ha a Helmholtz szerint közlött adatokat a más búvárok által nyert eredményekkel összehasonlítjuk. Így a porczhártya csúcsát illetőleg Donders vizsgálataiból kitünt, hogy annak görbületi sugárhossza legtöbbször nagyobb a vízszintes (Donders szerint középértékben 7·81 mm.) mint a függélyes delelő irányában (középértékben 7·69 mm.). Snellen is 472 egyén közül a legtöbbnél hasonló értelemben talált különbséget a porczhártya görbületi sugarának hosszát illetőleg, a legrövidebb sugárhossz csak ritka esetben volt a vízszintes delelő irányában, ellenben voltak esetek, melyekben a legrövidebb sugár a vízszintes és függélyes delelő között levő valamely irányba esett. A lencse mellső felületének görbületi sugárhosszát Knapp 7·8600—9·0641 mm., a hátsó felületét 5·3546—6·9012 mm. közt ingadozónak találta. Ha tehát nem akarjuk a sarkalatos pontok

helyét egy bizonyos szemre nézve meghatározni, hanem általános értékű adatokat keresünk, azon esetben nem marad egyéb hátra, mint a számításnál megfelelő középértékeket használni és egy úgynevezett *mintaszem* sarkalatos pontjait kiszámítani.

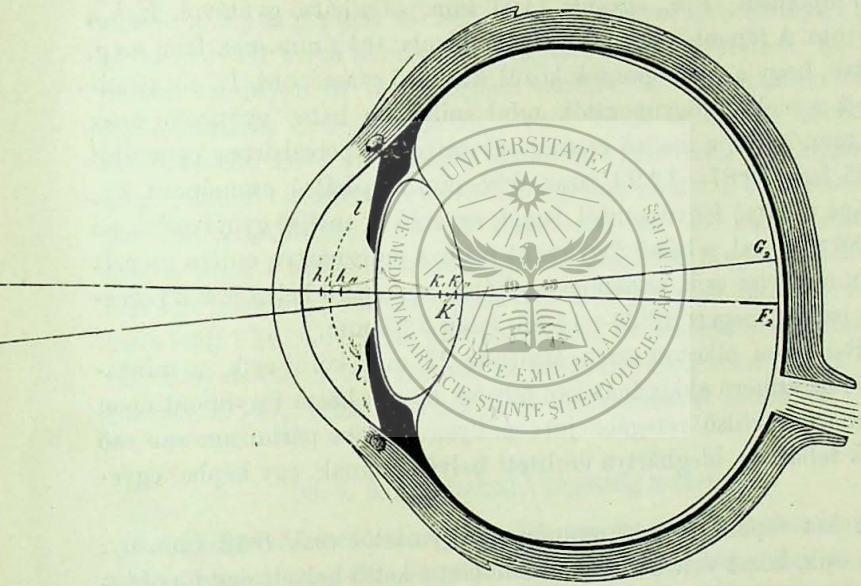
58. §. Mintaszem, összevont szem.

A mintaszem alapjául az előző §-ban felsorolt adatokból Listing és utána Helmholtz nem épen a középértékeket választották ki, hanem tekintettel voltak arra, hogy a felvett számok lehetőleg egyszerűek, emlékezetben is könnyen megtarthatók legyenek. A törőfelületek gömbszeleteknek vannak véve, minden tekintet nélkül ezek görbületi sugarainak az egyes delelők irányában való különbségére, valamint csúcspontjaik is egy egyenes vonal irányában feküsznek. Kitünt tudniillik Helmholtz vizsgálataiból, hogy a szem három fénytörő felületének csúcspontjai egy egyenes vonalban, mint *optikai-* vagy *szemtengelyben* nem esnek össze. — Ha valamely megvizsgálandó szem előtte álló tárgyat rögzít, miközben e szemnek egyik oldalán a fényforrás, másik oldalán pedig a néző szeme áll, úgy hogy ez a vizsgált szemben a fényforrás három tükörképét közvetlenül egymás mögött látja, akkor, kevés kereséssel, a szemnek az a szükséges helyzete könnyen megtalálható, melyben a lencse mellső felületének tükörképe a porczhártya és a lencse hátsó felülete által adott tükörkép közé esik. Feltéve, hogy a három tükröző felület csúcspontjai egy egyenes vonal irányába esnek, akkor a vizsgáló szemnek a tükörképeket ugyanazon helyzetben csak megfordítva kellene látni, ha a fényforrással helyet cserél; ez azonban Helmholtz vizsgálatainál egyszer sem történt meg, jeléül annak, hogy a szem fénytörő felületeinek csúcspontjai egyenes vonal irányában nem esnek össze.

Feltünt ugyane vizsgálatok alatt az is, hogy a három tükörkép közül a lencse mellső felületéről nyert tükörkép nem esett közbül a többi kettő közé, ha a vizsgálandó szemet a rögzített tárgygyal összekötő egyenes vonaltól egyenlő nagy szög alatt oldalt állott egyfelől a fényforrás, másfelől a vizsgálónak a szeme. Pontosan a porczhártya és a lencse hátsó felületének tükörképei között csak akkor volt a lencse mellső felületének tükörképe, ha a megvizsgálandó szem kissé az orri oldal felé és valamivel a fényforrás s a vizsgáló szemen keresztül fektetett vízszintes sík felett tekintett.

A látott tárgyat a szemnek élesen látó helyével, a fovea centra-

lissal, összekötő egyenes vonalat *látóvonalnak* nevezzük. A látóvonal tehát nem esik össze a szemtengelylyel; a szem élesen látó helye kissé kijebb és egyszersmind valamivel lejebb is van azon helynél, melyen a szemtengely az ideghártyát találja. A mellékelt 73. ábrán látjuk a szemtengely $F_1 F_2$, és a látóvonal $G_1 G_2$ egymáshoz való helyviszonyát kitüntetve. A szemtengely és a látóvonal által képezett szöget $G_1 K_1 F_1 <$, Helmholtz kezdeményezése óta α szögnek szoktak nevezni, Donders és Doijer szerint az α szög általában 6°-nak felel meg; egyébiránt e szög nagysága, mint majd látni fogjuk, a szem alkalmazkodásával változik. A mintaszemen a szemtengely és látóvonal egymástól szintén meg vannak különböztetve.



73. ábra. A jobb szem vízszintes keresztmetszete (Helmholtz szerint).

Ezek előre bocsátása után lássuk az értékeket, melyek a mintaszem sarkalatos pontjainak kiszámításánál alapúl szolgáltak:

A levegő törésténye zője --- --- --- --- --- --- $= 1$

A porczhártya és csarnokvíz törésténye zője --- --- --- $n_1 = \frac{103}{77} = 1{\cdot}3363$

A lencse törésténye zője --- --- --- --- --- --- $n_2 = \frac{16}{11} = 1.4545$

Az üvegtest törésténye zője --- --- --- --- --- --- $n_3 = \frac{103}{77} = 1{\cdot}3363$

A porczhártya görbületi sugárhossza ... ... $r_1 = 8$ mm.
A lencse mellső felületének görbületi sugárhossza ... $r_2 = 10$ mm.
A lencse hátsó felületének görbületi sugárhossza ... $r_3 = 6$ mm.
A porczhártyafelület távolsága a lencse mellső felületétől $c_1c_2 = 3{\cdot}6$ mm.
A lencse mellső felületének távolsága ennek hátsó felületétől $c_2c_3 = 3{\cdot}6$ mm.

Ez adatok alapján a szem sarkalatos pontjai az 57. §-ban levezetett egyenletek segedelmével kiszámíthatók. Kitünik, hogy a mellső főgyúpont távola a porczhártya csúcsától 12·92 mm.-nek felel meg, a hátsó főgyúpont távola ugyan attól 22·23 mm.-t tesz ki, a mellső főpont a porczhártya csúcsa megett van 1·94, a másik főpont 2·36 mm.-rel; ezek szerint a mellső gyútávol, azaz a mellső főgyúpont távola a mellső főponttól, $F_1h_{,,}$ egyenlő 14·86 mm. és a hátsó gyútávol, $F_2h_{,,,}$ 19·87 mm. A főpontok egymástól való távola 0·42 mm.-nek felel meg. Tekintve, hogy a csomópontok közül a mellső csomópont, $k_{,,}$ oly távolban esik a mellső főgyúponttól, mint milyen a hátsó gyútávol, azaz 19·87 mm.-nyire, a mellső csomópont távola a porczhártya csúcsától egyenlő lesz 19·87—12·92, azaz 6·95 mm.; a hátsó csomópont, $k_{,,,}$ távolsága a hátsó főgyúponttól ismét egyenlő a mellső gyútávollal, az az 14·86 mm.-rel, a hátsó főgyúpont pedig a porczhártya csúcsa megett 22·23 mm.-nyire esik, ennélfogva a hátsó csomópont helye lesz a porczhártya csúcsa megett 22·23—14·86, tehát 7·37 mm.

Rendesen alkotott szem átmérője 23 mm. körül esik, a mintaszemnél az átmérő akkorának van felvéve, hogy a hátsó főgyúpont épen az ideghártya külső rétegébe jut: az ilyen szembe párhuzamosan eső sugarak tehát az ideghártya említett helyén fognak egy képbe egyesülni.

A két főpont és két csomópont egymástól csak 0·42 mm.-nyi távolba esik, közel volt azért az a gondolat a kettő helyett egy főpontot és egy csomópontot venni fel a szemben. Listing tényleg, a gyakorlati használat czéljából, a két pár sarkalatos pontot egy-egy sarkalatos pontba olvasztotta össze, így szerkesztette az úgynevezett *összevont szemet*. Az összevont szemben a szemet egyszerű fénytörő közegnek tekintjük; a fénytörő felület a porczhártya, mögötte van a fényt a porczhártyával egyformán törő üvegtest. A két főpont, $h_{,}$ és $h_{,,}$ a 73. ábrán, valamint a két csomópont $k_{,}$ és $k_{,,}$ helyett csak egy főpont és egy csomópont (K) van tehát az összevont szemben, de e mellett a főgyúpontok helyeinek, a gyútávolok egymáshoz való viszonyának változatlannak kell maradni. Ez elérhető, ha az az egy főpont $h_{,}$ és $h_{,,}$ közt oly pontra esik, hogy a két rész egymáshoz szintén úgy viszonylik,

mint a gyútávolok, vagy is ha mindegyik részt a megfelelő gyútávolhoz adva, a gyútávolok viszonya nem változik:

$$h, l : l h_{,,} = F_1 h, : h_{,,} F_2 \text{ és } h, l : l h_{,,} = F_1 h, + h, l : h_{,,} F_2 + l h_{,,}$$

Minthogy pedig a csomópontok egymástól való távola $k,k_{,,}$ a főpontok egymástól való távolával egyenlő, következik, hogy az egy csomópontnak, K-nak, k, és $k_{,,}$ közt épen megfordított helyzetben kell lenni. K-nak k,-től oly távolba kell esni, mint l van $h_{,,}$-től és $k_{,,}$-től oly távolba, mint l van h,-től. Az összevont szem egyszerű főpontja a porczhártya mellső felülete mögött 2·3448 mm.-nyire esik, ezen megy keresztül a törőfelület *(l l)*, melynek görbületi központja az egy csomópontba, K-ba, esik, súgárhossza azért 5·1248 mm.-nek felel meg. Ilyen módon a kép nagyságát és helyét meghatározni igen könnyű; miután az összeolvadt szem nem egyéb, egyszerű gömbfelületnél, az ott felismert viszonyok itt is érvényben vannak. A csomóponton keresztül menő sugarak, az iránysugarak, s ezek közül az, mely a látott pontot az élesen látó fovea centralissal összeköti, a látóvonal. A mintaszemnél, mint minden összetett fénytörő rendszernél, azokat a sugarakat mondjuk iránysugaraknak, melyek törés előtt az első csomópontra irányítva esnek a törőfelületre s melyekről mondtuk, hogy az utolsó közegben úgy haladnak, mintha a második csomópontból indúltak volna ki törés előtt birt irányukkal párhuzamosan. Ezek közül azt az iránysugarat, mely az élesen látó ponton az ideghártyagödörben találja az ideghártyát, G_1 G_2, mint láttuk, a szem látóvonalának mondjuk.

59. §. Alkalmazkodó képesség a szemben.

Fénytörő lencse előtt végtelen távolságban álló valamely tárgynak, a lencse mögött, a főgyúponti síkban, jön létre éles és megfordított képe. Minél távolabb fogjuk fel e főgyúponti síktól a fénysugarakat, annál homályosabb és elmosódottabb lesz a kép; valamint nem éles a kép akkor sem, ha a tárgy helyét változtatja, mert ha a tárgy közeledik a lencséhez, éles képe a főgyúponti sík mögé kerül. Hasonló áll mint az egyszerű lencséről, a rendesen alkotott szemről is. A mintaszemnél is a távol álló tárgy fordított éles képe esik az ideghártyagödörbe. A látótérben csak azt a tárgyat veszszük jól ki, melynek éles képe a szemnek e legélesebben látó helyére kerül. Nem azért, hogy a kép az ideghártya többi részein szükségképen elmosódott, hanem, mert az ideghártya a körzet felé kevésbbé érzékeny, mint a fovea centralisban. — Ha 25 cmt. távolban könyvet tartunk szemünk előtt és ezen valamely

szót rögzítünk, úgy tehát, hogy e szó képe az ideghártyagödörbe esik és ez alatt a közvetlen szomszédos szavakra figyelünk: ezeket alig, vagy épen nem is tudjuk olvasni. A látó vonallal $^1/_2{}^\circ$ alatt eltérő irányvonalban eső tárgy képe már is olyan ideghártyarészekre esik, a melyekkel élesen látni nem tudunk (Fick).

Hogy a látott tárgyak képe tényleg fordított az ideghártyán, erről legegyszerűbben meg lehet győződni fehér nyulak szemén, a mennyiben ezeknél a szem előtt álló világító tárgy fordított képét, az áttetsző inhártyán és edényhártyán keresztül, könnyen ki lehet venni. Mint a lencsénél, a szemben is eltávozik a tárgy képe a hátsó fögyúponti síktól, mihelyt a tárgy a szem felé közeledik; a tárgy egyes pontjaiból kiindult sugarak egyesüléspontja az ideghártya mögé esik. Ilyenkor az ideghártyagödörben, a tárgy éles tiszta képe helyett, elmosódott úgynevezett *szórodásos kép* jön létre. E szórodásos kép köralakú. A látólikon át a szembe eső fény, annak kerek alakja miatt, sugárkúpot képez, melynek alapja a látólik, csúcsa pedig a sugaraknak a szemben való egyesülési pontja; ha ez egyesüléspont előtt vagy mögött a sugarakat az ideghártya felfogja: szórodásos képet nyer, mely, mint a sugárkúp átmetszete, köralakú. Ennek megfelelőleg a szórodásos kör nagysága függni fog a látólik nagyságától, és a tárgy közelségétől a szemhez. A minő arányban a tárgy a szem felé közeledik, ugyanazon arányban távozik el képe az ideghártyától és a szórodásos kör annál nagyobb lesz. Ha a világító tárgy a mellső fögyúpontban van, tőle a szembe eső sugarak az üvegtestben párhuzamosan haladnak egymással, és a szórodásos kör akkora lesz, mint a mekkora a látólik átmérője; a tárgynak tovább közeledésekor a szemhez a sugarak az utolsó közegben is széttérőleg fognak menni, a szórodásos kör a látólik átmérőjénél nagyobb lesz, és pedig annál inkább, minél közelebb van a szemhez a fényforrás. Minthogy pedig valamely világító tárgy minden egyes pontjáról kiindúló sugarak ilyen szórodásos kört adnak, és e szórodásos körök kisebb-nagyobb részben ugyanazon ideghártyarészekre is esnek, ezekkel az éles látás lehetetlen; nemcsak hogy a tárgy egyes pontjairól kiindúlt sugarak az ideghártya egyes fényérző elemein megfelelő képpontokban nem egyesülnek, hanem minden fényérző elemre több tárgypontból jött fénysugár esvén, azok izgalomba is jutnak.

A szórodásos körök nagyságát több vizsgáló meghatározta és kitünt, miszerint a szórodásos körök csak felette lassan nőnek, mialatt a fényforrás nagy távolból a szem felé mindinkább közeledik. A szem előtt 5 méternyire álló világító pont szórodásos köre, 4 mm. látólikátmérő mel-

lett, csak 0·013 mm.-t tesz. Ezen és ennél nagyobb távolság mellett a szóródásos körök oly kicsinyek, hogy ezek mellett még jó élesen láthatunk. Ha a fényforrás 5 méternél közelebb jut a szemhez, a szóródásos körök mindgyorsabban nőnek; így 2·5 méter távolságban a szóródásos kör átmérője már 0.025 mm., 1·25 méter tárgytávolság mellett 0·050 mm., 0·312 méter tárgytávolság mellett 0·193 mm., 0·156 méter tárgytávolság mellett 0·369 és 0·031 méter tárgytávolság mellett 1 mm. a szóródásos kör átmérője; természetes, hogy ha a fényforrás a mellső főgyúpontban van, a szóródásos kör átmérője 4 mm.-t tesz.

A mindennapi tapasztalat azonban arról győz meg bennünket, hogy a rendesen látó (emmetrop) szem 5 méternél sokkal közelebb álló tárgyakat is élesen képes látni, csak hogy ezeket nem egyszerre látja élesen, hanem egymásután. Tartsunk például közel a szemhez valamely ritka szövetet (tüllt), s e mögött 20—30 cmt.-nyi távolságban könyvet, akkor midön a szövet szálait élesen látjuk ugyanez alatt olvasni nem tudunk. Ha a szövet szálait látjuk élesen: a betük tünnek fel elmosódottan, és megfordítva. Vagy ha újjunkat szemünk előtt 30—50 cmt.-nyi távolban tartjuk, és evvel egy irányban például valamely távol álló ház ablaka van, úgy azt tapasztalhatjuk, miszerint az ujj rögzítésekor az ablak s az ablak rögzítésekor a közel álló ujj látszik homályosan. Mindez azért van így, mert midön a közel álló tárgyat rögzítjük, ennek éles képe van az ideghártyán, a távol állónak pedig szóródásos körei képződnek ott, ha pedig a távol álló tárgyra állítjuk be szemünket, ennek éles képe jut az ideghártyára, és a közel álló tárgy pontjaiból kiinduló sugarak képeznek szóródásos köröket. Tetszésünktől függ tehát a közelebb vagy távolabb álló tárgyat élesen látni, ennek távolságához alkalmazkodni. A szem e képességét *alkalmazkodó képességnek* mondjuk.

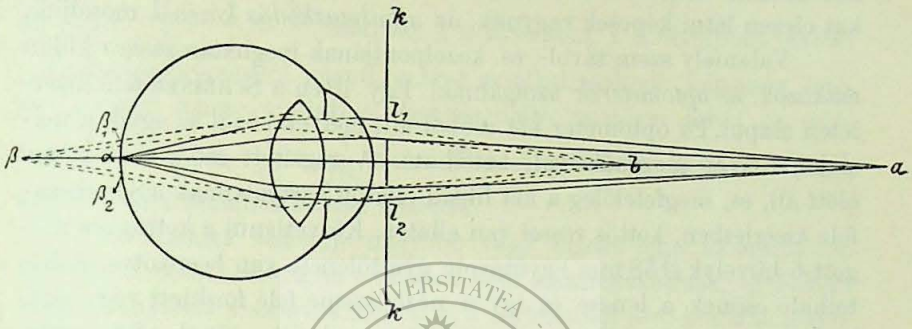
Mind a mellett, hogy szemünk így a tárgyak távolságához alkalmazkodni kénytelen, tapasztalni lehet, miszerint, ha egy bizonyos távolságban álló pontot rögzítünk, szemünk nemcsak e pontot látja élesen, hanem bizonyos távolságban ezen túl és innen eső pontokat vagy tárgyakat is. Midön például a szemtengely irányában kifeszített valamely sodrony egy pontját rögzítjük, e sodronyt a rögzített ponton túl és innen is egy darabig élesen látjuk, ezen túl a sodrony mind szélesebb és homályosabb lesz. Minél távolabb van a sodronyon rögzített pont, annál hosszabb az élesen látott sodronyrészlet, és minél közelebb, annál rövidebb. A szem bizonyos pontra való alkalmazkodásakor az e ponton túl és innen még élesen látott pontok sorát *alkalmazkodó vonalnak* nevezzük. Az alkal-

mazkodó vonalnak köszönjük, hogy midőn valamely tőlünk távol eső tárgyat, például fát nézünk, ennek úgy hozzánk közelebb, mint távolabb eső részeit is, egyszerre, egyaránt élesen látjuk. Igy tehát oly tárgyakat is élesen látunk, melyeknek képe az ideghártyán nem épen absolut éles. A szóródásos képek nagyságát illetőleg tett mérések ezt minden kétséget kizárólag bizonyítják is, mert végtelen távolra alkalmazott szem 5 méter közel álló tárgyat még elég élesen láthat. Ha tehát a szóródásos körök bizonyos nagyságot el nem értek, az éleslátás lehetséges. Mint később ki fog tünni, határt szab itt mindenekelőtt a pálczikák és csapok vastagsága. Ha a látott tárgy pontjainak szóródásos körei nem nagyobbak egy csap vagy pálczika átmérőjénél, az éles látás sem szenved zavart, mert a csapra nézve közönyös, egész kiterjedésében vagy csak valamely élesen körülhatárolt pontján éri-e a fény ingerhatása; egy csap vagy pálczika mindkét esetben csak egyféle érzést okozhat.

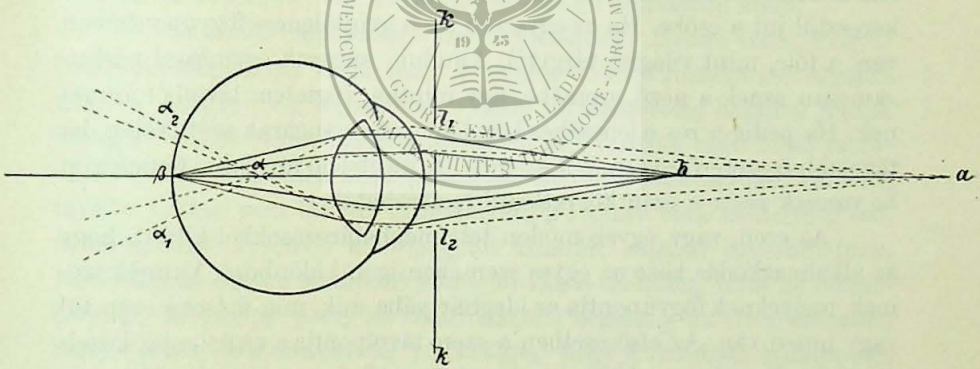
A szem alkalmazkodó képessége, valamint az alkalmazkodó vonal igen tanuságos módon mutatható be az úgynevezett Scheiner-féle kísérlet segedelmével. Kártyapapiron készített két, a látólik átmérőjénél egymáshoz közelebb álló likon keresztül két tűt nézünk, melyeket a szem látóvonala irányában, de különböző távolságban a szemtől tartunk. Legyen a 74. ábrán b és a a két tű s a szem a tű távolságára alkalmazva. Az a tűtől l_1 és l_2 likon áteső sugarak a szem ideghártyáján α képben egyesülnek. Az ugyanez alatt b tűtől a szembe eső sugarak β-ban és nem az ideghártyán egyesülhetnek egy képbe, az l_1 likon átmenő sugarak azért β_1-nél az l_2 ön átmentek β_2-nél találják az ideghártyát. A szem az a tárgyat egyszerűen és élesen, a b tárgyat pedig megkettőztetve és kevésbbé élesen látja. Megfordítva van a dolog, ha a szem a b tűt rögzíti (75. ábra). Ilyenkor b képe az ideghártyán β-ban éles és világos lesz, míg az a tűtől kiindúlt sugarak az ideghártya előtt α-ban egyesülnek, itt kereszteződnek, és ezen túl széttérőleg mennek az ideghártyáig, hol az l_1 likon átment sugarak α_1-ben, az l_2-őn átment sugarak α_2-ben találják az ideghártyát, és így a tűnek két homályos képét adják, a minek megfelelőleg b tűt egyszerűen és élesen, két oldalt tőle pedig a tűt megkettőztetve és homályosan fogjuk látni. Ha e két tűt az alkalmazkodó vonal határán belől közelítjük egymáshoz, akkor mindkettőt egyszerűn látjuk, még ha szemünk csak az egyikre volna is alkalmazva.

A Scheiner-féle kísérlet igen alkalmas annak eldöntésére, vajjon valamely szem a közelebb vagy távolabb tartott tűre van-e alkalmazva, mert ha a kártyán levő két lik közül az egyiket elfedjük, a kettős képek közül az egyik eltünik. Így ha l_1-et elfedjük, eltünik a 74. ábra esetében

β_1, a 75. ábra esetében pedig α_1 kép, az első esetben eltűnik tehát az ideghártyán az elfedett likkal azonos oldali kép, a másik esetben pedig az ellenoldali. Minthogy pedig az ideghártya minden pontjának izgatására nyert érzés okát az iránysugár mentén a csomópontokban kereszteződve tudjuk a térben, azért a jelen esetben is úgy találjuk, hogy az egyik lik elfedésére, midőn a távolabb álló tűre be van állítva szemünk az ellenoldali, midőn a közelebb álló tűt rögzítjük, az azonos oldali kép tünik el.



74. ábra.



75. ábra.

Ha a Scheiner-féle kísérletet csak egy tűvel úgy teszszük, hogy ezt mindaddig eltávolítjuk, illetőleg közelítjük a szemhez, míg a tűt a kártyalap két likán át egyszerűnek látjuk, akkor meggyőződünk arról, hogy a távolra és közelre is határ van, melyen túl vagy innen legjobb akaratunk mellett sem vagyunk képesek élesen látni. Ezt tanítja egyébiránt a mindennapi tapasztalat is. Igen messze eső tárgyakat a legtöbb szem épen úgy nem tud jól kivenni, mint bizonyos határon innen a szemhez közelített tárgyakat, péld. nyomtatványt, sem birunk felismeri. E sze-

rint minden szemre nézve határ van szabva, melyen túl vagy innen álló világító ponttól kiinduló sugarakat az ideghártyán egy képbe egyesíteni nem képes. A szem a túlságosan távol levő tárgyaktól kiindúlt sugarakat az ideghártya előtt egyesíti, az aránylag nagyon közel eső tárgyak sugarait pedig annyira összetéríteni nem képes, hogy ezek az ideghártyán egyesülhessenek. — A legtávolabb pontot, melyben élesen tudunk látni, *távolpontnak*, a legközelebb pontot pedig *közelpontnak* nevezzük, a kettő közti távolságot, azon közt, melyen belül eső tárgyakat élesen látni képesek vagyunk, az *alkalmazkodás közének* mondjuk.

Valamely szem távol- és közelpontjának meghatározására külön eszközök, az *optometerek* szolgálnak. Egy ilyen a Scheiner-féle kísérleten alapúl. Ez optometer két csőből áll, melyek közül az egyik a másikba, csavar mozgatásával, betolható. A rögzített cső a néző szeme előtt áll, és, megfelelőleg a két likkal ellátott kártyalapnak a Scheiner-féle kísérletben, kettős réssel van ellátva. Közvetlenül a kettős rés mögött 6 hüvelyk (158 mm.) gyútávolú gyűjtőlencse van beerősítve. A betolható csőnek a lencse és így a néző szeme felé fordított vége zárt, közepén egyszerű szűk réssel van ellátva, mely itt a tűnek a Scheiner-féle kísérletben felel meg; a cső tulsó végén a fény homályos üveglapon keresztül jut a csőbe. Ha az egyszerű rés a gyüjtőlencse fögyúpontjában van, a tőle, mint világító tárgytól, kiinduló sugarak egymással párhuzamosan esnek a néző szemébe, úgy mintha végtelen távolból jönnének. Ha pedig a rés a lencséhez közelebb van: a sugarak széttérőleg, ha távolabb összetérőleg esnek a szembe. A megfelelő távolak a fémcsövön be vannak vésve s ezen közvetlenül leolvashatók.

Az ezen, vagy egyéb módon tett meghatározásokból kitünt, hogy az alkalmazkodás köze az egyes szemeken igen különböző. Vannak szemek, melyeknek fögyúpontja az ideghártyába esik, míg másoké ezen túl vagy innen van. Az első esetben a szem távolpontja a végtelenbe, közelpontja pedig mintegy 10 cmt.-rel a szem mellső csomópontja előtt van. Ilyen szemet *rendesenlátó (emmetrop)* szemnek nevezünk. Saját érzésünk mondja, hogy midőn valamely távol álló tárgyat nézünk ez semmi megerőltetéssel nem jár, ellenben minél közelebb van a tárgy a szemhez, annál nagyobb fáradságunkba kerül azt élesen látni. Ha becsukva tartott szemünket kinyítjuk, úgy találjuk, hogy ez mindig a távolra van alkalmazva. Az alkalmazkodó készülék bénulása alatt is csak távol álló tárgyakat látunk élesen, közel állókat nem. Az alkalmazkodás műveletének nyugalmakor tehát szemünk a távolra van beállítva, működésekor pedig közel álló tárgyra. Ezek szerint a szemre egymással párhúzamosan

eső sugarak a rendesenlátó szem ideghártyáján minden alkalmazkodás nélkül egyesülnek, midőn pedig közel álló tárgyat nézünk, akkor azokat a sugarakat, melyek különben csak az ideghártyán túl egyesültek volna, az alkalmazkodás művelete segedelmével az ideghártyán megfelelő képpontban egyesítjük. Ennélfogva valamely szem alkalmazkodás közének értéke kifejezhető egy olyan lencse által, mely a nem alkalmazkodott szem elé helyezve, a közel pontból kiindúlt sugarakat az ideghártyán képes egyesíteni. Az alkalmazkodás közét azért a következő képlet által szokás kifejezni: $\frac{1}{k} - \frac{1}{t} = \frac{1}{a}$, melyben k a közelpont, t a távolpont távolát a mellső csomóponttól jelenti, míg a az alkalmazkodó képesség értékét kifejező lencse gyútávola. Rendesenlátó szemben tehát ez értékek lesznek $\frac{1}{10} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{10}$, azaz 10 cmt. gyútávolú lencse felel meg az ilyen szem alkalmazkodása közének.

Más szemek átmérője nagyobb vagy kisebb lehet az emmetrop szem átmérőjénél, azért, ha e szemek nem alkalmazkodnak, egyébként azonos fénytörés viszonyok mellett is, a végtelenből jövő sugarak fógyúpontja az ideghártya elé vagy mögé esik. Az olyan szemeket *ammetrop* szemeknek mondjuk; van *rövidlátó* és *túllátó* ammetrop szem.

A *rövidlátó (myopikus)* szem, túlságosan hosszú szem. Fógyúpontja az ideghártya előtt van. A szembe párhuzamasan eső sugarak már az üvegtestben egyesülnek s ezen túl széttérőleg haladva jutnak aztán az ideghártyára. Végtelen távolban álló tárgyak után tehát szóródásos körök képződnek az ideghártyán. Az ilyen szemmel biró ember a távolba tisztán nem lát. Az ideghártyán, a szemre csak széttérőleg eső, a végtelennél közelebb álló tárgytól kiindúlt sugarak egyesülhetnek. Rövidlátónál tehát a távolpont közelebb van a szemhez, mint az emmetropnál. Minthogy pedig az alkalmazkodó képesség az ilyen szemben rendes lehet, s többnyire az is, világos, hogy a rövidlátó közelpontja a szemhez közelebb lesz (5—6 cmt.). Az alkalmazkodás közét itt is, mint a rendesenlátó szemnél, megfelelő lencse által fejezhetjük ki s ez esetleg egyenlő is lehet a rendesenlátó szem alkalmazkodása közével. Legyen péld. valamely rövidlátó szem távolpontja 30 cmt., közelpontja 7.5 cmt., akkor lesz $\frac{1}{7{\cdot}5} - \frac{1}{30} = \frac{1}{9}$; az alkalmazkodás köze tehát ez esetben 9 cmt. gyútávolú lencse által fejezhető ki. Rendesenlátóvá tehető e rövidlátó szem oly szórólencse által, mely a párhúzamosan beeső sugaraknak annyira széttérő irányt ad, mintha e szem távolpontjából indultak volna ki.

A *túllátó (hypermetrop)* szem átmérője rövidebb a rendesenlátó szem átmérőjénél. Fögyúpontja az ideghártya mögé esik. A párhuzamosan beeső sugarak tehát még egyesülésük előtt érik el az ideghártyát és azért alkalmazkodás nélkül szóródásos köröket okoznak azon. Természetes, hogy a szemre széttérőleg eső sugarakat a túllátó szem még kevésbbé képes az ideghártyán egy képpontba egyesíteni. Ezek szerint a túllátó szemben alkalmazkodás nélkül csak bizonyos szög alatt összetérőleg egyesülhetnek az ideghártyán a szembe eső sugarak. Minthogy pedig ilyen irányú sugarak a szem előtt levő valamely tárgytól ki nem indúlhatnak, azért mondjuk, hogy a túllátó szem távolpontja a végetelenen túl van, azaz negativ. Hogy túllátó ember a távolban álló tárgyakat lássa, neki már alkalmazkodni kell, közelpontja e miatt szemétől jóval távolabbra esik, mint a rendesen látó szemé. Az alkalmazkodás közét szintén megfelelő lencse által lehet kifejezni. A hypermetropia olyan gyűjtőlencse által javítható, mely a párhúzamosan beeső sugarakat annyira összetéríteni képes, hogy ezek a szem alkalmazkodó műveletének minden különös hozzájárulása nélkül is az ideghártyagödörben egyesüljenek.

Láttuk, hogy a szem alkalmazkodik, midőn közel álló tárgyat nézünk, és nyugalomban van, midőn tőlünk távol eső tárgyra van beállítva. Az alkalmazkodás módját közelnézéskor, régebben a vizsgálók úgy gondolták létrejöttnek, mint a hogyan a sötét kamarában (camera obscura) a különböző távol álló tárgyak éles képét felfogni szokás. Azt vélték ugyanis, hogy az ideghártya képes a törőfelületektől eltávozni, illetőleg ezekhez közeledni. A szemizmok- esetleg még a szem zárizma nyomásainak a szemtekére tulajdonitották a szem szükséges alakváltozását. Midőn e felvétel téves volta bebizonyúlt, mert belátták, hogy a nyomásnak kitett szem ideghártyája vértelen s ez által bénult lesz, valamint kitünt, hogy a szemizmoknak egészen más szerepük van, akkor a szem fénytörő közegei törésténeyezőinek vagy görbületi sugárhosszainak változására kellett gondolni. A fénytörő közegek törőképességének hirtelen változása annyira valószínűtlen, hogy ezt komolyan senki számba nem vette. A fénytörő felületek görbületi sugarainak változását illetőleg legelőször a porczhártyafelület alakváltozására gondoltak, oly értelemben, hogy az közelnézéskor domborúbb lesz. Azonban Yuong kimutatta, hogy a szem, víz alatt is képes alkalmazkodni, minthogy pedig a víz törésténeyezője csaknem ugyanaz, mint a porczhártya és a csarnokvízé, a sugártörés a porczhártya felületen e kísérletnél egészen ki volt zárva. Egyébiránt a porczhártya tükörképei a távol- és közelnézéskor egyformán nagyok. Nem maradt ezek után egyéb hátra, mint a lencsére irányítani a

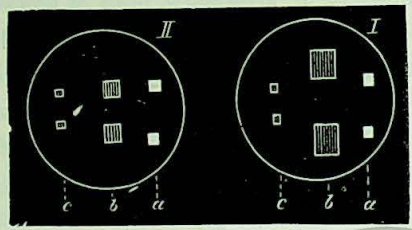
figyelmet, annál is inkább, mert, mint a tapasztalat kimutatta, oly szemek, melyeknek lencséje el lett távolítva, alkalmazkodni nem képesek. Némely vizsgáló azt vélte, hogy a lencse helyét változtatja; közeledik a porczhártyához közelnézéskor és eltávozik attól a távolba való nézés alatt. Listing szerint azonban a lencse e helyváltozásának 1·5 mm.-t kellene kitenni. Hogy a lencse e helyváltozását mi okozza, az összenyomott csarnokvíz a nyomás elől hová tér ki, ezek mind oly kérdések, melyekre kielégítő választ nem tudtak találni. Később kitünt, hogy a lencse mellső felülete tényleg keveset közeledik a porczhártyához, midőn közel álló tárgyat rögzítünk, csak hogy ez a közeledés nem a lencse helyváltozásának, hanem alakváltozása következményének bizonyúlt be. Ha tudniillik valamely szemet megvizsgálunk mialatt ez a közelre alkalmazkodik, arról győződünk meg, hogy 1. a lencse mellső felülete valamivel előbbre jut és domborúbb lesz, mialatt hátsó felülete is keveset erősebben domborodik, a lencse tehát e közben meg is vastagodik, továbbá hogy 2. a szivárványhártya összehúzódik, a látólik szükebb lesz.

Hogy a lencse mellső felülete, midőn erősebben domborodik, a porczhártya felé is közeledik, erről meg lehet győződni, ha valakinek szemét oldalról megfigyeljük úgy, hogy a sötét pupilla egy részét az inhártyának porczhártyás széle előtt épen csak még lássuk, midőn az a szem a távolba néz, mert ha amaz egyén fejét és szemét nyugton tartja és a közelre alkalmazkodik, akkor észre lehet venni, hogy a szivárványhártya látólikbeli széle és az egész látólik előbbre jut. Knapp mérései szerint a szivárványhártya széle a porczhártyához 0·40—0·56 mm.-rel közeledik a közelre való alkalmazkodás alatt.

A lencse alakváltozásáról egyébiránt legjobban lehet a Purkinje-Sanson-féle tükörképek segedelmével meggyőződni. Két négyszögű likon át a szembe eső fény után, a szemnek a távolba való alkalmazkodásakor, a 76. ábra I. képe alatt bemutatott tükörképeket fogjuk látni; *a* a porczhártya, *b* a lencse mellső, *c* annak hátsó felületének tükörképei. Mihelyt a szem a közelre alkalmazkodik, a lencse mellső felületének két tükörképe a két porczhártyabeli tükörképhez azonnal közeledik és kisebb is lesz, jeléül annak, hogy a lencse mellső felülete a porczhártya felé közeledett, valamint hogy domborúbb is lett. Egyszersmind feltűnik, hogy két négyszögű liknak a lencse mellső felülete által nyert két tükörképe a közelre való alkalmazkodáskor egymáshoz közeledik (76. ábra II.), mi a lencse mellső felület görbületi sugarának rövidülését még feltűnőbben bizonyítja. Megfordítva van a dolog, ha közelre alkalmazott szem, távol tárgyra tekint; a lencse mellső felületéről nyert

tükörképek nagyobbak lesznek és egymástól eltávoznak. A lencse hátsó felületének tükörképe is kisebbedik a közelre való alkalmazkodásnál, csakhogy sokkal kevésbbé, mint a mellső.

A tükörképek direct mérése által nyert adatok szerint, a lencse mellső felületének görbületi sugár hosszában történt változásai a szem közelre való alkalmazkodására elegendőknek is bizonyúltak. Helmholtz tapasztalatai szerint a lencse mellső felületének görbületi sugara, a közelre való alkalmazkodáskor, egy esetben 11·9mm.-től 8·6 mm.-re, egy másik esetben 8·8 mm.-től 5·9 mm.-re rövidült. Knapp egy esetében a lencse mellső felületének görbületi sugárhossza alkalmazkodás előtt 8·2972 mm. volt, és közelnézéskor 5·9213 mm.-re rövidült, ugyanazon szem lencséjének hátsó felülete pedig 5·3546 mm. sugárhossztól a közelre való alkalmazkodáskor 4·6585 mm. lett.



76. ábra. Két négyszögű fényforrás tükörképei: *I* a szem távolra való alkalmazkodásakor, *II* annak közelre való alkalmazkodásánál.

A minta-szem közelre alkalmazkodáskor a lencse mellső felületének görbületi sugárhossza 10 mm.-től 6-ra, a lencse hátsó felületeé 6-tól 5·5 mm.-re rövidül; a lencse mellső felülete a porczhártyához 3·6 mm.-től 3·2 mm.-re közeledett. Ha az így alkalmazott szem sarkalatos pontjait kiszámítjuk, ezek a következők:

	alkalmazott szem	nem alkalmazott szem
a mellső főgyúpont távola a porczhártya csúcsától	11·241 mm.	12·92 mm.
a mellső főpont « « « «	2·033 «	1·94 «
a hátsó főpont « « « «	2·493 «	2·36 «
a mellső csomópont « « « «	6·515 «	6·95 «
a hátsó csomópont « « « «	7·373 «	7·37 «
a hátsó főgyúpont « « « «	20·248 «	22·23 «

A közelre alkalmazkodott minta-szemben e szerint akkor fog a hátsó főgyúpontban — 22·23 mm.-rel a porczhártya csúcsa megett — valamely tárgy képe lenni, ha — a mint egyszerű számításból kitűnik — a tárgy a szem előtt mintegy 10—13 cmt.-nyire van; mi a szem közelpontja távolságának megfelel.

A közelre alkalmazott szemben nemcsak a lencse alakja változott meg, hanem még a szivárványhártya is összehúzódott. Közel nézéskor a látólik szűk, a két szem látóvonalai összetérnek, míg a távolra alkalmazott szem látólika tágult, és a látóvonalak párhuzamosan állanak. Hasonló a változás alvásközben is. Az alvó ember szemében is szűk a

pupilla, a két szem látóvonalai összetérnek, a szem a közelre alkalmazkodott.

A szivárványhártya mozgása így együttjárván a lencse alakváltozásával, közel állott ezek közt okozatos összefüggést keresni. Cramer azért azt vette fel, hogy a szivárványhártya záró- és sugár-izmának elemei összehúzódásukkor a lencse mellső felületére nyomást gyakorolnak, mely miatt a rugalmas és duzzadó lencse a látólikban előre domborodik. E felvétel azonban téves volt, mert az alkalmazkodó képesség megmarad a szivárványhártya egy részének, sőt az egész szivárványhártyának hiánya mellett is. Az alkalmazkodáskor a lencsén és szivárványhártyán észlelhető változások ezek szerint együtt járnak ugyan, de okozatos összefüggésben nincsenek egymással.

Mi okozza a lencse alakváltozását s általában az alkalmazkodást, erre nézve útmutatóul szolgált az a tapasztalat, hogy a szemből kivett lencse vastagabb, görbületi sugarai rövidebbek, mint a szemben levő lencséi. Helmholtz felteszi azért, hogy a megfeszített zonula *Zinnii* a rugalmas lencsét az üvegtesthez nyomja, és ezáltal némileg ellapítja azt. A közelre való alkalmazkodáskor a musculus ciliaris összehúzódik és az edényhártyával együtt a sugárnyulványokat és velők a zonula *Zinniit* is előre húzza, ellapítja, a lencse a nyomás alól felszabadúl és rugalmasságánál fogva erősebben domborodik; minthogy az üvegtest kevésbbé engedékeny a csarnokvíznél, a lencse domborúlata is inkább előre, mint hátrafelé nő.

Hogy a lencse rugalmassága itt tényleg szerepel, bizonyítja a *messzelátás (presbyopia)*, azaz az a tapasztalat, hogy a 45—50-ik életév körül, midőn a lencse rugalmassága csökken, a szem közelpontja is mindinkább eltávozik a szemtől. Mellette szól továbbá az ú. n. *alkalmazkodáskori fénykáprázás*. Purkinje és Czermak tudniillik a látótér (lásd a 333. l.) szélén pillanatnyi ideig tartó fényt észleltek, midőn igen közel álló tárgyat rögzítettek és szemüket hirtelen valamely távol álló tárgy felé irányították. E fényérzés csak erőműi ok következménye lehet. Az ideghártya szélének vongálása szerepel itt, előidézve a zonula Zinnii hirtelen megfeszülése által az alkalmazkodás megszűnése pillanatában. Megegyezik ezzel az a tapasztalat is, hogy gyorsabban tudjuk a közelre alkalmazott szemet távol levő tárgyra beállítani, mint megfordítva. Aeby szerint szemünket 1·2 mp. alatt beállíthatjuk 0·115 méter távolságból 0·43 méter távolra, ellenben 2 mp.-re van szükségünk, hogy az alkalmazkodást megfordított sorrendben megtegyük. Végre teljesen döntöttek Helmholtz felvétele mellett Hensen és Voelkers-nek

kutya, macska, majom és frissen kivett emberszemen tett észleletei. E vizsgálók a sértetlen szemtekébe, a sugárizom végének megfelelőleg, az inhártyán keresztül egészen az edényhártyáig finom tűt szúrtak be ezután az inhártyának porczhártyabeli szélét, a sugárideget és a ganglion ciliare-t villamosan izgatták, és a tűnek kiálló végét hátrafelé mozogni látták, a szemben foglalt vége tehát előre mozgott, jeléül annak, hogy a sugárizom az edényhártyát előre húzza. Sőt az inhártyaszél részletes eltávolítása után a zonula Zinnii-re helyezett üvegszál annak előre való mozgását is jelezte.

Mint már említettük, a lencse alakváltozásával közelnézéskor együtt jár a látólik szükülése és a két szem látóvonalainak összetérése, tehát a szivárványhártya záróizma és a belső egyenes szemizom beidegzése is. Hensen és Voelkers vizsgálatai szerint, az alkalmazkodás műveletét megindító impulsusok a ganglion ciliare és közvetve a n. oculomotorius útján jutnak a sugárizomba. A szivárványhártya záróizmát és a belsőegyenes szemizmot is az az ideg látja el. Hensen és Voelkers szerint a sugárizmot (musculus ciliaris) beidegző oculomotorius-rostok a harmadik agygyomor fenekének hátsó részében erednek és a trigeminusgyök mellső kötegével állanak összeköttetésben, közvetlenül ezek eredése mögött van a szivárványhártya záróizmát beidegző idegrostok eredete, s e mögött, az aquæductus Sylvii eredésénél, a belső egyenes szemizomé. E központi részek úgy vannak egymással összekapcsolva, hogy midőn a közelre való alkalmazkodásnál az egyik működését megindítjuk, a többi kettőt akaratunk hozzájárulása nélkül szintén beidegezzük.

A szivárványhártya e kívül a lencse alkalmazkodásától függetlenül is összehúzódik, illetőleg tágul; — a látólik szűkül, ha fény esik a szembe, és tágúl, ha a fényt eltartjuk a szemtől. A szivárványhártya segedelmével tehát szemünk a beeső fény erejéhez alkalmazkodni képes. A két szivárványhártya e mozgásai együtt járnak úgy, hogy, ha az egyik szembe erős fény esik, a másik szem látólika is szűkül és megfordítva, ha az egyik szemtől visszatartjuk a fényt, a másiknak látólika szintén tágúl. Fénybehatásra a látólik szűkülése 0·3 mp. után következik be, a besötétítést ellenben a tágulás csak 0·5 mp. mulva követi (Vintschgau). Ez aránylag lassú mozgás oka a szivárványhártya síma izomsejtjeiben van. Madárszem látólika sokkal gyorsabban szűkül és tágúl, mert a szivárványhártya ez állatoknál harántcsikos izomelemeket tartalmaz.

A fény hatását a szivárványhártyára reflex útján gyakorolja. Ugyanis a fény izgatja az ideghártyát, ezen izgalmat a látóideg az agyhoz vezeti,

hol a fossa Sylvii fenekén, a négytelep alatt, azon oculomotorius rostokra terjed át, melyek a szivárványhártya záróizmát beidegzik. Mert a fénybehatásra bekövetkező szivárványhártya-mozgások a n. opticus vagy a n. oculomotorius átmetszésére, valamint az említett agyrészek eltávolítása után kimaradnak. Észlelték ugyan kivágott békaszemen is a látólik szűkülését, miből némelyek az ideghártya és szivárványhártya közt létező direct összeköttetésre gondoltak a szemben, mások azonban a fény direct ingerhatásának tulajdonítják ezt a tüneményt a szivárványhártya izomelemeire.

A látólik tágító izmát a nyakigerinczagyból az együttérző idegbez csatlakozó idegágak látják el. Ezek a látólikat állandóan bizonyos fokban tágítva tartják, mit az a tapasztalat bizonyít, hogy a látólik a sympathicus átmetszésére szűkül, az oculomotorius átmetszésére pedig tetemesen tágul. Midőn azért az oculomotorius izgalma következtében a látólik szűkül, ez csak a sympathicus tágító befolyásának az oculomotorius izgalma által való leküzdése után történhetik.

Vannak mérgek, melyek a szembe jutva, a lencse és szivárványhártya alkalmazkodó képességét bénítani képesek, ilyenek különösen az atropin és a hyoscyamin. Más mérgek, mint a physostigmin, nicotin és mások, ellenkezőleg állandóan látólikszűkülést és alkalmazkodást okoznak a lencse részéről. Ez anyagok a szemhez menő valamennyi ideg átmetszése után is hasonlóan hatnak; fel kell azért tenni, hogy egyenesen a sugártest és szivárványhártya izomelemeire vannak bénító-, illetőleg izgató hatással.

60. §. Tökéletlenségek a szemben, mint fénytörő rendszerben.

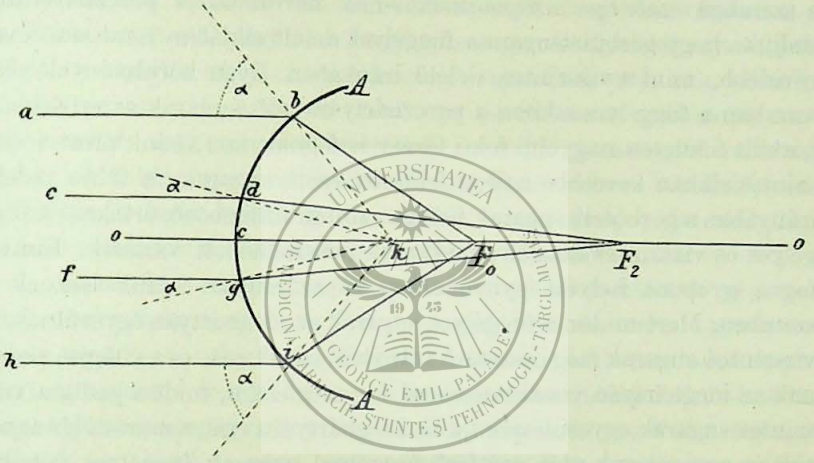
Szemünk alkalmazkodó képessége által nagy előnyben van látszerészeink által szerkesztett bárminemű optikai műszer felett. Vannak azonban a szemnek hibái is, és ezek oly nagyok, hogy Helmholtz szerint épen nem volna hiba részünkről, ha olyan optikai műszert, mely a szem hibáiban szenvedne, mint pongyola-munkát, visszaadnók készítőjének.

Egy ilyen hiba a *színes eltérés (chromaticus eltérés)*. A látott testektől szemünkbe vetett fény vagy a naptól, vagy más, mesterséges fényforrástól származik, és azért legtöbbször nem is egyszerű, hanem vegyes fény. A vegyes fényt összealkotó egyszerű fénysugaraknak különböző törőképessége van. Legerősebb törést szenved az ibolya, utána következnek a kék, zöld, sárga, narancs és végre a vörös fényérzést keltő sugarak; az utóbbiak töréstényezője a legkisebb. Ha a valamely világító pontból kiindult fehér fénysugarak ilyen különböző törő-

képességgel biró ætherrezgésekből állanak, úgy e sugaraknak midőn gyüjtőlencsén, vagy a szem fénytörő közegein keresztül haladnak nem egy, hanem több gyúpontban kell egyesülni. Először fognak egyesülni az ibolya, és utóljára a vörös fénysugarak, közbül fognak esni a többiek egyesüléspontjai a fennebb említett sorrendben. Azért, midőn a vörös fénysugarak az ideghártyán egyesülnek, az ibolyaszínű sugarak az ideghártya előtt kénytelenek egyesülni, az éles vörös fénypontot az ideghártyán ibolyaszínű szóródáskör környezi, és megfordítva, ha az ibolyaszínű sugarak egyesüléspontja az ideghártyára esik, ezt vörösfényű szóródáskör fogja körülvenni. Csak ha a színkép két szélső sugarainak egyesüléspontjai között van az ideghártya, ott, hol a szóródáskörök épen egyenlő nagyok: akkor lesz a szóródásos kép vegyes fénynyel megvilágítva, és ha fehér fény esik a szembe, a kép közel fehér színű, legfeljebb széle lesz egy kissé színes.

Üveglencséknél e hibán az által segítenek, hogy egy lencse helyett kettőt vesznek, melyek közül az egyik kettősendomború és a fényt kevésbbé szóró koronaüvegből, a másik pedig domború-homorú vagy síkhomorú és a fényt erősebben szóró flintüvegből készült. A szemre nézve sokáig fentartotta magát az a vélemény, hogy itt is a színes eltérésből eredő hiba a szem fénytörő közegeinek különböző fénytörő és fényszóró képessége által el van kerülve. A hiba jelenlétéről azonban, mint először Frauenhoffer kimutatta, nem nehéz meggyőződni. Ha azalatt, mialatt valamely világos tárgyra, pl. ablakra nézünk, alulról a szem elé egyenes szélű átlátszatlan tárgyat emelünk addig, míg a látólik fele el lesz fedve általa, s az ablakráma és az átlátszatlan tárgy közt csak keskeny rés marad vissza, akkor az ablakráma felső széle sárgavörös, alsó széle kék színben fog előtűnni. Midőn a látólik egészen szabad, a szembe eső sok sugár szóródásos körei egymást fedik, s azért vegyes fehér fényben látjuk az ablakráma széleit; mihelyt azonban a látólik felét elfedjük, és a sugarak fele részét a szemtől távoltartjuk, a szélső sugarak által izgatott ideghártyarészekre nem esnek megfelelő kiegészítő szóródásos körök, a ráma széle azért színes fényben tűnik elő. Sokkal feltűnőbb lesz a színes eltérés, ha a szembe nem a nap vegyes fényét, hanem olyan fényt bocsátunk, mely csak kétféle egyszerű ætherrezgésből áll; pl. ha valamely lyukkal ellátott ernyő mögött kobalt-üveget tartunk. Ilyenkor ugyanis azon lyukon keresztül jóformán csak vörös és kék fény megy, és szemünk alkalmazkodásától függ, vajjon vörös pontot látunk-e kék szóródáskörrel, vagy kék pontot vörös szóródáskörrel környezve. A színes eltérés ezek szerint meg van

szemünkben, de a látást a látott tárgyak színes körvonalai által nem zavarja. — Egyfelől a szem fénytörő közegeinek fényszóró képessége jóval kisebb az üveg szóróképességénél: a szemben a vörös és ibolyasugarak főgyúpontjai alig 0·43 mm. távolban esnek egymástól, és így, ha a vörös sugarak az ideghártyában egyesülnek, az ibolyafény szóródásköre, 4 mm. átmérőjű látólik mellett ugyanott csak 0·08 mm. átmérőjű lesz; másfelől pedig a tárgypontoktól kiindúlt sugarak közül az ideghártya egyes pontjaira nem egyszerű fénysugár, hanem különböző fényű sugarak esnek nagy számmal, a tárgyat azért a megfelelő vegyes fényben fogjuk látni.



77. ábra.

A szem második hibája a *gömbi eltérés (sphärikus eltérés)*. A valamely gömbfelületen át, az optikai tengelylyel párhuzamosan sűrűbb közegbe eső sugarak, nem egyesülnek mind egy főgyúpontban. Az optikai tengelyhez közel beesett sugarak egyesüléspontja t. i. a törőfelület mögött legtávolabb van s ez a tulajdonképeni főgyúpont, ellenben minél tovább esik az optikai tengelytől valamely sugár a törőfelületre, annál közelebb fogja metszeni a gömbfelülethez az optikai tengelyt. Kitűnik ez a beeső szögek nagyságának összehasonlításából (77. ábra): *a b* és *h i* sugarak nagyobb beeső szögeiknek megfelelőleg, nagyobb törőszöggel fognak birni, mint *c d* és *f g* sugarak, ez utóbbiak azért F_2-ben, míg amazok F_0-ban találják az optikai tengelyt. A világítópontnak azért ilyen esetben nem képpont, hanem képfelület felel meg. Az optikai tengelyhez közel beesett sugarak gyúpontjába tartott ernyőn, a már előbb egyesült sugaraknak szóródásos képe támad. Optikai eszközeinknél azért csak a

törőfelület csúcspontja közelében beeső sugarakat bocsátjuk az eszközbe, a szélső sugarakat pedig alkalmas rekeszszel visszatartjuk. Szemünk is rendelkezik ilyen rekeszszel a szivárványhártyában. Különösen fontos ennek szerepe közelálló tárgyak megtekintésénél, midőn az a porczhártya szélére igen széttérőleg esett sugarakat tartja vissza a lencsétől.

A szem fénytörő felületei mint láttuk, nem felelnek meg gömbszeleteknek. Ezen kívül görbületsugaraik egyik delelő irányában mások, mint a másik irányában. Ilyen körülmények közt azonban még a valamely világító pontról, a törőfelületek csúcspontjai közelében, a szembe esett sugarak sem egyesülhetnek egy képpontban. E rendellenességet a szemben *szabályos astigmatismus*-nak nevezzük. A porczhártyáról tudjuk, hogy görbületsugara a függélyes delelő síkjában rendesen jóval rövidebb, mint a vízszintes delelő irányában. Ilyen körülmények közt azonban a függélyes síkban a porczhártyára eső sugarak az erősebben görbült felületen nagyobb fokú törést is fognak szenvedni, mint a vízszintes síkban kevésbbé hajlott felületre esett sugarak. A többi delelő irányában a görbületi sugarak hossza szintén különböző, értékeik a függélyes és vízszintes delelők sugarainak hossza között változik. Ennélfogva gyúpont helyett gyúvonalrész és szóródásos körök lesznek a szemben. Mert midőn a függélyes sugarak az ideghártyán egyesülnek, a vízszintes sugarak még összetérő irányban esnek reá, és a világító pontnak az ideghártyán vízszintes vonal fog megfelelni, midőn pedig a vízszintes sugarak egyesülés pontja az ideghártyába esik, a már előbb egyesült és egyesülésük után széttérő függélyes sugarak függélyes vonalat világítanak meg az ideghártyán; abban az esetben, ha az ideghártya a függélyes és vízszintes sugarak egyesülés pontjai között van, ezek szóródásos kört képeznek. Két egyenlő, egymással kereszteződő vonalat, melyek egy síkban vannak, egyszerre egyaránt élesen nem láthatunk. Midőn a függélyes vonal éles, a vízszintes lesz elmosódott és megfordítva. Hogy mindkettőt egyaránt élesen lássuk, különböző távolba kell őket állítani, és pedig a legtöbb esetben a vízszintes vonalat távolabb a szemtől, mint a függélyest. Helmholtz például 0·65 méter távolban álló függélyes és 0·54 méter távolban levő vízszintes vonalakat képes egyszerre élesen látni.

A lencsefelület görbülete sem egyenlő az egyes delelők irányában, az eltérés itt többnyire megfordítva van, mint a porczhártyán, miért is a porczhártyafelület egyenetlensége által a sugártörésben okozott hibát részben kijavítja a lencse. Kis mértékben azonban minden szem astigmatikus, mert a lencse astigmatismusa nem elegendő a porczhártya

astigmatismusának javítására, ezen kívül pedig különböző delelők irányába esik egyes szemeknél a porczhártya legnagyobb domborulata. Az astigmatismus hengerlencsék által javítható. A hengerlencse tudniillik kitéríti irányából az olyan sugarakat, melyek a henger tengelyére függélyes síkban esnek a lencsére, ellenben megtartják irányukat azok a sugarak, melyek a henger tengelye irányában fekvő valamely síkban érik a lencsét. Ha például valamely szem ideghártyájába a kevésbbé tört sugarak egyesüléspontja esik, és e szem a függélyes síkban jobban töri a fényt, mint a vízszintesben, akkor a szem előtt a tengelyével vízszintesen tartott homorú hengerlencse a függélyes síkban beeső sugarakat szét fogja téríteni és ha a lencse jól meg van választva, a szétterités épen oly nagy lesz, hogy ama sugarak ugyanott egyesülnek, a hol a vízszintes síkban beesett sugarak egyesüléspontja van, tehát az ideghártyában. Az astigmatismust így javítólencse gyútávola, egyszersmind az astigmatismus mértékeül is szolgál. Az astigmatismusnak azt a kis fokát, mely rendesen alkotott, ép szemben fordúl elő, nem szükséges javítani, minthogy ez a látást nem zavarja; ha nagyfokú az, akkor megfelelő hengerlencséhez kell folyamodni.

A szabályos astigmatismuson kívül megkülönböztetnek még *szabálytalan astigmatismust* is. Ezt a porczhártya és lencse ugyanazon delelő egyes részeinek eltérő görbülete okozza. Kis fokban minden szemben találkozunk vele, a mennyiben a lencserostok sajátságos elrendeződésénél fogva a lencse egy ugyanzon delelője irányában sem töretnek meg a sugarak úgy, hogy az egy világító pontból kiindult sugarak egy gyújtópontban egyesülhetnének. A tőlünk távol álló világító tárgyakat azért csillagalakuaknak látjuk. Az úgynevezett *egy szemmel* való *kettőslátást (diplopia* vagy *polyopia)* is némelyek innen magyarázzák, míg Helmholtz e tünemény okát a fénynek a látólik szélén való eltérítésében keresi. Ha ugyanis kártyalapon likat készítünk s ezt az ég felé tartva egy szemmel nézzük, mialatt e szem távolabb vagy közelebb álló pontra van alkalmazva, úgy egy szóródásos kép helyett két vagy több sugáralakú képet fogunk látni.

A gömbeltérés és az astigmatismus miatt, továbbá mert a legtöbb szem távolpontja a végtelennél jóval közelebb van a szemhez, teljesen éles kép valamely, különösen nagyobb távolra eső tárgyról az ideghártyán nem képződhetik. Szóródásos képet kapunk, mely nagyobb, mint a milyen különben a tárgy képe volna. A tárgy szeléről nyert szóródásos körök a környezetéről jött fény szóródásköreivel részben egymást fedik s mi ennek alapján a tárgy szélét nem a szóródáskörök

által okozott elmosódott képben látjuk, hanem, ha a tárgy képe a környezetnél élénkebben hat reánk, nagyobbnak itéljük mint a milyen valósággal: a szóródásköröket a tárgyhoz tartozóknak véljük. A látásnál észlelhető e tüneményt *szétsugárzásnak (irradiatio*-nak) nevezzük. Ez okozza, hogy világos tárgyakat sötét alapon nagyobbaknak látunk, mint hasonló nagy sötét tárgyakat világos alapon, nagyobbaknak, mint a minőknek azokat valódi nagyságuknak és a szemtől való távolságuknak megfelelőleg látnunk kellene. Szép estéken például, midőn a hold első vagy utolsó negyedében van és legnagyobb része homályos korongként tűnik fel egyik oldalán világos sarlóalakkal, úgy tetszik nekünk mintha e sarló sokkal nagyobb korongnak felelne meg, mint a mekkorának a holdat látjuk. Az utczán égő lámpa éjjel messziről úgy látszik, mintha a láng az egész lámpát betöltené. Ha a lámpa felé közeledünk a láng kisebb és jobban kivehető lesz, míg végre valóságos nagyságát a lámpához képest meg tudjuk itélni. Rendesen látó szemnek jóval távolabb kell lenni a lámpától, mint rövidlátónak, hogy a szétsugárzás tüneményét észre vegye. Nemcsak a lámpához való közeledés által, hanem alkalmas lencse által is fel lehet ismerni a tévedést, jeléül annak, hogy hiányos alkalmazkodás okozta. Azonban a szemhez közel tartott tárgyak megtekintésénél is van szétsugárzás. Így, ha égő láng előtt, vonalzót úgy tartunk, hogy a láng egy-egy része a vonalzó felső széle mögött még kiemelkedik, a vonalzó széle a megfelelő helyen nem egyenesnek, hanem kivágottnak tetszik. A sakktábla világos terei is bizonyos távolságból nagyobbaknak tetszenek, mint a sötétek. Szétsugárzás tehát színes felületeken is tapasztalható. Nagyobbnak látjuk azon színű felületet, mely az ideghártyát élénkebben izgatja. Sárga felületet például nagyobbnak itéljük kék alapon, mint hasonló nagy kék felületet sárga alapon. Előfordúl azonban az az eset is, hogy a sötét felület tetszik nagyobbnak a hasonló nagy világosnál, nevezetesen a felületeknek igen gyenge megvilágításakor, mikor a fehér fény már elégtelen az ideghártya izgatására, mert ilyenkor a sötét felület a világos rovására terjeszkedik ki. Volkmann ugyan finom sötét vonalakat szélesebbeknek látott erős megvilágítás mellett is, de ez, mint tapasztalta, csak kis sötét tárgyaknál fordul elő, a mikor azok, mint tárgy magukra vonják figyelmünket és világos környezetük alapként szerepel.

A felsorolt eltéréseken kívül egyes szemben oly hibák is fordulnak elő, melyek ama szemnek nem rendes tulajdonságai, vagy a mennyiben azok, a szem belsejében foglalt a fényt visszatartó részek által

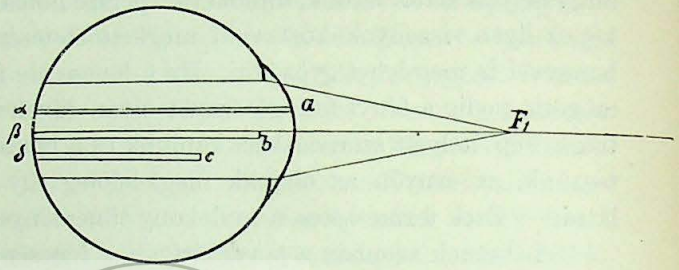
vannak okozva, miért is e tüneményeket *szemürbeli (entoptikai) látástünemények*nek nevezzük.

Ide tartozik már a *kettőslátás egy szemmel* is *(diplopia vagy polyopia monophthalmica)*, a mennyiben a szemlencse sugaras szerkezete által van feltételezve. Ilyen kettőslátást okoz egyébiránt még könycsepp, vagy a Meibom-féle mirigyek váladékából származó részek a porczhártyán. A szem hiányos alkalmazkodásakor ezek miatt az ideghártyán nem egy, hanem két szóródáskör jön létre és egy világító tárgy helyett kettőt látunk, mindkettőt persze homályosan. A szóródásos képek ilyen viszonyok közt való megkettőztetéséről egyszerü gyűjtőlencsével is meg lehet győződni. Ha a lencse elé fényforrást állítunk, mögötte pedig a fényt felfogó ernyőt olyan távolra állítjuk, hogy azon tiszta kép helyett szóródáskört kapjunk és a lencsére egy csepp olajat teszünk, az ernyőn az olajnak megfelelőleg egy másik foltot fogunk látni. — Ezek természetesen mulékony tünemények.

Lehetnek azonban a porczhártyán, a lencsén, az üvegtestben, sőt az ideghártyában is fényt át nem bocsátó részek, melyek árnyékképeik által tünnek fel és mint entoptikai tünemények okozói szerepelnek. Ez árnyékképek rendesen nem igen vehetők ki, mert a szemünkbe eső fény a szemben összetérőleg halad és az egy világító pontból kiindúlt sugarak az ideghártyán többé-kevésbbé egy képben egyesülnek, e szerint a fénytörőrészekben levő valamely a fényt át nem bocsátó tárgy árnyékát nem vetik az ideghártyára, legfeljebb a fényérző ideghártyafelület előtt közvetlenül létező valamely tárgy után eshetnek némi árnyék a felfogó felületre. E miatt, hogy az árnyékképeket jól lássuk, a fényforrást szükséges közel hozni szemünkhez, legjobb ha az a szem mellső főgyúpontjában van; ilyenkor a sugarak a szemben párhuzamosan haladnak és az árnyék az ideghártyán hasonló nagy lesz, mint a mekkora az árnyékot okozó tárgy. Ha fekete kártyalapon tüvel likat készítünk s ezt mintegy 10—12 cmt. távolban a szem előtt tartjuk, e lik lesz fényforrássá és a tőle kiinduló sugarak párhuzamosan haladnak a szemben. Az ilyen fényforrás helyét is könnyen megváltoztathatjuk az által, hogy a kártyalapot a szem látóvonala fölé vagy alá, jobbra illetőleg attól balra vezetjük el. Ilyen módon eljárva a szemben esetleg levő homályos tárgytól nemcsak árnyékot kapunk az ideghártyán, hanem ama tárgy helye iránt is tudunk tájékozódni.

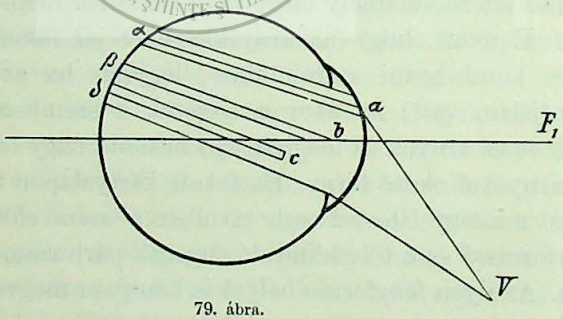
Legyen a 78. ábrán *a* egy homályos hely a porczhártyán, *b* egy ugyanilyen a lencse mellső felületén a látólik síkjában és *c* a látólik síkja mögött a lencse hátsó felületén vagy az üvegtestben. E helyek

árnyékképei az ideghártyán α-, β-, δ-ban vannak. Ha a fényforrással lefelé megyünk (79. ábra *V*) akkor *a* árnyéka a szóródáskör felső széle felé, *c* árnyéka ugyanannak alsó széle felé közeledik, míg *b* árnyéka helyét a szóródáskörben megtartja; *a* és *c* árnyéka tehát ellenkező irányban távozott el. Tekintve, hogy az ideghártyán fent levő kép a látótérben alant álló tárgynak felel meg és megfordítva következik, miszerint a porczhártyán levő valamely homály árnyékának helye a látótérben a fényforrással ugyanazon irányban tér el, a látólik síkjában



78. ábra.

létező homály helyét nem változtatja, végre a látólik síkja mögött levő homály a fényforrással ellenkező irányban látszik helyét változtatni. Magától értetődik, hogy e tüneményt megfordítva fogjuk látni, ha nem a fényforrás, hanem a szem látóvonala változtatja helyét, ilyenkor a látólik előtt levő valamely tárgy képe a szem látóvonalával ellenkező irányban tér ki, a látólik mögött létező valamely tárgyé pedig azonos irányban.



79. ábra.

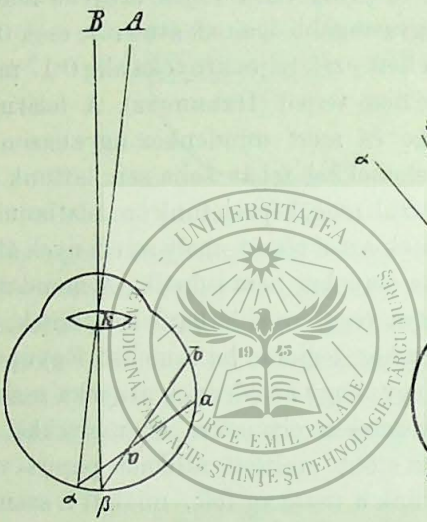
A *porczhártya hegei*, a *lencsetok* vagy *lencseállomány* részletes *homályosodása* is szerepelhetnek itt, mint az ideghártyán árnyékot okozó részek. Néha *gyöngysoralakokat* látunk, melyek alakjukat és helyüket minduntalan változtatják; máskor az úgynevezett *repdeső szúnyogok (mouches volantes)* tünnek fel, akkor kivált könnyen, ha az égre vagy ehér hófelületre tekintünk vagy ha szemünket erősen dörzsöltük. Okai

ez utóbbi tüneményeknek: nyálkaszerű anyag, szétesö sejtek, szemcsék az üvegtestben.

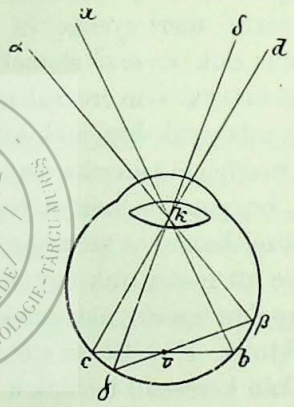
Az ideghártyában entoptikai látástüneményeket okozó, fényáthatlan részek: az arteria centralis retinæ ágai is. Ezek tudvalevőleg (248. lap) az ideghártyának az üvegtesttel határos rétegeiben ágazódnak el. Árnyékukat megérezzük, mivel az ideghártya fényérző elemei, a pálczikák és csapok, az ideghártya legkülsőbb rétegét képezik, az edények e szerint előttük vannak és árnyékuknak azokra kell esni. Hogy ez edények árnyékát rendesen nem látjuk, ez onnan van; mert a pálczika-csapréteg a véredények mögött 0·2—0·3 mm.-rel van, a szem közönséges megvilágítása mellett pedig azok teljes árnyéka nem ér odáig. A vena centralis retinæ legvastagabb ágainak átmérője csak 0·038 mm., 4 mm. látólik átmérője mellett ezek teljes árnyéka alig 0·17 mm. hosszú és így a pálczika-csapokig nem terjed (Helmhotz). A félárnyékot sem vesszük észre, mert gyenge és mert mindenkor ugyanazon pálczika-csapokra is esik, ez érző elemekkel tehát soha sem láttunk és e miatt ott a látás hiányát sem érezzük meg, képzeletünk öntudatlanul kiegészíti magának a tárgyak képeinek azt a részét, mely az edények által visszatartva a megfelelő pálczika-csapokra nem eshetik. A mondottakból következik, hogy az ideghártya véredényei láthatókká lesznek, ha a fényforrást közel hozzuk a szemhez, legjobb, ha a mellső főgyúponti síkba tartjuk, és ott mozgatjuk úgy, hogy az edények árnyéka más-más pálczika-csapokra essék, nevezetesen olyanokra is, melyekkel különben látni szoktunk. E czélra az előbb említett átlikadt papirt vesszük és ennek likán keresztül nézünk a tiszta ég felé, mialatt a szemünk előtt tartott papirlapot ide-oda mozgatjuk. Ilyenkor a világos látótérben az ideghártya sötét edényeit látjuk, közbül az edényektől ment fovea centralist finoman szemcsézett félholdalakú árnyékkal. Ez árnyék az ideghártya-gödör a fényforrás felé álló oldalának abba vetitett árnyéka (Müller H.).

Ez eljárással azonban az edényeknek mindig aránylag csak kis része látható. Nevezetesen a papirlapnak függélyes irányban mozgatása mellett a vízszintes síkban haladó edények, annak vízszintes irányban való mozgatása mellett pedig a függélyes edények tünnek elő. Jobban áttekinthető az ideghártya edényeinek árnyéka, ha oldalt, az inhártyán keresztül bocsátunk fényt a szembe. E czélra a szemet sötét tér felé fordítva, rövid gyútávolú lencsével napfényt gyüjtünk az inhártyára oldalt a porczhártyától. Az inhártya megvilágított pontjától, mint fényponttól, a szem burkain át némi fény behatol a szembe

s ez az edények árnyékát oly pálczika-csapokra veti, melyekkel midőn a fény a látólikon át jut a szembe látni szoktunk. Ilyenkor a vöröses sárgaszínű látótérben az ideghártya edényeit úgy látjuk, mint valamely befecskendett készítményben. Ha a világító lencse helyét nem változtatjuk a tünemény halványabb lesz, végre eltűnik. De ha a gyúpont az inhártyán mozog, az edényeknek a látótérbe vetett árnyéka is megváltoztatja helyét és pedig a fényforrással egy irányban. Ez onnan van, mert a szemben az árnyékok ellenkező irányban mozognak. Az inhártyán át *b v* irányban (80. ábra) a szembe esett fénysugarak a *v* edény-árnyékát β-ra vetik. A látótérben mi ezt *B*-ben látjuk. Ha pedig a



80. ábra.



81. ábra.

gyúponttal *b*-ből *a* felé megyünk az edény (*v*) árnyéka is az ideghártyán β-tól α-ba megy és mi az edényt *B* helyett *A*-ban látjuk. Az edények árnyéka tehát a fényforrással ugyanazon irányban változtatta meg helyét.

Az edények árnyékának megfigyelésére Helmholtz még a következő eljárást is ajánlotta: Sötét szobában a szemtől oldalt vagy alant égő gyertyát mozgatunk ide-oda. A sötét halványfehéren fénylő látótérben nemsokára észrevesszük a véredények sötét árnyékát. A kép csak addig világos, míg a fényforrást mozgatjuk; ennek mozgatása alatt természetesen az edények árnyéka is változtatja helyét a látótérben. Ha a fényforrást jobbról-balra a látóvonal felé s ettől el mozgatjuk az edények árnyéka a fényforrással azonos irányban látszik mozogni.

Ha pedig a fényforrást fel s lefelé mozgatjuk, akkor az edények árnyéka a fényforrással ellenkező irányban változtatja meg helyét. Ennek okát Müller H. abban találta, hogy itt tulajdonképen a gyertya után képződött igen világos ideghártyakép, mint fényforrás szerepel, a melytől kiinduló sugarak a szem egész hátterét megvilágítják. A szem előtt (81. ábra) a-nál álló fényforrás b pontot világítja meg az ideghártyán, az innen szétszórt fénysugarak egy része v edény árnyékát c-re veti és ezt mi a látótérben d-ben látjuk. Ha a helyről α-ba mozgatjuk a fényforrást, képe az ideghátyán b-ből β-be megy; az edény (v) árnyéka γ-ban esik az ideghártyára s azt mi δ-ban látjuk. Ugyanazon irányban változtatta meg tehát helyét az edény árnyéka, mint a fényforrás. Ha pedig a fényforrást a papirlap síkjából kiemelnők, akkor képe (b) az ideghártyán a papirlap síkja mögé esnék, ennélfogva c a papir síkja előtt lenne és d mögötte látszanék, vagyis, ha a fényforrás (a) felfelé mozog az edények árnyékképe lefelé megy.

61. §. Önvilágítás a szemben, szemtükör.

Csaknem minden fény, mely a szemben az ideghártyáig eljutott eléri az edényhártyát is. Az ideghártya teljesen átlátszó s azért alig vet vissza valamit a reá esett fényből. A retinafelhám és az edényhártya fekete festéke a fény legnagyobb részét elnyelik. Ilyen módon válik épen lehetségessé, hogy a látótérben a világító tárgynak megfelelő világos éles képét látjuk; mert ha a szem fényfelfogó felülete a reá esett fényt mind szétszórná, mindig az egész látótér lenne megvilágítva. Igaz, hogy a szembe esett fénynek kis részét a retinafelhám és az edényhártya visszavetik, de ezt is leginkább úgy, hogy a valamely világító pontból kiindúlt és az ideghártyán egy képpontban egyesült sugarak visszavetett része ugyanazon irányban megy ki a szemből, mint a melyben abba beesett. A fényforrás és ennek az ideghártyán való képe e tekintetben úgy viselkednek, mint kapcsolatos gyúpontok, azaz minden a szemből visszavetett fénysugár a szem fénytörő közegeiben ugyanazt a törést szenvedi visszamenetkor, mint a melyet szenvedett mialatt az ideghártyáig eljutott. A világító tárgy ideghártyabeli képének, mint tárgypontnak, képe a tárgy helyére esik vissza. Ily körülmények közt azonban mások szemébe látni lehetetlen. Mert hogy a valaki szeméből visszavetett fény szemünkbe essék, arra szükséges volna, miszerint fejünk a fényforrás és a megfigyelt szem között legyen, mely esetben azonban a megfigyelni akart szemtől magunk tartjuk vissza a fényt. Hasonlót

lehet látni akkor, midőn valamely górcső szemlencse-rendszerébe fényáthatlan papirlapot teszünk és így nézünk a szemlencsébe. Ez sötétnek tetszik, mert ama papir csak olyan fényt volna képes szemünkbe vetni, a mely saját szemünkön keresztül reá esett.

Némely állatok azonban, mint a kutyák és macskafélék szemében a fényvisszaverődés oly nagy, hogy amaz állatok szeme alkalmas körülmények közt világítani látszik. Teljes sötétben e világítást nem lehet kivenni, de igen akkor, ha az állatok szemébe fény esik, például ha félhomályban a néző mögött gyenge fényforrás van, esetleg úgy, hogy az a beeső fényt észre sem veszi. A szemből a fényforrás irányában visszavetett fény egy része t. i. ilyenkor nem követi egészen azt az utat, melyben az állat szemébe esett és részben a néző szemébe is jut. Ez állatok szemében az edényhártya belső felületén van a tapetum, egy erősen fénylő, a ráeső fényt mondhatni teljesen visszavető réteg, mely az

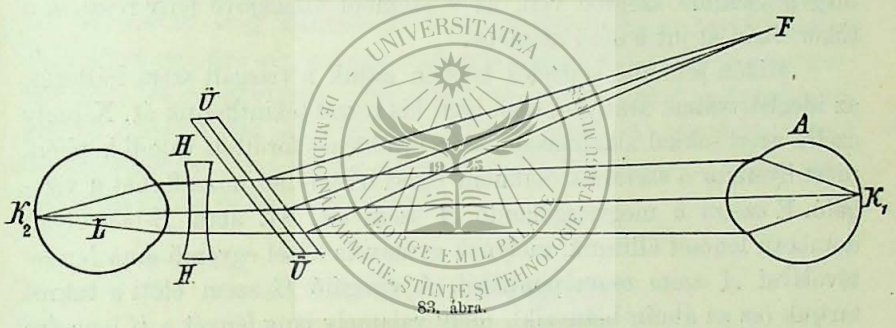
82. ábra.

edényhártya fekete festékszemcséi helyett különböző színű tapetsejteket tartalmaz. A fehér, sárga, zöld, kék sőt ibolya-szín, melyben ilyen szemek világítanak, a tapetum megfelelő színétől függ.

A mit a tapetum-mal biró állatok szemén tapasztalunk, ugyanez áll megfelelő kisebb arányban az ember szemére nézve is. Nem minden az ideghártya által visszavetett fény tér vissza a fényforráshoz azon uton, melyen a szembe behatolt, különösen nem, ha az a szem a fényforrás távolságához alkalmazva nincsen. Ilyenkor a fényforrás képe szóródáskör alakjában van az ideghártyán s az e szóródáskör helyéről visszavetett fény egy része a néző szemébe kerülhet. Legyen A szem a 82. ábrán F fényforrásnál jóval közelebb pontra alkalmazva; ennélfogva F fényforrás képe A szemen k_1 és k_2 szóródáskört képezi. Ha F fényforrás a B szem L pontjában lenne, világos, miszerint e fényforrásnak A szemben $l_1 l_2$ szóródáskör felelne meg. $k_1 l_2$ a két esetben közös, megvilágítja F fényforrás, valamint megvilágítaná egy L-ben álló fényforrás is, a miből következik, hogy az F-ből $k_1 l_2$-re esett fény

egy része, L felé is visszaverődik. Azért ha L helyén B megfigyelő szem áll s ettől az F fényforrás erős fényét T ernyő visszatartja, az A szemből visszajött fény egy része B szembe esik s ez a szem hátterét megvilágítva fogja látni, a mennyiben látólika pirosas színben tűnik elő. (Brücke).

Brücke e tapasztalatát Helmholtz arra használta fel, hogy a megfigyelt szem hátterét fordított képben lássa. E célból egy, az előbbihez hasonló kísérlet alkalmával, a megfigyelt A szem sokkal nagyobb távolra alkalmazkodott, mint a B szem, ezen kívül Helmholtz A szem elé gyűjtő lencsét is tett, hogy a szemben kiterjedt világos szóródásos képet nyerjen. Az e szóródásos képtől A szemből visszajött fényt a gyűjtő lencse összetéritette és a két szemközt A szem hátterének nagyobbított képét alkotta, melyre a megfigyelő B szem alkalmazkodott. Ez volt Helmholtz egyszerű szemtükre, mely később a valódi szemtükör felfedezéséhez vezetett.



83. ábra.

Helmholtz a vizsgáló szem elé (83. ábra L) három üveglapot $ÜÜ$ állított ferdén úgy, hogy ez üveglapok az F fényforrástól széttérő irányban reájok eső fényt A szem felé vetítsék. Ha A szem a fényforrás távolságára van alkalmazva, akkor e szemben, K_1-ben, a fényforrás éles képe lesz. Az ezután K_1-ből, mint tárgypontból, visszavert fény, abban az irányban halad ki a szemből, mint melyben abba bejutott. A sugarak egy része az üveglapokon F fényforrás felé verődik vissza, egy másik részök pedig az üveglapokon halad át. Minthogy e sugarak L szembe összetérő irányban esnének, e szem és az üveglapok között HH homorú lencse van, mely a sugaraknak esetleg párhuzamos irányt ad, hogy azokat L rendesen látó szem ideghártyáján, K_2-nél, éles képbe egyesíthesse. A vizsgáló szemben e szerint a vizsgált szem megvilágított helyének fennálló képzetes képe lesz. Egy üveglap helyett Helmholtz

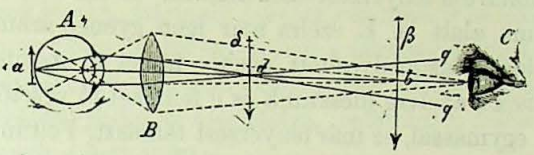
azért vett hármat, mivel ez által, a szemtükrözésnél igen zavaró porczhártyatükörképet, el lehet kerülni. — Az üveglapok által a megvizsgálandó szembe vetett fényt a reflectio sarkította. A porczhártyán visszaverődő fény azért, mint sarkított fény jut vissza az üveglapokra s ezeken majdnem teljes visszaverődést szenved a fényforrás felé, a szemen áthaladott fény ellenben elvesztette sarkításos tulajdonságait, nagy részben átmegy az üveglapokon és bejut a vizsgáló szemébe.

E szemtükörrel meg lehet figyelni a láng képét az ideghártyán, valamint azokat a változásokat, melyeket az a kép a szemnek a közelre vagy távolra való alkalmazkodásakor szenved. Egészben véve azonban mindig fényszegény az átlátszó üveglapok használatakor nyert kép. Azért a fénynek a szembe való vetítésére üveglapok helyett, Ruete kezdeményezése óta, lapos vagy homoru tükröt használnak. A tükör közepén át van likasztva, e likon át néz a vizsgáló a megvizsgálandó szembe. A tükör itt, mint világító felület szerepel s a reá esett fényt a megvizsgálandó szembe veti, az e szemből visszajövő fény részben a tükör likán át jut a néző szemébe.

Midőn fennálló képzetes képben látjuk a vizsgált szem hátterét, az ideghártyának aránylag csak igen kis részét tekinthetjük át. Némely czélra azért sokkal alkalmasabb a szemtükrözés fordított valódi képben, mert ilyenkor a szemnek csaknem egész hátteréhez hozzáférhet a vizsgáló. E czélra a megvizsgálandó A szem elé, 84. ábra, B-ben olyan domború lencsét állitunk, melynek gyútávola közel egyenlő ama lencse távolával A szem csomópontjától. A vizsgáló C szem előtt a tükröt tartjuk (ez az ábrán hiányzik), mely valamely láng fényét a B lencsére veti. B lencse e szerint a megvizsgálandó A szemre nézve mintegy erősen megvilágított korong szerepel, a melytől kiinduló fény A szem hátterében igen kiterjedt szóródásos képet ad, mint azt a szélső pontozott vonalak az ábrán jelölik. E szerint C szem A szemnek igen kiterjedt részét tekintheti át. B lencse azonban itt még egyébként is szerepel. — A szem a pontjából visszavetett sugarak B lencse nélkül b-ben egyesülnének, úgy hogy A szem megvilágított hátterének képe $b\beta$-ban lenne; azonban B lencse összetériti a sugarakat és a pont képe d-ben, valamint A szem többi világító pontjainak képe is a $d\delta$ nyil által megjelölt helyen van. B lencse A szem ideghártyája megvilágított részeinek valódi fordított képét adja $d\delta$-ben. E képet nézi C szem és jól fogja azt látni, mihelyt a dC távolság a vizsgáló C szem látótávolának megfelel. Ha C szem látótávola dC-nél nagyobb, akkor C szemet gyűjtőlencsével kell ellátni, mely a $d\delta$ képből jövő fénysugaraknak olyan

irányt ad, mintha *C* szem látótávolában levő valamely tárgytól indultak volna ki.

Ezek lényegükben azok az elvek, a melyek szerint vannak készítve a jelenleg használatban levő szemtükrök. Ezek közül még csak a Coccius és Heymann által szerkesztett autophthalmoskopot említjük meg, mivel ez eszközzel ugyanazon egyén egyik szemével a másiknak hátterét tűkör és hasáb segedelmével megláthatja.



84. ábra.

A szemtükörrel vizsgált szem hátterét többé-kevésbbé vörösnek látjuk, egyedül az ideg betéréshelye fehér. A vörös alapon követhetjük az ideghártya véredényeit, a mint azok a látóideg betéréshelyén a szembe jutnak és ott elágazódnak, sőt, kivált az inkább oldalt eső részekben még az edényhártya edényeit is ki lehet venni. Az ideghártyagödör (fovea centralis) mint világos foltocska tűnik fel, gyenge világítás mellett sárga színét is fel lehet ismerni.

62. §. Az ideghártya ingerlése.

Az ideghártyát ingerelhetjük erőművi úton, valamint villamosság által is, homolog ingere az ideghártyának azonban a fény.

Az ideghártya *erőművi ingerlése* nyomás, ütés által, fényérzéssel jár. Ha gombostű fejével a csukott szemet nyomjuk, a nyomásnak megfelelőleg fényt látunk a szemen kívül azon irányban, melyből a nyomás által izgatott ideghártyafelületre fény reáesni szokott. Az érzés tehát az ideghártya nyomott helyétől indúl ki. Nyitott szemmel a nyomás által okozott érzést halványnak találjuk, a többi világos látótérhez képest, nyilván mert a nyomott ideghártyarészlet kevésbbé ingerlékeny a fény iránt. Az egész szemtekére elülről gyakorlott mérsékelt nyomás következtében sajátszerű fényalakot látunk (Purkinje). Ilyen nyomást az egész szemtekére, a szemben bezárt fénytörőközegek kisebb fokban folytonosan gyakorolnak. A porczhártyán át a csarnokvízbe szúrt finom kanüllel tett vizsgálatok szerint, a belső szemüri nyomás a csarnokvízben különböző állatoknál 20—30 mm. higanynyo-

másnak felel meg (lásd a 251. lapot). E nyomás elegendő ama gyenge fényérzés támasztására, melyet a legnagyobb sötétségben is megérzünk. A fej felé irányított vértorlódások által a szem véredényeibe nagyobb mennyiségű vér jut, ez növeli a belső szemüri nyomást és fokozza ama fényérzést. Az egész látótérre kiterjedő erős fényérzéssel jár az opticus átmetszése is, mint azt oly egyéneken tapasztalták, a kiknek szemét valamely betegség miatt eltávolítani kellett.

A *villamáram* fényérzést okoz indítása- és szakításakor, kis fokban pedig tartama alatt is. E czélra már igen gyenge áramok is elegendők. Ha például megnedvesített positiv fémet a szemtekére és megfelelő negativet a nyelvre illesztünk és e fémeket jó vezető segedelmével összekötjük egymással, ez már fényérzést támaszt. Feltünőbb természetesen a tünemény, ha gyenge erejű villamtelep áramát használjuk és az egyik elektrodot a szemtekére, a másikat a halántékra vagy a nyakra tesszük.

Az áram megindítására vagy megszakítására az egész látótér felvillamlik; felszálló irányú áram mellett zöldeskék leszálló áram mellett sárga-vörös színben (Brunner). Az áram tartama alatt állandó fényérzésünk van, melynek színe az áramnak a szemben való iránya szerint különböző. Felszálló irányú áram mellett az opticus betérési helyének kivételével, mely sötét marad, az egész látótér ibolyakékes színü. Az ideghártyagödör is némileg eltérőleg tünik fel, a mennyiben ott úgy tetszik, hogy egy világos ibolya színű csüllőszerű korongot sötét s ezen kívül ibolya színű szél vesz körül (Purkinje). Az áram leszálló iránya mellett a látótér vöröses sárga színben tünik elő, de igen kevés fényű, sőt úgy tetszik, sötétebb, mint az átáramoltatás előtt volt (Helmholtz), a látóideg betéréshelye ellenben élénken világos ibolya vagy kék színü. Az ideghártyagödörnek megfelelőleg sötét foltot lehet látni élénk sárga szegélylyel (Purkinje). Igen erős villamáramok alkalmazásakor megfordított a látótér színe; felszálló irányú áram mellett zöld és vörös, leszállónál pedig kék (Ritter). A villamosság ingerhatásának okát itt is a villamáram által okozott elektrotonikus változásokban kell keresnünk. Hogy miért változik meg a látótér színe az áram irányával, ezt egyelőre még nem tudjuk.

A szemnek erőművi vagy villamos izgatása által támasztott impulsusokat a n. opticus az agy megfelelő részeihez vezeti, hol azok működést indítanak meg. E működés, mint fényérzés jut öntudatunkra. A fényérzés e szerint a látóideggel összefüggő agybeli látószervnek a működése. E működést az agyban származó folyamatok megindíthatják és

fenntarthatják minden látható külső behatás nélkül is. Így például álmunkban a tárgyakat valósággal látni véljük. Ilyen képek ébrenlétkor is felléphetnek, főleg elalvás előtt, midőn az öntudat még ébren van; különösen oly tárgyak képei lépnek fel ilyenkor, melyekkel nappal dolgunk volt. Fényérzés ezek szerint igen különböző okokból származhatik; rendes viszonyok között azonban nem az említettek, hanem a szembe beeső *fénysugaraknak* az ideghártyára gyakorlott behatása okoz fényérzést. Míg azonban az erőművi vagy villamos behatások a szemet képesek izgatni, bármely helyére hatottak is be azok az ideghártyának, sőt még akkor is, ha egyenesen a látóideget érték, addig a fény az ideghártyának csak végkészülékeit, a pálczikákat és csapokat képes izgatni, egyébként pedig az ideghártya, valamint a látóideg rostjai is, nem fogékonyak a fény iránt.

Hogy a látóideg rostjai, mint olyanok, nem fogékonyak a fény iránt, ezt számos tapasztalat bizonyítja. A látóidegre vagy ennek keresztmetszetére eső fény nem izgatja az ideget, épen úgy, mint nem izgat a fény egyéb idegeket sem. Az a körülmény, hogy a tárgyakat felismerni, minden részletüket meglátni tudjuk, az ideghártyán elterülő idegrostoknak fény iránt való ingerlékenysége ellen bizonyít, mert ha a fény ez idegrostokat izgatná, akkor egy idegrostot is nem a képnek megfelelő egyetlen ponton izgatná, hanem mindazokon a pontokon, melyeknek képe az idegrostot a szemben való lefutása közben akárhol éri, és mind ezek egyetlen érzést okoznának; e pontokat tehát egymástól megkülönböztetni nem volnánk képesek. Egyébiránt, hogy az idegrostok fény által nem ingerelhetők, erről kísérlet által bárki is meggyőződhetik. A látóidegnek a szembe való betéréshelyén az ideg minden rostja kis téren van összefoglalva; ha az idegrostok ingerelhetők volnának a fény által ez esetben, midőn fény esik reájok, az egész látótért megvilágítva kellene látnunk, mivel itt a fény a látóideg minden rostját izgatja; a kísérlet ennek épen az ellenkezőjét bizonyítja. Valamely fényforrás fényét valamely szem látóidegének betéréshelyére lehet vetni a szemtükörrel és az illető mindaddig nem érez fényt, míg az az ideghártya egyéb helyeire el nem jut. Ugyanezt bizonyítja a következő kisérlet is: ha jobb szemünket behunyjuk s az alatt balszemünkkel a 85. ábrán megjelölt keresztet rögzítjük és fejünket az ábrától 20—30 centimeternyi távolban tartjuk, könnyen fogunk fejünknek olyan állást találni, melyben az egész nagy fehér körfelület láthatlan és a fekete alap megszakítás nélkül látható lesz. Hogy a szemnek e *vakfoltja* a látóideg betérés helye, erről meglehet győződni, ha fehér papir-

lapon egy fekete pontot egyik szemmel rögzítünk, az alatt mialatt a második szem zárva van. Kezünkben tentába mártott irótollat tartva ennek hegyét, a papiron mindaddig oldalt vezetjük, míg az a fekete pontot mindig rögzítő szem előtt el nem tűnik. A tollhegygyel tovább menve, az nem sokára ismét látható lesz. Ha a tollat rézsút, valamint fel- és lefelé vezetjük és azokat a helyeket megjelöljük, melyeken a toll eltűnik és a melyeken ismét láthatóvá lesz, végre a papirlapnak a szem megjelölt állása mellett láthatlan része egészen körül lesz határolva és ki fog tünni, hogy ezen körülhatárolt hely, alakját és nagyságát illetőleg, teljesen megegyezik a látóideg betéréshelyével, sőt látni lehet a rajzon a látóideg-dombcsából kitérő edények sötét helyeit is. Magától értetődik, hogy a vakfoltnak így rajzolt nagysága a papir távolsága szerint a szemtől változik; de ha e távolságot ismerjük, a vakfolt nagysága és helye a szemben kiszámítható. A látóvonal és a vakfoltnak az ideg-

85. ábra.

hártyagödör felé eső széléhez vezetett irányvonal Helmholtz szemében 12°25′-nyi szöget képeznek, ugyanazon látóvonal és a vakfolt tulsó széléhez vezetett irányvonal 18°55′ szög alatt térnek el egymástól. Ezek szerint a vakfolt két széléhez vezetett irányvonalak 6° 30′-nyi szöget képeznek egymással. Feltéve, hogy ama szem közös csomópontja mögött 15 mm.-rel van az ideghártya, a vakfolt Helmholtz szemében 1.81 mm. átmérővel fog birni; mi a hulla szemeken tett mérések eredményével teljesen megegyezik. Weber E. H. két hulla szemen a vakfolt vízszintes átmérőjét 1·72, illetőleg 2·1 mm.-nyinek találta. Ez akkora kiterjedés, melyen 11 holdnak a képe elférne.

Annak daczára, hogy a vakfolt helyével tényleg nem látunk, ez a látótérben nem képez hézagot. Mi ugyanis fényhiányt csak ott érzünk, a hol fényérző idegelemek vannak. Ilyenek azonban a vakfolt helyén nincsenek. Minthogy pedig a vakfolt környezetéről látóérzéki benyomásokat nyerünk, az öntudat a valószínüség szerint kiegészíti magának

a látott tárgyakat. A két szemmel való látásnál előnyünkre van még az a körülmény is, hogy a mely tárgy képe az egyik szemben a vakfoltra esik, az a másik szemben épen látó ideghártyarészletre jut.

Hogy az ideghártya pálczika-csapréteg a fényérző, ez az ideghártya edényei árnyékának észrevevése alkalmából tett mérésekből tünt ki. Müller H. üveglencsével fényt vetített az inhártyára és mozgatta s aztán e fénynek az ideghártyán végzett excursioját körzővel megmérte; ugyan ez alatt a véredények árnyékát s az ez által befutott utat is megfigyelte és ezekből kiszámította az ideghártya fény által ingerelhető rétegének távolságát a véredények mögött. Feltéve például, hogy a fényforrást a 80. ábra szerint b-től a-ig mozgattuk, akkor a v edény árnyéka az ideghártyán β-ból α-ig, a látótérben tehát A-tól B-ig tért ki. Mérhetők ez esetben $b\,a$ és $A\,B$ távolságok. Ismerve van k-nak, a szem csomópontjának, a helye a mintaszemben és így kB és $k\beta$ is, a miből $\beta\alpha$ távolság kiszámítható. βa-ból és $b\,a$-ból pedig kiszámítható $\beta\,v$, $a\,v$, $b\,v$ és $a\,v$. Müller H. szerint βv, azaz, a véredény távolsága az árnyékot felfogó és ezt megérző felülettől 0·2—03 mm.-t tesz, a mi a véredények távolságának az ideghártya pálczika-csapréteg étől megfelel.

A pálczika-csapréteg, mint fényérző réteg mellett bizonyít az a tapasztalat is, hogy két vagy több világító pont képeit az ideghártyán mint különállókat ismerjük fel és ezek alapján tájékozódunk a látott tárgyak nagysága és alakja iránt, a mi csak akkor lehetséges, ha a fény egymás mellett mozaikszerűen elrendezett elemeket izgat az ideghártyán. Még inkább növeli az e tekintetben való bizonyosságot a látás élességének vizsgálata, melyből kitünt, hogy két fényingert mint különbözőt csak addig vagyunk képesek felfogni, míg azok képe az ideghártyán különböző pálczikákra és csapokra esik. Egy-egy csap átmérője a sárga folton 0·0045—0·0055 mm.-nek felel meg (Kölliker). Helmholtz képes volt vizsgálatainál két vonalat külön-külön felismerni, ha az ezektől húzott irányvonalak 64″ látószög alatt eltértek egymástól, mi az ideghártyán 0·00644 mm. távolságnak felel meg. Ha a vonalakat a 64″-nél, valamivel kisebb szög alatt nézzük meg, akkor azok összeolvadásuk előtt helyenként megvastagodva és törve tetszenek, mi onnan van, mert egy-egy vonal képe majd egy egész csapra esik, majd kettőre úgy, hogy félig az egyiket, félig a másikat fedi, ez utóbbiaknak megfelelőleg azért a vonal megvastagodottnak látszik (Bergmann).

Ha mindez elősorolt körülmények kétségtelenül bizonyítanak is a pálczika-csapréteget fényérző réteg volta mellett, kérdés még, vajjon a

pálczikák is fényérző elemek-e vagy csak a csapok. A kérdés annál jogosultabb, mivel a szem élesen látó helyén, az ideghártyagödörben, csak csapok vannak és mivel másfelől az is tény, hogy oldalt az ideghártyagödörtől, hol a csapok közé pálczikák keverődnek, két képnek jóval távolabb kell lenni egymástól, hogy külön-külön felismerhetők legyenek. E viszonyok tanulmányozására szerkesztették Aubert és Förster a *perimetert*. Az eszköz fokokra osztott félív, melynek középpontjában a megtámasztott fej szeme van. A félív közepén keresztül vezetett tengely körül forgatható, forgatása alatt félgömb felületet ir le. A szem a félív közepét rögzíti, mialatt a megfigyelendö tárgyat, két likat fényáthatlan felületen, a fél íven addig visszük tovább a látótér széle felé, míg azt a szem felismerni képes. A félív, tengelye körül való forgatása által, a szem különböző delelőinek megfelelőleg állítható be. Magam hasonló vizsgálatokra 70 cmt. oldalhosszal biró négyszögű kártyapapir közepétől, egymástól 30°-nyi szögeltérés alatt, tizenkét sugarat vezettem. Minden sugár hossza végig cmt.-ekre volt beosztva. A papirlap közepéből 9 □ cmt. terjedelmű felületet vágtam ki, azon czélból, hogy abba egy a kivágás mögé közvetlenül illesztendő hasonló alakú és nagyságú tükör teljesen beállítható legyen. A tükör kemény papirgyűrűbe fogva a gyűrűvel együtt a kártyapapir hátsó lapjára megfelelő keretben úgy volt odaerősítve, hogy a tükör épen a papirlap kivágásába jutott. Ily összeállítás mellett a gyűrű és vele az üveglap is egy, a papirlap központjára függélyesen álló tengely körül volt forgatható. A tükörlapról a fémmázt két helyen kellő terjedelemben és alakban, valamint kellő távolságban egymástól, eltávolítottam; e helyeken át estek a néző szemébe a kártyalap mögött álló fényforrás sugarai. A fej rögzítésére a függélyesen felállított készülék előtt két tartó közé fogott vékony falécz szolgált. A falécz oly magasan állott, hogy midön a vizsgáló azt fogai közé vette, az illető szem, melylyel a vizsgálatot tette, épen a tükörlap központjának magasságába került. A fejnek mindig oly tartást kellett adni, hogy az illető szem látóvonala a tükör közepére függélyesen essék. Innen kiindulva a vizsgáló szem látóvonala a papirlap egyes sugarain egymás után végig ment, mialatt a kisérletező arra a távolságra figyel, mely mellett a tárgyakat még épen külön felismerni lehetett. A szem a tükörlaptól 13 cmt. távolságban volt.

A következő táblázatban egy ilyen vizsgálat eredményét mutatom be. A vizsgálat jobbról felfelé s onnan tovább körben történt, mint az a táblázatból is kitünik. Az első hasábban a szem delelőjének az az iránya van feltüntetve, melyben a meghatározás történt, a másodikban azon

pont távolsága a látóvonaltól, melyben a két tárgy külön még felismerhető volt, a harmadikban végre ugyanaz a távolság foglaltatik szögértékekben; a második és harmadik hasáb értékei a jobb szemre vonatkoznak, a negyedik és ötödik hasáb pedig a megfelelő értékeket a balszemre nézve foglalják magukban.

Két 4 □ mm. terjedelmű négyszög 8 mm. távolban egymástól.

Irány	Jobb szem		Bal szem	
	centiméter	fok	centiméter	fok
Jobb	14	47°	17	53°
Jobb felső[1]	12	43	17	53
Jobb felső[2]	14	47	14	47
Felső	14	47	13	45
Bal felső[1]	21	58	16	51
Bal felső[2]	20	57	14	47
Bal	17	53	13	45
Bal alsó[1]	15	49	11	40
Bal alsó[2]	15	49	11	38
Alsó	11	40	10	38
Jobb alsó[1]	17	53	17	53
Jobb alsó[2]	17	53	17	53

Mint e táblázatból kitünik, a környéki látás élessége korlátolt. A szem egyes delelői irányában különböző. Legtovább különböztetünk meg két pontot egymástól a vízszintes síkban, s ebben a szemek orri oldalán tovább mint a halántéki oldalon. A szögeltérés, mely alatt az ideghártyagödörtől oldalt két pontot egymástól megkülönböztetni tudunk, e pontoknak egymástól való távolságával nő. Kitünik ez akkor is, ha az ideghártya minden egyes helyének megfelelő azt a távolságot határozzuk meg, melyben két egyenlő nagy és világos pontnak egymástól állani kell, hogy mint különállók felismerhetők legyenek.

Mindezek alapján nemcsak a csapoknak, hanem a pálczikáknak is tulajdonítunk fényérző képességet. Ezt bizonyítja az a tapasztalat is, hogy vannak állatok, a melyek ideghártyájában egyedül pálczikák találhatók és látnak, valamint az is, hogy ha a pálczikák fényérző képességgel nem bírnának az ideghártya környéki részeivel, mozgó testet úgy kellene látnunk, hogy ez minduntalan eltünik, akkor t. i., midőn képe pálczikákra esik, a mit pedig senki sem látott. — Midőn a szem környéki részeinek látásélessége, illetőleg helyérzése csökkent voltának okát keressük, önkénytelenül feltünik a hasonlatosság e között és a börön a hely-

érzés finomságát illetőleg tett tapasztalatok közt. Ez utóbbiakat Weber szerint az érzőkörök felvételéből magyaráztuk. Az a bőrterület, melyben a környéki vége előtt esetleg elágazódó egyetlen idegrost végszervei vannak, csak egyetlen érzést közvetít, sőt úgy mondtuk, hogy szükséges, miszerint a két ingerelt hely közt több érintetlen érzőkör fennmaradjon. Az ideghártyát illetőleg is legközelebb áll az a felvétel, hogy környéki részein több fényérző elem egyetlen idegrosttal van összeköttetésben. Fel lehet tenni, miszerint egyetlen idegsejt, melyben az opticusnak egy tengelyfonala végződik, az ideghártya környéki részein mind több és több pálczikába küldi protoplasmanyulványait. A hasonlatosság a bőrön tapasztalt viszonyokkal annyira megy, hogy folytonos gyakorlat által a helyérzés finomságát, úgy mint a bőrön, az ideghártya környéki részein is fokozni lehet.

Ama kérdést illetőleg, hogy mi módon izgatja a fény a pálczika-csapokat, a vizsgálatok eredményei határozottan vegyi befolyásra látszanak utalni. A pálczika-csapokat az ideghártyafelhám fonalszerű nyulványai veszik körül, mely nyulványokban azon sejtek festéke a fény behatása alatt egészen a pálczika-csapok belső tagjai közé hatol, sötétben pedig a sejttestbe visszahúzódik, sőt a sejtek fonalszerű nyúlványai is a pálczika-csapok külső tagja körül, sötétben tetemesen visszahúzódnak (Kühne). A festékes hám festéke a reá esett fény iránt nemcsak érzékeny, hanem legnagyobb részben el is nyeli azt. Az így elnyelt fényről fel lehet tenni, hogy vegyi változásokat okoz, mely változás terményei aztán az opticus végkészülékeire ingerként hatnak. Albinosok, kiknek szemében a retinafelhám festéke hiányzik, szintén látnak, ezen festéken kívül tehát még egyéb anyagoknak is kell itt közreműködni. Erre utal egyébiránt a *retinabibor* felfedezése is (Boll).

Sötétben tartott állatok ideghártyája t. i. vörös színű. E vörös szín a világosság behatása alatt eltünik, és sötétben újra előáll. Kühne tapasztalatai szerint csak a pálczikák külső tagja tartalmazza a piros színű anyagot, a retinabibort. Ha a szemből kivett és a napfény behatása alatt elhalaványúlt ideghártyát a szembe visszatesszük és sötétben tartjuk: újra vörös lesz, s ez így tart míg a retinafelhám él. — 4% timsóoldat megszüntetheti a retinafelhám életképességét, és a retinabibort megóvja a fényben való elhalaványulástól; ha tehát sötétben tartott szembe fényt hagyunk beesni és a szemet ezután $4^0/_0$ timsóoldatba teszszük, akkor az ideghártyán ama fényforrás képe állandósítva lesz, úgynevezett *optogrammot* kapunk (Kühne). A retinabibor jól oldódik epesavoldatokban. Az oldatok a fény behatása alatt szintén elhalaványúlnak.

Elhalaványítják: a fehér fény, az egyszerű fénysugarak közül leghathatósabban a zöld és sárga fény, erre következik a kék és vörös. A sötét hősugarak, mint tapasztaltam, a retinabiborra hatástalanok.

Mindezekből méltán következtethető, hogy a retinabibor a látással egyenes viszonyban áll. Feltünő csak az, hogy e retinabibor a csapokon és így a szem legélesebben látó helyén, az ideghártyagödörben, hiányzik. A legélesebb látás tehát retinabibor nélkül történik. Azonban a retinabiboron kívül némely állatok szemében még egyéb színes anyag is van. Békaszemben a vörös pálczikák között világos zöldszínűek is fordúlnak elő, melyek a fény behatása alatt szintén elhalaványúlnak. Fel kell azért tenni, miszerint az ideghártyában több olyan anyag is van, mely a látásnál közreműködik, de a melyeket eddigelé nem tudtunk még felismerni. Nem tudjuk, miképen hatnak ingerként ez anyagok bomlásterményei az ideghártya megfelelő elemeire, de hogy a pálczikacsapok külső tagját izgatják, erre utal nemcsak a felismert és a fény behatása alatt változó anyagok jelenléte épen azon képletek külső tagjában, hanem az a tapasztalat is, hogy némely alsóbb rendű állat szemén az ideghártya rétegei megfordítva következnek egymásután, úgy hogy a porczhártya felé a pálczika-csapok állanak, oly pálczikacsapok, melyeknek csak külső tagjához juthat el a fény, minthogy a többi részek mind fényáthatlan festékanyaggal vannak borítva (Hensen és Schultze M.).

Végre megemlíthetjük még, hogy újabban a csapoknak belső és a pálczikáknak mind két tagját a fény behatása alatt összehúzódni, sötétben pedig meghosszabbodni látták (Engelmann *s mások*). Ép központi idegrendszer mellett e hatás mind két szemre kiterjed még akkor is, ha a fény csak az egyik szemet világítja meg. Engelmann szerint azért az ideghártyában, a fényérzést közvetitő idegrostokon kívül, mozgató impulsusokat vezető idegrostoknak is kell lenni.

63. §. Fényérzés.

A bennünk fényérzést támasztó æther hullámok különbözők, különböző hullám hossz mellett különböző sebességgel rezegnek, minek megfelelőleg az ideghártyára gyakorlott hatásuk eredménye is különböző az érzésben. A napfény ilyen *vegyes æther hullám*, az általa bennünk támasztott érzést *fehérnek* mondjuk. Valóban azonban a napfény nem fehér, hanem gyengén vörös színű. Kitünik ez, ha a szem előtt kék üveglapot tartunk úgy, hogy ez a szem látóterének felét fedje el, mialatt a látótér

második fele szabad, és a napfényt fehér felülettől, péld. fehér felhőtől nyeri. Ilyenkor t. i. a szem előtt tartott üveglap elmosódott széle nem világoskék, mint lennie kellene, ha a napfény fehér volna, hanem ibolyaszínű, jeléül annak, hogy a napfény nem fehér, hanem vörös. A legfehérebb fény még a villamlámpa fénye, többi világító tárgyaink fénye sárga-narancs színű. Hogy a napfényt vörös színárnyalata daczára fehérnek mondjuk, ez onnan van, mert mi azt mint uralkodó fényt nagyon megszoktuk. A viszony ugyanaz, mint ha valaki állandóan kevéssé zöld szemüveget hord, ezt is úgy megszokja, hogy végre a tárgyakat abban a színben véli látni, mint melyben ezeket puszta szemmel látta. Befoly itt még az a tapasztalat is, hogy, mint látni fogjuk, az ideghártya a vörös fény iránt kevésbbé fogékony, mint más színérzést támasztó fény iránt. A napfényt, vagy jobban mondva a csaknem minden létező ætherhullámot tartalmazó vegyes napfénynek szemünkre gyakorlott behatása által bennünk támasztott érzést, fehérnek mondjuk. Kevés fehér a *szürke* érzését okozza. A szürke annál sötétebb, minél gyengébb a szemünkre ható fehér fényhullám. Minden fény hiányát *feketének* érzünk. Minthogy a vegyes fényhullámot összetevő *egyszerű ætherhullámok* töröképessége különböző, azért fel lehet bontani a nap vegyes fényét az azt összetevő egyszerű ætherrezgésekre; legegyszerűbben ha a fénysugarakat üveghasábon bocsátjuk keresztül. Így nyerjük az úgynevezett színképet, melyben az egyes ætherrezgések törési viszonyuknak megfelelőleg egymás mellett sorban vannak elhelyezve. A természettanban ez egyszerű ætherrezgések legnagyobb részét az érzés szerint nevezzük el, melyet a szembe való behatásuk folytán bennünk támasztanak; egyedül a leggyorsabban és leglassabban haladó sugarakat, hőhatásuk illetőleg vegyi hatásuk után, mondjuk sötét hő- illetőleg vegy-hatású sugaraknak.

A következőkben meg fogunk ismerkedni először az egyszerű ætherrezgések által bennünk támasztott érzésekkel, az egyszerű színekkel, ez után pedig áttérünk az azok keverése folytán nyert különböző vegyes ætherhullámok által okozott érzésekre, az összetett színekre.

A) Egyszerű színek.

A napszínképben külön betűkkel megjelölt sötét vonalak, a Frauenhofer-féle vonalak a színképnek oly helyei, melyeknek megfelelő ætherrezgések a napfényben hiányoznak. Ezek segedelmével könnyen megjelölhetjük a színkép egyes részeit. Mint mondtuk a színkép a sötét hősugarakon, mint leggyorsabban tovább terjedő és a hasábban legkis-

sebb törést szenvedett sugarakon, kezdődik. Erre következnek a *vörös* fényérzést okozó sugarak; kezdetüket veszik valamivel a FRAUENHOFER-féle *B* vonal előtt és terjednek *C*-ig (450—472 billio rezgési szám 0·0006878—0·0006546 mm. hullámhosszal). *C* és *D* közt az érzés *narancs-* majd *aranysárga szinű* (*D*=526 billio rezgésszám 0·0005888 mm. hullámhossz). *D*-től *E*-ig minden színátmenet a sárgától a *zöldbe* megvan (*E*=589 billio rezgés 0·0005260 mm. hullámhossz). *E* előtt közvetlenül teljes zöld a színkép. *E* és *F* közt a *zöldeskéken* át *kék* lesz (*F*=640 billió rezgés 0.0004843 mm. hullámhossz). *F*-nél tiszta kék a színkép. *F* és *G* közt a színkép kék része mindinkább *ibolyába* megy át (*G*=722 billió rezgés, 0·0004291 mm. hullámhosszal); e köz *F*-felé eső harmadát *cyankéknek*, *G* felé eső többi kétharmadát *indigokéknek* mondjuk. *G*-n túl *H*-ig és tovább terjed az ibolyaszín (*H*=790 billió rezgés, 0·0003928 mm. hullámhossz). Végre az ibolyán túl következnek még a láthatlan vegyhatású sugarak. Mind e sugarak közül az elsőket és utolsókat nem látjuk.

Hőhatása a színkép minden részének van. Legkisebb a színkép ibolyarészében, innen a kék, zöld, sárga és narancson át a vörös végső határáig folytonosan nő a hőhatás és legnagyobb a színkép láthatlan, egyenesen csak hőmérő által kimutatható, részében. Hogy ez utóbbi sugarakat nem látjuk, ennek csak két oka lehet, ugyanis: vagy nem jutnak el e sugarak az ideghártyáig, vagy ha el is jutnak oda, azt izgatni nem képesek. Én a kérdést eldöntendő, oly szemet készítettem, melyben az ideghártyát 36 bismuth-antimon elemből álló 2 cmt. hosszú és 2 cmt. széles kaucsuk-gyűrűbe foglalt thermoláncz pótolta. A mesterséges szembe friss szemből kivett üvegtestet és szemlencsét tettem, szabad nyilását végre porczhártya által zártam el. A porczhártyára esett fénynek ezek szerint a szem fénytörő közegein kellett átmenni, hogy a thermoláncra eljusson. A porczhártyára egyfelől direct sötét hősugarakat bocsátottam, másfelől pedig a vegyes napfényt vagy egyéb mesterséges fényforrásaink sugarait, úgy azonban, hogy a szem elébe csillámból készült edényt tettem, mely a világító sugarak visszatartása czéljából jóddal festett szénkéneggel volt megtöltve. A vizsgálatból kitünt, hogy a szemre eső összes vegyes sugarak 27·7%-ka, a sötéteknek pedig 18·1%-ka jut el az ideghártyáig. Ha saját szemünket a jóddal festett szénkénegen átment sugarak behatásának kitesszük, fényt nem érzünk. A sötét hősugarak eljutnak tehát az ideghártyáig, de ezt izgatni nem képesek. Megegyezik evvel az a tapasztalatunk is, hogy a sötét hősugarak a retinabibort nem színtelenitik el, míg a többiek igen.

Az ibolyán túl következő úgynevezett *vegyhatású sugarak* jelenléte, sokáig csak a légenysavas ezüstéleg és egyéb érzékeny anyagokra gyakorlott bontó hatásuk által volt ismerve. Jelenleg e sugarak jelenlétét a fluorescentia segedelmével könnyen ki tudjuk mutatni, azaz némely testek ama tulajdonsága által, hogy a reájok eső fényt egészen megváltoztatva vetik vissza. Így például az igen híg chininoldat égkék színben fluorescál ha fény esik reá, sőt akkor is, ha a reá eső fény ultraviolett sugarakból áll. Sikerült azonban Stokes és Helmholtz-nak kimutatni, hogy e vegyhatású sugarak az ideghártyáig eljutnak és ezt izgatják is. Ha ugyanis a színképnek látható részét elfedjük és egyedül e sugarakat bocsátjuk a szembe: gyenge fényt érzünk. Úgy tetszik tehát, mintha a vegyhatású sugarak az ideghártyát izgatni volnának képesek, csakhogy ingerhatásuk olyan csekély, miszerint a többi sugarakkal való együttes behatása mellett azt észre nem vesszük. De ha meggondoljuk, hogy az ideghártya maga zöldes-fehér színben fluorescál, akkor valószínűbbnek kell mondanunk, miszerint az ideghártya az ultraviolett fény iránt vagy épen nem, vagy legalább csak igen csekély fokban érzékeny. Láthatókká lesznek e sugarak az által, hogy a fluorescáló testek rezgési számukat megváltoztatják s igy megváltoztatva, kék, zöld vagy más színérzést keltő fényhullám alakjában, izgatják az ideghártyát.

Azonban *a színképnek látható része iránt* sem egyforma érzékeny az ideghártya. Már a színkép egyszerű megtekintéséből is kitünik, hogy a színkép zöldes-sárga része, a *D* Frauenhofer-féle vonaltól *E* felé legélénkebben hat szemünkre; innen a vörös és ibolya felé csökken a hatás élénksége. Határozottan kitünik az direct ez irányban tett mérések által, melyeket régebben Frauenhofer photometrikus úton, és újabban Vierordt a spektroskoppal tett. Vierordt valamely színképi szín hatásának fokát azzal a fehér fénynyel mérte, mely a színkép illető helyére bocsátva még épen nem volt észrevehető. A fehér fénynek fokonkénti gyengítése, vagy a mérendő színes fény lassú erősbítése által oly viszonyt állított fel a fehér és színes fény közt, mely szerint a színképnek a fehér és színes fény által megvilágított része, nem különböztethető meg a színképnek egyedül a színes fény által megvilágított reszétől. Az ilyenkor szükséges fehér fény viszonylagos mennyisége mértéke volt az illető szín fényerejének. Ha a *D*—*E* közé eső zöldes sárga fény erejét 1000-re tesszük, akkor Vierordt szerint a vörös fény ereje *B*-nél 22, a narancsé *C*-nél 128, a sárgáé *D*-nél 780, a zöldé *E*-nél 370, a cyankéké *F*-nél 128, az indigokéké *G*-nél 8, végre az ibolyáé *H*-nál 0·7.

Megegyeznek evvel a Weber-féle törvény értelmében tett azon kísérletek eredményei is, melyeknél a fényerőnek az érzésben még épen észrevehető legkisebb változását kutatták. Így Lamanszky photometrikus úton tett vizsgálatai szerint megérezzük a színkép sárga és zöld részeinek erőbeli változását, ha ezek fényereje eredeti nagyságának $^1/_{286}$-részével, a kéket ha $^1/_{212}$-dével, az ibolyaét $^1/_{166}$-dával, a narancsét $^1/_{48}$-dával és a vörösét $^1/_{71}$-dével változik. Az ideghártyának a vörös fény iránt való kisebb fogékonysága kitűnik abból is, hogy ha nappal olyan kék és vörös papirt választunk ki, melyek egyenlő világosaknak tetszenek s ezeket alkonyatkor nézzük meg, a kék a vörösnél sokkal világosabbnak fog látszani. A fehér fényt illetőleg a talált értékek $^1/_{100}$ (Volkmann) és $^1/_{186}$ (Aubert) közt változtak, azaz az eredeti fénynek $^1/_{100}$—$^1/_{186}$-részével kellett erejében változni, hogy ez erőbeli változást az érzésben felismerjük. Mint a további vizsgálatok kiderítették, a talált értékek nem állandók, a fényváltozás felismerésének finomsága csak középvilágítás mellett olyan nagy, mint fennebb jeleztük; úgy kisebb, mint nagyobb fényerő mellett csökken (Helmholtz). Fechner ennek okát abban véli, hogy a fényerő nagyobbodásában határ van, melyen túl az érzés az inger nagyobbodásával nem fokozódik, gyenge fénybehatásoknál pedig, melyekhez képest a belső szemüri nyomás által okozott fényérzés már nem elenyésző csekély és befolyást nyer a kísérletre, ez is módosítja a kísérlet eredményét. E kívül tetemesen nehezíti az ilyen irányú vizsgálatot az ideghártya fény iránt való fogékonyságának változása a reá ható fény erejének csökkenésével. Általánosan ismert dolog például, hogy midőn tiszta világos napon, kívülről szobába lépünk, ez esetleg annyira sötétnek tetszhetik, miszerint magunkat benne ki nem ismerjük, rövid idő múlva azonban szemünk a szobában levő csekély világosságot megszokja, hozzá alkalmazkodik és mi ama szobában egészen jól tudunk tájékozódni.

Igen erős és gyenge fény iránt szemünk annyira nem érzékeny már, hogy bizonyos határon túl az ezek által bennünk támasztott érzések nem is felelnek meg az illető szem által egyébként keltett színérzéseknek. Így minden szemünkre igen erősen, vakítólag, beható színképi szín többé-kevésbbé fehérnek tetszik nekünk. Az ibolyaszín legkönnyebben támaszt fehér érzést, a kék halvány ibolyának s még erősebb fényben fehérnek, zöld eleintén sárgászöldnek, majd szintén fehérnek tetszik. A sárga fény is könnyen változik át erős világítás mellett fehérré, a vörös ellenben nehezen. Épen úgy fényszegény világításban minden szín többé-kevésbbé szürkének tetszik. Legkönnyebben történik

ez kék fénynyel, ez után következik az ibolya, narancs és zöld fény, végre pedig a tiszta sárga és vörös is; ezek közül a narancs eleintén vörös, a sárga vörös-sárga, a zöld sárga, a vörös sötétbarna lesz mielőtt szürkének tetszik.

A színérzés ezek szerint az érzést támasztó aetherhullámok lengési számától és azok erejétől függ. Ezeken kívül, hogy fényérzés létrejöhessen, a sugaraknak bizonyos ideig kell az ideghártyára behatni, melynél rövidebb ideig tartó behatás fényérzést támasztani nem képes. Egészben véve igen rövid ideig tartó fényinger is elegendő már, hogy fényérzés támadjon. Pillanatnyi ideig tartó villamszikra is fényérzést okoz. De ilyen felette rövid fénybehatásra csak fényt érzünk, színt ellenben nem ismerhetünk fel alatta. Valamivel hosszabb ideig tartó izgatás alatt már színt is erzünk, csakhogy lehet, miszerint ez esetleg még nem az illető sugaraknak megfelelő színe; zöld például élénk sárgának tünik fel és csak valamivel hosszabb ideig tartó behatás után lesz az érzés zöld. A viszonyok hasonlók a fényerő nagyobbodásánál tapasztaltakhoz. A vörös, zöld és kék felismerésére a fénynek ugyanazon intensitás mellett legalább is 0·0573, 0·133 illetőleg 0·0916 mp.-ig kell szemünkbe behatni.

Nem közönyös a színezésre az illető fényforrás *képének nagysága* sem az ideghártyán. Ez lehet olyan kicsiny, hogy fényérzést támasztani tud, de színérzést még nem, ha innen kiindulva a kép nagyságát fokozzuk akkor a színérzésben ugyanazokat a változásokat tapasztalhatjuk, mint a melyeket a fényerő változásánál láttunk.

Végre vannak még egyéb körülmények is, melyektől valamely színérzés minősége függ, egy ilyen az, vajjon az ideghártyagödörre vagy ettől oldalt eső ideghártyarészekre esik-e a fény, egy második pedig az, a mit a színérzésben egyidejű ellentétességnek nevezünk.

A *környéki színérzést* illetőleg a mások és általam tett vizsgálatok eredménye szerint az ideghártya annál kevésbbé érzékeny a színek iránt, minél inkább oldalt esik a vizsgált rész a fovea centralistól. Az érzékenység e kisebbedése az ideghártya környéki részeiben különböző az ideghártya egyes delelői irányában és különböző az egyes színeknél. A vizsgálatok a megelőző §-ban leírt saját perimeterem segedelmével színképi színekkel tehetők. Az ilyen vizsgálatokból kitünik, hogy minden szín befelé, az orri oldal felé ismerhető meg legtovább; erre következnek a belső-felső és belső-alsó irányok; fel és lefelé meglehetősen egyenlő távolra terjed ki színérzésünk; a szem halántéki oldala felé úgy felülről, mint alulról mind kisebb térre szorul, legkisebb kiterjedésű

pedig a színlátás magán a szem halántéki oldalán. Az egyes színek iránt való érzékenységet illetőleg, az ideghártya-gödörtől oldalt legkisebb távolban szemünk a narancsszínt érzi meg, és nevezetes hogy e távolságon túl a narancsot sárgának majd egészen színtelennek látja; már valamivel tovább látjuk meg a vörös színt, mely lassú halványodással színtelen fényérzésbe megy át; feltünő fokban messze terjed a sárga és zöld színérzés, a sárga halvány lesz kissé zöldes árnyalattal majd egészen eltünik, a zöld színtelen fénybe megy át; a legszélsőbb határokig bírjuk megismerni a kéket és az ibolyát, a kék mind kevésbbé telített lesz, végre homályos ködként mutatkozik, az ibolya csakhamar sötétkék lesz és ezentúl úgy változik meg, mint a kék színérzés. Minthogy a színérzés az ideghártya-gödörtől már kis távolban gyengült, és pedig sokkal inkább, mintsem az ideghártyabeli kép objectiv fényszegénységének megfelel valamint a fény minősége szerint is különböző fokban, azért fel kell tennünk, hogy az ideghártya érzékenysége a színek iránt a sárgafolttól a körzet felé csökken, még pedig a színek szerint különböző mértékben.

Az *egyidejű ellentétesség a színérzésben* (Simultancontrast) azon módosító befolyásból származik, melyet egyik nemű fény behatása által támasztott érzés, egyidejűleg beható más fény által okozott érzésre gyakorol. Így például, ha két fekete csík fehér csíkot környez, akkor ez utóbbinak a feketével határos két széle közepénél fehérebbnek tetszik. Igen feltünő hasonló tünemények lépnek fel színes fény behatása alatt. Igy például alkonyatkor, midőn a napfény gyenge, úgy hogy gyertya vagy lámpa is már árnyékot vet, fehér papiron valamely tárgynak két árnyékát állíthatjuk elő, az egyiket gyertya adja és a fehér napfény világítja meg, a másik a napfénytől származik és az előbbeni gyertyától nyeri sárga fényét. A két árnyék közül az utóbbi tényleg sárgának, az előbbeni azonban kéknek nem pedig fehérnek tetszik. Ez árnyék kék színe eltünik, mihelyt a gyertyafényt eltávolítjuk. Ha ilyenkor valamely csövön keresztül a napfény által megvilágított árnyék helyére nézünk, úgy hogy e helynél egyebet nem is látunk és ezután a gyertyának előbbeni helyére való visszahelyezése által állítjuk elő az árnyékot, akkor a csövön keresztül látott árnyék színtelennek, fehérnek, fog tetszeni s ez mindaddig, míg az árnyékon kívül eső tért nem látjuk, mely utóbbi esetben amaz árnyék ismét kék színben tünik elő. Színes árnyékokkal nagy változatosságban lehet ilyen kísérleteket tenni. Ha például besötétített szoba ablaktáblájába, bizonyos távolságban egymástól, két négyszögű nyílást készítünk, az ezeken keresztül a szobába beeső fény

a szobában álló valamely tárgyról szintén két árnyékot adhat, melyeket a nyilás elé tartott színes üveglapok segedelmével különböző színű fénynyel lehet megvilágítani. Egyszerű kísérlet az is, melynél színes papirdarabra kis darab szürke papirt teszünk s az egészet megfelelő nagy, fehér, átlátszó selyempapirral fedjük be. A szürke papirt ilyenkor nem szürkének látjuk, hanem az illető színes papir kiegészítő színében (lásd a 326. lapot). Ez egyidejű ellentétesség a színérzésben elmarad, mihelyt a szürke papir határát az azt fedő fehér selyempapiron fekete vonallal megjelöljük, vagy, ha átlátszatlan papirt tartunk a szürke papir mellé. A tünemények okát illetőleg a mondottakból kitűnik, miszerint azt magunkban kell keresni. Fechner abban a véleményben van, hogy itt egyik ideghártyarészlet izgatása az ideghártya többi részeinek ingerlékenységét módosítja. Hering szerint ez úgy történnék, hogy az ideghártyaállományban szétbontó és helyreállító folyamat van, melyek másnemű fényérzéssel járnak; a közvetlenül izgatott ideghártyarészletekben az egyik folyamatot megindító fényinger, az avval szomszédos ideghártyarészletekben a második folyamatot indítja meg és pedig legnagyobb mértékben az izgatott ideghártyarészletekkel határos helyeken (lásd a 329. lapot). Helmholtz az egyidejű ellentétességet a színérzésben az itélet csalódásából magyarázza. Hajlandók vagyunk, úgy mond, a határozottan kivehető különbséget nagyobbnak ítélni, mint a kevésbbé kivehető vagy csak emlékezetünk segedelmével megítélhető különbségeket, épen úgy a mint középmagas embert igen nagy ember mellett kicsinynek ítélünk. Két szín közt a különbség legbiztosabban ismerhető fel, ha ezek közvetlenül határosak egymással. Azért tetszik fehérebbnek a fehér csík a fekete közvetlen szomszédságában mint közepén. Színes fényben a szürke árnyékot, vagy színes papiron a szürke papirt azért ítéljük színesnek, mivel a színes alapot öntudatlanúl fehérnek tekintjük; e tévedés alapján a szürke árnyékot vagy papirt oly színűnek véljük, mely az alapszínhez keverődve a fehér fényérzésnek megfelelő benyomást tesz. Ha a szürke papír határát fekete vonallal megjelöljük vagy fehér papirt teszünk hozzá, ítéletünk észreveszi a tévedést. Természetes alapon akarja az egyidejű ellentétességet a színérzésben magyarázni Giraud-Teulon a midőn felteszi, hogy a szem fénytörőközegei az alap színe által fluoreskáló állapotba jutnak s e miatt tartják vissza a fehér fény azonos sugarait és az ideghártyához csak az azokat kiegészítő sugarakat bocsátják, hol is az ellentétes színérzést okozzák. A szem fénytörő közegeinek fluoreskáló képessége azonban sokkal kisebb, semhogy Giraud-Teulon

magyarázatát valószínűnek lehetne gondolni, teljesen megczáfolja pedig azt, az együttes ellentétességnek előidézése egy szemben az által, hogy a fehért a másik szem fogja fel, mint azt Szilágyi kimutatta. Lencse-stereoskopban az egyik szem elé átlátszó, színes üveglapot veszünk, közepén átlátszatlan fekete papirfolttal és a második szem elé fehér selyempapirt több rétegben. Áteső fényben a képek egyesítésekor a fekete papir helye a kiegészítő színben tünik elő. Egy szemmel nézve csak a színes felület a fekete folttal, illetőleg csak a fehér felület látható. E kísérlet nemcsak kizárja a fluorescentiát, mint az egyidejű ellentétesség okát, hanem egyszersmind kétségkívülivé teszi azt is, hogy a tünemény az agyban folyik le.

B) Összetett színek.

A napfény színképében foglalt színeken kívül még egyéb színeket is megkülönböztetünk. Igy vannak a színképi színeknek számos árnyalatai és oly színek, melyek a színképi színek közt elő nem fordúlnak, mint például a bibor, rózsaszín, barna stb. színek. Mindezek összetett színérzések. Minden színhez a fehér- vagy feketének bizonyos mennyisége lehet vegyítve, ettől függ a színnek teltségi foka; ezenkívül pedig valamely színérzés okozva lehet két vagy több színképi szín együttes behatása által is: igy támadhatnak különböző vegyes színérzések.

A jelzett viszonyok közelebbről való *tanúlmányozására a színérzéseket vegyítenünk kell.* Ezt úgy tehetjük, hogy üveghasáb által előállított napszínképet kettős réssel ellátott ernyővel fogunk fel, az ernyőn túl csak a két résre eső fény, tehát két különböző színnek megfelelő sugarak mehetnek, a többi fényt az ernyő visszatartja. Az átment sugarakat gyűjtőlencse segedelmével egy másik felfogó ernyő egy ugyanazon helyére gyűjtjük össze, mely azután a megfelelő vegyes színben lesz látható; ha a második ernyő helyén saját szemünk van, úgy a sugarak ennek ideghártyáján egy képpontba gyülnek össze és a megfelelő vegyes színérzést okozzák. Két gyenge crown-üveg hasábból készült színvegyítő készüléket Szilágyi írt le. A két hasáb egy csőbe van befoglalva úgy, hogy törőéleik érintkeznek. A készüléket úgy tartjuk szemünk előtt, hogy a két hasáb érintkezési vonala felezze a látólikat, minélfogva a látólik egyik felén az egyik, másik felén a másik hasábon átment fény fog a szembe hatolni. Mindegyik hasáb előtt színes felületet tartunk oly távolban egymástól, hogy a két színes foltképe az ideghártyán egészen fedje egymást. Egy harmadik neme a színvegyítésnek az, midőn egymás mellé két különböző színű papirlapot

teszünk és a kettő közé függélyesen egy tiszta üveglemezt állítunk fel. Ha ilyenkor az üveglemez egyik lapjára tekintünk, akkor szemünkben ugyanazon helyre esik az üveglap előtt levő papirnak az üveglap által visszavetett és az üveglap megett fekvő papirlapnak az üveglapon átment fénye. A színvegyítésnek egy igen könnyen kivihető módja végre azon tapasztalaton alapul, hogy a fényérzés jóval tovább tart, mint a fényinger behatása. Valamely tűzszikra által támasztott fényérzés például jóval tovább áll fenn, mint a meddig az attól kiinduló fény a szembe behat. Ha tehát különböző színes anyagokról az ideghártya ugyanazon helyére vetett képek oly sebességgel követik egymást, hogy az egyik anyag fényének behatása alatt beállott színérzés még le nem járt, mialatt az ideghártya ugyan azon helyére már a másik anyagtól jött fény behat: a kettőnek megfelelő vegyes színérzés fog beállani. A kísérletnek ily módon való megtételére az úgynevezett színpergetyű szolgál. Különböző színekkel befestett papirkorongok közepükön átlikkatva vannak és a liktól kiindulólag a szélig, sugárirányban úgy hasítvák, hogy a hasadékon át két vagy több papir korong egymásba tolható; tetszésünktől függ tehát a színes felületek aránylagos nagyságának megválasztása. A papirkorongok egy kerék tengelyére tolhatók s hozzáerősíthetők. A korong kellő sebességgel való forgatása által a választott színek vegyítéséből előálló érzést megfigyelhetjük. Tudni kell azonban, hogy midőn színképi színek helyett színes anyagoktól jött fényt használunk, nem vegyítünk tiszta, egyszerű színeket; minden színes anyagtól jövő fény többé-kevésbbé vegyes, a mint arról meg lehet győződni, ha e fényt hasáb által szétbontjuk.

Minden *színes anyag színe onnan van,* hogy az a reá eső vegyes napfényből a sugarak egy részét elnyeli, egy másik részét pedig visszaveti. A visszavetett sugarak által látó szervünkben támasztott érzés után ítéljük meg az illető anyag színét. Azért a színvegyítés nem is tévesztendő össze a festőanyagok vegyítésével. Így például kék és sárga festékek összevegyítve zöldszínű festőanyagot adnak, míg kék és sárga fény vegyítve a fehér vagy szürke érzését támasztja. A színek vegyítésénél az érzés a vegyített ætherhullámok eredményes ætherrezgésének felel meg, míg a festőanyagok vegyítésénél a színérzést a vegyített anyagok egyike által sem visszatartott s azért szemünkbe jutó fény okozza. A sárga festőanyag a reá eső fényből a kék és ibolya, a kék festőanyag a vörös és sárga sugarakat tartja vissza, mindkettő együtt tehát csak a zöld fényérzést keltő sugarakat veti vissza; innen a kétféle festék vegyítéséből nyert anyag zöld színe.

Ha a fent leírt eljárások szerint valamely egyszerű színképi színhez fehért, szürkét, vagy feketét vegyítünk, észre fogjuk venni, hogy e szín *teltségi foka* változik. Telítettnek mondjuk azt a színképi színt, melyhez semmi fehér fény sincsen vegyítve, annál kevésbbé telített, annál halványabb valamely szín, minél több fehér vegyül hozzá. Némely a színképi színtől csak teltségi fokára nézve különböző színt külön névvel is szoktunk illetni, így barnának mondjuk a sok sötét szürkével vagy feketével vegyített vöröset vagy sárgát. Egyébiránt egészen telített szint nem igen látunk, valami kevés fehér mindig van hozzá vegyítve.

Két vagy több színképi szín összevegyítése által a különböző színérzések egész sora támasztható, melyek között azonban egészen új csak a *bibor*, míg a többi színérzés a két vegyített szín közt a színképben fekvő valamely szín által különben is okozott érzésnek felel meg, csakhogy több kevesebb fehérrel látszik vegyítve, vagy egyenesen a fehér, illetőleg szürkének érzését támasztja. Egy ugyanazon színérzést különböző színek keverése által lehet nyerni. A színképi színek vegyítése által, ezek szerint, jóval kevesebb színérzést állíthatunk elő, mint a hányféle színeket összevegyíteni tudunk. Jó átnézetet nyújt e tekintetben a következő táblázat.

..	Ibolya	Indigokék	Cyankék	Kékeszöld	Zöld	Zöldessárga	Sárga
Vörös	bibor	sötét rózsaszín	fehéres rózsaszín	fehér	fehéres sárga	arany-sárga	narancs
Narancs	sötét rózsaszín	fehéres rózsaszín	fehér	fehéres sárga	sárga	sárga	
Sárga	fehéres rózsaszín	fehér	fehéres zöld	fehéres zöld	zöldes sárga		
Zöldes-sárga	fehér	fehéres zöld	fehéres zöld	zöld			
Zöld	fehéreskék	vizkék	kékes zöld				
Kékeszöld	vizkék	vizkék					
Cyankék	indigokék						

Az első vízszintes és függélyes sorban az egyszerű színképi színek vannak felirva, a hol az illetőktől kiindulólag húzott egyenes vonalak találkoznak, ott van a megfelelő vegyes szín irva.

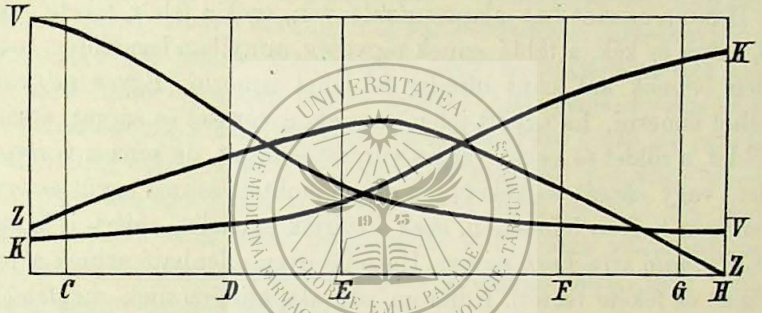
A táblázaton a *bibor* tünik fel, mint új, az ibolya és vörös szín-

képi szín vegyitéséből előállott, színérzés. A *rózsaszín* is lényegileg fehéres bibor és mint látjuk, több rendbeli színképi szín vegyítéséből különböző árnyalatban nyerhető. Több színpár elegyítve *fehér* érzést is okoz. Igy okozzák bennünk a fehér vagy szürke érzést: a vörös (a Frauenhofer-féle vonal) a zöldeskékkel (*F* Frauenhofer-féle vonal), narancs *(C)* a cyankékkel (*F* es *G* közt), sárga *(D)* az indigokékkel *(G)*, zöldessárga *(E)* az ibolyával (*G* és *H* közt), végre a zöld (*E F* közt) a biborral, ha kellő arányban összevegyítjük. Az ilyen színeket *kiegészítő színeknek* mondjuk; mint látjuk, minden színképi színnek van egy megfelelő kiegészítő színe s ezek közül egyedül a zöld kiegészítő színe, a bibor, nincsen meg a színképben. A különböző kiegészítő színek hullámhossza közt Helmholtz semmi állandó viszonyt sem talált. Nevezetes csak az, hogy a fény mennyisége, melyben a fehér előállítására két kiegészítő színt vegyítenünk kell, különböző a színeknek szemünkre gyakorlott hatása szerint. A zöldessárgából például sokkal többet kell vennünk, mint az ibolyából — az arány 1 : 5—10-hez, — az indigokékből többet, mint a sárgából — az arány 1 : 3—4-hez. — És ez, a kiegészítő színek által nyert fehér fényérzés semmiben sem különbözik a mindannyi színképi színek összevegyítése által nyert fehérérzéstől, legfeljebb annál valamivel fényszegényebb. Sem az egyik, sem a másik fehérben nem tudjuk kiismerni a vegyítésre szolgált egynemű színeket.

A biboron és fehéren kívül a narancs, sárga, zöld, kék és ibolya is előállítható, két alkalmasan megválasztott színképi színnek összevegyítése által. Igy lehet nyerni narancsot a vörös és sárga elegyítéséből, sárgát a zöld és vörös kellő arányban való elegyítéséből, s így tovább. Az így nyert vegyes színérzések a megfelelő szinképi színek által támasztott érzésektől nem különböznek, miből következtethető, hogy az egyszerű színképi színek által okozott érzések részben szintén vegyes érzések, hogy például a narancs- vagy a sárgának az érzése a vörös és zöld kellő arányban való vegyítéséből származhatik. S ha színérzésünket így átvizsgáljuk, kitünik, miszerint mindannyi színérzés háromszín, úgymint a *vörös, zöld,* és *indigokék* kellő arányban elegyítése által állítható elő, ezeket azért *alapszíneknek* is mondjuk.

A jelzett tapasztalatból indult ki Young, midőn a színérzéseket magyarázni akarta. Elméletét Helmholtz egészítette ki, azért a színérzés ez elméletét Young-Helmholtz-féle elméletnek nevezik. A Young-Helmholtz-féle elmélet lényegében abból a felvételből indúl ki, hogy az ideghártyában a három alapszínnek megfelelő háromféle végkészü-

lék van, melyeket egyenkint csak az egyeseknek megfelelő fény képes izgatni; a végkészülék izgalmát az illető idegrost a megfelelő agyközponthoz vezeti, hol azután öntudatunkra jut. Ez elmélet felveszi tehát hogy a három alapszínnek három alapszínérzés s ezeknek alkalmas végkészülékek felelnek meg az ideghártyán. A háromféle végkészülék közül az egyiket a vörös, a másikat a zöld, a harmadikat a kék * sugarak izgatják kiválóan és csak kis mértékben a többi kettőt. A fehér fényérzést felkeltik minden oly fényhullámok, melyek egyaránt izgatólag hatnak, mind három alapérzésnek megfelelő végkészülékre. A narancssznnek megfelelő sugarak erősen izgatják a vörös, valamivel kevesebbet a zöld érzést eszközlő végkészülékeket, felette gyengén pedig a kéket. A sárga sugarak egyaránt izgatják a vörös és zöld alapérzésnek



86. ábra.

megfelelő végkészüléket, gyengén a kékét. Az ibolya fény erősen izgatja, a vörös- még erősebben, a kék- felette, gyengén a zöld érzést közvetítő végkészüléket. A kiegészítő színek mind három végkészüléket egyaránt izgatják, innen a fehér érzés. Mind e viszonyokat igen jól tünteti elő a 86. ábra. A metszéki vonalon feljegyzett Frauenhofer-féle vonalak jelzik az illető színképi fényt, a rendezői magasságok az inger viszonylagos fokát, melylyel az illető fény a három alapszínérzésnek megfelelő végkészülékre behat; a *K K* görbe a kék, a *Z Z* a zöld, végre a *V V* a

* Young és Helmholtz a vörös és zöld mellett az ibolyát, mint a színképi színek legszélsőbbikét, vették harmadik alapszínnek, azonban a környéki színlátás körül tett az a tapasztalatunk, hogy az ibolya szín az ideghártya környéki részén kéknek tetszik, az ibolyát, mint a vörös és kék vegyes színérzését tüntette fel, azért helyesebb az ibolya helyett a kéket venni, mint harmadik alapszint, a mi megegyezik avval, hogy az ibolyát közvetlenül is, mint a vörös- és kékből összetett érzést itéljük meg.

vörös alapszínérzés ingerfokát jelző görbe. A mennyire találóan magyarázza ez elmélet a színérzés körül tett tapasztalatokat, épen annyira hiányzik egyelőre számára a boncztani alap. Az ideghártyán a megkivánt háromféle végkészüléket felismerni nem sikerült. Némelyek a csapokat tekintik a színérzést közvetítő végkészülékeknek, a pálczikáknak egyedül fényérző képességet tulajdonítanak, a színek felismerésére való képesség nélkül. Ez esetben, ha a Young-Helmholtz-fele elmélet áll, a csapoknak a három alapszínérzésnek megfelelő különböző æther-hullámok által kellene izgalomba jönni. Vajjon a pálczikák közvetítenek-e színérzést vagy nem, ez csak akkor volna eldönthető, ha ki volna mutatható, hogy az egyedül pálczikákkal ellátott állatok tényleg színvakok vagy hogy nem azok.

A Young-Helmholtz-féle elmélettel szemben áll Hering elmélete. Hering szerint hat alapszínérzés van, ezek a fehér, fekete, vörös, zöld, sárga és kék, a többi színek vegyesek, annyiban legalább, a menynyiben bennök két színt mindig fel lehet ismerni. Egyes színekben fel lehet ismerni, ha együtt jelen vannak, a vöröset és sárgát, a sárgát és zöldet, a zöldet és kéket, vagy a vöröset és kéket, de soha a vöröset és zöldet, vagy sárgát és kéket; ez utóbb említett színek együttes érzése ugyanazon helyen lehetetlen, ezek kizárják egymást, miért is Hering őket *ellenható színeknek* nevezi. Hasonló ilyen ellenható színek a fehér (világos) és fekete (sötét). E három pár alapszínérzésnek megfelelőleg Hering a látószervben háromféle anyagot vesz fel: egyet, mely a fehértől a feketéig terjedő érzések közvetítésére szolgál, egy másikat, mely a vöröstől a zöldig terjedő érzések felvételére van rendelve és egy harmadikat, mely a sárgától a kékig terjedő érzéseket közvetíti, tehát egy a *fehér-feketét*, egy a *vörös-zöldet* és egy a *sárga-kéket* megérző anyagot. A fény behatása alatt ez anyagok változnak, vegyi termények képződnek, mit Hering *dissimilatio*-nak nevez. Ha a fény behatása megszünt a szenvedett veszteség pótlása folyik, ez az *assimilatio*. A fehérfény a fehér-fekete anyagban a dissimiláló folyamatot indítja meg s ezt érezzük, mint fehéret, a fény hiánya mellett ugyanazon anyagban tartó assimiláló folyamat a fekete érzését támasztja bennünk. A vöröszöld anyagban a vörös a dissimiláló a zöld az assimiláló folyamat okozója. A sárga-kék anyagban végre a sárga tartja fenn a dissimiláló és a kék az assimiláló folyamatot. A két folyamat élénkségétől függ a fényérzés intensitása. Ezeken kívül a színképi színek minden sugarai a fehérfekete anyagban is fenntartanak dissimiláló folyamatot, bár különböző fokban, ellenben a vöröszöld és sárgakek anyagra csak bizonyos sugarak hat-

nak dissimilálólag, illetőleg assimilálólag, míg más sugarak ez anyagokra hatástalanok. Színtelen a vegyes fény, ha a vöröszöld és sárgakék anyagban egyenlő fokban tart fenn dissimiláló és assimiláló folyamatot, ilyenkor mind két folyamat egymás hatását kölcsönösen megsemmisíti és a fehérfekete anyagra gyakorlott hatás egymaga marad fenn. Az úgynevezett kiegészítő színek e szerint nem egészítik ki egymást fehérré, hanem megsemmisítik egymást; ezek ellenható (antagonisticus) színek. Valószínűnek kell ez utóbbit tartanunk azért, mert a kiegészítő színek befolyása alatt támasztott fehér érzés sokkal gyengébb, mint a fehér egyébként, vagy mint a milyen intensiv az illető színek által különben okozott érzés. Ha fényáthatlan papiron négy rést készítünk s ezek közül kettőn át az egyik, a másik kettőn át a másik kiegészítő szín sugarait bocsátjuk, mialatt e réseket kettősen törő mészpát fedi be, akkor minden rés képe meg van kettőztetve. A réseket könnyű épen oly távolban készíteni egymástól, hogy a megkettőztetett képek közül kettő-kettő egymásra essék. Ilyenkor, ha például vörös és zöld fényt választottunk, közből egy vörös és egy zöld rés össze fog esni egymással, oldalt ettől egyfelől két vörös és másfelől két zöld rés esik egybe, végre legszélsőbben még egy vörös, illetőleg zöld rés marad fenn; ha a rések ez öt képét megnézzük, látni lehet, miszerint mind ezek közt legfényszegényebb a középső, a vegyes fehér, vagy jobban mondva szürke színben látott rés.

Az egyidejü ellentétesség a színérzésben ez elmélet szerint onnan van, hogy a fény által érintett anyagban folyó dissimilatio mellett a szomszéd és nem izgatott anyagban fokozódott assimilatio van, mely legélénkebb a megvilágított hely közelében, innen tovább gyorsan apad. Mint a Young-Helmholtz-féle elméletnek, úgy ezen elméletnek sem ismerünk megfelelő boncztani alapot, teljesen kielégítőnek pedig egyik elmélet sem mondható.

64. §. Színvakság.

A színek felismerésére való képesség nem minden szemben egyforma. Vannak úgy nevezett színvak emberek, kik a szokottnál kevesebb színt birnak felismerni, egymással hasonlóknak mondanak oly színeket, melyeket mások megtudnak különböztetni. Ilyen színvak volt Dalton nevű angol vegyész, ki először irta le a *vörös színvakságot*. Tényleg is a vörös színvakság a leggyakoribb, úgy hogy mondhatni, miszerint átlag minden huszadik ember többé-kevésbbé vörös színvak.

Az ilyen egyének a színkép vörös részét nem látják. A színképnek a vöröstől a zöldig terjedő részét zöldnek vagy sárgának mondják. Fekete tárgyat vörössel tévesztenek össze. Szokásból esetleg vörösnek mondják ugyan az olyan tárgyat is, melyet más rendesen látó ember vörösnek mond, de azért az a fény a két egyénben igen különböző érzést okoz. Kisebbszerű színérzésbeli hibát e miatt csak pontosabb vizsgálat után lehet felismerni. Legkönnyebben még ha különböző színű tárgyak közt a vöröset kiválasztani engedjük. Holmgren a vasutak szolgálatába lépő egyének esetleges színvakságának felismerésére színes kötőpamutot ajánl használni, a vizsgált egyén a vizsgáló orvos által kiválasztott színű pamuthoz hasonlókat kénytelen kikeresni. A Young-Helmholtz-féle elmélet szerint a vörös színvakság a vörös alapszínérzés hiányában találja okát. Lehet, hogy a vörös fényt megérző végkészülékek hiányoznak, vagy valamely ok miatt bénulva vannak. Hering szerint a vörös színvakság tulajdonképen vöröszöld vakság; vörös színvak embernél hiányzik a vöröszöld anyag.

Külön *zöld színvakság* két esetét irta le Preyer s később mások is. Ez egyének a színképben csak vöröset és kéket tudnak megkülönböztetni; a színkép zöld részében sárga és kék találkoznak, vagy pedig egy szürke csík által vannak elválasztva egymástól. E helyen is megemlítésre méltó tüneményt látunk a santonin-nak túl nagy adagban való használatakor, mely esetben minden világos vagy fehér tárgy sárgának tetszik, mi Schultze M. szerint onnan van, hogy a macula lutea-ban a sárga festék aránytalanúl nagy mennyiségben gyűlik meg és az ibolya-kék sugarakat elnyeli. A Young-Helmholtz-féle elmélet értelmében a tünemény ibolya, illetőleg kék színvakságon alapul; az ideghártya a santonin behatása alatt a kék fény iránt való érzékenységét veszti el.

A színvakság bővebb tárgyalásába e helyen nem bocsátkozhatunk, minthogy az idevágó tünemények fejtegetése inkább a kórtanba tartozik.

65. §. A fényérzés lefolyása.

Már a színpergetyű, mint színvegyítésre szolgáló eszköz ismertetésekor arról győződtünk meg, hogy a látásnál az érzés az inger behatásánál tovább tart. Az a változás, melyet a fény az ideghártyán okoz, nem szűnik meg azonnal, mihelyt a fény behatni megszünt, azért a támasztott érzés is, tovább tart a fény behatásánál. Ismert tünemények egész sora bizonyítja ezt. Ha égő fadarabot kezünkkel sebesen forga-

tunk, tüzes kört látunk; az ideghártyának bizonyos helyére kezdetben történt behatás még le nem járt, midőn az égő fa körútját bejárta és kiindulási pontjára visszatért. Ha rövid ideig jól megvilágított ablakot tekintünk meg és erre szemünket behúnyjuk, úgy egy ideig még ezután is látjuk az ablakot az így sötétté lett látótérben. Ez utókép eleintén elég élénk, lassan azonban mind inkább elhalaványodik.

Az utókép időtartama a fény erejétől függ. Azért az időköz is, melyben az egyes ingereknek egymást követni kell, hogy az érzés folytonos legyen, különböző és $^1/_{10}$—$^1/_{50}$ mp. közt változik, a mint erről csakugyan meg is lehet győződni egyenlő széles fekete és fehér szeletekkel ellátott korong forgatása alkalmával. — Ha az ilyen korongot gyengébb világosság mellett bizonyos sebességgel forgatni kell, hogy a fehér és fekete szürkébe összeolvadjanak, úgy erősebb világosságban az összeolvadás csak gyorsabb forgatás mellett lesz elérhető. Talbot és Plateau tapasztalatai szerint a forgássebességgel nem fokozódik az egyszer nyert szürke fény intensitása. Az utóhatás által nyert vegyes érzés e szerint egyenlő avval az érzéssel, melyet a korong által visszavetett fény okozna, ha azon korongon egyenletesen el volna osztva.

A fényérzés utóhatásán alapúl az ismeretes *stroboskopikus korong* (csodakorong). 12—30 cmt. átmérőjű, központja körül forgatható korong szélén egymástól egyenlő távolságban nyilások vannak készítve, a korongra pedig valamely mozgó tárgy, például a szívmozgások, különböző helyzetben annyiszor vannak festve, a hány nyílás van a korongon. Ha az eszközt tükör előtt tartjuk úgy, hogy a korong befestett oldala a tükör felé van fordítva és ezt, mialatt a tükörképet egyik nyíláson át nézzük, sebesen forgatjuk, akkor az egymás után váltakozva következő nyilásokon át a szívmozgások egyes mozzanatainak megfelelő képeket oly gyorsan látjuk, hogy az egész azt a benyomást teszi, mintha egy szívet valósággal lüktetni látnánk.

Az utókép a jelzett körülmények közt azon részében világos, melyben a tárgy világos volt és ha színes a tárgy, az utókép ugyanazon színben tűnik elő. Ez a *positiv utókép*. Ezzel azonban a behatott fény utóhatása még távolról sincsen kimerítve. Mert, kivált a fénynek hosszabb behatása után, a fehér vagy színes fény behatását úgynevezett *negativ utókép* követi, melyben a tárgy világos részei sötétek és sötét részei világosak, színes részek pedig a kiegészítő színben lesznek láthatók. Gyenge fehér fény hosszas behatására, például, ha ablaktáblát megnézünk, a szemet behúnyva az ablak tábláit sötéteknek és farészeit világosaknak látjuk. Hasonló kísérletet erősebb világítás mellett

téve új tüneményt, az úgynevezett *színváltakozást*, látjuk bekövetkezni. Mikor ugyanis csukott szemmel a positiv utókép különböző színekben tűnik elő. Alkalmas kísérlet a színváltakozás megfigyelésére, ha fehér papirdarabot, melyre a nap süt, feketę alapon megnézünk és ezután behunyjuk szemünket. Ilyenkor ugyanis a fehér utókép csakhamar világoskéknek látszik, ibolya szegélylyel környezve, majd az utókép világos-zöld lesz, vörössárga szegélylyel, ezután vörössárga végre rózsa vagy sárgazöld (Fechner) színt nyer. A Young-Helmholtz-féle elmélet alapján a színváltakozás tüneményei abban találják magyarázatukat, hogy a vöröst megérző elemek izgalma kezdetben leggyorsabban, azután lassan jár le, a zöldet érző elemek izgalma kezdetben leglassabban és ezután gyorsan apad, végre a kéket megérző elemek izgalma meglehetős egyenletességgel lesz mind kisebb és kisebb (Helmholtz).

Ha szemünket színes, vörös, fénynek tartós behatása után behúnyjuk, többnyire pillanatnyi ideig tartó positiv utóképet kapunk, melyet azonban csakhamar a kiegészítő, kékeszöld, színben mutatkozó utókép vált fel. Ezek gyakran váltakoznak is, úgy, hogy a negativ utóképet kis idő mulva ismét positiv utókép és ezt megint negativ utókép váltja fel, mig végre az utóképek egészen eltünnek.

Mások azok a negativ utóképek, melyeket nyitott szemmel lehet látni, midőn a valamely bizonyos fény behatásának hosszasabban kitett szemet, másnemű fény behatásának tesszük ki. Ha például fehér négyszöget fekete papiralapon nézünk és ez alatt a megfigyelt papirlap elé hirtelen fehér lapot teszünk, mig tekintetünk előbbeni irányát változatlanúl megtartja, a papirfelület az előbbeni fehér négyszög helyének megfelelőleg sötétebbnek fog tetszeni, mint többi részeiben. Megfordítva van a dolog, ha fekete négyszöget fehér lapon figyelünk meg és ez elé tesszük a fehér lapot; most a fekete négyszög helye lesz világosabb környezeténél. Ha fehér helyett színes fény esett szemünkbe, az utóképek a kiegészítő színekben tünnek elő. Ha például vörös négyszöget nézünk fekete alapon és azután fehér lapot teszünk ennek helyére, az utókép zöld színben mutatkozik; megfordítva a zöld négyszög utóképe vörös. Épen úgy kék felület utóképe sárga és így tovább. Ha, miután színes négyszöget más színü alapon néztünk, szemünkbe fehér fény esik, akkor az utóképben úgy a négyszög, mint az alap a kiegészítő színben tűnik fel és ha a szembe másodszor beeső fény épen az, melynek az utókép is megfelel, ha például zöld négyszöget sötét alapon figyelünk meg és azután vörös lapra tekintünk, akkor a vörös lapnak azt a helyét, mely az előbb látott zöld négyszögnek

megfelel, sokkal teltebb vörös színben látjuk. E miatt emelik egymást a kiegészítő színek.

Minden a negativ utóképek körül tett észleletek az ideghártya elfáradásában találják magyarázatukat. A fehér fény behatásának kitett ideghártyarészletek lassan elfáradnak. Az ilyen szembe kiterjedten beható fehér fény azért jobban fogja izgatni azokat az ideghártya részleteket, melyeket az előzetesen behatott fehér fény el nem fárasztott, mint azokat, melyekre előzetesen már fehér fény behatott. Hering a fehér fény negativ utóképét, a fehér-fekete anyag a fehér fény előzetes behatása miatt fokozódott assimiláló folyamatának tulajdonítja. A kiegészítő színek fellépése, mint negativ utókép, a Young-Helmholtz-féle elmélet szerint szintén az illető ideghártya végkészülékek elfáradásában találják magyarázatukat. A vörös fény például a vöröst megérző elemeket izgatja és fárasztja el nagy fokban és csak kis mértékben a többieket, ha most fehér fény esik a szembe, ez amaz ideghártya részletben, melynek vörös fényérző elemei elfáradtak a zöldet és kéket megérző elemeket jobban fogja izgatni és mi a fehér alapon az előzőleg megfigyelt vörös tárgynak megfelelőleg kékes-zöld utóképet látunk. A Hering-féle elmélet szerint e tüneményeket is az előző fénybehatás által okozott assimiláló vagy dissimiláló folyamat okozza. A vörös fény behatása által a vöröszöld anyagban fenntartott dissimiláló folyamatot ugyanazon anyagban élénk assimiláló folyamat követi, vagy megfordítva a zöld fény által fenntartott assimiláló folyamat élénk dissimilátiót von maga után. Hasonlóképen magyarázza a két elmélet a többi kiegészítő színben jelentkező utóképeket is.

66. §. Szemmozgások.

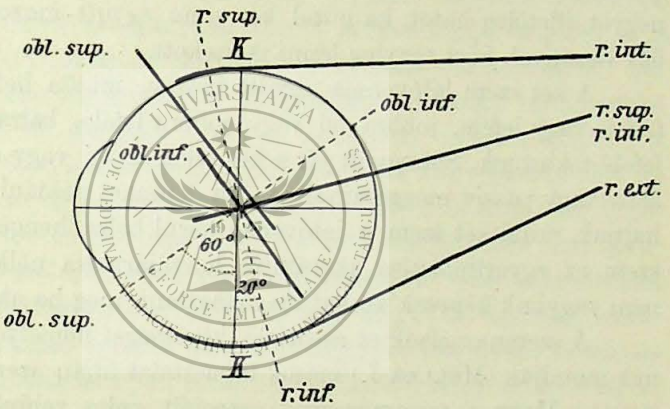
Minden külső tárgypontnak egy képpont felel meg az ideghártyán. E képek szükségképen meg vannak fordítva, úgy hogy a mi a tárgyban fenn van, az a képen alant mutatkozik, a mi jobbról áll, annak képe az ideghártyán baloldalt jő létre és viszont. Öntudatunk a csomópontokon átvezetett irányban kifelé helyezi az ideghártya elemeinek izgatása által támasztott fényérzés okát, mi által mindannyi élesen látott tárgy a szem előtt egy sikban látszik, melyet *látótérnek* nevezünk. A látótér sötét, midőn a szembe fény nem esik és világos, midőn oda fény behatol. Minden nem izgatott ideghártya elemnek sötét, minden izgatottnak világos hely felel meg a látótér ellenkező oldalán. A látótérben ezek szerint ugyanazon képeket látjuk, melyek a tárgyak után az

ideghártyán képződnek és pedig a tárgyakkal megegyező fennálló helyzetben. Ezek segedelmével tájékozódunk a tárgyak alakja és egymáshoz való helyviszonya iránt a térben. Egy szem látóterének kiterjedését korlátozza a be- és lefelé terjedő irányban az előálló orr, innen van, hogy a látótér kiterjedése a különböző irányokban nem egyenlő. Ha a fejet és szemet nyugottan tartjuk, akkor, rendesen látószem látóterének átmérője a függélyes síkban 100—120°, a vizszintes síkban 137—145°-nak felel meg, e mellett a látótér külső fele nagyobb a belsőnél. Mind két szem együttes látótere a vízszintes síkban mintegy 180°-ot tesz ki. A szemek alkalmas mozgatása által a látótér kiterjedése tetemesen növelhető, úgy annyira, hogy átmérője a vízszintes síkban egész 260°-ig, a függélyes sikban mintegy 200°-ig nagyobbodik. A szemmozgások azonban, azon kívül, hogy segedelmükkel a látótért nagyobbítjuk, még egyébként is közreműködnek a látásnál. A látótérben, mint láttuk, csak azokat a tárgyakat ismerjük fel jól, melyeknek képe az ideghártyagödörbe esik; hogy ennek daczára az egész látótérben tájékozódunk, ezt a szem felette nagy mozgékonyságának köszönjük. Támogatják a szemmozgásokat még a fejmozgások is.

A szem a szemürben zsírdús szövet közé van elhelyezve, melyben izmai, mint egy szabad izületben, forgatják. Mozgásaiban csak az ellenható izmok és a látóideg törzse korlátozzák. Előre és vissza a szem rendes viszonyok közt helyét nem változtatja, vagy legalább oly kevéssé, hogy ez a látásnál tekintetbe sem jön; ilyen helyváltozást okozhatnak a szemür különböző vérteltsége, a Tenon-féle tok síma izomelemeinek összehúzódása és a szemhéjak erős megnyitása, illetőleg behunyorítása. Ezektől eltekintve a szem csak forgó mozgást végez, négy egyenes és két ferde szemizmai segedelmével.

A szemnek forgásai közben helyét nem változtató *forgáspontja*, Donders és Doyer szerint, rendesen látó szemen a porczhártya mögött 13·45 mm.-rel, az inhártya hátsó felülete előtt 9·91 mm.-nyire esik; természetes, hogy a szem egyenes átmérőjével a forgáspont helye is változik a szemben. E forgáspont körül mozgatja a hat szemizom a szemet, páronként más-más tengely körül. Az egyes izmok eredéséből, lefutásából és tapadásából meghatározható azok működésiránya és a tengely, mely körül a szemet forgatják. Tájékozást nyujt e tekintetben a 87. ábra. Látni való ezen, miszerint a *belső* (r. int.) és *külső* (r. ext.) *egyenes szemizom* a szemet a rajz síkjában be- illetőleg kifelé forgatják oly tengely körül, mely a szem forgáspontján keresztül a papir síkjára függélyesen áll. E szerint a belső egyenes szemizom

egymaga az orri oldal felé, a külső egyenes szemizom a halántéki oldal felé forgatják a szemet. A *felső* (r. sup,) és *alsó* (r. inf.) *egyenes szemizom* a szemet felfelé, illetőleg lefelé és egyszersmind befelé forgatják, mi mellett keveset hengerítik is. A forgástengely (az r. sup. és r. inf.-ral jelölt pontozott vonal) vízszintesen fekszik, de nem esik össze a látóvonalra függélyesen a forgásponton keresztül húzott keresztengelylyel (*K K*-val), hanem mintegy 20°-nyi szöget képez vele. A *felső* (obl. sup.) és *alsó* (obl. inf.) *ferde szemizom* a szemet fel- és kifelé, illetőleg le- és kifelé forgatják, mi mellett a felső és alsó egyenes szemizom hengerítő mozgását helyreigazítják. Ez izmok forgástengelye szintén vízszintesen fekszik és a szem kereszttengelyével, mintegy 60°-nyi szöget képez.



87. ábra.

E szemmozgások könnyebb áttekintése végett Ruete mintát szerkesztett, melyen a két szem és izmai utánozva vannak. A szemizmokat különböző színü fonalak helyettesítik. Valamely szemizmot képviselő fonal meghúzására a szem a megfelelő mozgást végzi. Ruete ez eszközét *ophthalmotrop*-nak nevezte el.

Ezek után a szemnek befelé, illetőleg kifelé való forgatásánál egy-egy izom működik. E mozgások mind két szemben egyszerre történnek, azért midőn egyik szemünkön a belső egyenes szemizom összehúzódik, a második szemben épen a külső izomnak kell összehúzódni és megfordítva. De ha mind két szemmel közel álló tárgyat nézünk, ilyenkor mind két szemen a belső egyenes szemizom működik egyszerre. Összetettebbek e viszonyok, midőn a szemet egyenesen felfelé

mozgatjuk, mert ekkor a felső egyenes szemizom mellett az alsó ferde szemizom is közreműködik, midőn pedig egyenesen lefelé nézünk, az alsó egyenes szemizmon kívül a felső, ferde izom is hozzájárul. Végre ha szemünket rézsút irányítjuk,akkor már három izom jön egyszerre működésbe; mert a szemnek fel- és befelé való forgatásánál a belső és felső egyenes, valamint az alsó ferde szemizom húzódnak össze, ha fel- és kifelé nézünk a felső és külső egyenes szemizom mellett ugyancsak az alsó ferde szemizom működik, ellenben, midőn a szemet le- és befelé forgatjuk az alsó- és belső egyenes a felső ferde szemizommal és midőn le- és kifelé nézünk az alsó és külső egyenes ugyancsak a felső ferde szemizommal működnek közre. Az utóbbi esetekben tehát még akkor is, ha csak egy szemet mozgatunk, két, illetőleg három izmot kell beidegeznünk, hogy a megfelelő mozgást végbevihessük és négyet, illetőleg hatot, ha mind két szem együtt mozog, mint az rendes viszonyok közt tényleg lenni is szokott.

A két szem látóvonala együtt mozog, midőn befelé vagy kifelé, felfelé vagy lefelé, jobbra fel vagy jobbra lefelé, balra fel vagy balra lefelé tekintünk. Sőt együtt jár a két szem a fej vagy a test bizonyos activ vagy passiv mozgásainál is. Ha fejünket például jobb válunkra hajtjuk, mind két szem a látóvonal körül balra hengeredik. És a két szem ez együttmozgása akaratunk hozzájárulása nélkül történik, sőt nem vagyunk képesek azokat megakasztani, még ha akarjuk is.

A szemmozgások ez associáló képességét némelyek veleszületettnek mondják (Müller J.) mások tapasztalat útján szerzettnek (Helmholtz.) Hogy a szemmozgások associált volta velünk született, erre nézve Hering fontos érvet lát abban, hogy ujszülöttek szemmozgásai is már associáltak, döntő érvekkel szolgálni e tekintetben Högyes-nek volt fenntartva akkor, midőn az associált szemmozgások egész idegmechanismusát felismernie sikerült.

Högyes tapasztalatai szerint az associált szemmozgások reflex úton berendezett bilaterális mozgások. E mozgások idegmechanismusának központja a 4-ik agygyomor és a Sylvius-féle zsilip feneke, a halló idegmagvak és a két felső ikertest közepe között fekvő központi idegrendszeri részekben van. Kitünt ez abból, hogy az associált szemmozgások megmaradtak a két látóideg átmetszése, az agyféltekék és a talami optici eltávolítása, valamint a nyúltagynak a calamus scriptorius és a hallóidegmagvak közt történt átmetszése után és hogy kimaradtak, mihelyt a metszés a felső ikertesteket a halló idegmagvaktól elválasztotta, vagy ha a metszés a raphe-ban az aquæductus Sylvii

alsó nyilásáig terjedett, valamint kimaradtak a 4-ik agygyomor fenekének féloldali átmetszése után is.

Centrifugal pályája ez idegmechanismusnak a szemmozgató idegekben, a III., IV. és VI-ik agyidegpárban van; az összes szemmozgató idegek átmetszésére az associált szemmozgások megszűnnek. Centripetal vezető útjai e reflectoricus pályának végre a hallóidegben vannak; ezt az a körülmény bizonyítja, hogy az egyik, vagy mindkét hártyás tömkeleg valamint a hallóideg izgatására is a bilaterális szemmozgások bekövetkeznek valamint az, hogy egy vagy kétoldali labyrinth kiirtása továbbá egy vagy kétoldali hallóideg átmetszés után ez associált szemmozgások megszünnek. Ily körülmények közt a folyamat csak az lehet, hogy a hártyástömkeleget ért inger következtében támadt izgalom a centripetal irányban vezető hallóidegen a jelzett központi részekhez eljut, s itt a centrifugal-irányban vezető szemmozgató idegekre, és a megfelelő izmokra átterjed. Részletezve, a viszony a következő: Az associált bilateralis szemmozások idegmechanismusának centripetalis végén van a 6—6, összesen tehát 12 szemizom, ezeknek megfelel a 3—3, összesen 6 ívjárat ampullaris idegének 12 idegvégkészüléke. Az idegvégkészülékek egyenként való izgatására más-más szemizom húzódik össze. Minden ampullában tudniillik két crista acustica van megfelelő idegvégkészülékekkel, e két idegvégkészülék reflexkapcsolatban áll egy megfelelő ugyanazon oldali és egy megfelelő túloldali szemizommal. A két külső egyenes szemizom az ugyanazon oldali vízszintes ampulla felső cristajától nyeri reflexizgalmát, a két belső egyenes szemizom a túloldali vízszintes ampulla alsó cristajától, a két felső egyenes szemizom az ugyanazon oldali mellső függélyes ampulla külső cristajától, a két alsó egyenes szemizom, a túloldali hátsó függélyes ampulla külső cristajától, mindkét felső ferde szemizom, az ugyanazon oldali hátsó függélyes ampulla belső cristajától, és végre a két alsó ferde szemizom, a túloldali mellső függélyes ampulla belső cristajától.

A mondottak szerint a külső egyenes, a felső egyenes és a felső ferde szemizom az ugyanazon oldali hallóideg útján nyerik reflexizgalmukat, míg a belső egyenes, az alsó egyenes, és az alsó ferde szemizom a túloldali hallóideg útján; így például a balszem alsó egyenes, belső egyenes és alsó ferde szemizma izgalmát a jobb hallóideg útján kapja, ellenben a külső egyenes, a felső egyenes, és a felső ferde szemizmok a bal hallóideg útján. Az izgalom az ampullaris végektől az abducensmagvakig terjed; itt útja olyformán ágazódik el, hogy három pálya az ugyanazon oldali 6-ik, 4-ik és 3-ik agyideg-magvakhoz, illetőleg a

megfelelő idegekhez vezet, míg három-három más pályája, a túloldali oculomotorius-magvakhoz visz.

A félívjáratok lymphájának minden mozgatása bilateral szemmozgást okoz, azért a nyomásviszonyok változásában fogjuk az associáló reflexmozgások okát keresni. A fej állásának minden változása az endolymphában nyomásváltozást, és evvel a megfelelő crista acusticanak izgalmát okozza. Az az ampulla jut nagyobb nyomás alá, mely a fejtartás változása által lejebb kerül.

E reflexidegmechanismus bizonyos fokban folytonos izgalomban van. A szemek primær állása mellett is a 12 szemizom bizonyos antagonisticus reflexizgalomban van. Ezt bizonyítja az a tapasztalat, mely szerint az egyik oldali labyrinth, vagy hallóideg elpusztítására a szem bilateralis nyugalmi állása elvész, a sértett oldal szeme be- és lefelé, a túloldali ki- és felfelé fordúl s állandóan így kitéritve marad. Ha egy idő múlva a túloldali hártyás labyrinthot vagy hallóideget is elroncsoljuk, a két szem kitérült állapotából eredeti nyugalmi állapotába jut vissza, csakhogy ilyenkor a szemek mozdulatlanúl maradnak még akkor is, ha a fej vagy test helyzetét megváltoztatja. Az előbb labilis egyensúly stabilis lett úgyannyira, hogy még akaratszerű szemmozgásokat sem lehet az így műtött állaton észrevenni (Högyes).

Primaer-állásnak a két szemnek azt az állását nevezzük, melyben ezek akkor vannak, midőn a két látóvonal egymással párhuzamosan a végtelen távolra van beállítva, és a két látóvonalon keresztül fektetett sík, a *látósík* vízszintesen fekszik. Az a delelő, melyben a látósík a szem primær-állása mellett az ideghártyát metszi, az ideghártya *vízszintes delelője*, erre függélyesen van a *függélyes delelője*.

A primær-álláson kívül vannak a szemnek secundær és tertiær állásai is. Midőn a szem látóvonalai fel- vagy lefelé fordúlnak, vagy oldalirányban eltérnek, például a szemek látóvonalainak összetérítésekor, a szemek primär állásaikból *secundär állásba* jutnak. Ha pedig a látóvonalak befelé és egyúttal fel- vagy lefelé vannak fordítva, akkor a szemek *tertiaer állásairól* beszélünk. Míg a szem a secundær-állásba, a vízszintes, illetőleg a függélyes tengely körül való forgás által jut, addig a tertiær-állásba való átmenetkor forgó mozgás mellett a látóvonal körül hengeredő mozgást is végez.

A szem hengeredő mozgásáról utóképek segedelmével lehet meggyőződnünk. — Midőn az egyik szemet behúnyjuk, és a másikkal, a szemek primær állása mellett, vízszintes és függélyes színes vonalakkal keresztezett felületet addig nézünk, míg utókép nem áll elő, akkor, ha

a szem secundær-állásba megy át és fel vagy lefelé, jobbra vagy balra néz, az utókép vonalai a látott felület vonalaival megfelelő síkba esnek. Ellenben, ha a szem primær állásából tertiær állásba megy át, tehát rézsút helyzetbe kerül, az utókép vonalai az előbb megtekintett felület vonalainak irányától eltérnek, jeléül annak, hogy a szem azalatt hengeredő mozgást végzett: az ideghártya azon delelője, melyben az utókép van, s mely a primær-állás alatt vízszintes, illetőleg függélyes volt, ferde helyzetbe jutott, midőn a szem a tertiær állásba átment. A vizsgálatokból kiderült, hogy a szem mindegyik tertiær állásának, a hengeredésnek egy határozott iránya és szögnagysága felel meg, épen úgy, a mint egyáltalában a látóvonalak minden állásánál, bármely úton jutott is a szem ez állásba, ugyanazon megfelelő izmok és ugyanazon fokban vannak összehúzódva. Az ideghártya delelőinek állása, a szem látóvonalainak minden egyes állására nézve egészen meg van határozva és ugyan az, bár mely állásból jutott a szem amaz új állásba.

Az a körülmény, hogy a szemtengelyek minden egyes állásának bizonyos szemállás felel meg, a térben való tájékozást teszi lehetségessé. Mert ha a szemtengelyek bizonyos állása mellett az ideghártya delelőinek különböző iránya lehetne, akkor a látott tárgyak képei az ideghártya különböző részeire esnének.

67. §. Látás egy és két szemmel.

Minden szem látótere oly képnek felel meg, melyben a tárgyak egymás mellett ugyanazon síkban vannak lerajzolva. E látótérben a tárgyak *helyzetét egymáshoz* képest felismerni, a tapasztalat tanított bennünket. Az izomérzések a tapintó érzésekkel együtt működtek közre akkor, midőn például kezünkkel a látott tárgy után nyúlva, irányát felismertük. A folytonos gyakorlat útján szereztük meg azt a biztonságot, melylyel ma a tárgyak helyének a térben való felismerése körül birunk. Ezt bizonyítják kiválóan a vakon született oly egyéneken tett tapasztalatok, a kik később műtét által nyerték látásképességüket. Ez egyéneknek a térben való tájékozása műtét után közvetlenül többnyire zavartabb mint milyen műtét előtt volt, és csak miután szemüket e tekintetben használni tanúlják, nyer mindinkább biztonságában.

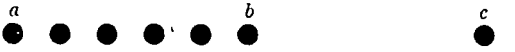
Abból, hogy valamely látott tárgy képe az ideghártyán helyét változtatja, mialatt testünk és szemünk nyugton van, vagy hogy valamely tárgyat élesen látni csak akkor vagyunk képesek, ha azt szemünk vagy testünk mozgása által követjük, ama tárgy *helyváltozására* követ-

keztetünk és felismerjük az irányt, melyben előttünk elhalad. Ez természetesen csak akkor lehetséges, ha a megfigyelt mozgó tárgy iránya a szem látóvonalával kereszteződik, ellenben lehetetlen ott, a hol a tárgy a látóvonalban egyenesen felénk közeledik, vagy tőlünk eltávozik. Itt felvilágosítást ad a közeledő tárgy nagyobbodása, a távolodónak kisebbedése, meg ezek helyzetváltozása az azokat környező egyéb tárgyakhoz.

A mi a látott tárgyaknak *nagyságát* illeti, ezt közvetlenül az ideghártyabeli kép nagysága szerint itéljük meg; hozzájárulnak azonban ehez még egyéb körülmények is. Eredetileg mindazokat a tárgyakat, melyeknek az ideghártyán egyenlő nagy kép megfelel, egyenlő nagyoknak is kellene látni. Azon tárgyak képe egyenlő nagy az ideghártyán, a melyeknek széleitől húzott iránysugarak által bezárt szög, a *látószög*, egyenlő nagy. Az ideghártyabeli kép tehát a látószög nagyságával nő vagy kisebbedik; azért nyerünk az ideghártyán valamely tárgy után annál nagyobb képet, minél közelebb van a tárgy szemünkhez. Innen van az, hogy például hozzánk közel álló embert oly nagynak látunk, mint egy mögötte álló magas fát. Egyedül — a különben már szerzett — tapasztalat képesít a tárgyak ismert viszonylagos nagyságából következtetést vonni azoknak tőlünk való távolságára. Mert ha valamely embert oly nagynak látunk, mint egy jóval nagyobbnak ismert fát, amaz embert hozzánk közelebb állónak itéljük. Hozzájárulnak a tárgyak nagyságának megitélésénél még a szemmozgások is. Midőn szemünket azon tárgyon melynek nagyságát megbecsülni akarjuk végigvezetjük, és minden részének képét egymásután az ideghártyagödörbe hagyjuk esni, az e czélra szükséges izommozgás érzése szintén közreműködik a tárgyak nagyságának megitélésében. Ha előttünk álló valamely fa magasságát megitélni akarjuk, e fán végignézünk, és ez vezet magasságának többékevésbbé helyes megitélésére.

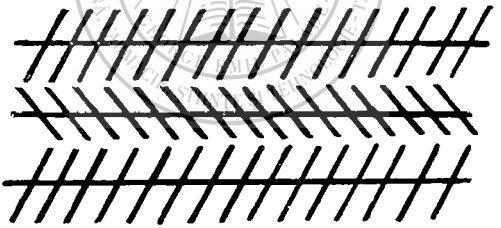
Ezek szerint a látott tárgyak helyének és helyváltozásának a térben valamint nagyságának megitélésére, az ideghártyán támadt képek útján nyert érzések szellemi feldolgozása által vagyunk képesek. Azért, ha a nyert benyomások szellemi feldolgozása hiányos, tévesek a tárgyakról nyert fogalmaink is. Ha például valamely pontot egy szemmel rögzítünk, mialatt a látótér alsó részét papirral elfedve a papir mögött kezünket nem látjuk és most kezünket felemeljük avval a szándékkal, hogy a mutató-ujjal a rögzített pontra mutassunk, akkor, a mint az ujj a papir fölé kerül, észre fogjuk venni, miszerint ujjunk oldalt mutat a rögzített ponttól és pedig balra tőle, ha jobb szemünkkel néztünk,

és jobbra attól, ha a bal szemet használtuk a kísérletnél. A tévedés onnan van, mert a rögzített pontot az arcz középsíkjában véljük lenni azon függélyes síkban, mely az arczot két egyenlő félre osztja, minélfogva a czélzásnál nem a szem látóvonalát vesszük figyelembe, hanem az orrgyök közepét (Helmholtz). Épen így lehet az, hogy álló tárgyat mozgásban látunk. Megesik például, hogy álló vonatról mellettünk elhaladó más vonat állani s az álló vonat menni látszik, s ez addig tart, míg a tovább robogó vonat mellettünk el nem haladott, vagy míg



88. ábra.

egyéb álló tárgyak megtekintése útján tévedésünkről meg nem győződtünk; itéletünk itt a megtekintett vonat sebességét magunkra ruházta át. Hasonlóan nem felel meg sok esetben a testek nagysága azok általunk becsült nagyságának. Példa erre a 88. ábra. Az *abc* vonal *b*-ben két egyenlő félre van osztva. Ha e két egyenlő rész közül *ab*-t még kisebb részekre osztjuk, mialatt *bc*-t osztatlanul hagyjuk meg, az *ab* nagyobbnak tetszik *bc*-nél. Épen úgy két egyenlő nagy négyszög közül az, melyen egymással párhuzamosan vízszintes vona-



89. ábra.

lak vannak végighúzva magasabbnak, az pedig, melyben a vonalak függélyesén haladnak egymás mellett, szélesebbnek tetszik a másiknál. Alacsony emberek azért szeretnek vízszintesen csíkolt ruhát viselni, míg vastag egyének a hosszában csíkolt szövetből készült ruhát nem szeretik. Ködös időben az emberek magasabbaknak látszanak, mivel távolabb állóknak gondoljuk őket; a tévedés onnan van, mert a homályban rosszúl látunk, úgy mint mikor a látott tárgyak tőlünk messze esnek. Ha a 89. ábrát egy szemmel megnézzük, a hosszú vízszintes vonalak nem tetszenek párhuzamosaknak a milyenek valósággal, hanem váltogatva széttérőknek, illetőleg összetérőknek; ez esetben

mi a hosszú vonalakkal kereszteződő kisebb vonalak által képezett szögek közül a hegyes szögeket nagyobbaknak, a tompákat kisebbeknek itéljük, mint a minők valósággal, és innen van a tévedés.

Mind ez eddig mondottak felismerése, a jelzett viszonyok szerint egy szemmel is lehetséges, a mit azonban egy szemmel megitélni nehéz, — ez a tárgyak *távolsága*. Egy szem itt a két szemmel való látásnál szerzett tapasztalatait értékesítheti, valamint segítségére van a tárgy távolságához való alkalmazkodásának az érzése is. Az utóbbinak értéke a távolságok megitélésében a következő példából tűnik ki. Ha nyáron, künn a szabadban hátonfekvés közben szemünk előtt légy vagy szúnyog repül, mialatt szemünk a messze távolba tekint, úgy tetszik nekünk, mintha a magasban repülő valamely nagy madarat látnánk, és csak midőn szemünk a közel légyre alkalmazkodik, ismerjük fel tévedésünket. Az alkalmazkodás kizárása mellett, például atropinnak a szembe becsepegtetése által, egy szemmel csak ugyanazon tapasztalatokat értékesítjük, mint a melyek alapján képesek vagyunk egy képen is a mélységi viszonyok iránt tájékozódni. Tapasztalatból tudjuk, mennyire nehéz egy szemmel fonalat tűbe fűzni. Vagy ha egy karikagyűrűt czérnaszálra függesztünk fel, s azt egyik szemünkkel keskeny oldaláról nézzük meg, mialatt a másik szemet behúnyva tartjuk, és iróννal a gyűrűbe betalálni igyekszünk, legtöbbször mögéje, néha elébe szúrunk, és a legritkábban a gyűrűbe. Mindezeket mindkét szem használatakor a legnagyobb könnyűséggel lehet megtenni. A két szemmel való látás e részben lényeges előnyt nyújt, mert a tárgyat két különböző oldalról tekintjük meg, s ez a mélységbe való látást teszi lehetségessé. Ezeken kívül a két szem oly viszonyban is van egymáshoz, hogy az egyik szem hibáját a másik javítja. Végre a tárgyak nagyságának és távolságának megitélése is sokkal pontosabban történhetik meg két szemmel, mint egy szemmel; bár tévedések itt sincsenek kizárva. Rendes viszonyok között a látásnál mind két szemet használjuk, és a tárgyaktól mindkét szemmel nyert benyomások után tájékozódunk a térben, a következőkben azért a két szemmel való tájékozódás módját fogjuk közelebbről figyelembe venni.

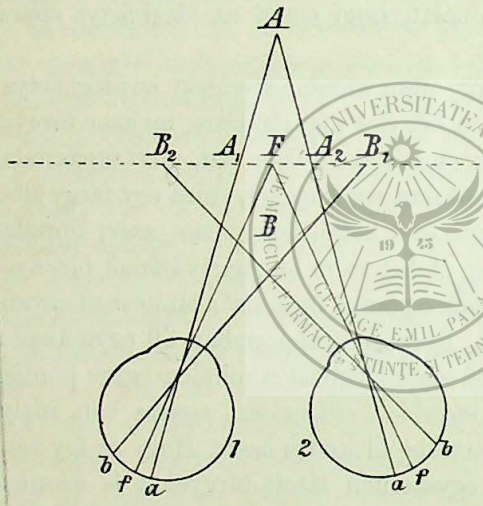
Két szemmel is rendesen *egyszerűn látunk*, sőt, mint kiemeltük, sok tekintetben jobban, mint egy szemmel, pedig ugyanazon tárgy után mindegyik szemben egy-egy kép jön létre. Csak pontos megfigyelés vezet annak felismerésére, hogy mindkét szemünkkel sok tárgyat valóban kettősen látunk. Ha például szemeink bizonyos határozott állása mellett a rögzített ponttól távol álló tárgyakra figyelünk, úgy azokat

kettősen látjuk. Így midőn egyik kezünk ujját orrunk előtt mintegy 20—30 cmt.-nyire tartjuk, és e mögött 40—50 cmt.-nyire a másik kéz megfelelő ujját, akkor, ha a hozzánk közelebb álló ujjat rögzítjük, ezt látjuk egyszerüen, a távolabb állót pedig megkettőztetve és megfordítva. Minél inkább megtanúljuk figyelmünket fordítani az ideghártya oldalrészein létrejött képekre, annál több kettősképet fogunk észrevenni. Hogy az a számos kettőskép látásunkat nem zavarja, sőt hogy az egész látótért két szemünkkel is egyszerüen látjuk, ez onnan van, mert figyelmünk a két ideghártya élesen látó pontjain létrejött képekre van fordítva úgy annyira, hogy az oldalt eső ideghártya-részletek által nyert benyomásokat észre sem vesszük, rosszabb ez oldalrészek látóélessége is, a kettős képek pedig az ideghártyán kisebb-nagyobb szóródásos köröket alkotnak; azért, ha valamely oldalt álló tárgyat jól akarunk látni, feléje fordítjuk szemünk látóvonalát, hogy képét az ideghártya élesen látó pontján nyerjük.

Hogy, bár ugyanazon tárgy után minden szemben az ideghártyagödörben egy-egy tehát összesen két éles kép jön létre, mi azon tárgyat mégis valóban egyszerűn látjuk, ennek oka abban van, mert tapasztalat útján a bizonyos ideghártya-pontokra eső képeket, mint egy tárgy által okozottakat tanúltuk megismerni, és a kettős benyomást azért öntudatunkban egybe olvasztjuk össze. A két szem ideghártyájának bizonyos pontjai összetartoznak, öntudatunk e pontok izgalmát a látótérben ugyanazon egy tárgyra vonatkoztatja. Ilyenszerű viszonyban áll egymással a két szem fovea centralisa; sőt az egyik ideghártya minden egyes pontjának a másik ideghártyán egy *megfelelő (identicus) pontja* van, melynek izgalmát öntudatunk egy érzésbe olvasztja össze. Hogy ez így van, kitűnik abból, mert a tényleg egyszerüen látott tárgyakat is azonnal megkettőztetve látjuk, mihelyt az egyik szemet szokott állásából kimozdítjuk, például ha gyenge ujjnyomással oly helyzetet adunk az egyik szemnek, mint a kancsalságnál. Kancsal ember azért nem lát kettősen, mert nála a megszokás által más ideghártyapontok lettek identicusak; ő ellenkezőleg műtét után, midőn szeme rendes helyzetet kap, lát kettősen, és e kettős látástól csak akkor szabadúl meg, midőn szemét az új állásban használni megtanúlta.

A megfelelő vagy identicus ideghártya-pontok iránt tájékozást a következő 90 ábra nyomán szerezhetünk legkönnyebben. A két szem (1, 2) F pontot rögzíti, ennek képe ff-ben az ideghártyagödörben van, s ezt mi egyszerün látjuk. Ugyanez alatt azonban A és B pontokat megkettőztetve látjuk. Ha, mialatt szemünk F pontra rögzítve marad,

az egyik szemet behúnyjuk, a kettős képek közül az egyik eltűnik és pedig, a csukott szemmel ellenkező oldali képe *B*-nek, valamint az avval azonos oldali képe *A*-nak tűnnek el, a mit úgy is fejezünk ki, hogy a rögzített pont előtt levő tárgyat keresztezett, a mögötte levőt pedig azonos oldali kettős képben látjuk. Megkettőztetve látjuk, mint az ábrából kitűnik, azokat a pontokat, melyeknek képe a fovea centralistól befelé esik, mint *A* tárgypont két képe *a* és *a*-ban, vagy kifelé attól, mint *B* pont képe *bb*-ben. A szemek belső és külső oldalain tehát nincsenek felelkező ideghártya-pontok. Tényleg a szem előtt baloldalt álló valamely tárgy képe a balszemben a belső, és a jobb szemben a külső oldalon van, e tárgyat esetleg egyszerűen is látjuk, és így azt kell következtetnünk, hogy a bal szem belső oldalán a jobb szem külső oldalával identicus pontok vannak, és viszont. Ugyan így lehet találni, hogy a két szem felső, illetőleg alsó oldalai is felelkezők egymással. Ha a két szem ideghártyáit a szemek primær-állása mellett egymásra tolni lehetne, akkor identicus pontjaik esnének egymásra; ettől csekély eltérés csak annyiban van, a mennyiben a két szem függélyes delelői aláfelé keveset összetérnek, de ezen eltérés olyan csekély, hogy minden hiba nélkül figyelmen kívül lehet hagyni.



90. ábra.

Mindazon pontok összegét a térben, melyektől kiindúló fénysugarak, a szemek bizonyos állása mellett, identicus ideghártya-részekre esnek, *horopter*-nek nevezzük. Midőn mindkét szemünkkel valamely tárgyat rögzítünk, akkor ennek képe mindkét szemben az ideghártyagödör identicus pontjaira esik, ugyanez alatt azonban más tárgypontoktól jött sugarak az ideghártya környéki részeinek különböző pontjain fognak egyesülni és ezek közt identicus pontokra is. Ha az identicus pontoktól kiindúlva húznók a megfelelő iránysugarakat, úgy az iránysugarak kereszteződési pontjainak összege a térben a horopternek felelne meg. Még egyszerűbb a horopter meghatározása, mióta Hering

kimutatta, hogy azok az iránysugarak indúlnak ki identicus ideghártyapontoktól, melyek a megfelelő látóvonallal ugyanazon irányban fekvő, egyenlő nagy szöget képeznek. Ez alapon a szemek egyes állásainak megfelelő horopter mértanilag szerkeszthető, vagy egyenesen erre irányított kísérlet által megállapítható.

A horopter alakja iránt az egyes szemállásoknál legkönnyebben tájékozódunk, ha HERING-gel az ideghártya vízszintes delelőjét, mint *középkeresztmetszetet* és a vele kereszteződő függélyes delelőt, mint *középhosszmetszetet* különböztetjük meg. Hogy ha a közép keresztmetszeten és a látóvonalon át fektetett síkban, az irányvonalak kereszteződéspontján keresztül, a látóvonalra függélyes vonalat húzunk, és e vonal körül, mint tengely körül, azt a síkot forgatjuk, az ideghártya *felső* és *alsó keresztmetszet síkjait* kapjuk, és ha a középhosszmetszeten és a látóvonalon át fektetett egy síkban ugyancsak az irányvonalak kereszteződéspontján keresztül a látóvonalra függélyesen húzott vonal körül, mint tengely körül, e síkot forgatjuk, nyerjük az ideghártya *bal* és *jobb hosszmetszet síkjait*. E kereszt- és hosszmetszet-síkokban mennek az identicus pontoktól kiindúló iránysugarak; a hol tehát e síkok a térben metszik egymást, ott vannak azok a pontok, a melyektől kiindúló sugarak az ideghártyában identicus ideghártya-részekre esnek. Mindazokat a helyeket együttvéve, melyekben identicus keresztmetszet síkok találkoznak a *keresztmetszet síkok* horopterének mondjuk, és azokat a helyeket, melyekben az identicus hosszmetszet síkok egymást metszik, a *hosszmetszet síkok horopterének* nevezzük. A kettő együtt a *teljes horopter* (HERING).

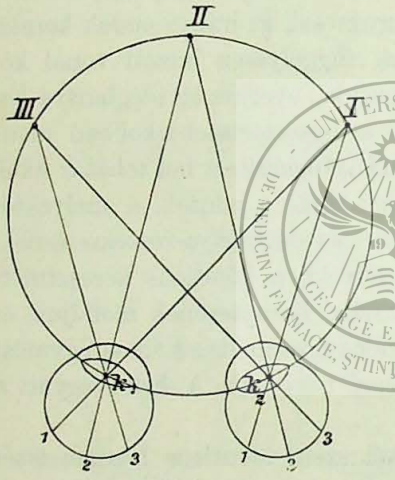
A szemek primær állásánál a két szem identicus hosszmetszet síkjai párhuzamosak — mint a látóvonalak és az identicus ideghártyapontoktól húzott iránysugarak — és a végtelenben metszik egymást. A hosszmetszetek horoptere e szerint egy a látóvonalra függélyesen álló sík a végtelenben. Megegyezik evvel az a tapasztalati tény, hogy a csillagokat az égén mind egyszerűen látjuk. A keresztmetszetek megfelelő identicus síkjai összeesnek, tehát mindenütt metszik egymást.

A szemek secundær állása mellett, midőn a látóvonalak összetérnek, de a közép hosszmetszetek párhuzamosak maradnak, az identicus hosszmetszet síkok egymást a látóvonalakat összekötő síkra — a látósíkra — függélyes vonalakban metszik; a közép hosszmetszet síkokra nézve e vonal a rögzített ponton megy keresztül. Mind e vonalak összege hengert képez, mely a rögzített ponton és a két szem irányvonalainak keresztpontjain át vezetett körön keresztül megy. E kört a 91. ábra tünteti

fel, melyben k_1 k_2 *I II III* a kör, ezen az *I II III* pontokon és bárhol másutt, ha volna világító pont, képe az ideghártyán identicus pontokra esnék. A keresztmetszet síkok mind a madiánsíkban metszik egymást.

Ha párhuzamos látóvonalak mellett a középhosszmetszetek összetérnek, a szemek hengeredő mozgásakor, akkor két identicus hosszmetszet sík a látósík alatt vagy felett egy e látósíkhoz és a mediánvonalhoz párhuzamos vonalban metszi egymást. Mind e vonalok összege a látósíkhoz párhuzamos síkot képez. Két identicus keresztmetszet sík a mediánsíkban fekvő egyenes vonalban metszi egymást.

Végre ha a látóvonalak és a középhosszmetszetek is összetérnek, akkor két identicus hosszmetszet sík fel vagy lefelé való irányban összetér és a látósíkhoz hajlott vonalban metszi egymást. E metszővonalak összege ferde kúp köpenyének felel meg. Az identicus keresztmetszet síkok a mediánsíkban fekvő, a látósíkhoz hajlott vonalakban metszik egymást; mind e metszetek tehát a mediánsíkkal esnek össze.



91. ábra.

A mely tárgy a horopterben fekszik, a mely tárgy egyes pontjaitól kiinduló sugarak mindkét szemben identicus ideghártyapontokra esik, azt a tárgyat egyszerűen látjuk; öntudatunk a két képet egybe olvasztja össze. Nem úgy van a dolog, ha az ideghártya identicus helyeire különböző tárgyaktól jött sugarak hatnak be. Ilyenkor vagy csak az egyik ideghártyára történt benyomás jut öntudatunkra, vagy váltakozva az egyik, majd a másik benyomása és a legritkábban olvad a két érzés egy vegyes érzéssé össze. Ilyenkor fejlődik az a folyamat, melyet *a látóterek vetélkedésének* szokás nevezni. Igy, ha például az egyik szem sárga, a másik kék felületet néz meg, akkor a látótér egész kiterjedésében vagy kisebb-nagyobb részében hol sárgának, hol kéknek tetszik, a legritkábban pedig a kiegészítő színben tünik fel. Egyszersmind bizonyos fénye is van a látótérnek. Még feltünőbb e fénylés, hogy ha az egyik szem fehér a másik fekete felülettől nyeri fényét. Hasonlóan van a dolog midőn egyik szem egyik, a másik egy másik irányban húzott és így egymással kereszteződő, vonalakkal bíró felületet

néz meg; ilyenkor tudniillik majd az egyik, majd a másik felület vonalai lépnek előtérbe.

E vetélkedést a látóterek közt némelyek azon nehézségből magyarázzák, melylyel itt a két szem küzd, midőn különböző távolságra kell alkalmazkodnia. Mert ha a sárga fényre, vagy az egyik irányban fekvő vonalra van alkalmazva mindkét szem, azok élénkebben hatnak a megfelelő szemben, mint a kék fény, vagy az előbbivel keresztező irányban fekvő vonalak hatni képesek a másik szemben, mely ezekhez alkalmazva nincsen. Mások lelki működésnek tulajdonítják a vetélkedést a látóterek közt. Szerintök midőn az egyik ideghártyán a behatás élénkebb, mint a másik ideghártya identicus pontjain, rendesen az élénkebb behatás jut egymaga öntudatunkra.

A vetélkedésnél észlelhető fényesség oka az az egyenetlenség, mely a két szemben létrejött két kép közt van. A mindennapi tapasztalatból tudjuk, hogy egyenetlenül tükröző felületek fénylenek. Az álló víz fénylik, ha rajta apró hullámok képződnek. Ilyenkor egyes pontjai mindkét szembe nem vetnek egyenlő fénymennyiséget. Hasonló eset az is, ha egyik szemünkbe világosabb a másikba sötétebb tárgytól jut a fény.

68. §. Testi (stereoskopikus) látás.

A két szemmel való látásnak kiváló előnyeként kiemeltük azt a körülményt, hogy a két szem a tárgyakat testekként ismeri fel, hogy a mélységi méretet illetőleg betekintést enged. Egy szemmel megtekintett golyót például, az alkalmazkodás érzete, valamint a fény és árnyék elosztása alapján a golyó felületén, képesek vagyunk egy korongtól megkülönböztetni. De mikor a golyót két szemmel nézzük, elősegíti a testies látást még a két szem összetérésének érzése, különösen pedig az, hogy a két szem a látott tárgytól, esetünkben a golyótól, némileg különböző képet is kap. Hogy hozzánk közel álló tárgyak után a két szem ideghártyáján szükségképen különböző képek jönnek létre, erről igen könnyen meggyőződünk, ha kezünket magunk előtt úgy tartjuk, hogy a kéz hátoldala az egyik, tenyéroldala pedig a másik oldal felé van fordítva; mialatt természetesen kezünk egyik széle orrunk felé áll. Ilyenkor az egyik szem a kéz hátát, a másik tenyerét látja. A két szem ugyanazon egy tárgyról egészen különböző képet kap és mi egybeolvasztjuk a két képet azon mindennapi tapasztalat folytán, hogy ezek egy tárgytól erednek. A két szem ilyen többé-kevésbbé különböző képei egybeolvasztásának köszönjük, hogy a mélységi méret iránt tájé-

kozódni tudunk. E következtetés helyességét kétségkívülivé teszik a *stereoskop*-pal tehető kísérletek, mert ez eszköz segedelmével valamely tárgyat egyszerün és testnek látunk, mihelyt két szemünk elé ama tárgynak oly fokban különböző képét állítjuk oda, mint a minő fokban a két szemen létrejövő kép tényleg különböző egymástól.

A 92. ábrán a Brewster-féle stereoskopot látjuk lerajzolva. B_1 és J_1 helyén van a két szem, mindegyik előtt egy hasáb, melynek törőéle egymás felé tekint. Minthogy a két hasáb lapjai domborúak, egyszersmind mint gyűjtőlencsék is szerepelnek. Ha egy előttünk fekvő csonka piramist megtekintünk, mely csúcsával felénk van fordítva, akkor e piramis képe a bal szemben B-nek és a jobb szemben J-nek felel meg. Ha már a stereoskopban az egyik szem elé azon piramis B és a másik szem elé J képét tesszük, akkor mi L helyén valóságos piramist látunk. B és J képek sugarai a két prismán átmentük közben úgy töretnek meg, mintha L-ből jönnének, mindkét képet azért L-ben egyesítjük, mintha egy test képei volnának.

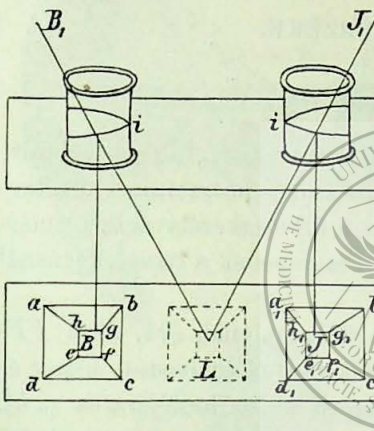
Egy másik hasonló eszköz a Wheatstone-féle stereoskop (93-ik ábra), melyben az illető tárgy megfelő két képe B_1 és B_2 helyekre jön; a két szem O_1 O_2-ben van és a T_1 T_2, T_2 T_3 tükrökben nézi meg a képeket úgy, mintha sugaraik L-ből indúltak volna ki, az egyik illetőleg a másik szembe. Ott látja azért az illető tárgyat is.

Igen nagy távolban levő tárgyaktól a két szemben képződött képek nem igen különböznek egymástól, ezekben azért nem is igen ismerünk fel mélységi méretet. Ez okból szerkesztette Helmholtz a *telestereoskopot*, melylyel nagy távolban levő tárgyak megtekintésekor is a mélységi méretet látni lehet. Az eszköz hasonlít a Wheatstone-féle stereoskophoz, csakhogy a B_1 és B_2 helyett tükröző lapok vannak állítva, tükröző felületükkel T_1T_2 illetőleg T_2T_3 felé fordítva párhuzamosan ez utóbbi tükrökkel. A tükörlapok a szükség szerint eltávolíthatók T_1 T_2 és T_2 T_3-tól. A valamely távol álló tárgytól B_1- és B_2-re mint tükörlapokra eső fény T_1 T_2 illetőleg T_2 T_3 tükrök felé verődik vissza és onnan O_1 és O_2 szemekbe jut.

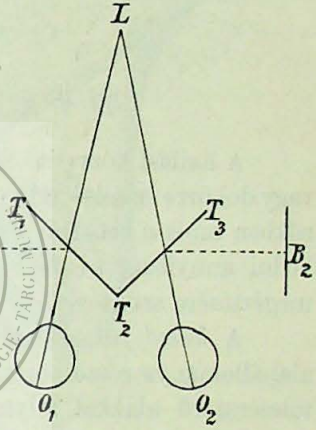
Mind ez eszközök segedelmével a testi látás csak akkor lehetséges, ha a két szemben az illető tárgynak megfelelően különböző képe van, ellenben, ha azonos képeket teszünk a stereoskop-ba, a képeket minden mélységi méret nélkül fogjuk látni. Dove azért a stereoskopot hamis pénz felismerésére ajánlotta használni. Míg tudniillik két valódi pénzdarabot egyszerű képben látunk a stereoskopban addig, ha a kettő közül az egyik csak némiképen különbözik a másiktól, azonnal elő-

tünik a mélységi méret is, a betük hol előbb, hol hátrább látszanak állani.

Ha a 92. ábrán bemutatott kísérletet közelebbről figyelembe vesszük, úgy látjuk, hogy vagy az $a\ b\ c\ d$ és $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$ képei eshetnek identikus ideghártyapontokra vagy az $e\ f\ g\ h$ és $e_1 f_1\ g_1\ h_1$ által jelzett és a piramis tompa csúcsának megfelelő képek, de semmi esetre nem mind a kettő. E szerint az egyik esetben a kisebb, a másikban a nagyobb felületet kellene megkettőztetve látnunk, a szem pedig ezeket nem megkettőztetve látja, hanem egy testi képpé egyesíti. Brücke azért abban a véleményben van, hogy a látott képek egyes részeit a szemmozgások segedelmével egymásután identicus ideghártyarészekre hagy-



92. ábra.



93. ábra.

juk esni, s az ez úton nyert benyomást olvasztjuk egybe. A 92-ik ábra esetében tehát például úgy, hogy miután $a\ b\ c\ d$ és $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$ képei identicus ideghártyarészekre esett a látóvonalak összetérése által a piramis csúcsának megfelelő $e\ f\ g\ h$ és $e_1 f_1\ g_1\ h_1$ képeit hozzuk szintén identicus ideghártya-pontokra, s ezeket, mint melyeknél a látóvonalakat erősebben összetéríteni kellett, hozzánk közelebb levőknek itéljük. E szerint a testi látás kiváló fokban izomérzés eredménye volna. Azonban a stereoskopikus képeket sötétben villamszikra által nyert pillanatnyi megvilágításban is egyszerűen és testeknek látjuk (Dove). Másfelől pedig ki van mutatva, hogy ha az egyik szem elébe függélyes, a másik elé ettől kissé rézsút eltérő vonalat teszünk a stereoskopba, akkor ezeket oly vonalba olvasztjuk össze, melynek iránya közből esik a függélyes és kissé rézsút fekvő vonal közt (Volkmann). Ezek és más tapasz-

talatok mindenesetre az izomérzés, mint a stereoskopikus látást feltételező körülmény ellen bizonyítanak és arra utalnak, hogy a két különböző képet egy testi képpé szellemi működés útján olvasztjuk össze. Lelkünk e képességet azon számtalanszor tett tapasztalatból nyerte, hogy a különböző képek egy tárgytól erednek. Hering szerint a két ideghártyának, két egymástól keveset különböző pontjait ért benyomások helyi jele csak keveset különbözik, ezeket azért már születésünktől fogva nem tudjuk a térben megkülönböztetni egymástól és összeolvasztjuk egy képbe; csak ha a képek nagyobb fokban különböző ideghártyapontokra esnek, következik be a kettős látás.

C) A HALLÁS ÉRZÉKE.

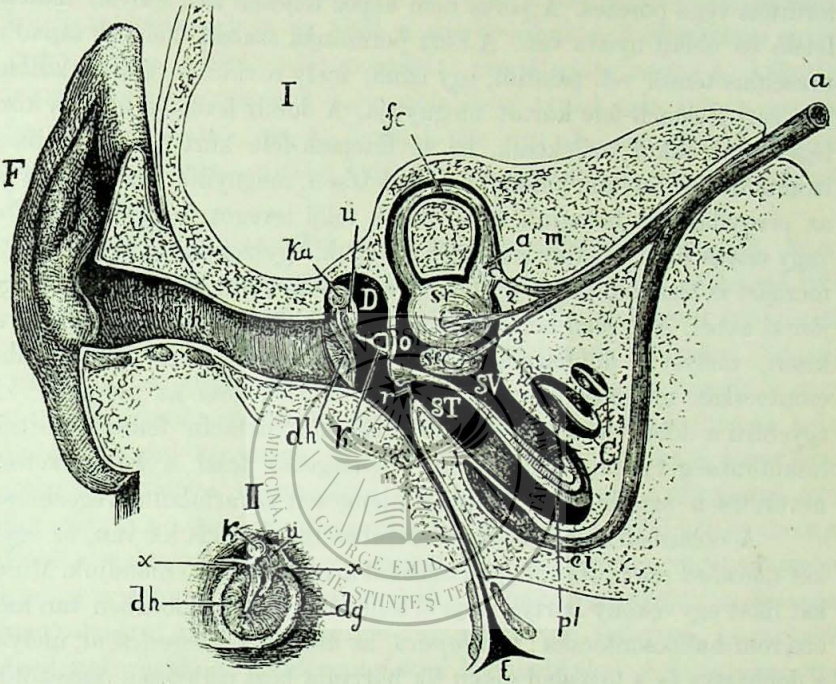
69. §. A hallás szervének szerkezete.

A hallást közvetítő szervünk a fül. A fület külső fülre, középfülre vagy dobürre és belső fül- vagy tömkelegre szokás beosztani. A következőkben mi is e beosztás szerint akarunk a fül szerkezetével megismerkedni annyiban, a mennyiben az a fül szerepének a hangfelfogásnál megértésére szükséges.

A *külső fül* szabad részének, a fülkagylónak (94. ábra *I F*) alapállománya reczésporcz. Számos emelkedést és mélyedést képez és tölcsérszerű alakkal folytatódik a csőszerű külső hallójáratba (*k h*). A hallójáratot részben porcz, részben csontállomány képezi; belső felületét, mint a fülkagylót, bőr vonja be. A hallójárat bőrén rövid szőrök nőnek, benne pedig a verítékmirigyekhez hasonló gomolyszerű mirigyek vannak, melyek a fülzsírt választják el. A mirigyek elválasztó sejtjeiben sárga és barna fényes szemcsék, továbbá kisebb-nagyobb zsírszemcsék fordulnak elő. Sok ilyen gomolymirigy van a hallójárat porczos, kevés annak csontos részében. Ugy a szőrök, mint a gomolymirigyek váladéka a fülzsír, a külső hallójáratot kívülről beható por és egyebek ellen védik.

A külső fület a középfültől vagy dobürtől (*D*) a *dobhártya* (membrana tympani) választja el. A dobhártya (*d h*) csontos gyűrűbe rézsutosan van kifeszítve, úgy, hogy a külső hallójárat alsó fala a sziklacsontba mélyebben terjed, mint a felső. Kivülről a hallójárat bőre a dobhártyára is átterjed, vékony irharéteggel és sokrétegű felhámmal. Az irharéteg bensőleg össze van nőve a dobhártyának saját rostos lemezével (lamina

propria). A rostos lemezt lapos, fénylő, finom rostkötegek alkotják. E rostkötegek közvetlen a bőr irharétege alatt sugárirányban haladnak, a dobhártya szélétől a kalapács markolata felé, melynek csonthártyájával részben össze is vannak nőve; beljebb a rostkötegek iránya körkörös. A körkörös irányt követő rostok legnagyobb számban vannak a



94. ábra. A halló szerv szerkezete. *I. F.* = a fülkagyló; *kh* = külső hallójárat; *dh* = dobhártya; *D* = dobür; *ka* = kalapács; *ü* = üllő; *k* = kengyel; *o* = tojásdad lik *(faromen ovale)*; *r* = *kerek lik (foramen rotundum)*; *E* = EUSTACH-féle kürt (vagy orrtrombita); *fc* = félkörös, hártyás ívjárat; *sr* = kerek hólyagocska *(sacculus rotundus)*; *se* = *ellipticus* hólyag *(sacculus ellipticus)*; *am* = a félkörös ívjárat tágulata *(ampulla)*; *C* = csiga; *SV* = *scala vestibuli* (a csiga előpitvari menete), *ST* = *scala tympani* (dobüri menete); *pl* = pörge lemez; *a* = *n. acusticus* (hallóideg); *ci* = csigaideg *(nervus cochlearis)*. *II* = a dobgyűrűre kifeszített dobhártya *(dh)*. a kalapácscsal *(k)* és az üllővel *(ü)*. *x—x* a kalapács és üllő forgástengelyének irányát jelzi (CZERMAK-THANHOFFER szerint).

dobhártya környéki részein, a kalapács markolata közelében pedig teljesen hiányoznak. A rostkötegek közt alkatnélküli szövetközötti anyagot és kötőszövetsejteket lehet találni. A rostos lemezen belül végre a dobhártyára a dobürt kibélelő nyákhártya folytatódik.

A *középfül vagy dobür* (*D*) rendetlen alakú kis ür. Csontos falát csonthártya s ezt vékony nyákhártya fedi; a nyákhártya egyrétegű

hámja csillószőrökkel van ellátva. A dobür levegője és a körlevegő közt a közlekedést az *Eustach-féle kürt* (*E*) tartja fenn. Ez szűk cső, mely a dobürből az orrür hátsó részébe vezet. Az orrtorok-ür nyákhártyája béleli ki az Eustach-féle kürtöt és beterjed a dobürbe, melynek nyákhártyájával egyenes összefüggésben van. Egyébként pedig az Eustach-féle kürt oldalt és hátraálló részét csontos fal alkotja; belső és előrefordított vége porczos. A porcz nem képez teljesen zárt csövet, hanem lefelé és oldalt nyitva van. A kürt porczának szabad széléhez tapad a musculus tensor veli palatini, egy izom, mely rövidülése által a különben zárt Eustach-féle kürtöt megnyitja. A dobür levegője tehát a körléggel csak akkor közlekedik, ha az Eustach-féle kürt szabad nyilása izommüködés folytán, például nyelés közben, megnyilik. Ha szánkat és az orrnyilásokat befogjuk és a tüdők felől levegőt fujunk a szájürbe vagy szívás által a szájür levegőjét ritkítjuk, egyszersmind pedig nyelőmozgást is teszünk, akkor a dobürbe levegő nyomul be, illetőleg levegő jön ki abból. A levegő benyomulását vagy kijövetelét a dobürből zörej kíséri, melyet a dobhártya megfeszülésének változása, meg a halló csontocskák mozgása okoz. A dobür e közlekedése az orr-ürrel kiegyenlíti a dobür levegője és a körlevegő közt netalán fennálló feszülésküloubséget, mi a dobürben lehetségessé teszi a hangvezetést, nevezetesen azt, hogy a dobhártya lengéseit zavartalanul végezhesse.

A dobürben a dobhártyával szemben még két kis lik van, az egyiket *tojásdad alakú liknak* (*o*) a másikat *kereklíknak* (*r*) mondjuk. Mindkét likat egy vékony hártya zárja el teljesen. Végre a dobürben van még ahárom hallócsontocska: a *kalapács*, az *üllő* és a *kengyelcsont*, melyek a dobhártya és a tojásdad alakú lik hártyája közt izületesen összekötött hidat képeznek.

A *kalapács* (*ka*) felső vastag végét fejnek nevezzük. Ez alatt következik a nyaka, mely a markolatba folytatódik. A fejnek hátrafelé fordított felülete síma izülőfelület, mely az üllővel függ össze. A markolat alsó vége a dobhártya közepébe van benőve és ezt annyira befelé a dobür felé húzza, hogy megfelelő bemélyedést képez, mely körül a dobhártyának kifelé tekintő domborulata van. Ezeken kívül a kalapácson, közvetlenül nyaka alatt, még egy hosszú es egy rövid nyulvány is van. A hosszú nyulvány (processus Folianus) előfelé van irányítva, végét finom szalagok a dobür csontos falához fűzik. Rövid nyulványa a dobhártya felé van fordítva, melynek felső részét némileg kifelé is tolja. A kalapácsot finom kötőszövetszalag tartja helyén rögzítve, mely a dobürt kibélelő nyákhártya egy redőjében halad el A szalag a kalapács hosszú

nyulványától kiindulólag a kalapács nyakán az izülő felület alatt ered és a dobhártya széle mellett a csontos falhoz tapad. E szalagnak előre terjedő része a *ligamentum mallei anterius*. Hátsó része a *ligamentum mallei posterius*. E két szalag körül a kalapács, mint egy tengely körül forog. A kalapácsot helyén rögzítő szalagnak középső része végre, mint *ligamentum mallei externum*, kifelé a dobhártya felső széle felé halad s e fölött oda tapad a csonthoz. E szalag a kalapács fejének túlságos befelé való forgását és ez által a markolatnak a dobhártyával együtt nagy fokban kifelé való mozgását akadályozza meg. A kalapács markolata felső részének belső oldalához tapad még oda a *musculus tensor tympani*; egy az Eustach-féle kürt alsó részében fekvő izom, mely összehúzódása által a kalapács markolatát és vele a dobhártyát befelé feszíti.

Az *üllő* (*ü*) alakja két gyökérrel biró zápfoghoz hasonlít. Koronájának felülete a kalapács fejének megfelelő izülő felületével izül. Az izület alakja nyeregszerű. Helmholtz ez izületet azon órakulcsok izületéhez hasonlítja, melyeket egyik irányban szabadon forgatni lehet, míg az ellenkező irányban semmi forgást sem engednek meg. Az izület ilyenszerű szerkezeténél fogva az üllő a befelé húzott kalapácsot követni kénytelen, ellenben visszamarad, hogyha a dobür levegőjének nyomása bármi okból nagyobb a körlevegő nyomásánál és a dobhártyát a kalapácscsal együtt kifelé nyomja. Az üllő két nyulványa közül a rövidnyulvány egyenesen hátrafelé van fordítva, végét egy finom szalag a dobür hátsó falához köti; a hosszú nyulvány a kalapács markolatával párhúzamosan le- és befelé van irányítva, hegye izülő felülettel ellátva a hallócsontocskák harmadikával a kengyelcsonttal áll izületes összeköttetésben.

A *kengyelcsont* (*k*) kengyelvashoz hasonlít. Két szárának egyesülőpontja az üllő hosszú nyulványának hegyével izületes összeköttetésben van, talpa a tojásdad alakú lik hártyájához nőtt oda. A kengyelcsontnak az üllővel izülő fejecséhez tapad, az eminentia pyramidalis-ban fekvő, *m. stapedius*. Ez izom összehúzódása által a kengyelcsont talpának hátsó végét a tojásdad alakú likba nyomja, mialatt mellső végét megfelelőleg kiemeli. Ez által a m. stapedius a kengyelcsontot helyén rögzítve tartja és talpának esetleges túlságos beszorítását a fenestra ovalisba megakadályozza (Henle).

A dobhártya és tojásdad alakú lik közt így elhelyezett hallócsontocskák útján a dobhártya minden mozgása a kengyelcsont talpáig terjed. A kalapács markolatának befelé mozgása a kengyelcsont

talpát is a tojásdad alakú likba nyomja és megfordítva. Ezek mellett a kengyelcsont egész kitérése $^1/_{10}$ mm.-nél nem nagyobb.

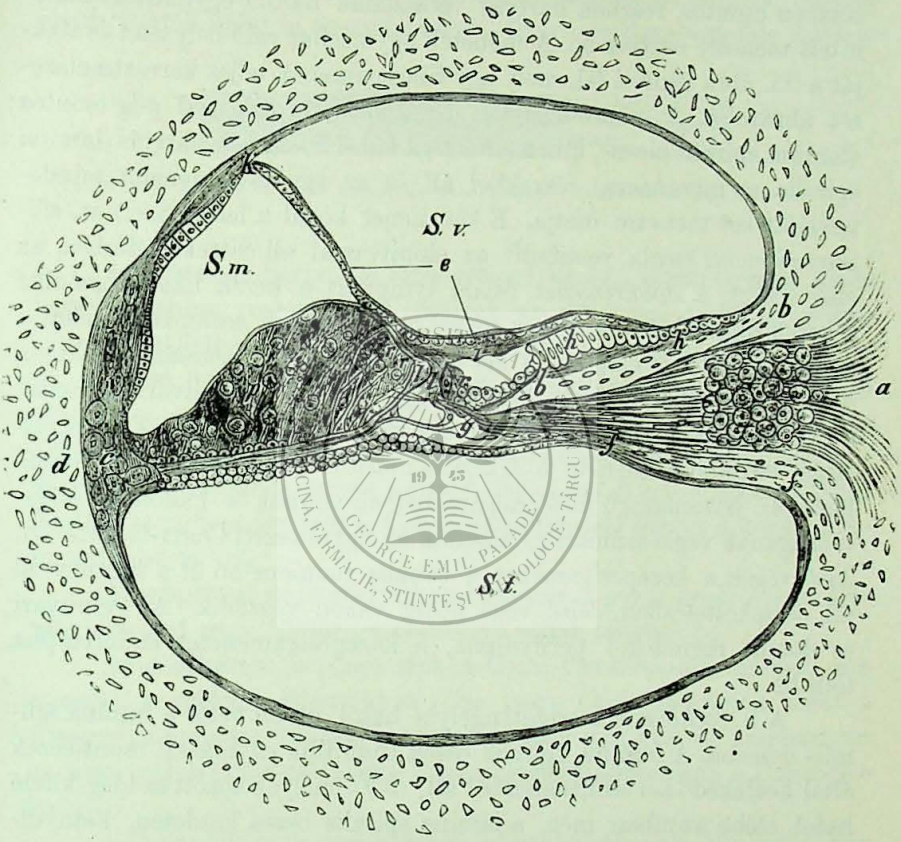
A hallószerv harmadik részében a *belső fülben* vagy *tömkelegben* van a hallóideg végkészüléke. Az egész belső fül az igen kemény sziklacsontban van elrejtve, egyedül a tojásdad és a kerek lik vezetnek belőle ki a dobürbe, de ezekről is láttuk, hogy hártya által vannak elzárva. Ürét hártyás képletek idegvégkészülékekkel és folyadék (lympha) töltik be. Midőn tehát a kengyelcsont a tojásdad alakú likba szorúl, a tömkeleg vizét a kerek likat elzáró hártya felé nyomja, mint a mely egyedül a nyomásnak enged; hogy mely úton terjed a nyomás idáig, erről később szólunk.

A tojásdad alakú lik a belső fül középső, *előpitvarnak* nevezett részébe vezet. Az előpitvarból indul ki, hátra és felfelé terjedő irányban, a három *félívjárat* (*fc*), előre és lefelé pedig a *fülcsiga* (*C*). Mind e csontosfallal határolt részek megfelelő hártyás részeket zárnak be. Igy a tömkelegben két hártyás tömlő az *utriculus* (*se*) és a *saccuculus* (*sr*) van, a csontos ívjáratokat megfelelő *hártyás ívjáratok* (*fc*) töltik ki, sőt a fülcsigában is lehet hártyaszerű képleteket találni.

Az utriculus és sacculus közvetlenül nem közlekednek egymással csak az *aquaeductus vestibuli* tart fenn köztük közlekedést. Az utriculusból indulnak ki a hártyás ívjáratok, a sacculus a canalis reuniens által a fülcsiga *középső menetével* (scala media vagy canalis cochlearis) áll egyenes összeköttetésben.

Az *utriculus*, *sacculus* és a *hártyás ívjáratok* a tömkeleg csontos falához nincsenek egészen hozzánőve és minthogy a tömkelegnek környező csontos részeinél kisebbek, a szabadon maradó tért folyadék, a perilympha, tölti be. Csak laza kötőszövet szálak tűzik oda az utriculust és sacculust az előpitvar belső falához, a hártyás ívjáratokat pedig a csontos ívjárat domború oldalához, miáltal e hártyás részeket helyükön rögzítve tartja. Szerkezetüket illetőleg e hártyás részek kívül ruganyos rostokban dús kötőszövetrétegből állanak, melyen belül alkatnélküli üveghártya, a membrana propria, van. Az üveghártyán belül következik a hámréteg; egyrétegű, ellapult, sokszögű, nagy maggal ellátott sejtekkel. A hallóideg az előpitvar hólyagaiban a hallóideg dombocskáihoz (maculæ acusticæ) az ívjáratok ampulláiban a hallóidegléczekhez (cristæ acusticæ) jut el s ezekben végződik. E helyeken a hártyás tömkeleg falának kötőszövetrétege tetemesen meg van vastagodva. Benne ágazódik el a hallóideg megfelelő ága (n. vestibularis). Az idegrostok elvesztik velős-

hüvelyüket, áttörik az üveghártyát és betérnek a hámrétegbe, a hol rostocskákra oszlanak fel és sajátszerű végkészülékekben a «*hallósejtek*»-ben végződnek. A hámrétegben tudniillik, az idegvégződés helyén, kétféle sejtet lehet találni. Sokszögű megnyúlt hámsejteket, s ezek közt szabad szélükön megszélesbedett, alapjuk felé megvékonyodott, palaczk-



95. ábra. Fülcsigamenet keresztmetszete (vázlatban).

alakú hallósejteket. A hallósejtek szabad széle szegélylyel van ellátva, melyből egy aránylag hosszú (0·09 mm.) nyulvány áll ki. E nyulványt számos finom fonal képezi (Retzius). A hallóideg dombocskáin és a hallóidegléczeken még kocsonyaszerűen összeálló anyag is van, melybe a hallósejtek nyulványai terjednek be. A kocsonyaszerű anyagban hasábalakú mészjegeczek az úgynevezett *otolithonok* fordúlnak

elő; innen van az egész anyagnak a fehér színe. Egyébként úgy az előpitvar hólyagait, mint az ívjáratok üreit is endolympha tölti be.

Sokkal bonyolódottabb ennél a *fülcsiga* szerkezete, melyben a hallóideg második ága (n. cochlearis) végződik. A fülcsiga csontos *tengelye* (modiolus) körül $2^1/_2$-szer tekerődző menetből áll. E menetet részben csontos, részben hártyás válaszfalak három egymástól elkülönített menetre osztják be. A menetek egymáshoz való helyzetét és alakját a 95. ábra tünteti fel, mely egy fülcsigamenet teljes keresztmetszetét ábrázolja. A csigatengelytől *a*-nál kiinduló válaszfal *g*-ig csontos (lamina spiralis ossea), innen a fülcsiga külső faláig *c*-ig hártyás (lamina spiralis membranacea) részekből áll és az egy csigamenetet mindenekelőtt két menetre osztja. E két menet közül a felső (*S. v.*) az, *előpitvari menet* (scala vestibuli) az előpitvarral áll összeköttetésben, az alsó (*S. t.*), a *dobürimenet* (scala tympani) a kerek likon végződik; a kerek likat elzáró hártya, a membrana tympani secundaria, tehát a dobüri menetet is elzárja. A két menet a fülcsiga csúcsán egy likon, *helikotrema*-n keresztül közlekedik egymással. Az előpitvari menettől a CORTI-REISSNER-féle hártya (*c*) egy részt rekeszt el (*S. m.*), ez a fülcsiga harmadik menete a *középcsigamenet* (scala media). A többé-kevésbbé háromszögű középcsigamenetben vannak a hallóideg csigabeli ágának végkészülékei és alkotják az úgynevezett CORTI-féle *szervet*. Alsó végén a középcsigamenet a canalis reuniens-en át a sacculassal áll összeköttetésben, felső vége pedig vakon végződik. Az előpitvari és dobüri meneteket perilympha, a középcsigamenetet endolympha tölti be.

A *n. cochlearis* a csigatengelybe hatol innen betér a lamina spiralis osseaba. A lamina spiralis ossea tudniillik egymással csontléczek által közlekedő két csontlemezből áll, (*b, f*), melyek között az ideg kifelé hatol, előbb azonban még, a lamina spiralis ossea kezdetén, kétnyulványú idegsejtekből álló dúczon megy át, míg végre *g*-nél a középcsigamenetbe jut. Itt a lamina spiralis üvegporczszerű anyagból áll és az úgynevezett *dobüri ajkat* (lab. tympanicum vagy habenula perforata) képezi. A dobüri ajknak (*g*) a középcsigamenet felé tekintő oldalán belülről kifelé irányított sekély emelkedések (dentes apparentes) és ezek között, velök párhúzamos irányban megnyúlt, likak vannak, melyeken át az idáig eljutott ideg a középcsigamenetbe tér be. A dobüri ajk egyenes folytatása, a szintén hyalin nemű anyagból álló *alaphártya* (membrana basilaris), *c*-nél a fülcsiga külső falához, a

pörge szalaghoz (ligamentum spirale), tapad és a középcsigamenet alsó falát képezi.

A lamina spiralis ossea felső, *bb*, részét szintén üvegporczhoz hasonló anyag és megvastagodott csonthártya fedi (*hh*). Felülről tekintve, ezen mélyedéseket és emelkedéseket lehet látni, kifelé pedig csőr alakú éllel végződik. A csiga lamina spiralisanak e részét *előpitvari ajknak* (lab. vestibulare vagy habenula sulcata) nevezik. Az előpitvari ajktól indul ki az ugynevezett Corti- és Reissner-féle hártya.

96. ábra. A Corti-féle szerv húrosrétege összefüggésben a Corti-féle ív külső rostjával.

A Corti-féle hártya (*i*) több réteget képező sűrűn egymás mellé helyezett finom rostokból áll, melyek az előpitvari ajktól kiindulva, egymás mellett kifelé haladnak. E hártya vége rosthálózatba megy át, melynek rostjai az alaphártya felett elhelyezett képletek között vesznek el. A Reissner-féle hártya (*e*) a Corti-féle hártyával együtt az előpitvari ajktól indúl ki s ezt fedve halad kifelé, csak miután a Corti-féle hártya rostokra feloszlott fordúl felfelé, hogy *K* nál a fülcsiga külső falához tapadjon. Igy lesz a Corti-Reissner-féle hártya a középcsigamenet felső falává.*

Az előpitvari és dobüri ajkak közt van a *pörge árok* (sulcus spiralis), melyet nagy, többnyire gömbölyű sejtek töltenek be.

Az alaphártya, a pörge árok, a Corti-Reissner-féle hártya és a csigafal megfelelő, edényekben dús része (*Kc*) határolják tehát a középcsiga menetet. Ide tér be *g*-nél az ideg s itt van az alaphártyán az úgynevezett Corti-féle szerv. E szerv legfeltünőbb részei a Corti-féle ívek (*ll*).

A Corti-féle ívek hyalin nemű anyagból állanak. Minden ív egy belső és egy külső rostból áll. A rostok felső végei izületes összeköttetésben vannak egymással. A belső rost alsó vége közvetlenül a dobüri ajk ama lika előtt tapad oda, melyen át az ideg a középcsigamenetbe betér,

* Igen nehéz e hártyákat teljes épségben, természetes helyzetükben górcső alá nyerni. Ez okozta és okozza most is az eltéréseket, melyek a két hártya irányát és tapadását illetőleg fennállanak. A fenti leirás saját vizsgálataimon alapúl.

a külső rost ki és lefelé van fordítva alsó vége az alaphártyához megy. A Corti-féle ív így háromszögű tért zár be, melynek alapját az alaphártya egy része, egyik oldalfalát a belső, a másikat a külső Corti-féle rost képezi. A belső rostok száma nagyobb, mint a külsők-é, úgy hogy három belső rostra két külső esik. Összesen az egész középcsigamenetben mintegy 4500 külső Corti-féle rost van (Waldeyer). Nevezetes még, hogy a középcsigamenet alólról felfelé haladólag mind szélesebb lesz s hogy ennek megfelelőleg a Corti-féle ívek rostjai is annál hosszabbak, minél magasabb csigamenetből vettük azokat. A belső rostok az első csigamenetben 30, a harmadikban 34, a külsők megfelelőleg 47 és 69 μ. hosszúak (Hensen).

A Corti-féle ív külső rostja alsó részén vonalas szerkezetű. A vonalak a rostból kiinduló finom húrszerű képleteknek felelnek meg. A Corti-féle ívek minden külső rostjából tudniillik mintegy tíz-tizenöt húralakú szál indúl ki. E szálak az alaphártya fölött vonulnak el és a pörgeszalaghoz (ligamentum spirale) tapadnak oda. Én azért ez, az alaphártya felett elhelyezett, de avval össze nem nőtt réteget, melyet mások zona pectinatának mondanak, *húrosrétegnek* neveztem el. A 96. ábrán van a Corti-féle ív két külső rostja (*l l*) a belőlük kiinduló húrokkal előtüntetve, úgy a mint ezek felülről láthatók. E húrok hossza is az ívek nagyságának arányában különböző; legrövidebbek a hurok az első, leghosszabbak a harmadik félívjáratban, hosszaságuk 0·112—0·1520 mm. közt változik.

A Corti-féle ívek és az ezek külső rostjából kiinduló húrok önkénytelenül a zongora billentyűrendszerére és a megfelelő húrokra emlékeztetnek. A fülcsiga e zongorabillentyűzete 4500 billentyűből és mintegy 45,000 húrból áll.

A Corti-féle íveket sejtek veszik körül. Ezek között az úgynevezett Corti-féle sejtekben (*r r r*) végződik az ideg. Henger alakú, maggal és finoman szemcsézett protoplasmával ellátott sejtek ezek, melyek felső végén csillószőrszerű nyulványokkal vannak ellátva. Az idegrost a sejtmag közelében tér a sejtbe. Alsó vége a Corti-féle sejtnek nyulványba folytatódik, mely a húrosréteg húrjaira tapad. E sejtek közvetlenül a Corti-féle ív külső rostjától kifelé három-négy sorban vannak elhelyezve. Egy sorban hasonló sejtek a belső rost belső oldalán is vannak, ezek alsó vége azonban nem az alaphártyához megy, hanem azon sejtek között vész el, melyek az előpitvari ajkat fedik.

A külső Corti-féle sejtek közt van a három orsóalakú Deiters-

féle sejt. E sejtek alsó nyulványa a Corti-féle sejt nyulványával forrt össze.

A Corti és Deiters-féle sejteken kívül még a húros réteg felett egyszerű hámsejtréteget lehet találni és e felett nagyobb sejtekből, a Claudius-féle sejtekből, álló sejttömeget (*p*).

A Corti-féle szervet, a Corti-féle ívektől a Claudius féle sejtekig, hártya (membrana reticularis) látszik fedni. E hártya ragasztó anyag, mely itt a képleteket összetartja.

A Corti-Reissner-féle hártya, mint a 95. ábrán látni lehet, a Corti-féle íveket, a Corti-féle sejteket és a Deiters-féle sejtek felfele irányított nyulványát előbb érinti és ezután felfelé fordul, hogy a fülcsiga külső falához tapadjon.

70. §. Hangvezetés.

Úgy a hallóideg végkészülékének, valamint magának az idegnek közvetlen izgatása hangérzést támaszt bennünk. A hallóideg villamárammal való izgatása hangérzéssel jár, csak úgy, a mint a hallóideg homolog ingere azon ideg végkészülékére behatva hangérzést okoz. A hallóideg végkészülékének homolog ingerei azon légrezgések, melyeket hangadó testek indítanak meg az ezeket környező levegőben. A rezgő test mozgásait a szomszédos légrészecskéknek, ezek a velök érintkező légrészecskéknek adják át, úgy hogy minden következő légréteg a megelőzőnek lengéseit átveszi. A levegőben így sűrűdő és ritkuló hullámok fejlődnek, mialatt a légrészecskék a hang tovaterjedésének irányában hosszantos lengéseket tesznek.

A hangadó légrezgések a hallóidegnek a sziklacsontban elrejtett végkészülékét nem érinthetik közvetlenül, hanem vagy a koponyacsontok útján vagy a külső fül, dobhártya, hallócsontocskák és a tömkeleg útján kénytelenek odáig hatolni. Hogy a koponyacsontok velök érintkező szilárd hangadó testek rezgéseit a hallóideg végkészülékére átterjesztik, ennek egyszerű bizonyítéka az, hogy rezgő hangvilla hangját erősebben halljuk, ha vele a felső metszfogakat érintjük, mint ha a hangvillát fülünk előtt tartjuk. Más felől azonban tény, hogy e hangvilla hangját fülünkkel még akkor is halljuk, mikor a csontok útján vezetett hangját kivenni már nem vagyunk képesek. A hangvezetés a fülútján tehát sokkal finomabb. Rendes körülmények közt a hangadó testek közvetlenül nem is érintik koponyacsontjainkat, hanem a levegő útján terjesztik tovább rezgéseiket. Oly szilárd töme-

get pedig, mint milyen az ember koponyája a légrezgések kellő együttrezgésbe indítani nem képesek, azért a hangvezetés rendes útja a hallószervben van.

A hallószerv legkülsőbb része, a *fülkagyló*, a reáeső hanghullámok egy részét felfogja és a külső hallójáratba veti. A fülkagylónak e szerepe azonban igen csekély, mit abból következtetünk, hogy a hallás fülkagyló nélkül is megmarad. Egyének, kiknek fülkagylói nincsenek, elég jól hallanak; épen úgy, a mint hallóképességünk semmi lényeges változást sem szenved, ha a hallójáratba üvegcsövet vezetünk és ezt valamely lágy anyaggal annyira körülvesszük, hogy a hanghullám csak az üvegcsövön keresztül juthat a fülbe. Némelyek azon véleményben vannak, hogy a léghullámok a fülkagylót magát, mint ruganyos állományból álló lemezt, hozzák rezgésbe, és az rezgéseit a hallójárat fala útján a dobhártyára terjeszti tovább. Azonban épen nem valószínű, hogy a hanghullámok olyan tömeget, mint milyen a fülkagyló és a hallójárat fala rezgésbe hozni képesek legyenek; ellene szólnak a fülkagyló ilyen nemü szerepének az épen említett kísérleti tapasztalatok is.

A fülkagyló hangfelfogó szerepét nagyobbítjuk, ha kezünkkel a fülkagylót előbbre toljuk, vagy ha hajlott tenyerünket mögötte tartjuk és ez által a hangfelfogó felületet nagyobbítjuk. Fontos ily tekintetben a fülkagyló szerepe némely állatnál. Az ilyen állatok a hangforrás felé fordítják fülkagylóikat, hogy a hangot annál jobban hallják. Itt nyilván a fülkagyló fogja fel a ráeső léghullámokat és veti be a külső hallójáratba. Az irányból, a melybe az állat fülét mozgatni kénytelen, hogy a hangot lehetőleg jól hallhassa, azt az irányt is felismeri, melyből a hang jön. Mi e részben fejünket vagy egész testünket is azon irány felé fordítjuk, a melyből a hang jön és ennek alapján becsüljük meg a hangforrás irányát.

A *hallójárat* hajlott alakjánál fogva az ebbe eső hanghullámok nem jutnak mind egyenesen a dobhártyára, hanem a hallójárat falakoz ütődnek és erről vetődnek aztán a dobhártyára, a melyről részben ismét visszaverődnek a szabad levegőbe. A hallójárat levegője csak igen magas hangokkal jut akkora nagy együttlengésbe, hogy mint a ráhangzók — resonatorok, — a megszólalt hangot maga is tetemesen erősíti (Helmholtz).

A hallójáratba jutott léghullámok a *dobhártyába* ütköznek és ez által a dobhártyát együttlengésre indítják. Légrezgések tudniillik megfelelő, lengésre képes, testeket együttlengésbe hoznak. Igy lehet két

ugyanazon hangra hangolt hangvilla közül az egyiket hangzásra indítani az által, hogy a másikat vonóval meghúzzuk s rezgésbe hozzuk. Vagy ha valamely zongora tompitóját a hurokról elemeljük és bizonyos hangon abba be énekelünk, akkor a zongora megfelelő hurja együttrezgésbe jut és a hang a zongorából visszaszól még akkor is, miután az énekhang régen megszünt. Ez együtthangzás úgy jön létre, hogy a hangzótest által mozgásba hozott levegő felette gyöngéd lökéseket gyakorol ama másik testre, melyet együtthangzásra indít. A lökések egyenletes időközökben ismétlődnek, mig végre az előbb nyugodt testet mind nagyobb és nagyobb lengésekbe hozzák és hang hallható lesz. Nagy harangot gyermek nem képes azonnal hangzásba hozni, de ha e gyermek a harang lecsüngő kötelét alkalmas időközökben ismételten meghúzza, a harang mind nagyobb lengéseket fog tenni, végre megszólal. Ugyanígy hatnak a légrezgések hangvillára, húrokra és kifeszített hártyákra is. Sőt a hártyák e tekintetben még abban az előnyben is vannak, hogy oly lengéseket is képesek átvenni, a melyek nekik teljesen meg nem felelnek.

Kiterjedt hangsorral különösen akkor képes a hártya együtt lengeni, ha tompítva, lengései nehezítve vannak, például azáltal, hogy a hártya más mozgékony testtel áll összeköttetésben. A dobhártya lengéseit így a vele összefüggő hallócsontocskák tompítják. Hozzájárul még, hogy a dobhártya feszülésfoka is változhatik a m. tensor tympani működése folytán, mi által a hangok magasságához némileg alkalmazkodhatik. Mert a hártyák, úgy mint a húrok, annál magasabb hanggal lenghetnek együtt, minél erősebben vannak megfeszítve. Mindezek miatt tehát a dobhártya igen különböző magas hangokkal tud együtt rezegni és azokat a rezgéseket a hallóideg végkészülékeig elvezetni.

A dobhártyába ütődő sűrűdő és ritkuló, és így hosszantos léghullámok, a dobhártyát hajlási, tehát haránthos lengésekbe hozzák, melyek miatt a dobhártya ide és oda leng. E hajlási lengések száma és nagysága a légrezgések számának és nagyságának felel meg. A mint erről meg lehet győződni, a hallócsontocskákkal összekötött íróeszköz segedelmével, mely a dobhártya rezgéseit mozgó, kormosított felületre írja fel (Politzer). A dobhártya rezgéseit hulla fejen akkor is könnyen meg lehet figyelni, ha a dobürbe az Eustach-féle kürtön át gázt vezetünk, mialatt a megnyitott koponyán át a dobürbe finom üvegcső is van bevezetve. Az üvegcsőből kifolyó gázt meggyújtjuk, a láng tükörképét pedig forgó tükörben nézzük meg. Ilyenkor a láng tükör-

képe egyenes fényes vonalképen látszik, míg a dobhártya nyugodt, s emelkedésekből és mélyedésekből áll, mihelyt hang szólal meg, mely a dobhártyát rezgésbe hozza.

Zavartalanul a dobhártya csak akkor végezheti lengéseit, ha minden oldalról egyenlő nagy légnyomásnak van kitéve, ha a dobür levegője ugyanazon feszülés alatt van, mint a körlevegő. A légnyomás kiegyenlítéséről a dobürben az Eustach-féle kürt gondoskodik, a melyről láttuk, hogy minden nyelés alkalmával megnyílik. Az a körülmény, hogy az Eustach-féle kürt állandóan nyitva nincsen, hallásunk nagy előnyére van, mert ha valamely hang egyszerre a hallójárat felől és az Eustach-féle kürt felől is a dobhártyához eljutna, úgy ez a dobhártya rezgéseit megakadályozná, vagy legalább lényegesen kisebbítené.

A dobhártya lengéseit a vele összefüggő *hallócsontocskák* a tömkeleg vizére, a perilymphára ruházzák át. A kalapács és üllő t. i. egy közös tengely körül forgatható, emelőt képeznek. Az emelő forgástengelye a kalapács hosszú nyulványán, a kalapács és üllő testén és az üllő hátrafelé terjedő rövid nyulványán megy keresztül (94. ábra II x—x).

A dobhártyába benőtt kalapácsmarkolat, kénytelen követni e hártya lengéseit, de midőn a dobhártya a kalapács markolatát befelé tolja, az üllő is követi e mozgást, és midőn a kalapács előbb elfoglalt állásába visszatér, az üllő ugyanezt teszi. Az üllő hosszú nyulványának mozgásait azonban az avval izülő kengyelcsont követi, a kengyelcsont talpa azért a tojásdad alakú likba be- és kifelé mozog. A dobhártya minden befelé való mozgása tehát a kengyelcsont talpát a tojásdad alakú likba nyomja, és minden kifelé mozgása abból kihúzza. Igy terjed át a dobhártya minden legkisebb mozgása a tömkeleg vizére.

A hallócsontocskáknak, mint emelőnek a kalapács által alkotott hosszabb kara 9·5 mm. hosszú, az üllő hosszú nyulványa által képezett rövidebb kar pedig 6·5 mm.-t tesz; az utóbbinak hossza tehát az előbbeni két harmadának felel meg, és így az üllő hosszú nyulványa által végzett kitérés is a kalapács lengése kétharmadának fog megfelelni. A kitérésben szenvedett e vesztesség eredményezi, hogy a kalapács talpa a tojásdad alakú likat elzáró hártyát, és így a tömkeleg vizét is nagyobb erővel nyomja, mint különben nyomná. A nyomás értékét Politzer és Helmholtz egyik ívjáratba erősített finom üvegcsövecskével, melyet vízzel töltöttek meg, megmérték. Helmholtz egyszersmind meghatározta a kengyelcsont talpának kitérését a hangvezetés alatt, a tojásdad alakú lik átmérőjéből és a víz emelkedéséből

az üvegcsövecskében ; e meghatározás szerint a kengyelcsont kitérítése 0·0726 millimétert tesz.

A hány lengést tesz a dobhártya, ugyanannyit a kalapács markolata és vele a többi hallócsontocska valamint a *tömkeleg vize* is kénytelen megtenni. Az utóbbinak, mint teljesen szilárd falba zárt folyadéknak, a kengyelcsont mozgásai által okozott hullámzását a membrana tympani secundaria által elzárt kerek lik teszi lehetségessé. A kengyelcsont által a tömkeleg vizére gyakorolt lökéseket a víz a kerek lik hártyájáig vezeti el. Ha a kengyelcsont a tojásdad alakú likba nyomúl, a kerek likat elzáró hártya a dobür felé domborodik, és visszajön, ha a kengyelcsont a tojásdad alakú likból visszatér. Az előpitvarban ily módon megindított hullám elterjed úgy az ívjáratokba, mint a fülcsigába. A fülcsigában a perilympha hullámmozgása az előpitvari meneten végighalad, a helikotremán át a dobüri menetbe jut el, végre pedig a kerek likat elzáró hártyát hozza lengésbe. Itt a tömkelegben vannak a hallóideg végkészülékei, a tömkeleg vizének lengései e végkészülékeket izgatják, a hallóideg ez izgalmat az agy megfelelő helyére vezeti el, a hol különböző hallásérzéseket ébreszt.

71. §. Hangérzések.

A hallószerv útján öntudatunkra jutott érzéseket, mint *zörejeket* és *zenehangokat* különböztetjük meg. Physikailag a zörejek hangadó testek szabálytalanúl váltakozó rezgései által jönnek létre. A zörejnél azért a hangérzések is különböző sebességgel váltakoznak. A kocsizörgés, vízesés és hasonlók által okozott hangérzések zörejek, sőt zörejeket lehet előállítani zenehangokból is, például, ha a zongora egy nyolczadának minden billentyűjét egyszerre ütjük meg. A zenehangokat, ellentétben a zörejektől, a hangadó testek egyenletes, szabályos időközökben ismétlődő lengései okozzák. A hangérzés azért változatlanúl ugyanaz. Ilyen szabályos lengéseket tesz a megszólított hangvilla, vagy a megpendített húr, és egyéb zenehangszereink hangot adó részei. Mindezek nyugalmi egyensúlyi pontjuk körül egyenletes időközökben ismétlődő, szabályos lengéseket végeznek. A levegő, mely a zörejeket és zenehangokat fülünkig elvezeti, a jelzett különbségnek megfelelőleg maga is a zörejeket szabálytalanúl váltakozó lengések útján, a zenehangokat pedig szabályos időközökben ismétlődő egyenletes lengések útján terjeszti tovább.

A hangadó testek szabályos rezgései által okozott zenehango-

kon megkülönböztetjük a *hangerejét, magasságát* és *színezetét* vagy csengését.

A hangérzés *ereje* vagy intensitása a hangadó test lengési közének nagyságától függ. Minél tovább mozdítja ki a vonó a hegedűhúrt nyugalmi állásából, vagy minél nagyobb közön belül végzik a hangvilla szárai lengéseiket, a keltett hangérzés annál erősebb. A húrok lengései kezdetben legkihatóbbak, később mind kisebbek és kisebbek lesznek, ennek megfelelőleg a húr hangja is kezdetben legerősebb, azután pedig mind gyengébb lesz. Minél tovább távozunk el valamely hangforrástól, annál gyöngébben halljuk a hangját, mert a légrészecskék lengési köze a távolsággal kisebbedik.

Természettanilag valamely hang ereje egyenes arányban van a rezgő test lengései kiterjedésének négyzetével; két-, három-, négyszerakkora kitérésnek a hang négy-, kilencz-, tizenhatszor akkora ereje felel meg. Élettani tekintetben képesek vagyunk megitélni két egymásután, vagy egyszerre megszólalt hang közül melyik az erősebb. Fechner szerint két hangot különböző erősnek ismerünk meg akkor, ha azok ereje egymáshoz úgy viszonylik, mint 4 : 3-hoz.

A hangerő általunk megérezhető legkisebb fokát legegyszerűbben úgy határozzuk meg, ha a vizsgált fül előtt órát tartunk s evvel addig távozunk el a fültől, míg az óra ketyegését az még épen észreveszi. A távolság az óra és a halló fül közt mértéke a hangérzés finomságának. Hőgyes ugyan e czélra a telephont használta. A két telephont összekötő huzal útjába, mellékútként rheochordot, vagy Siemens-féle ellenállási hidat igtatott, miáltal a fül előtt tartott telephonban a hangerőt 0-tól felfelé egy bizonyos fokig, és innen vissza 0-ig megváltoztatta. Hangforrásúl a Mælzel-féle metronom, vagy egy d^2-re hangolt aczélharang szolgált. A rheochord, vagy a Siemens-féle híd egysége, mely mellett 0-tól felfelé vagy megfordítva haladva, a telephonban hang épen még hallható, volt az illető fül érzékenysége alsó határának mértéke. Ezen és más eljárások szerint tett vizsgálatokból kitűnt, hogy a hallás alsó határa nem csak a különböző ép hallású egyéneknél különböző, hanem ugyanazon egyén jobb és bal füle közt is van eltérés.

A hangérzés *magassága* a hangadó test lengési sebességétől függ; minél számosabbak e lengések az időegységben, annál magasabb a hang, minél ritkábbak, annál mélyebb. Igy, ha egymástól egyenletes távolságban fogakkal ellátott fogaskereket forgatunk, mialatt e kerékfogai fém- vagy kártyalapot érintenek, a kerék lassú forgása alatt azon egyes ütéseket halljuk, melyeket a fogaskerék fogai a fémlapra gyakorolnak.

Ha pedig a fogaskereket sebesebben forgatjuk, az ütések összeolvadnak, mély hangot hallunk, mely annál magasabb lesz, minél gyorsabban forgatjuk a kereket. Igen alkalmas a hangmagasságnak a lengési számtól való függésének tanúlmányozására a SEEBECK-féle siren. Ez eszköz lényegében tengelye körül forgatható fémkorongból áll, melyen egymástól egyenletes távolságban likak vannak. A likak előtt egy cső van. Fúvó segedelmével a csövön át levegőt hajtunk a korongra, mialatt a korongot forgatjuk. A levegő így majd likra, majd át nem fúrt korongrészletre esik. Ha a forgás elég sebes, a légáram gyorsan ismétlődő megszakítása folytán légrezgések támadnak, s mi zenehangot hallunk. E hang mély, a korong lassú, és magas, annak gyors forgatásakor. Ha ilyen likak a korongon két sorban vannak, egymástól egyenleges távolságban és oly számmal, hogy az egyik sorban kétszer annyi lik van, mint a másikban, akkor a korong ugyanazon sebes forgása alatt, két hangot hallunk, melyek közül az egyik épen egy nyolczaddal magasabb mint a másik. És ha a két lik sor közti viszony olyan, mint 8 : 12-hez, akkor a hallott két hang viszonya egy quint-nek felel meg, azaz mialatt a magasabb hang három lengést tesz, tesz a mélyebb kettőt. Az oktav (nyolczad) és quint közti viszony e szerint 4 : 3-hoz. Hasonló kísérletek által meg lehet győződni, hogy a viszony két hang lengési száma közt az oktavban megfelel 1 : 2-nek, a quintben 2 : 3-nak, a quartban 3 : 4-nek, a nagy tercz-ben 4 : 5-nek és a kis terczben 5 : 6-nak.

Teljes kifejezést talált a hangmagasságot illető megkülönböztetés függése a hangot adó test lengéseinek számától a *hanglejtőben*. A zenében használtatni szokott zenehangok lengési száma 40 és 4000 közt van, kerekszámmal tehát hét nyolczadnak felel meg. Gyakorlott fül egész vagy fél hangban a különbséget az egész hanglejtőn végig fel tudja ismerni. A hangoknak magasságában való megkülönböztetését illető képességünk *terjedelme* és *finomsága* azonban sokkal nagyobb, mint az a zenében használt hangok szerint itélve várható volna. Nevezetesen képesek vagyunk 16 lengést 1 mp. alatt is még mint hangot megérezni (HELMHOLTZ, PREYER), ez egyszersmind az alsó határ, melynél a rezgő test lengéseit hallani tudjuk. A felső határ HELMHOLTZ szerint 38,000, PREYER szerint 40,960 lengés 1 mp. alatt. Tekintve, hogy nyolczad alatt oly hangot értünk, mely az alaphangnál kétszer annyi lengést tesz, az egy másodpercz alatt 16 lengésnek megfelelő hangtól kiindúlva mondhatjuk, hogy az emberi fül hangérző képessége $11^1/_2$ nyolczadra terjed ki.

Hangfelfogó képességünk e határai egyes embereknél különbözők. Sok ember már a tücsök magas hangját sem hallja. A különbség oka nyilván vagy a dobhártyában van, melynek lengései bizonyos határok közzé vannak szorítva, vagy a fülcsigában, melynek hangfelfogó végkészülékei bizonyos mélyebb és magasabb hangok felvételére már nem alkalmasak.

A mi hangérző szervünk finomságát a hangok magasságának felismerésében illeti, kiderült, miszerint ez meglepő tökéletes és hogy gyakorlat által ebbeli képességünk még tetemesen fokozható. Seebeck szerint gyakorlott fül még oly két hangot is, mint különböző magasat ismeri fel, melyek közül az egyik 1 mp. alatt 1200, a másik 1201 lengést tesz. Preyer a zenében használt hangok keretén belül meghatározta a képességet, hangmagasságokat megkülönböztetni. Vizsgálatai eredményét a következő táblázatban foglalja össze, melyben n a lengések számát, d azon különbséget, melylyel n-t növelni kell, hogy a hangmagasságban a különbség észrevehető legyen, $a = \frac{1}{d}$ az egységre viszonyított absolut és $E = \frac{n}{d}$ a viszonylagos különbség az érzésben.

n	d	a	E
120	0·418	2·39	287
490	0·363	2·75	1212
500	0·300	3·33	1666
1000	0·500	2·00	2000

Hogy általában hangot halljunk, arra a czélra a hangadó test részéről legalább két lengés szükséges, mint ezt Savart a fogaskereken kimutatta. Savart tudniillik szélén 2000 foggal ellátott kereket használt. Ha a kereket 1 mp. alatt egyszer körülforgatta, mialatt az valamely előálló élt vagy kártyalapot érintett, akkor 2000 lengésnek 1 mp. alatt megfelelő hang volt hallható. E hangot akkor is lehetett hallani, ha a fogakat mind, két szomszéd fog kivételével eltávolította, de nem akkor, hogy ha a fogak közül csak egyet hagyott meg. Az utóbbi esetben zörej, nem pedig hang volt hallható. Hangvillákkal tett vizsgálatoknál Exner szerint 16·9—17·1 lengés szükséges, hogy hang hallható legyen. A két vizsgálat közt az a lényeges különbség van, hogy Exner sokkal mélyebb hangokkal tette kísérleteit, mennyiben hangvillái 28 és 64 lengést tettek 1 mp. alatt. Ezek szerint magasabb hangoknál kevesebb lengésnek kell egymást követni, hogy hangot halljunk, mint mélyebb hangoknál. Megegyeznek evvel Mach és mások újabb tapasz-

talatai, kik 4—20 lengést találtak szükségesnek a hang megérzésére, ha a felhangokat kizárták, míg különben kettő is elég volt.

A zenehangok harmadik tulajdonsága a hang *színezete (timbre)*, vagyis az a tulajdonsága, melynél fogva a hallott hang után a hangszert megismerjük, melytől a hang jön. Ugyanazon hang, ugyanazon magasság mellett annyira különböző, hogy a hangszert, melytől a hang jött, tudjuk megnevezni. Így nem jár semmi nehézséggel a fuvola hangját a zongora hangjától, ezt a hegedűétől vagy ember énekhangjától megkülönböztetni. A hangszínezet okát Helmholtz abban ismerte fel, hogy hangszereink hangadó része nem egyszerű ingaszerű lengéseket végez, hanem különböző alakú összetettebb lengéseket, a mint erről meg lehet győződni, ha a rezgő test valamely mozgó kormosított felületre felrajzolt lengéseit megtekintjük. A hangvilla, vagy egyik végén rögzített fémrúd, egyszerű ingaszerű lengéseket tesznek; az ezek által keltett hangot *egyszerű hangnak* nevezzük. A különböző hangszereink által okozott összetettebb lengések több ilyen egyszerű ingaszerű lengések összletei, minek megfelelőleg minden *zenehang* több egyszerű hangból áll. Ez egyszerű hangok közül egy kiválóan erős, ez után ítéljük meg a zenehang magasságát, ezt azért *alaphangnak* is nevezzük. A többi hang gyengébb, de mégis elég erős, hogy hozzájárulásuk által a hangok jellemző színezetét okozzák, ezeket *felhangoknak* nevezzük. Az egyes hangszerek hangjaiban jelenlevő felhangok különböző számmal és erőben kisérik az alaphangot; innen a zenehangok különböző színezete.

Mindezekről a legegyszerűbben meggyőződhetünk, ha valamely ráhangzóláda felett kifeszített húrt, monochordot vagy sonometert, veszünk s a húrt hangadó lengésekbe hozzuk. Ilyen rezgő húron könnyű kimutatni, hogy midőn lengéseit egészben végzi: mindig egyszersmind a felhangoknak megfelelő lengéseket is teszi, lengéseket, melyek az alaphang mint legmélyebb hang lengési számához úgy állanak, mint 1 : 2 : 3 : 4 s a többi egész számokhoz; a felhangok lengési száma az alaphang lengési számának mindig egész számú többszöröse. E felhangokat észrevehetőkké tehetjük, ha az alaphangot elnémítjuk, például az által, hogy a húrt közepén tollszárnynyal gyengén érintjük. Az ilyen húron támadó hangnak más színezete van, ha a húrt közepén húzzuk meg, mint ha azt 1/4-részének megfelelőleg tesszük lengésbe. A színezet e különbségének oka abban van, hogy a felhangok közül mások csatlakoznak az alaphanghoz egyik és mások a másik esetben. Midőn a húrt közepén szólítjuk meg, mind azon felhangok, melyeknek a húr közepén csomópont felel meg, hiányoznak, mert épen a húr közepe végzi a leg-

kihatóbb lengéseket. Ha a lengő húr közepét tollszárnynyal érintjük és az alaphangot kellően gyengítjük: nem halljuk a magasabb nyolczadot, valamint azokat a hangokat sem, melyeknek az alaphangnál négyszer, hatszor, nyolczszor több lengés felel meg. De ha a húrt $^1/_4$-részének megfelelőleg húzzuk meg és most közepét tollszárnynyal érintjük az alaphang nyolczadát elég élénken halljuk. Ez esetben, a mellett hogy a húr mint egész lengett, közepén csomópontja is volt. Épen azért halljuk a duodecimet is, hogy ha, midőn a húrt $^1/_4$ részének megfelelőleg megszólítjuk, $^1/_3$-dának megfelelőleg érintjük; a húrt közepén, valamint $^1/_3$-részének megfelelőleg nem húztuk meg, azért a mellett, hogy mint egész leng, két és három részre beosztva is tehet lengéseket.

Hogy a valamely zenehangban jelen levő felhangokat rendes viszonyok közt még a gyakorlott zenész sem képes felismerni, ennek oka csak az, mert az aránylag gyenge felhangokat megszoktuk figyelmen kívül hagyni, csak a legerősebben szóló alaphangot véljük hallani, ez után itéljük meg az egész hangösszlet magasságát. Ha az alaphangban jelenlevő valamely felhangot előre megszólítjuk és erre különösen figyelmünket fordítjuk, mialatt ama felhang után az alaphang megszólal, azon esetben a felhangot rendesen ki tudjuk venni. A felhangok megkeresésének könnyítésére készítette Helmholtz ráhangzóit, az úgy nevezett resonatorokat. Ezek különböző nagy két nyilással ellátott csövek vagy üres gömbök. A két nyilás egyike a fül hallójáratához van idomítva, s abba illesztendő is, míg a másik a hang felfogására szolgál. A valamely ráhangzóban foglalt levegő együttlengésbe jön, ha a neki megfelelő hang megszólal. Ennél fogva minden ráhangzó valamely hangösszletből kiválasztja a neki megfelelő hangot és azt annyira erősíti, hogy a felhangot felismerjük még ha azt előbb kivenni képesek nem is voltunk.

A zenehang tehát több egyszerű hang összlete, melyek közt az egyik az alaphang, a többiek az ezt kisérő felhangok. Minden egyszerű hang, egyszerű ingaszerű lengéseknek felel meg, a lengési görbe egyenletes emelkedésekből és mélyedésekből áll. A felhangok lengési száma az alaphang lengési számának egész számú többszöröse. Az első felhang azért a nyolczad, mely kétszer annyi lengést tesz, mint az alaphang, a második e nyolczad quintje, az alaphangnál háromszor több lengéssel, a harmadik a következő magasabb nyolczad, a negyedik e második nyolczad nagy tercze, az ötödik e nyolczad quintje és így tovább. A légrészecskék ilyen különböző harmonikus hangok befolyása alatt különböző alakú, de mindig szabályos eredményes lengéseket

tesznek. E léglengések a dobhártyához ütődnek, s ezt, valamint a hallószerv hangvezető részeit, megfelelő eredményes lengésekbe hozzák. Mi azonban nem csak ez eredményes lengéseknek megfelelő érzést nyerjük, hanem képesek vagyunk valamely hangösszletben, vagy a zenehangban, az azt összetevő egyszerű hangokat is kiismerni. Sok hangszer által adott hangösszletben tudjuk egyetlen hangszer hangját külön figyelemmel kisérni és végig követni; képesek vagyunk egyetlen zenehangban egyik-másik részlethangot, felhangot felismerni, ha reá előre figyelmesekké lettünk. Mind ez arra mutat, hogy hallószervünk az eredményes lengéseket az azokat összetevő egyszerű ingaszerű lengésekre bontja, így jut ezeknek izgalma aztán külön-külön az öntudat székhelyéhez. E tekintetben hallószervünk látószervünket tetemesen fölülmúlja, mert szemünk az eredményes ætherhullám által nyert vegyes színérzésben az ama hullámot összetevő egyszerű színeket felismerni nem tudja.

Két vagy több egyidejüleg hallószervünkre ható hang különféle érzeseket okozhat. Mind azok a hangok t. i., melyeknek lengései egymáshoz egyszerü számviszonyban állanak kellemes érzést támasztanak, e hangokról azért azt mondjuk, hogy teljes *összhangban, harmoniában* vannak. E szerint a legjobb összhang van ugyanazon magas hangok közt (lengési viszony 1 : 1). Egyszerű lengési számviszonyban állanak egymáshoz, mind azok a hangok is, melyek közül a második hang az elsőnek egyik vagy másik felhangját erősíti, azok a hangok tehát, melyeknek lengési számai egymáshoz úgy aránylanak, mint 1 : 2 : 3 : 4 s többi egész számokhoz. Összhangzást ad még a quint (2 : 3), melyre a quart (3 : 4) és nagy sext (3 : 5) következnek s végre még a nagy (4 : 5) és kis (5 : 6) tercz. Igen kellemetlen érzést okoz, ha az egyszer megszólított hangok lengési számviszonya egész (lengési viszony 8 : 9) vagy fél hangköznek (15 : 16) felel meg, ez érzést azért *összhangtalanságnak, disharmoniának* nevezzük. A disharmonia oka abban van, hogy a különböző hanghullámok eredményes hullámmá nem olvadnak össze, hanem lengéseik egymást állandóan zavarják, vagy időszakosan erősbbítik, illetőleg gyengítik. Hullámhegy nem találkozik mindig hullámhegygyel, s hullámvölgy nem mindig hullámvölgygyel, hanem helylyel-helylyel hullámhegy hullámvölgygyel ütődik össze és a hullámtorlódás tünetei lépnek előtérbe. Ennek természetes következménye, hogy a hang erejében váltogatva nőni és fogyni kénytelen. Ez okozza azután az úgy nevezett *lökéseket.*

Kevés lökést egészen külön lehet hallani. 20—30 lökés 1 mp.

alatt már igen kellemetlen érzést támaszt, ilyenkor az összhangtalanság leginkább érezhető. Több lökésnél kisebbedik a disharmonia, 130-nál több lökést pedig hallószervünk már nem veszi észre. A lökések száma annál kisebb, minél kisebb a két hang lengési száma közti különbség. Zenehangoknál még a felhangok is számba jönnek.

Három vagy több hang közt összhangzás csak akkor van, ha minden hang a vele együtt hangzókkal összhangzásban van.

Sorge és Tartini tapasztalták, hogy, midőn két különböző, nem nagyon mély egyszerű hang erősen együtt szól egy harmadik eredményes hangot hallunk, melynek lengési száma a két hang lengési száma különbségének felel meg; az ilyen hangot azért *különzékes hangnak* nevezik. Ha a két megszólított hang zenehang volt, az alaphangokon és ezek felhangjain kivül több különzékes hangot hallunk, mert a két alaphangon kívül a felhangok maguk közt is különzékes hangokat adnak. Ha a két hang között fennálló lengési számviszony a quint a különzékes hang lengési számviszonya 1 lesz; a különzékes hang tehát

97. ábra.

egy nyolczaddal mélyebb a két együtt szóló hang mélyebbikénél. Különzékes hangok előtüntetésére a siren-t szokták használni, sokkal feltünőbben tüntethetők azonban fel azok a 97. ábra alakja szerint készült két üvegsíppal. Ha mind kettőbe egyszerre fuvunk be a két síp két hangján kívül egész tisztán még egy harmadik mély hangot hallunk, mely hang akkor, midőn a két sípot külön-külön megszólítjuk nem hallható. Young szerint a különzékes hangok onnan erednek, hogy a két hang által időközönkint okozott nagyobb léghullámok egymást szabályosan követik s a levegőben új hullámokat indítanak meg, melyeknek lengési száma az együtt szóló két hang lengési száma különbségének felel meg.

A különzékes hangokon kívül Helmholtz *összeges hangokat* is írt le, azaz oly hangokat, melyek lengési száma az egyszerre szóló két hang lengési száma összegének felel meg. Ezek azonban, mint Preyer

kimutatta másodrendű különzékes hangok. α és β hang $2\,\alpha$ és $2\,\beta$ felhangjaikkal a $\beta - \alpha$ különzékes hangon kívül, mint másodrendű különzékes hangot $2\,\alpha - (\beta - \alpha) = 3\,\alpha - \beta$ és $2\,\beta - (\beta - \alpha) = \alpha + \beta$ adják, ezek PREYER szerint az úgynevezett összeges hangok.

Az entoptikai látástüneményeknek megfelelőleg hangérzések is vannak, melyek nem külső okból származnak, hanem magában a hallószervben vagy az agyban ednek. Ilyen legismertebb hangérzések a *fülzúgás* és *fülcsengés*. Ezeket a legtöbb esetben vérkeringési zavar által okozottaknak tekintik. A hallójárat eldugaszolása, például újjnak a bevezetése által, szintén folytonos hangérzéssel, *fülzúgással* jár, melyet a hallószervben folyó vérkeringés, érverés, okoznak.

72. §. A hallóideg végkészülékének ingerlése.

A hanghullámokat egészen a tömkelegbe kisértük s megismerkedtünk az általuk bennünk támasztott érzésekkel, hátra van még, hogy lássuk miképen izgatják a hanghullámok a hallóideg végkészülékét és mi módon képesítenek bennünket azon különböző hangok megérzésére.

HELMHOLTZ szerint a maculæ és cristæ acusticæ az előpitvar hártyás hólyagaiban és a félívjáratok ampulláiban a zörejek megérzését közvetitik. A hallósejtek nyulványait egyes lökések vagy az endolympha áramlása mozgathatják ugyan, de nem lehet feltenni, hogy ezek szabályos lengésekre képesek volnának. Az ampulla alakja, tágulat két szűk nyilással, alkalmas lehet folyadéksugár áramlására, mely a sejtek szőrcséit mozgásba hozza s ezek által a sejtben foglalt idegvéget izgatja. Azonban ezen idegvégek HELMHOLTZ által felvett szerepe is több mint kétes, úgy tetszik a maculæ és cristæ acusticæ idegvégei a hallással egyátalában nem függnek össze. Erre utalnak már az associált bilateralis szemmozgások tárgyalásakor felsorolt tünetek, melyekből kitünt, miszerint az ívjáratok perilymphajának mozgatása szemmozgásokat okoz nem pedig hangérzést. E mellett tanuskodnak később leirandó tapasztalatok is, melyek szerint testünk egyensúlyban tartása lényegesen ez idegvégkészülékek ép működésétől függ. A félívjáratok átmetszése nem a hallást semmisíti meg, hanem megfosztja a testet azon képességtől, hogy egyensúlyát megtartsa, ellenben tapasztalható, miszerint tengeri malaczokon a két fülcsiga kiirtása teljes süketséggel jár. Ezek és a fülcsiga ismert szerkezete arra utalnak, hogy egyedül a CORTI-szervben keressük a hangfelfogó végkészüléket, hogy e szervnek tulajdonítsuk

úgy a zörejek mint a zenehangok felfogását, valamint azt a képességet is, hogy a hangösszlet egyes hangjait külön hozza öntudatunkra, felbontván az összetett hanghullámot az ezeket összetevő egyszerű hullámokra.

A fülcsigában, a mint tudjuk, mintegy 4500, alulról felfelé nagyobbodó Corti-féle ív van. Az ívek külső rostja számos, mintegy 10—15 megfelelően különböző hosszú húrba folytatódik, mely húrokon az ideggel összefüggő sejtek nyugszanak. Mindez emlékeztet egy zongora billentyürendszerére húrjaival, hozzá még csak azt kell gondolni, hogy a zongora minden húrja megfelelő ideggel függ össze, melyet lengései által izgalomba hoz.

Összetett hangokat felette könnyű zongorával elemezni. Ha nyitott zongora tompítóját felemeljük mialatt közelében tiszta egyszerű hang megszólal, észre fogjuk venni, hogy e hang a zongorából visszhangzik. Ügyelve a zongora húrjaira, épen a szóló hangnak megfelelő húrt találjuk rezgésben, ettől jön vissza a hang. Más hang a zongorán neki megfelelő más húrt hoz lengésbe. Ha pedig zenehang vagy más hangösszlet egyszerre szólal meg, akkor minden egyes részlethang a neki megfelelő húrt hozza rezgésbe és a zongorából az egész hangösszlet vissza hangzik. A zongora húrjaihoz eljutott léglengések tehát maguknak mindenkor azokat a húrokat választják ki, melyekkel együttlengeni képesek.

A fülcsigában a léglengéseket a perilympha lengései helyettesítik, ezek terjednek át az előpitvari menetben a Corti-Reissner-féle hártyára, mely a Corti-féle ívekkel közvetlenül érintkezik. A Corti-Reissner-féle hártya helyzete a fülcsigában olyan, hogy a perilympha lengései épen az ívek felett fognak e hártyára legerősebben hatni. A Corti-Reissner-féle hártyára átruházott lengések, úgy mint a zongorában a léglengések, mindenkor bizonyos megfelelő ívet vagy íveket és húrokat hoznak együttrezgésbe. Fel kell tenni, hogy mint a zongorahúrok, az egyes Corti-féle ívek és az azokból kiinduló húrok is csak határozott magasságú hang iránt fogékonyak és így rezgéseik is, csak meghatározott idegvégsejteket tudnak erőművileg izgatni, s a bennök végződő idegben azt a folyamatot megindítani, mely az agyhoz elvezetve a megfelelő hangérzést támasztja. Szükséges, hogy minden magasságú hang felfogására külön idegvégkészülék legyen, mert ha minden hanggal ugyanazon egy végkészülék jönne együttlengésbe, mindig csak ugyan azt a hangot hallanók. Hogy a természet e tekintetben gondoskodott, arra a Corti-féle ívek és húrjaik nagy száma, valamint azoknak a fül-

csiga alapjáról fel a csúcsig terjedő egyenletes nagyobbodása mutat. Mi ezekben egy szorosan egymás mellé helyezett húros rendszerre ismerünk, melynek húrjai közül a rövidebbek csak bizonyos magasabb, a hosszabbak csak bizonyos mélyebb hangok által indíthatók együttlengésbe.

Ha a Corti-féle ívek és ezek húrjainak feladata a Corti-Reissner-féle hártya lengéseit az idegvégkészülékekre átterjeszteni egy-egy fülcsigában pedig átlag 4500 Corti-féle ív és mintegy 45,000 húr van, úgy e szerv legalább is 4500 különböző magas hang felvételére lehet képesítve. Az e hangokat elválasztó hangközök igen csekélyek lesznek, minthogy az egymás mellett elhelyezett Corti-féle ívek és húrjaik nagysága közt is csekély az eltérés.

Úgy Helmholtz mint Hensen abban a véleményben vannak, hogy midőn az előpitvari menet hullámai a helikotremán át a dobüri menetbe jutnak, itt nemcsak a kereklikat elzáró másodlagos dobhártyát hozzák lengésbe, hanem az alaphártyát is s ennek rezgései terjednek át az idegvégkészülékre. Az alaphártyát a dobüri menet felől csonthártya fedi, erre következik egy hyalinnemű anyagból álló réteg és végre legbelül a húrosréteg, melyen az idegvégsejtek, a Corti-féle sejtek, vannak. Sokkal valószínűbb azért, hogy a perilympha az általunk jelzett egyenes úton hozza rezgésbe a Corti-féle íveket és húrokat. Igaz a madaraknál hiányoznak a Corti-féle ívek, de ott meg húrok vannak. Itt a húrok a megfelelő hangokkal közvetlenül, a zongora billentyük szerepével biró ívek nélkül jönnek rezgésbe és izgatják a megfelelő idegvégeket.

Minthogy minden zörej csak szabálytalanúl váltakozó egyszerű hangok összege, világos, hogy a fülcsiga a zörejek felfogására is elegendő.

A valamely zenehang által a Corti-féle íveken és húrjaikban megindított rezgések nem tartanak tovább, mint az azokat előidéző hang. Ezt bizonyítja az a tapasztalat, hogy egy trillának egymást sebesen követő két hangját külön felfogni tudjuk. A zongorán a tompító gondoskodik arról, hogy a húr csak addig szóljon a míg billentyüjét lenyomva tartjuk; a Corti-féle szerv is tompítóval van ellátva. A tompító szerepe azokat a sejteket illeti meg, melyek a húrokat nagymennyiségben fedik, ezeken kívül a folyadék maga, mely minden hézagot betölt és a csontos fal is lényegesen mint tompítók szerepelnek.

D) AZ IZLELÉS ÉRZÉKE.

73. §. Az ízlelés szervének szerkezete.

Az ízlelés szerve a *nyelv;* bár nem lehet tagadni, hogy a szájnyákhártya némely más pontjain is ízt érzünk. Igen ki van fejezve az ízlelő-

képesség a nyelv gyöki részén, a körülárkolt és leveles szemölcsök környékén s valószínű a nyelvszélen, a mennyiben a buvárok nagy része a nyelvszélen ízt érez. Határozottan el van ismerve a nyelv hegyének ízlelőképessége. Ellenben nem érezünk ízt a nyelv közepén. Kétes a keményszájpad ízlelőképessége is. A lágyszájpadot illetőleg eltérők a tapasztalatok, némely egyének lágy szájpadjukkal kétségkívül ízt éreznek, míg másoknál az ízérzés itt teljesen hiányzik. A nyelvgaratíven az ízlelőképesség ki van mutatva.

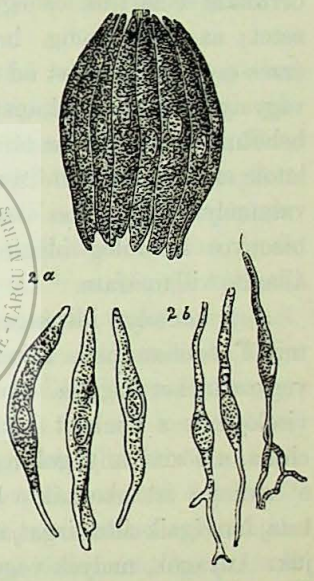
Az ízérző részeket a szájür *nyákhártyája*, mint a bőr egyenes folytatása vonja be. E nyákhártya felületét sokrétegű lapos *felhám* borítja. A felhám elhaló sejtjei nem szarusodnak el, hanem lágyak maradnak s úgy hámlanak le és jutnak a szájnyál közé. A hám alatt a tömött finom kötőszövetkötegek- és rugalmas reczékből alkotott *saját réteg* (tunica propria) következik. A saját rétegnek a felhámmal határos részében a kötőszövet-kötegek felette finom reczézetet alkotó rostokra vannak felosztva, melyek közt kötőszövetsejtek, nevezetesen vándorsejtek igen nagy számmal fordulnak elő. A nyákhártya e saját rétegének felülete kisebb-nagyobb kúpszerű nyulványokban, szemölcsökben (papillæ), és redőkben emelkedik a hámrétegbe. *A nyákhártya alatti kötőszövet* (tunica *submucosa*) durvább és lazábban összetartott kötőszövetkötegekből áll, melyek közt sokkal kisebb számmal ruganyos rostok is vannak.

A nyelv nyákhártyája felületének változó alakja által tér el a szájür egyéb helyeit bevonó nyákhártyától. Míg a nyelv alsó felülete síma, addig felső felülete szabad szemmel is kivehető szemölcsökben dús. E szemölcsök közül a *fonálalakú szemölcsök* (papillæ filiformes) többékevésbbé henger alakúak, hegyük számos kisebb, finom, másodlagos szemölcsre oszlik fel. A felhám minden fonalalakú szemölcsnek megfelelőleg több vékony fonalszerű nyulványt képez. A *gombaalakú szemölcsök* (papillæ fungiformes) nyakszerű nyélen ülő félgömbök, felületükön számos másodlagos szemölcscsel. Felületük egyébiránt egyenes, síma, minden fonalszerű nyulványt nélkülöz. A gombalakú szemölcsök a fonalszerű szemölcsök közt, kivált a nyelvhát szélén fordúlnak elő. A *körülárkolt szemölcsök* (papillæ circumvallatæ) rövid hengeralakú kiemelkedések, melyeket megfelelő árok vesz körül. A körülárkolt szemölcsön másodlagos szemölcsök fordúlnak elő. A *leveles szemölcsök* (papillæ foliatæ) végre, a nyákhártya léczszerű redői, melyek a nyelvszélhez függélyes irányban húzódnak el.

A nyelv szemölcseiben a fonálalakú szemölcsök kivételével van-

nak a Lovén és Schwalbe által egyidejüleg felismert *ízlőkelyhek*, mint az ízlelést közvetítő *nyelvgarat ideg* (n. glossopharyngeus) végkészülékei.

Az *ízlőkelyhek* kehelyalakú, a hámsejtek közt a nyákhártya kötőszövetén nyugvó képletek, a felület felé keskenyedő nyitott nyakkal. Az ízlőkelyheket kétféle sejt alkotja; felületükön vannak a *fedősejtek* (98. ábra *2a*), belsejükben az *ízlősejtek* (98. ábra *2b*). A *fedősejtek* hosszú, keskeny, orsóalakó sejtek, a sejt hosszában fekvő hosszúdad maggal. A sejteknek külső, a nyákhártya felülete felé irányított vége egyszerüen ki van hegyesítve; belső vagy központi végük gyakran két-három hegyben is végződik. E sejtek elrendeződésüknél fogva az ízlőkelyheket úgy határolják körül, mint a kehelylevelek a virágbimbót s az *ízlősejteket* körülzárják. Ez utóbbiak sokkal vékonyabb, hosszúdadalakú, az ellipticus mag közelében megvastagodott sejtek. Az ízlősejteknek a kehely szabad nyilása felé álló nyulványa pálczaalakú, és finom hegyben végződik; a kehely alapja felé irányított vége vékonyabb, két-három finom nyulványra esik szét, mely nyulványok finom idegrostokhoz hasonlitanak és a tunica propria kötőszövetébe követhetők. Bár az ízlősejtek összefüggését az idegekkel igen nehéz látni, még is sikerült Hönigschmied-nek házinyúl leveles szemölcsén és egy macska gombaalakú szemölcsén ilyen összefüggést direkte látni. Kétségkívülivé teszik ez összefüggést Vintschgau és Hönigschmied nyulakon tett észleletei is. E vizsgálók a nyelvgarat-idegből egy darabot kivágtak és 4—5 hónap mulva az idegmetszés oldalán az ízlőkelyhek a leveles szemölcsökben eltüntek, helyüket felhámsejtek foglalták el.



98. ábra. *1* ízlőkehely, *2a* fedősejtek; *2b* ízlősejtek (Frey szerint).

A nyelv szemölcsein kívül előfordúlnak ízlőkelyhek a lágyszájpad szemölcsein, kivált az uvula közelében, valamint az arcus glosso-palatinuson is. Az ízlőkelyheknek megfelelő képletek a gégefedő hátsó felületén, és a processus arytænoideuson is észlelhetők.

74. §. Ízérzések.

Első tekintetre úgy tetszik, hogy igen sokféle ízérzés van, a közelebbi vizsgálatból azonban kitünt, hogy az ízérzéseket gyakran összetévesztjük szagérzésekkel és tapintásérzésekkel és hogy innen van az ízérzéseknek látszólagos nagy száma. A bornak zamatját például szagló szervünkkel érezzük meg és a mit a bors csípő, égető ízének mondunk, az tulajdonképen azon anyag tapintó végkészülékünkre gyakorlott hatásának az eredménye. Midőn azért az ízérzéseket tisztán felismerni akarjuk, szükséges az anyagoknak egyéb érzékeinkre esetleg gyakorlott hatását kizárni. A szagérzést kirekeszthetjük, ha orrunkat betartjuk és egyedül a szájnyiláson keresztül veszünk lélegzetet; az iránt pedig, hogy valamely érzés ízérzés vagy tapintásérzés-e, felvilágosítást ad az olyan kisérlet, melynél az anyagot a száj vagy nyelv nyákhártyájának ízlelőképességgel nem bíró helyeire hagyjuk behatni, és az ilyenkor támadó érzésre figyelünk. Az így tett vizsgálatok szerint minden ízérzést az *édes-*, *keserű-*, *sós-* és *savanyú*-nak valamely csoportjába oszthatjuk be. Az ízérzések okozói lehetnek bizonyos homolog idegingerek, valamint erőmüvi behatások és az állandó villamáram.

A homolog idegingerek mind oldott vagy oldható anyagok, a miből azonban nem következik, hogy minden oldott anyag az ízlelővégkészüléket izgatja. Az édes ízt okozó anyagok legfőbb képviselőjének a czukrot tekinthetjük, a keserű anyagok képviselője a china, a sósízű anyagok legelterjedtebb képviselője a konyhasó, végre a savanyú ízt okozzák a különböző savak. Hogy az anyagok miféle tulajdonságaik által izgatják a megfelelő idegvégkészüléket nem tudjuk. Anyagok, melyek vegyi tekintetben egymástól teljesen különböznek, ugyanazt az ízérzést támaszthatják; így, mint a czukor, az eczetsavas óloméleg is az édes érzését okozza és mint a china a kénsavas magnesia is keserű ízű. Megfordítva vannak anyagok, melyek vegyi tekintetben igen megegyeznek egymással és közülök még is az egyik ízérzést okoz, a másik pedig teljesen ízetlen; így a czukorral igen hasonló összetételű glycogennek íze nincsen. Hasonlóan nincs semmi viszony az anyagok physikai tulajdonságai és azok íze közt.

A tapintás, látás és hallás körül tett tapasztalatokból folyólag következtethetjük, hogy a különböző ízérzések az illető anyagoknak különböző idegvégszervekre gyakorlott izgatása útján támadnak bennünk. Úgy látszik, hogy a különböző érzéseket öntudatunkra hozó végszervek,

a szájnyákhártya ízlelőképességgel biró részein, különböző arányban vannak elosztva. Erre utal az a tapasztalat, hogy nyelvünk hegyével a keserüt rosszúl vagy épen nem érezzük meg, míg a savanyút a legjobban, valamint az is, hogy vannak anyagok, melyeknek más az ízük, ha a nyelv hegyére hatnak, mintha gyökét érintik. Igy a savak a nyelv hegyén rendesen a savanyú érzését okozzák, azonban Fick a nem túlságosan higított kénsavat a nyelvhegyén édesnek érezte, a nyelvgyökén pedig több sav határozottan a keserünek érzését kelti. Eczetsavas kalium, timsó és kénsavas natrium a nyelvhegyén sós, pikáns, a nyelv gyökén fémszerű, keserűs ízűek. Ezek szerint több mint valószínű, hogy a központban az egyes ízérzések felfogására a négyféle ízérzésnek megfelelő négyféle végszerv is van, melyeket a felelkező környéki végkészülékkel idegrostok kötnek össze.

A különböző anyagok ingerhatása ízérző szervünkre függ: az oldat tömörségétől; a felület nagyságától, melylyel az anyag érintkezik és a *behatás időtartamától*. Általában az oldat tömörségével nő az ízérzés intensitása. Minden ízérzést okozó anyagnak bizonyos tömörségben kell jelen lenni, hogy ízérzést támaszthasson. Valentin ez irányban tett vizsgálatainál a kénsavat $^1/_{100000}$ higítás mellett még savanyúnak érezte, a chinát $^1/_{38000}$ a száraz aloë kivonatát $^1/_{328}$ higítás mellett keserünek, a konyhasót $^1/_{218}$ higítás mellett sósnak, végre a czukrot $^1/_{88}$ higításnál édesnek; ellenben nem érezte ízét ez anyagoknak, hogy ha ezeket még higabb oldatokban vette a szájába. Valamely anyag oldatának ízét sokkal kevésbbé élénken érezzük, ha az kis felületre hat be, mint ha a nyelv és szájnyákhártya nagyobb felületére terjed ki. Camerer e tekintetben tett vizsgálatai a felület nagyságának befolyását az érzés intensitására kétségkívülivé teszik, a mennyiben azokból kitünt, hogy olyan anyagokat, melyeknek ízét felismerni képes nem volt, míg a nyelv kis felületére behatottak, azonnal felismert, mihelyt hatásuk nagyobb felületre kiterjedt. Mint a behatás kiterjedése, úgy növeli az érzés erejét annak időtartama is. Az anyagok annál jobban hatolhatnak az idegvégekig, minél hosszasabban vannak a nyákhártyával érintkezésben. Sőt arra, hogy valamely anyag ízét felismerjük, szükséges egyáltaljában, hogy az bizonyos ideig behasson. Az itt szükséges minimalis idő az egyes anyagoknál különböző nagy, leggyorsabban ismerjük fel a konyhasó ízét; Vintschgau szerint az alkalmazás után 0·17 mp. mulva. Midőn valamely anyag ízét jól felismerni akarjuk, az anyagot a szájban ide-oda mozgatjuk vagy a nyelvháttal a keményszájpadhoz hozzá dörzsöljük; a mozgás által növeljük a felület nagyságát,

dörzsölés által pedig a nyákhártya finom redői közé nyomjuk az ízlelendő anyagot, miáltal az ízlőkelyhekhez s ezekben az ízlősejtekhez könnyebben jut el. A bor ízlelők jól tudják, hogy a mondott módon eljárva leginkább képesek a bor ízét felismerni. Nagy meleg vagy hideg csökkenti az ízlelőképességet, nyilván, mert az ideg végkészülékek és idegek ingerlékenységét kisebbítik.

Az ízlelőszerv heterolog ingerei közül az *crőművi behatást* illetőleg Wagner tapasztalta, hogy a nyelvgyök száraz újjal való lenyomása határozatlan keserű ízérzéssel jár, melyet undor és hányinger kísérnek. Sokkal nagyobb fontossága van az ízérzések felismerése körül a *villamosság ingerhatásának.* Az állandó villamáram a positiv sarkon savanyú, a negativ sarkon keserű ízérzést okoz. Ezen érzéseket érezni lehet a nyelv gyöke táján, szélén és hegyén, valamint a lágyszájpadon és a nyelvszájpadíven, ha a megfelelő elektrodokat oda illesztjük. Az ízérzés az állandó áram egész tartama alatt jelen van. Beáll az áram megindításakor azonnal, még mikor a nyelvet borító nyál alkalicus vegyhatású; azért nem is lehetnek a villamáram behatása alatt támadt érzések a nyál elektrolytikus szétbontásának eredményei. De minthogy inducált áramok ízérzést egyáltalában nem okoznak, gondolni lehet oly elektrolytikus folyamatokra, melyek az idegvégeket környező nedvekben folynak le esetleg, bár másfelől a villamáram közvetlen ingerhatását az idegekre igen valószínűvé teszi az a körülmény, hogy az áram megszakítása pillanatában *megfordúl az érzés,* a mennyiben a kathod helyén savanyú érzés áll be (Ritter Vintschgau).

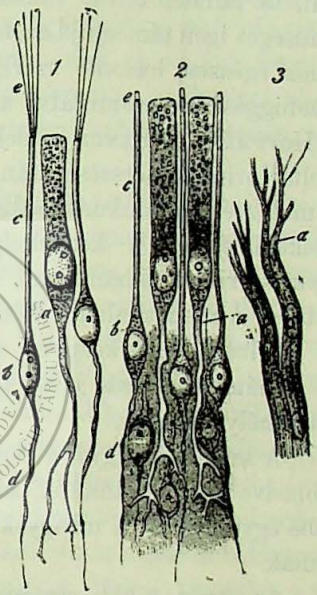
Valamint az ízérzés a villamáram behatása után mint utóhatás még egy ideig fennáll, úgy némely más anyagok behatása után is még érezünk *utóízt.* Ez utóíz azonos lehet az eredeti ízzel, vagy eltérhet ettől. Igy például vissza marad soká a china keserű íze, még miután amaz anyagot már régen lenyeltük; eltérőnek mondják a csersav tartalmú anyagok utóízét azok eredeti ízétől. Az utóízt legnagyobb valószínüséggel az anyagból visszamaradt kis részek okozzák; az eredeti íztől eltérő utóíz vagy oly anyagrészektől ered, melyek a folyadékban eredetileg is jelen voltak, de mint nehezebben oldhatók, hatásuk csak később lépett előtérbe, vagy talán elnyomta hatásukat valamely jelen volt erősebben izgató anyag.

Az ízérzések útján, valamint a szagérzés és a száj tapintóérzései útján ételeink számos tulajdonságairól nyerünk tudomást, melyeket azok jóságának megitélésénél értékesítünk is.

E) A SZAGLÁS ÉRZÉKE.

75. §. A szaglás szervének szerkezete.

Az orrür szaglótája, a regio olfactoria, az orrür felső részét, a felső orrkagylót és az orrsövény megfelelő részeit foglalja magában Schultze M.). E tájék nyákhártyája, már szabad szemmel is kivehető, sárgás szine által különbözik az orrürt bevonó nyákhártya többi részétől. A nyákhártya mirigyekben, idegekben és véredényekben bővelkedik. Felületét egy rétegben egymás mellett elhelyezett *hengeralakú felhámsejtek* (99. ábra *a*) és ezek közt sajátszerű *szaglósejtek* (99. ábra *b*) vonják be.



99. ábra. 1. Sejtek a béka szagtájáról. *a* felhámsejtek; *b* szaglósejtek egy a nyákhártyába terjedő alsó *d* és egy a szabad felületfelé irányúlt pálczaalakú *c* nyulvánnyal, az utóbbi nyulványon hosszú csillószőrök *e*. 2. Sejtek az ember szagtájáról. A szaglósejtek pálczaalakú nyulványain csillószőrök helyett rövid toldás *e*. 3. Olfactorius rostok kutyából, *a*-nál fínom rostokra feloszolva (Frey szerint).

A *felhámsejtek* hosszú hengeralakú sejtek fínom szemcsézett protoplasmával, hosszabb átmérőjével a sejt hossza irányában fekvő tojásdad maggal. A magon alól a sejttest keskenyebb és mint sejtnyulvány a nyákhártya kötőszövetébe folytatódik. A sejtnyulvány ritkán ágazódik el. Minden felhámsejtet 6—8 szaglósejt veszen szorosan körül.

A *szaglósejtek* sejttestből és két nyulványból állanak. A sejttest orsóalakú, fínoman szemcsézett, benne kerek mag. A két nyulvány közül a szabad felület felé álló nyulvány pálczaalakú, egészen egynemű szerkezettel. E nyulvány végén sok állatnál a hámsejteken túl terjedő szőrcsék vannak; vajjon ilyen szőrcsék ember szaglósejtjein is előfordulnak-e, még eldöntve nincsen. A szaglósejt második, a nyákhártya felé terjedő nyulványa felette vékony s teljesen hasonlít valamely fínom idegrosthoz; a nyákhártyában e nyulványok a n. olfactorius végágaival fonódnak össze. A felhám- és szaglósejtek felületét likakkal

ellátott finom hártyácska, a *membrana limitans olfactoria* (Brunn) fedi, finom likain a szaglósejtek szőrcsei állanak ki. A felhám- és szaglósejtek nyulványai közt, közvetlenül a nyákhártya kötőszövetrétege felett, apró hol gömbölyű, hol kúpalakú sejtek vannak, mint *pótsejtek*.

A velőshüvely nélküli, magtartalmú, Schwann-féle burokkal ellátott olfactorius-rostok a nyákhártya kötőszövetrétegében számos finom rostra esnek szét. A finom rostok a felhámrétegbe hatolnak. Összefüggést a szaglósejtek nyulványaival még nem sikerült ugyan kimutatni, de minden búvár valószínűnek tartja azt. Az összefüggés valószínűségét igen támogatja az, hogy a juh és több más állatnak a szaglótájhoz egészen hasonló szerkezetű Jacobson-féle szerv pálczikáinak összefüggése ki van mutatva az ideggel (Balogh). Valamint ezt erősítik Hoffmann és Exner észleletei is, melyek szerint a szaglósejtek, a n. olfactorius átmetszése után, békánál hengerhámsejtekké alakulnak át, melegvérű állatoknál pedig zsirosan elfajúlnak; ilyenkor a szaglósejtekkel együtt a közbehelyezett felhámsejtek is degenerálódnak. Exnér szerint a felhámsejtek és szaglósejtek közt nincs is lényeges különbség. Átmeneti alakok köztük nagy számmal fordulnak elő. Mind két rendbeli képlet központi végei, valamint az olfactorius finom rostjai, a hámréteg alatt levő, protoplasmaszerű anyagból alkotott hálózatba mélyednek be.

A szagtáj mirigyei a Bowman-féle mirigyek. Ezek alant megszélesbbedve végződő tömlők, melyek közül többen egy közös kivezető csőbe egyesülnek. A mirigyekben hengeralakú elválasztó mirigysejtek vannak.

Az orrür többi részének, a regio respiratoria-nak, nyákhártyája a szagtájtól lényegesen különbözik az által, hogy egyrétegű csillósejtek fedik s hogy mirigyei fürtös, savós mirigyek. Az átmenet a két tájék közt nem történik hirtelen; lehet egyfelől a szaglótájon belül egyes csoportokban csillósejteket találni, valamint előfordulnak más felől a csillósejtek között is szaglósejtek.

76. §. Szagérzések.

Számosak azok az érzések, melyeket különböző légnemű anyagoknak a szaglótájra gyakorlott hatása bennünk támaszt és melyeket azért *szagérzéseknek* is nevezünk. Ez érzések külön megjelölésére megfelelő szavaink nincsenek; midőn szagérzést jellemezni akarunk az anyagot nevezzük meg, mely azt az érzést okozza s azért beszélünk

rózsaillatról, mossusszagról stb. Némely a szagérzésekhez sorozott érzés itt is a tapintóérzések közé tartozik, ilyenek például az ammoniak és bizonyos savak szúró szaga és némely ízérzések, így például mind azok az érzések, melyeket a közéletben édes vagy savanyú szagnak mondunk. De mind ezen, az érzések más csoportjába tartozó, érzések kizárása után is felette sokfélék a szagérzések. Fröhlich a szagérzéseket okozó anyagokat két nagy csoportba osztja. Az első csoportba sorozza a tiszta szagérzéseket keltő anyagokat, mint az illó olajakat, gyantaneműeket és egyebeket, míg a második csoportba azokat az éles szaganyagokat sorozza, melyek a szaglóidegek mellett a nyákhártya érző idegeit is izgalomba hozzák, például az eczetsav, ammoniak, chlor, jod, brom és mások. Mind ezek az anyagok a szagszerv homolog idegingerei, ellenben még nem sikerült szagérzéseket támasztani erőművi behatás, villamos áram vagy hőbeli változások által.

A szagszerv homolog ingerei mind *légnemű anyagok* a miből azonban nem következik, hogy minden anyag, ha légnemű, egyszersmind a szagszervet is izgatja. Számos légnemű anyag van, mely szagérzést nem kelt. Hogy mennyire fontos az, miszerint az illető anyag légnemű állapotba jusson a szaglótájra, ez Weber E. H. következő vizsgálataiból tűnik ki. Weber lefeküdt és fejét úgy hajtotta le, hogy orrnyilásai felfelé voltak fordítva. Ilyenkor tudniillik a lágy szájpad az orr benyilását a torokba elzárja és így az orrüregek folyadékkal teljesen megtölthetők. Weber orrát oly vízzel töltötte meg melyben $^1/_{11}$ kölni víz volt. Szagérzést csak a beöntés kezdetén vett észre, mihelyt az orr a vízzel egészen meg volt töltve a szagérzés is megszünt. Hasonló eredménnyel tehető a kisérlet rózsa vizzel is. Sőt a szagérzés a víz kibocsátása után is még egy ideig hiányzott. Weber tiszta vízzel ismételte a kisérletet és azt tapasztalta, hogy a víz kibocsátása után szintén hiányzott a szaglóképesség és csak $^1/_2$-1 percz múlva kezdett újra helyre állani. Mint a tiszta víz úgy hatott a czukros víz is. Weber, Valentin és mások azért azon véleményben vannak, hogy a víz káros hatással van a szaglósejtekre s ez oka a szaglóképesség rövid időre való elvesztésének. Azonban, mint tapasztaltam, az élő protoplasmára nézve nem ártalmas 0·6% konyhasóoldat rövid időre szintén megszünteti a szagérzést; ennél fogva igen valószínű, miszerint az orrürbe öntött folyadék kibocsátása után ennek a nyákhártyán vissza maradó vékony rétege a légnemű anyag odajutását gátolja a szaglósejtekhez és ez okozza a szagérzés múló elvesztését. Aronsohn ætherikus olajokat és egyéb anyagokat 0·73% konyhasóoldatban 37 C.°-ra felmele-

gítve orrürébe fecskendezett és szagot érzett; ez eljárás mellett azonban igen valószínű, hogy a befecskendezett folyadék az orrür szaglótáját nem töltötte ki és hogy ez, részben vagy egészen, léggel telve maradt. Ugyan e vizsgáló villamos ingerlésre is érzett szagot, ha az állandó áram egyik electrodját a 0·73% konyhasóoldattal megtöltött orrba vezette. Hogy miképen izgatják a szagingerek az idegvégkészülékeket, azt ép òly kevéssé tudjuk, mint a hogyan nem ismerjük az ízanyagok ingerhatásának módját az ízlelősejtekre.

Szagérzést valamely légnemű anyag csak akkor képes kelteni, ha *mozgásban* van. Igen erős szaganyagot sem érzünk meg, noha az anyag az orrürbe bejut, ha lélekzetet nem veszünk, vagy ha csupán a szájon át légzünk. Az utóbbit bizonyítja az a tapasztalat, hogy az ilyenkor az orr alá tartott az érző idegeket izgató valamely anyag, szúró vagy más megfelelő érzést okoz. A légáramlás szükségének okát nem tudjuk biztosan. Fel nem lehet tenni, hogy a szaganyagok áramlásuk közben erőművileg izgatnák a szagpálczikákat, jobban mondva azok csillószőr végeit, mert több állat és az ember szaglósejtjeinek úgy látszik nincsenek is csillószőreik, valamint nem volna e felvétel mellett érthető az sem, hogy miért képes a levegő az illető végkészülékeket izgatni, ha bizonyos anyagokat tartalmaz, míg azokat nem izgatja, ha más anyagok vannak benne. Úgy tetszik a szagsejtek a szaganyagokat igen gyorsan nyelik el és azért szükséges új meg új anyag odajutása (Fick).

A légáramlás iránya sem közönyös. Sokkal jobban érezzük meg valamely anyag szagát a belégzés alatt mint kilégzéskor. Egyének kiknek lehelete bűzös, többnyire nem bírnak tudomással arról, hogy másoknak milyen kellemetlen leheletüknek a szaga. Ennek oka az alsó orrkagyló. A belégzéskor az orrnyilásokon át felfelé áramló levegő az alsó orrkagyló szélén megtörik és részben alatta, részben azonban az orrür felső részein át kénytelen a torokürbe áramolni. A fenn áramló levegő a szaglótáját érinti. Kilégzéskor ellenben a levegő csaknem teljesen a regio respiratoria útján halad kifelé. A bejutást a szaglótájhoz az ikcsont teste és a középső orrkagyló hátsó széle akadályozzák meg. Hogy azonban eljut kevés levegő kilégzés alatt a szaglótájhoz is, ezt bizonyítja az a tapasztalat, hogy felböfögéskor a távozó levegő szagát sokszor maga a felböfögő is érzi.

A szagérzés intensitása az anyag minőségén kívül ennek mennyiségétől és a felület nagyságától függ, melyre amaz anyag behat. Hogy valamely anyag szagát megérezzük e czélra az anyagból különböző minimalis mennyiségre van szükségünk. Valentin vizsgálatai szerint

$^1/_{2,000,000}$ mgrm. mossus, $^1/_{20,000}$ mgrm. rózsaolaj, $^1/_{600}$ mgrm. brom, $^1/_{50}$ mrgm. phosphorköneny elegendő az illető anyag szagának megérzésére. A szagérzés finomsága egyébiránt *gyakorlat* által felette növelhető. Vegyészek például sok oly szagot is megéreznek, melyet más ember nem ismer fel. Az érzés annál intensivebb minél nagyobb a szaganyag behatásának kitett felület. Finom szaglással bíró állatok szaglótája aránylag nagy kiterjedésű. Az érzés fokára befolyással van még a *behatás időtartama* is. Kezdetben az érzés az idővel nő, később azonban fogy. Általánosan ismert dolog, hogy a ki állandóan kellemetlen szagú légkörben tartózkodik az a légkör ama kellemetlen bűzét, mely a belépőre oly visszataszító hatással van, nem érzi. A szaglóideg végkészülékei ezek szerint igen gyorsan kifáradnak.

A szagérzéseket, úgy mint az ízérzéseket is, külső tárgyakra vonatkoztatjuk s ennyiben az érzések a tájékozást a kivülünk levő tárgyak iránt elősegítik. Jellemző sajátsága szag- és ízérzésünknek az is, hogy ez érzések, hol kellemesen, hol kellemetlenül érintenek bennünket. Kellemetlen szagérzést keltő légkörből szabadúlni igyekszünk s ennyiben szagérzésünk a belehelendő levegő megválasztásában működik közre.

FŐBB FORRÁSOK.

Müller J. Handbuch d. Physiologie. Coblenz. 1837.

Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie II, III, IV. k. 1846—1851.

Valentin G. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. Braunschweig. 1848.

Ludwig C. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. Leipzig und Heidelberg. 1852—1856.

Bernard Cl. Leçons sur la Physiologie et la Pathologie de systéme nerveaux. Paris. 1858.

Schiff M. Lehrbuch d. Physiologie. Lahr. 1859.

Aubert H. Physiologie d. Netzhaut. Breslau. 1865.

Helmholtz H. Physiologische Optik. Leipzig. 1867.

Gerold Hugo. Die ophthalmologische Physik. Wien. 1869.

Helmholtz H. Die Lehre von den Tonempfindungen. Braunschweig. 1870.

Klug N. Vizsgálatok az emlősök fülcsigájáról. Akad. értekezések. III. k. 14. sz. 1873.

Preyer W. Ueber die Grenzen d. Tonwahrnehmung. Jena. 1876.

Thanhoffer L. Adatok a szem porczhártyája szövet- és élettanához. Akad. évkönyvei; 14. k. 5. db. 1875.

Klug N. A színérzésről indirect látás mellett. Akad. értekezések. VI. k. 7. sz. 1875.

Klug N. A szem fénytörőközegeinek hősúgárátbocsátó képességéről Akad. értekezések. VIII. k. 14 sz. 1878.
Preyer W. Akustische Untersuchungen. 1879.
Gruenhagen A. Otto Funke's Lehrbuch d. Physiologie. Leipzig. 1880.
Högyes E. Az associált szemmozgások idegmechanismusáról. Akad. értekezések. X. k. 18. sz. és XI. k. 1. sz. 1881.
Mihálkovics Géza. Általános boncztan. 1881.
Thanhoffer L. Az összehasonlító élet- és szövettan alapvonalai. Budapest. 1883.
Toldt C. Lehrbuch d. Gewebelehre. 1884.
Hermann L. Handbuch d. Physiologie d. Sinnesorgane. III. k. I—II. r. 1879—1880.
Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 3. Abth. 1855, 1861, 1863, 1865, 1870, 1872, 1874, 1875, 1877, 1879.
Bericht d. sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften. 1851, 1858.
Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1847, 1860, 1865, 1870, 1874, 1877, 1884.
Archiv. f. d. gesammte Physiologie. 1869, 1870, 1875—1877.
Zeitschrift f. rationelle Medicin N. F. 1854, 1858, 1859, 1863.
Zeitschrift f. Biologie. 1870, 1876—1878.
Archiv f. mikroskopische Anatomie. 1867, 1869, 1870, 1872, 1876, 1877.
Archiv f. Ophthalmologie. 1857—1860, 1863—1865, 1869, 1870—1875.
Kühne W. Untersuchungen aus d. physiol. Institut d. Universität Heidelberg. I—IV. k. 1877—1882.
Archiv f. pathol. Anatomie. 1868, 1875.
Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. 1856—1860, 1865, 1872.
Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie. 1863.
Ludwig C. Arbeiten aus d. physiol. Anstalt zu Leipzig. 1876.
Orvosi Hetilap. 1873, 1876.
Kolozsvári orvos-természettudományi értesítő. 1879—1881.
Henle-Meissner, Berichte über die Fortschritte stb. 1856—1871.
Hofmann-Schwalbe, Jahresberichte stb. 1872—1883.

3. A gerinczagy- és agyidegek élettana.

77. §. Gerinczagyidegek.

A gerinczagyból kitérő *mellső gerinczagyi gyökök* az ugyan abból eredő *hátsó gyökökkel* a *csigolya közti dúczban* — a gangl. spinaleban — egyesülnek s ezentúl vegyes idegrostokként mennek tovább. A csigolya közti dúczok azonban csak a hátsó gerinczagyi gyökhez tar-

toznak. Az idegrostok e dúczon való áthaladásuk közben nem szaporodnak; a dúczból eredő idegekben ugyanannyi az idegrost, mint a mennyi idegrost a dúczba betérő ideggyökökben van (Birge), a miből következik, hogy midőn, mint Ranvier kimutatta, a dúczsejtek egyetlen sejtnyulványa lefutása közben T alakúan két ágra oszlik, ez ágak közül az egyik a gyökrost, a másik pedig a peripheria felé haladó idegrostba folytatódik. Ezek szerint a csigolya közti dúczsejtek, a magasabb gerinczeseknél és az embernél is, úgy mint a halak bipolar csigolyaközti dúczsejtjei, az idegrostok útjába vannak beiktatva anélkül, hogy az idegrostok szaporítására szolgálnának. A csigolyaközti dúczok élettani jelentőségét illetőleg egyelőre csak azt tudjuk, hogy a hátsó gerinczagyi gyökök rostjaira olyan megtartó befolyással vannak, mint minőt különben a központi idegrendszer, a belőle eredő idegrostokra, szokott gyakorolni. A hátsó gerinczagyi gyökök átmetszésére tudniillik e gyök rostjainak a dúczon túl eső környéki része nem degeneralódik, hanem igen a gyökrostoknak a gerinczagy és a dúcz közti része (Waller).

A gerinczagyi gyökökeket illetőleg kitűnt, hogy a *mellső gyökök mozgató, centrifugal, a hátsó gyökök érző, centripetal, impulsusokat vezető idegrostokból állanak (Bell-féle törvény)*; erre következtetünk a gerinczagyi gyökök átmetszése- és izgatásakor észlelhető tünetekből. Igen alkalmas e tekintetben teendő vizsgálatokra a béka; de történtek sikerült vizsgálatok kecskén, kutyán, ruczán s egyéb állatokon és mindenkor ugyanazon eredménynyel, úgy hogy ma már a Bell-féle törvény általános érvényessége felett kétség nem állhat fenn. Valamely mellső gerinczagyi gyök átmetszését ugyanis az ama gyök által ellátott izmok bénulása követi. Egy végtagnak idegrostokat szolgáltató valamennyi mellső gerinczagyi gyök átmetszésére, az állat az illető végtagot nem tudja mozgatni, e mellett azonban a végtag teljesen érzékeny marad. Ha pedig átmetszett mellső gerinczagyi gyök központi csonkjait erőművi vagy vegyi úton izgatjuk — a villamosság a gerinczagy közelsége miatt itt alkalmatlan inger volna — a mozgások semmi jelét nem látjuk, míg a környéki csonk izgatását élénk mozgások követik. A hátsó gerinczagyi gyökök átmetszése ellenben fájdalmas, az átmetszés után az illető gyökök által ellátott testrész érzéstelen marad. Az átmetszett hátsó gyökök központi csonkjának izgatását az állat élénken megérzi, a környéki csonk izgatására azonban mozgás- vagy érzésnek semmi legkisebb jelét sem adja. Mind ez a Bell-féle törvény érvényessége mellett bizonyít.

Ezeken kívül azonban *a hátsó gerinczagyi gyököknek még befolyásuk van a mellső gerinczagyi gyökök ingerlékenységére és általában a mozgásokra is.* Harless, Cyon és mások tapasztalták, hogy a mellső gerinczagyi gyökök ingerlékenyebbek, ha a hátsó gyökök épek, mint mikor azok át vannak vágva. Cyon szerint ennek oka abban keresendő, hogy a gerinczagyhoz az érző idegek útján folytonos kisfokú impulsusok mennek, melyek ott a mellső gyökökre átterjedvén azt okozzák, hogy a mozgató rostok már kisebb inger behatására is az izgalom azon magas fokára jutnak, mely izomösszehúzódást von maga után. De vannak búvárok, kik a hátsó gyököknek e befolyását a mellső gyökökre kétségbe vonják. Annál általánosabban el van ismerve azonban ama másik tapasztalat, mely szerint a mozgások a hátsó gyökök átmetszése által zavart szenvednek. Midőn Schiff kutyán és macskán, a hátsó lábakhoz menő ideggyökök közül az egyik oldalon az érző, a másikon a mozgató idegrostokat átmetszette és az állat a narcosisból teljesen magához tért, akkor tapasztalta, hogy az állat egyik hátsó lábával a szükséges mozgásokat helyesen végezte ugyan, csakhogy menetközben sokszor túlságosan is előre tette le amazt a lábát s midőn reá lépett nem csak a lábújjakkal, hanem még sarkával is érintette a földet; a másik, bénult lábat az állat hátra- és felfelé fordított talppal húzta maga után. Azzal a lábbal tehát, a melyhez menő érző idegek át voltak vágva, az állat túlságos mozgásokat tett. Hasonló érzéshűdések, ép mozgásképesség mellett, embernél is előfordúlnak. Az illető egyén félre lép vagy elesik, ha lábmozgásait szemmel nem követheti. Ennek oka, mint láttuk (235. lapon) az izomérzés hiányában van.

Bár érzéseket csak a hátsó gerinczagyi gyökök útján elvezetett impulsusok szoktak bennünk támasztani, *a mellső, mozgató, gerinczagyi gyököt sem mondhatjuk egészen érzéstelennek.* E gyök erőművi ingerlésekor az állatokon a fájdalom jeleit látjuk. Átmetszett mellső gerinczagyi gyök központi csonkjának izgatása nem fájdalmas, de fájdalmas a környéki csonk ingerlése ép hátsó gyökök mellett. Ezekből következik, hogy a mellső gyökből eredő idegrostok egy része a hátsó gyökökbe tér át s ezekkel jut vissza a gerinczagyba. Arra vonatkozólag, hogy hol történik a visszafordulás, azt tudjuk, hogy a mellső gyök környéki vége annál érzékenyebb, minél inkább közeledünk az ingerrel a foramen intervertebrale felé. A mellső gyököt a csigolyaközti dúcztól el lehet választani, de érzékenysége nem tűnik el; itt, a csigolyaközti dúczban tehát, a rostok kicserélődése nem történik. *E visszahaladó érzés* megmarad, ha a n. ischiadicust vagy a n. cruralist a

czombon metszük át és kimarad, mihelyt az idegeket közvetlenül a csigolyaközti dúczok alatt vágjuk el. Ily tapasztalatok után fel kell tenni, hogy a rostok kicserélődése a gerinczoszlop előtt levő idegfonatokban történik.

A mi a gyökök rostjainak a *peripherián való elágozódását illeti*, a *mellső gyökök* tartalmazzák a törzs és a végtagok mozgató idegrostjait valamint idegrostokat a zsigerek, különböző szervek és véredények síma izomsejtjei számára, végre az izzadó mirigyeknek szolgáló elválasztó idegeket is. A *hátsó gyökök* a bőr és belső szervek érző idegrostjait foglalják magukban, kivévén azon szervekéit, melyeket a fejidegek látnak el érző rostokkal. A gyökök izgatására és átmetszésére beálló tünetek- és az átmetszést követő degeneratio megfigyeléséből, tájékozást meríthetünk az idegeknek a peripherián való eloszlását illetőleg. A mozgató idegek idegrostjaikat, *Peyer* szerint, rendesen több s nem minden egyénnél ugyanazon gerinczagyi gyöktől nyerik. A vegyes idegtörzs azon izmokhoz adja mozgató idegágait, a melyek felett a bőrt is ellátja érző ágakkal. A gerinczagyi gyök rostjai nem végződnek épen csak hajlító vagy feszítő izmokban. Az érző gerinczagyi idegek elterjedését Türck kutyán határozta meg az idegek átmetszése után keletkező érzéstelen helyek felkeresésével. E meghatározások szerint egyes érző idegek bizonyos bőrterületet kizárólag csak maguk látnak el, míg mások más idegek érző ágaival közösen végződnek valamely bőrterületen. Az első esetben az illető bőrrészlet az ideg átmetszése után egészen érzéstelen, a másik esetben érzőképessége csak hiányos. A nyak és törzs bőrének egyes helyein kizárólag egyes idegek rostjai végződnek, a végtagokat fedő bőrt pedig részben egyes idegek kizárólag, részben több érző ideg közösen látja el.

78. §. Agyidegek.

Ez idegek működését e helyen, többnyire csak röviden fogjuk jelezni, a részletesbb ismertetés a megfelelő szervek functiója tárgyalásának marad fenn.

1. *N. olfactorius.* A bulbus olfactoriusból eredő ez ideg soká vitatott működésének mibenlétét Valentin és Schiff bizonyították be véglegesen, a mennyiben e vizsgálók kisérleteiben az olfactoriusok kiirtását a szagérzés teljes hiánya követte, valamint ezt bizonyítják, olyan embereken tett tapasztalatok is, kiknél az olfactoriusok kóros változását, csökkent vagy hiányzó szagérzés követte. Ha hozzá tesszük

még, hogy az olfactoriusok átmetszésére az orr szaglótájának sejtjei megváltoznak (lásd a 380. lapot), akkor nem lehet kétség az iránt, hogy a n. olfactorius szagérzést közvetitő ideg.

2. *N. opticus.* Mint tractus opticus ered a thalamus opticus- és a négytelepből. A két tractus képezi a chiasmat s innen tovább mint n. opticus folytatódik. A chiasmában az idegrostok embernél és majomnál félig kereszteződnek, úgy hogy a jobb oldali tractus opticus mind két szem jobb, a baloldali azoknak bal felét látja el rostokkal, kutyánál e kereszteződés teljes (Munk). Mások szerint a kereszteződés a kutyánál és a macskánál is féloldali volna (Gudden). Az opticusrostok ilyen kereszteződését bizonyítják állatokon végzett kisérletek eredményei, emberen pedig az egyik tractusnak vagy ennek eredés helyének, az agy nyakszirti lebenyének, elpusztulását követő látászavarok. Láttak ilyenkor kivételesen oly eseteket is, melyeknél a kereszteződés teljesen hiányzott; a jobb oldali tractus opticus rostjai a jobb a bal oldaliéi a bal szemben végződtek. Működését illetőleg a n. opticus látást közvetitő ideg.

3. *N. oculomotorius.* Az aquæductus Sylvii alatt ered az oculomotorius magból és összeköttetésben áll a felső ikertesttel. A sinus cavarnosus táján anastomosisba lép a n. trigeminus első ágával, mely alkalommal, a különben mozgató ideg, érző rostokat nyer; innen van az, hogy fájdalmas az oculomotorius központi csonkjának izgatása (Valentin). Az oculomotorius két ága közül a gyöngébb felső a szemizmok közül a m. levator palpebræ superiorist és a rect. superior-t, az erősebb alsó a m. rect. internus-t, inferior-t, és az obl. inferior-t látja el és a gangl. ciliare-hez menő radix brevist adja. Ezeken kivül mozgató idegágakkal látja el a m. tensor chorioideæ-t és a m. sphincter pupillæ-t, míg a m. dilatator pupillæ mozgató idegágát a n. sympathicus-tól nyeri. Ennek megfelelőleg a nevezett izmok a n. oculomotorius izgatásakor rövidülnek, és a szem a szemürbe kissé visszahúzódik, az ideg átmetszésekor pedig a felső szemhéj lecsüng — blepharoptosis paralytica —, a szem kifelé fordul és nem mozog, a szemizmok közül egyedül a m. rect. externus és m. obliquus superior maradtak működésképesek, ugyan ekkor a látólik tágabb a bénult, mint az ép oldalon és a szem állandóan egy bizonyos távolságra van alkalmazva.

Az idegek a m. tensor chorioideæ-hez és m. sphincter pupillæ-hez a gangl. ciliarén mennek keresztül. A szemnek a m. tensor chorioideæ működésétől függő alkalmazkodó képességét tehát a n. oculomotorius közvetiti, ép úgy mint a pupilla szükülését is. Az utóbbinál sze-

replő ideg úgy látszik bizonyos fokban állandóan be van idegezve, mert átmetszésére a látólik tágúl. A látólik e tágulása még inkább fokozódik, ha a nyaki sympathicust izgatjuk és ez által a szivárványhártya sugárizmát, a m. dilatator pupillæ-t, összehúzódásra indítjuk. A n. sympathicus a látólikat tágító idegrostjait a nyaki gerinczagy alsó és a háti gerinczagy felső részéből nyeri, a mennyiben a gerinczagyat a 7-ik és 8-ik nyaki ideggel és az első két hátideggel hagyják el s a n. sympathicusba lépnek, melytől aztán a gangl. ciliare-ba térnek (Bernard, Budge).

4. *N. trochlearis.* A n. oculomotorius közelében a trochlearismagból ered. A n. trigeminusból érző idegrostokat nyer, valamint a plexus caroticusból eredő sympathicuságak is csatlakoznak hozzá. A m. obliquus superior mozgató idege. Izgatásakor az illető szem ki- és lefelé fordúl. Ha ez ideg bénulva van, a beteg, mihelyt egyenesen maga elé tekint, vagy fejét a bénult oldal felé forditja, kettősen lát. A képek ferdén egymás felett állanak és összeolvadnak, midőn a beteg fejét az ép oldal felé hajlítja. A trochlearisbénulást különben a szem állásából alig lehet felismerni.

5. *N. trigeminus.* Ez idegnek mozgató és érző gyöke van. Kisebb mozgató gyöke a csüllőalakú árok fenekén, a középvonal közelében, a mozgató trigeminusmagból ered; nagyobb érző gyöke ágait a Varol-féle hid magasságában levő érző trigeminusmagtól, a nyaki gerinczagy közepéig ennek szürke állománya hátsó szarvaiból, az aquæductus Sylvii közeléből, a csüllőalakú árok felső részéből, a pedunculus cerebriből és a kis agyból veszi. A mozgatógyök megfelel egy mellső, az érző egy hátsó gerinczagyi gyöknek, minek megfelelőleg a *gangl. Gasseri is csak az érzőgyökhez* tartozik. E dúczon túl a n. trigeminus három ágra oszlik.

A *mozgatógyök* ellátja a rágóizmokat: a m. temporalist, m. massetert, a m. pterygoideus ext. és inter., a m. mylohyoideus-t, a m. digastricus mellső hasát, mozgató ágat ad a m. tensor palati mollis- és a m. tensor tympanihez; edénymozgató ágakat küld a fej és arcz különböző részeihez; elválasztó rostokat ad a könnymirigyhez, sőt némely szerző szerint a gland. submaxillaris- és parotishoz is; végre némelyek szerint trophicus ágakat vezet a szem-, orr-, száj- és az arcz egyéb részeihez, (lásd erre nézve a 155 lapot).

Érző gyöke ellátja a fej- és arczbőrt, a száj- s orrnyákhártyáját kevés kivétellel. Kivételt képeznek a nyelv gyöki része, a hátsó szájpadívek, a torok nagy része, melyeket a n. glossopharyngeus és n.

vagus látnak el érző idegrostokkal. Épen úgy nem jutnak el trigeminuságak a külső hallójárat mélyen fekvő részeihez, melyeket a ram. auricularis n. vagi lát el érző ágakkal, valamint nem az Eustach-féle kürthez, a dobürhez, a fülkagylót fedő bőr egy részéhez, sem pedig a nyakszirt bőréhez.

Hogy miért nem valószínű, miszerint a n. trigeminus r. lingualisa ízérző ideg jelentőségével bir, erről a n. glossopharyngeus-nál szólunk.

Mind ezek részletes felismerésére különösen a *trigeminus átmetszése* szolgált. Ez átmetszés a koponyaürön belül házinyúlnál bármily rövid, egyenesélű, hegyes késsel könnyen sikerül. E czélra az állkapocs tuberculum condyloideumának felső széle mögött a halántékcsontot átszúrjuk, mialatt a kés hegyét kissé felfelé és előre irányítva tartjuk. A koponyaürön belöl azután a kést előre fordított éllel, a sziklacsont mellső felületének alsó szélén, mind addig tovább toljuk míg csak ellenállást érzünk. Mihelyt ez megszünt, a kést előbbre tolni nem szabad, mert ilyenkor a trigeminus épen a kés alatt van. Most a kés élét hátra és lefelé irányítjuk és a koponya alapjához nyomjuk, miáltal az ideget többnyire a Gasser-féle dúcz mögött metszük át. A műtét sikerültéről az állat erős sikoltása tesz tanúságot.

A n. trigeminus féloldali átmetszése után a látólik mindjárt megszükül, nem sokára azonban kitágul, jeléül annak, hogy a szükülés a metszés által okozott ingerlésnek az eredménye volt. Minthogy a látólik szükülése a trigeminusátmetszést, előrebocsátott oculomotoriusátmetszés után is követi, következik, hogy a n. trigeminus a m. sphincter pupillæt beidegző idegrostokat vezet. A látaszükülést erős látatágulás követi fuladás alatt is, mely a n. sympathicus előzetes átmetszése után sem marad ki. Balogh ezért a n. trigeminus átmetszése- és izgatásakor észlelt tüneményekből azt következteti, hogy ez idegben a látólikat tágító izmot beidegző idegrostok is mennek a szemhez. A szivárványhártya izomelemei ezek szerint mozgató idegágakat nem csak a n. oculomotorius és n. sympathicusból nyernek, hanem a n. trigeminusból is.

Egyébként az állatok a n. trigeminus féloldali átmetszése után állkapcsukat a túlsó oldal rágó izmai segedelmével mozgatni képesek, és így táplálkozni tudnak; mindkét oldali n. trigeminus átmetszése után az állkapocs bénulva van, lecsüng. Az átmetszés oldalán az ajkak nem éreznek, épen úgy nem a porczhártya és az egész arczfél. Ingerlésre az állat szemét nem húnyja be, mert az érintést nem érzi, nem érzi,

ha porczhártyája száradni kezd, vagy ha por esik reá. Ezért szemét állandóan nyitva tartja, bár szemzáró izma nincsen bénulva. Mint ez, úgy számos más reflectoricus mozgás is kimarad a n. trigeminus átmetszése után, ilyen a tüsszentés, mely az orrnyákhártya vagy a szem kötőhártyája trigeminusvégeinek izgatására szokott bekövetkezni, ide tartozik a szivmozgások ritkúlása, mely a trigeminuságak izgatására beáll; a trigeminusátmetszés után kimarad a nyál és könnyek reflectoricus elválasztása is.

Embernél a trigeminus-bénulást felismerjük, ha két kezünket a megfelelő oldali m. temporalisra és a m. masseterre tesszük, mert rágás alatt csak a nem bénult oldal izmai húzódnak össze.

A n. trigeminus átmetszését, vagy bármi okból bekövetkezett bénulását, lobok követik. A műtét után a porczhártya nehány percz mulva zavaros és több nap mulva teljesen átlátszatlan lesz. A lob aztán kiterjed a szem többi részeire is és teljes panophthalmia fejlődik ki. A szem kötőhártyájának edényei kezdettől fogva erősen be vannak lövelve. Ugyanez alatt fekélyek fejlődnek a szájürben, az ajkakon valamint belöveltek az orr- és száj-nyákhártya edényei is. A szemlobot illetőleg Snellen kimutatta, hogy ezt főleg külső behatások okozzák, melyeket az illető állat vagy egyén nem igyekszik elkerülni, minthogy azokat nem érzi. Snellen műtett nyulain összevarta a szemhéjakat, vagy az állat fülét varta a szem elé úgy, hogy a fül érző felülete kifelé volt fordítva, mind ez esetekben a szemlob kimaradt. Hasonlóan megóvja a szemet a lobosodástól az is, ha sodronyhálót teszünk eléje (Feuer). A külső, sértő behatásokon kívül a szemhéjmozgások és a könnyelválasztás hiánya is közreműködnek a szemlob előidézésére (Balogh, Feuer). Balogh szerint lobot okoznak itt a porczhártya szövetébe került bakteriumok is. A nagy fokú edény-belöveltség a n. trigeminusban haladó edénymozgató idegek bénulásának eredménye. A szájnyákhártyán és az ajkakon fejlődő fekélyeket a bénulás miatt rendes helyzetükből kijött fogak idézik elő, az állat saját ajkait, nyelvét harapja össze, mind ez fájdalmat ugyan nem, hanem lobot okoz.

6. *N. abducens.* Ez ideg a negyedik agygyomor fenekén a facialismag előtt veszi eredetét, hasonló idegsejtekből, mint milyenek a gerinczagy szürke állományának mellső szarvaiban előfordúlnak. A m. rect. externus mozgató idege. Az a. carotissal való kereszteződése helyén a n. sympathicustól és midőn a szemürbe betér a n. trigeminustól is nyer idegrostokat. Az abducenshez csatlakozó sympathicusrostok mozgató idegrostok, mert a nyaki n. sympathicus átmetszésére

a szem befelé fordúl, csak úgy, mint midőn a n. abducenst átmetszük. A n. sympathicus átmetszése által tehát átvágtuk a m. rect. externust beidegző idegrostok egy részét és a m. rect. internus vonó hatása előtérbe lépett.

7. *N. facialis.* A csüllőalakú árok fenekén kisebb részben az abducensmagból, nagyobb részben pedig az e mögött levő facialismagból ered. Centrifugal ideg, mozgató, elválasztó és edénytágító rostokkal. Útközben a trigeminusból és vagusból érző rostokat vesz fel (Schiff). Ha a n. facialist, miután a koponyából kitért átmetszük, akkor úgy központi mint környéki csonkját érzékenynek találjuk. E visszahaladó érzékenység oka az, hogy a n. facialis környéki ágai a n. trigeminustól érző idegrostokat nyernek, mialatt a n. facialis törzse maga a sziklacsonton való áthaladása közben a ramus auricularis nervi vagi-tól szintén érző ágat kap. A vagusrostok a n. facialis törzsében eredéshelyük felé visszahaladnak, de még mielőtt azt elérték volna, a n. facialist elhagyják és a peripheria felé térnek. Midőn azért a n. facialist a foramen stylomastoideum alatt átmetszük az ideg mindkét vége érzékeny; környéki vége pedig érzékenységét elveszti a megfelelő trigeminuság átmetszése után (Bernard Cl.).

Mint *mozgatóideg* a n. facialis az arczizmokat idegzi be, ellátja a m. stylohyoideust, a m. digastricus hátsó hasát, a m. buccinatort, a fülkagyló izmait, a m. stapediust, a platysma myoidest, végre a m. levator palati mollis-t és az azygos uvulæt; mint *elválasztó ideg* a glandula submaxillaris- és sublingualis-hoz tér; mint *edénytágító ideg* ugyane mirigyeknek és a nyelvnek edényeit idegzi be.

A n. facialist át lehet metszeni a koponyaürön belül, a dobürben és a foramen stylomastoideumból való kilépése helyén. Legelőnyösebb az ideget a koponyából való kitérése helyén felkeresni és ott csipesszel megragadni s kiszakítani. E czélra közvetlenül a hallójárat alsó széle alatt a bőrt és a m. parotico-auricularis anteriort átmetszük, a parotist félrehúzzuk, ott találjuk a facialist. A n. facialis kirántása pillanatában mindkét szemben $^1/_2$—$1^1/_2$ perczig tartó nystagmus — szemtekerezgés — következik be, mire a szem a nyitott szemrésben némiképen előre lép és meglehetősen mozdulatlanúl marad. E nystagmuson két szakaszt lehet megkülönböztetni: az első, rövidebb szakasz alatt, a szemteke fel- s hátrafelé, le s előre, a második hosszabb szakaszban ellenkezőleg fel- s előfelé, le s hátra rezeg. Minthogy a nystagmus bilateralis kétségkívül központi eredetű; a facialis kiszakítása által az abducensmagot izgatjuk, ezt gyors kimerülés és tartós paresis követi,

melyre azután az oculomotorius hatása lép előtérbe, és a nystagmus második szaka következik be (Högyes). Ez után a szem állandóan nyitva marad — lagophthalmus paralyticus jő létre, — a m. orbicularis palpebrarum hűdése következtében. A szem ez állandó nyitvamaradásának eredménye esetleg fekélyképződés a porczhártyán, mely azonban eltűnik, mihelyt az állat szemét a levator palp. sup. részben való elernyedése s gyakori szemmozgások védik; nyulaknak ilyenkor nagy segítségére van a szem pislogóhártyája (Högyes).

Egyébként pedig a bénult oldalon a homlok elsímúlt, az orrszárny lelapúlt, a száj az ép oldal felé van elhúzva, az ép oldal izmainak erős tonicus beidegzése következtében, melyeknek vonó hatását a bénult oldal izmainak tonusa nem ellensúlyozza. Facialisbénulás esetében nevetés vagy beszéd alkalmával az arcznak eltorzúlása még feltűnőbb lesz. Olyan állatok, melyek csak orrukon át szoktak lélekzetet venni, facialisbénulás miatt meg is fuladnak. A nyelés- s rágásnál szereplő izmok egy része szintén bénulva lévén, a rágás, nyelés és beszéd is szenvednek; a bénult ajkak és a m. buccinator nem szerepelhetnek, nem a m. digastricus, stylohyoideus stb. Ha a bénulás hosszabb ideig tartott, az arcz az ép oldalon mind jobban-jobban eltorzúl.

Ha fiatal, még fejlődő állat n. facialisát irtjuk ki, nehány hónap múlva azon a szájnyílást a sértett oldal felé húzódva találjuk. A fogak ferdén állanak. Az izmok elsorvadnak. A nyálmirígyek kisebbek maradnak. Legfeltűnőbb pedig az egész koponyának elferdülése a beteg oldal felé. Az egész tünemény oka az illető arczfélnek a facialiskiirtás miatt fejlődésben történő visszamaradása. Az izmok a beteg oldalon rövidek maradnak, s maguk felé húzzák a fejlődő koponyát.

A facialisbénulás embernél a leggyakoribb idegbénulás. Már a Fallop-féle csatorna csonthártyájának kis fokú duzzadása is facialisbénuláshoz vezethet.

Némelyek szerint a n. facialis a chorda tympani útján a nyelvhez is küld mozgató rostokat (Bernard, Vulpian). A nyelvmozgató ideg, a n. hypoglossus, átmetszése után 1—3 héttel, a chorda tympani vagy a n. lingualis izgatására nyelvmozgások következnek be. A nyelv alakját és helyét megváltoztatja, úgy a mint azt különben a n. hypoglossus izgatására szokta tenni. A nyelvmozgás lassan követi az ideg ingerét, lomhán foly le és soká tart el, még miután a chorda tympanit régen meg is szűntünk izgatni. Ez ideg izgatására a nyelv edényei tetemesen tágúlnak. Heidenhein, ki e tüneményt közelebb vizsgálat alá vette, az átmetszett n. hypoglossus rostjait degenerálva, ellenben az idegvégleme-

zeket épeknek találta, e mellett egyszersmind kitűnt az is, hogy a chorda vékony idegrostjai a nyelv izomzatával nem függenek össze. Curara a chordaizgatás befolyását a nyelvmozgásokra megsemmisítette; a curaráról tudjuk, hogy épen a véglemezeket bénítja, és így fel kell tenni, miszerint a chorda izgatásának az épen maradt véglemezekre kell izgatólag hatni.

Heidenhein a véglemezt ingerlő okot a chordaizgatás által okozott edénytágulásban keresi. Tényleg sok vér befecskendezése a nyelv edényeibe, minden idegizgatás nélkül, is nyelvmozgást okozott. A túlságosan vérrel telt edényekből az izomrostok közé sok vérnedv szivárog át és ez izgatja az épen maradt véglemezeket. Hasonló eredményre jutott Rogowicz az arczizmokat illetőleg is, midőn kutyának egyik n. facialisát kiszakította és 12—14 nap múlva az ansa Vieusseniit izgatta, melytől azon izmok edénytágító idegeiket nyerik. Mind e tapasztalatokból tehát következik, hogy harántesíkos izomrostokat, idegeik teljes degeneratiója után, edénytágító idegeik izgatása által összehúzódásra lehet indítani és hogy ez edénytágító idegek e hatást legnagyobb valószínűséggel a vérnedv útján gyakorolják, mely ilyenkor az edényfalon át az izomszövet közé rendkívül nagy mennyiségben ömlik.

Facialisbénulás hallási zavarral is jár, minek oka a m. tensor tympaninak a m. stapediusbénulása által okozott túlsúlyában van (Luccae).

Oly emberek, kiknél a chorda tympani sértve lett, a nyelv szélén és hegyén elvesztették ízérzőképességüket, másoknál a chorda izgatása a nevezett helyeken ízérzéssel járt, mindez arra látszott utalni, hogy a n. facialisban ízérző rostok is haladnak. Kitűnt azonban, miszerint ez ízérző rostok a n. glossopharyngeustól erednek. Carl szerint, ki ízérző képességét a nyelv szélén és csúcsán a dobür lobja következtében elvesztette, e rostok a gangl. petrosum és n. tympanicuson át jutnak el a plexus tympanicushoz, innen részben a n. petrosus superfic. minoron át a gangl. oticumhoz és így a n. lingualishoz, részben pedig a ramus communicans cum plexu tympanico-n át a gangl. geniculihez és innen a n. facialison át a chorda tymyaniba s evvel a r. lingualishoz kerülnek.

A facialis *elválasztó rostjai* szintén a chorda tympani-ban mennek az állalatti és nyelvalatti mirigyhez. Ez idegrostok hatásáról bővebben szólunk majd a nyálelválasztás tárgyalásakor.

8. *N. acusticus* A csüllőalakú árok fenekén két magból ered. Működését illetőleg ez ideg egyfelől a hallást közvetiti, másfelől pedig a

fej- és testmozgásokkal áll szoros kapcsolatban, mely által a test egyensúlyának fenntartásáról gondoskodik.

A n. acusticus átmetszése süketséget, izgatása hangérzést okoz.

A félívjáratok átmetszésére Flourens igen jellemző mozgásokat látott bekövetkezni. Galambokon, majd emlősökön, nevezetesen nyulakon, az ívjáratok átmetszésére az állatok testtartásában különböző zavarok állanak be. Nevezetesen a vízszintes ívjárat átmetszésére az állat feje ingaszerűen jobbról balra és vissza mozog. Kevés idő múlva e mozgások megszűnnek, mihelyt azonban a megfelelő ívjáratot a túlsó oldalon is átvágjuk, a mozgások sokkal élénkebben újra jelentkeznek, sőt most már az állat nem csak fejét forgatja jobbra és balra, hanem gyakran egész testét is, úgy, hogy az egész állat jobbra és balra hentereg. Ha megnyugtatjuk az állatot, a mozgászavar azonnal újra beáll, mihelyt mozogni kezd. Ha valamelyik függélyes ívjáratot metszünk át mind két oldalon, az állat fel- s lefelé vagy le- és felfelé mozgatja a fejét, mi alatt nem ritkán egész teste előre vagy hátra esik; a mozgások ez esetben is élénkebbek lesznek, mihelyt az állatot valamely módon izgatjuk. Több ívjárat átmetszésére természetesen még összetettebbek lesznek a mozgászavarok. Az így sértett állat nem képes kellően táplálkozni, mert eledelét, zavart mozgásai miatt, megragadni nem tudja; mesterségesen táplálva hónapokon át életben tartható, de mozgászavara nem tűnik el. Az így sértett galamb többé nem tud repülni, hanem ha szabadon bocsátjuk, a földre esik.

Az ívjáratok sértése embernél is mozgászavarral jár.

A félívjáratok villamos izgatása fejforgatást okoz (Breuer). A kikészített ívjáratok vegyi izgatása következtében szintén mozgások következnek be (Landois).

Ezek szerint az ívjáratok, mint a szemmozgásokkal (66. §.), testünk egyéb mozgásaival is reflexkapcsolatban állanak, mely reflexkapcsolat által testünk, egyensúlyban tartásáról épen úgy gondoskodnak, mint a hogyan az associált szemmozgásokat feltételezik. A fej minden helyzetváltozásával, az ampullákban, az endolympha által az acusticus végeire gyakorlott nyomás is változik. Ez izgatja a megfelelő crista acusticát, az itt végződő idegek izgalomba jutnak, és elvezetik izgalmukat a központi idegrendszerbe, a hol centrifugal-irányban vezető oly idegekre terjed át, melyek által a test vagy fej egyensúlyban tartása czéljából működésre indítandó izmokat beidegzi. Mihelyt az ívjáratok átmetszésével az endolymphát kibocsátjuk, az ampullaris idegvégek rendes beidegzése is elmarad; a szokott reflexizgalmak elesnek, és

bekövetkeznek azok a mozgások, melyeknek meggátlása épen amaz ívjáratok feladata volna. Az ívjáratok kiirtása után a mozgászavarok folytonosan megmaradnak; magam egy így műtett állatot 1 évnél tovább figyeltem meg és ezen a mozgászavarokat változatlanúl észlelhettem. De ha így, akkor fel kell tenni, hogy az ívjáratoktól folytonos reflexizgalom megy a megfelelő izmokhoz, hogy tehát e reflexizgalom tonicus.

Az ívjáratok sértése és izgatása következtében beálló mozgászavaroknak e magyarázata Högyes-nek az associált szemmozgások idegmechanismusáról (lásd a 336. stb. lapot) irt munkáiban talált kifejezést. Goltz, Mach és Breuer szerint a cristæ-acusticæ-nek a fejmozgással járó endolymphamozgás által okozott ingerlése a központi idegrendszerben érzéseket támaszt, melyek által a fej állásáról tiszta fogalmat nyerünk, és melyek befolyása alatt képesek leszünk az egyensúly fentartására szükséges izmokat, akaratunk és öntudatunk minden hozzájárúlása nélkül izgalomba hozni. Az ívjáratok útján a fej minden állásáról tudomást nyerünk, s ha ez, az ívjáratok kiirtása miatt, hiányzik, a fej állását sem tudjuk helyesen megbecsülni, az ebből eredő szédülés érzete pedig amaz ingaszerű mozgászavarokhoz vezet.

Cyon szerint is az ívjáratok átmetszését követő tünetek, egyensúlyzavarból származnak, csakhogy szerinte e zavart az ampullaris idegvég erős izgatásától eredő hangérzések okoznák. E felvétel hibás volta már a 371. lapon mondottakból is kitünik, ellene szól még az a tény is, hogy az ejtett seb behegedése után, valamint alvás közben is a mozgászavarok fennmaradnak; környéki ingerlés tehát e mozgászavaroknak oka nem lehet.

9. *N. glossopharyngeus.* A csüllőalakú árok fenekén ered, a n. vagus előtt, a glossopharyngeusmagból. A n. vagus és n. glossopharyngeus magvai összefüggenek egymással. A gangl. jugulare- vagy petrosum-ban ágakat nyer a trigeminustól, facialistól, vagustól és sympathicustól, illetőleg az utóbbinak plexus caroticusától. Ugyan-e dúctól ered a n. tympanicus is, melytől a dobür és Eustach-féle kürt érző idegrostokat kapnak és melytől a n. petrosus superficialis minorba a parotis számára szolgáló elválasztó idegágak mennek. Minthogy a glossopharyngeus különböző idegektől kap ágakat, azért nehéz is az eredeti gyök rostjainak működését megállapítani; innen vannak az e tekintetben részben még ma is fennálló eltérő adatok. Általában a n. glossopharyngeust *ízlelő-*, *tapintó-*, *mozgató-* és *elválasztó* idegrostokat vezető idegnek tekintik.

Hogy az *ízlelést* a glossopharyngeus közvetíti, ez minden kétségen kívül áll. Panizza volt az első, ki a n. glossopharyngeusban az ízlelést közvetítő ideget felismerte; utóbb szövettani vizsgálatok derítették ki, hogy a n. glossopharyngeus átmetszése után a papillæ circumvallatae és foliatæ ízlőkelyhei eltünnek (Hönigschmied).

Hogy vajjon a n. glossopharyngeus az ízérzésnek egyedüli idege-e vagy mellette még más ideg is közvetít-e ízérzést, ez maig sem teljesen eldöntött kérdés. Nem szenved kétséget, hogy a n. trigeminus ramus lingualisa ízérző rostokat vezet, melyek a nyelv mellső $^3/_4$ részében végződnek. Mert tény, hogy kutyák és macskák mind két r. lingualis átmetszése után a legkeserübb anyagokat is szájukba veszik és rágják mindaddig, míg csak ez anyagok hátrább nem kerülnek, midőn azután undorral köpik ki azokat; ha pedig mind két n. glossopharyngeust átmetszük és a lingualisok épen maradnak, akkor az állatokon mihelyt a keserü anyagot csak szájukba is veszik a kellemetlen érzés minden jelét lehet látni, nehezen, vagy épen nem rágják össze eledelüket, vagy ki is ejtik szájukból, ellenben megeszik azt, ha a keserü eledelt szájürükbe egyenesen hátravetjük. Ha két tálban teszünk ételt elébük, melyek közül az egyikben az étel közé keserü anyag, például china, van vegyítve, a mütett állat ez utóbbi ételt nem eszi meg. Hogy tehát a ramus lingualis ízérzőrostokat vezet, ez kétséget nem szenved; kérdés csak az lehet, honnan származnak a lingualis ez ízérző rostjai. Számos vizsgáló ezeket egyenesen a n. trigeminusból eredőknek mondja. Állatokon tett kísérletek eredményei, különösen pedig trigeminusbénulás esetében, az ízérző képességnek a nyelvhegyen észlelt hiánya, e felfogás mellett tanuskodnak. Evvel szemben azonban észleltek embereket, kiknél trigeminusbénulás daczára a nyelv ízérző képessége ép volt. És így nincsen kizárva annak lehetősége, hogy a n. lingualis ízérző ága a glossopharyngeusból ered, mi azért is valószínünek tetszik, minthogy a látás, hallás és szaglás érző ágai is egy-egy idegtörzsben hagyják el a központban való eredéshelyüket. Az illető glossopharyngeus-ágak ez esetben a n. tympanicusba, ettől a plex. tympanicusba és innen a r. lingualisba jutnának el. Igen valószínü, hogy a lágyszájpad és a mellső szájpadív is a glossopharyngeusból nyerik ízérző rostjaikat.

Tapintó rostokat visz a glossopharyngeus a nyelv hátsó részeihez, a lágy szájpadhoz, a mellső szájpadívhez, a tonsillákhoz és a gégefedő mellső felületéhez. Vajjon e tapintó rostok nem-e a n. trigeminustól és n. vagustól jutnak a glossopharyngeusba, ez még eldöntve nin-

csen. Valentin a n. glossopharyngeus gyökeinek izgatásakor kutyán tett kísérletei közben semmi vagy igen jelentéktelen fájdalom jeleit látta.

Igen valószínű, hogy glossopharyngeuságak izgatása okozza az undornak azt az érzését is, mely esetleg reflex útján hányást idéz elő. Ez azért valószínű, mert a nyelvgyök, a hátsó szájpadív és a garat érintése alkalmával beállani szokott hányásinger a glossopharyngeusok átmetszése után elmarad.

Mozgató idegágakkal látja el a n. glossopharyngeus a m. stylopharyngeust, a m. constrictor pharyngis mediust és a m. glossopalatinust. Számos vizsgáló a n. glossopharyngeus izgatására ez izmokat összehúzódni látta (Volkmann, Hein stb.). Mások azonban a n. glossopharyngeust a koponyaürön belül siker nélkül izgatták (Longet). Az említett izmokon észlelt mozgások reflexmozgások lehettek, vagy a n. glossopharyngeus olyan idegrostjaitól származhattak, melyek a n. facialisból vagy n. vagusból jutottak oda.

A *nyálelválasztás* körül a n. glossopharyngeus hatása kétféle; egyfelől reflex útján indít meg elválasztást, másfelől pedig a parotisnak elválasztó idege is. A nyelv és lágyszájpad izgatása, valamint az átmetszett n. glossopharyngeus központi csonkjának izgatása bő nyálfolyást indít meg. Ilyenkor a n. glossopharyngeus izgalma elterjed a nyúltagy illető pontjához, innen a n. facialis elválasztó idegágai útján a megfelelő nyálmirigyekhez. A gland. parotis elválasztó idegrostjai a n. auriculo-temporalisban mennek a mirigyhez; ez ideg igaz a trigeminus egyik ága, de az illető elválasztó rostok a n. glossopharyngeusból kerülnek oda (Loeb), ez abból következtethető, hogy a n. glossopharyngeus törzsének, vagy a r. tympanicus átmetszése után nem sikerül a száj nyákhártya izgatása által a parotisban nyálelválasztást megindítani. A n. glossopharyngeus ez elválasztó rostjai a r. tympanicusból mennek a n. facialishoz, ettől, a n. petrosus superficialis minoron és a gangl. oticumon át, a n. auriculo-temporalishoz.

10. és 11. *N. vagus és n. accessorius Willisii.* E két ideg physiologiailag összetartozik. Bár nincsenek egymással olyan viszonyban, mint valamely gerinczagyi ideg mellső és hátsó gyöke, a n. accessorius egy része mégis annyira össze van kötve a n. vagussal, hogy ezek működését legjobban együtt tárgyalhatjuk. A vagus a csüllőalakú árok alsó felében a vagusmagból 10—15 rosttal ered, a n. accessorius Willisii részben csak a nyúltagyból, részben pedig a nyakigerinczagyból az 5-ik és 6-ik nyakcsigolyának megfelelőleg a mellső és hátsó gyökök közt tér ki. A n. accessorius két gyöke közül a nyúltagyból eredő *belső*

gyök a n. vagus plexus ganglioformisa közelében ez utóbbi ideghez csatlakozik, úgy hogy ezentúl a n. vagusban, egyéb idegektől eredett kevés rosttól eltekintve, a központi idegrendszerből eredett vagus- és accessoriusrostok együtt, vegyesen haladnak. A vagus legtöbb mozgató idegrostjait, valamint a szívmozgást gátló idegrostokat is az accessoriusnak a vagushoz csatlakozott ágától veszi. Az accessoriusnak a gerinczagyból eredő *külső* gyöke, az első néha a második nyaki gerinczagy hátsó gyökétől nyer izomérző rostokat, különben pedig a m. sternocleidomastoïdeus és a m. trapezius mozgató idege.

A n. vagus- és a belső accessoriusnak, a vago-accessoriusnak, felette kiterjedt működése van. A következőkben e működéseket csak röviden vázoljuk, fenntartván ezek részletes tárgyalását arra az alkalomra, a mikor a megfelelő egyes szervek élettanával tüzetesen fogunk foglalkozni. A vago-accessorius centripetal és centrifugal irányban vezető idegrostokat tartalmaz; nyúlnál sikerül a két irányban vezető rostokat két részre választani, mely részek közül a külső a centripetal, nevezetesen a légzést szabályozó rostokat tartalmazza, míg a belső a centrifugal és pedig a szívgátló, a gége és a nyelőcső mozgató idegrostjait foglalja magában (Steiner).

A *centripetal* irányban vezető vago-accessorius rostok eredetileg mind vagusrostok. Ezek a pharynx, oesophagus és gyomor, valamint a tüdő, légcső, gége és szív érző idegrostjai, továbbá reflex utján befolynak a légzésre, vérnyomásra és a száj- s hasnyálmirigy elválasztó működésére.

A vago-accessoriusnak a plexus pharyngeus-, oesophageus- és gastricushoz menő idegágaiból erednek a megfelelő szervek érző idegei, melyek izgatása reflex útján, nyelés alatt a m. constric. pharyngist összehúzódásra indítják és kiváltják azokat a mozgásokat is, melyek a hányást okozzák. A gyomor érző ágai reflex utján a csuklást váltják ki, mely a gyomornyákhártyának elég erős izgatására, például hideg víz ivása miatt, áll be, mint a diaphragma hirtelen, gyors összehúzódása zárt hangrés mellett. A csuklás alatt a tüdőkben keletkező légritkulás miatt, a körlevegő a hangszalagokat áttöri s ez okozza a hangot, meg a megrázás érzetét.

A légutakban elterjedő érző vago-accessorius-ágak lényeges befolyással vannak a légzésre. A vagus átmetszése után a légvételek ritkábbak és mélyebbek lesznek. Az átmetszett n. vagus központi csonkjának izgatása a légzést a belégzési stadiumban szünteti meg (Rosenthal). A gége, a légcső és hörgök nyákhártyájának és a n. laryngeus superior-

nak direct izgatására, a hangrés záródik s köhögés áll be; a hangrés zárásán kívül tehát még kilégző mozgások is következnek be, melyek a hangrést áttörik. Köhögést okoz még a nyelv gyökének, valamint a hallójárat mélyebb részeinek izgatása is; e helyeket is a n. vagus látja el érző ágakkal, a mennyiben a nyelv gyöke tájára a n. laryngeus superiortól ideg megy, míg a hallójárat mély részeiben a r. auricularis nervi vagi végződik. A n. laryngeus superiornak vagy a n. vagusnak fent való izgatása megakasztja a légzést, söt reflex utján kilégzést vált ki.

Feltünő a *nervus depressornak* nevezett vagus-ág hatása is. Ez ideg nyúlnál a n. vagus- és n. laryngeus superiorból ered, egy-egy gyökkel s a. carotis mögött megy le, a gangl. stellatumtól ágakat nyer, melyeket a szívhez vezet (Ludwig és Cyon). Embernél a ramus cardiacus nervi laryngei a n. depressorral azonos (Ónodi). Ez ideg átmetszése, valamint környéki csonkjának izgatása teljesen hatástalannak bizonyúl, ellenben, ha központi csonkját izgatjuk, a vérnyomás az ütőerekben tetemesen alászáll. E csökkenéssel kezdetben szívmozgás-ritkulás is jár együtt, később a szív gyorsabban ver, a vérnyomás azonban az izgatás egész tartama alatt csökkent marad. A vérnyomás e kisebbedésének oka a véredények tágulása; és így fel kell tenni, hogy ez idegnek reflex utján, a nyúltagyban székelő véredényszükítő központra, gátló hatása van.

A gyomornyákhártya, valamint a vagus közvetlen izgatására is a szájnyál mirigyekből böven folyik a nyál, a hasnyálmirigyben ellenben minden elválasztás megakad, mihelyt az átmetszett n. vagus központi csonkját izgatjuk; a n. vagus tehát reflex utján a száj nyálmirigyeinek működését fokozza és a hasnyál elválasztását gátolja.

A *centrifugal* irányban vezető vago-accessorius rostok mozgató ágakkal látják el a garatot, nyelőcsövet, a gyomrot és beleket, valamint a gégét, légcsövet és hörgöket is, gátló ágakkal a szívet, és edénymozgató idegrostokkal a tüdőt és egyéb szerveket is.

A garat, nyelőcső, gyomor és belek mozgató vagusrostjai közül azok, melyek a m. levator palati mollist, a m. palatopharyngeust és azygos uvulaet, valamint a m. constrictor pharyngis superiort, mediust, inferiort és a nyelőcsövet ellátják, azok eredeti vagusrostok. Bizonyítják ezt a vagusgyök közvetlen izgatására bekövetkező mozgások. A gyomor és belek mozgató idegrostjai némelyek szerint az accessoriusból erednek (Schiff), de ha az accessoriust a koponyaürön belül átmetszük, az állatok nem csak nyelni képesek, hanem táplálkoznak is, sőt hosszabb időn át is életben tarthatók (Bernard), az ételek tehát nem csak a gyomorba, hanem ebből tovább is eljutnak, a

miből következtetnünk kell, hogy a gyomor mozgató rostjai szintén vagus-rostok. Ily kísérlet czéljából az accessoriust úgy metszük át, hogy a membrana obturatoriát keresztül szakítjuk és az ideget a nyultagyból való eredése helyén felkeressük (Bischoff), vagy úgy is, hogy az accessorius külső ágát a nyakon keressük fel a koponyaürből való kilépéseig követjük és ott kiszakítjuk, mi a n. vagus minden sértése nélkül megtörténhetik.

A gége, légcső és hörgök mozgató ágai a laryngeusokban haladnak a megfelelő izmokhoz. A n. laryngeus superior a m. cricothyreoideust látja el, a n. laryngeus inferior v. recurrens a légcső és gége izmait a m. cricothyreoideus kivételével. A hörgök és tüdők síma izomelemeinek mozgató idegágai a plexus pulmonalis anterior- és posteriorból származnak. A nn. laryngei superiores átmetszésére a műtett állat hangja mélyebb, érdesebb lesz, környéki csonkjának izgatására pedig a cricothyreoideusok összehúzódnak; minthogy ez az ideg a gége érző idegrostjait foglalja magában, természetes, hogy átmetszése a gégében érzéstelenséget von maga után. A nn. laryngei inferiores átmetszése folytán hangtalanság áll be, a hangszalagok igen közel állanak egymáshoz, a mi miatt kivált a belégzés igen meg van nehezítve. Ez idegek mozgató ágai az accessoriustól származnak, mert az accessorius átmetszésére vagy a foramen jugulare-ból való kiszakítására teljes hangtalanság következik be (Bischoff, Longet, Bernard). Míg azonban némelyek szerint a gége minden mozgató idege az accessoriusból ered (Bischoff, Longet, Heidenhain), addig Bernard szerint ez ideg különösen a hangadásnál szereplő izmokat idegzi be, míg a hangrést légzéskor nyitva tartó izmok a vagustól nyerik mozgató idegágaikat. Bernard tudniillik az accessoriusok kiszakítása után a különben hangtalan állat gégéjét, olyan nyitva találta, mint a hogy az a rendes belégzésnél lenni szokott; ellenben zárva volt a hangrés, hogyha a vagusokat a nyakon oly helyen metszette át, melyen az accessorius- és vagusrostok együtt haladnak. Míg tehát mások szerint az accessorius a gége hangképző és légző idege, addig az Bernard szerint csak a gége hangképző ága, a vagus ellenben a légzésnél kiválólag szereplő ideg.

A n. vagusnak a szívmozgásra való befolyása abban áll, hogy más idegeknek a szívet összehúzódásra indító izgalmát gyengíteni, sőt egy időre megakasztani tudja. A n. *vagus* tehát *a szív mozgásgátló idege*. Átmetszését, a kísérletnek eddig alávetett legtöbb állatnál, a szívlökések szaporodása követi, az átmetszett n. vagus környéki csonkjának izgatására pedig a szívlökések ritkulnak, sőt, ha az inger elegendő

erős volt, meg is szünnek és a szív elernyedt állapotban megáll. E mozgásgátló hatást accessoriusrostok közvetítik, mert ha valamely emlős állat mindkét n. accessoriusát kiszakítjuk, akkor a szívlökések úgy megszaporodnak, mintha csak a n. vagust átmetszettük volna a nyakon és ha az accessoriusok kiszakítása után mintegy három nappal, midőn a megfelelő rostok ingerlékenységüket már elvesztették, izgatjuk a vagust a nyakon, az izgatás a szívmozgásokra teljesen hatástalan marad (Waller, Heidenhain).

A mi végre a vagusban haladó *edénymozgató idegrostokat* illeti, tudjuk, hogy a n. laryngeus superiorban és inferiorban a gégébe, a vagusban a tüdőbe edénymozgató idegek mennek, melyek azonban a n. sympathicusból kerültek oda. Ezeken kívül vagusizgatásra vasomotoricus hatást észleltek a belekben és vesékben is.

A vagusok átmetszését a nyakon az állatok csak rövid ideig élik túl. Emlős állatoknál a vagusátmetszés következtében elhalt állat tüdejében, legtöbbször igen feltűnő változásokat lehet találni. Tüdőlob tünetei vannak jelen, melyek a tüdők nagy fokú vérbőségében, beszűrődésében és emphysemában állanak, ezen kívül a tüdő egyes helyeken összeesett, felhámja zavaros és duzzadt. A tüdőlob oka azon sokoldalú bénulás, melylyel a vagusok átmetszése jár (Traube). A vagusa bénult állat nem tudja a hangrést teljesen zárni, e miatt a légutakba nyál és ételrészek jutnak s itt mint lobokozók szerepelnek. Ha bár az emlős állatok a tüdőlob következtében látszanak elhalni, ez még sem lehet a halál egyedüli oka. Észleltek eseteket, melyekben a tüdőlob hiányzott és az állat még is elhalt, madaraknál és békáknál pedig egyáltalában nem szokott tüdőlob kifejlődni és az állatok még is elpusztulnak a vagusok átmetszése után. Békánál, mint tapasztaltam, a belek lenyelt levegővel telnek meg óriásilag, e levegőt az állat a vagusok bénulása miatt nem képes kiüríteni; mint itten a belek bénulása, úgy járul hozzá a halálos kimenetelhez, a vagus által különben fenntartott és szabályozott működés kimaradása vagy zavara egyéb szervben is.

12. *N. hypoglossus.* A csüllőalakú árok alsó részéből nagyobbrészt nagy sejtekből álló idegmagból ered s gyökrostokat kap az agytól esetleg még az olajkáktól is. Eredetileg tiszta mozgató ideg és mint ilyen a nyelv mozgató idege. A nyelven kivül ellátja még a m. geniohyoideust és thyreohyoideust; a m. omohyoideus, sternohyoideus és sternothyreoideus a n. hypoglossus gyökének izgatására alig húzódnak össze (Volkmann), ellenben, ha a nyakon izgatjuk ez ideget, az említett izmok erélyesen összehúzódnak, az itt szereplő mozgató ágak azért

nem is hypoglossuságak, hanem az első nyaki idegből jutnak a n. hypoglossusba (Lewin).

Ezeken kívül a n. hypoglossus izomérző ágakat is vezet, melyeket a nyakon a n. vagustól és trigeminustól nyer, valamint véredényszűkítő idegrostokat is visz a n. sympathicustól az általa mozgató rostokkal ellátott nyelvhez. Míg a n. hypoglossus gyökeinek izgatására vagy átmetszésére a fájdalomnak semmi jelét sem lehet látni, addig ez idegnek a szakcsont felett való izgatása vagy átmetszése igen fájdalmasnak bizonyúl. Az edénymozgató idegrostokat, illetőleg a nyelv edényei a n. hypoglossus és lingualis átmetszésére kitágúlnak, ellenben nem tágulnak ki, ha a n. hypoglossust vagy a n. lingualist egy magokban metszük át (Schiff).

A n. hypoglossus átmetszése vagy egyéb okból való bénulása legkönnyebben az által ismerhető fel, hogy a kinyújtott nyelv mindig a bénult oldal felé tér ki behúzás alatt pedig a nyelv hegye az ép oldal felé fordúl; a nyelv kinyújtásakor a m. genioglossus a nyelvet a bénult oldal felé húzza, visszahúzásakor pedig az ép oldal izmai maguk felé vonják a nyelv hegyét. Természetes, hogy hypoglossusbénulás alkalmával a falat megrágása és a nyelés nehezen megy, s embernél a beszéd is akadályozva van.

79. §. Együttérzőideg.

Együttérzőidegnek, n. sympathicus-nak, nevezik a boncztanban az idegrendszernek azt a részét, mely a gerinczoszlop mindkét oldalán, mint jobb és baloldali határfonal, vonul végig. Ez idegben aránytalanul több a halvány, Remak-féle idegrost, mint más idegekben és nevezetes, hogy benne dúczsejtek vannak, részint kisebb csoportokban felhalmozva, részint lefutása közben az idegrostok közt elszórva. A nyakon, közvetlenül a fej alatt, az együttérzőideg, számos agyideggel áll összeköttetésben, ezen alól pedig minden gerinczagyidegtől is kap idegágat. Igy a négy legmagasabb nyaki gerinczagyidegtől közlekedő ágak mennek a gangl. cervicale supremumba, az 5—6-ik gerinczagyidegtől a gangl. cervicale mediumba, a 7 és 8-iktól a gangl. cervicale infimumba, ezentúl pedig minden közlekedő gerinczagyi ág külön dúcz útján csatlakozik az együttérzőideghez. A közlekedő ágak útján a gerinczagyból a n. sympathicusba került idegrostok, valamint a dúczsejtekből eredő idegrostok is a nyakon, mellen és hasürben levő különböző szervekbe térnek be és ezek működésére vannak befolyással. Nevezetes, hogy mindazon működé-

sek, a melyeknek létrehozásában a n. sympathicusban haladó idegrostoknak részük van, akaratunknak nem állanak közvetlen befolyása alatt.

A n. sympathicusban haladó idegek működését illetőleg általánosságban csak azt jegyezzük meg, hogy az együttérző-idegrendszert nem lehet az agy-gerinczagyi idegrendszertől eltérő oly idegrendszernek tekinteni, melynek külön lenne feladata szervezetünk vegetativ működéseiről gondoskodni. A n. sympathicusban haladó agy-gerinczagyi idegrostok és az ezek közt levő dúczsejtek nyulványai, kiválóan a mell- és hasür zsigereibe mennek és ezeknek beidegzésére szolgálnak, csak úgy, mint a hogy a n. ischiadicusban a láb szerveihez, az izmokhoz, véredényekhez, a bőr érző végkészülékeihez és elválasztó mirigyeihez mennek a szükséges idegrostok. Arra a kérdésre, vajjon fel vagyunk-e jogosítva a n. sympathicusban előforduló dúczsejteket olyanoknak tekinteni, mint a melyekben izgalom fejlődik a központi idegrendszer minden hozzájárulása nélkül, s melyek azért a megfelelő szervet működésre indítani képesek, szóval e dúczsejtek központi működéssel biró szerveknek tekintendők-e? igennel kell felelnünk. E mellett bizonyít a központi idegrendszerrel való minden összeköttetésből kizárt, kimetszett, vértelen szív. A kimetszett szív folytatja lüktetéseit míg el nem hal. A béka kimetszett szive így több órán át, a tekenős békaé 1—2 napig is ellüktet. E szivek megszünnek lüktetni, mihelyt a bennök levő idegdúczokat kimetszük. Hasonlóképen tudjuk azt is, hogy a kimetszett bél is összehúzódik, és hogy falában a két izomréteg közt szintén dúczsejtek vannak. Mindez azonban nem jogosít fel arra, hogy a n. sympathicust valamely az agy-gerinczagyi idegrendszertől különálló idegrendszernek tekintsük, mert minden működése és így a példaképen említett szívlüktetés vagy bélmozgás is, a központi idegrendszer befolyása alatt áll, sőt gyakran csak ez idegrendszernek a n. sympathicusban haladó centripetal és centrifugal irányban vezető rostjai közvetítik e működéseket.

A *nyaki sympathicus* átmetszésére a szem pupillája szűkül, izgatására pedig kitágúl, itt tehát a szivárványhártya *látóliktágító* izmát beidegző rostok haladnak. Ezen kívül a n. sympathicus átmetszésekor a szem keveset a szemgödörbe visszatér, izgatásakor pedig előbbre lép. Ezt a fissura orbitalis inferiort áthidaló Müller H. által felfedezett síma izomsejtekből álló egyetlen izom okozza, melyet a n. sympathicus mozgató rostokkal lát el. Ezen kívül a szemhéjak belső oldalán függélyes irányban haladó izomsejtek is vannak, melyek összehúzódásuk által a szemrést segítik tágítani; ezeket is a n. sympathicus idegzi be.

Ezen idegrostok mind, gerinczagyideg útján jutnak a sympathicusba s henne haladnak a fejfelé (lásd a 389. lapot).

A nyaki sympathicus *edénymozgató* idegeket is vezet. Átmetszésére az agy és agyburkok, az arcz, szivárványhártya és kötőhártya, a garat, gége és paiszmirigy edényei kitágulnak; izgatására mindezek szűkülnek. Az edénymozgató idegek is mind a gerinczagynak alsó nyaki és felső melli részéből erednek. Ez idegekben rostok vannak, melyeknek izgatására a száj nyálmirigyeinek edényei is összehúzódnak és olyan idegrostok is, melyeknek izgalmai az állalatti és nyelvalatti mirigyet indítják nagyobb elválasztásra. Az edénymozgató idegeken kivül a nyaki sympathicus tehát *elválasztó rostokat* is tartalmaz. Vajjon az elválasztó rostok szintén a gerinczagytól jutottak-e a sympathicusba, ez még nincsen kimutatva.

Végre a ganglion cervicale infimum és a gangl. dorsale primumtól még a szívhez is mennek idegágak, melyeknek izgatására a szívlökések szaporábbak lesznek. Ezek, a *szívmozgásokat siettető* rostok, a gerinczagyból származnak.

A *háti sympathicushoz* tartozó *plexus cardiacust* a vagus-, depressor- és sympathicusból eredő rostok alkotják; az utóbbiak azonban szintén mind a gerinczagyból látszanak eredni.

A *n. splanchnicusban* a gerinczagyból eredő edénymozgató idegrostok mennek a haszsigerek, a bélfodor, a vena porta és a vese edényeihez, a splanchnicus átmetszésére mindezen szervek edényei kitágúlnak, környéki csonkjának izgatására pedig megszűkülnek. Ez idegben rostok haladnak, melyek izgatása fájdalmat, esetleg reflex utján szívmozgásritkulást eredményez, de mindezt csak akkor, ha a n. splanchnicus összeköttetésben van a gerinczagygyal. Ezeken kivül a n. splanchnicus, izgalma a bélmozgásokat megakasztja, hogy ha a bélfalban élénk piros, ütőeres vér kering, és fokozza, ha e vér visszeres; a megfelelő idegrostok szintén a háti gerinczagyból erednek.

A *hasi sympathicus* nagy idegkötegeinek a *plexus coeliacus* és *mesentericus* kiirtása, úgy látszik állandó zavart nem okoz sem a vérkeringésben, sem az állat tápláltatásában, sem ennek el- és kiválasztásaiban (Adrian, Lamansky). Erős kiválasztást és hasmenést észlelt az említett idegkötegek kiirtása után Budge, melyet a véredénymozgató idegeknek ez átmetszés által történt bénulása okozhatott. A Lamansky által műtett kutya, a plexus cœliacus teljes kiirtása után, nagyon elsoványodott ugyan, de nehány hét mulva ismét annyira összeszedte magát, hogy egészséges állattól nem volt megkülönböztethető. Ugyan-

csak a hasi sympathicusban mozgató és edénymozgató idegek haladnak a méhhez, az ondóvezetőkhez, az ondóhólyagcsákhoz, valamint a húgyhólyaghoz és talán a húgyvezetékekhez is. Mind e szervekhez menő idegek izgatása mozgást és a véredények szűkülését okozza. A megfelelő idegrostok is a gerinczagyból kerülnek a n. sympathicus illető kötegébe.

FŐBB FORRÁSOK.

Longet, Anat. u. Physiologie des Nervensystems. Leipzig. 1847—1849.
Wagner, Handwörterbuch d. Physiologie. II. k. 1850.
Schiff M., Lehrbuch d. Physiologie des Menschen. 1859.
Herrman L., Handbuch d. Physiologie des Nervensystems. II. k. I. r. 1879.
Högyes E., Az associált szemmozgások idegmechanismusáról. Akad. értekezések. X. k. 18. szám. 1881.
Eckhard, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie. 1863., 1870.
Studien des physiol. Instituts zu Breslau. 1865.
Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre. 1862.
Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1840, 1844, 1876—78., 1882.
Archiv f. d. gesammt. Physiologie. 1870, 1874, 1883, 1885.
Centralblatt f. d. medic. Wissenschaften. 1867.
Orvosi Hetilap. 1876.
Kolozsvári orvostermészettudományi értesítő. 1879.
Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 3 Abth. 1872, 1873, 1876—1877.
Henle-Meissner, Berichte über die Fortschritte stb. 1856—1871.
Hofmann-Schwalbe, Jahresberichte stb. 1872—1883.

4. A központi idegrendszer élettana.

80. §. Átnézet.

A központi idegrendszerre nézve szövettani tekintetben legjellemzőbb az, hogy benne idegrostokon kívül idegsejtek is vannak. Az idegsejteknek tulajdonítjuk á képességet, hogy a bennök végződő idegrostok útján nyert benyomásokat felfogják, az automatice bennök támadt izgalmat tőlük kiinduló idegrostokon tovább indítják, valamint hogy a centripetal irányban vezető idegrostokban hozzájok érkezett idegizgalmat centrifugal idegek útján valamely környéki szerv felé átterjesztik. E működésben munka elosztás is van. A sejtek egy része kiválóan az érző ideg útján nyert külső benyomásokat fogja fel, és hozza öntuda-

tunkra, más sejteknél különösen az automaticus működés van előtérben, végre pedig vannak sejtek, melyekben leginkább az úgynevezett reflex-működések folynak le. Az idegsejteket ezek szerint elemi központoknak tekintjük. Erre az a tapasztalat jogosít fel, hogy a központi idegrendszer idegsejteket alig tartalmazó fehér állománya csak izgalom vezető és hogy a központi idegrendszer valamely idegsejtekben dús részének kiirtására a szervezet bizonyos működései zavart szenvednek vagy egészen ki is maradnak. A szívben, belekben és egyéb szervekben, melyek a testből kimetszve is folytatják működésüket, szintén vannak idegsejtek. Azonban midőn a központi idegrendszer életműködésénél a főszerepet az idegsejteknek tulajdonítjuk, be kell ismernünk azt is, hogy az egyes dúczsejtek szerepét külön-külön még távolról sem ismerjük; valamint nem szabad elfelejtenünk azt sem, hogy valamint minden elemi szervezet, például az amoeba, ingerlékeny és e miatt magának automaticus középpontja is, úgy vannak másfelől az ember összetettebb szervezetében az idegsejteken kívül kisebb-nagyobb ingerlékenységgel biró sejtek, ilyenek például a fehérvérsejtek, a csillószőrnyulványokkal ellátott hámsejtek, a sima izomsejtek és a haránteső izomrostok véglemezei, melyeknek részben nincsenek külön idegközpontjaik.

A mondottak szerint a központi idegrendszer működései az izgalom vezetésen kívül: az *átterjedő* vagy *reflectoricus*, az *önindító* vagy *automaticus* és a *lelki* vagy *psychicus* működésekből állanak.

A *reflex-működések* úgy jönnek létre, hogy valamely centripetal ideg, végkészülékének izgatása által, izgalomba jut s ez izgalmát valamely központi idegsejthez vagy idegsejtcsoporthoz vezeti, melytől az izgalom centrifugal irányban haladó idegrostra s ettől az idegrosttal összefüggő végkészülékre, izomra, mirigyre stb. kerül, és ezt működésre indítja. A központi idegrendszer lényeges szerepe a reflexműködéseknél tehát abban áll, hogy a hozzá eljutott izgalom benne működést indít meg, mely egy vagy több centrifugal irányban vezető idegrostot izgalomba, a megfelelő végszervet pedig tevékenységbe hozza. Ez alatt az idegsejt a hozzá eljutott izgalmat nem egyszerűn csak centrifugal idegrostra terjeszti át, hanem az izgalom benne egyszersmind tetemesen meg is nagyobbodhatik. Egyetlen érző idegrost által a központhoz vezetett izgalom felette sok centrifugal ideg izgalmának lehet az oka és igen összetett működést indíthat meg reflex utján. A centripetal és centrifugal izgalom közt levő ez aránytalanságnak egy példája az az erős köhögés, mely a gégenyilás falának haj-

szállal való gyenge érintését szokta követni; ez esetben a nyákhártya gyöngéd érintése, mely a középpontban csak gyenge izgalmat okozhat, számos mozgató idegrostra átterjedő izgalom okozója, úgy annyira, hogy nem csak a légző izmok, hanem a test csaknem mindannyi izma is működésbe jut.

Önindító működésnek nevezzük a központi idegrendszertől kiinduló olyan izgalmat, mely abban minden külső behatás hozzájárulása nélkül, tehát mintegy magától támad. Ilyenek azok az izommozgások, melyek a légzést fenntartják, ide tartoznak a szívmozgások, a véredényeknek bizonyos fokú állandó összehúzódása és hasonlók. Az önindító működések nagyobb részt időszakosak, még ott is a hol állandón jelen lenni látszanak; ezt bizonyítja az összehúzódó izmon hallható hang és a másodlagos rángás. Fel lehet tenni, miszerint az idegsejtekben esetleg egyenletesen fejlődő izgalomnak bizonyos magas fokot kell elérni arra, hogy a megfelelő szervben működést gerjeszteni, az illető izmot például összehúzódásra indítani legyen képes. De nem lehetetlen az sem, hogy maga az izgalom az idegsejtben nem egyenletesen fejlődik, hanem explosiv módon és innen lehet az önindító működéseknek időszakossága. Az önindító hatások nagy részére különben reflex-működések is gyakorolnak befolyást. Igy a légzőmozgások, a szívműködés, a véredények összehúzódásának foka, sőt az izomtonus is reflex útján tetemes változást szenvednek. Ezeken kívül némely önindító működés fokozó, esetleg siettető, vagy gátló illetőleg lassító idegek befolyása alatt is áll.

Végre *lelki működések* mindazok, melyek öntudatos érzésekben és az akaratban nyilvánulnak. Azt tartjuk, hogy ezeket is az idegsejtek közvetítik, mert bár a lelki működéseknek az idegsejtekben való keletkezését bebizonyítani nem is tudjuk, tény, hogy egyes idegsejtekben bővelkedő agyrészek eltávolításával bizonyos lelki működések megsemmisülnek.

Mind ezen működések csak úgy jöhetnek létre, hogy a megfelelő idegsejtekben változások történnek, melyek által a sejtprotoplasma szerves alkatrészeinek szétesése alatt actualis erély szabadúl fel. Csak ha felteszszük azt, hogy a centripetal idegrost utján az idegsejthez eljutott izgalom e sejtben tetemesen fokozódik erőfelszabadítás által, tudjuk érteni a reflex-mozgásoknál tapasztalható tüneteket. Az idegsejtekben lefolyó vegyi folyamat valószínűleg igen hasonlít az izmokban összehúzódás közben észlelt vegyi változásokhoz, bár be kell ismernünk, hogy az egész folyamatról alig van némi sejtelmünk. A sejt vegyalkatára az agy szürke állományának vegyelemzéséből vonunk következtetést.

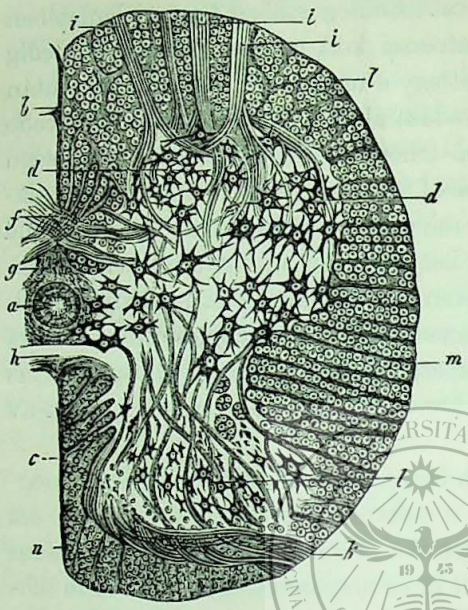
E tekintetben nevezetes, hogy a szürke állomány vegyhatása savi, holott a fehér állomány vegyhatása közömbös vagy alkalikus szokott lenni és csak működés közben lesz savanyú. A szürke állomány savi vegyhatásának oka valószínűleg szabad tejsav jelenlétében van (Gscheidlen). Az agy alkatrészei közt találtak fehérjét és pedig kalialbumint, globulint, valamint egy a myosinhez hasonló, halál után megalvadó fehérjét, mely megalvadása által az elhalt agy keményebb összeállását okozza. Ez utóbbi fehérjenemű test közép tömörségü konyhasóoldatban oldható, oldatából több konyhasó hozzáadására valamint, vízzel higítva kiválik; mind e sajátságaiban a myosinnel egyezik meg. Az albuminoidok közül ki van mutatva a nuclein, lecithin és protagon jelenléte. Ezeken kivül találtak az agyban glutint, cerebrint, xanthint, kreatint, húgysavat, zsírokat, cholesterint, inositet és tejsavat; a szervetlen alkatrészek között vannak phosphorsavas alkaliák és mész, kénsavas alkali, konyhasó, magnesia, vaséleg, kovasav és víz (81.5%).

A következőkben a központi idegrendszer élettanával fogunk megismerkedni annyira, a mennyire e szervek működésének ismerete azt megengedi. Figyelembe fogjuk venni a gerinczagy és az agy boncztani kivált pedig szövettani szerkezetét és ez alapon az egyes részek működését is azon irányokban, melyeket a fennebbiekben kijelöltünk.

81. §. A gerinczagy szövetszerkezete.

A gerinczagy a központi idegrendszernek a gerinczcsatornában elhelyezett része. Gerinczagy-keresztmetszeteken szabad szemmel már meg lehet különböztetni a *fehérállományt* a *szürkeállománytól* és ez utóbbiban a gerinczagy hengerhámmal kibélelt *központi csatornáját*, a canalis centralis medullæ spinalist, mely utóbbi a calamus scriptoriustól kezdve az egész gerinczagyon terjed végig. A fehérállomány a gerinczagy külső, a szürke annak belső részét foglalja el. Elől úgy, mint hátul keskeny hosszbarázda, *fissura longitudinalis anterior* és *posterior*, két egyenlő részre osztja a gerinczagy fehérállományát. A két félt aránylag keskeny gerinczagyállomány tartja össze. Ezeken kívül a fehérállomány minden oldalán a gerinczagyi gyökök kijöveteli helyének megfelelőleg még két sekély barázdát lehet látni, *a sulcus lateralis anterior*t és *posterior*t. E barázdák alapján megkülönböztetünk a gerinczagy mindkét fele fehérállományán három köteget, úgymint: a *mellső-*, *oldalsó-* és *hátsó-köteget* (100. ábra *l, m, n*). A hátsó-köteget sekély mé-

lyedés, a *sulcus intermedius posterior* még két részre osztja. A két rész közül a belsőt, a fissura longt. posterior két oldalán levő keskenyebbet Goll-féle *kötegnek* vagy funiculus gracilis-nek, a külsőt Burdach-féle *ikkötegnek* vagy funiculus cuneatusnak nevezik. A szürkeállomány H alakban a gerinczagy közepét foglalja el. A gerinczagy két felét összekötő állomány közepén van a középponti csatorna, az ez előtt levő gerinczállományt *mellső ereszténeknek* vagy comissura anteriornak, a mögötte levőt *hátsó ereszténeknek* vagy comissura posteriornak mondjuk. A mellső ereszték szürkeállománya előtt keskeny fehérállományú rész is van, ez a *mellső fehér* ereszték. A gerinczagy mellső szürkeállományának az ereszték két oldala mellett előre nyúló részei: a *mellső szarvak*; hátrafelé eső részei: a *hátsó szarvak*. A mellső szarvak általában szélesebbek és erősebbek a hátsóknál.



100. ábra. Keresztmetszet a gerinczagy alsó részéből: *a* központi csatorna; *b* fissura longt. anterior; *c* fissura longt. posterior; *d* mellső szarv nagy dúczsejtekkel; *e* hátsó szarv kisebb dúczsejtekkel; *f* mellső vagy fehér ereszték; *g* támasztó szövet a központi csatorna közelében; *h* hátsó vagy szürke ereszték; *i* a mellső *k* a hátsó gerinczagyi gyök; *l* mellső, *m* oldalsó és *n* hátsó gerinczagyi köteg (Deitets szerint).

Egyébiránt a mellső és hátsó szarvak nagysága és alakja a gerinczagy különböző helyein különböző. Az ereszténekkel egy irányban van még a mellső szarvak külső oldalán az oldal-kötegbe benyúló egy-egy kis *oldalszarv* s közvetlenül e megett a *processus reticularis*, mely már a hátsó szarvakhoz tartozik. Megjegyzendő még, hogy a hátsó szarvak alapja keskeny, miért is *nyaknak* vagy cervix nevezik, erre következik a szarv legvastagabb része a *feje*, caput, és végre a hátsó oldalbarázdába benyuló *hegye*, apex.

A gerinczagy mind e részeinek lényeges alkató részei a kötőanyagba helyezett idegrostok és idegsejtek.

A kötőanyag a lágy agyburokból kiinduló kötőszövetből áll, mely

az edények kiséretében a gerinczagyba hatol és a fehérállomány vázát alkotja. A szürkeállományban, valamint a fehérállomány kötőszövetkötegei közt van a központi idegrendszerre nézve jellemző *támasztó szövet* vagy *neuroglia*. Puha egynemű anyag, mely az egyes idegelemek közti közöket kitölti. Keményítve, például chromsavas kalival, finom hálózatokban alvad meg. Ezen ragasztóanyag képen szereplő támasztó szövetben még lapos, egyenetlen szélű, maggal bíró sejtek vannak. A hátsó szarvak hátsó része kocsonyaszerűen néz ki és *substantia gelatinosa* nevet visel; úgy ebben, mint az agy és gerinczagy külső felületén finom hálózatot alkotó kötőszövet van. A kötőszöveti rostokat finom idegrostoktól, valamint a kötőszövetsejteket is az idegsejtektől nem ritkán igen nehéz megkülönböztetni. Sőt szövetfejlődéstani alapon a direct összefüggés az ideg- és kötőszövet közt valószínűnek mondható és nem lehet tagadni, hogy vannak átmeneti alakok az ideg- és kötőszövetsejtek közt (Stricker és Unger).

A gerinczagy *fehérállományát* olyan velőtartalmú idegrostok alkotják, melyeken a Schwann-féle hüvely hiányzik. E rostok részint a gerinczagy hosszában terjednek el, részint ez irányra függélyesen vagy ferdén haladnak. Az idegrostokat a kötőszövet kisebb nagyobb csoportokba rendezi, mely csoportokban gerinczagy-keresztmetszeteken az átmetszett tengelyfonalakat jól lehet látni.

A *szürkeállományban* idegrostok és idegsejtek vannak. Az idegrostok sokszorosan elágazódnak és vagy csak keresztül mennek a szürkeállományon vagy elágazódásuk közben velőshüvelyüket elvesztik és felette finom idegrosthálózatot alkotnak, mely hálózatnak szálai az idegsejtek elágazódó nyulványaival függenek össze. Az idegsejtek a *mellső szarvakban* sok nyulványúak, nagyok, protoplasmájuk finoman szemcsézett és gyengén vonalzott (lásd az 5. ábra *D*-t). Nyulványaik közül a tengelyfonalnyulványok a mellső gerinczagyi gyökbe mennek át, míg protoplasmanyulványaik a szürke állományban sűrű hálózatot alkotnak (Gerlach-féle *ideghálózat*). A legtöbb idegsejt a mellső szarvak csúcsán, valamint a szarv belső és külső szélén van. A *hátsó szarvakban* foglalt soknyulványú idegsejtek kisebbek, kevesebb nyulványuk is van, mint a mellső szarvak idegsejtjeinek. E nyulványok közt is meg lehet különböztetni egy osztatlan a hátsó gerinczagyi gyökbe folytatodó nyulványt és több protoplasmanyulványt; meg kell azonban jegyeznünk azt, hogy némelyek szerint a tengelyfonalnyulvány a legtöbb sejtben hiányzik (Gerlach). A gerinczagy nyaki duzzanatától le az ágyéki duzzanatig, a hátsó eresztéközé-

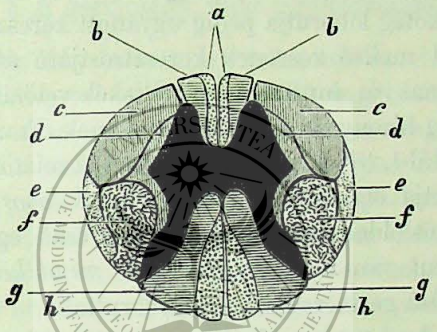
lében, a dúczsejtek egy különálló csoportot, a CLARKE-féle *oszlopot* képezik.

A mi a gerinczagy említett részeinek egymásközti és a gerinczagyi gyökökkel való összefüggését illeti, azt tudjuk, hogy a gerinczagyba betérő gyökök csaknem minden rostja megszakítást szenved a gerinczagy idegsejtjeiben, melyektől azután az agyhoz vezető idegrostok indúlnak ki. Ennek megfelelőleg a gerinczagy alulról felfelé mind vastagabb lesz, legvastagabb ott, a hol erős ideggyökök térnek be beléje, tehát a nyaki és ágyéki duzzanaton.

A mellső gerinczagyi gyökök, midőn a gerinczagyba, illetőleg a mellső kötegek fehérállományába betérnek több pamatra esnek szét és így szétesve egyenesen a szürke állomány mellső szarvaiba térnek, hol a sejtek körül és között sűrű hálózatot képeznek és végre különkülön, soknyulványú idegsejt protoplasmanyulványaként, végződnek. Békán tett vizsgálatok a gyökökben foglalt rostok és az idegsejtek száma közt annyira megegyező eredményhez vezettek, hogy a mellső ideggyök mindegyik rostjának külön végződése egy nagy idegsejtben minden kétségen kívül áll (BIRGE). Megerősítették ezt különösen még a gerinczagy izgatásakor tett azon tapasztalatok is, hogy az izmok a gerinczagy izgatása után jóval később húzódnak össze, mint az ideg direct izgatására szoktak összehúzódni (GAD). A hátsó gyökök a hátsó szarvak felé tartanak s oldalsó és középső részre oszlanak fel. Az oldalsó rész rostjai, hol egyenesen térnek be a hátsó szarvak szürkeállományába, hol pedig a hátsó szarvak feje mellett mennek felfelé, hogy később szintén a szürkeállományba behatoljanak; a középső rész rostjai a hátsó gerinczagyi köteg oldalsó részében kissé fel és lefelé haladnak s ezután a hátsó szarvakba térnek be; a rostok egy része egyébiránt a hátsó fehér-kötegben marad és nem megy a szürkeállományba. A hátsó gyököknek a szürke állományba jutott rostjai itt sűrű hálózatot, a GERLACH-féle ideghálózatot képezik, melytől rostok mennek át, a hátsó eresztéken át, a gerinczagy tulsó oldalára is. E rostok egyenes átmenetét idegsejtekbe még nem sikerült látni, legalább nem embernél és a magasabb gerinczeseknél, a legtöbb vizsgáló azért hajlandó feltenni, hogy a gyökrostok a rosthálózatba átmennek és hogy az idegsejtekkel ez áll összeköttetésben (GERLACH). Alsó rendű állatok (petromyzon és proteus anguineus) gerinczagya hátsó gyökrostjainak egyenes összefüggése azonban a hátsó szarvak idegsejtjeivel ki van mutatva. A mellső szarvak protoplasmanyulványainak finom hálózata a hátsó szarvak ideghálózatával áll összeköttetésben,

a mi által a hátsó gyökök érző rostjai a mellső gyökök mozgató rostjaival vannak összekapcsolva. És, valamint a finom ideghálózat szürkeállományú szomszéd részeket köt össze egymással, szint úgy e hálózatból is új idegrostok erednek, melyek a fehérállományban vezetnek leginkább az agy felé. Ennek megfelelőleg a szürkeállományból kitérő rostokat lehet látni, melyek a fehérállományba térnek és ennek kötegeit alkotják. Feladatunk most még ez idegrostokat a gerinczagyi kötegekbe és azután ezekben az agy felé követni.

A szürkeállomány mellső szarvainak belső oldaláról rostok erednek, melyek a fehéreresztéken át a tulsó oldalra mennek és itt a mellső gerinczagyi kötegben haladnak felfelé; e kereszteződő rostok valószínű-



101. ábra. Ember nyaki gerinczagyának keresztmetszete: *a* a mellső gerinczagyi köteg loborútja; *b* mellső alapköteg; *c* és *d* oldalköteg-maradékok; *e* a kisagy oldalköteg-útja; *f* az oldalköteg loborútja; *g* BURDACH-féle ikköteg; *h* GOLL-féle köteg (FLECHSIG szerint).

leg az oldalkötegből kerülnek a szürke állományba és egyik oldal oldalkötegéből, a másik oldal mellsőkötegébe áttérő rostokból állanak. A mellső szarvak külső oldala idegrosthálózatából eredő rostok a megfelelő oldali oldalkötegbe lépnek. A CLARKE-féle oszlopból kiinduló rostok oldalt a szürke állományon és az oldalkötegek legnagyobb részén mennek át, hogy az utóbbiak környéki részeképen az agyfelé hatoljanak; e rostok a CLARKE-féle oszlopok sejtjei tengelyfonalnyulványának egyenes folytatásai.

A gerinczagy fehérállományában a rostok, FLECHSIG emberébrényeken tett tanulmányai szerint, több rostrendszerben mennek az agy felé. Igy a mellső köteg mindegyikében két ilyen rostrendszer van. Az egyik a fissura longit. anteriort határolja (101. ábra *a*), ez a *mellső gerinczagyi köteg loborutja*, a második a mellső köteg többi részét magába foglaló *mellső alapköteg* (*b*). Az oldalkötegekben három-három

ilyen rostrendszert különböztethetünk meg úgymint: az *oldalköteg-maradékot* (*c* és *d*), a *kisagy oldalköteg-utját* (*e*) és az *oldalköteg loborutját* (*f*). Végre a hátsó kötegekben van a *hátsó alapköteg* vagy Burdach-féle *ikköteg* (*g*) és ezektől befelé, két oldalt a fissura longit. posteriortól, a Goll-féle *köteg* (*h*).

A két *loborut* a szürkeállomány mellső szarvaiból nyeri rostjait. Igen valószínű, hogy a mellső gerinczagyi köteg loborutja a fehér eresztékben kereszteződő rostokat tartalmazza, míg az oldalköteg loborutjában a mellső szarvak külső oldalából eredő rostok haladnak. E szerint a loborutak a mozgató gerinczagyi gyökök folytatásának tekintendők és kiválóan a végtagokhoz menő idegeknek gerinczagyi utjai. A mellső gerinczagyi köteg loborutja a nyúltagyban az azonos oldalon tér a loborba, az oldalköteg loborutja pedig ugyanott kereszteződik. Ezen túl a loborutak a hid mellső részének keresztrostjain át haladva az agykocsányokba jutnak és innen a nagy féltekék velőállományába, végre pedig az agykéreg bizonyos részeiben végződnek. Flechsig tapasztalatai szerint előfordúl 1. *teljes loborkereszteződés*, a mikor a mellső gerinczagyi köteg loborutja egészen hiányzik, 2. *egyik lobor félkereszteződése*, mely esetben a két oldalköteg-loborut mellett csak egy mellső gerinczagyi köteg loborut van meg, valamint 3. *mind két lobor félkereszteződése*, két mellső gerinczagyi köteg loboruttal.

A *mellső alapkötegben* kiválóan mellső gyökrostok térnek a gerinczagyba, ebben haladnak felfelé, hogy előbb-utóbb a szürkeállományba betérjenek. Épen úgy mennek az *oldalköteg maradékokban* is rövid utak, melyek különböző gerinczagyrészeket kötnek össze egymással, mint azt a gerinczagy átmetszését követő elfajulás igen rövid kitérjedése bizonyítja.

A *kisagy oldalköteg-utjai* végig mennek a gerinczagyon csak úgy mint a loborutak. Csak a gerinczagy nyaki és melli részében vannak meg. Ez utakban haladnak a Clarke-féle oszlop sejtjei tengelynyulványainak folytatásai. E rostok a nyúltagyban egyenesen a kötélképű testekbe, a corpora restiformia-ba és evvel a kisagyba jutnak. A gerinczagy átmetszésére e rostok felfelé, a nyúltagy felé fajúlnak el, miért is valószínű, hogy centripetal utak.

A Burdach-féle *ikköteg* és a Goll-féle *köteg* sok hátsó gerinczagyi gyökrostot és rövid utakat tartalmaznak. A hátsó gerinczagyi gyökök átmetszésére mindkét köteg elfajúl. A gerinczagy átmetszésekor az elfajulás felfelé halad, a mi e kötegek centripetal irányban való vezetése mellett bizonyít. Nevezetes, hogy ilyenkor közvetlenül a metszés felett

az egész hátsó gerinczagyi köteg el van fajúlva, míg fennebb az elfajulás mind kisebb térre szorúl és medial fekvő háromszögű alakot képez, hátrafelé tekintő alappal. Az elfajúlt rostok a hátsó gerinczagyi gyökök hátsó kötegekben maradt részének felelnek meg és minthogy, a gerinczagyátmetszést követő elfajulás szerint ítélve, felfelé mind inkább fogynak, fel kell tenni, hogy fennebb a szürkeállomány szarvaiba térnek. A hátsó gerinczagyi utak a nyúltagyban szürkeállományú góczokban, nevezetesen a nucleus funiculi cuneati-ban (Burdach) és a nucleus funiculi gracilis-ban (Goll) végződnek. Eddig szokott gerinczagyátmetszések után a hátsó kötegek elfajulása is terjedni.

82. §. A gerinczagy, mint izgalomvezető.

Az agyból kiinduló centrifugal, valamint az érző idegek végeinek izgatásakor centripetal irányban haladó izgalmakat, a gerinczagy vezeti tovább. Az út, melyen ez izgalmak a gerinczagyban haladnak, elég bonyolódott. A gerinczagy szövettani szerkezetének ismertetésekor láttuk, hogy a gerinczagy mellső gyökei a mellső szarvakban foglalt nagy sejtekben végződnek, a hátsó gyökök rostjait illetőleg pedig, mint legvalószínűbb, az tünt ki, hogy a gyökrostok a Gerlach-féle idegrosthálózatba mennek át, melynek szálai szintén idegsejtekkel állanak összefüggésben; a szürkeállomány idegsejtjeitől kiinduló protoplasmanyulványok által alkotott hálózatból végre idegrostok mennek a fehérállományú kötegekbe s ezekben az agyfelé. Mind ezek, valamint a reflexmozgások körül alább közlendő tapasztalatok is megegyeznek abban, hogy úgy a mozgató, mint az érző izgalmat vezető utak a gerinczagy szürkeállományán mennek keresztül.

Az izgalom útját a gerinczagyban közelebbről felismerni górcsői vizsgálat és kísérletek utján törekedtek a vizsgálók; kísérlet utján nevezetesen a gerinczagynak és részeinek átmetszését és izgatását követő tünetek megfigyelése által. Megfigyelték nevezetesen azt, vajjon a gerinczagy egyes részeinek izgatására, mely izmok húzódnak össze vagy állanak-e be fájdalom jelei, valamint megfigyelték a zavart, melyet a gerinczagy bizonyos részeinek átmetszése a mozgásokban vagy érzésekben okozott. Hozzájárúlt ezekhez még az is, hogy embereken előfordúlt gerinczagysértések és megbetegedések is szolgáltattak alkalmat az izgalom utjainak felismerésére.

A jelzett irányokban tett kísérletek alkalmából azonban mindenekelőtt eldöntendő volt az a kérdés, vajjon *maga a gerinczagy inger-*

lékeny-e, vagy talán a kötegeinek izgatásakor nyert mozgási és érzési tünetek csak onnan vannak, hogy az inger a gyökrostokra terjed át és ezeket izgatja, mi mellett a gerinczagy maga, lehet, hogy nem is ingerlékeny. Van Deen óta nevezetesen Schiff az, ki a gerinczagy úgy fehér, mint szürkeállományának ingerfogékonyságát villamos, erőművi és vegyi ingerek iránt tagadja; szerinte a gerinczagynak csak izgalom-vezetőképessége van s egyedül a gerinczagyi gyökök direct folytatását képező részei ingerlékenyek. Schiff azért mind azokat a gerinczagyi részeket, melyek érző izgalmat vezetnek *ästhesodikus*-oknak, azokat pedig, melyek mozgató impulsusokat vezetnek *kinesodikus*-oknak nevezi. Ma azonban már meglehetős bizonyossággal közvetlenül ingerlékenynek mondjuk a gerinczagyot. Dittmar házi nyulak gerinczagyát átmetszette s a központi csonkot két felé hasította úgy, hogy az egyik fél kiválóan a hátsó kötegeket, a második pedig a mellső-kötegeket, az oldal-kötegeket és a szürkeállomány legnagyobb részét foglalta magába. Hozzá még a mellső gyököket is átvágta és ezután a hátsó kötegektől elválasztott csonkot villamosan, valamint erőművileg is izgatta. Ez izgatásra a vérnyomás az a. carotisban emelkedett, jeléül annak, hogy a gerinczagyban bizonyos centripetal vezető utak kerültek izgalomba, ez izgalom a nyúltagyon át történt reflex útján okozta a véredények szükülését és ezáltal a vérnyomás emelkedését. Fick a békagerinczagy mellső kötegeinek izgatására a hátsó végtagokban mozgást látott beállani. Abterminal inducált áramok, mint Hering kimutatta, csak a keresztmetszet helyén izgatnak, Biedermann azért béka átmetszett gerinczagyán tett ilynemű kísérleteket és ezeknél hasonló eredményre jutott, mint Fick. Megemlíthetjük még, mint melyek a gerinczagy közvetlen ingerlékenységét bizonyítják, Gad vizsgálatait is. Gad lefejezett béka gerinczagyának felső részét izgatta, mire a hátsó végtagokban rángások következtek be. E rángások az izgatás után legalább ötször annyival később állottak be, mint a mennyi idő alatt az izgalom hasonló hosszú mozgató idegen végig halad. E körülmény azt mutatja, hogy az inger a gerinczagy mozgató útjait hozta izgalomba és nem magukat a gerinczagyi gyököket; az elkésés oka a gerinczagy szürkeállományában van.

A mozgató impulsusok utját illetőleg tett vizsgálatok közül megemlítjük, miszerint békán, ha a mellső fehér kötegek kivételével az egész gerinczagyat átmetszük, a metszés alatt levő gerinczagyi részek által ellátott testrészekben önkénytes mozgások még bekövetkeznek (Schiff). Hasonló észlelhető emlősökön is, melyeknél, a gerinczagynak ugyanolyan átmetszése után is, a nyúltagy izgatására azok a végtagok

mozogtak, melyek a gerinczagynak a metszés alatti részeiből nyerik idegeiket (Volkmann). Ellenben nem fájdalmas a mellső-kötegek átmetszése, valamint a központi metszésfelület izgatása sem; a környéki metszésfelület izgatására mozgások következtek be (Longet). A mozgató impulsusok tehát a mellső gerinczagyi kötegekben haladnak. Hogy olyanok az oldal-kötegekben is vannak az különösen Woroschiloff-nak házinyulon tett vizsgálataiból tünik ki. E vizsgálatok alatt, a mellső és hátsó fehér gerinczagyi kötegeknek az utolsó háti csigolya táján történt átmetszése után, az állat hátsó végtagjait még önkényt mozgathatta. Épen úgy kitünt, hogy az oldal-kötegek átmetszése után némely izom megbénul. Mind ezekhez járúlt még az a tapasztalat, hogy mozgató impulsusok a szürkeállományban is haladnak. Ezeken kívül a mozgató impulsusok utját illetőleg még a következő kisérleti tapasztalatokat sorolhatjuk fel: tengeri-malacz nyaki gerinczagyának féloldali átmetszése teljes hüdést okozott a metszés oldalán (Brown-Séquard); a háti gerinczagy féloldali átmetszése után a metszés oldalán némi mozgás lehetséges volt (Stilling); az ágyék táján történt féloldali átmetszésre az ugyanazon oldali végtagok teljesen hüdve lettek söt némileg még a túloldaliak is; embernél a gerinczagy féloldali átmetszése a nyakon, teljes hüdéshez vezetett a sértés oldalán, mi mellett a tulsó oldal szabadon mozgatható maradt: végre ha nyulakon a gerinczagyat az 5—6-ik nyakcsigolya táján hosszában két egyenlő részre választották, mind két oldalon tökéletlen hüdés következett be (Kempen). Megjegyezzük még, miszerint békánál a viszonyok némileg eltérők. Itt a gerinczagy féloldali átmetszése a calamus scriptorius alatt nem zavarja ezeket az önkénytes mozgásokat, épen úgy a gerinczagynak kétfelé hasítása sem. Itt nyilván minden oldalon az izgalomnak egy direct és egy a tulsó oldalon haladó indirect utja van.

Mindezek szerint és a 81. §-ban leirt szövettani vizsgálatok alapján mondhatjuk, hogy a mozgató impulsusok utjai az agytól, a mellső gerinczagyi gyökökhez a gerinczagy mindegyik oldalán a következőképen haladnak. Miután ugyanis a sugárkoszorún, a belső tok hátsó részének mellső két harmadán, az agykocsányon, a megfelelő oldali hídfélen és a nyúltagyon átmentek, a lobrokban kétfelé válanak; a mozgató rostok egy része tudniillik a tulsó oldalra lép és az *alsó lobor-kereszteződést* képezi, hogy azután, mint az oldalköteg loborútja, a gerinczagyon lefelé haladjon, a mozgató rostoknak második, rendesen kisebb része, ugyanazon az oldalon marad meg, nem kereszteződik és a gerinczagy mellső kötegében, mint ennek loborutja, terjed tovább.

Több mint valószínű, hogy a mellső gerinczagyi köteg loborutja később, a gerinczagy mellső fehér eresztékében, szintén kereszteződik. Ezt bizonyítják a teljes hűdés tünetei féloldali gerinczagyátmetszés után, melyet emlősállatoknál annál teljesebbnek találtak, minél közelebb a gerinczagyi gyök eredéshelyéhez történt az átmetszés. A gerinczagyban, mint tudjuk, e rostok előbb-utóbb a szürkeállomány mellső szarvába térnek be, s itt a Gerlach-féle ideghálózatban vesznek el, melytől sok nyulványú idegsejtbe, mint ennek protoplasmanyúlványai mennek át; az idegsejtek tengelyfonalnyúlványai pedig, mint mellső gerinczagyi gyökrostok, hagyják el a gerinczagyat.

A mi *az érző impulsusok utját* illeti kitünt, hogy a gerinczagy hátsó-kötegeinek átmetszése, a központi metszésfelület izgatása, fájdalom jeleivel járnak; továbbá az is, hogy a műtett állatnál a metszés alatti testrészek érzékenyek maradnak, ha a hátsó-kötegek kivételével az egész gerinczagyat átmetszük. Schiff az ez irányban tett vizsgálatai alkalmával azt találta, hogy midőn valamely házinyúl gerinczagyának egész szürkeállományát, valamint mellső- és oldalsó-kötegeit is a nyakon vagy gerinczagyon átvágta, és csak a hátsó-kötegeket hagyta meg, az állat a metszés mögött eső testrészek érintését megérezte, ellenben a különben fájdalmat okozó erélyesebb behatásokat nem vette észre. A hátsó lábak érintésére az állat fejét felkapta, mellső lábát mozgatta, de a hüvelykújj körmének nyomását, akár a csontokig beható metszést, fel sem vette. E tapasztalatok arra utalnak, hogy a tapintóérzések utjai a hátsó gerinczagyi kötegekben haladnak (lásd a 219—220. l.-t). — Az oldalköteg átmetszése azonban szintén élénk fájdalomnyilvánulásokkal jár. Woroschiloff vizsgálatainál a házinyúl érzékenysége csaknem teljesen megmaradt, midőn a gerinczagyat az utolsó háti csigolyának megfelelőleg átvágván az oldalkötegeket egyedül hagyta épen. Nyúlnál tehát a tapintóérzések utjai, a gerinczagy ágyéki részében az oldalkötegekben haladnak s csak fennebb jutnak a hátsó kötegekbe. — A gerinczagy szürkeállományát illetőleg, emlősöknél a hátsó szarvak ingerlésére az érzés minden jelei előtünnek. Ha békán a gerinczagyat a harmadik nyakcsigolya táján úgy metszük át, hogy csak a mellső-kötegek és a szürkeállomány maradnak meg, akkor a hátsó végtagok izgatására a mellsőkben önkényteseknek látszó mozgások következnek be: a gerinczagy szürkeállománya tehát az érző impulsusokat vezeti. Emlősállatok gerinczagyának féloldali átmetszése után, a metszés alatti gerinczagyfél által ellátott testrészek, az átmetszés oldalán érzékenyek maradnak.

Embernél is a metszés oldalán némi érzést észleltek, míg az ép oldalon teljes volt a hűdés; azonban nem bizonyos, nem volt-e az illető egyénnél mind két hátsó gerinczagyi köteg átvágva. Ha a gerinczagyat közepén vezetett hosszmetszéssel kétfelé hasítjuk, akkor békánál mind két oldalon megmarad az érzés, emlősállatoknál Brown-Séquard szerint, elvész. Ezek szerint az érző utak emlősállatoknál a gerinczagyban kereszteződnének.

A hátsó gerinczagyi gyökökbe betérő érző utak részint egyenesen részint a Burdach-féle ikkötegen át jutnak el a szürkeállomány hátsó szarvaiba. Itt a Gerlach-féle rosthálózatba mennek s ez útján, úgy tetszik mindannyian, idegsejtekkel függnek össze. A hálózatból, valószínűleg az idegsejtek protoplasmanyulványaiból, rostok erednek, melyek némelyek szerint legnagyobb részben vagy talán egészen is, a gerinczagy hátsó eresztékén át a túlsó oldalra térnek és ennek fehér kötegeiben az agy felé haladnak, Flechsig szerint pedig, legalább embernél, a megfelelő oldal hátsó-kötegeit alkotják. A lábakból jövő érző idegek a Goll-féle kötegekben, a kezekből eredők leginkább a Burdach-féle ikkötegben mennek a nyúltagy felé. A gerinczagy felső végén úgy a Goll- mint a Burdach-féle kötegek rostjai szürkeállományú góczokba ereszkednek, a nucleus funiculi gracilis- és cuneati-ba. Bizonytalan vajjon a hátsó-kötegek rostjai mind az ama góczokban levő sejtekkel függnek-e össze. Innen felfelé haladva az érző utak a *felső loborkereszteződést* (Flechsig) alkotják. Ettől a rostok a nagy olajkák és lobrok közt feljebb mennek. A Burdach-féle ikköteg rostjainak egy része a nagy olajkák között halad s ott az *olajkák közti* réteget alkotja, egy másik része e rostoknak az azonos és a túloldali formatio reticülarisba hatol be. A nyúltagyból a rostok a hidon, az agykocsányon és a belső tok hátsó részének hátsó harmadán át a féltekék érző részeihez jutnak el.

Végül meg kell még emlékeznünk arról, hogy kivált a gerinczagy hátsó-kötegeinek átmetszését a sértés oldalán fokozódott érzékenység — *hyperästhesia* — követi. Ilyenkor csekély érintés erős reflexmozgásokkal jár, mintha már ez is fájdalmas behatás volna. Nyulak hátsó lábujjaik érintésére, felsikóltanak. Ama fennebb említett embernél is ugyanazt észlelték, a mennyiben a sértett oldalon a nyomás, hideg, ütés szúró fájdalmakat okozott, míg a túlsó oldalon az ingerek behatását az egyén észre sem vette; az érintést egyáltalában egyik oldalon sem érezte meg.

Ezeknek megfelelőleg a mellső-kötegek, vagy a gerinczagy fél-

illetőleg teljes átmetszését is, gyakran görcsök követik, a mi *hyperkinesia* jelenlétére mutat. Igen valószínű, hogy e tünemények mind a gerinczagynak az átmetszés által okozott fokozódott ingerlékenységének az eredményei.

83. §. A gerinczagy, mint reflexműködések központja.

A reflextüneményeket az akarat befolyása nélkül történő olyan működéseknek ismerjük, melyeket valamely centripetal irányban vezető idegnek vagy végkészülékének izgatása centrifugal ideg által ellátott szervben megindít. Minthogy különböző működéseket közvetítő centrifugal idegek vannak, nevezetesen mozgató, elválasztó és gátló idegek, a centripetal idegek izgalma pedig mind ezekre átterjedhet, megkülönböztetünk *reflex-mozgást, elválasztást* és *gátlást*. Ezek közül a reflex-mozgás van legjobban átvizsgálva. Tárgyalásaink közben reflextünemények példáival már több ízben találkoztunk. Ilyen volt a pupilla szűkülése, a fénynek a szembe való behatása alatt; ilyen a tüsszentés, mely az orrnyákhártya érző idegeinek izgatását követi, vagy a köhögés, mely a gége izgatását követni szokta; reflexmozgás az is, ha váratlanúl csiklandoztatva az illető végtagot hirtelen elkapjuk, és számos hasonló tünemény.

A reflexmozgások körüli viszonyok pontos tanulmányozása czéljából az öntudatosan véghez vitt mozgásokat ki kell zárni, mi néha nem csekély nehézséggel jár; azért leghelyesebb állatokon és emberen az akarat befolyását egészen lehetetlenné tenni, a mire több eljárás van rendelkezésünk alatt. Egy ilyen eljárás a bódító szerek használása, melyek az akarat befolyását csökkentik vagy egészen meg is szüntetik. Ide tartoznak a chloroform, æther, opium, morphium és hasonló szerek. E szerek használatának csak az a hátránya, hogy magát a reflexingerlékenységet is megváltoztatják. Az öntudatos működés alvás közben is ki van zárva és a bántalmazásokra ilyenkor bekövetkező védő mozgások tiszta reflexmozgások. Embereknél különösen alkalmasnak bizonyúlt a reflexmozgások tanulmányozására a hypnoticus állapot (Högyes és Laufenauer). Minthogy a hypnoticus állapottal az agy élettanában még közelebbről foglalkozni fogunk, itt csak azt jegyezzük meg, hogy ez állapotban az agykéreg idegsejtjei legnagyobb valószínűséggel nem működnek, pedig e sejtek, mint látni fogjuk, az öntudatos működéseknek a székhelyei. Ki lehet zárni emlősállatokon az öntudatos működést az agy 4 üterének lekötése által is, mely eljárás azért szin-

tén alkalmas a reflexmozgások tanulmányozására. A legelterjedtebben használt eljárás végre a gerinczagy egyenes elválasztása a nyúltagytól, mi kivált hidegvérű állatokon, mint milyen például a béka, könnyen kivihető.

Az említett eljárások valamelyike szerint a kísérletre előkészített állat vagy ember érző idegeinek izgatására az általános idegingereket mind lehet használni, nevezetesen az erőmüvi, villamos, hőbeli és vegyi idegingereket; az egyes érzékszervek izgatására a megfelelő homolog ingerek használandók. Mind ez ingereknek bizonyos sebességgel és erélylyel kell behatni, hogy reflexet okozzanak, lassan, de folytonosan növekedő behatás mellett az inger esetleg az érző idegeket vagy végkészülékeiket el is pusztíthatja anélkül, hogy reflexet kiváltott volna. Igy lehet lefejezett béka lábát folytonosan melegedő vízben tartani vagy egyenletesen növekedő nyomásnak kitenni anélkül, hogy ez valamikor reflexmozgást okozna. Épen így nem vált ki egyenletesen növekedő villamáram sem reflexet, holott gyenge villamáramok is, ha szaporán ismétlődnek, reflexizgalmat okoznak. Felette hatástalanoknak bizonyúltak egyes inducált áramcsapások, míg az inducált áramok gyakori ismétlése hathatós inger.

A vegyi ingerek közül az $^1/_5$% kénsavat gyakran szokás használni, kivált békán. A gyenge inger nem sérti az állat bőrét és nevezetesen, ha alkalmazása után lemossuk, egy ugyanazon helyen is sokszor alkalmazható.

A mi ez ingerek alkalmazása helyét illeti lehet az általános idegingereket úgy az érzőideg-végekre, mint az idegtörzsre is alkalmazni. Mindkét esetben be áll a reflexmozgás, azonban sokkal könnyebben az ideg természetes végeinek izgatásakor, mind az idegtörzsök izgatása alatt. Ugyanazok a gyenge áramcsapások, melyek elég erősek a béka hátbőrének izgatása által igen kiterjedt reflexmozgásokat kiváltani, közvetlenül az illető bőrrészletet ellátó idegre behatva, elégteleneknek bizonyúlnak a reflexmozgások előidézésére. Egyszersmind azt is lehet látni, hogy míg az érző ideg direct izgatására többnyire csak egyes izmok rendetlen összehúzódásai szoktak bekövetkezni, addig az érzőidegek végkészülékeinek izgatása kiterjedtebb és többnyire czélszerű mozgásokkal is jár.

Egyáltalában igen jellemző a reflexmozgásokra a czélszerűség, melylyel ezek legtöbbször járnak. Igy találjuk, hogy a lefejezett béka az $^1/_5$% kénsavoldatba merülő lábát ez oldatból kihúzza, vagy ha 1 csepp híg savat a hasfal egyik oldalára cseppentünk azt többnyire a

megfelelő oldal lábával igyekszik letörülni és miután ezt a lábát levágtuk a másikkal kísérti meg a letörlést. Úgy tetszik tehát mintha a béka a bántalmazás elől szabadúlni igyekeznék. Lefejezett kigyó a bot körül csavarodik, melylyel érintjük, azonban ép úgy csavarodik izzó széndarab vagy vasrúd körül is (Tiegel). Házinyulakon és kutyán is észleltek reflexmozgásokat: a hátsó végtagok izgatására egy vagy mind a két hátsó végtagban mozgások következtek be. Hogy reflexmozgások nem csak tapintásérző idegek izgatására bekövetkeznek, hanem egyéb érző idegek izgatására is, erre a mindennapi tapasztalat utal, de különösen szépen tűnik ez ki Hőgyes és Laufenauer hypnotisált embereken tett észleleteiből, melyeknél a látó, halló, szagló és ízlő idegek végkészülékeinek izgatására egészen sajátszerű reflextestmozgások következtek be.

A *bőr-reflex*re vonatkozólag a fejbőr, fülek vagy orrgerincz erőművi érintésére reflex feszülő merevedés állott be a két felső végtagon. Az arcz vagy nyak bőrének érintésére hajlító reflex-merevedés támadt ugyancsak a két felső végtagon. Az *íz- és szag-reflexek*re nézve, ha az egyén kinyújtott nyelvének féloldalára kevés sót tettek, vagy egyik orrlyukat bedugva a másikon kölni vizet szagoltattak vele, reflex-hajlítások következtek be, a kisérleti oldal felső és alsó végtagja összehúzódott. A *látóideg-reflexre* vonatkozólag az egyik szemet befogva, ha a másik elé gyertyát tartottak ugyanazon oldali felső és az átellenes alsó végtag jött reflex-összehúzódásba. Az ideghártya egyes tájainak izgatása a keresztezett végtagokon más-más reflectoricus izom-összehúzódásokat gerjesztett; az ideghártya egyes területei egyes testizmokkal vannak tehát reflexkapcsolatban. A *hallóideg-reflex*re vonatkozólag a fennálló egyén egyik fülét vattával bedugva, a másik fül előtt hangvillát szólítván meg, az átelleni felső és ugyanazon oldali alsó végtag jött reflex-összehúzódásba. Ha a fekvő betegnél mindkét fül szabad volt, a hangvilla erős hangjára mind a négy végtag összehúzódott. Kitűnt, hogy különböző magas hangok különböző testizmokkal vannak reflex-összehúzódásban. Rhythmikus zenére az alvatánczolás tüneménye fejlődött ki.

Mindezen s más reflexmozgásokat a hypnotisált egyén akarattal befolyásolni nem képes, létrejöttüket megakadályozni, ha kifejlődtek azokat megszüntetni nem tudja. Mind e tapasztalatok a központi idegrendszer részeinek igen kiterjedt reflexkapcsolatára utalnak.

Mind ez említett érző idegeken kívül ki lehet váltani reflexmozgásokat az *izmok és inak érző idegeinek* izgatása által is. Sachs a

m. sartorius idegének izgatására reflexmozgásokat váltott ki. A lig. patellare-ra alkalmazott gyors ütésekre a m. quadriceps femoris húzódik össze, más inak izgatására más izmok. Kiváló érdekkel bírnak itt is a Hőgyes és Laufenauer által hypnotisált egyéneken tett tapasztalatok.

A nevezett vizsgálók tudniillik azt találták, hogy a hanyatt fekvő egyén egyik vagy másik lábfejét hátra feszítvén, kevés idő múlva feszülésbe jött az ugyanazon oldali kéztő is. A szárnak térdben hajlítását a felső végtagnak könyökben hajlítása követte. Sőt a reflex-kapcsolat annyira megy, hogy a láb egy újjának hajlítását vagy feszülését a kéz megfelelő újjának hajlítása vagy feszülése követi. Megfordítva lehet a felső végtagokról hasonló mozgásokkal az alsó végtagokon azonos mozgásokat előidézni (Hőgyes). Erb szerint az inak erőművi izgatása által az ezek érzőidegeiben okozott inger, okozza reflex útján az izomrángásokat és nem mint hitték, az izmoknak ezek nyújtása által okozott direct ingerlése (Westphal). Erb felfogását az a tapasztalat támogatja, hogy nyulaknál az inreflex az idegek átmetszése után kimarad, végképen döntenek pedig Erb felfogása mellett Hőgyes és Laufenauer imént említett vizsgálatainak eredményei.

Az, hogy reflexmozgás létrejön-e vagy sem, hogy ennek milyen a kiterjedése, lefolyása több tényezőtől függ, nevezetesen befolyással van itt a gerinczagy, illetőleg a reflexnél közreműködő magasabb agyrész állapota és az alkalmazott inger nagysága.

Hogy reflex előidézésére a gerinczagy vagy valamely magasabb agyrész jelenléte múlhatatlanúl szükséges, ezt számos tapasztalat bizonyítja.

A reflexmozgások kimaradnak mihelyt a test oly helyén izgatunk, melynek megfelelő gerinczagyi gyökeit átmetszettük. Reflexmozgás nem áll be, ha az átmetszett érző gerinczagyi gyök környéki részét izgatjuk, ellenben bekövetkezik, hogy ha a központi csonkra behat az inger. Ha a béka gerinczagyát az utolsó melli csigolya táján ketté vágjuk, akkor úgy mellső mint hátsó lábainak izgatására sikerül az izgatott végtagban reflexmozgást kiváltani: sőt a 8-ik idegpár alatt átmetszve a gerinczagyat még mindig bekövetkeznek a hátsó végtagokban reflexmozgások ezek izgatására, ellenben a reflexmozgások elmaradnak mihelyt a metszést mélyebben tesszük (Gad). Elegendő különben, ha a gerinczagy oly részét hagyjuk meg, melyben egy érző és egy mozgató gerinczagyi gyök tér be, hogy reflexmozgást nyerjünk. Ha a gerinczagyat hosszmetszés által két felé választjuk ez nem gátolja meg,

hogy az egyes oldalak izgatására a megfelelő oldalokon reflexmozgások be ne következzenek. A központra tehát szükség van, itt, a szürke állományban, terjed át az izgalom érző ideggyökökről mozgató idegrostokra.

E mellett szól az a tapasztalat is, hogy a reflex útján összehúzódó izomban hallható izomhang magassága az inger alkalmazásának szaporaságával nem változik, hanem mindenkor ugyan az, mint a mely hangot az izmok önkénytes beidegzésekor is hallani lehet. Az izgalom tehát a gerinczagyon nem csak átmegy, hanem abban határozott változásokat is okoz. Innen van az is, hogy a reflexmozgás aránytalanúl hosszú idő alatt fejlődik csak ki. — Helmholtz-nak a myographionnal tett kisérletei szerint arra, hogy érző ideg izgalma mozgató idegre átterjedjen mintegy 12-szer annyi idő szükséges, mint mennyi idő alatt az izgalom az érző és mozgató idegeken átterjed. Nevezetes, hogy ez idő az inger nagyságának növekedésével kisebbedik.

A gerinczagy állapotának befolyását a reflexmozgásokra illetőleg tudjuk, hogy minden az ingerlékenységet fokozó behatás a reflexképességet is növeli. Azért a békák is sokkal alkalmasabbak reflexmozgások tanulmányozására télen, őszszel vagy tavaszszal, mint nyáron. A gerinczagy lehűtése kisebbíti a reflexképességet, megmelegítése bizonyos határig növeli azt. Villamos átáramoltatás is kisebbíti a reflexingerlékenységet (Ranke), úgy látszik, felszálló irányú áramnak inkább van ez a hatása, mint leszállónak. Mind ezeknél azonban sokkal feltünőbb némely méreg, nevezetesen a *strychnin* hatása a gerinczagy reflexképességére. A strychninnel mérgezett béka vagy emlősállat a legkisebb érintésre görcsösen kinyújtja lábait és teljes dermébe jut. Az első derme rendesen rövid ideig tart, ha az állatot egészen magára hagyjuk, de a legkisebb érintésre, megrázásra, sőt ha csak reá fúvunk, a derme újból kifejlődik. E tünemények a gerinczagy fokozódott ingerlékenységének az eredményei. Hogy a strychnin nem az idegek ingerlékenységét változtatja meg, ezt bizonyítja az a tapasztalat, mely szerint az ischiadicus direct izgatásakor, a mérgezés előtt és után nyert izomrángások közt semmi különbség nincsen, valamint Bernstein-nak azaz észlelete, mely szerint a strychnin behatása alatt az érző idegek ingerlékenysége szintén nem változik. Mint a strychnin úgy fokozza a reflexingerlékenységet a brucin, coffein, thebain és a morphium is; csökkentik ellenben a chloroform, chinin és bromkalium és pedig szintén a központi idegrendszerre gyakorlott hatásuk által.

Lényegesen függ a reflexmozgás minősége és kiterjedése az alkalmazott inger nagyságától is. Általában tapasztalni lehet, hogy gyenge inger csak kevés centrifugal irányban vezető idegre terjed ki, míg erős sokra.

A közelebbi vizsgálatból pedig kiderült, hogy a bőrre alkalmazott ingerek és a bekövetkező mozgások közt szabályszerű viszony áll fenn. Ha a bőr izgatása folytán bekövetkező reflexmozgások csak a test egyik oldalán állanak be, akkor ez mindig ugyanazon oldalon történik, melyen az izgatott érző ideg is van és ha reflexmozgások a másik oldalon is lépnek fel, akkor ott csak a megfelelő izmok kerülnek izgalomba.

Ha a reflexmozgások egyik oldalon erősebbek mint a másikon, úgy ez mindig ugyanazon oldalon van, melyen az inger is behatott. A reflex útján izgatott mozgató-rost ugyan olyan magasan ered a gerinczagyból, mint a milyen magasságban abba az izgalma által a reflexet okozó érző rost betér, midőn pedig erősebb inger következtében a reflex több izomra kiterjed, akkor az érző rostnál a gerinczagyból magasabban kilépő mozgató idegek által ellátott izmok jutnak reflexizgalomba. A reflex tehát a gerinczagyban a nyúltagy felé terjed tovább. Az agyban is úgy van a dolog; ha agy érzőidegének izgatására reflexmozgás következik be, akkor ez mindenkor olyan motoricus ideg által ellátott izmokban történik, melyeknek eredete a központban az érző ideg eredetével egy magasságon van, vagy melyek az érző idegnél hátrább, a nyúltagyhoz közelebb erednek. Végre igen erős ingerek behatására valamennyi izomban egyszerre léphet fel a reflexmozgás (Pflüger).

Bizonyos idegvég izgatására tehát bizonyos határozott mozgások következnek be, melyek kiterjedése a gerinczagy ingerlékenységének fokától és az alkalmazott inger nagyságától függ. E szerint a reflexutak az egyes érző idegek izgalmát különböző könnyűséggel vezetik a mozgató idegpályákra. Fel kell tenni, hogy az egyes érző idegek a gerinczagyban bizonyos mozgató idegrostokkal bensőbb kapcsolatban vannak, mint másokkal; a valamely érző ideg izgalma által okozott reflexmozgások azért legelőször is amaz idegek által ellátott izmokban nyilvánulnak és csak ha az izgalom kellően erős, vagy a gerinczagy ingerlékenysége a szokottnál nagyobb, akkor terjednek át a gerinczagy túlsó oldalán vagy távolabb eső helyeken eredő centrifugal idegek által ellátott izmokra, vagy a törzs mindannyi izmaira. A reflextünemények a gerinczagy mindannyi idegrostjai közt levő és a sejtek által közvetített

kapcsolatos összefüggésre utalnak, mely összefüggést a sejtek protoplasmanyúlványai által alkotott fínom idegháló zat közvetít. E hálózatban vannak utak, melyekben az egyik érző idegtől jött izgalom bizonyos irányban könnyebben terjed tovább, mint más irányban. Hogy ilyen különböző akadályok a gerinczagyban léteznek ezt bizonyítja már ama tapasztalat, mely szerint az inger alkalmazásának helyétől függőleg más-más reflexmozgások állanak be; de minden kétséget kizárólag tanuskodnak e mellett Wundt vizsgálatainak eredményei. Wundt ugyanis kevés strychninnel mérgezett békán meghatározta az időt, mely az inger alkalmazásától a reflex beálltáig eltelt midőn a reflexmozgás 1. ugyanazon oldalon, 2. a túlsó oldalon és 3. az izgatott érző idegnél a gerinczagyból jóval fennebb eredő mozgató ideg által ellátott izomban fellépett és úgy találta, hogy a reflex ideje az első esetben 0·008—0·015 mp.-ig tartott, a másodikban 0·004 mp.-el nagyobb, míg a harmadik esetben a másodiknál valamivel kisebb volt. E szerint arra, hogy a reflex a gerinczagy valamely pontjára, még inkább pedig annak túlsó oldalára átterjedjen, aránylag igen hosszú idő szükséges.

A reflexmozgások nagy részének létrejöttét az akarat befolyása megakadályozni képes. Ez, és az a tapasztalat, hogy *a gerinczagyi reflexmozgások nehezebben válthatók ki vagy el is maradnak, ha a központi idegrendszer teljesen ép*, az agy a gerinczagygyal tehát összefügg, arra a feltevésre vezettek, hogy az agyban olyan berendezésnek lenni kell, mely rendes körülmények közt a reflexek kifejlődését megnehezíti, esetleg meg is gátolja.

Ha valamely állat nyúltagyát a gerinczagytól elválasztjuk, akkor tapasztaljuk, hogy a reflexmozgások sokkal biztosabban és feltűnőbben következnek be, mint műtét előtt. Ez onnan lehet, mert az agy jelenléte mellett az érző ideg izgalma által támasztott érzések miatt megindított akaratos mozgások, a reflexmozgásokat zavarják, de e zavaroktól eltekintve is, igen elkésnek vagy el is maradnak olyan reflexmozgások, melyek az agy hiánya mellett igen könnyen bekövetkeznek. Lehetne itt ugyan gondolni, hogy az izgalom az agy jelenléte mellett a szürkeállománynak sokkal nagyobb felületére terjed ki és az egyes mozgató idegekre azért kevesebb jut belőle. Schiff, kitől e feltevés kiindult, ennek támogatására gyíkon tett kísérleteire hivatkozik. Schiff tudniillik azt tapasztalta, hogy a gyíkon, az agy eltávolítása után, a fark vagy hátsó végtagok izgatására jelentkező reflexmozgások élénksége, erélye fokozódott akkor, ha a nyultagytól kiindulva, a gerinczagyból mind többet és többet elmetszett; ez élénkség mind addig fokozódott, míg

a metszésekkel a megfelelő idegeknek a gerinczagyból való eredéshelyéig el nem jutott. De reflexmozgások nem származnak úgy, hogy az érzőideg izgalma egyszerűen mozgató idegrostokra terjed át, hanem úgy, hogy ez izgalom az idegsejtekben új izgalom fejlődésére ad impulsust, minél fogva valamely érzőideg utján a gerinczagyba jutott gyenge izgalom is kiterjedt reflexet okozhat. Schiff felfogása helyességének ellene bizonyítanak még egyéb tapasztalatok is. Setschenow ugyanis tapasztalta békán, hogy az érző idegek izgatása után a reflexmozgás sokkal később következett be, a reflex létrejötte tehát meg volt nehezítve, ha az agyat a thalami optici-nak megfelelőleg ketté vágta; ellenben a reflex bekövetkezésére nem volt befolyással az, ha a metszést magán az agyon keresztül vezette. A reflex élénkül, ha az agyat a thalami optici vagy épen a nyúltagy alatt vágjuk el és csökken, ha a gerinczagygyal összefüggő thalami opticira konyhasót adunk vagy azokat villamárammal izgatjuk. Setschenow azért felveszi, hogy az agyban, nevezetesen békánál a thalami optici-ben, reflexgátló részek vannak, melyeknek izgalma a reflex létrejöttét a gerinczagyban meggátolják, és ezek tonicus hatását valószínűnek tartja. Setschenow szerint e gátló központokat valószínüleg szintén reflexizgalmak idegzik be; a szájnyákhártya vagy átmetszett érzőideg csonkjának izgatása a gátló központ befolyását fokozza.

Azonban, érző idegnek vagy maga a gerinczagy valamely részének izgatása, a thalami optici hiánya mellett is, gátló hatással van a reflex létrejöttére. Békán, a gerinczagynak a nyúltagytól való elválasztása után mindjárt, a reflexmozgás az inger behatását sokkal később követi, mint ha a műtét óta már több percz eltelt. Emlősállatoknál a metszésfelület alatti gerinczagyrészektől eredő gyökök által ellátott testrészekben, a műtét után napokig nehezen vagy épen nem sikerül reflexmozgást kiváltani, ellenben hetek vagy hónapok mulva erős reflexmozgásokat kapunk. Ha agyától megfosztott béka egyik ischiadicusát inducált áramcsapásokkal izgatjuk, mialatt ez állat második lába hig kénsavba merül be, akkor a béka vagy épen nem húzza ki lábát a kénsavból vagy legalább igen későre.

Kutyánál a hasfalra gyakorlott nyomás által megindított vizelés megszünik, a mint lábát izgatjuk, például ha megcsípjük (Goltz). Setschenow e miatt felveszi, hogy a gerinczagyban is vannak reflexgátló központok miáltal elmélete már sokkal bonyolódottabb lesz; teljesen tarthatlan pedig az azon tapasztalattal szemben, hogy a gerinczagy

alsó részének izgatása a reflex létrejöttét felső gerinczagyi részekben késlelteti esetleg meggátolja és megfordítva. Goltz ezért el is veti a külön gátló központok felvételét és azt a következtetést vonja, hogy reflexmozgások létrejöttét valamely reflexközpontban a direct oda vezető érzőidegek izgalma útján megnehezíti vagy meg is gátolja az, ha ugyane központhoz egyszersmind máshonnan is izgalom jön. Egyik központ izgalma tehát megnehezíti a másiknak működését. A központi idegrendszer bonyolódott szerkezete mellett egyes részei vezetőleg vannak összekapcsolva és így zavarólag hathatnak egymásra. A gerinczagy átmetszésére azért fokozódik a reflexingerlékenység, mert a metszéssel épen számos olyan reflexközpontot választunk el a gerinczagytól, melyek állandóan bizonyos fokban izgalomban vannak.

Hogy miért gátolják egymást esetleg a reflexet közvetítő központra különböző oldalról ható izgalmak, ezt mind addig nem fogjuk tudni, a míg azt a molecularis mozgást nem ismerjük, melynek alakjában az izgalom tovább terjed, és mely magával az idegizgalommal azonos. Valószínű, hogy ez hullámmozgás, ha így, akkor legközelebb áll az a gondolat, hogy itt hulláminterferentiával van dolgunk. Hőgyes reflextanulmányai a hysteroepilepticus betegeken, melyek kiderítették, hogy valamely reflexmozgás létrejöttét egy másik reflex megindításával meg lehet akadályozni vagy csökkenteni, e felfogásnak tényleges alapot nyujtanak.

84. §. A gerinczagy, mint önindító központ.

Akaratunkból kiindúló, önálló, lelki működésre a gerinczagy nem képes; legalább biztosan ilyent nem lehet kimutatni, a tapasztalatok inkább ellene mint mellette szólnak.

A lelkiműködésnek a gerinczagyban való jelenlétére az látszik utalni, hogy a béka midőn bőrét hígsavval izgatjuk ezt letörülni igyekszik s e czélra azt a lábát használja, melylyel az izgatott helyet legkönnyebben elérheti, ha pedig ezt a lábát elmetszük a másiknak segítségét veszi igénybe. Öntudatos működésre utaló tünemény az is, hogy a lefejezett béka, ha asztalra leteszszük, lábait maga alá húzza és mintegy üllő helyzetben állapodik meg. Ha pedig egyik lábát kihúzzuk alóla, ezt újból maga alá húzza. Ha csipeszszel csípjük meg valamely lábát, akkor ezt vagy még jobban maga alá húzza, vagy pedig eltolja a csipeszt, míg ha savval kentük be, a savat letörülni igyekezett. E tünemények azonban reflexmozgások is lehetnek, ezek is a legtöbb esetben czélszerű mozgá-

sok alakjában nyilvánúlnak és épen nem valószínűtlen, hogy a reflex-izgalom a gerinczagyban az adott viszonyok szerint különböző mozgató idegekre terjed át.

Az öntudatos működés hiányára következtetünk abból, hogy az olyan ember a kinek nyakigerinczagya, mint a bonczolat kimutatta, annyira sértve volt, mintha csak el lett volna vágva, mindazon testrészeiben, melyek a gerinczagynak a sértés alatti tájairól nyerték idegeiket, teljesen bénulva volt, lábait önként mozgatni nem tudta, bántalmazásukat nem érzete; bár sértésre élénk reflexmozgások következtek be, ezekről tudomása nem volt. Lefejezett béka nem mozog, ha nem bántjuk, hanem nyugton marad, míg el nem hal és izmaiban a hullamerevség bekövetkezik. Vagy, ha az ilyen békát vízbe teszszük és a vizet lassan egészen 40 C.°-ra melegítjük fel a hődermenet beáll s az állat az egész idő alatt meg sem mozdul; ha azonban magasabb agyrészek, például a nyúltagy, összefüggésben maradnak a gerinczagygyal, az állat a melegedő vízből menekülni igyekszik.

De ha mindezek miatt a gerinczagy öntudatos működését nem is tartjuk valószínűnek, az mégis tény, hogy a gerinczagy számos olyan működést tart fenn, mely működések a gerinczagy idegsejtjeiben lefolyó folytonos molecularis változásokra, izgalomfejlődésre utalnak. Az idegsejtek ilyetén képességét bizonyítják azok az általános izomgörcsök, melyek a gerinczagy átmetszése után is kifejlődnek az olyan állaton, melynek vére kevés élenyű vagy sok szénsavu; környéki idegekre az ilyen összetételű vér egészen hatástalan. Meg kell azonban jegyeznünk, miszerint az ide sorozott működések egy nagy részére szintén bebizonyúlt hogy reflextünemények.

A gerinczagy egy ilyen automaticus működése volna például az úgynevezett *chemiai tonus*, vagyis az az állandó kisfokú izgalom, mely a mozgató idegekben az izmokhoz megy és bizonyos fokú anyagcserét azokban állandóan fenntart. A chemiai tonus központja azonban, mint a közelebbi vizsgálat kiderítette, a gerinczagynál magasabban van, mert a nyaki gerinczagy átmetszésére az anyagcsere az izmokban és vele a hőtermelés is tetemesen alászállnak, a mennyiben pedig erre a gerinczagynak befolyása van ezt csak reflex útján gyakorolja: a bőr idegeinek izgatása ugyanis fokozza, azok bénulása csökkenti az anyagcserét az izmokban (lásd a 188. l.-t). Hasonlóan reflextünemény nagy részben maga az *izomtonus* is. Az izmoknak a gerinczagy részéről történő némi állandó beidegzésére tudniillik több tapasztalat látszik utalni. Ilyen az, hogy az átmetszett izom metszésvégei tetemesen visz-

szahúzódnak, mi azonban azért van, mert minden izom az élőben némileg meg van feszítve; a metszésvégek akkor is eltávoznak egymástól, hogy ha az illető izomhoz menő ideget előre már átmetszettük. Hogy facialis-hűdéskor az arcz az egészséges oldal felé el van húzva az is úgy tetszik azért van, mert a hűdött izmok elvesztették tonusukat, tényleg azonban azért, mert a hűdött izmok ruganyossága, a táplálási zavar miatt, kisebb az ép izom ruganyosságánál (Heidenhain) s mint Hermann hiszi azért is, mert egyszer összehúzódott izom előbbeni hosszát csak úgy nyeri vissza, ha antagonistája kinyújtja, facialis-hűdéskor pedig az egyik arczfél antagonistáinak működése hiányzik. Egy az izomtonus bebizonyítására sokszor felhozott tünemény az is, hogy ha lefejezett békát, melynek egyik plexus iscbiadicusát átvágtunk, felfüggesztünk, akkor ennek ép oldali lába jóval hajlottabban csüng le, mint a műtett oldalé (Brondgeest). Ez azonban határozottan reflextünemény, mert ha az érző gerinczagyi gyököket átvágjuk a béka lába már is úgy csüng le, mintha magát a plexus ischiadicust vágtuk volna át.

Mindezeknél sokkal inkább mondható tonicus beidegzés eredményének a *végbél* és *húgyhólyag záróizmának* működése. A sphincter ani rendes körülmények közt folytonosan össze van húzódva. Bár ez az izom tagadhatlanul az agy befolyása alatt is áll: akarat vagy kedélyfelindúlás a sphinctert erősebb zárásra vagy nyitásra tudja indítani, az agykocsány izgatására is összehúzódik, mindamellett a sphincter ani akkor is össze van húzódva, ha a gerinczagyat a nyakon vagy háton ketté vágjuk és ellazúl, mihelyt összefüggését a gerinczagygyal megszakítjuk. Ebből folyólag a sphincter ani tonicus központja a gerniczagy ágyéki részében van és pedig, mint kitünt, kutyánál az 5-ik, nyúlnál a 6—7-ik ágyéki csigolyának megfelelőleg (Masius). E központ működésének megitélésénél azonban nem szabad elfelejteni, hogy a sphincter ani bizonyos fokban állandóan összehúzódva marad, még ha ágyéki központjával semmi összeköttetésben sincsen, valamint azt sem, hogy a plexus haemorrhoidalis és mesentericus inferior útján a gerinczagyhoz izgalom jut, mely reflex útján a sphincter működésére befolyással van. A *centrum ano-spinale*-nak az agytól való elválasztása után a sphincter rhythmicusan húzódik össze, ha újjunkat a végbélbe bevezetjük (Goltz); e központ tehát reflex útján is beidegezhető.

A végbél záróizmának gerinczagyi központja alatt közvetlenül van a húgyhólyag záróizmának hasonló központja: a *centrum vesico-spinale*. E központ is az agy befolyása alatt áll; képesek vagyunk a húgyot

erélyesen visszatartani, valamint azt kibocsátani a mikor csak akarjuk. A gerinczagy átmetszését a centrum vesico-spinale felett erős vizeletrekedés követi, mi a központ reflectoricus beidegzése mellett bizonyít; a fokozódott reflexképesség növeli a húgycső záróizmának működését. E gerinczagyi központ reflex utján való beidegzését bizonyítja az is, hogy a húgycső érzőidegeinek átmetszése után az állat a vizeletet a hólyagban megtartani nem tudja, hanem hogy az folyvást folyik.

Ugyancsak a gerinczagy ágyéki részében van a *centrum genito-spinale* is. Nyúlnál a 4-ik ágyéki csigolyának megfelelőleg. Reflex utján idegeztetik be. Goltz kutyán, melynek gerinczagya a hát táján át volt vágva a glans penis izgatására erectiót és ondókiürítést látott, valamint az olyan terhes nősténykutya, melynek gerinczagyát az első ágyéki csigolyának megfelelőleg átvágta szülést is végezett.

Az említett központokhoz hasonló központok a gerinczagyban, mint *véredénymozgató* központok befolyással vannak a véredények tágasságára. Ilyen központ jelenlétét bizonyítja a gerinczagyban az a tapasztalat, mely szerint a béka úszóhártyájának edényei annál jobban tágúlnak, minél többet vágunk le a gerinczagyból (Lister). Emlősállatokon is ki van mutatva a gerinczagy befolyása a véredényekre. A béka agyának és nyúltagyának kiirtása után egyik láb izgatására a másiknak véredényeit látjuk összehúzódni. A véredények térfogatváltozása reflex útján igen különböző érzőidegek izgatására következik be, így a n. trigeminus, vagus, plexus brachialis és n. ischiadicus izgatására. E központ működése tehát szintén, legnagyobb részben legalább, reflectoricus.

A gerinczagynak a véredényekre való befolyásával kapcsolatban megemlítjük még annak a békánál és más állatoknál előforduló *nyirokszivek összehúzódására* való befolyását is. Békánál e nyirokszivek a harmadik és negyedik csigolya széles harántnyújtványai közt mindkét oldalon, és a farcsont két oldalán vannak. E szivek az agy eltávolítása után is lüktetnek, ellenben megszünnek lüktetni, hogyha a gerinczagyat a 3—8-ik csigolya közt elpusztítjuk (Volkmann). Minthogy Volkmann a nyirokszíveket akkor is látta lüktetni, ha ép gerinczagy mellett az érző gyököket elvágta, következtette, miszerint a gerinczagyban olyan központnak kell lenni, mely a nyirokszíveket automaticus uton idegzi be. Az e tárgy körül fejlődött élénk vizsgálatok lényegében megerősítették Volkmann észleleteit és az ezekből vont következtetéseket. Igaz ugyan, hogy a gerinczagy elpusztítása után a nyirokszivek működése csak egyidőre szünetel teljesen, csakhogy az ezután beálló lük-

tetések már nem arendes szívlüktetések (Eckhard, Goltz, Waldeyer). Mint e nyirokszivek, úgy húzódik össze az idegeket nem tartalmazó levágott szívcsúcs, és a véredény is akkor, ha idegeiket átmetszettük, de ez összehúzódások, illetőleg lüktetések oka, mint látni fogjuk, az illető szervek izomelemeiben és nem az idegrendszerben keresendő. A nyirokszív-központra reflex utján szintén lehet hatni.

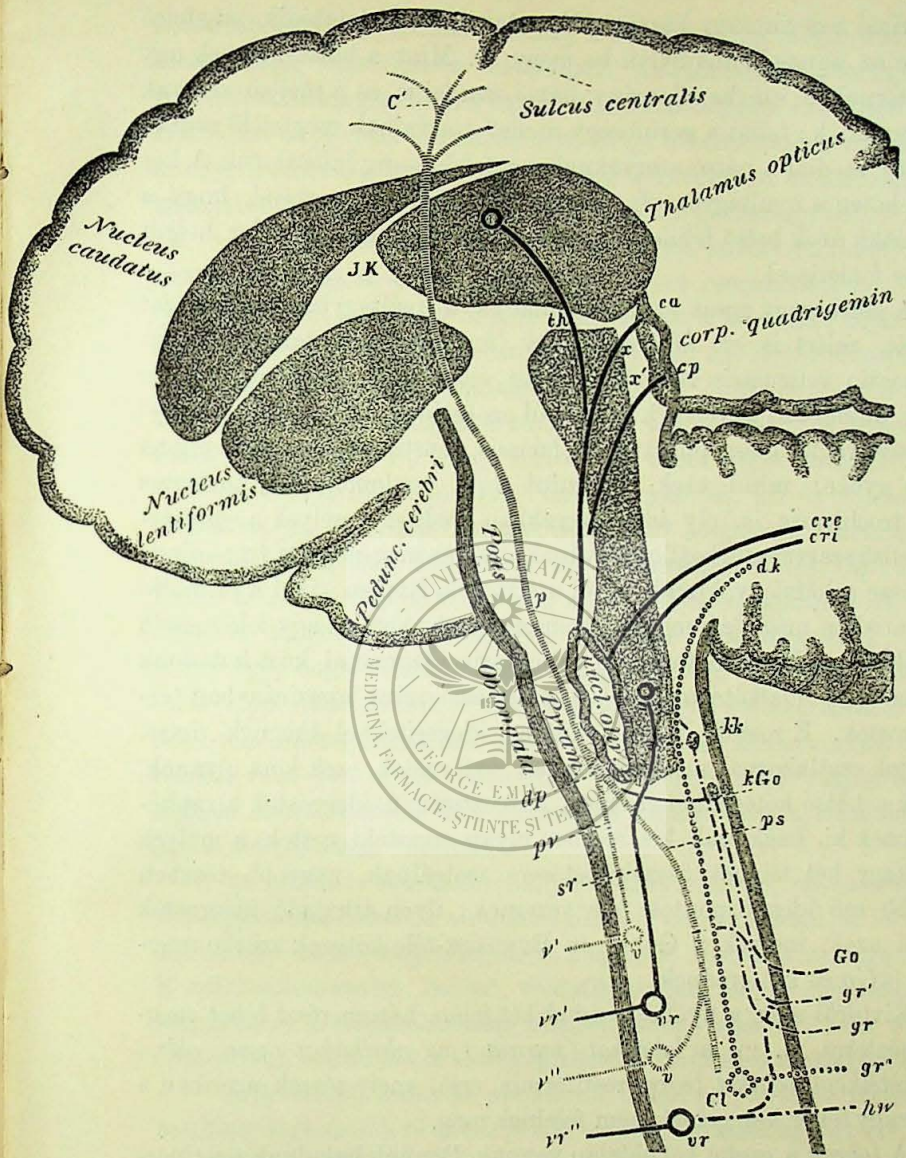
A lábújjak bőrének vagy egyes érzőidegek izgatására a nyirokszivek összehúzódása élénkebb lesz. A belek izgatása alatt pedig a nyirokszivek lüktetése megszűnik (Goltz, Suslowa).

Ezek voltak a legfőbbek ama működések közül, melyeket a gerinczagy egymaga fenntartani képes. Bár nagy részüket reflexmozgásra tudtuk visszavezetni, mégis láttunk köztük olyan működéseket is, melyek a gerinczagy idegsejtjeiben külső behatás nélkül történő izgalomfejlődés eredményei. E szerint a gerinczagy idegsejtjeiben nemcsak reflex által, hanem minden külső befolyás nélkül is folynak le olyan változások, melyek izgalomfejlesztésre vezetnek és környéki szerveket működésre indítanak.

85. §. Az agy szövetszerkezete.

Az agyat úgymint a gerinczagyat idegsejtek és idegrostok alkotják. E képleteket is neuroglia tartja össze, mely a véredények körül nyirokcsöveket úgynevezett perivasculáris üröket képez. A perivasculáris üröket a vérnedvből származó tápláló nyirok tölti be. Meg szokás különböztetni az agyon: a *nyúltagyat*, a *hiddal* és *kisagygyal*, mint hátsóagyat, a *négytelepet* (ikertestet), az *aquaeductus Sylvii környékével*, mint középagyat, végre a *két féltekét* a *harmadik agygyomrot környező agydúczokkal*, mint előagyat. A mozgató és érző impulsusok utjait ez agyrészekben, pár szóval jeleztük már a gerinczagy szövetszerkezetének leírása alkalmával; részletesen alig ismerjük egyikmásik utat pontosan. A vizsgálatnak itt sok, felette nehezen leküzdhető akadálylyal kell megküzdenie. A mi bebizonyítottnak látszik, azt a Flechsig szerint ide zárt 102. ábra fonalán akarjuk a következőkben megismertetni.

A *nyúltagy* (medulla oblongata) a gerinczagy közvetlen folytatása. Ott a hol az utóbbi a nyúltagyba átmegy a gerinczagy két hátsó-kötege széttér egymástól úgy, hogy a gerinczagy központi csatornája hátrafelé nyitva áll s mint *csüllőalakú árok* (fovea rhomboidalis) tünik elő. A csüllőalakú árok hosszúra nyújtott dülényhez hasonlít, melynek hosszabb átfogója a median vonalba esik; alsó hegyes szöglete (calamus



102. ábra. Az agy szerkezetének vázlata. *C'* mozgató idegpályák. *p* pons Varolii. *dp* decussatio pyramidum. *ps* oldalköteg loborutak. *pv* a mellső gerinczagyi köteg loborutja. *v* idegsejt a gerinczagy szürkeállományának mellső szarvában. *v'*, *v''* mellső gerinczagyi gyök. *gr*, *gr'*, *gr''* hátsó gerinczagyi gyökök. *Go* Goll-féle köteg. *kGo* nucleus funiculi gracilis (Goll). *gr* Burdach-féle ikköteg. *kk* nucleus funiculi cuneati (Burdach). *Cl* idegsejt a gerinczagy szürkeállományának hátsó szarvában. *dk* a kisagy oldalkötegutja. A nucl. olivarumhoz vezetnek idegrostok az ikertestektől *xx'*, a kisagytól *cre* és az ikköteg magvaktól *kk* (Flechsig szerint).

scriptorius) a gerinczagy középponti csatornájába folytatódik, míg felső szöglete az aquaeductus Sylvii-be megy át. Mint a hátsó-kötegek úgy kifelé térnek a szürke állomány hátsó szarvai is, és a mellső szarvak mellé kerülnek; tehát a gerinczagy mellső szarvainak megfelelő szürke állomány medial a hátsó szarvaknak megfelelő pedig lateral esik. A két mellső-köteg a nyúltagyon oly szorosan függ össze egymással, hogy a csüllőalakú árok belső felületén a sulcus longitudinalis anterior helyét a raphe foglalja el.

A gerinczagy egész szürkeállományát a nyúltagyban rosthálózat járja át, miért is ezt *idegreczézetnek* (formatio reticularis) nevezik. A formatio reticularis rosthálózatában előforduló szürke állományú góczok, különböző agyidegek eredéseül szolgálnak. Itt erednek a n. hypoglossus, vagus, glossopharyngeus, facialis, acusticus és a n. trigeminus mellső gyöke; mind ezek, valamint a n. oculomotorius, abducens és n. trochlearis is, oly idegmagvakban erednek, melyek a gerinczagy mellső szarvai szürkeállományának felelnek meg, míg a n. trigeminus érző része a hátsó gyökrendszerből származik. Ezeken kívül a formatio reticularisban még idegmagvak is vannak, melyekből az agy felé haladó idegpályák erednek. A formatio reticularis idegrostjai közt haladnak a gerinczagyi oldalkötegmaradékok folytatásai, mint hosszirányban terjedő rostok. E rostok itt valószínűleg idegsejtekkel függnek össze. Hozzájok csatlakoznak még máshonnan jövő rostok, ezek közt olyanok, melyek a hátsó kötegekből erednek. Keresztirányú idegrostok a rapheból lépnek ki. Ezek csak kis részben olyan eresztéki rostok, a melyek a nyúltagy két felének összeköttetésére szolgálnak, nagyobb részben távolabb eső idegközpontok felé vezetnek; ilyen áthaladó idegrostok például azok, melyek a Goll- és Burdach-féle kötegek szürke magvaiból (*kGo* és *kk*) erednek.

Kivülről már, a nyúltagy mind két felén, három részt lehet megkülönböztetni, u. m. a *lobrokat (pyram.)* az *olajkákat (nucl. oliv.)* és a *kötélképü testeket* (corp. restiformia, *cre*), mely részek azonban a gerinczagy fehér kötegeinek nem felelnek meg.

A *lobrok* a raphe két oldalán vannak. Bennök haladnak a gerinczagy loborutjai, a melyeknek lefutása itt a következő: A mellső gerinczagyi kötegek loborutjai (*pv*) az azonos oldali loborba térnek be, az oldalkötegek loborutjai (*ps*) pedig, a másik nyaki ideg eredéshelyének megfelelőleg, ferde irányban felfelé fordúlnak, mind két oldalon a mellső szarvak szürkeállományát áttörik és a mellső-kötegek loborutjaihoz csatlakoznak, úgy azonban, hogy a jobb oldalköteg loborutja a baloldali mellső-

köteg loborutjához, a bal oldalköteg loborutja pedig megfordítva a jobb mellső-köteg loborutjához csatlakozik. Az oldalkötcg loborutjai e szerint a fissura longitudinalis anterior fenekén teljesen kereszteződnek és alkotják a *nagy lobor-kereszteződést.* Hogy a kereszteződő rostok száma az egyes esetekben igen változó ezt már a 414. lapon kiemeltük. E centrifugal rostok az agykéreg bizonyos részeit a gerinczagy mellső szarvaival (*v, v*) kötik össze. Kórodai észleletekből következtethető, hogy a mozgató agyidegek is az agykéreggel direct összeköttetésben vannak csak úgy, mint a motoricus gerinczagyidegek a loborutak útján. És így a loborutak igen kiterjedt olyan idegpályáknak egy részét alkotják, mely idegpályák motoricus idegmagvakat kötnek össze egyenesen az agykéreggel. — A gerinczagy hátsó kötegeit alkotó Goll- és Burdach-féle ikkötegek rostjai (*Go, gr*) a gerinczagy felső végén megfelelő szürke állományú magvakba (nucleus funiculi gracilis, *kk* és cuneati, *kGo*) térnek be. A Goll-féle kötegek magvaiból idegrostok vezetnek előfelé a lobrok felé és itt a felső vagy kis loborkereszteződést (*dp*) alkotják. Innen a rostok feljebb mennek a nagy olajkák és lobrok közt, részben anélkül, hogy szürkeállományú góczokkal összefüggnének, részben pedig úgy, hogy összeköttetésbe lépnek a nagy olajkákkal, illetőleg a túlsó oldal belső mellék olajkájával (a nucleus accessoriussal). A Burdach-féle ikköteg rostjainak egy része, megelőző kereszteződés után, az olajkák közé tér, egyes rostkötegek az azonos oldali olajka sejtjeivel lépnek összeköttetésbe míg mások az azonos meg a tulsóoldali formatio reticularisba hatolnak be.

Az *olajkák* szürkeállománya mellékrészeivel, nevezetesen a nucleus pyramidalissal és a nucleus olivaris accessoriussal, a lobrok és a gerinczagy mellső alapkötegének megfelelő rostok közt foglal helyet. E szürkeállományba belépő velősállományú rostok egy részéről felteszik, hogy a szürkeállomány idegsejtjeiben végződik, más részök ez állományon áthaladva a kötélképű testek rostjaihoz csatlakoznék.

A *kötélképű testek* az olajkáktól oldalt és hátrafelé feküsznek, a nyúltagy legkülsőbb részét képezik, szabad szemmel úgy tetszik, mintha a gerinczagy hátsó kötegeinek közvetlen folytatásai volnának, a közelebbi vizsgálatnál azonban kitűnt, hogy bennök a kisagy oldalkötegutjai (*dk*) vannak, valamint oly rostok, melyek a formatio reticularist és a nagy olajkákat kötik össze a kisagygyal; ez utóbbi különösen abból tűnik ki, hogy az olajkákat elsorvasztva találjuk, ha a kisagy atrophisálva van.

A kötélképű testek, miután a nyúltagyat elhagyták a kisagyba, mint ennek *kocsányai* (pedunculi cerebelli ad medullam oblongatam)

folytatódnak. Itt a *kisagyban* a megfelelő oldalkötegutak a féreg mellső, kereszteződő eresztékén át a középrész szürke állományába jutnak. A formatio reticularisból eredő és a kötélképű testekben a kisagyhoz haladó idegrostok valószínűleg szintén a kisagy közép részének szürke állományában végződnek, részben talán a *fogazott magvakban* (nuclei dentati). A nagy olajkáktól jövő idegrostok végre valószínűleg a fogazott magvakba térnek be.

A *kisagyon* megkülönböztetjük a szürke és a fehérállományt. A szürke állomány alkotja a kisagy kéregrészét. E kéregrészen górcső segedelmével három réteget lehet megkülönböztetni. Legkívül van a *szürke* vagy *szemcsés réteg*, ezt követi az úgynevezett *sejtréteg*, legbelől pedig van a *magvas réteg*. A szürke rétegben neuroglia, kötőszövetrostok és sejtek közt több (3—4) nyulvánnyal ellátott kis dúczsejtek és idegrostok vannak, mely utóbbiak a második réteg sejtjeitől származnak. A második vagy sejtréteget a PURKINJE-féle idegsejtek jellemzik. Ezek nagy gömbölyded alakú sejtek, vonalas szerkezetű sejtprotoplasmával, kerekded maggal s világosan látható magocskával. Minden sejtbe a velőállományból jövő egy nyulvány tér be (tengelyfonalnyulvány), a sejtektől a felület felé pedig számos elágazodó nyulvány terjed el (protoplasmanyulványok). A legbelső vagy magvas réteg leglényegesebb alkotórészei a magvak. Ezek sűrű egymás mellé sorakozott apró gömbölyded képletek, melyeken néha protoplasmát és nyulványokat is lehet felismerni. Ez elemek természetét illetőleg eltérők a nézetek, némelyek dúczsejteknek tartják azokat, mások megint kötőszövettestecskéknek mondják; mert nagy tömegben fordúlnak elő, igen valószínű, hogy idegtermészetűek. A kisagy velőállományában az idegrostok többnyire velőtartalmúak.

A kéregen kívül előfordúlnak még a kisagyban mint szürkeállományú góczok a *nucleus dentatus* és a *nucleus dentatus accessorius* (MEYNERT). Ezek többnyire soknyulványú idegsejteket tartalmaznak, melyekhez az idegrostok a kisagykéregből és a kötélképű testekből jutnak. A *tetőmagban* (nucleus fastigii) soknyulványú nagy sejtek fordúlnak elő, melyek a mozgató központok idegsejtjeihez hasonlítanak.

A kisagyat az agykéreggel a kisagynak a hídhoz vezető szárai (crura cerebelli ad pontem), az ikertesttel pedig az ikertesthez vezető szárak (crura cerebelli ad corpora quadrigemina) kötik össze. A kisagynak a hídhoz (pons *Varolii*) vezető száraiban legnagyobb részt a fogazott magvakból eredő rostok mennek, melyek fennebb, részben legalább, a sisak vörösmagjainak sejtjeivel függnek össze, a mi abból következik, hogy mihelyt a kisagynak a hídhoz vezető szárait átmetszük a vörös magvak eltünnek. A rostok egy másik része a sisak vörösmagvainak sejtjeivel nem lép összeköttetésbe.

Ezen, a kisagynak a hídhoz vezető száraiban valamint a lobrokban és a formatio reticularisban, haladó idegrostok folytatásaiból tevődik össze a VAROL-*féle híd*, melyben azonban idegrostok mellett szürkeállományú góczok is fordúlnak elő. A híd felett vannak az iker-

testek s a kettő közt az aquæductus Sylvii, maga a híd pedig az *agykocsányokban* (pedunculi cerebri) az előagyba folytatódik. A két kocsány egy alsóbb széles, vékony kötegből a *talpból* (pedunculus) és egy felsőbb vastagabb kötegből a *sisakból* (tegmentum) áll; a kettő közt, mint vékony szürke állomány van a *substantia nigra pedunculi;* idegsejtek ezen kívül csak a sisakban fordúlnak elő, a hol a *vörösmagvat* képezik. Ez agykocsányok kötik össze a nagyagy központi dúczait és kéregállományát a központi idegrendszer alantabbi részeivel.

A *talp* középső harmadában haladnak a loborutak, melyek a lencsemag (nucl. lentiformis) és a látótelep (thalamus opticus) közt az úgynevezett belső tokon (capsula interna) át, a félteke fehérállományába, a sugárkoszorúba, és ebből a szürke agykéregbe lépnek. A loborutak tehát minden megszakítás nélkül mennek az ugyanazon oldali félteke kéregrészeibe és pedig a fallebenybe. A direct mozgató utak agykéregbeli eredete előfelé alig ér túl a sulcus præcentralison, a féltekék felső szélén pedig a præcuneus-ig terjed; a loborutak a lobulus paracentralisból, a præcuneus mellső részéből és a gyrus centralisból erednek. Ezeken kívül a talp alsó belső harmadában a híd magvának (nucleus pontis) sejtjeiből eredő idegrostok mennek, melyek az egész talpnak mintegy $^2/_5$-ét foglalják el és a belső tok mellső részén át a homloklebeny kéreg állományába térnek; e rostok a kisagygyal állanak kapcsolatban, mert a hol a kisagy hiányzik, ott ezek is atrophisálva vannak (Flechsig). A talp alsó külső harmadában továbbá, a belső tok alaprészeihez, rostok haladnak, melyek közvetlenül a lencsemag mellett a halántéki és nyakszirti lebeny felé mennek; e rostok is a kisagyból származnak. A talp felső harmadában, közvetlenül a substantia nigra alatt, elmenő idegrostok (stratum intermedium, Meynert) végre, a nucleus caudatus-ba és a lencsemag külső részébe térnek be; e rostok a kisagykéregből kerülnek oda.

A *sisakban* haladnak mindenek előtt a bőr érző utjai. Ez utak egyenesen a belső tokba s ebből a sugárkoszorúba mennek. Az idegrostok mellfelé a belső tokban és a sugárkoszorúban egészen a loborutak közé terjednek el, hátrafelé pedig egészen a látóideg utjáig érnek; az agykéregben is a præcuneusnál nagyobb területen végződnek. A sisak alsó, huroknak nevezett részében menő rostok egy része a lencsemagba és látótelepbe hatol, egy másik, a formatio reticularisból eredő része pedig az ikertestekbe látszik betérni. A sisak középső részében találjuk a kisagynak a hídhoz vezető szárainak egymással kereszteződő rostjait. Ezeken kívül a sisakban rostok mennek, melyek

az alsó ikertestből, a formatio reticularisból, a gerinczagy-oldalkötegmaradékokból és mellső alapkötegekből származnak.

A sisak felett található *ikertestek* (corp. quadrigemina) szürkeállományát kívülről fehér állomány veszi körül. A hurokrétegből térnek be a rostok a felső (*ca*) és alsó ikertestbe (*cp*). A felső ikertestből azután rostok mennek, valószínűleg előzetes kereszteződés után, az ikertest felső oldalkarjain (brachia lateralia) át a tractus opticusba és a nagy agyba. Az alsó ikertestből kiindúlólag rostok haladnak az ikertest alsó oldalkarján át a belső térddudorba s innen a tractus opticusba vagy commissura inferior-ba.

A *látótelepek* (thalami optici) szürkeállományától rostok indúlnak ki, melyek e szürkeállományú góczot a félteke kéregállományának homloki, fali, és halánték-nyakszirti lebenyével, továbbá a fossa Sylvii benyilásának kéreg részeivel és a gyrus hippocampival kötik össze. Ezeken kívül, úgy látszik, a látótelepektől eresztékrostok is mennek a lencsemaghoz. A látóideg összefüggése a látóteleppel kétes. A tractus opticus rostjainak végződése az agykéregben Exner szerint a cuneus-ban történik. A látóideg vagy az ideghártya elpusztítása következtében csak a külső térddudor (corpus geniculatum laterale s. externum) és az ikertest felső dombcsa-párja degenerálódnak, a miből következtethető, hogy a látóidegrostok nagy része a külső térddudorok szürkeállományával lép összeköttetésbe, a honnan a rostok azután valószínűleg a belső tok hátsó részeibe, illetőleg a sugárkoszorúba mennek. A felső ikertestbe jutott látóidegrostok, miután a szürkeállományba betértek, szintén vissza kerülnek a külső térddudor környékébe, hogy az elöbb említett rostokhoz csatlakozzanak.

A *csíkolt testeket* (corpora striata) a lencsemag (nucleus lentiformis) és a farkalakú mag (nucleus caudatus) alkotják. Ide térnek be rostok az agykocsánysisakból és a substantia nigrából; a sisakból származó rostok egy része a hurokból egy másik része a vörösmagból ered. A csíkolt testek mind két magvain át a mellső eresztéken (commissura anterior cerebri) kötegei mennek, melyek a boltozat oszlopaitól (columnæ fornicis) a halántéklebeny velőállományába terjednek.

E helyen megemlítendő még némely agyideg utja is az agyban. Igy a *n. olfactorius*, illetőleg tractus olfactorius, az agyban több részre oszlik, melyek a gyrus fornicatus alapjához, a gyrus uncinatus kéregrészéhez és a lamina perforata anterior-on át a belső tokhoz mennek. A *n. oculomotorius* eredése a felső ikertesttel függ össze, rostjai az agykocsányon át a túloldali féltekébe követhetők. A *n. acusticus* idegrost-

jainak egy része a kisagykocsányon át a kisagyba tér, innen az agykocsányon át az agykéregbe jutnak, melynek halántéki lebenyében végződnek.

A talpnak és sisaknak idegutjait a tractus opticus, a közti réteg (stratum intermedium), a csíkolt testek és látótelepek közt *belső toknak* (capsula interna) nevezzük, megkülönböztetésül a csíkolt testek külső oldalán fekvő *külső toktól* (capsula externa). A belső tokból, valamint az agydúczokból az agyfélteke kéregállományához menő idegrostok az úgynevezett *sugárkoszorút* (corona radiata) képezik. A sugárkoszorú sugárszerüen elrendezett idegrostjai közt még erős idegkötegek is vannak elhelyezve, mint eresztékrostok, melyeknek feladata a féltekék egyes részeit egymással összekapcsolni s ezáltal ezek együttes működését lehetségessé tenni. Ez eresztéki idegkötegek a két félteke felelkező helyeit, valamint az ugyanazon félteke különböző részeit is összekötik egymással. A két félteke felelkező helyeit egymással összekapcsoló kiválóan nagy eresztékek: a *mellső agyeresztők* és a *kérgestest* (corpus callosum). Az ugyanazon félteke különböző részeit összekapcsoló eresztékek leginkább a két félteke velőállományának környéki részeiben, mint *ívelt-lemezek* (laminæ arcuatæ cerebri) fordúlnak elő; felületesebben vannak a szomszéd agytekervényeket összekötő ívelt-lemezek, mélyebben azok, melyek egymástól távolabb eső kéregrészeket kötnek össze. A sugárkoszorú és ívelt-lemezek rostjai mind az agytekervények velőlemezeibe és innen a *nagy agykéregbe* térnek, mely utóbbi az egész agyfelület szürkeállományát képezi. Az agykéregben a rostok, részben mint e sejtek tengelyfonalnyulványai, idegsejtekkel függnek össze. Az idegsejteket egymással a protoplasmanyulványokból származó rosthálózat köti össze.

Az *agykéreg* vázát alkotó neurogliában póksejteknek nevezett soknyulványú neurogliasejtek és elszórt magvak fordulnak elő, egy s több magocskával. A neurogliaban, mint alapállományban, elhelyezett idegsejtek közt alak, nagyság és elrendeződés tekintetében lényeges különbség van, miért is a felülethez függélyes irányú metszés által készített górcsői készítményen több egymásba átmenő réteget különböztetünk meg. Meynert e tekintetben mint a legelterjedtebben előforduló typust az öt rétegűt irja le, mely tényleg a féltekék legnagyobb részében megtalálható. Kívülről befelé menve az *első rétegben* a neuroglia foglalja el kiválóan a tért, idegelemek csak gyéren vannak benne. Az idegsejtek aprók, többnyulványuak, sokszögletüek, sőt loboralakuak is. Az egész réteg 0·25 mm. vastag. E réteg sok állat agyában vastagabb, mint az emberében. A *második réteg* úgyan olyan vastag,

mint az első. Itt már sok az idegsejt. Az agyfelületre függélyesen vezetett metszeten e sejtek loboralakúak. A lobor csúcsától egy, aránylag erős nyulvány indul ki, mely az agyfelület felé megy, ezenkívül a sejteknek még több nyulványa is van. A *harmadik réteg* a legnagyobb réteg, 0·7—0·8 mm. vastag. Benne szintén loboralakúak a sejtek, de gyérebben fordúlnak elő és nagyobbak, mint a második rétegben; legnagyobbak a sejtek a gyrus centralis és præcentralis táján (Betz). A sejtek vonalas szerkezetű protoplasmájából több — keresztmetszeten három — nyulványt lehet kiindulni látni. E nyulványok közül a sejt alapjától az agy velőállománya felé haladó nyulvány az idegnyulvány (Deiters-féle tengelyfonalnyulvány), míg a többi nyulvány oszlás utján a Gerlach-féle hálózatot alkotja. Meynert szerint leginkább az Ammon-szarva tartalmaz ilyen nagy sejteket. Általában mozgató központokat ismertek föl bennök. *A negyedik réteg* nem vastagabb, mint az első kettő, benne gömbölyded vagy sokoldalú, ritkán háromszögű, szorosan egymás mellett álló, apró, többnyulványú sejtek vannak; a sejtnyulványok annyira finomak, hogy alig lehet őket felismerni. Az *ötödik réteg* 0·5 mm. vastag, benne a sejtek orsó alakúak. Az orsóalakú idegsejt mindkét végéből hosszú nyulványok indúlnak ki. A barázdák mélyében a sejtek az agyfelülettel párhúzamosan feküsznek, a tekervények csúcsán pedig függélyesen állanak. E sejtek a súgárkoszorú rostjaival nem függnek össze, Meynert szerint az eresztékrostok utjába vannak beiktatva.

Az agykéreg szerkezetének e typusától eltér: 1. a *nyakszirti lebeny csúcsának* szerkezete, mennyiben ezen nyolcz réteget lehet megkülönböztetni és mennyiben a nagy loborsejtek benne teljesen hiányzanak; 2. a Sylvius-féle árok mélyében elrejtett Reil-féle sziget kéregállománya; 3. az *Ammon-szarv* kéregállománya, mely egyedül loborsejteket tartalmaz és végre 4. a *bulbus olfactorius*.

A mennyiben még szükségünk lesz megemlékezni az agyfelület külső alakjáról, és élettanilag nevezetes tekervényeiről s barázdáiról, ezekre majd akkor térünk át, a midőn azoknak élettani működését tárgyalni fogjuk.

86. §. A nyúltagy működése.

A nyúltagyon át mindazok a mozgató impulsusok keresztül mennek, melyek a gerinczagyi idegek útján a test izmait beidegzik, valamint keresztül haladnak azon azok az érző izgalmak is, melyek a törzstől és végtagoktól az öntudat székhelye felé, az agy felé, vezetnek. A legtöbb

agyideg legközelebbi eredéspontja szintén a nyúltagy szürke állományában van. Mindez idegutak nagy részben kapcsolatos összefüggésben állanak egymással, a mi által a nyúltagy a mozgásoknak fontos egyberendező középpontjává lesz, rajta át azért igen különböző reflexmozgásokat is ki lehet váltani. Ezeken kivül a nyúltagy még számos olyan működéseknek is automaticus középpontja, a mely működések az élet fenntartásához feltétlenül szükségesek. Ezek szerint a nyúltagyat, mint *izgalomvezető*, mint *reflexműködéseket kiváltó* és mint *önindító központot* kell tárgyalnunk.

Az izgalom vezető utjait a nyúltagyban annyiban már ismerjük, a mennyiben ezek felismeréséhez a szövettani vizsgálat hozzájárult. Láttuk, hogy a gerinczagy vezetőutjai a nyúltagyban különválnak a szerint, a mint vagy csak keresztül mennek a nyúltagyon, vagy pedig végződnek is benne. Ilyen a nyúltagyon keresztül haladó utak a loborutak, melyek a lobrokban mind összetalálkoznak, valamint a kisagy oldalköteg utjai is, melyek amazoktól elválnak és a kisagy felé haladnak. A hátsó- és mellsőalapkötegekhez tartozó rostok egy része valószínűleg szintén csak áthalad a nyúltagyon. Központi részekkel, nevezetesen a formatio reticularissal, illetőleg az ebben foglalt sejtcsoportokkal, az oldalköteg-maradékokban és talán a mellső- és hátsó-alapkötegekben a nyúltagyig eljutott gerinczagyutak egy része függ össze. Ugyancsak a formatio reticularissal függnek össze a nyúltagy egyes idegmagvaitól, talán még a nucleus funiculi cuneatitól, a kisagytól, a látóteleptől és ikertestektől eredő rostok is; vajjon térnek-e a formatio reticularisba, a lencsemagtól és nagy olajkáktól eredő idegpályák, ez igen kérdéses. A nagy olajkák szürkeállományával függnek össze a kisagyból, az ikkötegmagvakból és talán még az ikertestekből eredő rostok is.

A nyúltagynál magasabban fekvő némely agyrész, mint például a csikolt test vagy látótelepnek az egyik oldalon kellő kiterjedésben való sértését, a test másik oldalán mozgás- és érzés-hüdés követi. Ha a hűdés az arczra is kiterjed, a mozgáshűdés és érzéstelenség itt szintén a sértéssel ellenkező oldalon van. *A mozgató és érző utak tehát mind*, az agyban valahol *kereszteződnek*. A kereszteződés helyét illetőleg kitünt, hogy az agykocsány és a Várol-hid átmetszésekor a törzs és a végtagok izmainak hüdése szintén a metszéssel ellenkező oldalon lép fel, ez utak tehát nem itt, hanem lennebb kereszteződnek. Kitűnt, hogy a nyúltagyban az oldalköteg loborutjai, mint a mozgató utak egy része, az alsó lobor-kereszteződést képezik, az érzőutak egy része pedig a felső loborkereszteződésben tér a túlsó oldalra. A moz-

gató és érző utak többi részei, mint láttuk, úgy tetszik már a gerinczagyban kereszteződnek. Ugyancsak a nyúltagyban lépnek a túlsó oldalra a két fejfél mozgató utjai is. Az izgalom utjainak a nyúltagyban való kereszteződése igen szépen tünik ki, az olyan két kisérletből, melyek közül az egyikben a nyúltagy egyik, például jobb felét, közvetlenül a Varol-féle híd alsó szélének megfelelőleg átmetszük s ezután az agyat izgatjuk, a mikor is a jobb félteke izgatására a baloldali végtagokban alig következik be gyenge rángás, holott a bal félteke izgatását a jobb oldali végtagok élénk mozgása kiséri; a másik kisérletben ugyancsak a nyúltagy jobb felét, de az epistropheusnak megfelelőleg vágjuk át, ekkor azt tapasztalhatjuk, hogy a jobb félteke izgatására a bal oldali végtagok élénken mozognak, míg a bal félteke izgatásakor a jobboldali végtagokban minden mozgás kimarad. A nyúltagyon ilyen alant tett féloldali átmetszés után tehát az állat a metszés oldalán hűdött; a mozgató utak ezek szerint fennebb kereszteződnek. Nevezetes, hogy a metszés után egy idő mulva a végtagok mozgékonyságukat visszanyerik, míg a törzs izmai állandóan hűdve maradnak (Schiff). Innen van, hogy a nyúltagyon így alant műtett állat, ha járni akar, oly körben kénytelen mozogni, mely kör belső oldalának a test ép fele felel meg; csak az ép oldal törzsizmait tudja az állat beidegezni és így erre görbül a teste is. Ha a metszést magasan tesszük a nyúltagyon, az állat teste az ép oldallal ellenkező oldal felé görbül, illetőleg ha jár, oly körben mozog, melynek belső oldala felé a test sértett fele néz; itt tehát a mozgató utak már kereszteződtek. Schiff e mozgászavarokat kivált nyulakon tanulmányozta, azonban békán is szépen lehet ezeket látni. A nyúltagy féloldali sértése után emlősök és békák néha hengeredő mozgást is végeznek, nevezetesen akkor, ha a tuberculum acusticum táján, vagy a corpus restiforme-nak megfelelőleg mélyen sértjük a nyúltagyat, ilyenkor az állat saját teste körül hengeredik a sértett oldal felé való irányban. Néha a szemek állása és a fejtartás is megváltozik: így a calamus scriptorius csúcsától fel a tuberculum acusticumig vezetett mély metszésre a sértett oldal szeme lefelé s előre, a túlsó oldalé fel- és hátrafelé fordúl. Mind e mozgások és testtartások eltünnek, mihelyt a túlsó oldalon hasonló metszést teszünk. Ez úgynevezett *kényszermozgásokra* más helyen még visszatérünk.

Hogy a *nyúltagy a mozgásoknak* mennyire fontos *egyberendező központja*, kitünik az állatokon a nyúltagy jelenléte mellett kiváltható mozgásokból. Béka, melynek csak gerinczagyát hagytuk meg, asztalra téve összelapúltan fekszik ott, hátára forditva nem törekszik visszafor-

dúlni, vízben, mint valamely élettelen test alámerül, bántalmazva csak a bántalmazott lábát nyújtja ki, ha deszkára tesszük s ezt egyik végén felemeljük, hogy az állat súlypontja más felé essék, a béka a deszkáról leesik, anélkül, hogy egyensúlyát rajta megtartani csak meg is kisértette volna. Ellenben ha a nyúltagyat meghagyjuk a béka ugyan önként szintén nem mozog, de testtartása megegyezik amaz ülőhelyzettel, melyet az ép béka szokott elfoglalni, hátra fektetve visszafordulni törekszik, a vízben úszik és ha a vizet lassan felmelegítjük, ebből, mihelyt hőmérséke 35—37 C°-ra emelkedik, kiszabadúlni igyekszik, ha lábát megcsípjük vagy szúrjuk az állat elcsúszik sőt néha ugrásokat is tesz. Melegvérű állatok, melyek központi idegrendszerének összefüggését a nyúltagygyal és gerinczagygyal metszés által megszakitottuk, sikóltanak, ha bántalmazzuk, mozgásaik pedig a sértetlen állat mozgásaival megegyeznek; de helyét az így műtett állat önként nem változtatja meg (Flourens, Brown-Séquard, Ferrier). Ha a béka nyúltagyát a calamus scriptorius hátsó felületének megfelőleg megnyomjuk, vagy ha az állatot bizonyos anyagokkal — például pikrotoxinnal — mérgezük, akkor általános görcsök következnek be. Nothnagel, az ala cinerea-tól fel a locus ceruleusig terjedőleg a nyúltagyba, vastagsága egy harmadáig beható tűszúrásokkal okozott sértések által, szintén görcsöket váltott ki. E görcsök akkor is bekövetkeztek, ha a nyúltagyat az agytól a tubercula acusticá-k előtt vezetett metszés által elszakitotta, ellenben elmaradtak, a mint e metszést a tubercula acusticá-k hátsó szélénél vezette el. Kussmaul és Tenner nehéznyavalyaszerü rohamokat észleltek olyan nyulakon, a melyeknek minden agyütőerét lekötötték. E görcsök még akkor is bekövetkeztek, ha az agyat a Varol-féle hídig eltávolitották és elmaradtak, hogy ha aortalekötés által a vért a gerinczagytól távol tartották.

A legtöbb agyideg a nyúltagy szürkeállományából eredvén az ez idegek *útján kiváltható reflexmozgások legnagyobb részét a nyúltagy közvetíti.* Ilyen reflexmozgás a *szemzárása* a pillaszőrök, kötőhártya vagy a porczhátya érintése alkalmával. Ilyenkor a n. trigeminus illető ágai, a n. infraorbitalis és lacrymalis vezetik az izgalmat a nyúltagyhoz, a hol az a n. facialisra, közelebbről a n. zygomaticusra terjed át és a m. orbicularis palpebrarum-ot összehúzódásra indítja. Egy másik ide tartozó reflexmozgás a *nyelés.* Mihelyt a lenyelendő anyag a nyelvgyökén túl ért, a nyelés akaratunk minden hozzájárulása nélkül, reflex utján, foly le. A lenyelendő darab izgatja a n. glossopharyngeus és n. vagus megfelelő érző rostjainak idegvégeit, ezek izgalma a nyúltagyban moz-

gató idegrostokra terjed át, melyek a nyelést eszközlő izmokat beidegzik. Ugyancsak reflex utján tartja fenn a nyúltagy a *rágásnál és szopásnál* tett mozgásokat is. E reflexmozgások érző útjai a n. trigeminus- és n. glossopharyngeusnak a szájürben és ajkakon végződő idegrostjaiban van, a nyúltagyban e rostok izgalma a n. facialis, n. hypoglossus és a n. trigeminus harmadik ágának megfelelő mozgató rostjaira terjed át. A rágó-izmok reflectoricus beidegzésének központja a nyúltagyban a nyúltagy bántalmainak felismerésére jellemző, mert ha a reflexingerlékenység fokozódásával járó valamely agy-gerinczagy bántalom a nyúltagyig eljutott, akkor a rágó-izmok állandó görcse, az úgynevezett *trismus*, következik be. *A nyálelválasztás* reflexközpontja szintén a nyúltagyban van. A szájür tapintás- és ízérző idegeinek izgatása által keltett és a megfelelő idegek útján a nyúltagyig eljutott izgalmak a n. facialis- és n. glossopharyngeusnak a nyálmirígyekhez haladó idegrostjaira terjednek át. Innen van, hogy állatoknál, az agy teljes hiánya mellett is, a szájnyákhártya izgatása által nyálelválasztást lehet megindítani. Nevezetes reflexközpontja a nyúltagy a *tüsszentésnek* és *köhögésnek* is. Az orrnyákhártya érző idegeinek (a nerv. nasales ant.) izgalma, átterjed a lágy szájpad izmait és a kilégző izmokat beidegző idegekre és kiváltja azt az erélyes kilélekző mozgást, mely a lágyszájpad izmai által a torok és orr közt képezett zárt áttöri és az orrürben esetleg foglalt idegen testeket kilöki. Ha pedig a gége, légcső és hörgök nyákhártyáját valami izgatja, az ez által okozott idegizgalom a n. laryngeus sup. illetőleg a n. vagus érző ágai útján elterjed a nyúltagyba és innen a n. laryngeus inferiorra valamint a kilélekző izmok idegeire. A n. laryngeus superior izgatása miatt a hangrés záródik, a kilélekző izmokat ellátó idegek izgalma pedig erélyes kilélekző mozgást okoz, mely által e zárt áttöri és a légutakban esetleg foglalt idegen testeket vagy váladékokat azokból kihajtja. A nyúltagyban van a *hányás* reflexközpontja is. A torok vagy gyomor nyákhártyájának izgatása útján kiváltott érző izgalmak a nyúltagyban átterjednek a megfelelő mozgató idegekre, melyek izgalma a rekeszt és a hassajtó egyéb izmait összehuzódásra indítja. Végre a nyúltagyban vannak még a *szemür* és *szemhéjak síma izomsejtjeinek*, valamint a *látólik tágító izmának* felső reflexközpontjai. A nyúltagyban az odaeljutott izgalom a n. trigeminusba és a nyakigerinczagyba, innen pedig az együttérző idegbe terjed el (293. és 387. lap).

Mind e reflexközpontok többé-kevésbbé magasabb agyközpontok befolyása alatt állanak. A szemhunyorítást, nyelést, rágást, szopást

akaratunktól függ megindítani. Más reflexközpontokra lelki állapotunk van lényeges befolyással, így a nyálelválasztás és hányás központjaira. A reflexmozgások közül némelyek közelebbi kapcsolatban is állanak egymással, így a nyálelválasztás és a hányás, a tüsszentés és a köhögés; a hányást sokszor erős nyálelválasztás szokta megelőzni; ha pedig a köhögést erősen visszatartjuk, tüsszentés következik be. Leginkább el van még különítve a szemzárás és a nyelés reflexközpontja a többi reflexközpontoktól.

Az elősorolt reflexközpontokon kivül vannak a nyúltagyban olyan *önálló működést fenntartó központok* is, melyek rendes működésétől az egyén élete függ. Ilyenek a lélekző, a véredénymozgató, a szívmozgást gátló és siettető, valamint az izzadást fenntartó központok.

A lélekző központ a nyúltagyban a calamus scriptorius csúcsától két oldalt esik, kifelé az ala cinerea-tól. Flourens e helyet életcsomónak, nœud vital-nak, nevezte el. Az itt levő idegsejthalmazokat tekintik legtöbben a lélekzés központjának, azonban Gierke és Heidenhain olyan idegsejthalmazt nem voltak képesek felismerni, a melynek elpusztítása lélekzésszünetet okozott volna, ellenben találtak hosszirányban haladó idegrostokat, melyek mind két oldalon való átmetszésére minden lélekző mozgás elmaradt, míg ha ama rostokat csak az egyik oldalon metszették át, a lélekző mozgások az ép oldalon fennmaradtak. A lélekzőközpont felső részének elpusztítására a lélekző mozgások a fejen szűnnek meg, alsó részének elpusztítására pedig a törzsön maradnak ki. Ez önindító központ beidegzése a vér összetételétől, nevezetesen ennek éleny és szénsav tartalmától függ, valamint befolyással vannak reá reflex útján különböző érző idegek impulsusai is.

Az edénymozgató központ, mely a véredények izomelemeinek beidegzését szabályozza Ludwig és Thiry szerint a házinyúl nyúltagyában a csüllőalakú árok felső részétől indul ki és 4—5 mm.-rel a calamus scriptorius előtt végződik. Egészben mintegy 3 mm. hosszú, $1^1/_2$ mm. széles. Itt is minden testfélnek megvan a maga központja. E központ, úgy mint a szív mozgásgátló központja, bizonyos fokban állandóan be van idegezve. Izgatására az edények, nevezetesen a kis ütőerek, erősen összehúzódnak, a visszerek és szív vérrel jobban telnek meg és a vérnyomás a nagy ütőerekben nő. Ha e központot elpusztítjuk a véredények fala erősen petyhüdt lesz és a vérnyomás tetemesen sülyed. A központ úgy automaticus valamint reflex úton is beidegezhető.

Ez *edényszükítő*, (vasoconstrictor) központon kivül, a mint látszik, a nyúltagyban *edénytágító* (vasodilatator) központ is van, melynek

hatása a véredényekre olyanszerű, mint a szívmozgásgátló központ befolyása a szívmozgásokra.

A *szívmozgásgátló központ* közel fekszik a lélekzőközponthoz, izgalma a szívmozgásokat ritkítja, sőt a szívet vérrel telt állapotban megállítani is képes. Beidegzése automatice történik, úgy mint a lélekző központé, valamint reflex útján is. Izgalma vagusrostok útján jut el a szívhez.

Hogy a nyúltagyban *szívmozgás siettető* központ is van, erre abból következtetünk, hogy a vagusok előzetes átmetszése után a nyúltagy izgatására a szívmozgások megszaporodnak. A siettető impulsusok útjai a nyaki gerinczagyban mennek le, az alsó nyaki és a felső melli idegek utján az együttérző ideghez csatlakoznak, innen nagy részben az első melli dúczon és az ansa Vieussenii-n át a plexus cardiacushoz jutnak. Ez ágak alkotják a n. accellerans cordis-t.

Az *izzadás*-nak a nyúltagy mind két oldalán levő egy-egy központjának jelenlétére utalnak azok a tapasztalatok, melyeket Adamkiewitz és utána mások tettek, midőn a nyúltagy izgatására fiatal macskáknak mind a négy végtagján bő izzadást láttak beállani. Ez izzadás $^3/_4$ órával a lélekzés és szívverés megszünte után még megindítható volt.

Végre meg kell még emlékeznünk ama feltünő *befolyásról, melylyel a nyúltagy bizonyos helyeinek sértése a vizelet mennyiségére és minőségére van.* Bernard Cl. tapasztalta, hogy nyulaknál a negyedik agygyomor fenekének az életcsomó előtt való sértése után 1—2 óra múlva czukor lép fel a vizeletben. Bernard a kísérletet oly módon tette, hogy, közepén rövid kiálló tompa hegygyel ellátott, véső alakú kis eszközt szúrt a házinyúl nyakszirtcsontja mögött levő sekély mélyedésbe, ezután az eszközt a nyakszírt hátsó falán, csont és kisagy közt, előre tolta és így bejutott a nyúltagyba. E műtét következtében *czukroshúgyár (diabetes mellitus)* lépett fel. A hólyag húgygyal gyorsan megtelt, és a húgy czukrot tartalmazott. Eckhard tapasztalta, hogy a *féreg* sértésére szintén czukroshúgyár, esetleg tiszta polyuria is fellép. Hogy miért szaporodik a vizelet a nyúltagy sértése következtében és miért jut czukor belé, ezt biztosan nem tudjuk; mint más helyen majd látni fogjuk, több mint valószínű, hogy a czukroshúgyár lényegesen összefügg a májbeli glycogenképződéssel és vérkeringésviszonyokkal.

87. §. A Varol-féle híd és az agykocsányok működése.

A Varol-féle hídban és agykocsányokban foglalt szürke állományú góczok működéséről semmi tudomásunk nincsen. Ez agyrészeket csak mint az agyat a gerinczagygyal összekötő utakat ismerjük, melyekben a centripetal és centrifugal idegpályák haladnak.

A *Varol-féle híd* átmetszését mozgás- és érzés-hűdések, valamint a véredények elernyedése, síma izom elemeinek hűdése követi. A hídban az idegutak hossz- és keresztirányban haladnak. Schiff a hosszirányban vezető utak egyoldali átmetszése után teljes hűdést észlelt az állatnak a sértéssel ellenkező oldal hátsó lábában. Az így bénult állat ama lába körül, mint központ körül, mellső lábain oly körben mozgott, a mely körnek sugarát teste képezte; e mozgás tehát az óramutató mozgásához hasonlított. A híd keresztirányú rostjai a kisagyat a híddal összekötő szárakba, (crura cerebelli ad pontem) mennek át. Ezek egyoldali átmetszése után az állat a féloldalon többé-kevésbbé bénult és e bénult oldal felé való irányban forog saját teste körül. Felületes metszések után az állat felállani és járni tud ugyan, de mindenkor körben forog.

Az egész Varol-féle híd féloldali átmetszése után a test izmai a túlsó oldalon, az arczizmok pedig a sértés oldalán hűdve vannak (Gubler). Hasonlót látszanak bizonyítani a kórodai tapasztalatok is, a mennyiben a Varol-féle híd féloldali megbetegedésekor nem ritkán az arczizmoknak a megbetegedéssel azonos, a test izmainak pedig az avval ellenkező oldalon való bénulását észlelték. Ha hozzá tesszük, hogy a csíkolt testek megbetegedését kísérő bénulás, ugy az arczon mint a testen, a megbetegedéssel ellenkező oldalon lép fel, akkor csakugyan valószínűnek kell tartanunk azt, hogy a n. facialis utjai a hídban lépnek a tulsó oldalra, míg a törzsizmok idegutjai a híd alatt kereszteződnek.

A mi az *agykocsányokat illeti,* az egyik agykocsánynak a Varol-féle híd előtt közvetlenül történt átmetszése után a metszéssel ellenkező oldalon görcsök, véredényszükülés és nyálfolyás, továbbá az izgatás által okozott tünetek következnek be; később tökéletlen izomhüdés (paresis) a véredények bénulásával, valamint teljes érzéstelenség, mint hűdéstünetek állanak be. Az állat ilyenkor a hűdött oldal felé irányított körben jár (manége-mozgás). Az agykocsányoknak házinyulaknál különböző magasságban történt átmetszése által nyert eredményekből Afanasieff következteti, hogy a mozgató utak keresztező-

dése csak a tuber cinereum táján ér teljesen véget, míg az érző utak az egész agykocsányt átjárják már kereszteződés után. Ezek szerint a test teljes féloldali bénulása, az agynak a hűdéssel ellenkező oldalán, az agykocsányok felett történt sértésének a következménye volna; újabb vizsgálók szerint azonban a mozgató utak kereszteződése is már az agykocsányok alatt egészen be volna fejezve.

88 §. A kisagy működése.

A kisagy sértését és izgatását kisérő tünetek valamennyien, a kisagyat a testmozgásokat coordináló szerv gyanánt tüntetik fel. A béka, melynek gerinczagya, nyúltagya és kisagya meg van, míg többi agyrészeit mind eltávolítottuk, biztosabban tud menekülni ha bántalmazzák, könnyebben fordul vissza ha hátra fektetjük, mint mikor kisagya is el van távolítva (Goltz). A kisagy féloldali sértését mozgászavarok követik a test tulsó oldalán. Flourens tapasztalta galambokon, hogy ha a kisagy felületes részeit eltávolította az állat mozgásai bizonytalanok lettek, e zavar azonban lassan eltűnt; ha a kisagy kiirtásával ezen szerv közepéig előhatolt, rendetlen mozgások következtek be; végre, ha a kisagy legmélyebben fekvő részeit is kimetszette, az állat járni, repülni, teljesen képtelen volt. A hátára fektetett galamb, bár mennyire igyekezett visszafordulni, erre nem volt képes. A rendetlen mozgásokból eredő e tehetetlenség állandóan megmarad, míg csak az állat el nem pusztúl. A kisagy mind két felének kiirtását nem követi zavar a mozgások összerendezésében, az állat csak gyengének tetszik, könnyebben fárad el, járása bizonytalan, ingadozó lesz. Az így műtett állatok gyakran hánynak és hátrafelé mennek; galambok például hátra felé repülnek (Magendie). Házinyulaknál a kisagy féltekéi oldalrészeinek eltávolítására mozgászavarok nem következnek be, azonban beállanak mihelyt a kisagy két felét összekötő idegállományt kettéválasztjuk (Nothnagel).

Az izgatást kisérő tüneteket illetőleg tapasztalták, hogy a szabadon kikészített kisagy vagy féreg felületének gyors lehűtésére a törzsön, fejen és szemeken rángások következnek be. Melegített tűvel történt izgatásra az állat fejét és testét a sértett oldallal ellenkező oldal felé fordítja, ezen kívül az arczizmok is összehúzódnak. Erőművi izgatáskor a fájdalomnak minden jele hiányzik, e mellett azonban mozgások lépnek fel a törzs és végtagok izmaiban, valamint a n. trigeminus, n. facialis és n. hypoglossus által ellátott izmokban is. E mozgások eleintén az izgatott, később kizárólag az izgatottal ellenkező oldalon

jelentkeznek (Nothnagel). Nevezetesek a kisagy villamos izgatásakor észlelhető tünemények. Hogy ha, az elektrodokat a két fülre illesztvén, valakinek fején keresztül állandó villamáramot vezetünk, az illető az anod oldalára esik. E mozgás önkéntes, az illető úgy érzi, mintha teste a kathod oldalán egyensúlyát elvesztette volna s hogy azt megtartsa az anod-felé veti magát. Hasonló mozgást házinyulakon is lehet látni, sőt ha az áram elég erős, az állat az anod oldala felé saját teste körül hentereg. Az áram megszakítása pillanatában az ember vagy állat a kathod felé esik el. E mozgásokat megfelelő szemmozgások is kisérik; mind két szem az áram irányában tér ki gyors, rángásszerű mozgások alatt (nystagmus). E zavarok bekövetkeznek csukott úgy, mint nyitott szemnél is.

Emberek a kisagy teljes elfajulása mellett járni tudnak, de könnyen esnek el, járásuk bizonytalan ingadozó, mint a részeg emberé (Ferrier). A kisagy sértése tehát embernél is mozgászavarokat okoz.

Mind ez idézett tapasztalatok a kisagyat az akaratlagos mozgásokat, nevezetesen pedig a járást coordináló szerv gyanánt tüntetik elő. Bár nem szabad szem elől tévesztenünk azt, hogy a villamos átáramoltatás alatt észlelt szédülési tünetek, nagy valószinűséggel a félívjáratok idegvégeire és nem a kisagyra gyakorlott áramhatás eredményei lehetnek. E mellett szólanak Högyes kisérletei, ki a hártyás félívjáratoknak a fossa mastoideaból tett kétoldali kiirtása után nyulaknál azt tapasztalta, hogy azok testök egyensulyát megtartják ugyan, de önkéntes járásra többé nem képesek. Ama kisérleteket azért, kellő óvatosság mellett, mielőbb ismételni szükséges. A mozgásokat összerendező működésnek nyilván a kisagy szürke állományában kell lefolyni, melyhez az akarat által megindított mozgásizgalmak eljutnak és mely ez izgalmakat kellően rendezve, a centrifugal irányban vezető mozgásutakba tovább indítja.

Befolyást tulajdonítottak a kisagynak az *érzésekre* is. Azonban egyfelől a kisagy sértése semmi zavarral sem jár az öntudat és érzékszervek működésében, másfelől pedig e működésekkel felruházott más agyrészeket ismerünk. Némelyek a kisagyat az *izomérzések* székhelyének tartották. Erre következtettek az ez agyrész sértését követő mozgászavarokból valamint kisagy-beteg egyének azon panaszából, hogy mozgászavaraik onnan vannak, mivel úgy érzik mintha a föld lábuk alatt kisiklana (Lussana és Morgagni). Eddigelé a vizsgálatok még kellő positiv adatokat nem szolgáltattak, a melyek alapján e felvétel elvethető vagy bebizonyítottnak tekinthető volna. Végre megemlíthet-

jük még Gall-nak azt a feltevését, a mely szerint a kisagy a *nemi ösztön* szerve volna. E felvételnek, mint a phrenologok állításai legnagyobb részének alaptalan volta, már rég ki van mutatva.

89. §. Az ikertestek működése.

Az ikertestekben a szemmozgások rendeződnek és igen valószínüleg egyéb testmozgások is. Ha a béka agyát az ikertesteknek megfelelő látólebenyek (lobi optici) megett eltávolítjuk, a béka megvakul és mozgásai olyan zavartak lesznek, mint emlősállatoknál szoktak lenni a kisagy sértése után. A látólebenyek kisagygyal határos részének eltávolítása után az asztalra letett béka az ép oldal felé irányított körben mozog; e mozgás egy idő mulva megszünik, az állat kimerült, azonban feje ezalatt is az époldalon lejebb és oldalra fordítva van. Ily helyzetben a béka mindaddig nyugodtan megmarad míg nem izgatjuk, minden erőművi ingerre bekövetkezik körben való mozgása. A vízben is körben úszik a béka; e kényszermozgásai azonban rendezettek. Az egyik látólebenyen diagonalis irányban vezetett metszés után, midőn a metszés által okozott izgalom lejárt, a béka a sértett oldal felé körben mozog, gyakran hátra is esik, hasonlóképen körben úszik a vízben is szintén a sértett oldal felé való irányban. Néha a sértett béka hentergő mozgást is tesz (Steiner). Ha valamely békán az agyat eltávolítjuk, de a látólebenyeket és az ezek megett következő központi idegrendszerrészeket meghagyjuk, a béka hátának vagy oldalainak gyöngéd símogatására rendszeresen brekeg. Galambok, a melyek nagyagyát, csíkolt testjeit és látótelepeit Vulpian eltávolította, még képesek voltak fennállani. Hasonlóan mütett házinyulak izgatásra nehány lépést előre is tettek. Flourens szerint a mozgások ilyenkor rendetlenek s nem ritkán kényszermozgásban is nyilvánulnak, csak úgy mint a békánál. Longet egyébiránt e kényszermozgásokat részben az agykocsányok, részben az ikertestekhez vezető látóidegrostok sértéséből származtatja. Az ikertestek kiirtása, különben sértetlen agy mellett is, vaksággal és szivárványhártyahüdéssel jár, mely az ikertestek féloldali kiirtása után, a látóidegeknek a chiasmában való kereszteződés módja szerint, az ugyanazon oldali vagy a túloldali szemet illeti meg. Az agynak az ikertesteknél magasabb részeinek eltávolítása után az állatok még némileg látnak: béka erős árnyékot vető test elől kitér, ha az úgy mütett állat szeméhez hirtelen közeledünk, behunyja szemét. A látásérzéki benyomásokat tehát az állat némileg megérzi, teljes öntudatra azonban ezek csak az agykéregben jutnak.

Az associált szemmozgások és a pupilla reflexmozgásainak központja is a felső ikertestekben van (lásd a 336. l.-t). E két központ olyan benső kapcsolatban van egymással, hogy a pupilla nemcsak a látóideg által idegeztetik be reflex utján, hanem a pupilla tágassága a szemmozgásokkal is változik. A pupilla szűkül, ha a szemeket be- és lefelé fordítjuk és tágul ha a szemeket a primärállásba hozzuk, vagy ha felfelé nézünk.

A mi a szemmozgásokat illeti Adamük vizsgálataiból kitűnt, hogy a jobb felső ikertest izgatására mindkét szemteke balra, a balnak izgatására jobbra fordul. Sőt a két felső ikertest különböző pontjainak izgatása által igen különböző szemmozgásokat lehet megindítani, melyek mindkét szemen mindig ugyanazon irányban történnek. Erősebb izgatásnál az állat feje is egy irányban mozog a szemekkel. A két felső ikertestnek egymástól való elválasztása után, már csak az izgatott oldal szeme mozog. Adamük tapasztalatai szerint a felső ikertestek mellső részének közepén történt izgatására a szemek látóvonalai párhuzamos állásba kerülnek, hátrább eső részek izgatására mind két szem felfelé fordul a pupilla pedig tágul. A felső ikertestek hátsó alsó részének izgatására végre a szemek erősen összetérnek s lefelé fordúlnak. Még feltünőbb módon következik be e szemállás, ha az aquæductus Sylvii fenekét izgatjuk. Ennek mellső részében találták Hensen és Völckers a szivárványhártya összehúzódásának központját. A tractus opticus a brachium conjunctivum anterius útján tér be a felső ikertestbe s terjed el az alsó ikertestig (Bechterew), innen jutnak rostok az oculomotorius magvakhoz, melyekben a szivárványhártya záróizmának reflexközpontja van. Az alsó ikertesteknek állandó villamárammal való izgatására nyulakon Adamük testmozgásokat is látott bekövetkezni, mások azonban nem (Knoll). Bevezetett áramcsapások alkalmazására erős testmozgások következtek be, az állatok felkiáltottak (Ferrier). Kérdéses csak vajjon ez utóbbi mozgások nem-e az áramnak az ikertestek alatt levő agykocsányokra való átterjedésének az eredményei, a mi annál valószínűbbnek látszik, minthogy erőművi ingerrel az alsó ikertestektől mozgásokat kiváltani eddigelé még nem sikerült.

Észleltek még az ikertestek izgatására változásokat a vérnyomásban és légzésben, valamint mozgást a nyelőcső-, a gyomor-, belek- és a húgyhólyagban is; e tünetek oka valószínüleg az ingernek a nyúltagy megfelelő központjaira való átterjedésében keresendő.

90. §. A csíkolt testek és látótelepek működése.

A csíkolt testek a testmozgásokkal, a látótelepek a látással állanak bensőbb összefüggésben; Ferrier szerint a látótelepek kiirtása alkalmával a látáson kívül egyéb érzések is szenvednek.

A *csíkolt testek* majomnál való kiirtását egyik oldalon, tartós bénulás követi a túlsó oldalon (Ferrier); kutyáknál e hűdés mulékony. Mindkét lencsemag chromsavval történt kiirtása után házinyulak órákig mozdulatlanúl elülnek, bántalmazva egyet ugranak, majd ismét nyugodtan megállapodnak (Nothnagel). Magendie a csíkolt testek szürke állományának kiirtása után előre irányított kényszermozgást látott. Nothnagel a farkalakú mag közepének az agygyomorral határos részének, tűvel való izgatásakor, vagy tömény-chromsavnak abba való befecskendezése alkalmával, rövid nyugalom után, az állatokat felugrani s futásnak eredni látta; az állat egyenesen előre vagy körben futott mindaddig, a míg kimerülve össze nem rogyott. Az így műtett állatok érzékenysége, kivált hallás- és látásérzéki benyomások iránt, fokozódva volt. Nothnagel a farkalakú mag e helyét e miatt *nodus cursorius*-nak nevezte el. Villamos izgatásra Ferrier kísérleteinél az állat testizmai az izgatással ellenkező oldalon erősen összehúzódtak, pleurothotonus jött létre. Gliky külön izgatta a csíkolt testek szürke állományát és külön az ezt környező fehérállományt s úgy találta, hogy nem a szürke, hanem a fehérállomány izgatására következnek be izomrángások és pedig hogy a hely szerint, melyre az inger behat, különböző izomcsoportok húzódnak össze. E tapasztalatok megegyeznek avval, hogy a mozgató loborutak a belső tokban haladnak felfelé és arra látszanak utalni, hogy a csíkolt testek közvetlenül nem ingerlékenyek.

Embernél a csíkolt testek mellső részének a belső tokkal együttes elpusztítása maradandó bénuláshoz vezet, ha pedig csak a lencsemag és a farkalakú mag vannak sérülve, a hűdés idővel el is tűnhetik. Érzéstelenség a bőrben és egyéb érzékszervek működésének zavara, a belső tok hátsó részének sértését követi.

A *látótelepek* kiirtására már régen láttak vakságot bekövetkezni, nevezetesen ha a látótelepek mellső felének felületes rétegeit irtották ki (Renzi, Nothnagel, Ferrier). Ferrier Hughling-Jackson után oly esetet ír le, melyben a jobboldali látótelep hátsó része egészen elváltozva, a látótelep hátulsó gumója (pulvinar) pedig elpusztítva volt. Ez egyén bal oldalát csak nehezen tudta mozgatni, itt a tapintás- és szagérzés csökkenve volt, épen úgy csökkentnek látszott az ízlelés és

hallás is a baloldalon, e mellett mind a két szemen baloldali hemiopia is jelen volt, jeléül annak, hogy mindkét szem ideghártyájának jobb fele bénult. A látótelepeknek a mozgáshoz való viszonyát illetőleg tény, hogy azok sértését és izgatását különböző mozgászavarok kísérik. Békánál a látótelepek féloldali eltávolítására az ép oldal felé irányított óramutató-szerű mozgások következnek be, e mozgások később megszűnnek, az állat nyugalomba jön, sőt izgatásra is egyenesen előre megy. Az óramutató-szerű mozgás tehát múló és így nem hűdésnek, hanem a műtét által okozott izgatásnak az eredménye (Steiner). Emlősállatokon tett erőművi izgatásra igen eltérő mozgászavarokat észleltek. Házinyulakon az egyik látótelep hátsó részének sértését az ép oldal felé irányitott körmozgás követte, mellső részének sértésekor pedig a mozgás a sértett oldal felé volt irányítva (Schiff). E kényszermozgások daczára nem lehet a látótelepeknek a mozgásokkal összefüggést tulajdonítani, minthogy Nothnagel a látótelepek teljes kiirtása után semmi zavart a mozgásokban nem látott.

Úgy a látótelepek, valamint az előbb leírt nyúltagy, agykocsányok, híd, kisagy és ikertestek sértésére az úgynevezett *kényszermozgásokat* láttuk bekövetkezni. E kényszermozgások legnagyobb része az illető agyrész féloldali sértésére következik be és a sértés által okozott izgatásnak, vagy bizonyos izmok bénulásának a következménye, mely utóbbi esetben a nem bénult izmok működése túlsúlyra emelkedik. Hogy egyes esetekben a két ok közül melyik van jelen, ezt eldönteni sokszor igen nehéz. Ha a kényszermozgás múló, akkor azt méltán izgatás eredményének tekintjük. Landois említi, hogy sokszor a sértés után közvetlenül a kényszermozgások ellenkező irányuak voltak, mint később; ilyen esetben a kezdetben jelen volt mozgás a sértés által okozott izgatásnak, a később beállott ellenirányú kényszermozgás pedig a hűdésnek volt következménye. Sokszor a kényszermozgások a szédülésnek következményei is. Agybeteg emberek, kik kényszermozgást végeznek, a kényszermozgás okaként azt hozzák fel, miszerint olyan érzésük van, mintha a talaj lábuk alól elsiklanék, mintha egyik oldal felé esnének, s hogy ezt megakadályozzák, azért mozognak vagy forognak az ellenkező oldalra, vagy esnek előre. Ily esetekben a mozgások egyberendezésének hiánya, valószínüleg zavart érzéki benyomásoknak következménye.

91. §. Az agykéreg, mint a szellemi működések középpontja.

Az akarat, figyelem, emlékezet és minden egyéb szellemi működés az agyféltekék kéregállományához van kötve. Fel kell tennünk, hogy az *akarat*, mely által idegeket és az ezekkel összefüggő végszerveket működésre indítani képesek vagyunk, az agykéregben támad. Az akarat befolyása alatt áll a *figyelem*, az agykéregnek olyan változása, melynél fogva az egy pillanatban beható számos érzéki benyomás közül egyetlen egy, vagy egyesek jutnak öntudatunkra, míg a többieket észre sem vesszük. Midőn például egyik szemünkbe vörös a másikba kék fény esik, figyelmünktől függ a két szín közül egyiket vagy a másikat észrevenni. Sőt figyelmünk segedelmével a reánk történt behatásokat utólag is felismerhetjük, még ha ezek tartama alatt reájok nem is figyeltünk volna. Így lehetséges, hogy mialatt olvasunk vagy írunk, a toronyóra ütéseit nem vesszük észre, de ha, akár csak az utolsó ütés által, figyelmesek leszünk reájok, megszámlálhatjuk azokat, még miután már meg is szűntek. Naponként sok ezer érzéki benyomás ér bennünket, de csak kevés marad *emlékképben* vissza, azok tudniillik, a melyekre figyelmünk kiválóan irányítva volt. Érzékszerveinkre történt az a behatás tudniillik, mely figyelmünk hozzájárulása által öntudatunkra jutott, az agykéregben kisebb-hosszabb ideig fennmaradó változást okoz; e változás folytán képesek vagyunk az egyszer támadt érzést mint már jelen voltat felismerni. Ugyancsak az agyféltekék szürke állományában folynak le mindazok a működések, melyek segedelmével nyert benyomások alapján *képzeleteket* és *ítéleteket* alkotunk magunknak.

Hogy az agykéreg a szellemi működések központja számos, kivált állatokon, de emberen is, tett észlelet bizonyítja.

Minél kevésbbé vannak valamely gerinczesállat féltekéi kifejlődve, annál alacsonyabb fokú annak szellemi képessége is. Alsóbb rendű gerinczesállatoknál, a halaknál és békáknál, *minden agyrész elülről hátrafelé egymásután következik;* ezen kívül az agyféltekék a halaknál a látólebenyeknél is jóval kisebbek, békáknál ezeknél már valamivel nagyobbak. A madarak közül a galambnál a félteke már akkora, hogy részben a látólebenyeket fedi. Az emlősállatoknál is a féltekék az állat szellemi képességének foka szerint különbözőképen vannak kifejlődve; így a kutyánál egészen fedik az ikertesteket, embernél pedig oly nagyok, hogy a kisagyat is teljesen borítják.

Az *agy súlya a test súlyához viszonyítva* általában szintén annál nagyobb, minél nagyobb valamely állat szellemi képessége; e növeke-

dést az agysúlyban pedig kiválólag a félteke nagyobb volta okozza; embernél például az agyféltekék az agysúly $^7/_8$-dát teszik. Így aránylik az agysúlya a testsúlyához a csukánál mint 1 : 1300-hoz, a békánál mint 1 : 1100-hoz, a juhnál mint 1 : 351-hez, a galambnál mint 1 : 104-hez, a kutyánál mint 1 : 103-hoz, a majomnál mint 1 : 40-hez és az embernél mint 1 : 30—35-hez. Kivétel fordul elő természetesen olyan állatoknál, melyeknek aránytalanul nagy a testsúlya, mint a teknősbékánál (1 : 2240), vagy elefántnál (1 : 500); de ha az ilyen kivételektől eltekintünk, az agysúly a testsúlyhoz arányítva annál nagyobb, minél nagyobb az állat szellemi képessége. Sőt az emberek között is nagyobb intelligentiával bíró egyének agya átlag súlyosabb a szellemi képesség alantabb fokán állóknál. Az ember agysúlya Huschke szerint középértékben 800—1600 gramm közt ingadozik. E középsúlynál könnyebb agygyal birnak a kisfejűek (mikrokephal-ok) és hülyék (kretin-ek); nehezebb volt például *Cromwell* agya 2233 grammal, *Cuvier-é* 1829 és *Lord Byron-é* 2283 grammal. Azonban igen természetes az is, hogy a nevelés és gyakorlat bizonyos határig a kisebb agysúlylyal bíró ember szellemi képességét ép úgy fokozhatja, mint a hogy a nagy agygyal bíró, elhanyagolt nevelés mellett, tudatlan maradhat. Magasabb szellemi képességgel bíró gerinczesállatok és emberek agya *agytekervényekben* is dúsabb, miáltal az agy felülete és így kéregállománya nagyobb lesz. A halak, békák és madarak agyféltekéinek felülete egészen síma. A házinyúl agyán minden oldalon két mélyedésnek és emelkedésnek nyoma látható. A kutyánál az agytekervények már határozottan ki vannak fejlődve; számosak már a majmoknál, legnagyobb számban pedig az embernél vannak, itt ismét a hülyék agya igen szegény tekervényekben. Wagner H. aranyhabbal vonta be egyes hullák agyát s ennek súlyából határozta meg az illető egyének agyfelületét, így a híres mathematikus *Gauss* agyának felületnagyságát 2196, *Fuchs* klinikusét 2210 és egy *Krebs* nevezetű kézművesét 1877 □ cmt. kiterjedésűnek találta.

Mind e felhozott tapasztalatok igazolják az állat és ember szellemi képességének függését az agy súlyától és az agykéreg felületnagyságától. Hogy az agykéreg az öntudatos működések tulajdonképeni székhelye, kitűnik még kiválólag élettani kísérletekből, valamint olyan embereken tett tapasztalatokból is, a kiknek agya nagyobb fokú sértést szenvedett.

Az agyféltekéket békán és madarakon könnyen ki lehet irtani, nehezebben már emlősállatokon.

A műtét úgy történik, hogy a megnyitott koponya nyílásán át az agyburkokat felhasítjuk és alkalmas éles kanállal az agyállományt eltávolítjuk. Békánál a mütét minden vérzés nélkül tehető, madaraknál és emlősállatoknál a vérzés nagy, azért itt az agyat gyorsan eltávolítani s utána a fejbört azonnal bevarrni kell. Jó a bevarrt fejbőrre gummi arabicum-port hinteni, minthogy ez a vérzést csakhamar elállítja.

Az *agyféltekéitől megfosztott béka* étel után nem lát, mozdulatlanul egy helyen ül, ha nem bántjuk e helyzetében akár el is hal, különben pedig mindenféle mozgásra indítható. Hátrafektetve természetes helyzetét azonnal elfoglalja; általában egyensúlyát mindig igyekszik megtartani. Ha vízbe vetjük úszik, míg csak el nem fárad, vagy míg úszó fadarabkához el nem ér, melyre felmászik, hogy végképen ott maradjon. Bántalmazás elől elugrik vagy elcsúszik, mialatt, úgy tetszik, a fényt is észreveszi; erős árnyékot vető testek elől legalább kitér. Az így mütett béka minden ingerre bizonyos határozott mozgást tesz, melyet gyakorlott észlelő előre már képes jelezni. Ép békánál teljesen lehetetlen előre mondani azt, hogy bizonyos bántalmazásra milyen mozgást fog tenni. Úgy látjuk tehát, miszerint a féltekéitől megfosztott béka minden akaratot nélkülöz: megvannak a centripetal és centrifugal irányban vezető utak s a központok, melyekben a reflex és a mozgások egyberendezése történik, de hiányzik az öntudat, az akarat, mely az egyébként meglevő ideggépezetet működésre indítaná.

A *féltekéitől megfosztott galamb vagy tyúk* szintén öntudatától megfosztott állatnak a benyomását teszi. Behúzott fejjel áll, illetőleg guggol és alszik, mint az alvó madár. A földről nem repül fel, ha meg akarjuk fogni, nem igyekszik megmenekülni, ha elejtjük csaknem függélyesen esik a földre, de ha újjunkra állítjuk egyensúlyát megtartja. Étel után nem igen lát, de ha az ételt s italt csőrébe adjuk, hónapokon keresztül életben tartható: Voit galambon öt hónap mulva agyat látott újra képződni. Hőgyes kolozsvári intézetében egy kiirtott agyféltekéjü kakas majdnem egy évig élt, mikor megdöglött és bonczoltatott, a kiirtott féltekék helyét egy a többi agyburokkal összeköttetésben levő burok foglalta el, melyen belől átlátszó kocsonyaszerű állomány találtatott. Az egész képződmény teljesen kitöltötte a kiirtás által támadt ürcsét. A féltekéitől megfosztott galamb lövésre összerezzen, de nem igyekszik elszökni, lát, legalább tárgyak elől kitér; de mind ez érzések reája további behatással nincsenek,

félelmet nem ismer, helyzete iránt tájékozódni egyáltalában nem tud. Ez állat akaratát, intelligentiáját elvesztette. Hasonló tünetek követik a féltekék eltávolítását *emlősállatoknál* is, csakhogy itt a tünetek nehezebben figyelhetők meg, mivel ez állatok a műtét után 1—2 órával rendesen már elpusztulnak. Igy a házinyúl szintén megtartja egyensúlyát a műtét után, bántalmazva elugrik s elszalad, különben nyugton marad. A szájába adott eledelt összerágja s lenyeli, de különben maga eledelt nem vesz fel. Nem ritkán az égő gyertyát fejmozgással követi, akadályok elől kitérni igyekszik, ha erős hang szólal meg, felugrik. De bár mozgásait érzéki benyomások okozzák, ezek benne képzeleteket nem támasztanak; ijesztő tárgy vagy kép épen úgy nem hat reá, mint az eledel.

A féltekék kiirtása helyett le lehet kötni az agynak a vért szolgáltató ütőereket; embernél is a carotisok leszorítása önkívüli állapotot okoz. Csakhogy ilyen eljárás mellett nem csak a féltekéket, illetve az agykéreg állományát tesszük működésen kívül, hanem az egész agyat, azért itt a halál is csakhamar bekövetkezik. Helyesebb lehütés illetve megfagyasztás által megfosztani működésképességétől az agykérget: madárnál ezt æthernek a koponyára való permetezése által lehet tenni, ilyenkor tényleg ugyanazokat a tüneteket lehet látni, mint melyek az agykéreg kiirtását követik. Ha az agyat lassan felolvadni engedjük, az állat magához tér s életben marad.

Igen érdekesek azok a kísérletek, melyeknél csak a féloldali agyféltekét távolítjuk el. Goltz tett kutyákon ilyen kísérleteket és pedig, ne hogy műtét alatt a vérzés nagy legyen, úgy, hogy a koponyát egy vagy több helyen lékelte és e nyílásokon át vízsugárt bocsátott, mely az agyat kimosta. Könnyű volt ilyen módon az egész féltekét eltávolítani és a kutyát is életben megtartani. Műtét után a műtéttel ellenkező testoldalon az állat azonnal hűdve volt, úgy, hogy sem mozogni nem tudott, sem érzésnek nem adta semmi jelét, később azonban első tekintetre a teljesen ép állattól nem volt megkülönböztethető. Közelebbi megtekintésre azonban beteg lábával ügyetlennek bizonyult az állat, ha magát rázta elesett, ha hátsó lábaira állott csak ép lába tartotta testét, csontot is csak ép lábával ragadott meg. Érzőképessége is csökkenve volt a beteg testoldalon. Az ilyen állat az eledelt, ijesztő alakot jól megismeri, ha mind két szemét vagy az épet egyedül használhatja, de nem ismeri fel az eledelt, és nem ijed meg az ijesztő alaktól, ha csak beteg szeme szabad egyedül. A látott dolgok benne semmi kedélybenyomást nem keltenek.

Embernél a félteke hiányos kifejlődése bárgyúsággal jár; nyomás a féltekére, daganat vagy izzadmány által, öntudat vesztést von maga után.

Az eszmélet és öntudatos működés hiányzik egészen ép embernél és állatnál is *hypnotismus* alatt valamint *alvás* közben.

A *hypnotisált* egyén öntudata a hypnosis mélysége szerint csökkentve van, vagy teljesen is hiányzik. Az ilyen egyén érzéki benyomásokat képes felfogni, ezek őt megfelelő mozgásokra is indíthatják, csak hogy mindezeknek öntudatával nem bír, figyelmét reájok irányítani nem tudja. Mind azokat a testmozgásokat, melyeket ébrenlét mellett automatice végzünk hypnotisált egyénnel is lehet végeztetni anélkül, hogy felébresztés után azokra visszaemlékeznék. Az érzéki benyomások mozgásokat váltanak ki az öntudat és akarat hozzájárulása nélkül épen úgy, mint gyakorlott zongorajátszó a látott hangjegyeket lejátszhatja mialatt figyelme egészen más tárgyra van irányítva, vagy a mint járunk anélkül hogy lábainkra gondolnánk is.

Állatokat hypnoticus állapotba lehet hozni az által, hogy egy ideig szokatlan helyzetben csendesen tartjuk őket. Békát, tyúkot, házinyulat például úgy, hogy hátra fektetve tartjuk egy ideig, rákot ha feje és két ollója hegyére állítjuk. Sok ember hypnosisba jut ha figyelmét huzamosabban, bizonyos tárgyra irányítja, például midőn fényes gombot vagy üveget tekint meg hosszasabban, vagy egyenletesen tartó monoton hangra figyel, vagy ha gyöngéden simogatjuk. Felkölti a hypnotisáltat álmából minden hirtelen ható inger, ütés a kézre, erős hang, hideg, az arczra való hirtelen reáfúvás, és hasonlók. Egyébiránt nem minden egyén hypnotisálható, szükséges az illető részéről az ingerlékenységnek bizonyos magas foka. A hypnosis mélysége is különböző az egyeseknél. Némely hypnotisált az egyszer csukott szemet kinyitni nem tudja, a valamely végtagja által elfoglalt állást megváltoztatni szintén nem képes, mind ez alatt öntudata részben még ébren is lehet. Mások álomba esnek, mely alatt teljesen érzéstelenek, míg mások meg, s ezek az érdekes esetek, az érzékszervekre történt behatásokat öntudatlanúl felfogják s megfelelő mozgásokat végeznek. Ily egyének a szemük elé tartott fényre felülnek, felállnak és követik a fényt, kezükbe adott kötőtűkkel kötnek. Ha előttük karunkat felemeljük, szánkat megnyitjuk vagy a nyitott száját becsukjuk, mind ezt teszik ők is. Ha jól hallható lépésben előttük elmegyünk, lépteinket követik. Szavakat után mondanak, ha az alsó nyakicsigolyák tövisnyújtványának tájára nyomást gyakorolunk. Hypnotisált hystero-epilepsiában szenvedőkön tapasztalta Hőgyes,

hogy ezek nyakbőrük símogatására beszélnek és pedig szomorú tárgyakról, ha a homlokbőrt hosszanti ránczokba szedjük (mint mikor komoly tárgyakról gondolkodunk) és vidámakról, ha haránt redőkbe vonjuk. Zenére az alva fekvő felkel és a zene taktusa szerint tánczol. Karjaiknak, testüknek, majdnem tetszés szerinti helyzetet lehet adni és az adott helyzetben meredve maradnak. E merevedett állapotból természetesen könnyű reáfúvással már a rendes alvó állapotba visszahozhatók. Hőgyes ily egyéneken a bőrfelület bizonyos helyeinek valamint a látó, halló, szagló és izlő idegvégkészülékek reflexkapcsolatát, ismerte fel egyes izmokkal és izomcsoportokkal. A szem idegbártyájáról fénynyel, a fül idegvégkészülékéről hangokkal, a test bizonyos izmaiban lehetett izomösszehúzódást előidézni. Az idegbártya más-más tájai külön-külön izomcsoportokat hoznak működésbe, különböző magas és erős hangok szintén különböző izmokat, épen úgy a mint a bőrfelület bizonyos helyeinek érintésekor csak bizonyos izmok húzódtak össze (lásd a 420. lapot).

Mind ezen elősoroltak és a hypnotisáltakon észlelhető egyéb tünemények az akarat hiánya és a reflexingerlékenység fokozódott volta mellett tanuskodnak. Ha még hozzá vesszük, hogy a hypnotisáltak egyensúlyukat mindig megtartják, hogy a pupilla fény behatására szűkül, hogy a légzés és érverés zavart nem szenved legfeljebb kissé meg vannak szaporodva, akkor méltán arra következtethetünk, hogy itt egyedül az agykéreg van működésen kivül, s mint tudjuk, a fokozódott reflexingerlékenységnek is lehet ez az oka. Az agykéreg működésének hiánya hypnosis alatt Heidenhain szerint, valószinüleg onnan van, hogy a bőr, szem vagy hallószerv idegeinek tartós gyenge ingerlése az agykéreg idegsejtjeinek működését épen úgy akadályozza, mint a miképen a n. vagus szivbeli ágainak ingerlése a szív mozgató idegeinek vagy a n. laryngeus sup. izgalma a nyultagy lélekzőközpontjának működését megakasztja. A hypnotismusba ejthető egyéneken mutatkozó sajátszerű reflextüneményeket élettanilag még csak rövid ideje tanulmányozzák. E tanulmányoktól az agybeli magasabb reflexfolyamatok felderitésére sokat várhatunk.

Másként van a dolog *alvás* közben. Ilyenkor az egész idegrendszer ingerlékenysége kisebbedett. Ha mély az álom, a szellemi működés teljesen hiányzani látszik, e mellett azonban az egész idegrendszer és minden testrész működése hiányzik, vagy legalább is tetemesen csökkentve van. Alvás közben a szívverés ritkább, a légzés lassúbb és mélyebb, a belek és egyéb zsigerek mozgása, a mirigyek elválasztó működ-

dése lehetőleg szünetelnek, az egész anyagcsere s vele a test hőmérséke is csökkentve van. A pupilla lehetőleg szűk, kivált ha mély az álom; a szemek fel- és lefelé vannak fordítva. Téli álomban levő állatoknál mindazok a tünetek még nagyobb mértékben vannak kifejlődve. Itt a test működése csaknem egészen szünetel, a légzések felette ritkák, sekélyek, sokszor egészen hiányzani látszanak, a szívverés is lassú és ritka, az anyagcsere annyira csekély, hogy az állat teste közel a 0 fokig lehül. A téli álomba merülő állatoknál a hideg szállítja le az anyagforgalmat annyira; a rendes, ébrenléttel váltakozó álomnál belső ok, nevezetesen a kimerülés szerepel és hatása inkább csak az idegrendszerre szorítkozik.

Fokozódott szellemi vagy testi munkában kimerült emberek könnyen alusznak el, kivált nyugalomban vagy egyenletesen tartó ingerek behatása alatt. Hogy minden külső inger hiánya mennyire elősegíti az elalvást, azt igen jól bizonyítja ama beteg fiú esete, a ki csak jobb szemére látott és bal fülére hallott míg egyéb érzékei mind hűdve voltak; e fiú elaludt mihelyt látó szemét bekötötték és halló fülét bedugaszolták (Strümpell). Egyenletesen tartó monoton inger azonban épen úgy hathat, mint minden inger hiánya. A molnár például elalszik a malom kelepelése mellett és felébred, mihelyt a malom kereke megáll és a megszokott hang megszűnik. Az álom erőt vessz rajtunk, ha sikerül agyunkat lehetőleg minden inger behatása elől és minden gondolattól elvonni, mialatt így képzeleteink köre mind szűkebb és szűkebb lesz, elalszunk.

Közel az elalvás előtt bizonyos tárgyról helyesen gondolkodhatunk mialatt gondolatunkkal más tárgyra átmenni már felette nehezünkre esik és ha még is tesszük, újból egészen felébredünk. Az alvajárás, holdkórosság — somnambulismus — nem egyéb, mint szintén ilyen részletes álom. A házfedélen járó ember ébren van a járást, a térben való tájékozást illetőleg, ellenben alszik azon veszélyre vonatkozólag a melyben van; czélszerű, rendezett mozgásokat végez öntudatos akarat és észrevevés befolyása nélkül. Lehet, hogy valaki alszik, de bizonyos hang még is igen könnyen felkölti álmából. Igy az anya felébred, ha gyermeke csak megmozdúl, míg különben elég jól és mélyen alszik. Mély és teljes álomban azonban semmi érzéki benyomás sem jut öntudatunkra. Az ébredés felé az öntudat újra feléledni kezd, működése zavart lesz és tévengésekben — hallucinatiókban — nyilvánul, melyeket *álmoknak* nevezünk. Álom alatt azért az ébrenlétkor megszokott logikai összefüggés sokszor hiányzik gondo-

latainkban, tévedünk a személyeket illetőleg és az időre nézve, a szándékolt mozgásokat nem visszük véghez, a központban valószínűleg megindítjuk az impulsust a szándékolt mozgásra, de ez épen úgy nem jut az illető izmokhoz, a mint az érző szervekben esetleg keltett izgalmak sem jutnak öntudatunkra (Purkinje).

Az álom mélysége az egyes egyéneknél különböző. Gyermekek mélyebben s hosszasabban alusznak, mint felnőttek. De ugyanazon egy egyénnél is változik ugyanazon éjen át is az álom mélysége. Elalvás után az első órában gyorsan nő azután lassan csökken az álom mélysége. Másfélóra mulva az álom, legnagyobb mélységének $^1/_4$-ére, két óra mulva $^1/_8$-ára száll le. Az üdülés nem az álom mélységével jár együtt, hanem annak tartamával. Az álom mélységét azzal a magassággal szokták mérni, melyből valamely fonalra erősített súlynak esni kell, hogy palatáblára való esésekor támadt hangja az alvót felköltse (Kohlschütter).

Az álom okát az idegrendszer nagyfokú elfáradásában mondtuk keresendőnek. Purkinje szerint az álom közvetlen oka a vér élenyhiánya. Pflüger kisérleteinél békák élenyt nélküli levegőben tényleg álmosak végre tetszholtak lettek, élenyben pedig feléledtek, hogy ha az élenyhiány túlságosan sokáig nem tartott. Vérhiány az agyban álomszerű állapothoz, vagyis jobban mondva önkívüli állapothoz vezet, melyre nézve kérdés lehet vajjon azonos-e az álommal. Obersteiner azt véli, hogy az agyban ennek működése közben, épen úgy mint az izmokban, bomlásanyagok képződnek, melyeket a vér alvás közben onnan eltávolít. Támogatja ezt a felvételt az a tapasztalat, mely szerint a tetanisált idegben, valamint az agy szürkeállományában működés közben sav képződik, mely Preyer szerint, az izmokkan is fejlődő tejsavval azonos volna. Pflüger az álomnak, az idegrendszer ingerlékenysége csökkenésének okát az intramolecularis élenyébrenlétkor való elhasználásában keresi. Az élő protoplasma a vérsejtek élenyét magához vonza és mint intramolecularis élenyt megköti. Az így megkötött élenyt segedelmével bomlások folynak a protoplasmában, melyeknek következtében szénsav és egyéb bomlástermények képződnek és a vérbe átmennek; ébrenlétkor az idegrendszer fokozódott működése miatt az intramolecularis élenyt nagyobb fokban használtatik el s Pflüger szerint ez az álom oka.

92. §. Az agykéreg egyes részeinek működése.

Flourens, Longet és mások vizsgálatai óta általánosan az a felfogás uralkodott, hogy az agykéreg egyes tájai működésüket illetőleg mind egyenlő értékűek és egymást teljesen pótolhatják. Megerősítették a vizsgálókat e felfogásukban embereken tett olyan tapasztalatok, a melyeknél nagyfokú agysértések, mint látszott, minden működési zavar nélkül lefolytak. Később azonban Broca és mások kimutatták, hogy a Reil-féle sziget és környéke, nevezetesen a gyrus frontalis infer. és gyrus temporalis sup. elfajulásával a beszédképesség eltünik; Meynert pedig szövettani vizsgálatai alatt az agykéreg mellső részeit a mozgató, hátsó részeit az érző utakkal látta inkább összefüggésben. Ezek tehát az agyműködések némi localisatiójára utaltak. Végre pedig Fritsch és Hitzig, az agykéreg villamos izgatása utján tett kísérleteik által, az agykéreg functiói vizsgálatának új módjára tették figyelmesekké a búvárokat és oly adatokkal is szolgáltak, melyekből több mint valószínűvé lett az, hogy az agykéreg egyes részei különböző lelki működéseket végeznek. Ezekre számos és kiterjedt vizsgálatok következtek, melyek még maig sem vezettek ugyan az agykéreg egyes részei működésének teljes ismeretéhez, annyi azonban, mint látni fogjuk, kétségkívül kitünt, hogy az egyes szellemi működések az agykéregben külön agyrészekhez vannak kötve és pedig úgy, hogy a külön működésre rendelt agykéregközpontok annál számosabbak, egymástól annál élesebben vannak elkülönítve, minél intelligensebb valamely állat.

A) Vizsgáló eljárások.

A vizsgáló eljárások az agyműködések localisatióját illetőleg *állatoknál* az agykéreg egyes részeinek izgatásában és kiirtásában állanak. *Izgatásra* leginkább a *villamosság* mint állandó (Fritsch és Hitzig) és mint inducált (Ferrier, Balogh) áram szolgált, nem hiányzott azonban a vegyi és erőművi inger alkalmazása sem. Az elektrodokat a szabadon fekvő agyfélteke tekervényeire illesztik. Elektrodoknak apró, gömbbel ellátott platinasodronyokat, vagy helyesebben nem sarkított elektrodokat, szokás használni, melyek egymástól 2—3 mm. távolságban közös tartóban vannak befoglalva; a villamáramot oly erősnek veszik, hogy az, ha az elektrodokat a nyelvre illesztjük még épen érezhető legyen. Állandó áramok alkalmazásakor kitünt, hogy az áram ingerhatása erősebb az anod, mint a kathod helyén, felette gyenge

áram csak az anodon hat ingerképen. Tetanisáló, inducált áramok az agykéreg motoricus központjaira behatva gyakran tonicus rángásokat okoznak a megfelelö izmokban, melyek nem ritkán még az inger tartama alatt kisebbednek, sőt meg is szünnek. Máskor megint az izmok még az inger megszünte után is rángatódznak, sőt nagyobb izomcsoportok is rángásba jutnak, sokszor úgy annyira, hogy epileptikus-rohamszerű görcsök is fellépnek. Kérdés azonban, megbizhatók-e az agykéreg villamos izgatásakor nyert eredmények s nem-e csak az agy mélyebb részeig elterjedő áramszálak következményei, melyek ott a mélyben az idegutakat izgatják, mialatt maga az agykéreg nem is ingerlékeny. E kérdés eldöntése annál szükségesebb, minthogy a motoricusoknak bizonyúlt agykéreg-részek villamos izgatására beálló mozgások bekövetkeznek, akár ép, akár előrement edzés miatt működésképtelen a megfelelő agykéregrész. Hermann kutyán, edzés és késsel való eltávolítás utján, 1 cmt. mélységig irtott ki agykéregrészeket és a seb fenekének izgatása által, ugyanazokat a mozgásokat képes volt kiváltani, melyek az ép agykéregnek közvetlen izgatására szoktak bekövetkezni. Sőt Hermann szerint a tünetek ugyanazok maradtak akkor is, hogyha a kísérletre használandó agykéregrészt a szomszédos agykéregtől dugóhúzóval történt elkülönítése után izgatta, vagy ha amaz agyrészt eltávolította és az elektrodokat az így képezett likat betöltő vérbe sülyesztette, valamint végre akkor is, ha az agykérget vízszintesen vezetett metszés által az alatta levő agyállománytól élettanilag elkülönítette; igaz, Braun ez utóbbi esetben az agykéreg izgatását hatástalannak találta. Hermann azért tényleg mindazokat a tüneteket, melyek agykéregrészek izgatására bekövetkeznek nem az agykéreg izgatásának tulajdonítja, hanem annak, hogy az áram mélyebb agyrészekhez terjed el s ott az idegutakat izgatja. Felvétele valószínűségében még nyerni látszott Burdon Sanderson ama tapasztalata által, mely szerint a csíkolt testet környező fehérállományú részek közvetlen izgatására egészen hasonló mozgások következtek be, mint a megfelelő agykéreg részek izgatásakor beállani szoktak, mert ebből az a következtetés volt vonható, hogy midőn az izgató áramot az agykéregre alkalmazzuk, tényleg a csíkolt testet, illetve a fehérállományu belső tok rostjait izgatjuk. Az agykéreg közvetlen ingerlékenysége mellett azonban határozottan tanuskodnak François-Franck és Pitres tapasztalatai, melyek szerint az izgalom az agykéreg izgatásakor a megfelelő izomhoz középértékben 0·020 mp.-el később jut el, mint az agykéreg eltávolítása után a fehérállomány izgatása alkalmával eljutni szokott.

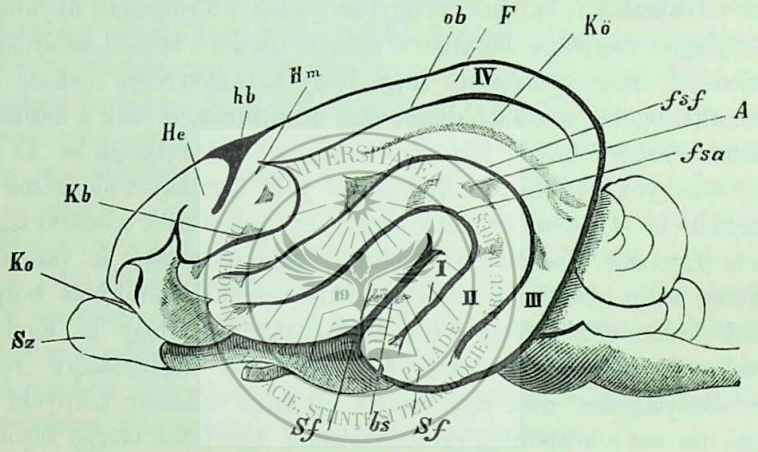
A nevezett búvárok azt is tapasztalták, hogy ugyanazon erős inger mellett az izomrángás nagyobb, ha az agykéregre, mintha a fehérállományra alkalmazzuk az ingert. Bubnoff és Heidenhain hasonló eredménynyel ismételték az előbbeni vizsgálók kísérleteit, e mellett azonban kiváló figyelemmel voltak az alkalmazott áram erejére is, minthogy a reactio az izomban az inger nagysága szerint különböző sebességgel követte az inger alkalmazását. Vizsgálataik által e búvárok az agykéreg közvetlen ingerlékenységét minden kétségen kívülivé tették. Tapasztalataik közül csak a főbbeket említjük itt fel. Mély morphium-, chloroform-, aether-, chloral-, alkohol-narkosis alatt az agykéreg ingerlékenységét elveszti, míg az agykéreg alatt levő vezető utak ingerlékenységüket megtartják. Az agykéreg izgatásakor esetleg bekövetkező epileptikus görcsrohamok bizonyos izomcsoportokban bizonyos agykéregrészek kiirtására azonnal elmaradnak, míg a többi izmokban továbbra is fennmaradnak. A fehérállomány izgatásakor a görcsök más sorrendben is következnek be, mint az agykéreg izgatásakor. Míg tudniillik a baloldali agyfél szürkeállományának izgatásakor a görcsök először a jobb testfélben lépnek fel, addig a baloldali fehérállomány izgatása alkalmával először a bal testfélben jelentkeznek, a jobb oldalra pedig csak később terjednek ki. Az utóbbi esetben észlelt tünemények sorrendje a mellett szól, hogy az izgalom közvetlen székhelye a jobboldali agykéreg központjaiban volt, melyekbe az izgalom a baloldal közvetlenül izgatott fehérállománya felől a két oldali kéregrészeket összekapcsoló idegrostok utján behatott.

Az agykéreg erősebb izgatására bekövetkező epileptikus görcsroham az izgatott kéregrészeknek megfelelő izomcsoport rángásaival veszi kezdetét, majd a túlsó oldal felelkező, végre a test minden izmaira terjed ki. A görcsös összehúzódások az izmokat mindig oly sorrendben támadják meg, a mint az azoknak megfelelő agykéreg részek egymásután következnek; agykéregközpontokat az izgalom nem hagy ki (Unverricht).

Az agykéregnek mindkét oldalon való kiirtása után a fehérállomány izgatását epileptikus görcsök nem követik. A morphiumnarkosis bizonyos foka mellett egyébként hatástalan subminimalis ingerek, erősen hatásosaknak bizonyúlnak, mihelyt, közvetlenül alkalmazásuk előtt, bizonyos testrészek bőrét gyengén izgatjuk; például, midőn az állat lábát gyöngéden simogatjuk. Az agykéreg eltávolítása után a fehérállomány izgatása is positiv eredménynyel jár. Máskor ismét a morphiumnarkosis hasonló foka mellett minden oly inger, mely nor-

malis állapotban csak múló izgalmat okozott állandó izgalmat von maga után, úgy hogy az izmok tartósan össze vannak húzódva, ez összehúzódás, ellenkezőleg mint az előbbeni esetben, gyengéd símogatásra azonnal megszünik. Mint a bőr gyengéd érintése úgy hat még: a reáfúvás, hirtelen ütés, hang, vagy a n. ischiadicus villamos izgatása is. De épen úgy a mint az érzékszervek izgatása az izgalmat megakasztja, megakasztja azt a központban támadt izgalom is: kisérlet alatt levő izom tartós izgalmát ugyanazon agykéregrész újból való izgatása megszünteti. Bubnoff és Heidenhain ez általuk észlelt tüneteket onnan származtatják, hogy felteszik, miszerint központi beidegzések alkalmával a tulajdonképeni izgalmi folyamatok mellett gátló természetű folyamatok is vannak az agyban; a gátló természetü folyamatok viszonylagos nagysága határozza meg az izgalom időbeli lefolyását és kiterjedését. Megjegyezhetjük még, hogy az agykéregre beható subminimalis ingerek össze adódnak, azaz az izomráng̃ás csak a kezdetben hatástalan inger többször történt behatása után, következik be. Az agykéreg bizonyos helyeinek konyhasóval való izgatására mozgások következnek be (Landois és Eulenburg), épen úgy azok erőművi izgatására is (Luciani). Ezeken kívül feltünő nagy idegsejtek is vannak az agykéreg azon részeiben, melyek a kisérleteknél motoricus központoknak bizonyultak. Végre azt is tapasztalták, hogy az agykéreg eltávolítása után körülbelől a 4-ik napon a sugárkoszorú rostjai ingerlékenységüket csak úgy vesztik el, mint valamely környéki ideg rostjai, ha azt a központtól elválasztottunk. Mindezek eléggé bizonyítják, hogy a szürkeállomány nem mint vezető szerepel, hanem hogy ingerlékeny és valószínű, miszerint magukat az idegsejteket izgatja az áram vagy legalább, hogy az izgalom kénytelen e sejteken keresztül menni; fel lehet tenni, hogy az agykéreg egyes részei valóságos központok, melyekre az akarat befoly, melyekben a külső behatások utján nyert impulsusok öntudatunkra jutnak. De ha a mozgató agykéregrészek izgatásakor bekövetkező mozgások tényleg az agyműködések localisatiója mellett bizonyítanak, akkor egyes agykéregrészek *eltávolításakor* bizonyos agyműködéseknek csökkeni, illetőleg kimaradni is kell. Fájdalmas behatások iránt az agykéreg teljesen érzéketlennek bizonyult. Egyes agyrészek kiirtása egészben a 455. lapon leírt eljárás szerint történik. Hogy mennyiben felelnek meg a kiirtásokat követő tünetek az izgatás eredményeiből vont következtetéseknek, és mennyiben bizonyitanak ezek külön érző agykéregrészek léte mellett, erről tanuskodnak az alább majd leirandó kisérletek.

Emberre az állatokon végzett kísérletek utján nyert eredmények közvetlenül nem lévén átvihetők, az agyműködések localisatióját illető következtetések egyedül klinikai pontos megfigyelésekből és azt követett bonczolatokból vonhatók le. Az eddig tett észleletek itt is kétségkívülivé tették a localisatiót (Charcot, Exner s mások). Exner nevezetesen több ezer esetet gyüjtött össze az irodalomból, melyek között azonban jól megfigyelt agykéregsértések csak 169 esetben voltak. Ez eseteket három irányban használta fel: 1. A valamely bizonyos működésnek szolgáló agyrész felismerése czéljából, agymintán mindazokat a sértéseket megjelölte, melyeknél e működés zavart nem szenve-



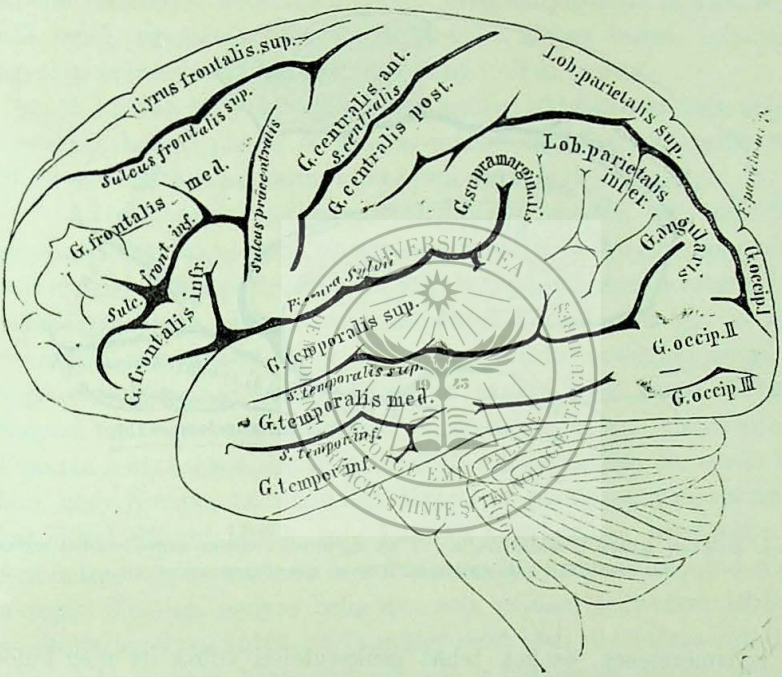
103. ábra. Kutyaagy oldalról. *hb* homlokbarázda, *bs* fissura Sylvii, *ko* orrbarázda, *Sz* külső szagló tekervény, *He* homlokelőtti tekervény, *Hm* homlokmegetti tekervény, *ob* oldalbarázda, *kb* koszorúbarázda, *F* felső tekervény, *kö* középső tekervény, *fsf* Sylvius-árok feletti felső barázda, *fsa* Sylvius-árok feletti alsó barázda, *A* alsó tekervény, *Sf* a Sylvius-árok feletti tekervény.

dett; a keresett működés agykéreg-része ilyenkor egészen tiszta maradt. 2. Agyminta felületét 367 részre osztotta fel s megjelölte minden részre nézve hányszor volt beteg s hány esetben volt valamely vizsgált tünet jelen; oly agykéregfelületrészeket, melyek sértése mindig ugyanazon tünettel járt *absolut*, olyanokat pedig, a melyek sértésekor az illető tünet nem mindig, de gyakran jelen volt *relativ* agykéregközpontoknak nevezett el. 3. Végre megjelölte az agymintán, mindazokat az eseteket, melyek bizonyos határozott agytünettel jártak.

B) Mozgató és érző közeppontok az agykéregben.

A mozgató és érző középpontok iránt való könnyebb tájékozás kedveért az agykéregben a kutya- (103. ábra) és az emberagy (104. és 105. ábra) felületeinek rajzait ide mellékeljük.

A kutyaagyon kisebb tekervények változatosan fordulnak elő, főtekervényei és az ezeknek megfelelő főbarázdák azonban állandók.

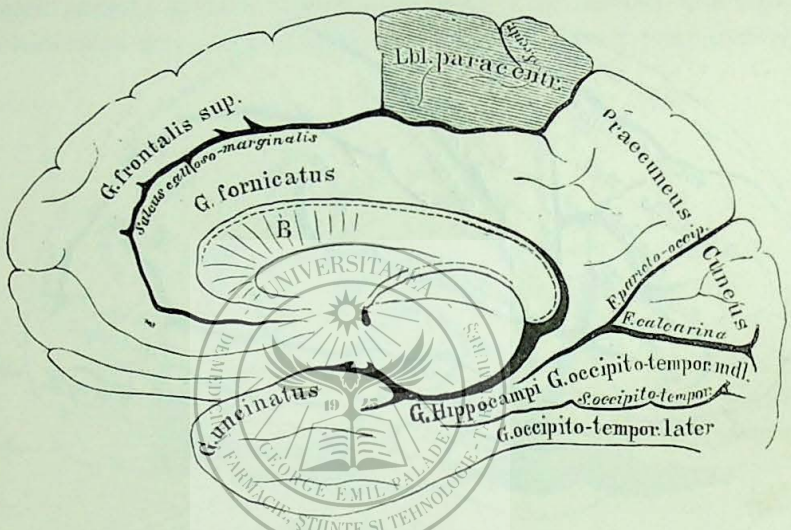


104. ábra. Emberagy felülete oldalról (Ecker szerint).

Elől és fent van a *homlokbarázda* vagy *sulcus cruciatus* (*hb*), közepén és alant a Sylvius-féle *barázda* vagy fissura Sylvii (*bs*). Elől a *külső orrbarázda* (*ko*), előtte a *külső szagló tekervénynyel* (*Sz*). Ez és a homlokbarázda között a *homlok előtti* (*He*), ettől hátrafelé a *homlok megetti tekervény* (*Hm*). Fent az *oldalbarázda* (*ob*) a félteke felső szélével párhuzamosan fut, elől aláfelé a *koszorúbarázdába* (*kb*) megy át, közte és az agyat kétfelé választó medianvonal közt fekszik a *felső tekervény* (*F*). Az oldal- és koszorúbarázda alatt van a *középső tekervény* (*kö*). E tekervény alatt, felfelé domború ívet képezve, van a *Sylvius-árok*

feletti felső barázda (*fsf*), mely alatt párhúzamosan a *Sylvius-árok feletti alsó barázda* (*fsa*) fut; a két barázda közt van az *alsó tekervény* (*A*). A Sylvius-árok körül a *Sylvius-árok feletti tekervény* (*Sf*), melynek az árok előtti részét *Sylvius előtti-*, az utána következőt *Sylvius megetti tekervénynek* nevezik (Owen, Balogh).

Az emberagy felületének rajzain a barázdák és tekervények elnevezései Ecker szerint vannak megjelölve és a boncztanból egyéb-



105. ábra. Emberagy felülete a medialvonalban, a két agyfélteke a medialvonalban vezetett metszés által kétfelé való választása után. *B* kérges test (Ecker szerint).

ként is ismeretesek, ezeket tehát szükségtelen volna itt még külön leirni.

Mozgató középpontokat találtak Fritsch és Hitzig a homlokbarázda, sulcus cruciatus, vége körül. Ezek izgatására, elülről hátrafelé menőleg egyik oldalon, a test túlsó oldalán összehúzódnak a nyak és törzs, az elővégtagok nyújtó és közelítő, ugyan ennek hajlító és forgató, valamint a hátsó végtag, végre pedig az arcz izmai. Bizonyos ingerelt agykéregponthoz határozott izomcsoportok tartoznak. Számosabb mozgató központot találtak Fritsch és Hitzig után még Ferrier, Balogh, Munk és mások. Igy Balogh a szagló tekervény izgatására a szemhéj- és orrizmokat látta összehúzódni. A homlokelőtti tekervény ingerlésére az állat fejét az ingerléssel ellenkező oldalra és mellfelé hajlította, ezután orrát, ajkait mozgatta és szájszögletét kifelé húzta.

A homlokmegetti tekervény mellső-alsó részének ingerlésekor az állat az ellenoldali fülét emelte, továbbá pilláit zárta, orr- és arczizmait összehúzta, elővégtagját emelte, majd hátsó végtagjait is összehúzta; Ferrier e hely izgatására a fejet a lapoczka felé forgatni látta. Hasonlóképen különböző mozgások következtek be a felső, középső és alsó tekervények különösen mellső részének izgatására, valamint a Sylvius-árok feletti tekervény tájának ingerlésére is az ellenoldali szemhéjjak záródtak, ezen kívül az állat fülét mozgatta és fejét felfelé emelte (Balogh). Ferrier e helyet eredménytelenül izgatta. A féltekék belső, egymásfelé tekintő felületét, a kérges testet, valamint az agyalap tekeredéseit Balogh eredmény nélkül izgatta.

A kutyán kívül kiterjedt vizsgálatokat tett Ferrier még majmon, macskán, házinyulakon és tengeri-malaczon, Morcacci pedig juhon. Mind ez állatoknál is vannak mozgató agykéregközéppontok.

Az egyes agykéregközéppontok kimetszése után, vagy mint Nothnagel házinyulakon tette, az agykéreg egyes helyeibe egy csepp chromsavoldatnak Pravaz-fecskendővel való befecskendésére, a megfelelő túloldali izmokban jellemző mozgászavarok következtek be. Az állat a megfelelő mozgásokat vagy épen nem volt képes véghez vinni, vagy legalább sokkal nehezebben hajthatta azokat csak végre. Hitzig és Nothnagel e mozgászavarokat az izomérzés vagy «izomöntudat», Ferrier a szükséges akarat hiányából származtatják. Nevezetes azonban, hogy Nothnagel, valamint Hermann és mások a mozgászavarokat idővel eltünni látták, míg Landois kísérleteiben hónapokon át is fennmaradtak, nevezetesen bénulva maradt a kutya lába minden olyan mozgást illetőleg, melyre betanítva volt, például felhívásra lábát nem nyújtotta az olyan kutya, mely műtét előtt igen jól szótfogadott. Goltz, a mozgató és érző központoknak ma is határozott ellene, kutyákon, melyek agyáról egyes agykéregrészeket, az ismert vízsugár módszerrel (456. l.) és újabban a White-féle furógéppel eltávolított, összefüggést a bekövetkezett bénulás és az elpusztított agykéregrész közt nem talált. Szerinte, minthogy a bénulás az elő- és hátsóvégtagokban műtét után csakhamar beállott és rövid idő múlva teljesen eltünt, az a sértés által az agyra gyakorlott gátló befolyás eredménye volna. Tekintve azonban azt, hogy Goltz aránylag nagy agyrészeket irtott ki, igen természetes, hogy a hűdés műtét után csakhamar úgy a mellső- mint a hátsó-végtagokra kiterjedt, másfelől pedig Goltz állatain is visszamaradt az ügyetlenségnek bizonyos foka valamint az, hogy kényelmetlen helyzetbe hozott lábukat vissza nem húzták; és hasonlók. Míg

egyébiránt kutyánál a bénulás tökéletlen és részben mulékony is, addig majomnál az agyrészek kiirtását követő bénulás tökéletes és maradandó (Ferrier), Goltz azért jelenleg be is ismeri az agyműködések térbeli elosztását és annak lehetőségét, hogy a nagyagy egyes lebenyeinek különböző a működése.

Embernél a mozgási középpontok az agykéregben a sulcus centralis körül vannak. Az absolut agykéreg középpontokat relativ agykéregközéppontok veszik jó szélesen körül (Exner). A felső végtag agykéregközéppontja a jobb oldalon van a lobulus paracentralisban, a gyrus centralis anteriorban, alsó vége némely részének kivételével, és a gyrus centralis posterior felső felében. Baloldalt e középpont valamivel nagyobb és kiterjed a lobulus paracentralis, a két gyrus centralis felső háromnegyedére és a lob. parietalis superior legnagyobb részére. Az alsóvégtag agykéregközéppontja a jobb oldalon a lob. paracentralis, a gyrus centralis anterior felső harmada és a gyrus centralis posterior egyes részei; a baloldalon e középpont a lob. paracentralisra, a gyrus centralis posterior felső felére és a lob. paracentralis superior legnagyobb részére terjed ki. A n. facialis agykéregközéppontja csak a baloldalon absolut és itt elfoglalja a gyrus centralis anterior mellső részét, a jobb oldalon a gyrus centralis anterior hátsó felére és a gyrus centralis posterior alsó harmadára terjed ki. A n. hypoglossus agykéreg középpontja valószínűleg ott van, a hol a gyrus frontalis medius, gyrus frontalis inferior és a gyrus centralis anterior összetalálkoznak. A nyak és tarkó izmai agykéregközéppontja a két gyrus centralisra és ezek környékére terjed ki. Négy esetben, melyekben a n. levator palpebræ superioris hűdve volt a sértés a lobus parietalis superior vagy inferiorban székelt. A n. trigeminus agykéregközéppontja talán a fossa Sylvii mellső része körül van nagy kiterjedésben (Exner.). — Mindez agykéregrészek elfajulása az agy egyik felében, hűdést okoz a test túlsó oldalán (hémiplégie centrale vulgaire, Charcot), mely kezdetben tökéletes, később az együttjáró bilateral mozgások helyre állanak ugyan, de állandóan hiányoznak, vagy csak tökéletlenül végezhetők maradnak mind azok a mozgások, melyeket különösen az akarat indít meg, melyek betanult kézi ügyességen alapulnak. A kéz azért inkább van bénulva, mint a kar és ez inkább mint a láb; az arczizmok is agykéreghűdéseknél nincsenek annyira bénulva, mint a n. facialis hüdésekor bénulva szoktak lenni. Egyes mozgató agykéregrészek elfajulását, a megfelelő izmok bénulása is követi.

Részben legalább mozgató középpontok működésének eredménye a beszédre való képességünk is. E képesség szenved, *aphasia* lép fel, a fossa Sylvii fenekén levő Reil-féle sziget és közvetlen környékének, különösen a gyrus frontalis inferior és a gyrus temporalis superior sértésekor a baloldalon, miért is az agykéreg e részét a *beszéd középpontjának* mondjuk. Számos agysértés bizonyítja ez agykéregrészek fontosságát a beszéd körül és csak felette ritkán jár hasonló sértés a jobb oldalon is beszédzavarral. De ha tekintetbe vesszük, hogy épen úgy, a mint különösen a baloldali félteke részt vesz a beszédnél, a legtöbb ember jobb kezét, tehát szintén a bal agyféltekét használja a munkánál, következtetnünk kell, miszerint a bal agyféltekének gyakorlottabbnak, ügyesebbnek kell lenni a jobbnál. Megerősíti e következtetést még az a tapasztalat is, hogy azok az egyének kiknél jobb oldali agysértés beszédzavarral jár, balkezüket inkább szokták használni a jobbnál (Bouillaud). A beszédhiánynak több oka lehet. Ilyen a nyelvmozgató, és a beszédnél szereplő egyéb idegek egyszerű bénulása (atakticus aphasia), mely esetben a beszédre szükséges szellemi functiók teljesen épek, a beteg minden szóra emlékszik, ezt le is tudja írni, de midőn beszélni akar egészen érthetlen hangokat ejt ki; ha a kézmozgásokat megindító agykéregközéppontok elpusztultak a beteg írni nem képes (agraphia). Zavartak lehetnek továbbá a tárgyakról való fogalmaink és azok elnevezése (amnesticus aphasia), mely esetben a beteg minden szót azonnal utánmondani vagy leirni képes, de csakhamar el is felejti azt; néha csak bizonyos szavakat vagy szótagokat felejt el, máskor tudja a szavakat egészen, de jelentésükről helyes fogalma nincsen. Végre hiányos lehet még az összeköttetés a szó fogalma és a kiejtésénél szereplő mozgató mechanismus közt. Ilyenkor a beszéd felette lassú (bradyphasia), vagy túlságos sebes; az utóbbi esetben az a zagyva beszéd van jelen, melyet tumultus sermonisnak neveznek. Ezeknek megfelelőleg szokás a hangtalanságnak több faját is megkülönböztetni.

Érző középpontot, melyen érzéki benyomások öntudatra jutnak Hitzig a kutya agykérgének hátsó részében talált, a mennyiben ennek kiirtásakor vakságot és pupillatágulást észlelt a tulsó oldali szemben, izgatásakor pedig a pupilla megfelelőleg szűkült. Több érző középpontot ismertek fel a későbbi vizsgálók. Tapasztalataik szerint bizonyos agykéregrészek bizonyos érzékszervvel állanak kapcsolatban. Igy ismerte fel Ferrier majomnál és kutyánál a *látóközéppontot* a gyrus angularisban. Szerinte e középpont kiirtása túloldali vakságot okoz,

mely vakság másodnapra eltünik, ha a második agyfél gyrus angularisa ép, míg ha ezt is elpusztította a vakság állandó maradt. A látóközéppont villamos ingerlésekor az állat szemét a tulsó oldalra és felfelé mozgatta, e mozgások az izgatás által keltett látásérzéki benyomások folytán támadt reflexmozgások volnának (Ferrier). Munk szerint a gyrus angularis a szem tapintó középpontja, a látóközéppont ellenben majomnál a lobus occipitalis domborulata, kutyánál pedig a felső és középső tekervény nyakszirti része (106. ábra AA_1A). Kutyán tett közelebbi vizsgálatokból kitünt, hogy minden szem ideghártyájának külső oldalrésze összefügg az agykéreg ugyanazon oldali látóközéppontjának legkülsőbb oldalrészével. Minden ideghártya többi nagyobb része a túloldali látóközéppont nagyobb részével áll kapcsolatban még pedig úgy, hogy a retina külső oldalrésze a látóközéppont oldalt (kívül) eső szélének, belső része a látóközéppont medial szélének, felső része ugyan ennek belső szélének, végre a retina alsó része a látóközéppont hátsó szélének felel meg. Ezek szerint a kutyánál minden látóidegben vannak keresztezett és nem keresztezett rostok. Ha a látóközéppontokat eltávolítjuk, a szembe beeső fény izgatja ugyan a látóidegrostok végkészülékét, az agykéreg alatt fekvő középpontok felől reflexmozgásokat például pupillaszükülést is válthat ki, de fényt az állat nem érez, látóérzés öntudatára nem jut, mindkét szemre nézve állandó agykéregvakság van jelen. Az A_1-sal megjelölt pont kiirtásakor a kutya azt az agykéregrészt vesztette el, melyben az előbb látott tárgyak emlékképei voltak. Munk szerint az AA_1A-val megjelölt agykéregrészben a fényt megérző elemeken kívül olyanok is vannak, melyek izgalma a látásképzeleteket adja; e kétféle idegelem egymással, benső kapcsolatban van úgy, hogy a mint a fényérző elemek felől az utóbbi elemek izgalomba jutnak, bennök a látott tárgyakról való fogalmak keletkeznek és ha az izgalom megszünt, az okozott változások egy ideig megmaradnak, mint az emlékképek okozói. Hogy a fényt megérző, azt észrevevő elemek izgalma a képzeletnek szolgáló elemeket izgalomba hozza, e czélra még figyelem is szükséges. Mihelyt tehát az A_1 mindkét oldalon el van távolítva, a kutya mindkét oldalon a fovea centralis es környékére nézve agykéregvak, és mert a látott tárgyakat illetőleg minden emlékkép elveszett, a látott tárgyakat nem ismeri meg. Az így műtett állat ezentúl az A_1-en túl eső AA-val jelölt agykéregrészeket kezdi használni és a vesztett látóképesség lassan helyrepótolódik. Csak ha a két ideghártya több mint háromnegyedrészének megfelelő kéregrészt távolítottuk el, marad vak az állat (Munk).

Embernél Meynert, Munk és mások szerint az agykéreg látóközéppontja a nyakszirti lebenyben van, nevezetesen a gyrus occipitalis I és II valamint a cuneus felső részében is (Exner). E részek mind két oldalon való elpusztulását teljes vakság kiséri, ezek izgatása az egész látótérre kiterjedő fény- és szinérzéseket, sőt látásérzéki hallucinatiókat okoz. Hosszú időn át vak vagy vakon született embereken, e tájék kéregrészét bonczolatok alkalmával elsorvadva találták (Huguenin, Giovanardi). A két szem jobb és bal fele egy-egy féltekének felel meg és pedig a két bal fél a bal, a két jobb fél a jobboldali nyakszirti lebenynek (Wernicke). Kitünik ez tapasztalatokból, melyek szerint egyik agykéreg látóközéppontjának elpusztulását mindkét szemben azonos oldali hemiopia (Westphal, Niesen és mások), izgatását azonos oldali photopsia (Charcot) követi. Minthogy végre némely agysértés után a szinérzés teljesen elveszett a fény- és helyérzés pedig zavartalanúl megmaradt, következtethető hogy a szinérzés középpontja a látóközéppontban egészen el van különítve (Samuelsohn).

A *hallóközéppontot* Ferrier majomnál a felső halántéki tekervényben találta, Munk kutyánál a látóközéppont alatt a középső tekervény alsó ága és az alsó tekervény hátsó részei által képezett halántéki lebenyben mondja. Ez agykéregrész mindkét oldali kiirtására a kutyák megsiketülnek. Munk szerint a *B*-ben sraffirozott hely úgy viselkedik, mint az *A*-nál sraffirozott rész (A_1), azaz, ha e helyet mindkét oldalon egyedül irtjuk ki, akkor a kutya hivásunkat nem érti, bár zörejt hall s hetek mulva vissza nyerheti elvesztett hallásérzéki képzeleteit.

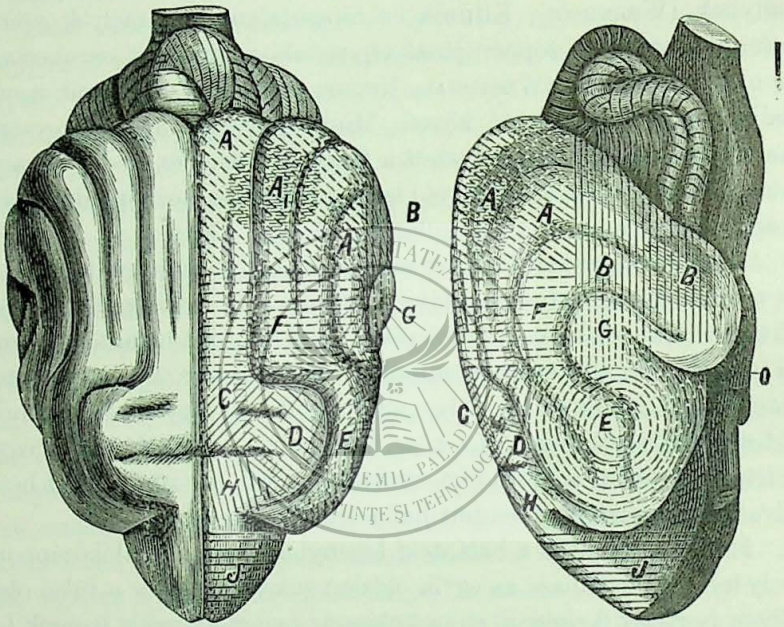
Embernél szintén a halántéki lebenyben van a hallóközéppont. E hely teljes elpusztulása az egyik oldalon süketséget okoz a tulsó oldal fülében, részletes (baloldali) elpusztulása az ismert szavak s hangok teljes elfelejtésével járhat (surditas verbalis, Kussmaul). Az ilyen ember olvassa, hallja a szavakat, után is tudja mondani, de jelentőségükről semmi fogalma nincsen. A hallott szó előtte érthetlen zörej, úgy hallja mintha teljesen idegen nyelven beszélnének hozzá.

A *szaglás-* és *izlelésközéppontját* Ferrier a gyrus fornicatus kampójában véli, Munk egyik kísérlete alkalmával, olyan kutyánál, melynek gyri hippocampijai el voltak lágyúlva a szaglóképesség hiányát észlelte, ezért s mert jó szagló képességgel bíró állatoknál a gyri hippocampi mindig erősen ki vannak fejlődve, valószinünek tartja, hogy ezekben van a szaglás középpontja.

A *tapintóközéppont*, Ferrier szerint a hippocampus majorban és gyrus hippocampi-ban, Munk szerint a homlok- és fallebenyben van

(106. ábra *C—J*), míg Tripier, Exner és mások szerint a különböző testrészek tapintó középpontjai a megfelelő mozgató középpontokkal esnek össze.

E középpontok közül úgy a tapintás, mint az izomérzés agykéregbeli középpontjai közül, Munk szerint a látóközépponttól mell- és középfelé (106. ábra *C*) van a hátsó végtagok érzőközéppontja, e közé és a látóközéppont közé esik a szem érzőközéppontja (*F*), ez utóbbi és a hallóközéppont közt, van a fül érzőközéppontja (*G*), a hátsó



106. ábra. Kutyaagykéreg Munk szerint. *A* látóközéppont, *B* hallóközéppont. *C—J* tapintóközéppont.

végtag tájéka előtt a közép felé esik a tarkó érzőközéppontja (*H*), ettől kifelé van a mellső végtagok (*D*) tovább kifelé és lefelé a fej érzőközéppontja; a homlok lebenyben legelőbbre (*F*) esik végre a törzs érzőközéppontja.

A mellső agyrészek kimetszését majomnál butaság követi, miért is Ferrier a homloklebenyt az *intelligentia székhelyének* tekinti. Kutyán a műtét után, a 3—5-ik napon Munk csak a törzsizmok működésében észlelt zavart, mely zavar okát a törzs tapintóérzésének hiányában véli; hasonló zavart látott Munk majomnál is a homloklebeny kiirtása után a nyak és törzs izmaiban. Munk azért a homloklebenynek az intelligen-

tiában annyiban tulajdonít szerepet, a mennyiben a vele kapcsolatos testrészek tapintásérzéki benyomásai itt jutnak az állat öntudatára. Goltz az agykéreg hátsó negyedének mindkét oldalon való kiirtásakor butáknak találta műtett kutyáit; a látás, hallás, szaglás, ízlelés is korlátoltabb volt. Az előbb jóindulatú kutya mindkét fallebeny kiirtása után, csökkent intelligentia mellett, rosszindulatu, erőszakos lett. Hasonlót észleltek emberen is, kit 3′ 7″ hosszú és $1^1/_4$″ vastag vas rúd megütött úgy, hogy a vasrúd a baloldali állizület mellett a koponyába furódott és ugyanazon oldalon a homlok tájon kijött; ez ember meggyógyulása után szenvedélyes és makacs volt. Azonban az agy mellső részeinek nagy részét nem egyszer elpusztulni is látták anélkül, hogy amaz ember szellemi működéseiben zavar észlelhető lett volna. Egyik félteke elsorvadása után, teljesen ép szellemi működés mellett, mozgászavarokat figyeltek meg. Ezen kívül azonban a homloktáj hiányánál csökkent intelligentiát és hülyeséget is észleltek. Mind ezek a tapasztalatok arra utalnak, hogy az érzékszervek útján nyert képzeleteinkből származó szellemi működéseknek középpontja az egész agykéreg, s itt lehet, hogy az egyik félteke a másiknak működését némileg pótolhatja is; kétséget nem szenved tehát, hogy a homloklebeny a halánték-nyakszirti lebennyel együtt az a része az agynak, melyben a szellemi működések folynak le (Flechsig).

Meg kell még emlékeznünk az úgynevezett *együttmozgásokról* és *együttérzésekről is*. Együttmozgásoknak azokat a mozgásokat mondjuk, melyek az akart mozgásokat akaratunk ellenére kísérik. Igy midőn a harmadik ujjunkat behajlítjuk, akaratlanúl együtt behajlik a negyedik és a szomszéd ujjak is, vagy midőn nagy súlyt akarunk emelni számos olyan izom is összehúzódik, mely a súlyemeléshez semmi viszonyban nincsen, például az arczizmok. Ez együttmozgások egy részétől gyakorlat által el lehet szokni, másoktól nem. A gyermek például eleintén mind két lábát vagy kezét együtt s egy értelemben tudja csak mozgatni, később azonban ezeket külön-külön idegzi be. A bizonyos munkára szükséges izmokat idővel a többi izmoktól elkülönülten tanuljuk használni; a valamely bizonyos munkában gyakorlott egyén azért sokkal később fárad el annál, ki a gyakorlat hiánya miatt sok olyan izmot idegez be, melyet amaz nyugalomban hágy. De nem vagyunk képesek gyakorlat által sem minden együttmozgástól elszokni, nem tudjuk például elérni azt, hogy az egyik oldal rágó izmait összehúzódásra indítsuk, mialatt a másik oldaléi nyugton maradnak. *Együttérzéseknek* azokat az érzéseket nevezzük, melyek valamely érzésszerv vagy érzőidegrost vég-

készülékére történt behatásra más érzékszervnek vagy idegrostnak megfelelőleg bennünk támadnak. Fogfájáskor például az egész arczfélben érzünk fájdalmat, ha a napba nézünk oly sajátságos érzés támad orrunkban, mely nem ritkán tüsszentésre indít. Mind e tüneményeknek, az együttmozgásnak és együttérzésnek oka az agykéregközéppontok egymás mellé való elhelyezésében és abban van, hogy azok összekötőrostok által direct kapcsolatban állanak egymással. Igy az együttmozgások onnan származnak, hogy akaratunk az akart mozgásra szükséges izgalmat nem képes az agykéregben kellően korlátozni, az izgalom azért, az akart mozgásra szükséges idegsejteken és rostokon kívül szomszéd idegközéppontokra is átterjed és izmokat hoz összehúzódásba, melyeket működésre indítani semmi szándékunk sem volt. Minél erősebb az izgalom, annál nagyobb agykéregterületre terjed ki, annál több izom kerül tehát összehúzódásba. Ennek megfelelőleg az együttérzés is úgy jön létre, hogy a valamely érzőideg utján a középpontokhoz elvezetett izgalom a megfelelőnél nagyobb, szomszéd agykéregrészekre terjed ki. Az együttmozgás és együttérzés azért, az izgalom szétsugárzása eredményének is mondható.

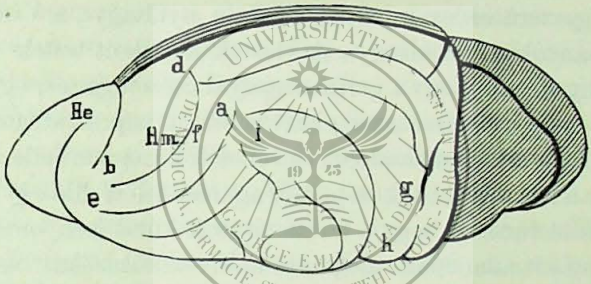
c) A szívmozgásra és hőcserére befolyó középpontok az agykéregben.

Az agykéreg-felület bizonyos pontjainak izgatásakor változások észlelhetők a szívmozgásokban és a kísérleti állatok hőcseréjében is.

A *szívmozgásokat* illetőleg Bochfontaine-tól vannak régibb adatok, melyek szerint a végtagokat beidegző agykéregközéppontok izgatására a szívmozgás ritkult, esetleg gyorsult, a vérnyomás pedig fokozódott. Kiterjedt idevágó vizsgálatokat tett később Balogh, a ki az agykéreg felületén hét pontot talált, melyeknek izgatása szívlökés-gyorsulással és egyet, melynek izgatása szívlökés-ritkulással járt. E pontok a mellékelt 107. ábrán vannak megjelölve. Köztük az *e* és *g* betűkkel megjelölt helyek izgatása, a megfelelő mozgások mellett, gyorsítólag hat a szívmozgásokra; *f*, *h* és *i* pontok ingerlése fájdalmas, mellette pedig a szívlökések száma 1 percz alatt 76-ról 108-ra, 80-ról 196-ra, 84-ről 116-ra, 104-ről 160-ra emelkedik; épen így szaporítja a szívlökések számát a *b* pont izgatása is, *b* és *d* izgatását sem rángások sem fájdalom jelei nem kísérik, azonban *d* izgatásakor ritkul a szívlökések száma; egy esetben például a szívlökések száma egy percz alatt 84-ről 64-re esett. E középpontok, úgy látszik, állandóan be vannak

idegezve, erre utal legalább az a tapasztalat, hogy a szívmozgások az agyféltekének eltávolításakor ritkulnak; kutyánál például csökkent a szívlökések száma 84-ről 52-re, 152-ről 80-ra, 240-ről 176-ra 1 percz alatt.

Az agykéregnek a *hőcserére* való befolyását illetőleg, számos vizsgáló megegyező adatai szerint az agykéreg eltávolítása hőemelkedéssel jár. Így Bókai házinyúlaknál a testhőmérséket 41—41·7 C.°-ra látta emelkedni. Hasonlón hőemelkedést észlelt Bókai, ha az agykéreg egyik felét egészen vagy csak ennek hátsó részeit távolította el. Közelebbi vizsgálatok úgy Bókai mint Eulenburg, Landois és mások részéről is az agykéregben *hőmérsékgátló* és *hőmérsékfokozó pontok* felismeréséhez vezettek. Bókai szerint a Sylvius-árok feletti tekeredés hőmérsékcsökkentő befolyással van az előtagokra és valószínüleg a test mellső



107. ábra. Kutya agya oldalról. *b c f g h i* gyorsító, *d* lassító agykéregközéppontok (Balogh szerint).

felére is. Hasonló hatása van a középső tekeredés hátsó részének a hátsó végtagokra. Az egész középső agytekeredés hőmérsékgátló hatással látszik lenni, e mellett egyes körülírt helyei különböző testrészeknek felelnek meg. Bókai ezeken kívül a középső agytekeredésnek kivált mellső és középső részeiben és csekély kiterjedésben a felső és alsó tekeredés amazokkal határos részeiben, a hőmérsékgátló középpontok közt, oly középpontokat is talált, a melyek izgatására bizonyos testrészek hőmérséke fokozódik, anélkül, hogy e fokozódást izommunka okozta volna. A sulcus cruciatus körül azok a pontok, melyeket mint mozgató középpontokat tanultunk megismerni, határozottan hőmérsékgátlóknak bizonyúltak (Eulenburg és Landois): e pontok elpusztítására a megfelelő túloldali testrész hőmérséke mondhatni állandóan fokozódott, míg ugyan e helyek izgatása ugyanazon testrész hőmérsékének múló csökkenésével járt.

A hőkorlátozó agykéregközéppontok hatását, Bókai szerint, az

edényszűkítő, a hőemelő középpontokét az edénytágító idegrendszer közvetíti. Eulenburg és Landois is az agykéregnek a hőcserére befolyó középpontjaiban középponti edénymozgató készüléket látnak, melyhez az edénymozgató idegek középponti végei az agykocsányban mennek. Bechterew hasonló következtetéshez jutott; kórtani tapasztalatok alapján a talált eredményeket emberre nézve is érvényeseknek mondja. Ezek szerint az úgynevezett hőmérsékgátló és hőmérsékfokozó agykéregközéppontok tulajdonképen vasomotoricus középpontok volnának.

93. §. Az agyműködések gyorsasága.

A központi idegrendszer tárgyalt részei közül a gerinczagyat, mint az idegrendszer olyan középpontját ismertük meg, mely a magasabb érzékszervekkel direct összeköttetésben nincsen, és melynek utján kiválóan egyszerű reflexek jönnek létre; a nyúltagy-, a Varol-féle híd az agykocsányokkal-, a kisagy-, ikertestek, a csíkolt testek- és látótelepekről pedig láttuk, hogy a gerinczagygyal összefüggnek, egyszersmind azonban a magasabb érzékszervekkel is direct kapcsolatban vannak és hogy már összetettebb működések és reflexek középpontjaiként szerepelnek; végre a minden többi középponti agyrész felett álló agykéreg különösen az által tünt ki, hogy a hozzá eljutott külső benyomások, benne hosszú ideig sőt állandóan megmaradó oly változásokat okoznak, melyek folytán az agykéregben a szellemi működések székhelyére ismertünk. Hogy az agykéreg e maradó változásai miben állanak, ezt nem tudjuk; tekintve, hogy centrifugal izgalmak behatása alatt a reflexek módosúlnak, igen valószínű, miszerint az agykéregben lefolyó lelki működések, melyek elvégre szintén csak reflexek, és a többi középponti idegrendszeri részek által közvetített reflexek közt, elvi különbség nincsen. Hogy szellemi műveleteink szintén az agykéregben lefolyó anyagi változásoktól függnek, ez a megelőzött §-okban mondottakon kívül még abból tünik ki, hogy azok is, mint a következőben látni fogjuk, időhöz vannak kötve.

A reflexmozgások (422. l.) tárgyalásánál láttuk, miszerint arra, hogy érző ideg izgalma mozgató idegre átterjedjen, mintegy tizenkétszer több időre van szükség, mint mennyi idő alatt az izgalom hasonló hosszú utat az idegben befut. Ennél még valamivel hosszabb az az idő, mely az ingerbehatás és az ennek megérzését jelző mozgás közt eltelik, ha az utóbbit akaratunk megindítja, szóval, ha az szellemi művelet eredménye. Ez idő — Exner szerint *reactio-idő* — magába foglalja

azt az időt, mely alatt 1. az ingerbehatás következtében az illető érzékszervben az izgalom támad, és onnan a centripetalirányban vezető idegek utján a középpontig elhalad; mely alatt 2. a középpontban az a szellemi művelet lefoly, melynek végeredményeként a centrifugal irányban vezető ideg izgalomba jut és mely alatt 3. ez izgalom a mozgató idegen át az izmokhoz halad s ezeket összehúzódásra indítja. A 2-vel jelzett idő az, mely közben a középpontban szükséges műveletek lefolynak, mely alatt tehát a történt behatást észrevesszük és akaratunk a szándékolt mozgásra szükséges impulsust a középpontban megindítja.

A reactio-idő meghatározása hasonló eljárások szerint történik, mint a minő eljárások segedelmével az idegizgalom terjedéssebességét szokás mérni.

Lehet hengermyographiont használni, melynek kormosított felületével egy tű érintkezésben áll, mely a henger bizonyos állása mellett higanytartóba bemerül és ez alatt valamely telep áramát egy szánkagép elsődleges tekercsével összeköti. Ugyan ezalatt a másodlagos tekercs elektrodokkal ellátott két végét vagy a bőrre illesztjük, vagy egymáshoz annyira közelítjük, hogy a villamosság szikra alakjában átszökni kénytelen, mely esetben a szikrát látni és hallani lehet. Az inducált áram tehát ingerként hathat a bőrre, szemre vagy fülre, és pedig akkor, a mikor a hengermyographion tűje a higanytartóba bemerül és az elsődleges tekercs áramát zárja majd megszakítja; esetleg lehet a két bevezetett áramcsapás közül csak az egyiket is használni. A vizsgálat alatt levő egyén feladata már most a kormosított hengeren megjelölni a pillanatot, melyben a történt behatás öntudatára jutott, például a hengerrel érintkezésben levő egy jelzőnek lenyomása által. A tűnek a higanyba való bemerülése és a jelzőnek kimozdítása közt eltelt idő megfelel az egész reactio-időnek. Vagy lehet a kísérletet oly órával is tenni, mely felette rövid időközöket, például egy másodpercz ezredrészét jelezi (Hipp-féle chronoskop), nem szükséges egyéb, minthogy az óra úgy legyen szerkesztve, hogy mutatóját hirtelen megindítani és megállítani lehessen, mit rendesen elektromagneticus uton szokás tenni; az óramutatóját megindító áram zárása egyszersmind ingerül is szolgálhat.

A reactio-idő léte először a csillagászoknak tűnt fel az által, hogy ugyanazt a csillagot a különböző egyének különböző időben látták távcsövük fonalán átmenni, ezt pedig akkor is, midőn egy ugyanazon távcsővel tették megfigyeléseiket. Az időkülömbség az egyes vizsgálók közt egyszersmind állandóan ugyanaz volt. Az egyes vizsgálók közt fennálló e

különbséget egyszer s mindenkorra meghatározták és így jutottak az úgynevezett személyes-egyenlethez. Ha például Bessel valamely csillagot távcsövének fonalán 7 órakor látta átmenni, akkor Argelander ugyane csillagot 7 óra 1·22 mp.-kor látta; ez eltérést az észlelésben úgy írták: Argelander—Bessel = 1·22 mp. Az időkülönbség oka az illető vizsgálók egyéni tulajdonságaiban van. Különbözőnek bizonyult az egyes egyéneknél az az idő, melynek eltelnie kell, hogy érzéki behatásra a kívánt mozgás bekövetkezzék. Így, hogy a bal kéz ingerlésének megérzését a jobb kéz mozgása által jelezze Helmholtz-nak 0·12495—0·12776 mp., Hirsch-nek 0·1733—0·1911, Wittich-nek 0·153—1·166, Exner-nek 0·1276—0·1283, Vintschgau-nak 0·1087—0·1860 mp. kellett; buta egyénnél ez időt Exner 0·9952 mp.-nyire terjedőnek találta. Közelebbi vizsgálatok, melyeket különösen Exner végzett, kiderítették azokat a viszonyokat, melyektől a reactio-idő nagysága függ.

Lényegesen különböző ez idő értéke ugyanazon egyénnél is a hely szerint, melyre az inger behat. A következő táblázat egy ilyen kísérleti sorozatot tüntet fel, melyben Exner az inger megérzését jobb kezével jelezte

a jobb kéz villamos ingerlése után	0·1390
a bal kéz « « «	0·1276—0·1283
a homlok bőrének villamos ingerlése után ...	0·1374
a bal láb újjainak « « « ...	0·1749
a szemideghártya direct villamos ingerlése után	0·1139
villamos szikra látása után	0·1506
hirtelen hang hallása után	0·1360 mp. múlva.

E táblázat szerint leggyorsabban következik be a reactio a szemnek direct ingerlése után. Ezt követi a bőr és a hallószerv ingerlése. Egyszersmind kitűnik, hogy a reactio-idő lényegesen különböző a szerint, vajjon fényérzés keltése utján vagy directe hat-e valamely inger a szemre, a mennyiben az utóbbi esetben a reactio-idő jóval rövidebb. Megegyezik ez azzal a tapasztalattal is, mely szerint a fénynek a szembe bizonyos ideig behatni és ott vegyi változásokat okozni kell, hogy ingerként hasson, mi mind időt szükségel.

Vannak hasonló vizsgálatok, melyekben az állkapocs vagy a láb mozgásával jelezték az ingerület megérzését. Villamos szikra látását az állkapocs mozgása 0·1377, a lábé 0·1840 mp. múlva követte (Exner). A villamos áram által keltett izérzést Wittich 0·167, Vintschgau és Hönigschmied a sók ízének megérzését 0·1598, a czukor édes ízét 0·1639, a savanyúét 0·1676 és a chinin keserű ízét 0·2531 mp. múlva jelezték.

Már az eddig mondottakból is láttuk, hogy a reactio-idő az egyéniség, az inger minősége és a szerv szerint, melyre az inger behatott, lényegesen különböző. Közelebbről kitűnt, hogy a reactio-idő rövidebb olyan egyéneknél, a kik szokva vannak figyelmüket egy tárgyra irányítani, kiknek mozgásai biztosan és öntudatosan történnek. Ezeken kívül változik a reactio-idő az inger nagysága szerint, a mennyiben erősebb ingerek alkalmazásakor rövidebb, gyengébb ingerek behatása alatt hosszabb szokott lenni. Ugyanazon inger mellett a reactio-idő annál kisebb, minél nagyobb a felület, melyre az inger behat; a reactio időtartama tehát csökken az izgatott idegvégek számával. Hidegben, nyomott kedélyhangulat mellett nagyobb a reactio-idő (Vintschgau és Dietl). A gyakorlattal kisebb, az elfáradással nagyobb lesz a reactio-idő. Befoly itt különböző mergek és élvszerek hatása is. Igy két üveg rajnai bor ivása a reactio-időt 0·1904 mp.-ről 0·2969 mp.-re nyujtja, az opium és morphium is meghosszabbítja (Exner), ellenben kevesebb bor vagy kávé ez időt kisebbítik.

Ha a kísérleti egyént előre nem figyelmeztetjük az ingerbehatás helyére vagy minőségére, vagy épen ha nemcsak az inger megérzését jelezni, hanem az ingert megitélni is feladata és így a kísérleti egyén részéről több szellemi munkára van szükség, akkor a reactio-idő is nagyobb lesz. Donders például két egyén közül az egyiknek meghagyta, hogy a phonautographba különböző magánhangzókkal szóljon, mialatt a másik feladata volt ugyan e készülékbe az *i* magánhangzón beleszólni akkor, ha ezt a betűt hallja. Az idő, mely az első és második egyén által történt beleszólás közt eltelt 0·237 mp. volt. Minthogy pedig, ha a másik egyén előre tudja, hogy *i* hangzón fognak szólni, az *i*-t már 0.201 mp. múlva utánmondja, következik, hogy a hang felismerésére, ennek a többi hangoktól való megkülönböztetésére, 0·036 mp. szükséges. Hasonló kísérleteket tettek egyéb érzékszervekkel Kries és Auerbach. Szerintök a reactio-idő midőn látott villamszikra volt megitélendő 0·011, midőn színeket kellett felismerni 0·012 mp.-el nőtt; több idő kellett már a hallott hang irányának megitélésére (0·015 mp.) és a hangok magasságának megkülönböztetésére (0·019 mp.).

Még hosszabb lesz a reactio-idő, ha a reactio módját is változtatjuk. Bőringerek megérzését például, az izgatottal azonos oldalon gyorsabban tudunk jelezni, mint a túlsó oldalon. A jobb oldalon behatott bőringerre a jobb, a baloldalon behatottra a bal kézzel reagálunk a leggyorsabban. Hallott szók megérzését legrövidebb idő múlva jelezzük akkor, ha azokat után mondjuk (Donders); ez valószínűleg onnan

van, mert a hallószerv utján nyert izgalom az agyban azt az utat szokta meg leginkább, melyen a beszédnél szereplő izmokat működésre indítjuk.

A reactio-idő ezek szerint jóval tovább tart, mint az öntudat hozzájárulása nélkül bekövetkező reflexek ideje tartani szokott és az idegrendszerhez van kötve.

FŐBB FORRÁSOK.

Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. 1846—1850.

Schiff M. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. 1859.

Setschenow J. Physiologische Studien über d. Hemmungsmechanismen f. d. Reflexthätigkeit im Gehirn des Frosches. 1863.

Goltz. Beiträge zur Lehre v. d. Functionen d. Nervencentren d. Frosches. 1869.

Flechsig P. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. 1876.

Balogh K. Az agy féltékeinek és a kisagynak működéséről. Akad. értekezések. VII. k. 1876.

Ferrier D. Die Functionen des Gehirns. 1879.

Heidenhain R. Der sogenannte thierische Magnetismus. 1880.

Munk H. Ueber die Function der Grosshirnrinde. 1881.

Exner S. Untersuchungen über die Localisation der Functionen in d. Grosshirnrinde des Menschen. 1881.

Krause K. A leíró emberboncztan kézikönyve II. k. 1882.

Flechsig P. Plan d. menschlichen Gehirns. 1883.

Gad Joh. Einiges über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches. 1884.

Hermann L. Handbuch d. Physiologie. II. k. I. r. 1879.

Toldt C. Lehrbuch d. Gewebelehre. 1884.

Landois L. Lehrbuch d. Physiologie des Menschen. 1885.

Archiv f. d. gesammt. Physiologie. 1874, 1875, 1876, 1881, 1882, 1883.

Archiv f. Anat. u. Physiologie. 1868, 1870, 1874, 1883.

Archiv f. Psychiatrie. 1875.

Zeitschrift f. Biologie. 1866.

Centralblatt f. d. medic. Wissenschaften. 1863, 1864, 1867.

Sitzungsberichte d. k. Akademie, Wien. 1883.

Berichte d. sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften Math.-physikalische Classe. 1874.

Sitzungsberichte d. königl. preuss. Akademie der Wissenschaften, Berlin. 1885.

Travaux du laboratoire de M. Marey. Années 1878—79.
Természettudományi Közlöny. 1881, 1884.
Orvosi Hetilap. 1882.
Budapesti kir. orvosegylet évkönyve. 1884.
Henle-Meissner. Berichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie. 1856—1871.
Hofmann-Schwalbe. Jahresbericht über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie. 1872—1883.

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ, FARMACIE, ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE - TÂRGU MUREȘ
GEORGE EMIL PALADE
19 45

III.

A MOZGÁSOK ÉLETTANA. KÜLÖNÖS IZOMÉLETTAN.

94. §. Átnézet.

Lényegében minden élettünemény mozgás, a mennyiben vagy a végtelen legapróbb parányok, vagy összetett szerves részek, vagy végre az egész szervezet hely- esetleg alakváltozásain alapul. Ilyen értelemben a mozgások élettanának címe alá az egész élettan befoglalható volna. Az általános élettan tárgyalásakor azonban felosztottuk az élettant az erőforgalom, az anyagforgalom, a szaporodás és a fejlődés, mint egyénforgalom, élettanára. Az erőforgalomhoz tartozó élettünemények közül eddigelé még csak azokat a molecularis változásokat ismertük meg, melyek az idegrendszerben folynak le, ide tartozóknak azonban még a mozgásokat és a hőfejlesztést is mondtuk, a midőn mozgások alatt a szerves részek összehúzódóképességén alapuló helyváltozásokat értettük. A jelen fejezetben e szorosabb értelemben vett mozgásokkal fogunk foglalkozni. Ide tartoznak bizonyos sejtek, például a fehérvérsejtek helyváltozásai, a csillósejtek nyulványainak mozgásai, valamint különösen az összehúzódó síma izomsejtek és haránteslkos izomrostok által eszközölt azok az erőnyilvánulatok, melyek testrészeket és az egész testet hozzák mozgásba. Ezek közül az izmok működését általánosságban már az általános izomélettanból ismerjük. A különös izomélettan azért magában fogja foglalni a csontvázzal összekötött izmok működése által előidézett mozgásoknak, helyváltozásoknak mechanikáját, különösen a mennyiben ez a végtagok és a gége mozgásaira vonatkozik; míg a törzs és állkapocs mozgásait a megfelelő szervek, mint a tüdő, száj és egyebek élettani műsödésének fejtegetésekor részletesebben fogjuk tárgyalni. A gége mozgásainak leírása, a hangképzés és beszéd fejtegetéséhez vezet és méltán, minthogy izomműködésnek köszönik a hangszalagok rezgőképességüket a hang-

adásnál, valamint ugyancsak izomműködés idézi elő a torok és szájür lágyképleteinek ama helyváltozásait, melyeknek eredménye a betűk kiejtése és a beszéd, nemkülönben izmok tartják fenn a hangszalagokat rezgésbe hozó légáramot is.

95. §. Protoplasmamozgás.

Élő protoplasma igen gyakran önállóan képes mozogni. A mozgás a sejtállomány belső elrendeződésének változásában nyilvánúlhat, midőn a protoplasma részecskéi a sejt belsejében egyik helyről a másikra áramolnak, ezt nevezzük *protoplasmaáramlásnak*, vagy pedig a sejt alakját esetleg helyét is megváltoztatja, a midőn a mozgást *protoplasmamozgásnak* mondjuk.

A protoplasmaáramlás főleg a kemény burokkal ellátott növénysejteken észlelhető, például a cucurbita, a tradescantia szőrein, hol a sejt folyó bennékén keresztül finom fonalak húzódnak, folytonosan változó számban és alakban; a vallisneria spiralis levélsejtjeiben, valamint több infusoria (vorticellina) endoplasmájában a burok alatt helyt foglaló protoplasma, mint összefüggő egész forog a sejt benneke körül, magával sodorja a sejtmagot, esetleg jegeczeket és chlorophyllszemcséket is. A tulajdonképeni protoplasmamozgás részint csak a sejt alakváltozásában nyilvánúl, így termékenyítés előtt számos állat petesejtjeiben, részint már helyváltozásban is, így például a fehérvérsejtekben, a kötőszövet vándorsejtjeiben, a genysejtekben, a porczhártya sejtjeiben, a Descemet-féle hártya felhámsejtjeiben, talán idegsejtekben is, és legalsóbb rendű állatok, mint az amöbák, myxamöbák, arcellák, difflugiák és sok monerek protoplasma-testében. Ezek egymással össze nem függő nyulványokat bocsátanak ki, melyek szilárd testekhez tapadnak és rövidülésükkor a többi protoplasmát maguk után húzzák. A békák és a chamäleon bőrében foglalt festékvivő sejtektől, chromatophorák-tól, ezek nyugalma alatt számos fekete festékkel telt nyulvány indul ki s terjed vizszintes irányban; e nyulványok a sejttestekkel együtt finom hálózatokat képeznek, a bőrben alattuk levő világosabb színű pigmentsejtek felett. Működésközben a chromatophorák gömbalakra húzódnak össze, nyulványaik eltűnnek és a fény a mélyebben fekvő pigmentsejtekhez s ezektől vissza szabadon mehet. Innen van, hogy a béka bőre a chromatophorák nyugalmakor sötét, ezek összehúzódása alkalmával világosabb színű (Brücke). A chromatophorák némely vizsgáló szerint nyulványaik segedelmével helyüket is változtathatják

(Bert és mások). A protoplasmamozgásokhoz sorozzák még a rhizopodák, heliozoák, radiolariák és némely monerek fonalnyulványain, gyöklábain látható élénk szemcsemozgásokat, valamint a bacillariák és ascillariák teste felületét vékony rétegben bevonó protoplasma ama tulajdonságát, melynél fogva az egész test szilárd alapon tovább csúszik (Engelmann).

A protoplasma mozgásképessége, úgy mint az élete, bizonyos feltételekhez van kötve. Egy ilyen feltétel az éleny jelenléte. Éleny nélkül a protoplasma mozgásai csakhamar megszűnnek. Épen úgy megszűnnek, ha alkáli vagy sav felesmennyiségben van jelen; a chara nevű vízinövény sejtjeiben a protoplasmamozgások $0{\cdot}1\%$ kali vagy natron behatására 2—3 percz alatt megszűnnek, 2% borkősavban szintén 10 percz alatt szünnek meg. Híg alkaliákban a protoplasma duzzad és szétfolyik, savakban ellenben a fehérjék megalvadása miatt többnyire zsugorodik. Megalvasztó hatása miatt szünteti meg a protoplasma mozgását az alkohol, æther és a chloroform is. Felesleges párolt vízben épen úgy, mint túlnagy vízelvonáskor, például tömör sók behatása alatt, szintén megszűnik mozogni a protoplasma. Átlag a protoplasma víztartalma ne legyen sokkal nagyobb 90 és kisebb 60%-nál. Hasonlóan függ a protoplasma mozgásképessége a hőmérséktől is. 40 C°-on felül és 0 C°-on alól többnyire megszűnik a protoplasmamozgás, e határon belül pedig élénksége a hőmérsék nagyobbodásával fokozódik.

Az elősorolt viszonyok közt, minden eddigi tapasztalat tanúsága szerint, a protoplasma legkisebb része is képes összehúzódni. Ez összehúzódásra különböző belső és külső ingerek indíthatják. Kühne a porczhártya csillag alakú sejtjeit a megfelelő idegek erőművi ingerlésére látta összehúzódni; a nyugalmukkor csillagalakú sejtek gömbölyűek vagy orsó alakúak lettek. A chromatophorák nyugalmának összehúzódással járó váltakozását kísérő színváltozás is, a bőrben végződő idegek izgatása által idézhető elő. E tapasztalatok az idegeknek a kötőszövetsejtekkel való összefüggésére utalnak, noha ilyen összefüggés szövettanilag még kimutatva nincsen. A legtöbbször önként, minden külső ok hozzájárulása nélkül, benne támadó ingerek folytán, húzódik össze a protoplasma. Ezen kivül azonban a protoplasmát ugyanazok a külső ingerek is összehúzódásra indíthatják, melyeket az izom általános ingereiként tanúltunk megismerni. Igy az állandó villamáram megindítása és megszakítása is, és nevezetes, hogy itt az áram megindítása szintén nagyobb inger, mint az áram megszakítása. Az

ingerhatás nő az ingadozások nagyságával és sebességével. Azért inducált áramok is erős ingerek. Ezen kivül izgatják a protoplasmát hirtelen beható erőművi ingerek, mint nyomás, nyujtás és mások, nemkülönben vegyi behatások, mint a kali s natron 0,05%-os, vagy a konyhasó 1%-os oldatban, végre hőingadozások is. Mind ez ingerek behatását azonban könnyen követik zavaró következmények, mint a protoplasma zúzódása, duzzadása és megalvadása. Némely esetben igen erősen ható inger a fény is. A béka bőrében foglalt chromatophorák például a fény élénk behatása alatt összehúzódnak. A fény e hatása valószínűleg reflex következménye; Lister és Pauchet kísérleteiben legalább, a fény a szemekre való befolyásának kizárása után a bőr színváltozása is elmaradt. Több növénysejt ismeretes, melynek protoplasmája a fény behatása alatt összehúzódik. A pelomyxa palustris, egy nagy, édes vízi amöboid, sötétben élénken mozog, míg a fény behatása alatt szintén gömbszerűen húzódik össze, csak úgy, a mint a mesterséges ingerlés általában a protoplasmát összehúzódásra szokta indítani.

96. §. Csillómozgás.

Bizonyos, többnyire hengeralakú, hámsejtek szabadfelületükön szőrszerűen kiálló nyulványokkal vannak ellátva, mely nyúlványok szabályosan ismétlődő lengő mozgást végeznek. E hengeralakú csillósejtek előfordulnak az orrür és mellüregeinek nyákhártyáján, a regio olfactoria kivételével, a könycsatornában és könytömlőben, az Eustach-féle kürtben, részben a dobürben, a torok felső felében, a gégében a valódi hangszalagok kivételével, a légcsőben és hörgökben, a méhben, a petevezetékben, a mellékpetevezetékben és mellékherében, valamint a gerinczagy középponti csatornájában; nagy lapos csillósejtek fedik az agy edényfonatait. A csillószőrök egyszerű, színtelen anyagból állanak, mely positiv egytengelyű kettőstörő tulajdonsága által tűnik ki. A sejt szabad felületén 0,022—0,005 mm. hosszúságban állnak ki a sejtprotoplasmából, melylyel némelyek szerint direct összefüggésben vannak (Eberth, Ranvier *és mások*), míg más vizsgálók szerint a sejtprotoplasma szabad felületét fedő üveg tiszta, könnyen duzzadó réteggel függnek össze, mely fedőréteg a csillószőrök állományához hasonlóan viselkedik (Engelmann). Egy-egy sejten 10—30 ilyen csillószőr olvasható meg. A sejtek protoplasmája egyszerű vagy finoman szemcsés, benne kerek vagy ellipsoid alakú mag, egy vagy több magocskával; sejthártya biztosan ki nem mutatható.

A csillómozgást legegyszerűbben lehet megfigyelni a béka szájpadjáról vett nyákhártyadarabkán vagy e nyákhártyáról vett vakarékon. Ha ilyen nyákhártyadarabkát vérsavóban vagy 0·6% konyhasóoldatban a górcső alatt megfigyelünk, úgy kezdetben oly élénk csillómozgást látunk, hogy az egyes részek mozgását sem tudjuk kivenni, csak a folyadék s ebben foglalt alakelemek, mint vérsejtek, felette gyors mozgása árulja el a csillómozgás jelenlétét. Csak midőn a mozgás már gyengülni kezd, vesszük a csillómozgást magát is észre sőt itt-ott egyes mozgó szőrcséket is. Ilyenkor lehet látni, hogy a szőrcsék a sejt felületére függélyes síkban, szabályos időközökben ide-oda mozognak. A szőrcsék mind, némileg előre hajlott nyugalmi állásukból, hátrafelé hajolnak, hogy azután, legalább még egyszer akkora sebességgel, vissza, előre csapjanak (Engelmann). A csillószőrök összehúzódása ilyenkor a csillószőr alapi végétől ennek csúcsa felé halad, tehát hullámalakban (motus undulatus), vannak azonban csillószőrök, melyek összehuzódásukkor kampószerűen meghajolnak es kiegyenesednek (motus uncinatus), mások kúpalakot írnak le, melynek csúcsát a szőr alapja képezi (motus infundibuliformis) míg még mások a szőr alapja körül, mint szilárd pont körül, ingaszerűen ide-oda lengő mozgást végeznek (motus vacillans, Valentin). Egy sejt szőrei mind, egyidejűleg s ugyanazzal a sebességgel lengenek. E sebesség igen nagy s e miatt pontosan meg sem határozható. Még mikor a csillószőrök lengése már annyira lassú, hogy szemmel követhető, akkor is 6—8 lengés esik 1 másodperczre, miért is az ép, friss sejtekről fel lehet tenni, miszerint szőreik legalább 12 lengést végeznek 1 másodpercz alatt (Engelmann). Ugyanazon felhámréteg sejtjeinek szőrei egymásután végzik lengéseiket, miért is az egész a szél által mozgatott búzakalászok hullámalakú lengéseire emlékeztett. E hullámlengés előhaladássebessége a kagylók köpenyét takaró sejtek csillószőrein 0·5 mm.-nek felel meg 1 másodpercz alatt (Engelmann).

A csillószőrök a velök érintkező folyadékot vagy apróbb szilárd részeket is tovább lökik, és a hol, mint némely alsóbb rendű állatnál, szabadsejtek felületén (zoospora, forgó pete) vagy az állat testfelületén (ciliata, ctenophora) előfordúlnak, ezeket mozdítják tovább. Csillósejtek e mozgatóhatását górcső alatt könnyű megfigyelni, ha a folyadékba, melyben a sejtek vannak, szén- vagy karminport adunk, sőt górcső nélkül is látható, mint viszik az előttünk láthatlan csillószőrök a béka szájpadjára hintett kevés szénport a nyelőcsőbe és ebben a gyomorig. A béka nyelőcsövének nyákhártyáját tudniillik szintén csillóhám fedi, azért, ha az ilyen kivágott nyelőcsőbe megfelelő vastag,

0·6% konyhasóval megnedvesített, üvegbotot bevezetünk, és az üvegboton a nyelőcső szélének helyét magunknak jól megjegyezzük, észre fogjuk venni, hogy a nyelőcső az üvegboton tovább csúszik; a csillószőrök mozgatják tovább.

A mozgás iránya mindenkor az, a mely felé a szőrök mozgása gyorsabb; így a légutakban, mirígyekben kifelé, a szájürben és nyelőcsőben befelé van fordítva. Az erőművi munkát, melyet a csillószőrök ilyenkor végezni képesek súlyokkal mérték, 14□ mm. kiterjedésű 48 grm. nehéz súlyt a béka szájpadját fedő csillósejtek szőrei épen még képesek tovább mozdítani (Wymann). Ferde síkon 1□ cmt. felület perczenként 6·8 grm.-mtr. munkát végezhet, vagyis a csillószőrök mozgása a sejt súlyát 4 mtr. magasra emelhetné (Bowditch). A sebesség mérésére külön eszközöket szerkesztettek; a kikészített nyákhártyára mutatóval (csillóóra) vagy fogaskerékkel (csillómalom) ellátott könnyű, vékony hengert helyeztek s mialatt az eszköz mutatója a henger mozgásait jelezte a vizsgáló az időt figyelte meg (Engelmann).

E csillómozgástól a protoplasmamozgáshoz átmenetet képeznek a gyomor, vékonybelek és talán még a vastagbelek nyákhártyáját fedő *hengerhámsejtek protoplasma-nyulványainak mozgásai*, valamint az ondó szálcsák (spermatozoák) mozgásai is. A hengerhámsejtek protoplosmája finoman szemcsézett, benne hosszúkás mag s ebben egy-két sötét fénylő magocska van. Oldalt e sejteket sejtburok környezi, szabad felületükön pedig a sejtprotoplasma szabad. A sejt szabad szélén burka kissé megvastagodott, azért ott fénylő szegélyképen tűnik elő. Némely vizsgáló szerint e sejtszegély a sejt szabad felületét betakaró fedél volna, mely finom csatornák által át volna likgatva (Kölliker); Brettauer és Steinach azonban kimutatták, hogy ilyen sejttető nem létezik, helyette e vizsgálók a sejtprotoplasmából pálczikaszerű protoplasmanyulványokat láttak kiállani, melyeket először Thanhoffer és Geley békánál mozgásban is láttak. Felszivódás alatt a sejtprotoplasma e nyulványokat kinyújtja, velök a felszívandó anyagot megragadja és a sejttestbe beviszi, úgy működik tehát mint az amöba, mely nyulványaival szintén a tápanyagot megragadja és magába befogadja.

A *spermatozoák* fénylő átlátszó hosszúkás fejjel, nyakkal és vékony hosszú farknyulvánnyal birnak; e nyulvány, mint valamely hosszú csillószőr a folyékony alapanyagban mozog ide-oda.

A feltételek, melyektől a csillószőrök, a hengerhámsejtek protoplasmanyulványai és a spermatozoák mozgása függ, legnagyobb részben ugyanazok, mint melyektől a protoplasmamozgások egyáltalában

függnek. Élenyment közegben a csillómozgás lassan megszűnik, bár a csillósejtek az élenyt aránylag soká képesek nélkülözni (Engelmann). Az éleny feszülésének nagyobbodásával a csillómozgások élénkebbek lesznek, de tiszta élenyben előbb szűnnek meg, mint a levegőben. Szabad alkaliák és savak jelenléte mellett a mozgások lassúbbak lesznek, végre megszűnnek. Az alkaliák azonban csak a savaknál nagyobb tömörség mellett hatnak kártékonyan. Általában pedig az anyagok mozgásgátló hatását ezek gyorsító hatása megelőzi, kivált feltűnő ez az alkaliáknál. Még az alkohol, æther, chloroform, amylnitrit is siettetik kezdetben a csillómozgást és csak ezután szüntetik meg. Párolt víz, épen úgy, mint a szárítás is, gátló hatással vannak. A hő, mely mellett a csillómozgások történnek 0—45 C° közt ingadozhatik, e határok közt, a felmelegítés gyorsítja, lehűtés pedig lassítja a csillómozgásokat.

Rendes körülmények közt úgy a csillószőrök, mint a tápcső hengerhámsejtjeinek protoplasmanyulványai a sejt teste felől nyerik az impulsust a mozgásra. Minthogy elszigetelt csillósejtek nyulványai is végezhetnek csillómozgást, fel kell tenni, hogy az izgalom magában a sejtben támad, bár tagadhatlan, hogy vannak esetek, melyekben az izgalmat a sejtekhez idegrostok vezetik. A hengersejtek protoplasmájával idegrostok látszanak összefüggni. A spermatozoák minden külső inger nélkül mozognak. Az általános külső ingerek közül a már szünőfélben levő csillómozgást siettetik az erőművi és vegyi behatások, valamint a villamosság gyors ingadozásai is; hirtelen hőingadozások ingerhatása itt ismeretlen. A hengerhámsejtek protoplasmanyulványainak mozgásait különösen az epe mozdítja elő (Thanhoffer).

97. §. Izommozgás.

Az ingerbehatásra összehúzódó izmok az egyes testrészeket, vagy az egész testet mozgatják. Közülök a síma és harántcsikos izomsejtek, mint tudjuk (21., 22. lap), oly testrészekben fordulnak elő, melyeknek mozgása akaratunktól független, míg a harántcsikos izomrostokat önként működésre indítani, vagy nyugalmukban hagyni vagyunk képesek. Az előbbeniek a bélcsőfalban összehúzódásuk által annak tartalmát a nyelőcsőtől a végbélig nyomják, a véredények falában ezek ürét szűkítik, a húgycsövecskékben a húgyot a hólyagba szorítják, a szívben a vérkeringést fenntartják, a cardia, pylorus, a végbél és urethra nyilása körül, mint e nyilásokat elzáró sphincterek szerepelnek. Mind e mozgásokról a megfelő szervek működésének tárgyalása alkalmával részletesen lesz

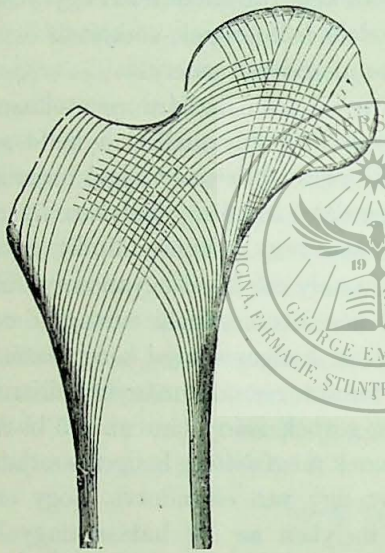
szó. A harántcsíkos izomrostokból álló izmok a helyváltozásokat, a beszédet és lélekzést közvetítik. Egyrészök mint gyűrüizom testnyilásokat zár körül, mely czélból rostjaik végei vagy csak egymással tapadnak össze anélkül, hogy egyszersmind csontokkal összefüggnének (sphincter oris), vagy csonttól indulnak ki, melyhez vissza is térnek (sphincter ani externus), vagy végre két egymással szemben álló ponton tapadnak csontokhoz (orbicularis oculi); ez izmoknak feladata testnyilásokat szükíteni. A többi hosszú vagy széles izom két egymástól független ponthoz tapad, mely két pontot összehúzódásuk alkalmával egymáshoz közelíteni feladatuk. Rendesen két csont közt vannak ez izmok kifeszítve s rövidülésükkor vagy az egyik csontot a másikhoz vagy mindkettőt egymáshoz közelítik, a szerint, a mint a két csont közül csak az egyik vagy mind a kettő mozgatható. A mozgás értékét, irányát minden egyes esetben meghatározhatjuk ha *A*) a megfelelő izületrészek alakját és összeköttetéseit, valamint *B*) az izmok elrendeződését ismerjük.

A) *A csontváz és részeinek összeköttetései.* Szilárd csontokban a csontszövet úgy van elrendezve, hogy csekély súly mellett a kellő szilárdsággal és az izmok tapadására szükséges felületnagysággal bírjanak. Általánosan ismert dolog, hogy hengeralakú testeken, melyekre nyomó vagy nyújtóerő hat, a legnagyobb nyomás vagy feszülés mindig a test felületét éri. Innen van az, hogy valamely cső közel ugyanannyi súlyt elbir, mint egy ugyanazon anyagból készült megfelelő vastag tömött pálcza. Ennek megfelelőleg csontvázunk hengercsontjai középrészének csöves a szerkezete, míg felületeik tömött csontállományból állanak. A cső két végén azonban bizonyos görbék irányában az erő hatása nagyobb mások irányában kisebb, ennek megfelelőleg hengercsontjaink duzzadt két végén a csontállomány úgy van elrendezve, hogy erős csontlemezek futnak azon irányban, melyben az erő hatása nagyobb, míg a gyenge és kevesebb csontlemez azon irányokban van, melyekben csekély erő hat (Meyer H.). Szépen kifejlődve lehet látni e szerkezetet a lábak csontjain, mint a melyek a legnagyobb nyomásnak vannak kitéve (108. ábra).

A mi a csontok, mint a csontváz leglényegesebb elemeinek, egymással való összeköttetéseit illeti, ezek mozdulatlanúl és mozgathatóan tartanak össze. Mozdulatlanul a *varratok* (suturae) kötik össze a csontokat a koponyán, a hol jelenlétük a csontok növését és azáltal a koponyaür nagyobbodását lehetségessé teszi (Meyer H.), valamint a *beékelődések* (gomphosis) a fogmedernyújtványokban, melyeknél fogva a foggyökök a fogmedernyújtványban mozdulatlanul állanak és mozdu-

latlan csontösszeköttetések; a többi csontösszeköttetések mind mozgékonyak. Ez összeköttetések szerkezetének, valamint az összetartó szalagoknak, részletes leírását, mint a boncztanból ismert dolgokat, itt mellőzhetjük; a következőkben azért csak a mozgékony összeköttetések mechanikájának, a bennök történő mozgás miként való lefolyásának, jellemzésére fogunk szorítkozni.

a) A *porczizület* — synchondrosis — alatt a csontok oly összeköttetését értjük, melynél két megfelelő csontfelületet üveg- vagy rostosporcz köt össze. E porczok erősen összetartanak. A csontokat azért csak aránylag nagy erő képes kimozdítani, de mihelyt az erő hatni megszünt a porczok nagyfokú ruganyossága eredeti állásukba azonnal vissza is hozza a csontokat. Ily módon vannak összekötve az egyes csigolyatestek valamint a két medenczecsont is egymással és végre a medenczecsontok a keresztcsonttal.



108. abra. A czombcsont felső végének hosszmetszete, a csontlemezek irányának megjelölésével.

A gerinczoszlop csigolyatestjeinek porczizületszerű összeköttetéseinek köszönhető a gerinczoszlop erőssége mellett ennek sokoldalú mozgékonysága. Minden csigolyaközti porcz az általa összekötött két csigolyatestnek igen kis mozgást enged meg. A gerinczoszlop oldalhajlásakor a felső csigolya teste az alatta levő porczot összenyomja azon oldalon, a mely oldal felé hajlik és nyujtja az ellenkező oldalon; midőn pedig a gerinczoszlop oldalt forog az izomerő csavarja a porczokat. Minden esetben pedig a gerinczoszlop egyenes helyzetébe azonnal visszatér, mihelyt a mozgató izmok hatni megszüntek; ellenható izmok működésére tehát itt semmi szükség nincsen. A gerinczcsigolyák mozgásait korlátozzák még a szomszédos csigolyaivek összeköttetései egymással és pedig a gerinczoszlop egyes helyein igen különböző fokban. Innen van, hogy a gerinczoszlop nyaki része a legmozgékonyabb míg háti része alig mozgékony egy keveset. De bármennyire korlátolt is ezek miatt az egyes csigolyatestek mozgékonysága, a gerinczoszlop 24 csigolyáinak egész sora együttvéve mégis kiterjedt mozgásra képes. A csigolya-

közti porczok egyszersmind a gerinczoszlopra gyakorlott minden lökést felette meggyengítik, így különösen ugrásnál, miáltal az agyat a túlságos megrázkódtatás ellen védik. E tekintetben előnyünkre van a gerinczoszlop hajlott alakja is, a mennyiben nyaki és ágyéki része előfelé keveset domború míg háti része a 6—9-ik csigolya közt, valamint a keresztcsonttája is, erősen homorú.

A medencze összeköttetései, a symphisis ossium pubis és sacro-iliaca, oly erősek, hogy a medencze teljesen szilárdnak mondható; ennélfogva az a zsigerek befogadására és izmok eredéshelyeül szolgál, valamint a törzset köti össze a lábakkal.

b) A szorosabb értelemben vett *izületekben* a mozgás irányát az izület alakja határozza meg, mi mellett azonban a mozgás, a megengedett irányban, kiterjedtebb és könnyebben ki is vihető, mint a porczizületeknél. Az egymással izületes összeköttetésben levő csontok végeit síma porczfelület vonja be. A porczfelület szélétől indul ki az izülettok, mely a porczvégeket körül zárja. A tok belső felületét izületi savóshártya vonja be. Ez választja el az izület felületeit bevonó nedvet (synovia), mely az izülettok által képezett kicsiny ürt betölti és az izülő felületet igen sikamlóssá teszi. A mely izületben az ür nagyobb, abban izületnedven kívül mozgékony zsírréteg, szalagok vagy porcz található, így van ez például a térdizületben. Mindez esetekben légmentesen zár az izület üre, az izülő felületek azért nem is távozhatnak el egymástól jobban, mint a mennyire azt az izület ürében levő izületnedv vagy légyrészek megengedik. A további szétválást a külső légnyomás gátolja meg (Weber testvérek). E nyomás értéke kiszámítható az egymással érintkező izületvégek kisebbike felületnagyságának szorzatából az e felületnek megfelelő légnyomással. E körülmény különösen nagy felületű izületeknél nagy fontosságu, így a csípőizületnél. A csípőizületnél ugyanis a kisebb izülő felület — acetabulum — olyan nagy, hogy a reá gyakorlott légnyomás 12 kgrm. súlynak felel meg, sőt e felületet még növeli az izület szabad szélét körülzáró ruganyos porczgyürű, a labrum cartilagineum. Mint Weber testvérek kimutatták, az alsó végtag súlya közel szintén 12 kgm.-nak felel meg, és így a légnyomás a láb egész súlyát ellensúlyozza, miért is a láb az izületből ki nem esik, még ha az izmokat és szalagokat mind is átmetszük az izület körül, ellenben a láb azonnal kiesik az izületből, mihelyt ebbe levegőt bocsátunk. Hozzájárul még a légnyomáshoz az izülő felületeknek az izületnedv által okozott némi összetapadása is. A légnyomás természetesen az izület körül elhelyezett lágyképleteket is odanyomja

az izülethez. Mindezeknél fogva lábunk súlyát nem is érezzük. Az izülettokon kívül vagy magában az izülettokban is mennek esetleg rostos szalagok egyik csonttól a másikhoz, melyek vagy mint segédszalagok az izülettokot erősitik vagy mint akadályozó szalagok a mozgásokat egyikmásik irányban korlátozzák.

Bár az izületek különböző alakjai közt sok az átmenet, a könnyebb tájékozás kedveért mégis a következő alakokat szokás megkülönböztetni:

Csuklóizület (ginglymus). Az egyik csont henger- vagy kúpalakú domború felülete izületesen van összekötve a másik csont megfelelőleg homorú felületével, mely amannak henger- vagy kúptengelye körül mozog, midőn az illető végtagot behajlítjuk vagy kinyújtjuk. Ily izületek kötik össze a kéz és láb újjperczeit egymással. Ide tartozik a könyökizület is, mely azonban *csavarcsuklóizületnek* mondható (Meissner), mivel a két izülő felület nem hengeralakú: a bal felkarcsont görgéje (trochlea) tudniillik balra, a jobbé jobbra irányított csavarnak felel meg, mely körül a singcsont kifelé lecsavarodik úgy, mint valamely anyacsavar a csavartengelyéről szokott lecsavarodni. A könyökizületben karunkat egyenesre kinyújthatjuk, a további nyújtást azonban a singcsont kampója (olecranon) meggátolja, behajtani ellenben annyira tudjuk az alkart, hogy újjainkkal a felkar fejét megérinthetjük. Csavarcsuklóizület a bokaizület is (Langer, Meyer H.). A jobb ugrócsont izülőfelülete balra, a balé jobbra irányitott csavarnak felel meg. A sípcsont izülőfelülete az anyacsavar, mely a láb hajlítása- és nyújtásakor az ugrócsont izülő felületén fel s le csavarodik. A szárkapocsnak és a sípcsontnak az ugrócsont két oldalának megfelelő izülőfelületei csavarmeneteknek felelnek meg (Meyer H.). Az ugrócsont és láb közt igen összetett az izületösszeköttetés. Az ugrócsont a lábat két izülő felülettel érinti, hajlott mellső nyúlványa, a hajócsont, a sarokcsont mellső nyúlványa és a mellső sípizom ina által képezet ízvápában fekszik, teste pedig hengerded homorulattal a sarokcsont megfelelő domborulatával izül; a láb ki- és lefelé forgása az utóbbi izületben történik.

Forgóizület (trochoides). Ebben, épen úgy mint a csuklóizületben, a forgás *egy tengely* körül történik. Ide tartozik a fejforgása az atlas és az epistropheus foga közt, valamint a pronatio és supinatio a sing- és orsócsont közti izületben. A fejet tudniillik az atlassal együtt az epistropheus fognyulványával képezett izületben, közel 90° kiterjedésben, jobbról balra és vissza forgathatjuk; az alkart pedig a sing-

orsócsontizületben, saját hossztengelye körül, közel 180° kiterjedésében vagyunk képesek forgatni, annyira tehát, hogy az előbb felfelé nézett kézhát lefelé fordul és megfordítva. Az utóbbi onnan van, mert a sing- és orsócsont felső és alsó végei úgy vannak összekötve egymással, hogy mialatt az izommozgás az orsócsont felső végét forgatja, e csont alsó vége a singcsont alsó végét járja körül egy az orsócsont feje közepétől a singcsont alsó végéhez húzott egyenes vonal körül, mint tengely körül.

Több izületben *két tengely* körül is végzünk mozgást. Ilyen a fejnek az atlassal való izülete. A nyakszirtcsont bütykei ugyanis úgy izülnek az atlassal, hogy a fej ez izületben vízszintes oldaltengely körül előre és hátra mozog és vízszintes elölről hátrafelé vezetett tengely körül oldalra hajol. Rendes fejtartás mellett a fej súlypontja az izület előtt van, az előre való eséstől a fejet a tarkóizmok óvják meg. Egy második ide tartozó izület a kéztőizület, melyben a mellett, hogy a kezet kinyújtani és behajlítani vagyunk képesek, azt egyszersmind oldalt eltávolítani vagy közelíteni is tudjuk. A kezet az első sorbeli kéztőcsontocskák egyes izülő felületeiből alkotott két egymásra függélyes irányban — jobbról balra és elölről hátra — domború izülőfelület köti össze az alkar megfelelő izülő felületével; az izület ez alakja és az izülettok lazult volta megengedik a kéz kiterjedt mozgásait. Ide tartozik még az úgynevezett *nyeregizület* is, milyen az ujjak nevezetesen a hüvelykujj izületi összeköttetése a megfelelő kéztőcsontokkal. Itt az izülőfelület a nyereg alakjának felel meg, azaz, egyik irányban domború s az erre függélyes irányban homorú. Igy domború a hüvelykcsontjának hátsó vége az orsóoldalról a singoldal felé és homorú a kézhátoldalról a tenyéroldal felé, megfordítva van a dolog a nagy sokszögű csont (os multangulum majus) megfelelő izülő felületén. Az a körülmény, hogy a sík, melyben a hüvelykújj a kéz zárása alkalmával behajlik, a többi négy újj hajlássíkjával össze nem esik, arra képesít, hogy a kezet fogó gyanánt tudjuk használni. A hüvelyk kézközépcsontjának izülete a sokszögű csonttal egyébiránt olyan, hogy hüvelykujjunkkal kúpalakú tért vagyunk képesek bejárni, miáltal e nyeregizület már átmenetet képez a szabadizülethez.

A *szabadizületeknél* (arthrodia) a mozgás *forgáspont* körül történik, egy e ponton átvezetett bármilyen irányú tengely körül. Az egyik izülő felület tekealakú, a második ennek megfelelőleg homorú. Ide tartozik a váll- és a csípőizület. A vállizület a lehető legszabadabb izület, mivel a felkarcsont izülő gömbfeje a lapoczkán csak a félgömb egy

részének megfelelő izülő felülettel érintkezik; előre és felfelé korlátozza némileg a kar szabad mozgását az acromion és a processus coracoideus. A csípőizületnél a gömbölyű ízfej a félgömbnek megfelelő ízvápát teljesen betölti, ezért s az izület körül elhelyezett szalagok miatt, a mozgás távolról sem oly szabad, mint a vállizületnél; elölről hátra például a láb a csípőizületben mintegy 139° szöget képes bejárni, ebből azonban a függélyestől előre mintegy három negyedrész, hátra pedig alig egy negyedrész esik.

Kevéssé mozgatható izületeknek (amphiarthrosis) azokat az alig domború vagy homorú izületeket mondjuk, melyeket szalagok tartanak össze oly erősen, hogy a csontok az izületek irányában is alig vagy épen nem mozdíthatók el. Ilyenek a kéztő- és lábtőcsontok izületes összeköttetései egymásközt.

Tekeredő izülő felülettel találkozunk a térdizületben, melyben a mozgás bizonyos irányban mozgó tengely körül történik. A sípcsont izülő felületét elülről hátrafelé húzódó lécz választja kétfelé, e két fél közül a belső igen keveset homorú, a külső pedig hátulról előre terjedőleg keveset domború, jobbról balra keveset homorú. A czombcsont izülő felületét, elülről hátra és jobbról balra hajlott két bütyök képezi. A bütykök elülről hátrafelé irányított görbülete hátrafelé sekélyesedik, azért kenytelen a láb minden hajlítása és kiegyenlítésekor az izület forgástengelyén tekeredő utat követni; innen van, hogy mikor a lábat erősen kinyújtjuk, az alszár kifelé fordul. A jobbról balra haladó hajlás a bütykökön, a térdben hajlott láb mellett, az alszár borintását (pronatio) és hanyintását (supinatio) teszi lehetségessé, minthogy a láb ilyen tartása mellett a térdizület oldalszalagai el vannak lazúlva; kinyújtott térd mellett a megfeszült oldalszalagok a láb oldalkitéréseit meggátolják. Az alszár legnagyobb hajlítása és kinyújtása alatt 145°-nyi szöget ír le. A túlságos hajlítást a lig. cruciatum anticum, a túlnagy nyújtást a posticum akadályozza meg. A keresztszalagok az izületfelületeket tartják össze úgy, hogy a láb hajlásakor a térdben a mellső keresztszalag ellazúl és a hátsó megfeszül, nyújtásakor pedig a mellső szalag feszül meg és a hátsó lazul el.

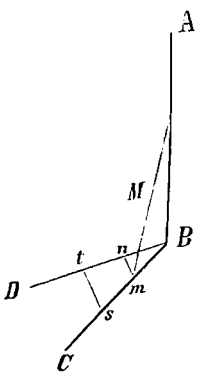
B) Az izmok elrendeződése és működése. A csontvázat mozgató izmokat inak és bönyék kötik a csontokhoz. Az inak és bönyék alig nyújthatók. A hol széles izmok aránylag vékony inhoz tapadnak, ott az in az izomerőt egy pontra központosítja, e mellett hosszú inak az izomerőt távol eső helyekre viszik át, néha az irányt, melyben az izomerő hat, meg is változtatják. A bönyék széles lemezek, melyek velök

összefüggő keskeny izmok hatását széles területekre kiterjesztik, nem ritkán az izmok tapadáspontjait is többszörösítik. Az ízületek körül az izmok úgy vannak elrendezve, hogy ott az ízület minden lehető mozgásának megfelelő izmokkal találkozunk. Némely izom csak egy ízület felett megy el egyik csontról a másikra, így például a m. soleus, m. brachialis; más izmok két és több ízületen át követhetők míg végre csonthoz tapadnak, ilyenek az újjak hajlító és nyújtó izmai, vagy a m. gastrocnemius. Legtöbbször minden mozgásnál egynél több izom működik közre. Ez izmok egy részének hatása azonos, ezeket *segítő izmoknak* (synergetek) mondjuk, mások hatása ellenirányú, ezek az *ellenes izmok* (antagonisták). Segítő izmok az alszár hajlító izmai, a hassajtó izmai és mások; ellenes izmok például a hajlítók és nyújtók, az adductorok és abductorok, a pronatorok és supinatorok, a sphincterek és dilatatorok, pressorok és depressorok. A szabadizületeknél, melyeknél a mozgások minden irányban lehetségesek, csak kevés izom absolut ellentétes, sokszor ugyanaz a két izom egyik esetben ellentétes, a másikban segítő, így például a hajlítók m. pectineus, gracilis, adductor longus et brevis ellenes izmai a m. gluteus maximusnak, de e mellett vele együtt közelítik a czombot. Egyes izmok működésére antagonisticus hatással vannak szalagok, előálló csontbütykök, így különösen a csípő- és térdizületben. Az izmok azért az ízületek körül nincsenek egyenletesen elrendezve: a czomb erős közelítő- s nyújtóizmainak, vagy az alszár nyújtóinak megfelelő hajlítóizmok pedig hiányoznak. Egészben véve azonban az egytengelyű ízületeknél, mint a csuklóizületnél, az izmok a tengely két oldalán vannak elhelyezve; hatásuk egyszerű, könnyen érthető. Összetett azonban az izmok elrendeződése az ízület körül valamint azoknak hatása is összehúzódásuk alkalmával, a két- és többtengelyű s a mozgó tengelylyel ellátott ízületeknél; ezeknél egyes izmoknak kettős hatásuk is van, így a m. biceps brachii az alkar hajlító de hanyintó izma is, a m. temporalis az állkapcsot felemeli, egyúttal azonban hátra is húzza.

Minden mozgásnál a csontok, mint az izmok által mozgatott emelők szerepelnek. Az emelők forgáspontjai az ízületekben vannak, az erő támadáspontja az izom tapadáshelye a csonton, a súly támasztópontja végre a csont túlsó vége; a súly nagysága amaz akadály nagyságától függ, melyet az illető végtag mozgatásakor az összehúzódó izmoknak leküzdeni kell. A legtöbb esetben a csontok *egykarú emelők*, melyekben tehát erő és súly a forgáspont ugyanazon oldalára esnek. A csontok mozgásai ennek megfelelőleg az emelő törvénye értelmében történnek.

Az emelő egyensúlyban akkor van, ha az erő szorzata az erőnek a forgáspontól való távolságával, egyenlő a súly szorzatának a súlynak a forgáspontól való távolságával. Legyen a 109. ábrán AB csont rögzítve s hozzá B izületben M izom által, BC csont közelíthető; B e szerint a forgáspont, m az erő, C a súly támasztópontja ha BC súlyt emel, különben pedig a BC súlypontja s-ben BC csont közepén van.

Ha az erőt E-vel, a súlyt S-sel jelöljük, akkor $E : S = s\,B : m\,B$-hez. És ha az izom a BC csontot BD-ig emeli, akkor a súly st utat fut be, mialatt az erő az mn utat bejárja. E szerint $mn : st = m\,B : s\,B$; vagyis az erő és súly által bejárt utak egymáshoz úgy aránylanak, mint támasztópontjaiknak a forgásponttól való távolságai. Az által, hogy az erő támasztópontja a forgásponthoz sokkal közelebb van mint a súlypontéé, a súly mozgatására aránylag nagyobb erőre van szükség, mellette azonban az izom a súlyt megfelelőleg nagyobb sebességgel is emeli. Ilyen elrendeződés mellett tehát az izmoknak aránylag nagy erőt kell kifejteniök, annál nagyobbat, minél közelebb van támasztópontjuk a forgásponthoz, de a csont tulsó vége tetemes utat végez már, mikor az izom még csak keveset rövidült is. Igy a felkar hajlító izmainak felette csekély összehúzódása az alkart és kezet már nagy kiterjedésben és gyorsan képes mozgatni.



109. ábra. Erő és súly közti viszony az emelőn.

Az izmok minden ereje csak akkor juthat teljesen érvényre, ha a csontra függélyes irányban hatnak. Igy függélyesen hatnak a rágóizmok az állkapocsra az alszárikerizom a lábra. A legtöbb izom azonban ferdén tapad a csonthoz, ilyenkor pedig az izomerőnek a csontra függélyes része jut csak érvényre. Ez érvényre jutó erőérték az erők egyenközényének törvénye segedelmével meghatározható és annál kisebb, minél hegyesebb szög alatt hat az izom a csontra. Ott a hol szükséges, az izmok túlságosan ferde irányát dudorok, lencsecsontocskák megváltoztatják s azt okozzák, hogy az izmok a csonthoz kevésbbé hegyes szög alatt tapadjanak a mi által az izomerőből kevesebb vesz el; ilyen szerepe van például a térdkalácsnak is, mely nélkül a m. quadriceps femoris erőhatása párhuzamos lenne az alszárral s ezt mozgatni képes nem volna.

Vannak csontok, melyekre az izmok a *kétkarú emelő* módjára is hatnak, azaz, melyeknél az erő támasztópontja a forgáspont egyik, a

súlytámasztó pontja annak második oldalán van. A m. triceps például egy kétkarú emelő rövid szárához, az olecranonhoz tapad, az emelő forgáspontja a könyökizület, hosszú szára pedig a singcsont többi része. Hasonlóan idetartozik a m. gastrocnemius és soleus is; ez izmok támasztópontja a sarokcsont dudora, az emelő forgáspontja a lábtőizület, a láb többi része pedig a kétkarú emelő hosszú szára. Mint látjuk, itt is az erő a rövid karra foly be, a súly pedig az emelő hosszú karján van, az izom csekély rövidülése e szerint itt is a megfelelő testrész tetemes és gyors mozgását fogja eredményezni.

98. §. Helyváltozás.

A csontvázat mozgató izmok lényeges feladata összerendezett működésük által a testet fennálló helyzetben tartani, valamint ennek helyváltozásait a térben eszközölni. A következőkben azért az állás, ülés, járás és futás mechanismusával fogunk megismerkedni.

Állás. A szabad állás a testnek az az egyensúlyi állapota, melyben a test egész súlya a két láb talpívén nyugszik és a test súlypontjától húzott függélyes, a két láb által bezárt térbe esik. *Súlypont* alatt ugyanis valamely testnek azt a pontját értjük, melyben egész súlyát úgy képzeljük egyesítve, hogy, ha e pontot megtámasztjuk, az egész test meg van támasztva. Megtámasztva van valamely test súlypontja akkor, a mikor az e ponttól húzott függélyes, a *súlyvonal*, abba a térbe esik, melylyel ama test alapjára reánehezedik, vagy melyet támasztópontjai körül vezetett valamely vonal körülír es melyet *támasztófelületnek* mondunk. Minél nagyobb e támasztófelület annál biztosabban áll a test. Állás közben e szerint a test súlyvonala a lábszélek által körülzárt támasztófelületre esik. A négylábu állatoknál, melyeknél a végtagok a testet úgy tartják, mint valamely négy oszlop, a támasztófelület nagy s azért ez állatok sokkal biztosabban is állanak, mint a kétlábú ember. Embernél állásközben a törzs a medenczével együtt kissé hátrafelé hajol, a czombok és a lábak kifelé fordúlnak, a térdek pedig lehetőleg ki vannak nyújtva. Hogy a test ez álló helyzetet elfoglalhassa, e czélra tetemes izommunkára van szüksége. Hulla felállítva összeesik, álló ember is ha öntudatát elveszti. Az izmoknak tehát a fejet, törzsöt, a csípő-, térd- és lábizületet rögzíteniök kell.

A fej súlypontja a nyakszirt két izületét összekötő vonal előtt van, az előeséstől a tarkó-izmok működése óvja meg a fejet. A gerinczoszlopot az izmok, különösen azokon a helyeken rögzítik, a melyeken

leginkább mozgékony, tehát a nyakon és az ágyékon; különösen szerepelnek itt a m. extensor dorsi communis és a m. quadratus lumborum. A rögzitett fej és törzs súlypontja a mellcsont kardnyújtványa magasságában a 10-ik hátcsigolya előtt van, ott, a hol egy a medencze előfoka (promontorium) közepétől a fej forgástengelyére húzott függélyes, a kardnyújtványon és 10-ik hátcsigolyán keresztül vezetett vízszintes síkot metszi. Az e súlyponttól húzott súlyvonal e szerint a két csípőizület középpontjait összekötő vonal mögött megy el. A test ez izületekben való hátraesését a ligamentum ileofemorale és a czombtól a medenczéhez menő izmok, nevezetesen a m. ileopsoas és részben a m. rectus femoris gátolják meg. Ha előre hajolunk úgy, hogy a test súlyvonala a csípőizületeket összekötő vonal előtt megy le, a test előre esnék, mit szintén izomműködés akadályoz meg. A törzs oldaleltérését a csípőizületben, meggátolják a gluteusok s részben a lig. ileofemorale is. Az így rögzített fej, törzs és felszár súlypontja valamivel lejebb van mint a törzsé, a tőle húzott súlyvonal a két térdizület hátsó szélét összekötő vonalba es így a két izület közepét összekötő vonal mögé esik. (Meyer H.). A törzs súlya ezek szerint a térdizületet behajlitani törekszik, mit megfelelő izomműködés és szalagok gátolnak meg. Itt szerepelnek a m. quadriceps femoris, nem különben a csípőizület erős szalaga a ligamentum ileo-femorale is, az utóbbi az által, hogy a czombra befelé forgató nyomást gyakorol, miáltal ennek kifelé való forgását megnehezíti, mely nélkül a térdizületnek behajolnia nem lehet; hozzájárúl végre még a fascia lata is, mely egyenes állás alatt megfeszül, miáltal a térdizületet nyújtja s így behajlásának ellene hat. Az oldaleltérést a térdizületben az izület sajátszerű szerkezete (97. §.) és az erős ligamenta genu lateralia akadályozzák meg. Az egész test súlypontja végre a promontoriumban van (Weber); az ettől húzott súlyvonal a két lábizületet összekötő vonal előtt éri a földet. A test előesését itt szintén izmok, nevezetesen a lábikra izmai, akadályozzák meg. Hozzájárúl még itt az a körülmény is, hogy a két lábizület tengelyei nem esnek egy irányba össze, hanem előfelé nyilt szöget képeznek egymással, a minél fogva forgás a két lábizületben helyváltozás nélkül lehetetlen. Végre befoly a két izület mereven tartására még az a körülmény is, hogy az ugrócsont izülő felületének mellső része szélesebb a hátsónál, miért is egyenes állás közben előre való mozgás a lábizületben lehetetlen, ha az alszárcsontok két végei az ugrócsont hátsó részéhez erősen odaszorúlnak, mit az, hogy a térd kinyújtásakor a sípcsont a szárkapocs körül forogni kénytelen, tényleg

eszközöl is; a forgást a condylus internus femoris, a ligamentum laterale internum és popliteum eszközlik. A lábtő- és lábközépcsontokat erős szalagok tartják össze, s így alkotják a *lábívet*, melynek legmagasabb pontja, a caput tali, a testet hordja. A lábív a sarokcsont gümőjével, az első és ötödik s részben a többi lábközépcsont fejecseivel is, a földre támaszkodik. A lábívet leginkább a lábtalp szalagai tartják össze, azért ha ezek megbetegednek (pes valgus) a lábív is enged.

Ily körülmények közt állás közben tetemes izommunkát fejtünk ki, miért is az egyenes, katonás állás fárasztóbb a járásnál. Egyszersmind jobban kifáradunk, ha két lábon állunk, mintha váltogatva az egyik, majd a másik lábra nehezedünk, ez utóbbi esetben tudniillik a súlyvonal az álló láb talpán megy keresztül s mialatt ez a test súlyát hordja, a másik láb pihen.

Ülés. Ülésnek nevezzük a test azt a helyzetét, melyben a törzs a két ülőgumón (tubera ischii) nyugszik. Ezeken a törzs előre és hátra mozoghat az ülőgumókat összekötő tengely körül, különben pedig fej és törzs egy merev egészet alkotnak csak úgy, mint álláskor. A súlyvonal: *a*) a két ülő gumóközt, *b*) ezek mögött és *c*) ezek előtt haladhat el. *a*) Midőn a súlyvonal a két ülőgumó közt halad, kevés izommüködés szükséges a testnek egyensúlyban való tartására. A törzs előesését az erős hátizmok, hátradülését az ileopsoas és rectus femoris kisfokú müködése gátolják meg; a lábizmok egészen pihennek. *b*) Ha a súlyvonal az ülőgumók mögött van a test egészen, vagy részben legalább, valamely támaszhoz dűl s ezáltal akadályozza meg a hátraesést. Könnyítik az egyensúly megtartását e helyzetben esetleg még a kinyújtott lábak is azáltal, hogy a lábsarkak támpontúl szolgálnak. A felszárhoz rögzítve tartják a testet az ileopsoas és a rectus femoris, az alszárt kinyújtja az extensor quadriceps. *c*) Midőn végre a súlyvonal az ülőgumók előtt halad, az előesést megakadályozzuk az által, hogy kezünkkel szilárd testre, asztalra, vagy lábainkra támaszkodunk, mely utóbbi esetben a lábak a földön vagy a két felszár a szék szélén nyugszanak.

Járás, futás. Egyenes síkon való járáskor a lábak váltogatva hordják előre a testet, mialatt mindig csak az egyik láb szolgál támaszúl (activ láb), a másik pedig a medenczén tétlenül függ (passiv láb). Midőn lépést akarunk tenni, a két lábnak oly helyzetet adunk, melynél fogva az ezeket a földön összekötő vonallal derékszögű háromszöget irnak le, melynek egyik befogója az activ láb, másik befogója a két lábat a földön egymással összekötő vonal, átfogója pedig a passiv láb. Legyen például a bal láb az activ láb. Ez térdjében és lábizületében

A kolozsvári szemklinika KÖNYVTÁRA

keveset behajlik, a jobb passiv láb pedig ferdén hátra felé van nyújtva és lábújjhegyével éri a földet. Ez állásból a testet előre az activ láb az által viszi, hogy függélyes befogó állásából előre hajlott átfogó állásba megy át, mi alatt egyszersmind meg is hosszabbodik. E meghosszabbodáskor a térd- és lábizület megnyúlik, a láb sarka a földről elemelődik és a láb csak hegyével (capituli metatarsi) marad a földdel érintkezésben. Ugyanez alatt még a csípőizületben is megnyúlik a láb. Mind ezek által a medencze és vele az egész test előbbre, a bal láb activ szerepéből passiv szerepbe jut. Ez alatt azonban a passiv jobb láb sem maradt tétlen, hanem mialatt a bal láb előre hajlott és megnyúlt a jobb láb is elhagyta a földet, hogy rövidebb legyen térdje meghajlott, és súlyánál fogva ingaszerű mozgással, hátulról előre kerül, és annyira a bal láb elé jut, mint mennyivel azelőtt mögötte volt, előbb-utóbb pedig a földre támaszkodik. A két láb ez együttes mozgása úgy történik, hogy mialatt az egyik (activ) láb a testet előre löki, a második (passiv) láb előre leng és az activ láb helyét elfoglalja, mihelyt ez teljesen megnyúlt. Igy lesz a passiv lábból activ láb s a test egy lépést előre tett. A következő lépés ugyan csak ilyen módon megy végbe, csak hogy a lábak szerepe most meg van fordítva; és így tovább.

A járásnak vázolt lefolyása mellett a test sulypontjának egyik lábról a másikra és vissza kell vándorolnia. Széles medenczéjű, kicsiny egyéneknél ez a biczegő járásnak az oka. Ily járásnál a súlypont és így a test is nem vízszintes síkban haladnak előre, hanem süllyednek, mikor az activ láb a testet támogatni megszünik és emelkednek, ha a passiv láb az activ helyére lép és a test reá nehezedik. Menet közben azért testünk felfelé domboruló görbékben mozog, a mint ezt igen jól ki lehet venni katonacsapaton menet közben. A törzs súlypontjának ingadozása fel és lefelé Weber testvérek szerint középértékben 31·7 mm.-t tesz. Menet közben egyszersmind testünket előre hajolva is tartjuk, úgy, hogy a súlyvonal a czombfejeket összekötő forgástengely előtt megy le és pedig annál inkább, minél gyorsabban járunk. Ez önkénytelen testtartásnak az az oka, hogy minél előbbre van a test súlypontja, annál inkább esik egy irányba az activ lábbal, annál inkább fogja tehát a kiegyenesedő láb a testet előre lökhetni és a levegő ellenállását, mely minél sebesebben járunk annál nagyobb, leküzdeni. Mind ezeken kívül a passiv láb ingaszerű mozgása a testet az activ láb körül keveset forgatni is igyekszik. E hatást azonban ellensúlyozza a karok mozgása. Menet közben tudniillik a kar egyik oldalon ugyan abban az irányban mozog, mint a láb a másik oldalon, és megfordítva; midőn tehát a jobb passiv

láb előre leng, ugyan akkor a bal kéz is előre a jobb pedig hátra jön s ellene hatnak a láb lengése által okozott forgómozgásnak, a mennyiben épen ellenirányú forgást indítanak meg. A karok mozgásának a test forgását ellensúlyozó hatását támogatja még a csípőizület izmainak némi működése is.

Lassú járáskor minden lépés alatt oly időszak van, melyben mindkét láb egyidejűleg éri a földet. Ez időszak annál rövidebb, minél gyorsabban járunk, és nulla lesz a *sebes lépésnél*, melynél a passiv láb a földet abban a pillanatban elhagyja, a melyben az activ láb a földre támaszkodik. A járás gyorsasága egyébiránt ez időn kivül a *lépések hosszától* és a *lábak lengésidejétől* is függ. Valamely lépés hossza, a két lábnyom egymástól való távolsága, vagy a két lábat a földön összekötő befogó, annál nagyobb, minél nagyobb a különbség az átfogó passiv láb és a befogóként szereplő activ láb közt. E különbség annál nagyobb, minél lennebb van a medencze és minél hosszabbak a lábak. Azért, midőn nagy lépést akarunk tenni, az activ lábat erősen behajlítjuk térdjében, csakhogy a törzs lennebb essék. Felnőtt ember lépéseinek hossza Vierordt H. szerint középértékben 6—7 decimetert tesz. A lépések hosszát egyébiránt meghosszabbíthatjuk és meg is rövidíthetjük, mind ez azonban már több izommunkát igényel, mint a rendes járás és azért fárasztóbb is. A lábak lengésideje minden lábra nézve ennek hossza által van meghatározva. Minthogy a lábak mozgása az ingamozgások törvényei szerint történnek, azért a lábak lengésideje annál rövidebb lesz, minél rövidebbek a lábak. A medencze magassága a föld felett e szerint nem csak a lépések hosszára, hanem a járás gyorsaságára is befolyással van; minél lennebb van valakinek törzse, lépései nemcsak annál hosszabbak, hanem annál gyorsabban is követik egymást. A lábak lengésidejét és vele a lépések időtartamát izombefolyás által megrövidíthetjük és meg is hosszabbíthatjuk. Magára hagyatva, a láb közel épen annyival leng a függélyes elébe, mint a mennyivel mögötte volt és ha földre nem tesszük, visszatér. Akaratunktól függ a lengő lábat előbb vagy később bocsájtani a földre és ez által a lépések időtartamát és hosszát megrövidíteni vagy meghosszabítani. A lépések időtartama legrövidebb akkor lesz, ha a lábat előre való lengése közben a fél uton állítjuk meg, leghosszabb pedig akkor ha a lábat, miután lengését már bevégezte, még egy darabig visszajönni engedjük.

A lassú járásnál egy időpont van, melyben mindkét láb a földön nyugszik, a legsebesebb járásnál pedig az egyik láb a földet abban a pillanatban hagyja el, melyben a másik azt épen érinti, a *futás*

végre ezektől abban különbözik, hogy itt oly időszak is van, melyben egyik láb sem érinti a földet, hanem mindkét láb egyidejűleg a levegőben van. Az activ láb a testnek akkora lökést ad, hogy maga elhagyja a földet, mielőtt még a lengő passiv láb a földre jutott volna. Hogy ezt tehesse, az activ láb a térdben és lábizületben jobban meghajlik, mint járáskor és gyors kinyújtás által erős lökést ad a testnek. Az ilyen módon a levegőbe vetett testet visszaesésekor a passiv láb fogja fel, mely czélból azt már akkor támasztjuk a földre mikor lengése közben a függélyes állásba eljut, tehát már a mikor fél lengését befejezte. Nem így *ugrás* közben. Itt is van időpont, mely alatt mindkét láb a levegőben van, de a passiv láb hátulról előre egész lengést végez és csak ezután tesszük a földre. Innen van, hogy a test ugrás közben hosszabb ideig van a levegőben, mint futáskor.

Minthogy testünk fajsúlya egészben véve nagyobb a víz fajsúlyánál, *úszás* alatt testünket az által tartjuk a víz felületén, hogy süllyedését úszómozgások által megakadályozzuk. Különösen szükséges ez, ha hason úszunk, mivel a víz felett tartott fej a testet aránylag súlyosabbá teszi, mint ha háton úszunk, a mikor csak a szájat és orrt tartjuk a víz felett. A testnek a vízszinén való fenntartására szükséges mozgások abban állanak, hogy tenyerünkkel és lábainkkal a vízre, rendes időközökben ismétlődő, nyomást gyakorlunk. A nyomó kéz, azon helyzetből, melyből kiindúlt, lassabban és oldaltartás mellett tér vissza, nehogy hatását ellenirányú nyomás által compensálja. Természetes, hogy az úszás annál könnyebb, minél kisebb valaki testének a fajsúlya, tehát minél több levegő van a tüdőkben és minél zsírdúsabb. Magasabb fajsúlyú vízben, például sósvízben, minő a tenger vize is, könnyebb úszni.

A halak is alámerülnének a vízben, ha úszóhólyagjaik ebben meg nem akadályoznák. Az úszóhólyagot környező izmok nyomása a halat arra képesíti, hogy magát a vízben különböző magasságon megtarthassa.

Az emberénél összetettebb a négylábú állatok helyváltozása. A *ló lépése* például négy actusból áll: a jobb mellső, a bal hátsó, a bal mellső és a jobb hátsó végtag váltakozásából. Vannak azonban lovak, melyek, mint a zsiraf, ugyanazon oldal mindkét lábával lépnek egyszerre, egyszer az egyik, azután a második oldalon, úgy járnak tehát mint az ember. *Ügetés* alatt, mely a futásnak megfelel, az egyik oldal mellső, a második hátsó végtagja jut egyszerre a földre és löki a testet előre. A *vágtatás és iramodás* (carrière) az ugrásnak felelnek

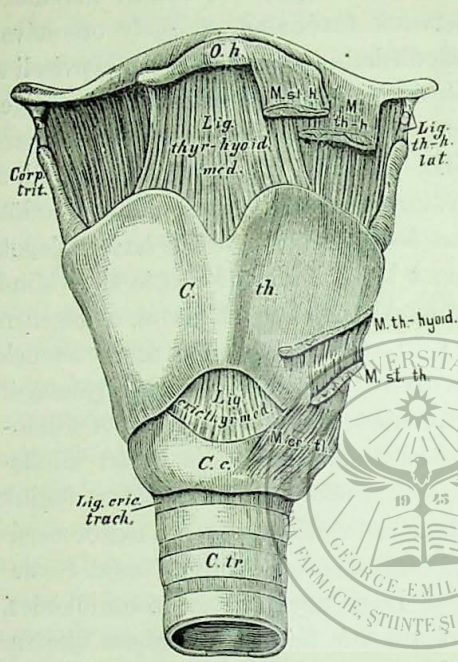
meg és sokkal összetettebb mozgások, sem hogy ezek jelzésébe itt belebocsátkozhatnánk.

99. §. A hangadó szerv szerkezete és működése.

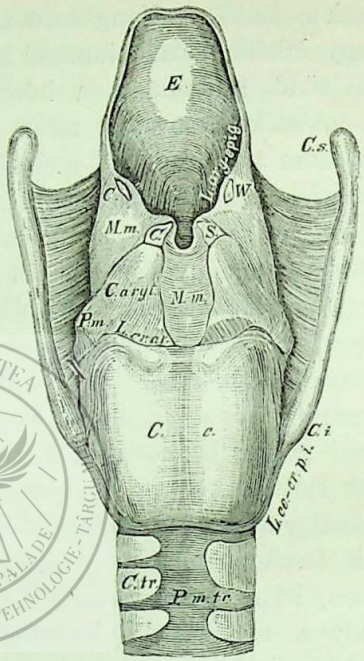
Kiterjedt izomműködés minden hangadás és beszéd nélkülözhetlen kelléke. Hangképző szervünk fúvóhangszer, mely orgonával vagy inkább harmoniummal hasonlítható össze. A fúvókat képviseli a két tüdő, a szélládát a hörgök és légcső, a nyelves sípot a gége, a toldalékos csövet a torok, orr és szájür. Azonban míg a harmonium több rendbeli szélládából és annyi ruganyos nyelvből áll, a hányféle hangot e hangszer egyáltalában adni képes, addig a tüdők szele egy szélládába szorúl össze és a gégében a valódi hangszalagok által alkotott egyetlen nyelves sípot hozza hangadó rezgésekbe. Mind azt a sok hangot, mely az ember énekhangjában előfordúl, a gégében egyetlen hártyás nyelv rezgése kelti. Ezt a gége ama szerkezetének köszönjük, melynél fogva ama nyelv nagyságát és ruganyosságát izomműködés segedelmével megváltoztatni és így az egy sípot különböző magas hangokat adó sípokká átalakítani tudja. Azért mindenek előtt a gége egyes részeit azok működése tekintetében fogjuk szemügyre venni. A hangadásnál a szeletadólag szereplő légzőmozgások mechanismusáról a légcsere tárgyalásakor szólunk majd részletesen, itt csak azt jegyezzük meg, hogy ugyanaz az izomműködés, mely a mellürnek a légcserét fenntartó térfogatváltozásait okozza, teszi a tüdőket képesekké arra is, hogy a hangadásnál mint fúvók szerepeljenek, és a levegőt a hörgökön át a légcsőbe s gégébe a kellő erővel beszorítsák. Hogy a hörgöket és légcsövet a légvételek és beszéd által fenntartott folytonos légáram ki ne szárítsa, e végből azok nyákhártyájában apró nyákmirigykék vannak, melyek váladéka a nyákhártyát mindenkor nedvesen tartja.

A *gége* vázát alkotó porczok közül az *alapporcz* (cartilago cricoidea) — 110. és 111. ábra *C. c.* — pecsétgyűrűhez hasonlít, hátrafelé, a nyelőcső felé fordított szélesebb lappal (111. ábra) és előre néző megkeskenyedett körívvel (110. ábra). E porcznak négy izülő felülete van: egy-egy minden oldal külső felületén, articulatio crico-thyreoidea inferior, és kettő hátúl a porcz széles lapja előtt a felső lejtős szél két oldalán, articulatio crico-arytænoidea. Az articulatio crico-thyreoidea inf.-ban a *feszítőporcz* (cart. thyreoidea) (110. ábra *C. th.*) kis szarva (111. ábra *C. i.*) izül az alapporczczal. A feszítőporcz két közel négy-

szögű porczlemez előre álló széleinek összenövéséből keletkezett, mely lemez két hátsó széle alsó végén az alapporczczal izülő *kis szarvnak* nevezett nyulványa van (111. ábra *C. i.*). E két izületben a feszítőporcz forgómozgást végezhet az alapporczon, egy a két izületet összekötő vízszintes tengely körül, mi mellett még, ugyanez izületben,



110. ábra. A gége elölről látva.
O. h. os hyoideum. *C. th.* Cart. thyreoidea. *Corp. trit.* Corpus triticeum. *C. c.* Cart. cricoidea. *C. tr.* Cart. tracheales. *Lig. thyr.-hyoid. med.* Ligamentum thyreo-hyoideum medium *Lig. th.-h. lat.* Ligamentum thyreo-hyoideum laterale. *Lig. cric. thyr. med.* Ligamentum crico-thyreoideum medium. *Lig. cric.-trach.* Ligam. crico-tracheale. *M. st. h.* Musc. sterno-hyoideus. *M. th. hyoid.* Musc. thyreo-hyoideus. *M. st. th.* Musc. sterno-thyreoideus. *M. cr. th.* Musc. crico-thyreoideus (Landois szerint).



111. ábra. A gége hátúlról látva.
E. Epiglottis. *L. ar.-ep.* Ligam. ary-epiglotticum. *M. m.* Membrana mucosa. *C. W.* Cart. Wrisbergii. *C. S.* Cart. Santorinii. *C. aryt.* Cart. arytænoidea. *C. c.* Cartil. cricoidea. *P. m.* a cart. arytænoidea-nak processus muscularisa. *L. cr. ar.* Lig. crico-arytæn. *C. s.* Cornu superius. *C. i.* Cornu inferius. *L. cc. cr. p. i.* Lig. kerato-cricoideum posticum inferius. *C. tr.* Cartil. tracheales. *P. m. tr.* Pars membranacea tracheæ (Landois szerint).

előre és hátra, valamint fel és lefelé is elmozdítható (Harless). A feszítőporcznak a két lemez hátsó széle felső végén levő két nagyobb szarvától (111. ábra *C. s.*) szalagok indúlnak ki, melyek a gégét a nyelvcsonttal összekötik (110. ábra *Lig. th-h lat.*). A három oldalú *állítóporczok* (cart. arytænoideæ) (111. ábra *C. aryt.*) az alapporcz

felső szélén hátúl levő két izülő felületével izülnek. A három oldal közül a befelé néző oldal alsó szélén van a hangszalag-nyulvány (processus vocalis). Az izületekben a két állítóporcz forgó mozgást végezhet egy függélyesen álló tengely körűl, miáltal a hangszalag-nyulványok vagy az érintkezésig közeledhetnek egymáshoz, vagy eltávozhatnak egymástól, sőt alkalmas izomműködés a két állítóporcz egész belső felületét az érintkezésig egymáshoz közelítheti. E forgó mozgáson kivül az állítóporczok az alapporczon be- és kifelé irányított csúszó mozgást is végezhetnek.

A gége porczvázát kibélelő nyákhártyában ruganyos rostok erős rétege található, mely a *valódi hangszalagok* helyén a nyákhártya egyéb alakelemeit, a nyákmirigyeket is, egészen kiszorítja helyeikből. E hangszalagok az állítóporczok hangszalag-nyulványaitól indulnak ki s csaknem vízszintes síkban haladnak a feszítőporcz alsó és az alapporcz felső szélének megfelelőleg, a feszítő porczok két lemeze által képezett szeglet felé, a hol közvetlenül egymás mellett tapadnak oda. A hangszalagok ily elhelyeződés mellett háromszög alakú rést, a hangrést, (glottis) fogják körűl, melynek közel 5 mm. széles alapja hátúl az állítóporczok mögött az alapporcz lemezén van, hegyes csúcsa pedig elől a feszítőporcz által képezett árokba esik. A hangszalagok e helyzete alkalmas a légzés zavartalan fennmaradására, arra azonban, hogy az áramló levegő a hangszalagokat, mint ruganyos lemezeket, mint nyelves síp nyelveit, rezgésbe hozza, azokat jobban egymáshoz közelíteni, esetleg megfeszíteni is kell; ezt végzik az állító- és feszítőporczok mozgásaik által. Midőn az állítóporczokat függélyes tengely körül úgy forgatjuk, hogy hangszalagnyulványaik egymással érintkezésbe jutnak, a két hangszalag szabad, belső, egymás felé néző széleit is majdnem az érintkezésig közelítjük egymáshoz. A hangszalagok közt esetleg még fennmaradó keskeny rés a *glottis vocalis*, az e mögött az állítóporczok és az alapporcz lemeze közt nyitva maradó háromszögü lik pedig a *glottis respiratoria*. Midőn a gégében hang szólal meg, az állító porczokat is szorosan egymáshoz szorítjuk és a glottis respiratoriát is elzárjuk, mi azért szükséges, hogy a tüdőkből kiszoruló levegő a glottis vocalison kitörni és ez által a hangszalagokat rezgésbe hozni legyen kénytelen, miáltal a kiáramló levegő maga is rezgésekbe jut. A mi a hangszalagok megfeszülését illeti ezt a feszítőporczok mozgása végzi. Minthogy tudniillik a hangszalagok előre irányított vége a feszítőporczhoz van hozzá nőve, világos, hogy e porcznak vízszintes tengely körűl való forgása, valamint izületeiben

előre és vissza csúszása által a hangszalagok feszülése meg fog változni.

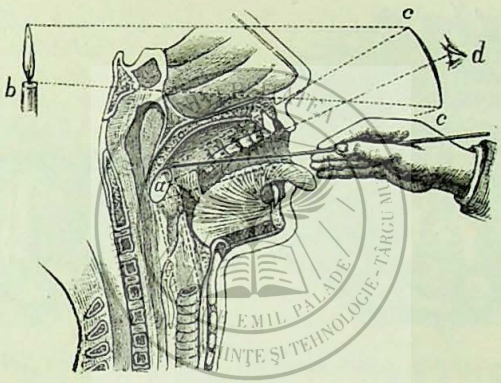
Az állító- és feszítőporczok imént vázolt mozgásait eszközlő izmok a következők: A hangszalagokat egymáshoz *közelítik* és a glottis respiratoriát elzárják, a musculus arytænoideus transversus és obliquus, valamint a musculus crico-arytænoideus lateralis. A m. arytænoideus transversus és obliquus, összehúzódásaik által, a két állítóporcz belső felületeit egymáshoz nyomják, miáltal a glottis respiratoriát elzárják. A m. crico-arytænoideus lateralis összehúzódása által az állítóporczok hangszalagnyulványait be- és lefelé forgatja, miáltal ezeket egymáshoz közelíti. Ez izmok hűdése hangtalansághoz vezet. A hangszalagokat *megfeszítik* kiválóan a m. crico-thyreoidei (110. ábra *M. cr.-th.*), az által, hogy a feszítőporczot előre s lefelé húzzák, mialatt a m. crico-arytænoidei postici mind két állítóporczot keveset hátrahúzzák és rögzítik. Ezek egyedüli működése mellett azonban a hangszalagok széle homorú és a hangrés egészen zárva nincsen. Teljesen kiegyenesíti a hangszalagokat és zárja a glottis vocalis-t a két m. thyreo-arytenoideus internus. Ez izmok rostjai a hangszalag belsejében, ennek ruganyos szövetében, igen különböző irányban terjednek el és részben a hangszalagokban is végződnek, miáltal a hangszalagok egyes részeinek feszülését is megváltoztathatják. Ezek miatt főleg ez izmok okozzák ama finom változásokat a hangszalagok feszülésében, melyek a hangmagasság kis változásainak létrehozására szükségesek. *Tágítják* a hangrést és így a hangszalagokat eltávolítják egymástól a m. crico-arytænoidei postici, azáltal, hogy az állítóporczok izomnyulványait hátra és lefelé húzzák, miért a hangszalagnyulványoknak eltávozni kell egymástól. Ha a feszítő hatás megszűnik a feszítő- és állitóporczok ruganyosságuknál fogva már visszatérnek nyugalmi állásukba és ellazítják a hangszalagokat, ezeken kivül azonban *ellazítják* a hangszalagokat még a feszítőporcz szegletének alsószélétől az állítóporczhoz haladó m. thyrea-arytænoideus externus, valamint a hangszalagokban foglalt m. thyreo-arytænoideus internus seu vocalis is. A hullában valamint akkor is, ha a gége izmai mind bénulva vannak, a hangrés, nyilván a porczok izületeit összetartó szalagok ruganyossága miatt, szintén teljesen nyitva van.

A gége idegeit illetőleg lásd a 401. lapot.

A hangszalagok felett levő táskában (ventriculus Morgagni) a hangszalagok szabadon végezhetik lengéseiket. A felettök levő *álhangszalagoknak* (lig. thyreo-arytænoidea-superiora) a Morgagni-féle *öböl*

felé fordított oldalán, úgy mint az ez öblöket kibélelő nyákhártyában is sok nyákmirigy van, melyeknek váladéka a légáramnak annyira kitett valódi hangszalagokat szintén a kiszáradás ellen megvédi. Végre a *gégefedő* (epiglottis) (111. ábra *E*) szükség esetén, alkalmas izomműködés segedelmével, teljesen zárva tartja a gégébe való bemenetet, mely különben nyitva van.

A gégében hangadáskor végbemenő változásokat megfigyelni oly emberek adtak alkalmat, a kik öngyilkossági szándékból gégéjüket a hangszalagok felett vezetett metszéssel megnyitották, jelenleg pedig minden változás a gégében a *gégetükör* (112. ábra *a*) segedelmével könnyen megfigyelhető. A Garcia által felfedezett gégetükör mintegy 135° szög alatt hosszú nyélhez erősített kicsiny tükör, melyet, mialatt a meg-

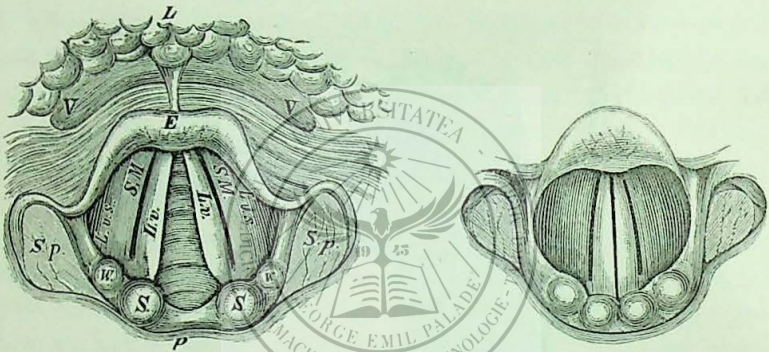


112. ábra. A gégetükör és alkalmazása. *a* gégetükör, *b* fényforrás, *c c* átlikasztott homorú tükör.

vizsgálandó egyén nyelvét kezével kihúzza, az erősen nyitott szájüröu keresztül a torokürbe bevezetünk úgy, hogy vele a lágy szájpadot is kissé felemeljük. A tükröt előzetesen 30—40 C°-ra felmelegítjük, nehogy a kilégzett levegő vízgőze lehülés következtében a tükröt párával bevonja. A szájürbe és így a gégetükörre a nap vagy valamely más világító fényforrás fényét, közepén átlikasztott, 15—20 cmt. gyútávolú és 10 cmt. átmérőjű homorú tükör (112. ábra *c c*) segedelmével vetjük. E fényt a kis gégetükör a gégébe reflectálja s ezt megvilágítja. A homorú tükör likán átnéző vizsgáló a megvilágított gége tükörképét a gégetükörben fogja látni. Nyugodt légvételkor a gége tükörképe megfelel a 113-ik ábrán bemutatott képnek, melyen *L* a nyelv gyökének felel meg, a melytől a lig. glosso-epiglotticum a gégefedőhez megy. A gégefedő előtt *(E)* van a hangrés. Ettől két oldalt a 2—5 mm.

széles valódi hangszalagok (*L. v.*) láthatók. A mellette levő sötét vonal a Morgagni-féle táskát (*S. M*) jelzi, még tovább kifelé pedig a magasabban fekvő álhangszalagok (*L. v. s.*) tünnek elő. A hangrés előtt az ostium pharyngeum laryngis (*P*) látható, melytől oldalt az állítóporczok csúcsain levő cartilagines Santorinianæ (*S*), s ezek mellett a cartilagines Wrisbergianæ (*W*) vannak. Mihelyt hangot adunk, a hangrés záródik (114. ábra); igen mély légvételek alkalmával pedig erősen tágúl a hangrés úgy annyira, hogy a légcsövön végig egészen a hörgökbe lehet látni.

Ha saját gégénket gégetükörrel megvizsgálni akarjuk, akkor a gégetükröt saját torkunkba bevezetjük, mialatt szánk előtt tükröt tartunk, melyben a gége tükörképét nézzük.



113. ábra. A gége tükörképe nyugodt légvételkor. 114. ábra. A gége tükörképe hangadáskor.

Az egyes emberek gégéje némileg különbözik egymástól, ez oka az emberi hangok azon jellemző sajátságának, mely által ismert egyéneket hangjuk után felismerni képesek vagyunk. Feltünő e különbség a gyermek, nő és férfi gégéje közt. A gyermek és nő gégéje kisebb, minek megfelelőleg hangszalagaik is vékonyabbak és rövidebbek. Középértékben a gyermek hangszalagainak hossza 6—8, a nőé a hangszalagok petyhüdt állapotában 10—15, feszült állapotban 15—20 mm., míg a férfié 15—20, illetőleg 20—25 mm.-t tesz. Ennek megfelelőleg a hangrés petyhüdt hangszalagok mellett nőnél 17, férfinál 23 mm. hosszú, míg feszült állapotban nőnél 20, férfinál 27.5 mm.

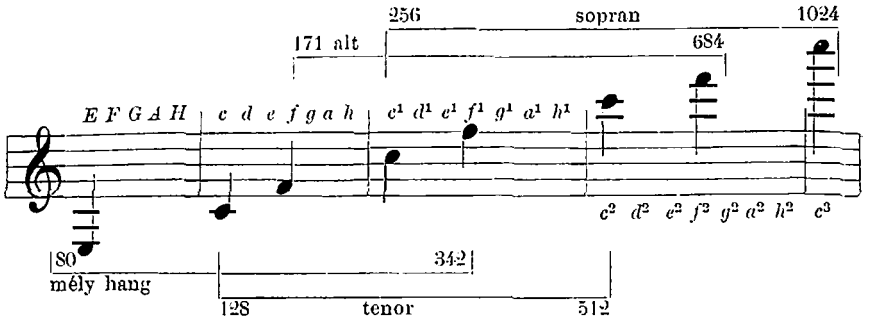
100. §. Hangképzés.

A valódi hangszalagok hártyás nyelvek, hangadáskor a légáram útját elzáró ruganyos lemezek, melyek a reájuk ható légáram elől kitérnek, ha ennek nyomása ruganyosságukat felülmulja; a levegő egy részének elszabadulása után a hangszalagok nyugalmi helyzetük felé visszatérnek, hogy a levegő tovább tartó nyomása alatt az előbbeni mozgást újból megkezdjék. A hangszalagok e lengése a kiáramló levegőben sűrűdő és ritkuló hullámokat támaszt, s ezek a keletkező hang okozói. Ily körülmények közt az *énekhang* hangtani tulajdonságainak, a hang *magassága-, ereje- és színezeté*-nek egészben véve ugyanazon feltételektől kell függni, mint melyektől zeneműszereink, kivált pedig a nyelves sípok hangjának megfelelő tulajdonságai függnek.

Nyelvek alatt acusticai értelemben olyan többnyire négyszögű hosszúdad ruganyos lemezeket értünk, melyek valamely légáramlásra szolgáló nyilást, csaknem egészen elzárnak. Szilárd nyelvek a levegőt vezető csőhez egyetlen szélükkel oda vannak erősítve, többi három szélük szabad; hártyás nyelveknek csak egyik hosszabb széle szokott szabad lenni. A légáram nyomása a ruganyos nyelvet feszíti, ha elegendő erős nyugalmi helyzetéből kimozdítja, levegő elszabadúl, e miatt csökken a légnyomás és a nyelv ruganyos erejénél fogva visszazökken, a légutját ismét elzárja, a mi miatt az előbbeni játék újból megkezdődik. A nyelv e lengései által okozott sűrüsödő és ritkuló léghullámok okozzák a hangot. A hang magassága hártyás nyelves sípoknál közel ugyanazon viszonyok szerint változik, mint a húrok hangjának magassága, az az a hangmagasság a nyelv hosszával fordított, feszülésének gyökkivonatával pedig egyenes arányban áll.

Ruganyos nyelveknél a légnyomás fokozódása a nyelv feszülését is megváltoztatja és ez által nem csak a hang erejét, hanem annak magasságát is módosítja. Nyelves sípoknál a toldalékoscső levegője együtthangzása által a nyelv alaphangját vagy ennek valamely felhangját erősítheti, mely utóbbi esetben a síp hangjának magasságát fokozhatja, máskor hanginterferenczia által a síp hangját mélyebbé is teheti. A gégehang magasságát, egyébiránt, a torok-, száj- és orrür által alkotott, toldalékoscső nem változtatja meg, minthogy ennek fala engedékeny lágy és egyenetlen felületü; ellenben befolyással van itt a toldalékoscső, mint azonnal látni fogjuk, a hang színezetére.

A *hangmagasságot* illetőleg az emberi gége által adható hangok az E és c^3 között találhatók meg és igy mindegy négy nyolczadra terjednek ki, ez alól F^1-ig és túl az f^3-ig csak ritka énekes hangja terjed. Egyes egyének hangköze $2—2^1/_2$ nyolczadnál nagyobb közre nem szokott kiterjedni. A négy osztályt, melyet az emberi énekhangban megkülönböztetni szokás, mutatja a következő tábla,



melyben a számok a megfelelő hang 1 mp. alatti lengéseinek számát tüntetik fel. Természetes, hogy egyes egyének hangjainak terjedelme az osztály határait, melyhez tartozik, túl lépheti vagy esetleg el sem éri. A gyermekek énekhangjának terjedelme kisebb, így fiúnál a 8—14-ik évben csak 7—9 hangra terjed ki, leányoknál a 6-ik életévben már 9, a 8—10-ikben 13, és a 13-ik életévben már 16 hangot foglal magában az énekhang terjedelme. Később a gége nő, kivált férfinál s evvel nem csak hangjának hangzata, hanem magassága is változik s eléri azt a terjedelmet, melyre a felnőtt ember hangja kiterjedni szokott. A későbbi korban a hang ereje és terjedelme azon változások miatt, melyek az aggkorral járnak ismét csökken; a porczok csontosodnak s ruganyosságuk kisebbedik; az izmok sorvadása miatt a hangszalagok feszülése sem oly erélyes, mint volt.

A hangmagasság oka a hangszalagok 1 mp. alatt végzett rezgéseinek száma, mely a hangszalagok *hosszától*, *vastagságától* és azok *megfeszülése fokától* függ. Hosszu hangszalagok azért mély, rövidek magas hangot adnak. Innen van, hogy a férfi hangja általában mélyebb a nő hangjánál és hogy gyermek hangja magasabb a felnőtt ember hangjánál. Tapasztalati tény az is, hogy vastagabb hangszalagok mélyebb hangot adnak. Gégehurut alatt a hangszalagok nyákhártyája duzzadt s ilyenkor mélyebb az ember hangja, mint különben lenni szokott. A hangszalagokban elhaladó izom, a m. thyreo-arytænoideus internus pedig egyenesen képes a hangszalagok rezgő szabad széleit a szükség szerint vastagabbá vagy vékonyabbá tenni. Végre a hangszalagok megfeszülése fokának befolyását a hang magasságára bizonyítják Müller J. kimetszett gégén tett kisérletei. Müller tudniillik kimetszett gégén az alapporcz rögzítése után az állítóporczokat teljesen közelítette egymáshoz és a feszítőporcz felső szegletén át fonalat húzott, melyet csiga körül vezetett és különböző súlyokkal terhelt meg,

miáltal a hangszalagokat a súlyok nagysága szerint különböző fokban megfeszítette. A fúvóval a gégébe egyenletesen hajtott levegő egyedül a feszítő súly nagysága szerint különböző magas hangot adott. Egyetlen gégén, egyedül a feszítő súly nagyságának növelése által, a hangok egész sorát ais-tól dis^3-ig sikerült előállítani. A hangszalagok e feszülését, rendes viszonyok közt, a gége izmain kivül a tüdőkből kiszorított levegő nyomása is megváltoztathatja, mert midőn a tüdőkből kiszoruló lég a hangszalagokat alulról felfelé maga előtt nyomja, egyszersmind feszíti is azokat. Innen van, hogy énekesek, midőn oly magas hangon akarnak énekelni, melyre hangszalagaikat izmaik segedelmével beállítani már nem képesek, a tüdőlégnyomás fokozódását veszik segítségül. De a nagyobb légnyomás mellett, mely a magas hangok énekléskor ily viszonyok közt szükséges, a levegő a tüdőkből gyorsabban áramol ki és a szükség új lég felvételére hamarább következik be, mint mély hangok éneklése alkalmával s innen van, hogy a mély hangokat hosszabb ideig tartjuk ki, mint a magas hangokat.

Az énekhang *ereje*, mint egyéb hangszereknél, itt is a lengések nagyságától függ. A gége hangja annál erősebb, minél nagyobb erővel nyomjuk a levegőt a hangszalagok felé. Légcső-sipolyos egyénen, kinek légcsöve a gége alatt a nyakon kivezető szabad nyilással birt, a légnyomást Cagniard-Latour megmérte, mialatt az illető beszélt, illetőleg énekelt s kitünt, hogy közép magashang éneklésekor a légnyomás 160, erős kiáltáskor pedig 945 mm. víznyomásnak felelt meg. Gégetükörrel is lehet látni, mint végeznek a hangszalagok kihatóbb lengéseket, midőn erősebb hang szólal meg. A fokozódott légnyomás tehát nem csak a hangszalagok megfeszitését, és így a hang magasságát alkalmas növelni, hanem az énekhang erejét is nagyobbítja. Azért, ha valamely hangot erösen (forte) akarunk énekelni, nehogy magassága változzék mikor a légáram erejét növeljük, a hangszalagokat gégeizmaink segedelmével megfelelőleg ellazítanunk is kell. Ez is Müller J. kimetszett gégén tett kisérleteiből tünt ki, melyeknél, mialatt a gége a légnyomás növelése által piano, crescendo és forte szólott, a hang magasságát, egyedül a feszítő súly tetemes kisebbedése által volt képes fenntartani. Hangszereinknél a hangerőt még az együtthangzás útján is növeljük; a hangvilla hangját például az által, hogy ládájára vagy valamely asztallapra állítjuk s ez által a láda levegőjét vagy az asztallapot együttrezgésbe hozzuk. Az énekhangnál az együtthangzás ugyan kevésbbé jön tekintetbe, de azért az ember hangja is, mialatt a gégében szól, a hangadó szerv levegőjét a légcsövekben és a tüdőkben, sőt magát a

mellfalat is, ily együtthangzásba hozza. Erős mellkas és ép tüdők azért, az *erős hang* nélkülözhetlen feltételei.

A hang *színezetét* illetőleg mindenek előtt meg szokás különböztetni a *mellhangot* és a *fej-* vagy *falsethangot*. A mellhang erősebb és mélyebb, mint a fejhang; míg a mellhangon való éneklés vagy beszéd mondhatni semmi fáradságunkba sem kerül, addig a fejhangok létrehozása a feszülés és megerőltetés érzetével jár a gégében. A mellhangokkal a mellür levegője jön együtthangzásba. Ha kezünket mellhangon szóló egyén mellére teszszük, kezünk megérzi a mellrezgést (fremitus pectoralis), mely annyira nagy szokott lenni és némely hangra nézve annyira jellemző, hogy süketnémák a mondott szót megértik, ha kezüket a beszélő mellére teszik. A fejhangokkal a toldalékoscső és környezete, a torok-, száj- és orrür levegője, nem pedig a mellüré jön együttrezgésbe; úgy tetszik, mintha a hangok hangadó szervünknek sokkal magasabb helyén erednének, innen nevezik e hangot fejhangnak. A kétféle hang különbségeinek oka a gégében van. A gége mélyebben áll, midőn mellhang, mint midőn fejhang szólal meg. A gégetükörrel való vizsgálatkor kitünt, hogy a mellhangnál nemcsak a hangszalagok rezegnek egész kiterjedésükben, hanem az állítóporczok is. A két hangszalag belső, egymásfelé tekintő szélei nagyon közel állanak egymáshoz és egyenes vonalban határolják a hangrést, az állítóporczok belső felületei is teljesen érintkeznek egymással. A hangszalagok e szerint a glottisnyilást csaknem egészen elzárják és a levegőnek, hogy kijuthasson, a hangszalagokat egészben lengésbe kell hozni. Fejhangon éneklő egyénnél ellenben a hangszalagok vékony lemezek, melyek jobban el vannak távolítva egymástól, mint a mellhangnál, köztük elliptikus rés marad nyitva; csak mellső részeikkel rezegnek, míg hátsó végeik szorosan egymáshoz vannak illesztve és a hangképzésben részt nem vesznek. Az erősen megfeszített hangszalagok mellső részeinek is csak szabad szélei lengenek, mert az itt némileg nyitott hangrésen át a levegő könnyebben szabadúlki és a hangszalagokat egész szélességükben nem tudja rezgésbe hozni. Oertel a hangszalagok hosszában fekvő csomóvonalakat, többnyire egyet, de magas hangoknál többet is, látott, mi arra utal, hogy a hangszalagok hosszirányban egymástól elkülönített részekben lengenek. Nyilván a m. thyreo-arytænoideus internus szerepel e csomóvonalak létrehozásánál. Mivel a fejhang megszólalásakor a hangrés némileg nyitva van, azért nem is birjuk e hangot oly sokáig kitartani, mint a mellhangot. Kimetszett gégén is mellhangot előidézhetünk,

ha a hangszalagokat egész kiterjedésükben rezgésbe hozzuk, fejhangot pedig csak, ha a hangszalagok szélét engedjük rezegni (Müller).

A mell- és fejhangon kívül vannak még az egyes emberek hangjainak egyéni sajátságai, melyek által azok egymástól lényegesen különböznek úgy, hogy embert hangja után képesek vagyunk megismerni. Az emberek hangja e jellemző hangzatának oka ugyanazon körülményekben van, mint melyek a zenehangok jellemző csengésének okozói. Az ember énekhangját számos felhang kiséri, melyek a hang ereje szerint különböző számmal és erőben jelentkeznek és részben mások, ha a levegő a száj- és orr-ürön, mintha csak ezek egyikén át távozik el. Számos zörej is kiséri az ember hangját, melyek a hangszervhez tartozó részek alakja szerint különbözők és szintén elősegítik a hangok megkülönböztetését.

Megemlíthetjük végre még a *hangremegést* vagy *tremolázást*, melynél nem annyira a hang magassága mint inkább ereje gyorsan ingadozik. Oka az ingadozásnak a hangszalagoknak, az állítóporczok hirtelen hátrahúzása által okozott, rezgésében van.

101. §. Beszéd.

Eddigelé magától értetődő dolognak tekintettük azt, hogy a tüdőkből kiáramló levegő szolgál a hangadásra s nem a belégzés alatt befelé irányúlt légáram. Az énekhang adására ez utóbbi tényleg alkalmatlan. A beszédnél is rendesen így van a dolog, bár kivételesen itt a belégzést is fel lehet használni. Így lehet a műveletlen emberek közt csacska asszonyokra találni, kik a beszéd és pörölés nagy hevében, nehogy egy pillanatot is elveszítsenek, belégzés közben egész mondatokat elmondanak (Kempelen). A beszéd és énekhang közt fennálló e különbségen kívül egy további lényeges különbség abban is van, hogy suttogva képesek vagyunk beszélni, míg suttogó hangon énekelni nem tudunk. A *suttogó* beszédnél a gége hangszalagai nem szerepelnek hangadólag, az igen gyengén kiáramló levegő dörzsölése az egymáshoz csak kevéssé közelített hangszalagokon zörejt okoz és ezt használjuk fel a beszédre. Sőt sugdosni lehet még akkor is, midőn a gégén keresztül levegő nem is áramol ki. Oly emberek, kiknél a gége kóros változás miatt teljesen el van zárva és azáltal tartatnak életben, hogy a gége alatt készített nyiláson át (légcsősipolyon át) vesznek lélekzetet, szintén képesek sugdosni annyira, hogy megérthetjük őket; az ajkak és arczizmok közreműködésével csekély légáramot

okoznak, a mely elegendő a sugdosva beszédnél szükséges zörejek előidézésére.

A beszédnél tehát nem egyedül a gége szerepel, hanem épen a toldalékoscső részei működnek lényegesen közre. A fennhangon beszélésnél nemcsak tiszta gégehangok szólanak, hanem hozzájárulnak az orr vagy szájür levegőjének velehangzása utján keletkező hangok, valamint a légutak több helyén előidézett zörejek, sőt épen ezek jellemzők a beszédhangra.

A gégében megszólaló hang az orr- vagy szájür levegőjét együtthangzásra indítja, az együtthangzás folytán itt megszólaló egy vagy két új hang az eredetileg szóló gégehang hangzatát megváltoztatja, és ezáltal több beszédhang keletkezésére ad okot. Ilyen módon támadnak a szájür levegőjének együtthangzása által a *magánhangzók*, az *a, á, o, ó, u, ú, e, é, i, í, ö, ő, ü, ű;* az orrür levegője mindenkor együtthangzik az *n* és *m* kiejtésénél.

A gégében, esetleg a toldalékoscsőben támadó zörejek a *mássalhangzókra* nézve jellemzők. E zörejeknek többféle oka lehet. Így támadnak a gégehangtól egészen független zörejek, ha a levegő a gégében vagy a nyelv és szájpad közt, vagy végre az ajkak és fogak között levő valamely szűkületen kiáramolni kénytelen; e zörejek a *h, zs, s, z, sz, j, l, v, f* hangzókra nézve egészen jellemzők; azért nevezzük e hangokat *dörzsölőhangoknak* is. Épen úgy idéz elő zörejt az is, ha valahol a hangképző szervben, például a nyelvgyöke és ínyvitorla vagy a nyelv és szájpad vagy az ajkak közt a légáram útját elzárjuk és e zárt hirtelen megnyitjuk, így keletkeznek a *k, g, t, d, p, b* mássalhangzók; ezeket azért *záróhangoknak* is mondjuk. Végre pedig midőn az áramló levegő a hangadó szervben lévő valamelyik lágy részt remegésbe hozza, az ezáltal kiváltott erejében ingadozó zörej az *r* hangzóra nézve lesz jellemzővé; az *r azért remegőhang*. A nyelvünkben előforduló egyéb betük, mint látni fogjuk, összetettek már és legalább két hangzó egybeolvadása utján jönnek létre.

A gégében vagy hangképző szervünk toldalékos csövében előidézett e hangok és zörejek képezik a beszéd azon elemi részeit, melyek egymással való összeolvadásából a szavakat alkotjuk. De lássuk ezeket egyenként.

A) Magánhangzók.

A magánhangzókra nézve jellemző, hogy a gégehanghoz együtthangzás folytán még a szájürben keletkező egy vagy több más hang is

hozzájárul. Hogy ez lehetséges legyen, a felemelt inyvitorla a levegő elől az utat az orrür felé elzárja. Ez elzárás legtökéletesebb az *i* kiejtésekor, legtökéletlenebb ha *a*-t mondunk, a mint erről meg lehet győződni, ha mialatt beszélünk, az orrnyilás elé égő gyertyát vagy fényes tükröt tartunk, vagy ha az orrba vékony szálat olyan mélyen bevezetünk, hogy ennek bevezetett vége az inyvitorlát érintse; ilyenkor tudniillik, mihelyt az inyvitorla felemelkedik és a közlekedést az orrür felé elzárja a gyertyaláng nem lobog, a tükröt vízpára nem lepi el, a bevezetett szál kiálló szabad vége lefelé van fordítva. Egyébiránt hiányos orrokon is nyilt alkalom az inyvitorla mozgásait megfigyelni. A magánhangzók kiejtésénél tehát a levegő a hangszalagoktól a szájnyilásig egy ürt jár be, melyet a torokür alsó része és az egész szájür alkotnak. A mint ez ür alakját megváltoztatjuk, a gégében megszólaló hanggal más-más hang szól együtt; így jönnek létre a különböző magánhangzók. A magánhangzókra nézve tehát jellemzők a toldalékosürben keletkező felhangok.

Hogy a magánhangzók csakugyan tiszta hangok és nem zörejek, erről többféle képen meg lehet győződni, így például azon tükörképek segedelmével, melyeket a magánhangzók után a König-féle forgó tükörben látni lehet. König tudniillik kis dobot szerkesztett, melynek ürét finom kaucsukhártya által ketté választotta. A dob egyik felébe világító gázt vezetett be, a honnan ez, finom tűhegynél nem nagyobb nyilással ellátott égőn át kijutott, hol meggyújtva, finom kis lánggal égett. A dob második felének tágas nyilását vastag kaucsukcső hangfelfogó tölcsérrel kötötte össze. Ha ilyenkor a tölcsérbe beszólunk, a dobürt ketté választó finom kaucsukhártya rezgésbe jön, rezgéseit a világító gázra ruházza át és a kicsiny láng remegő mozgásba jut. Az égő gázláng e játéka felette gyors s azért közvetlenül meg nem figyelhető. Ha azonban előtte négyoldalu tükröt forgatunk és abban nézzük a láng tükörképét, ennek mozgását igen szépen meg fogjuk látni; míg a láng nyugodtan ég, a tükörkép egy fényes vonalnak felel meg, a mint azonban a tölcsérbe hang jut, a lángnak ezáltal okozott rezgései a tükörképben finom emelkedések és mélyedések alakjában tűnnek elő. Ez emelkedések szabályosak, ha egyszerű hang vagy zenehang szólal meg, egyenetlenül szabálytalanok, ha a lángot zörej hozza mozgásba. Midőn magánhangzó szól a tölcsérbe, a lángképen csakugyan felette szabályos emelkedéseket lehet látni, melyeknek egyúttal minden magánhangzóra nézve egészen jellemző alakja van. Hogy az egyes magánhangzókra nézve, mely felhangok a jellemzők, ezt a magánhang-

zóknak ráhangzókkal való elemzése útján sikerült biztosan kideríteni (lásd a 367. lapot).

Midőn *a*-t mondunk a száj erősen nyitva van, a nyelv mélyen lenn a szájürben fekszik, gyöke erősen hátrafelé húzódott, az egész toldalékosür előfelé nyilt tágas tölcsérhez hasonlít. Ez ür levegője b^2 hangon szólal meg, midőn *a*-t ejtünk ki (Helmholtz), a gége hangjának ezen felhangját tehát erősíti. Hogy a dolog csakugyan úgy van, ez abból tűnik ki, hogy ha a szájürnek egészen az *a* kiejtésekor elfoglalt alakot adunk anélkül, hogy a gége megszólalna és a b^2-nek megfelelő hangvillát tartunk a szájnyilás elé, mialatt hangadó lengéseket végez, ez a szájür levegőjét együtthangzásra indítja és az azelőtt alig hallható hangvillahang erősen lesz hallható.

Az *o* kiejtésénél a szájnyilás szűkebb mint az *a*-nál, a ráhangzó száj-torokür tágas rövid nyakú palaczkhoz hasonlít, mely Helmholtz szerint az *a*-nál egy nyolczaddal mélyebb hangon, a b^1-en szól, Donders szerint pedig d^1-en.

Az *u*-ra való átmenetnél a szájnyilást még inkább szűkitjük, az ajkakat előre nyomjuk, köztük csak egy szűk nyilást hagyván fenn a a kiáramló lég számára, sőt hogy a gégehanggal együtthangzó ür hosszát még inkább növeljük a gége is lejebb száll. Ez által a szájür igen tágas, rövid szűknyakú palaczkhoz hasonló lett és a b^1 mélyebb hangnak megfelelő ráhangzó ürré változott át, mely mint a vizsgálat kiderítette, az *f*-nek felel meg (Helmholtz).

A hosszú *á, ó, ú* ugyan úgy ejtetnek ki, mint a rövid *a, o, u*, felhangjaik is ugyan azok, különbség csak a kiejtés gyorsaságában és időtartamában van.

Másképen idomúl a ráhangzó szájür, midőn *e*-t, *ê*-t vagy *i*-t és *í*-t mondunk. A szájnyilás ilyenkor ugyan egészen olyan alakú, mint az *a* kiejtésekor szokott lenni, de az egy ürből két egyenlőtlen nagy egymással közlekedő ür lett. A nyelvhát ugyanis fel a kemény szájpad felé emelődik, miáltal egy nagyobb ür létesül a nyelv gyöki része mögött a gége felett, és a nyelvhát és szájpad közt hosszantos rés képződik; az egész ür aránylag kicsiny, hosszú, szűk nyakkal ellátott palaczkhoz hasonlít.

Az ez által alkotott két ráhangzó ürben az illető magánhangzóra nézve jellemző két hang képződik.

Ha *e*-t mondunk, a nyelv előre húzódik, háta a kemény szájpad felé közeledik, hegye az alsó fogsor középső fogaihoz, oldalai a felső állkapocs oldalfogaihoz támaszkodnak, az ajkaknak az *a*-nál elfoglalt

állást adjuk. Az így képződött két ür közül a nagyobbik hátsó ürnek d^2 a kisebb mellsőnek g^3 hang felel meg.

Az *é* kiejtésekor a gége keveset feljebb emelkedik, a nyelv jobban közeledik a kemény szájpadhoz, a ráhangzó torok-szájür hátsó része tágasabb, mellső része szűkebb lesz, mint *e*-nél. A jellemző két felhang f^1 és b^3.

Az *i* csak annyiban különbözik az *é*-től, hogy a nyelv még előbbre jő és a keményszájpadhoz jobban közeledik úgy annyira, hogy a kettő között csak igen szűk rés marad fenn, mely még inkább szűkítve lesz az által, hogy a nyelv oldala a felső állkapocs fogainak belső szélehez, meg a kemény szájpad határos részeihez, hozzá simúl. Végre a gégét is magasra emelik emelőizmai. Mindezek által a hátsó ür nagyobb a mellső kisebb, a megfelelő két hang közül az egyik mélyebb, a másik magasabb lesz, mint *é*-nél. Ez az *i* kiejtésekor a gégehanggal együtt szóló két hang az f és d^4.

A hosszú *í*-nél a kemény szájpad és nyelvhát közti rés a legszűkebb. A jellemző két hang az f és b^4.

Ez egyszerű magánhangzók összetett hangzói az *ö*, *ő* és *ü*, *ű*; *ö*-nél az ajkaknak az *o*-nál elfoglalni szokott állást, a nyelvnek pedig az *e*-nél leirt helyzetet adjuk *ő*-nél az ajkaknak *o*-nál elfoglalt állása mellett a nyelv *é*-nek megfelelő helyzetbe jut. *ö* kiejtésekor a hátsó ürnek gis^1 a mellsőnek cis^3, *ő* kiejtésekor a hátsó ürnek f^1, a mellsőnek cis^3 felel meg. Az *ü* kiejtésekor az ajkaknak ugyanazt a helyzetet adjuk, mint midőn *u*-t mondunk, a nyelvet azonban úgy idomitjuk mint *i*-nél; *ű*-nél a nyelv alakja és magassága az *í* kiejtésénél elfoglalt helyzetnek felel meg. *ű* kiejtésekor a toldalékos cső hátsó üre f-re, mellső üre g^3-ra van hangolva.

A magánhangzók jelzett synthesisét illető minden kételyt végképen kizárt Helmholtz, hangvillákból alkotott úgynevezett vocalkészülékével. Helmholtz tudniillik a B, b, f, b^1, d^2, f^2, gis^2, b^2 és d^3 hangon szóló hangvillákat hozott egyenletes állandó rezgésbe, villamos áram segedelmével. Minden hangvilla elé egyszersmind a megfelelő ráhangzó is oda volt állítva, úgy azonban, hogy ezek nyilását a szükség szerint megnyitni, illetőleg elzárni lehetett. Midőn az alaphangot adó B hangvilla egyedül szólt, tompa *u*-t lehetett hallani, az *u* tökéletes lett mihelyt a B mellett b és f^1 is gyengén szólottak. Ha pedig b^1 erősen, vele együtt B, b, f^2, d^3 gyengén szóltak, szép *o* volt hallható; s így tovább. Épen úgy sikerült a magánhangzók synthesise nyelvessipokkal is.

A magánhangzókat orrhangon is ki lehet ejteni; ez kivált a franczia nyelvben szokásos. Ilyenkor a szájür előbb leírt jellemző együtthangzása mellett az orrür levegője is hangadó rezgésbe jut. Ez úgy történik, hogy a magánhangzók kiejtése alkalmával az utat az orrürbe az inyvitorla nem zárja el teljesen, annak levegője azért szintén hangadó rezgésekbe jut. Még inkább orrhangzatot nyer a magánhangzó, ha mialatt azt orrhangon kiejtjük, az orrnyilásokat kezünkkel elzárjuk, vagy midőn az orr nyákhártyája duzzadt és az orrür levegője e miatt az orrnyilásokon át a körlevegővel alig vagy épen nem közlekedik (például nátha alkalmával). Az orrür ilyenkor a légutaknak függeléke, melybe a gégéből kijutott levegőnek egy része bevetődik és együtthangzás útján az orrhangra nézve jellemző tompa orrhangot kelti.

B) Mássalhangzók.

A magánhangzóktól a mássalhangzókhoz átmenetet képezőknek tekintetni szokott *semivocalhangok*, az *n* és *m* alkotásához szintén nem járúl zörej. Ezeket úgy mint a magánhangzókat, a gégehangnak a légutak együtthangzása által okozott módosulása jellemzi, csakhogy ez a gégehangot befolyásoló együtthangzás nem a szájürben foly le, mint a magánhangzóknál, hanem az orrürben. Az *n* és *m* kiejtésénél a levegő csak az orrürön át távozhatik el, mert a szájür zárva van; a szájür szerepel mint a légutak vakon végződő függeléke és az együtthangzás útján benne támadó hang csatlakozik az orrürben eredő hanghoz, mely épen az *n* és *m*-re nézve jellemző.

Midőn *n*-t ejtünk ki, a nyelv elzárja a szájürt és pedig úgy, hogy a nyelv hegye a felső állkapocs fogmeder-nyujtványához, vagy a kemény szájpadhoz támaszkodik, vagy végre úgy is, hogy a nyelv hegye az alsó állkapocs fogaira támaszkodva, háta a felső állkapocs fogaival elzárja a szájnyilást; midőn *m*-t mondunk, ugyan ezt teszik az ajkak.

A tulajdonképeni mássalhangzókat zörejek jellemzik. A nyelv helyzetét e zörejek kiejtése alkalmával az által tudjuk meg, hogy a nyelv hátát karminporral hintjük be és a betű kiejtése után tükörben nézzük meg a keményszájpadnak és fogaknak a nyelv által megfestett helyeit (Grützner). A mássalhangzóra nézve jellemző zörejek oka szerint megkülönböztettünk a mássalhangzók közt *dörzsölőhangokat, záróhangokat* és *remegőhangot.*

1. A *dörzsölőhangok* a levegőnek a tüdőkből kiáramlása közben a légutak valamely szűkületén dörzsölés utján támadnak a következő módon:

Ha *h*-t mondunk, a szükület, melyen a jellemző zörej támad, a *gégében* van. A hangrés tudniillik keveset szűkebb mint nyugodt légzés alatt, azonban nem annyira, hogy a kiáramló levegő a hangszalagokat hangadó rezgésekbe képes volna hozni, de igen is annyira, hogy a kilégzés alatt a *h*-ra nézve jellemző dörzsölőzörej támadhat. A *h* mindig hangtalan és kiejthető a száj bármely magánhangzónak megfelelő helyzete mellett. Ha például a *h*-ra magánhangzó következik, akkor a száj részei az illető magánhangzó kiejtésére nézve szükséges helyzetet már előre elfoglalják: a nyitott hangrésen át kiáramló lég okozza a megfelelő dörzsölőzörejt, erre a hangrés azonnal záródik és a magánhangzó megszólal. Megfordítva van a dolog, ha a magánhangzó a *h*-t megelőzi; ilyenkor először a hang szól a gégében és azután tágúl a hangrés.

Számosak azok a betűk, melyeket a *nyelv* által okozott valamely szűkületen kiáramló levegő dörzsölőzöreje okoz.

Így, ha a nyelv a felső állkapocs metszfogai mögött mintegy 1 cmt.-nyire a kemény szájpad felé emelődik és ott keskeny rést képez, mialatt oldalai a felső állkapocs fogait érintik, a kiáramló levegő zöreje a *zs* hangnak felel meg. Midőn a nyelv hegye kevéssel előbbre jut és ugyan ilyen rést alkot, oldalai pedig a felső állkapocs fogaihoz és fogmeder-nyújtványaihoz hozzásimúlnak, akkor az e résen át kisurranó levegő a kevésbbé éles *s* betűhangot adja. A keskeny rést a nyelv hegye, de a nyelv háta is képezheti.

Ha a nyelv hegyét annyira előre tesszük, hogy a szűkület a nyelv hegye és a felső áll metszfogainak belső felülete s fogmedernyújtványa közt képződik, a nyert éles zörej a *z* betűnek felel meg.

Midőn végre a nyelv hegye az egészen egymáshoz közelített felső és alsó állkapocs metszfogai közzé szorulva okozza a szűkületet, a nyelv és a felső áll metszfogai között kihatoló levegő a *sz* hangra jellemző zörejt támasztja.

Mind ez esetekben (*zs*, *s*, *z*, *sz* kiejtésénél) a nyelv oldala a felső áll zápfogainak és fogmedernyújtványának megfelelő részéhez fekszik hozzá.

Az *l*-nek megfelelő zörejt akkor halljuk, midőn a nyelv hegye s két oldala a felső áll fogaihoz és fogmedernyújtványához támaszkodik hozzá, úgy azonban, hogy oldalt egy-egy rés nyitva marad, melyen át a levegő kiszorúl és az *l*-re nézve jellemző dörzsölőzörejt okozza.

Végre ugyancsak a nyelv által okozott szűkületen támasztott zöreje a kilégzett levegőnek jellemző a *j* betűre nézve is. A nyelv hegye

az alsó állkapocs metszfogaihoz támaszkodik, háta pedig a felső áll fogmedernyújtványához és a kemény szájpadhoz közeledik úgyannyira, hogy oldalszélei a felső áll zápfogait érintik, akkor az azok között fennmaradt keskeny résen kiszabaduló levegő zöreje a *j* hangot adja.

A nyelven kívül betűhangra nézve jellemző zörejt okozó szűkületet *ajkainkkal* is készítünk. Az ezek által okozott szűkületen kiáramló levegő az *f* és *v* betűk kiejtését teszik lehetségessé. Az alsó ajak és felső fogsor közt alkotott ilyen szűkületen támasztott zörej adja az *f* betűt; a levegő a fogak szélén erősen zsurlódik, azért a zörej aránylag éles is. Midőn a száj részeinek ugyanezen helyzete mellett, vagy akkor is, midőn a két ajak képezi a szűkületet, az okozott zörejt a gégében szóló hang is kiséri, a *v* betűhang lesz hallhatóvá.

2. A *záróhangokra* nézve jellemző zörejek akkor támadnak, ha vagy a légutakból kitörő lég áramlását a hangképző szerv valamely helyén képezett zár hirtelen megszakítja, vagy ha a légáram az ilyen előre készített zárt áttöri. E czélból az utat a légáram elől a szájür több helyén el lehet zárni.

Így lehet e *nyelvgyök* és a *kemény szájpad hátsó része közt*, vagy a *nyelvgyök* és a *kemény szájpad* és *lágy szájpad közt* ilyen zárt alkotni, melyet ha a nyitott hangrésen hangtalanúl kiáramló levegő áttöri a *k*-t, ha pedig ugyanaz alatt a gégében hang is szól, a *g*-t halljuk. Előbbre esik a zár a mikor a *k* vagy *g* után *e* vagy *i*, hátrább mikor *a*, *o* vagy *u* következik.

Más zörej áll elő, ha a nyelv által képezett zár nincsen annyira hátúl; például ha a *nyelv* a *felső áll fogmedernyújtványához* vagy annak *előfogaihoz támaszkodik hozzá* és így zárja el az utat a levegő elől, mely midőn a zárt áttöri a *t*-nek megfelelő zörejt hallatja. Lehet *t*-t még akkor is kiejteni, ha a nyelv hegye az alsó állkapocs fogaihoz támaszkodik és háta a felső áll előfogaival s fogmedernyújtványával képezi a zárt. Ez a cseheknek a *t*-je. Ha a kilehelt levegő, midőn a *t*-re jellemző zörejt okozza, a gégében egyúttal hangot támaszt, akkor a lágyabb *d* mássalhangzó szólal meg.

Erős zárt képezhetnek az *ajkak* is, melyeknek hirtelen megnyitásakor a *p* lesz hallható, ha a gégében hang nem szól; e hang azonnal a *b*-nek felel meg, mihelyt gégehang kiséri.

3. Az egyetlen *remegőhang* az *r*. Ez azáltal jő létre, hogy a kiáramló levegő a hangadó szervben levő valamely lágy részt remegésbe hoz. Ilyen remegésbe hozható lágy részek maguk a hangszalagok, az ínyvitorla, a nyelv és az ajkak; mind ezek remegése az *r* hangot adja.

A *gége r*-je Brücke szerint úgy ejthető ki legkönnyebben, ha mind mélyebb hangon énekelve, végre a hangszalagok annyira ellazúlnak, hogy csak egyes lökésekben rezegnek és a béka brekegésére emlékeztető zörej támad. Gégetükörrel lehet látni, mint végeznek a hangszalagok rezgő mozgást az *r* ilyen kiejtése alkalmával. A gége *r*-je különben nem szokásos.

Az *ínyvitorla* vagy nyelőcsap rezgése által adott *r*-t már inkább használják, különösen a francziák. Némelyek nálunk is finomabb *r*-nek tartják a nyelv által adható *r*-nél.

A *nyelv r*-je úgy támad, hogy a felfelé fordított nyelv hegye remegő mozgásba jut, mely alatt a felső áll fogaihoz és fogmedernyújtványához is hozzáütődik.

Az *ajkak* remegése által kiejthető *r*-t a beszédben nem használjuk, legfeljebb az undor kifejezésére fordítjuk, vagy a kocsisok lovaiknak adnak jelt vele.

Ez egyszerü mássalhangzókon kivül több, két-két, mássalhangzót egymásután oly gyorsan ejtünk ki, hogy teljesen összeolvadnak, és e miatt nyelvünkben mint egy betű is szerepelnek. Ily összetett betűink a *gy* (dj), *ly*, *ny*, *ty*, *cs* (ts), *cz* (tz), valamint az idegen szókban előforduló *q*, *x* és *y*; az összetevő betük azok lassú kiejtésekor könnyen felismerhetők.

FŐBB FORRÁSOK.

Weber Ed. és W. Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen. 1836.

Wagner R. Handwörterbuch der Physiologie. III. 1850. IV. 1852.

Czermak J. Der Kehlkopfspiegel stb. Leipzig. 1860.

Meyer H. Die Statik und Mechanik d. menschl. Knochengerüstes. Leipzig. 1873.

Wundt W. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. Stuttgart. 1878.

Herrman L. Handbuch d. Physiologie der Bewegungs-Apparate. I. k. 1. és 2. r. Leipzig. 1879.

Vierordt H. Das Gehen d. Menschen. 1881.

Munk J. Physiologie des Menschen und d. Säugethiere. Berlin. 1881.

Thanhoffer L. Az összehasonlító élet- és szövettan alapvonalai. Budapest. 1883.

Landois L. Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen. Wien és Leipzig. 1884.

Klug N. Hangképző szervünk boncz- és élettana. Orvos-természettudományi Értesítő. Kolozsvárt. 1884.

Henle-Meissner. Berichte über die Fortschritte stb. 1856—1871.

Hofmann-Schwalbe, Jahresberichte stb. 1872—1883.

IV.

A HŐCSERE ÉLETTANA.

102. §. Átnézet.

Az ember, emlősök és madarak testhőmérséke bizonyos határok közt állandó, a környezet hőmérsékétől független. Éghajlatunk alatt a test e hőmérséke rendesen nagyobb a környezet hőfokánál. Embernél e közel állandó hőmérsék a hónaljban 36·25—37·5 C.° közt ingadozik, középértékben tehát 37·1 C.°-nak felel meg. Közel ugyan oly magas az emlősállatok testhőmérséke is. Így találták például, hogy a ló testhőmérséke 36·8—37·5, a házinyúlé 37·5—38, a kutyáé 37·4—39·6, a juhé 37·3—40·5 C.°. A madarak testhőmérséke ezeknél valamivel magasabb; így például a fecske hőmérsékét 44·03, a tyúkét 42·5—43·9, a libáét 41·7, a galambét 40·8—43·3 C. fokúnak találták. Ez állandó testhőmérsékkel biró lényeket *állandó melegvérű*, Bergmann szerint *homoiotherm* állatoknak nevezzük. A többi állatok testhőmérséke nem állandó, változik a környezet hőfoka szerint s ennél alig valamivel nagyobb, ezeket azért *változó hidegvérű*, Bergmann szerint *poikilotherm*, állatoknak mondjuk.

Az állandó és változó hőmérsékű állatok közt átmenetet képeznek a *téli álomba merülő állatok*, melyeknek testhőmérséke magasabb környéki hőmérsék mellett is, a környezet hőmérsékének változásával, ingadozik, alacsony környéki hőmérsék mellett pedig tetemesen alászáll, midőn az állatok téli álomba merülnek. Az ilyen téli álmát alvó állat, mint a denevér, medve, borz, mormota stb. testhőmérséke a legtöbb esetben alig valamivel magasabb a környezet hőmérsékénél. Míg más melegvérű állat elhal, ha teste +20 C.°-ra lehűl, addig a téli álomban levő állat testhőmérséke 5, sőt néha nulla C.-fokra sülyedhet, anélkül, hogy ez az állat életét veszélyeztetné. Olyan hidegben, mely az állat testhőmérsékét 0 C.°-ra, vagy ezen alól való lehűtéssel fenyegeti

vagy +5 egészen 8 C.°-nál nagyobb melegben, az állat felébred; előbb ritkult légzései és szívverései szaporodnak, testhőmérséke pedig 5—6 óra alatt a melegvérű állatok testhőmérsékére emelkedik fel.

Testhőmérsékünk csak akkor lehet nagyobb a környezet hőfokánál, ha folytonosan új és új meleget termelünk és ez által a szenvedett veszteséget mindenkor pótoljuk. A meleg, mint szervezetünk többi erőnyilvánulatai, saját szerves alkatrészeink kötve tartott potentialis erélykészletéből származik, mely, midőn ez alkatrészek éleny felvétel alatt szénsav, víz és húgyanyaggá elégnek, actualis erélylyé lesz (lásd a 81. stb. lapot). Midőn a testünkben kötött potentialis erély actualis erély alakjába átmegy, akkor ez mint idegizgalom és talán mint villamosság, továbbá mint erőműi munka és mint meleg nyilvánúl; sőt mondhatjuk a teljesen nyugvó testről is, vagy is az olyan testről, mely csak az élet fenntartására múlhatlanúl szükséges erőnyilvánulatokat végzi, hogy benne az actualis erély említett alakjai mind meleggé változnak át. Az ilyen nyugvó test külső tárgyra erélyt nem ruház át, az erély, mely benne felszabadúl, végre is meleg alakjában távozik el. Így a szív munkája a keringő vér surlódása által lesz meleggé, a bélmozgások és a mellfal lélekzőmozgásai által kifejtett erőműi munka szintén surlódás következtében változik át meleggé; igen kevés az az erély, melyet a lélekzőmozgások a kilégzett levegőre, a szívlökések és érverések idegen testekre ruháznak át és mely azért az ily nyugvó egyénen történő hőmérések alkalmával elvész. Hogy az idegrendszerben végbemenő molecularis változások szintén meleggé alakúlnak át, több mint valószínű. A hőcsere tehát testünk egész erőforgalmával s általa a bennünk végbemenő anyagforgalommal szoros kapcsolatban van. Ezek szerint a következőkben megismerkedünk a test hőfokának mérésmódjával és a változásokkal, melyeknek a test rendes hőmérséke alá vetve van, ezután áttérünk a termelt hő mennyiségének meghatározására, ezt követi majd a hővesztés, valamint a testhőmérsék szabályozásának tárgyalása.

103. §. Hőmérés.

Hőt lehet mérni thermo-elektrikus úton (lásd a 192. lapot), valamint higanyhőmérővel. Minthogy thermo-elektrikus úton nem mérünk absolut hőfokot, hanem hőkülönbséget, és a mérésre szükséges eszközöket is aránylag nehéz megszerezni s kezelni, azért a higanyhőmérővel való mérés inkább van gyakorlatban.

A higanyhőmérők közül a Celsius-féle hőmérőt használjuk, mely-

nek 0 foka a víz fagypontját és 100-dik foka annak forrpontját jelzi, a körlég 760 mm. higanynyomása mellett. A pontos hőmérés kedveért minden fok 10 egyenlő részre van beosztva, úgy hogy $^1/_{10}$ C.° is pontosan leolvasható. A Réaumur szerinti hőmérőknél a víz fagypontja és forrpontja közti tér 80 fokra van beosztva. A Réaumur-féle hőmérőn 1 fok e szerint megfelel a Celsius-féle foksor $1^1/_4$ fokának vagyis 1·25 C.°-nak. Az Angliában divatos Fahrenheit-féle hőmérők 0 foka az olvadó jég, salmiak és konyhasó keverékének a hőmérséke; az e közt és a víz forrpontja közti tér 180 fokra van beosztva. A Celsius- és Réaumur-féle hőmérők 0 foka a Fahrenheit 32-ik fokának felel meg. Általában valamely hőmérő jó, érzékeny, ha keskeny cső mellett meglehetősen nagy a higanytartója. Túlságosan nagy azonban ez se legyen, minthogy a vastag higanyréteg csak nehezen melegedhetik át; épen ez okból és mert testünk illető helyeibe könnyebben bevezethető, jobb ha a higanytartó henger alakú, mintha gömbölyű. Ha a hőmérő csöve keskeny, a hőmérő igen érzékeny, akkor a foksornak igen hosszúnak kell lenni. Orvosi czélokra készített hőmérőkön azért a foksor túlságos hossza az által van elkerülve, hogy ezeken csak a 20—45 C.°-ig terjedő foksorrészlet van meg, minthogy 20°-on alól és 45°-on felül való hőmérésre e hőmérők nem szükségesek. A legtöbb vett hőmérő többé-kevésbbé eltér egymástól és idővel a legjobb hőmérő is megváltozik, azért szükséges a hőmérőket időről időre újból megvizsgálni. Az ellenőrzés könnyű, ha a hőmérőn mind a 100 fok meg van jelölve és a víz fagy- és forrpontja a hőmérő 0- és 100-zal megjelölt pontjaival összehasonlítható. Az orvosi hőmérővel, mely csak a 20 és 45 C.° közti fokokat tartalmazza, természetesen a fagy- és forrpontot ellenőrizni nem lehet, azért az ilyen hőmérő jóságát más, kipróbált hőmérő (normal-hőmérő) segedelmével kell megvizsgálni.

Egyes czélokra még külön készített hőmérők vannak. Ilyen az orvosi gyakorlatban használatban levő *maximum-hőmérő*, melyen az elért legmagasabb hőmérséket, a hőmérőnek a mérés helyétől való eltávolítása után is, kényelmesen le lehet olvasni. Közönséges hőmérőn ugyanis, a higany által jelzet hőmérséket az alatt kell leolvasni, mialatt a hőmérő azon helyen van, a melynek hőfokát meghatározni akarjuk, tehát mialatt a hőmérő a hónaljban, szájürben vagy végbélben van, ha e helyek valamelyikén történik a hőmérés, mert ha kivesszük a hőmérőt, a higany azonnal lehűl s alacsonyabb hőmérséket jelez; nem így a maximum-hőmérőn. A maximum-hőmérő tudniillik úgy van ké-

szítve, hogy a különben légüres csőben közvetlenül a higanyoszlop felett még kevés levegő van, ez előtt rövid higanyfonal és csak ezután következik a cső légüres része. Mihelyt az ilyen hőmérőt magasabb hőfoknak kitesszük, mint melyet a különálló higanyfonal jelez, a higanytartóban foglalt és a meleg behatása alatt terjeszkedő higany az előtte levő kevés levegőt s általa a rövid higanyfonalat maga előtt tolja mindaddig, míg ez ama melegnek megfelelő legmagasabb pontot el nem éri. Ha ezután lehülni hagyjuk a hőmérőt és a higany ismét összehúzódik, a levegő előtt levő higany az előbb elért magasságon megmarad és a jelen volt hőfokot ezentúl is jelzi. Mielőtt új méréshez fognánk, a higanyfonalat le kell rázni, mit úgy teszünk, hogy azt a kezet, mely a hőmérőt tartja könnyedén odaütjük másik kezünkhez.

Az egyes szervekben és a nagyobb véredényekben levő legmagasabb hőfok mérésére Kronecker és Meyer külön maximum-hőmérőket szerkesztettek. E hőmerők babszemnél kisebb, nyílt hegyes véggel ellátott üvegedénykék, melyeket bizonyos alacsony hőfok mellett higannyal kell megtölteni. Ha a gyomorban vagy bélcsőben levő legmagasabb meleget meg akarjuk mérni, akkor ezüsttokba foglalva nyeletjük le az illető állattal vagy emberrel a hőmérőt. A magasabb hőfok alatt a hőmérő szabad nyílásán higany folyik ki, a hőfokot, mely alatt a hőmérő a higanyt elvesztette utólag a súlyvesztésből (Dulong és Pelit), vagy azáltal tudjuk meg, hogy normal-hőmérő segedelmével azt a hőfokot meghatározzuk, a melyre e kis hőmérőt kisérlet után felmelegíteni kell, hogy azt a benne még visszamaradt higany egészen kitöltse (Kronecker).

Fele tte kis hőingadozások mérésére az úgynevezett *metastatikus-hőmérő* (Walferdin) szolgál. E hőmérő felette vékony csöve, a higanytartóval ellenkező végén erős szűkület után körteszerű tágulatba megy át. Használat előtt a hőmérő higanytartóját valamivel magasabb fokra melegítjük fel, mint a milyen magas az a hőfok, melyet pontosan megmérni akarunk. Ha ez 40 C.°-nál valamivel alantabb álló hőfok, például 37—38 C°, akkor a hőmérő egész csöve s részben a végén levő tágulat is higannyal telik meg és ha most a hőmérőt hirtelen megrázzuk a cső szűkülete helyén a higanyoszlop megszakad; a maradék higany szolgál a hőmérésre. A hőmérésre használandó higanymennyiséget tehát a szükség szerint megváltoztathatjuk. A hőmérő csöve oly szűk, hogy 1 C.° hőkülönbség közel 10 cmt. csőhossznak felel meg és így $^1/_{100}$ C.° 1 mm.-nek. A cső kellő finom beosztása mellett e szerint 1 C.° $^1/_{100}$ sőt $^1/_{1000}$-d részét is még pontosan leolvashatjuk.

Hőmérésnél a hőmérő egész higanytartóját abba a közegbe kell tenni, melynek hőfokát megmérni akarjuk s minthogy bizonyos idő telik el, míg a higany a környezet hőfokára felmelegszik, azért a hőmérőt több perczen keresztül ama közegben kell hagyni; mindenesetre addig míg a higany meg nem állapodik. Kicsiny higanytartó-gömbökben vagy hengerekben a higany 2—3 percz alatt, nagyobbakban 10—15 percz alatt éri el ama hőfokot. Ezt az időt felette meg lehet rövidíteni, ha a hőmérőt előre már a hőmérsékét illetőleg megmérendő test hőfokát megközelítő magasságra felmelegítjük; emberen eszközlendő hőméréseknél tehát 37 C.°-ra. A helyek, melyeken a test hőfokát mérni lehet: a végbél, hüvely, szájür és a hónalj. A *végbélben* való hőmérésnél a hőmérő higanytartóját 6—7 cmt. mélyen kell bevezetni. A *hüvelybe* is magasan kell előtolni a hőmérőt. A *szájürben* a nyelv alatt, közvetlenül a nyelvfék mellett, vagy a pofa és csonthús között helyezendő el a hőmérő. Pontos hőmérésre egyébiránt a szájür alkalmatlan, minthogy a légzés által fenntartott légáram csak nehezen kerülhető ki, ez pedig a hőmérőre lehütőleg hat. A leghasználtabb hely a hőmérésre a *hónalj*, ez azonban nem oly meleg, mint a végbel vagy hüvely. Midőn a hőmérőt a hónaljba tesszük s karunkat testünkhez hozzá nyomjuk, az előbb nyílt hónaljt zárt üreg változtatjuk át, hőmérséke mindaddig emelkedik a míg csak el nem éri azt a fokot, melylyel hasonló mélyen a felület alatt testünk belsejében fekvő részek bírnak (Liebermeister).

Innen van, hogy míg a rendesen használtatni szokott orvosi hőmérő higanya a végbélben és a hüvelyben a megfelelő hőfokot legkésőbb 5—6 percz alatt eléri, addig a hónaljban a megfelelő magasságot csak 10—15 percz alatt éri el.

Mind e helyek hőfokainak összehasonlításából kitünik, hogy a hőmérsék a végbélben és hüvelyben rendesen magasabb, mint a hónaljban. Felnőtt embernél e különbség 0·2 C. fokot tesz (Ziemssen). A hónaljban Wunderlich szerint középértékben 36·49—37·25, Liebermeister szerint 36·89 C.° a hőmérsék, míg a végbélben középértékben 37·1 C. foknak felel meg (Jürgensen). A szájür hőfoka többnyire a végbél és a hónalj hőfoka közt van.

A test egyéb pontjain tett közelebbi vizsgálatokból kitünt, hogy szervezetünk különböző helyeinek hőmérséke igen észrevehetően különböző.

A *hallójárat* különösen pedig a *húgycső* hőmérséke aránylag alacsony; jelentőségteljes lehet a hallójárat hőmérsékének megfigye-

lése, bizonyos agybetegségek felismerésére, ha a két fül hőmérséke lényegesen különböző.

Az egészen szabadon fekvő *bőr* hőfokát mérni lehet a zárt térd- vagy könyök-hajlásban, az ujjak közt, a tenyéren, a talpon, vagy a bőr oly helyein, a hol az redőbe szedhető úgy, hogy a bőrt redőkbe fogjuk, és a hőmérőt e redőkben tartjuk, mialatt ezeket ragasztótapasz rögzíti a hőmérő körül. A hol a bőr redőkbe nem szedhető, ott úgy járunk el, hogy a hőmérő higanytartóját mérés előtt néhány fokkal magasabbra melegítjük fel mint a minő magasnak a bőr hőfokát gondoljuk, azután helyezzük az illető helyre és megfigyeljük a higanyoszlop lassú sülyedését; mihelyt a higany hőmérséke a bőr illető helyének hőfokára leszállt, ezt elérte, akkor a higanyoszlop esése egy időre megállapodik s ez állása jelzi a bőr keresett hőfokát (Liebermeister). A hőmérőnek a bőrre való egyszerű ráillesztése nem czélszerű eljárás, minthogy ilyenkor a higanytartó felülete nagy részben közvetlenül érintkezik a levegővel, a hőmérő ennélfogva oly hőfokot kénytelen jelezni, mely a körlevegő és a bőr hőfoka közt van. Davy és mások a hőmérőnek a bőrre illesztett higanytartójának szabad felületét rossz hővezetővel vették körül. Csak hogy ilyen eljárás által ismét a bőr hőveszteségét megnehezítették és e miatt valamivel magasabb hőmérséket értek el, mint mely a természetes viszonyoknak megfelel. Davy vizsgálatai alkalmával, melyeket oly egyénen tett, kinek hőmérséke a hónaljban 36·67 C.° volt, a térdhajlásban 35·00, a lábtalpon 32·2, a lábikra közepe táján 23·89, a czomb közepén 34·44, a hatodik bal borda táján közvetlenül a szív felett 34·44 C.°-ot-mért. A kéztenyér hőmérsékét számos vizsgálat alatt Roemer 30·71 egészen 36·81 C.° közt ingadozónak találta s középértékben 34·5 C.°-ra becsüli; ugyan ez egyén középhőmérséke a végbélben 37·1 C.°-nak felelt meg. Ha a kisérleti egyén karját felemelte sülyedt a kéztenyér hőmérséke épen úgy akkor is, ha a vizsgáló a kézhez a vért vezető ütőereket összenyomta.

A *nyelőcső* és *gyomor* hőfokát emberen hajlítható thermo-elektrometerrel, állatokon pedig különösen a Kronecker és Meyer-féle maximum-thermometerrel mérték meg és a végbél hőmérsékével közel hasonlónak találták. Nevezetes a kutyán tett az a tapasztalat, mely szerint a gyomor hőmérséke rendes táplálláskor 39 C.° volt, 1 napig tartott koplalás után 38·7 C.°-ra sülyedt és erre étel felvétel után 40 fokra emelkedett; sőt az állat gyomrának hőmérséke nőtt már étel látására is.

Az egyes szervek közül az *izmok* és *mirigyek* a legnagyobb hőtermelők, azért ezek hőmérséke is a legnagyobb. Az izmokban fejlesztett meleget az egész test termelt melegének $^4/_5$ részére becsülik. Megegyezik e nagy hőtermeléssel az izmokban Bequerel-nek az a tapasztalata is, mely szerint fűrészelő embernél a felkar izmainak hőmérséke 5 percz alatt 1 C. fokkal emelkedett. Az izmokból kifolyó visszeres vér azért jóval melegebb is az azokba befolyó ütőeres vérnél. A mirigyekre nézve hasonló van kimutatva. Igy találta Ludwig, hogy a n. tympanico-lingualis izgatásakor a nyálmirigyből kifolyó nyál hőmérséke 1·5 C. fokkal magasabb, mint a mirigynek a vért szolgáltató art. carotis véreé. A vesevisszér vére is többnyire melegebb a veseütőér vérénél. Legmagasabbnak találták a hőmérséket a májban. Heidenhain vizsgálatainál a vena hepatica vérének hőfoka 40·37 fok volt, mikor a v. cava inferioré 38·35, a jobb szívé pedig 37·7 C. foknak megfelelt. Bernard Cl. 4 napig éhezett kutyán a v. porta vérének hőfokát 37·8, a v. hepaticaét 38·4 C. fokúnak találta, emésztés kezdetén a vena porta vére 39·9, a v. hepaticaé 39·5 C. fokot jelzett, míg a mialatt az emésztés javában folyt, a v. porta vére 39·7, a v. hepaticaé pedig 41·3 C. fokú volt. Emésztés alatt tehát tetemesen nő a máj hőmérséke.

Az egyes szervek és szövetek hőmérséke ezek szerint igen különböző. E különbség oka részben a szerveknek vérrel való megtelődésének különböző foka, részben pedig az, hogy úgy az anyagforgalom és hőfejlesztés, valamint a hővesztés is bennök különböző nagy.

A különböző meleg szervekből jövő vér az egyesülő visszerek utján összefolyik, eljut a szívbe és innen az ütőereken át újból a különböző szervekbe, felmelegíti a hidegebb szerveket és felvesz meleget nálánál melegebb szervektől. Ezek szerint a *szívben* és az ebből a vért kivezető nagy ütőerekben a vérnek bizonyos közép fokú állandó melegnek kell lenni. Ez állandó közép hőfokot a szívben a v. jugularison át a jobb, az art. carotison át a bal szívgyomorba vezetett higanyhőmérővel Malgaigne s utána mások mérték meg, később számos vizsgálatot tettek thermoelektrikus uton is. A vizsgálatok eredményei annyiban eltértek egymástól, mennyiben a vizsgálók egy része (Malgaigne, Berger, Bernard, Liebig, Fick, Heidenhain és Körner) a jobb szívgyomor vérét melegebbnek találta a balszív vérénél, mások (Davy, Nasse, Jacobson és Bernhardt) ellenkezőleg a bal szívgyomor vérét találták melegebbnek, meg mások hol egyenlőnek, hol különböző hőmérsékűnek találták a két szívgyomor vérét. Igy például Colin kísérle-

teinél a vér hőfoka mind két szívgyomorban 21-szer egyenlő és 31-szer a jobb, 50-szer a bal gyomorban volt nagyobb. Bernard Cl. a vér hőfokát a jobb szívgyomorban 38·8, a balban 38·6 C. fokúnak találta. Egészben véve tehát csekélyek az eltérések, a minek oka abban van, hogy a szív vérének hőfoka nem csak az abban folyó vér hőfokától, hanem egyéb, részben változó tényezőktől is függ. Ilyen az, hogy a jobb szívgyomor a rekesz által fedett meleg haszsigereken fekszik, míg a bal szívgyomrot a hidegebb tüdő környezi. A haszsigerek, főleg pedig a máj, hőmérséke nem állandó, változik, mint láttuk, a szerint a mint a bélcsatornában emésztés folyvagy nem. Míg e körülmény a a jobb szív vére magasabb hőfokának az oka lehet, addig az a körülmény, hogy a bal szívgyomorban ütőeres vér folyik, melyben az égési folyamatok élénkebbek s az, hogy a bal gyomor fala erősebb, működése alatt tehát több meleget fejleszt, ismét a bal szív vérének hőmérsékét alkalmas emelni.

104. §. A testhőmérsék ingadozásai.

Az ember testhőmérséke a hónaljban vagy végbélben 34—42 C. fok közt ingadozik, mint legszélsőbb határok közt. Találtak ugyan 32·6 (Liebermeister) és 44·75 (Wunderlich) fokot is, ezek azonban csak felette kivételes esetek voltak. Minden tapasztalat azt bizonyítja, miszerint túl alacsony, vagy túl magas hőmérsék halállal végződik; bizonyos középhőmérsék az élet fenntartásához múlhatlanúl szükséges. Egészséges embernél e középhőmérsék mintegy 37·1 C. fok és alig változik $1\frac{1}{2}$—2 fok közt bármilyen viszonyok között éljen is az ember. A testhőmérséknek ez állandósága annyira megy, hogy minden szokatlan eltérést a rendes hőmérséktől a test utólag, ellenkező irányban való hőváltozás által, helyrehoz (Jürgensen). A csekély eltérést a középhőmérséktől a következő körülmények okozzák:

Az *éghajlat és a környezet hőfoka.* Davy J. saját magán tett észleletei szerint ugyanazon egyén hőmérséke a meleg égöv alatt, mintegy $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{2}$ C. fokkal magasabb, mint mérsékelt éghajlatunk alatt. Ugyanezt mások hol megerősítik (Brown-Sequard), hol pedig tagadják; Boileau például semmi kölönbséget nem talált. Davy szerint mérsékelt éghajlatunk alatt is forró nyári napokon 0·1—0·3 fokkal magasabb a test hőmérséke, mint télen. Oly csekély különbségek ezek a test hőmérsékében, hogy semmi képen sem állanak arányban a körlég hőingadozásaival. De sőt környezetünk természetes hőingadozásainál

sokkal nagyobb hőkülönbségek is alig vannak befolyással a test hőmérsékére. 37 C. foknál magasabb környezetben erős izzadás s vízelpárlás utján testünk tudniillik jobban hül le, mint alacsonyabb hőmérséknél lehülni szokott, tehát nagyobb fokú hővesztés által igyekszik rendes hőmérsékét megtartani; egyszersmind kisebb a hőtermelés is, mint alacsony hőmérsékben való tartózkodáskor szokott lenni (Liebermeister). Ezekből érthető, hogy emberek 130 fokú sütőkemenczében 10 perczig képesek kitartani (Tillet), hogy állatok 70—80 fokú meleg helyen félóráig megélnek. Dobson kísérleteinél 94·44 C.° meleg helyen 20 perczig tartózkodó egyén hőmérséke a nyelv alatt 37·5, egy másik férfié, a ki 106·44 fokú melegben 10 perczig tartózkodott 38·89 C. fokra emelkedett. Ez egyének ama meleg levegőt kellemetlennek de türhetőnek mondják; a ruhával nem fedett helyen égető érzést okozott. Saját testüket ha újjal megtapintották hidegnek érezték. Fémrészek, például óraláncz, oly forró volt, hogy azt megérinteni nem lehetett. Eleintén az illető egyének helyzetüket kellemetlennek találták, majd azonban bő izzadás törvén ki rajtuk, jobban érezték magukat, nehány percz mulva azonban bágyadtság, fülzúgás és szédülés érzete következett be, mire a kisérlettel felhagytak. Ha a meleg levegő, melyben ily egyének tartózkodnak vízgőzzel telítve s e miatt a vízelpárlás a test felületén s tüdőkben meggátolva van, akkor a test hőmérséke is csakhamar nő. Innen van, hogy 56—60 C. fokú gőzfürdőben a test hőmérséke a végbélben 34 percz alatt 37·5 foktól 40·7 C. fokra emelkedett (Jürgensen). Ha az illető még tovább marad a fürdőben, akkor életét veszélyezteti, mert a testhőmérséknek a rendesnél 6—7 fokkal való növekedésekor ember és állatok elhalnak; 45° mellett hődermenet következik be. Meleg fürdőkben is gyors a testhőmérsék emelkedése, sőt gyorsabb, mint a gőzfürdőben. A test hőmérséke már olyan fürdőben is nő, melynek hőfoka a test hőmérsékével azonos. Liebermeister a test hőfokára felmelegített fürdőben egy egyénnél 55 percz alatt 37·3 fokról 38·8 fokra terjedő hőemelkedést észlelt, egy másik egyénnél 90 percz alatt 37·3 fokról 39·2 fokra látta a test hőmérséket felszállni. Mint a túlságos meleg, úgy változtatólag hat a test hőmérsékére az igen hideg környezet is. Testünk hőmérsékét rendes hőfokán 27—37 C. fokú levegőben tudja megtartani (Senator), ha ennél alacsonyabb hőmérsékben tartózkodunk és magunkat a nagyobb hővesztés ellen nem védjük, akkor lehülünk. Igy találtak részeg embereket, kik téli időben az éjszakát szabadban töltötték, és a kiknek testhőmérséke egészen 24 C. fokra

leszállott. A hideg levegőnél még inkább lehütőleg hat a hőt jobban vezető hideg víz, azért alkalmasak a hideg vízfürdők lázas betegek lehütésére is. Feltünt, hogy minden, a rendesnél nagyobb hővesztés után, a test hőmérséke még egy ideig alantabb marad, mint a minő alacsonyan a hővesztés előtt volt. E tünemény oka abban van, hogy a leginkább lehütött környéki testrészek hőmérséke a vérkeringés utján kiegyenlítődik a melegebb belső szervek hőmérsékével, e mellett a hideg behatása alatt fennállott nagyobb hőtermelés következtében még a hőtermelés is csökkent (Liebermeister). Később a test hőmérséke többnyire magasabbra emelkedik, mint a lehülés előtt volt; a megelőzött csökkent hőtermelést fokozódott hőfejlesztéssel igyekszik helyre hozni (Jürgensen).

Faj és *nem* szerint nem különböző az emberek testhőmérséke, de igen *kor* szerint. Születés után azonnal a gyermek hőmérséke középértékben 0·3 fokkal nagyobb az anyaénál. Ezután csakhamar sülyedni kezd s leszáll mintegy 0·9 fokkal. A következő 10 napon többnyire 37·25—37·6 fok közt ingadozik, középértékben tehát a csecsemő hőmérséke 37·45 foknak felel meg. Ezen túl, az ivarérésig, a test melege mintegy 0·2 fokkal sülyed és az 50. életévig is még közel ugyanannyival. A 60. életéven túl ismét nő a test hőmérséke s a 80. életévben majdnem ugyanazt a magasságot éri el, melyen a gyermeknél volt. Minthogy azonban agg embernél a hőtermelés a csökkent anyagforgalomnál fogva kisebb, a hőmérsék növekedésének oka csökkent hővesztésben keresendő, mely a bőr vérszegénységének a következménye (Bärensprung, Jürgensen). Öreg egyének érzékenyebbek a hideg iránt s azért rendesen melegebben is szeretnek öltözködni. A gyermek, valamint a kisebb termetű emberek testfelülete azok testsúlyához képest nagyobb, mint a felnőtt és magasabb termetű embereké, e miatt amazoknál a hőveszteség is nagyobb. Gyermekek és kisebb egyének azért könnyebben is fáznak, mint felnőtt nagyobb emberek. Jól táplált, erős testalkatú, valamint kövér egyének kevesebb meleget veszítenek és egészben több hőt is termelnek, mint rosszúl táplált, gyenge testalkatú vagy sovány egyének, e miatt az utóbbiak érzékenyebbek is a hideg iránt.

Minden embernek, egészségesnek úgy, mint betegnek, testhőmérséke szabályszerűen változik a *nap időszaka* szerint. E változást feltünteti a Liebermeister által Jürgensen vizsgálataiból összeállított s két egyénre vonatkozó, következő táblázat:

/

Nappali hőmérsék.			Éjjeli hőmérsék.		
Óra.	I.	II.	Óra.	I.	II.
6—7	36·7	36·5	6—7	37·5	36·7
7—8	36·8	36·7	7—8	37·4	37·7
8—9	36·9	36·8	8—9	37·4	37·5
9—10	37·0	37·0	9—10	37·3	37·4
10—11	37·2	37·2	10—11	37·2	37·1
11—12	37·3	37·3	11—12	37·1	36·9
12—1	37·3	37·3	12—1	37·0	36·9
1—2	37·4	37·4	1—2	36·9	37·7
2—3	37·4	37·3	2—3	36·8	37·7
3—4	37·4	37·3	3—4	36·7	37·7
4—5	37·5	37·5	4—5	36·7	36·6
5—6	37·5	37·6	5—6	36·7	36·4
Középérték	37·2	37·2	Középérték	37·1	37·0

A két egyén vizsgálat közben teljes nyugalomban volt. A méréseket Jürgensen a végbélben tette. Reggelit 7-kor, ebédet 12—1 közt, ozsonnát 3—4 közt és vacsorát 6—7 közt ettek az illetők. A táblázatból látjuk, hogy az ember testhőmérséke reggeltől estig emelkedik és maximumát este 6—7 óra közt éri el; estétől reggelig pedig folytonosan sülyed a testhőmérsék, reggel 4—6 óra közt minimumára jut. A különbség a legnagyobb emelkedés és sülyedés közt mintegy 1·1 foknak felel meg. Azonban sem az emelkedés nappal, sem a sülyedés éjjel nem egyenletes. Reggel mintegy tizenegy óráig a hőmérsék gyorsan emelkedik, ezentúl mintegy négy óráig csak keveset ingadozik, mely időn túl ismét az emelkedés gyorsabb. A tápanyag felvétele a hőingadozás gyorsabb menetére étel felvétel után befolyással van ugyan, de azért a 24 óra alatt történő hőváltozás mégis egészben véve független a táplálkozástól és éhező egyénen is megfigyelhető (Jürgensen). A testhőmérsék a nap időszakával járó változásainak kiváló oka tehát nem az étkezés, hanem az ébrenlét és munka nappal, alvás és nyugalom éjjel. Krieger tapasztalta, hogy a ki nappal alszik és éjjel van ébren, dolgozik, eszik, úgy mint azt rendesen nappal tenni szokta, ennél a hőingadozás menete is teljesen megfordúl. Debazynsky is éjjel dolgozó ember hőmérsékét reggel találta legmagasabbnak és este legalacsonyabbnak.

Ez idézett adatok arra utalnak, hogy nem annyira az ételfelvétel

mint inkább az izommunka növeli a testhőmérséket. De hogy a testhőmérséket az *ételfelvétel* is emeli, e mellett számos tapasztalat szól. Csakhogy ez emelkedés alig tesz nehány tized fokot. Azért, ha akkor eszünk, mikor a test hőmérséke különben sülyed, az ételfelvétel által okozott hőemelkedés alig vehető észre, legfeljebb késlelteti némileg a hősülyedést. Általában minden ételfelvétel után a hőmérsék először keveset sülyed (Vintschgau és Dietl) és csak ezután emelkedik. Az ételfelvételt követő e sülyedés onnan van, mert a nem oldott tápanyagok oldása melegkötéssel jár, továbbá pedig a legtöbb tápanyag hidegebb is saját hőmérsékünknél; az ezután következő csekély hőemelkedés az élénkebb anyagcsere következménye, a mennyiben az emésztés alatt emésztőnedvet szolgáltató mirigyek elválasztó működése fokozódott hőfejlesztéssel jár. Az ételek hőfokának befolyása a test hőmérsékére abban áll, hogy a meleg ételek és italok növelik, hidegek alább szállítják a test melegét. Igy, ha 60 kgm. nehéz ember egy kgm. 50 fokú vizet iszik ez egyén test hőmérséke 0·17 fokkal nagyobbodik (Rosenthal). A melegvíznél sokkal jobban emelik a test hőmérsékét a thea vagy kávé. Hathatósabb mindezeknél a hideg italok lehűtő hatása, minthogy ezek és a test hőmérséke közt tetemesebb lehet a hőkülönbség. Igy például 10—10 percznyi időközökben fogyasztott mintegy két liter 4·6 fokú víz 70 percz alatt a test hőmérsékét 1·4 C. fokkal alább szállítja (Winternitz); még jobban lehűtőleg hatnak az alkohol és a híg savak.

Éhezéskor csökken a test hőmérséke, a középhőmérsék mintegy 0·57 fokkal kisebb mint rendes táplálláskor (Lichtenfels és Fröhlich). Állatokon tett tapasztalatok szerint itélve, a hőmérsék az éhezés tartamával nem egyenletesen csökken. Bidder és Schmidt macskán tett kísérleteinél a macska hőmérséke az éhezés 15-ik napjáig középértékben 38·6 fokú volt, a 16-ik napon 38·3, a 17-iken 37·64, a 18-ikon 35·8 és a 19-iken, mely napon az állat elhalt, 33 C. foknak felelt meg; a hőmérsék tehát csak az éhezés idejének utolsó negyedében sülyedt feltünően.

Izommunka és így minden mozgás tetemesen növeli a test hőmérsékét (lásd a 192. lapot). Innen van, hogy a test hőmérséke fekvés alatt alacsonyabb mint fennálláskor; még inkább nő a hőmérsék mozgás közben. E növekedés 1—2 foknak felelhet meg és az izommunka megszünte után csakhamar alább száll. Rendkívül magasra nő a test hőmérséke tetanus alatt, Wunderlich egy ily tetanusban szenvedő egyén testhőmérsékét 44·75 fokúnak találta.

Növeli a testhőmérséket a *szellemi munka* is, Lombard szerint egészen 0·5 fokkal. A hőfok ez emelkedése együtt jár a fokozódott anyagcserével az agyban.

Vérvételek után a test hőmérséke először csökken, azután néhány óra mulva emelkedik, többnyire magassabbra mint minő magas a vérvétel előtt volt, a következő napok alatt előbbeni magasságára, sőt ezen alól is sülyed. Nagy vérvesztések után 1—2 C. fokkal is sülyedhet a test hőmérséke. Ellenben nagyon fokozza a test hőmérsékét a *vérbeöntés* (transfusio); a beöntés után mintegy ½ óra mulva valóságos láz tör ki az illető állaton.

Hogy bizonyos betegségek a test hőmérsékének igen tetemes fokozódásával, mások annak csökkenésével járnak, ezt az orvosi tapasztalat sokszorosan bizonyitja.

105. §. Hőmennyiség meghatározása.

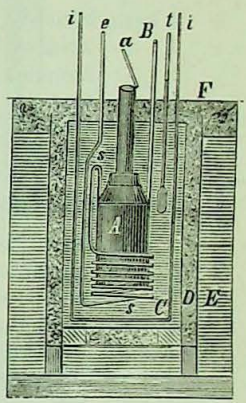
A hőméréssel az illető hely hőfokát határozzuk meg. E hőfok a hő vesztésen s esetleg még kívülről való hő felvételen kívül az illető test fajmelegétől és az általa termelt meleg mennyiségétől függ.

Fajmeleg alatt azt a melegmennyiséget értjük, mely valamely test (például izomnak) súlyegységének bizonyos hőfokát 1 C. fokkal magasabbra való felmelegitésére szükséges. A természettani vizsgálatokból tudniillik kiderült, hogy az egyes testeknek e tekintetben különböző hőmennyiségre szüksége van; így például, hogy 1 grm. higany hőmérséke 1 C. fokkal emelkedjék annak a melegnek 0·033-ad része szükséges, mely alatt hasonló vízmennyiség hőfoka 1 C. fokkal magasabbra nő. A méréseknél egységük az a meleg mennyiség szolgál, a mely 1 kgm. 0 fokú vizet egy fokkal magasabb hőmérsékre képes emelni; ez egységet *hőegységnek* (calorie-nak) nevezzük. A fenti példa szerint 1 kgm. higany 1 C.°-fokkal való felmelegitésére 0·033 hőegység szükséges; ez tehát a higany fajmelege. A testünket alkotó szövetek mind igen vízdúsak, fajmelegük azért a vizével csaknem megegyezik. A Rosenthal J. által legújabban tett meghatározások szerint a tömött csontok fajmelege 0·3, a szivacsos csontoké 0·71, a zsírszöveté 0·712, a harántcsikos izomrostoké 0·825, a rostanyagától megfosztott véré 0·927. Az egész test fajmelegét Liebermeister 0·83-ra becsüli, mely érték Rosenthal szerint is a valót megközelíti.

Úgy a fajmeleg, mint a valamely test által termelt meleg mennyiségének meghatározására a *calorimeter*-ek szolgálnak. Calori-

meterrel vagy azt mérjük meg, hogy a meghatározandó meleg, milyen magas fokra melegít fel bizonyos mennyiségű vizet, vagy pedig jeget olvasztunk a megmérendő meleg által, és a megolvadt jég mennyiségéből számítjuk ki a meleg mennyiségét, mely czélból azonban tudni kell, hogy 1 kgm. 0 fokú jégnek 0 fokú vízre való felolvasztására 79 hőegység szükséges; ezek szerint van *vízcalorimeter* és *jégcalorimeter*.

Az anyagok fajmelegének meghatározására szolgáló vízcalorimeter lemért mennyiségű s ismert hőfokú vízzel megtöltött edényből áll. A testet, melynek fajmelegét meghatározni akarjuk, előzetesen bizonyos ismert magas hőfokra felmelegítjük és így adjuk a vízbe. Melegével ama test a hidegebb vizet mindaddig fel fogja melegíteni, míg mindkettejük hőfoka egyenlő nagy nem lesz. A víz által nyert meleghez hozzáadjuk még az edény fala által a víztől és így közvetve ama testtől felvett meleget, miután ezt előbb a víz értékére átszámítottuk. De az edény is veszít meleget sugárzás és vezetés utján. Ennek megakadályozására, miután a vizet tartalmazó edényt fedővel elzártuk, az edényt, igen rossz hővezetővel minden oldalon kibélelt nagyobb edénybe teszszük. Végre az egészet még egy nagyobb edénybe adjuk, melyet szintén vízzel töltünk meg. Ez utóbbi edény és vize a külső melegnek bejutását megakadályozzák. Az ilyen eljárás mellett mind ezáltal is vesztett csekély hő értékét előzetes kisérletek alapján határozzuk meg, és a víz által felvett meleghez szintén hozzáadjuk. Igy birtokában vagyunk mindazoknak az adatoknak, melyek a fajmeleg meghatározására szükségesek. A vízbe adott test fajmelege egyenlő: a víz által nyert meleggel, osztva ezt ama test súlyának és az általa vesztett hőfokok szorzatával.



115. ábra. Favre és Silbermann féle vízcalorimeter.

A tápanyagok elégésekor ezektől meleg alakjában felszabaduló erélyt Favre és Silbermann szintén vízcalorimeter segedelmével határozták meg. Az elégetendő anyagot a 115. ábrán *A* alatt megjelölt pléhedénybe adták. Az edénybe az élenyt *B* csövön át vezették, míg *sse* csövön keresztül a bomlásanyagokat távolították el. A pléhedényt *C* vízedénybe helyezték be, melyben az égés terményeit kivezető *s* cső azért van tekerődőleg vezetve, hogy a víz azok melegét is megköthesse. A minden oldalról zárt vízedénybe egy hőmérő *t* és

egymással a pléhedény alatt összekötött, két rúd *ii* van állítva. Az utóbbiak a víz keverésére szolgálnak, minthogy álló vizben a meleg nem egyenletesen oszlik meg. A víztartó rézedény a hőt rosszúl vezető lúdpelyhekkel, *D*, van körűlvéve s ezeket egy másik, *E*, vízzel megtöltött edény veszi körül. A fedél végre az egyes csövek stb. átbocsátására szükséges likakkal van ellátva. Favre és Silbermann a *C*-ben foglalt víz hőfokát kisérlet előtt és után meghatározták és ebből kiszámították a szabaddá lett égésmeleget; a hősugárzás utján esetleg veszendőbe ment meleget e vizsgálók is számba vették. Minthogy az égésmeleg ismerete nagyfontosságú, a nevezett vizsgálók és mások által tápanyagaink égésmelegét illetőleg talált adatok közül a legfontosabbakat ide jegyezzük.

Favre és Silbermarn szerint:

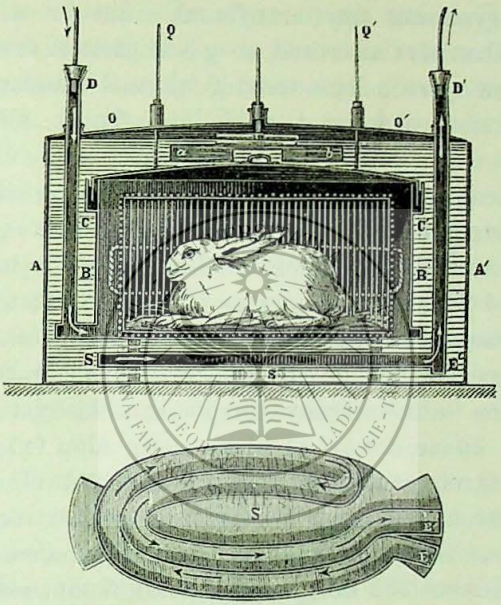
1 kgm. köneny	égésmelege	34462	hőegység
1 « szén	«	8080	«
1 « szénéleg	«	2403	«
1 « viasz	«	10496	«
1 « vajsav	«	5647	«
1 « stearin	«	9717	«

Frankland szerint:

1 kgm. száraz fehérje	égésmelege	4998	hőegység
1 « marhazsír	«	4998	«
1 « arrowroot	«	3912	«
1 « marhahús	«	5103	«
1 « húgyanyag	«	2206	hőegység
1 « húgysav	«	2615	«
1 « vaj	«	7264	«
1 « burgonya	«	1013	«
1 « búzaliszt	«	3936	«
1 « rizs	«	3813	«
1 « keményre főtt tojás	«	2383	«
1 « tej	«	662	«
1 « nádczukor	«	3384	«
1 « tejczukor	«	3277	«

Az élő állatok által termelt hő mennyiségének meghatározására először Dulong és Despretz használták a calorimetert. Dulong calorimetere (116. ábra) lényegében a Favre és Silbermann-féle calorimeterrel egyezik meg. A vizsgálatra használandó állat ketreczbe jön. A ketreczet egy vasból készült szekrénybe (*BB'*) teszszük, melynek felső széle, *CC'*-nél, higanynyal megtöltött árokkal körül van véve, ez árokba illik a fedél lefelé álló széle és a vasszekrény ürét légmentesen zárja el. A ketreczet tartalmazó szekrényt lemért mennyiségű vizzel

megtöltött edénybe (AA') adjuk, ezt még először a hőt rosszúl vezető anyaggal veszszük körül és ezután, mint a Favre és Silbermann-féle calorimetert, vízzel is veszszük körül; az utóbbiak az ábrán nincsenek megjelölve. A vasszekrényt környező víz melegének megmérésére a QQ^1-el jelzett hőmérők szolgálnak; hogy ez a víz a szekrénybe helyezett állat melegétől egyenletesen megmelegedjék, időközönként forgatandó vékony lemez (ab) van abba betéve. A levegőt a szekrénybe D csövön át lehet bevezetni; a szekrényből pedig $EE'D'$ csövön keresztül



116. ábra. A Dulong-féle calorimeter.

távolítható el; a levegő e szerint a szekrény alatt a vizben elhelyezett kigyózó csövön kénytelen keresztül menni, hogy melegét a víznek átadja. A fejlesztett meleg egyenlő a talált hőnövekedésnek a víz mennyiségével való szorzatával. Az eszköz által esetleg történt hővesztés itt szintén számba veendő. Az állat a levegőt egy gazometerből nyeri, a kilégzett levegőt pedig Dulong szintén gazometerbe vezette, miáltal lehetséges volt a fejlesztett meleggel egyidejüleg az elhasznált élenyt és a kiválasztott légnemü bomlásanyagok mennyiségét is meghatározni. A mért melegnek összehasonlítása a bomlásanyagokból kiszámított meleggel végképen bebizonyította (lásd a 82. lapot), hogy minden a szerves testek által fejlesztett meleg az e testeket alkotó szer-

ves vegyületek kötött erélyéből származik, mely erély felszabadul, midőn e szerves alkatrészek élény felvétel alatt elégnek.

Dulong például 1150 grm. súlyú kutyánál 88 percz alatt 10·308 hőegységet mért. Ugyanez idő alatt az állat kilehelt 1522 köbcmt. szénsavat és elhasznált 554 köbcmt. élenyt. Ez adatokkal Dulong-nak Lavoisier régi adatai alapján, (melyek szerint a szén égésmelege 7237 a köneny-é 22,170) tett számításai szerint a kiszámított meleg a tényleg mért hő 80·2%-ának felelt meg. Favre és Silbermann adatai alapján tett számítások nyomán kitünt, hogy a kiszámított és a tényleg mért meleg egymáshoz úgy aránylanak mint 99 a 100-hoz. Úgy Dulong mint Despretz adatainál, még a kiigazított értékek mellett is, a számítás utján nyert meleg a tényleg mértnél mindenkor valamivel kisebb volt. Ennek oka, mint alább látni fogjuk, kisérleti hibában rejlik.

Hasonló calorimeterrel tettek még kisérleteket állatokon Senator, ember lábán Leyden es mások. Senator szerint egy felnőtt éhező kutya 1 kgrm. testsúlyra óránként 2·53 hőegységet fejlesztett.

Embernél Scharling, Vogel és Hirn a fejlödő meleget úgy határozták meg, hogy lehetőleg állandó hőfokon tartott szobába szekrényt állítottak és a megvizsgálandó egyén kisérlet alatt e szekrényben tartózkodott. A szoba és a szekrény levegőinek a kisérlet végén való hőkülönbségéből kiszámították az illető egyén által fejlesztett meleget; minthogy a szekrény is meleget veszit, a vizsgálók előzetesen meghatározták a szekrénynek az egyes hőkülömbségeknek megfelelő hőveszteségét és ezt számításaiknál számba vették. Scharling szerint egy felnőtt ember óránként 132 hőegységet fejleszt. Vogel számításai szerint 70 kgrm. nehéz ember óránként 100 hőegység meleget termelt. Hirn a valaki által fejlesztett meleget az illető által elhasznált élenyhez viszonyítva határozta meg és úgy találta, hogy nyugvó ember 1 grm. élenyre 5·22 hőegységet fejleszt, munka közben ez egyénnél a hőtermelés sokkal nagyobb volt ugyan, de még inkább fokozódott az élenyfogyasztás, úgy annyira, hogy 1 grm. elhasznált élenyre csak 2—3 hőegység esett. Hirn az elhasznált élenyhez viszonyítva talált kisebb meleget munkára fordított erélynek tekinti.

Mind ez értékek azonban nem mondhatók teljesen pontosaknak, minthogy a vizsgálók sem a kisérleti egyén esetleges hőfokváltozására sem pedig a vízelpárlás utján kötött melegre, tekintettel nem voltak.

Liebermeister hideg fürdőket használt a hőmennyiség meghatározására. Megmérte a víz melegét fürdés előtt és fürdés után, és a

hőkülönbségből meg a fürdőnél használt víz mennyiségéből kiszámította az illető egyén által fejlesztett meleget. Hogy ez eljárás mellett hibák elkerülhetlenek ez magától értetődik.

Leyden a megvizsgálandó ember lábát a lábra illő calorimeterben tartotta és az e láb által kísérlet közben veszített melegből az egész egyén által fejlesztett meleget kiszámította; szerinte felnőtt ember 24 óra alatt 2376 hőegységet termel.

Mindezekből látjuk, hogy az ember által termelt meleget kellő pontossággal nehéz calorimetricus úton meghatározni és hogy ily meghatározás számos hibával is jár. Más eljárás után kellett tehát nézni, és minthogy a fejlesztett meleg a szerves alkatrészek élenyülésekor felszabaduló potentialis erélyből származik, alkalmasnak e czélra oly eljárás bizonyult, melylyel a fejlesztett melegmennyiséget az elhasznált tápanyagokból számítjuk ki. Igy jártak el már Dulong és Despretz is, mikor az állataik által kilehelt szénsav- és az ezek által elhasznált élenyből a fejlesztett meleget kiszámították. Embernél Helmholtz tett először ilynemű számítást és a 82 kgm. súlyú ember által 24 óra alatt fejlesztett meleget 2732 hőegységnek megfelelőnek találta; ez oly hőmennyiség, mely képes volna amaz ember testhőmérsékét minden fél órában 1·4 C. fokkal magasabbra emelni, feltéve, hogy e hőtermelés folytonosan így tartana és hogy ez egyén semmi meleget nem veszítene.

Liebig J., Vierordt és mások abból indultak ki, hogy a tápanyagok szénjéből szénsav, könenyéből víz lesz és a tápanyagok szén és köneny tartalmából igyekeztek a fejlesztett meleget meghatározni; a szénhydrátoknál a köneny elégését számba nem vették, mert abból a felvételből indultak ki, hogy azokban a köneny az élenynyel már is úgy van egyesülve mint a vízben, itt tehát tovább már el nem éghet. — Feltéve, hogy valaki 24 óra alatt 120 grm. fehérjét, 90 grm. zsírt és 340 grm. szénhydrátot használ el, akkor a benne szénsavvá elégett szén 281·20 a köneny 18·86 grammot tesz, levonva ezekből a bélsárban és vizeletben még elégetlenül eltávozott 29·8 gramm szenet és 6·3 gramm könenyt, marad 251·4 gramm szén és 12·56 gramm köneny, melyek amaz egyénben szénsavvá illetőleg vízzé elégtek; ezek összes égésmelege 2464 hőegységnek felel meg (Vierordt). Kerekszámban Vierordt a valaki által termelt meleget 2500 hőegységre becsüli.

Az a felvétel, hogy tápanyagaink húgyanyagra, szénsavra és vízre való szétesésekor, annyi meleg szabadul el, mint a mennyi ezek

szén és köneny tartalmának szénsavra és vízre való elégésének megfelel, valamint az, hogy a szénhydrátokban foglalt köneny meleget már nem fejleszthet mikor ezek elégnek, téves. Egyfelől a szén e vegyekben nem szabad állapotban van jelen, hanem már bizonyos fokban kötött állapotban, elégésekor azért kevesebb meleget fog adni, mint mennyit ugyan olyan mennyiségű tiszta szén adna, másfelől pedig a köneny a szénhydrátokban nem víz alakjában van jelen s fel kell tenni, hogy midőn szorosabb vegyi egyesületté, vízzé elég, meleg is szabadul fel. Azért helyesebb a bomlástermények helyett egyenesen a felhasznált tápanyagok égésmelegéből kiszámítani a fejlesztett meleget. Frankland-nak az égésmeleget illetőleg fenn elősorolt adatai segedelmével a valaki által termelt meleget könnyű kiszámítani, ha az illető egyén által az egyes tápanyagokból elhasznált anyagmennyiséget ismerjük. Szervezetünkben a fehérjék kiválóan húgyanyaggá égnek el, azért e számításnál a fehérjék égésmelegéből a húgyanyag égésmelegét le kell vonni:

1 kgm. fehérje égésmelege	4998 hőegység
ebből levonva $^{1}/_{3}$ húgyanyag égésmelegét	735 «
marad	4263 hőegység.

Ezek számbavételével Ranke 24 éves korában 70 kgm. testsúly mellett 24 óra alatt fejlesztett:

éhezéskor	2012·816 hőegységet
légenymentes tápanyagok felvételekor	2059·506 «
vegyes táplálkozáskor	2200·000 «
hússal való étkezéskor	2779·524 «
Középértékben mintegy	2300·000 hőegységet.

Ranke ez észleletei szerint tehát a valaki által fejlesztett hőmennyiség lényegesen függ annak életmódjától; legnagyobb a hőtermelés hússal való étkezés mellett, legkisebb légenymentes tápanyagok használata alatt. Az éhezéskor nyert értékekből látjuk, hogy testünk a szükséges meleget tápanyagok felvétele nélkül is termeli. Hosszabb ideig tartó éhezés után, mint tapasztalták, csökken a hőtermelés.

Az egyes vizsgálók adatai szerint az egy felnőtt ember által 24 óra alatt fejlesztett meleg 2300—2732 hőegység közt ingadozik. A talált legkisebb értéket számba véve, e meleg elegendő volna 2300 kgm. vizet 0 fokról 1 C. fokra, vagy a mi ugyanaz, 23 kgm. vizet 0-tól 100 C. fokra felmelegíteni. Hogy testünk ez óriási hőtermelés mellett meg nem sül, ennek oka a hőtermeléssel járó hővesztés.

106. §. Hővesztés.

Minthogy környezetünk hőmérséke csaknem mindig hidegebb testünknél, folytonosan meleget veszítünk. E hővesztés legnagyobb részben a test szabad felületén vezetés, sugárzás és vízelpárlás útján történik, ezen kívül azonban veszítünk meleget a tüdőkben a belehelt levegő felmelegítésére és vízelpárlásra, végre tápanyagaink és italaink rendesen hidegebbek is a kiválasztott húgy- és bélsárnál, azért ezek felmelegítésére is fordítunk meleget.

A test felületét bevonó bőr hővezető képességét illetőleg vizsgálatokat tettem két higanynyal megtöltött és szívburokhártyával elzárt üvegedénynyel. Mivel a két üvegedényt fekvő helyzetben használtam, felfelé álló oldalaik át voltak likasztva és e likon át hőmérőt állítottam a higannyal megtöltött üvegedénybe; e hőmérőkön a higany hőfoka mindenkor leolvasható volt. A higany a szívburokhártyákat kifelé domborította, miért is ezek a vizsgálat czéljából közéjök helyezett tárgyhoz igen jól hozzásimultak. Az egyik üvegedényt egy nagyobb tokba helyeztem be úgy, hogy a tokból csak az üveg nyaka, feje, valamint a hőmérő állottak ki, az üvegedény és tok közt minden oldalon 3 cmt. széles szabad tér volt, melyet fésült gyapjúval, mint felette rossz hővezetővel, töltöttem ki. Ez üvegedényt tokjával együtt állványra helyeztem és szembe vele egy másik állványra a második üvegedényt úgy, hogy ezeknek szívburokhártyával elzárt végeik egyenlő magasságban szemben állottak egymással. A hővezetőképességet illetőleg megvizsgálandó bőr vagy egyéb anyag a két szívburokhártya közé jutott. A szabad üvegedény hőforrásul szolgált, az ebben levő higany azért gázlánggal bizonyos állandó hőfokon volt tartandó. Ez edényből a másik edénybe a meleg csak a közbe helyezett tárgyon keresztül mehetett. Ha az üvegedényekben foglalt higanymennyiséget és a két edényben foglalt higany közti hőkülönbséget, meg a közbe helyezett test felületnagyságát ismerjük, akkor kiszámíthatjuk az adott hőkülönbség mellett az időegységben átment hőmennyiséget. E vizsgálatokból kitűnt, hogy 18·2° hőkülönbség mellett 0·2 cmt. vastag bőrön keresztül 1 percz alatt 0·00248 hőegység megy, míg ugyanez a bőr, ha 0·2 cmt. vastag zsírdús bőralatti kötőszövettel ellátva volt, csak 0·00123 hőegységet bocsátott át a másik edénybe. 12 C. ° hőkülönbség mellett e zsírréteg közel két harmadát, sőt 9 C.° hőkülönbség mellett közel nyolcz tizedét tartja vissza annak a melegnek, mely különben a bőrön átmegy. Csekély hőkülönbségek mellett tehát a zsírréteg gátló befolyása a hő átbocsátá-

sára aránylag nagyobb, mint nagyobb hőkülönbségeknél. Tekintve, hogy testünket ruháinkban 24—30° fokú légkör veszi körül, a hőkülönbségek tényleg alacsonyak és a bőralatti zsírréteg hővezetést nehezítő hatása annál inkább érvényre juthat. A zsírnál is rosszabb hővezető a felhám. E felette rossz hővezetőképesség oka abban van, hogy a meleg a rostok és sejtek irányában sokkal jobban terjed, mint rostról rostra vagy sejtről sejtre. A bőr hámsejtjei egymás felett fekvő vékony lemezekké átváltozott, elszarúsodott sejtek lévén, a meleg a bőrben sejtről sejtre terjed a mélyebb rétegekből a felület felé, oly irányban tehát, melyben legnehezebben képes előhaladni. A meleg tehát csak lassan jut a bőrfelületre és hőveszteségünk, melyet különben aligha pótolhatnánk, tetemesen korlátozva van. A bőr felületéről az egyszer oda eljutott meleg, mint mondtuk, hővezetés, hősugárzás és vízelpárlás utján távozik el.

A hővezetés a hővesztésnek az a neme, melynél fogva testünk a bennünket környező meleget közvetlenül felmelegíti. Midőn tudniillik a levegő, vagy más test, melegebb testtel érintkezik az utóbbitól meleget vesz át és felmelegszik. A testünket környező, felmelegedő levegő kiterjed, könnyebb lesz, felszáll és helyet enged a hidegebb, nehezebb levegőnek, majd ez is felmelegszik, más hidegebb légrétegnek engedi át helyét s így tovább. A melegveszteségnek ennél fogva annál nagyobbnak kell lenni, minél hidegebb a levegő, mely környez és minél nagyobb ennek áramlássebessége. Mozgó meleg levegő azért hűvösebbnek tetszik az épen oly meleg csendes levegőnél. Lényeges befolyással van még a börön hővezetés utján való hővesztésre a közeg minősége is. A csekély hővezetőképességű levegő a bőrtől kapott meleget nehezen adja tovább, maga azért gyorsan melegszik fel és a hőelvezetést a bőrtől csökkenti. A hőt jobban vezető vízben ugyanazon hőmérsék mellett, melyben a levegőben egészen jól érezzük magunkat, fázunk.

A melegvesztést a bőr útján hősugárzás által külön még senki sem tanulmányozta. E tekintetben még csak annyit tudunk, hogy épen úgy mint a hővezetés a bőrfelülettel érintkező hidegebb testek felé, a hősugárzás is egyenes arányban áll a bőrfelület és környezetének hőkülönbségével. Mihelyt a bőr és környezete hőfoka közt hőkülönbség nincsen, a hővesztés hősugárzás útján is megszűnik. Az ez uton vesztett meleg némely esetben az összes melegveszteség 50%-át is teszi. És ezt a nagy melegveszteséget rendes körülmények közt meg sem érezzük; megérezzük akkor, ha vagy nagyon fokozódva, vagy nagyon megnehezítve van a hővesztés. Igy, ha télen fütetlen szobába jutunk,

borzongásképen érezzük a sugárzás útján való tetemes melegveszteséget, még ha a tűz a kályhában ég és a szoba levegője 16—17 C.°-ra fel is van melegítve; ez onnan van, mivel a szoba falai és butorai még nincsenek átmelegedve. Kellemetlen az érzés akkor is, ha a hősugárzás tetemesen meg van akadályozva, például emberekkel zsufolt helyiségben. Ilyen esetben, nehogy testhőmérsékünk a rendesnél magasabban emelkedjék, izzadni kezdünk, szervezetünk a test felületén való vízelpárlás fokozódása által igyekszik a különben sugárzás utján történő hővesztést pótolni. A bőr felületéről kivált a veritékmirigyek váladéka párolog el és köt meg meleget. Ez elpárolgás által kötött meleg nagyságáról fogalmat szerezhetünk magunknak, ha meggongoljuk, hogy a vízgőz *lappangó melege* 550 hőegységnek felel meg; azaz, mikor 1 kgm. víz gőzzé válik 550 hőegység tűnik el, és hogy a bőr felületéről 24 óra alatt elpárolgó víz 500—1500 grm.-t tesz. A bőr utján történő vízelpárlás egyébiránt nagyon változik, nem csak a testhőmérsék, hanem a körlevegő áramlássebessége és vízgőz tartalma szerint is, a mennyiben a vízelpárlás annál nagyobb, minél gyorsabban áramol és minél szárazabb a levegő.

A bőrön keresztül vezetés és sugárzás utján egy ember által 24 óra alatt veszített hőmennyiséget Vierordt 1791·81, a vízelpárlás (660 grm.) utján vesztett meleget 384·12, vagyis a bőr utján vesztett meleget összesen 2175·92 hőegységre becsüli; Helmholtz ugyanezt a meleget 2162·125 hőegységre teszi.

A *tüdőkben* a belehelt levegő 36—37 C. fokra melegszik fel, így felmelegítve és e hőfoknak megfelelőleg vízgőzzel telítve, távozik el kilégzés alatt. Vierordt szerint 24 óra alatt mintegy 13000 grm. levegőt melegítünk középértékben 12 fokról 37 fokra, mely czélra 84·5 hőegység szükséges. A tüdőkben ugyanez alatt 330 grm. víz is párolog el, ennek megkötésére 192·06 hőegységet fordítunk. (Vierordt 1 grm. vízre 582 hőegységet számít). Összesen tesz tehát a tüdők utján veszített meleg 276·56 hőegységet. Helmholtz a tüdők utján naponta eltávozó meleget 467·568 hőegységre becsüli.

A mi végre *az ételek és italok* felmelegedésére fordított meleget illeti, ez az illető anyagok fajmelegén kívül a hőfoktól függ, melylyel a felvételkor birtak, mert ez anyagok bomlástermékei testünket ennek hőmérséke mellett hagyják el. Vierordt szerint, felnőtt ember 24 óra alatt mintegy 1900 grm. vizeletet és bélsarat ürít ki; feltéve, hogy az ételek és italok a felvételkor középértékben 12 fokúak voltak, akkor 47·5 hőegység kellett ezek felmelegítésére. Helmholtz

az ételek és italok felmelegítésére naponta fordított meleget 70·157 hőegységnek megfelelőnek veszi.

Az összes vesztett hőnek az egyes szervekre eső aránymennyiségét még a következő táblázat is érzékíti:

	Helmholtz szerint		Vierordt szerint	
	hőegységben	%-ban	hőegységben	%-ban
1. A bőrön sugárzás és vezetés útján ...	2221·987	80·1	1791·81	72
2. A bőrön vízelpárlás útján			384·12	14·5
3. A tüdők útján levegő felmelegítésére	70·320	2·6	84·50	3·5
4. A tüdők útján víz elpárlására	379·536	14·7	192·06	7·2
5. Ételek és italok felmelegítésére . .	70·157	2·6	47·50	1·8
A veszített meleg összege	2732·100	100	2499·99	99

107. §. Hőszabályozás.

Mint az előzőkből láttuk, testünk hőmérséke megközelítőleg állandó és magasabb környezetünk hőmérsékénél, a mi csak úgy történhetik, hogy a meleg a mily arányban bennünk képződik, épen oly arányban el is távozik tőlünk. A hőképzés mindenütt ott történik, a hol anyagcsere folv, az egész testben tehát, talán a bőr szarurétegének kivételével; legélénkebb az anyagcsere az izmokban és mirigyekben, itt találkoztunk a legnagyobb hőtermeléssel. A hővesztés kizárólag a bőr, tüdők és ürülékek utján történik. E hőképzés és hővesztés olyan, hogy az emberi test középhőmérséke a legkülönbözőbb befolyások alatt is alig változik, azért s mert 6—7 fokon túl terjedő hőingadozások már az életet veszélyeztetik, fel kell tenni, hogy e határok között a szervezet hőmérsékét megtartani tudja, a mit egyedül a hővesztés és hőtermelés szabályozásával tehet meg. Ezalatt természetesen úgy a hőtermelés, mint a hővesztés különböző nagyok lehetnek, mert a míg ezek egyensúlyban vannak, a testhőmérsék sem változhatik meg.

a) A hővesztés szabályozása. Minthogy a hővesztés legnagyobb részt a hidegebb környezettel közvetlenül érintkező bőr útján történik, a bőrfelületnek közel a környezet hőmérsékével kellene birnia, innen befelé a testbe a meleg mind nagyobb és nagyobb volna, legnagyobb lenne a test belsejét elfoglaló szervekben. A bőr valamint testünk többi alkatrészei is mind igen rossz hővezetők lévén, a hőmérséknek testünk belsejében egyszersmind igen magasnak kellene lenni. A melegnek ily

egyenlőtlen eloszlását, mint már említők, a *vérkeringés* gátolja meg. Az izmoknak, a test belsejében foglalt szerveknek meleg vére a bőrbe és tüdőkbe folyik, ezeket melegíti fel, míg az ez utóbbi szervektől visszajövő hidegebb vér az izmokat és a test belsejét viszont lehűti. A vérkeringés tehát a meleget egyenletesen osztja el és előmozdítja a hővesztést. Minél több vér folyik a bőrön keresztül, annál nagyobb és minél kevesebb, annál kisebb a hővesztés a bőrben, vezetés, sugárzás és vízelpárlás útján. A bőrön átfolyó vér mennyisége az edények tágasságától függ. Véredényeink az idegrendszer befolyása alatt képesek összehúzódni és tágulni. Ezek szerint minden befolyás, melyre a bőr véredényei tágúlnak, növeli a hővesztést a bőr útján, lehűtőleg hat testünkre és viszont minden oly behatás, melyre a bőredények összehúzódnak és a vér odafolyását a bőrhez megnehezítik, csökkenti a hővesztést, felmelegítő hatással van testünkre. Hogy a bőr véredényeinek tágulása mennyire előmozdítja a hővesztést, legjobban kitűnik a véredénymozgató idegek hűdésekor. Gerinczagyátmetszés után a melegvérű állatok hűdött testrészeinek hőfoka közel a környezet hőmérsékére száll alá.

Mikor melegben tartózkodunk a bőr véredényei kitágúlnak, bőrünk lágy, élénk piros lesz, izzadás is áll be, a mi mind nagy mértékben hozzájárúl a test hőmérsékének szabályozásához. Az elválasztott veríték hőfoka a test hőmérsékének felel meg és így testünktől meleget von el, ennél még jóval nagyobb azonban az a melegvesztés, melyet a veríték vizének gőzzé való átváltoztatása köt meg. Innen van, hogy az ember aránylag magas hőfokot elbír, anélkül, hogy testhőmérséke némileg nevezetes változást szenvedne.

Hidegben ha tartózkodunk a véredények ellenkezőleg összehúzódnak, a bőr halvány lesz, az izzadás elmarad, vízelpárlás a bőr felületéről nem történik. A vér a bőredények összehúzódása következtében a belső, nevezetesen hasüri szervek véredényeibe szorúl. Innen van az, hogy hideg fürdőben vagy hideg levegőben a vér hőmérséke kezdetben fokozódik; ez esetben egyébiránt, mint látni fogjuk, hozzájárúl még némileg a fokozódott hőtermelés is. Hidegfürdők hőelvonó hatása legfeltűnőbben csak a fürdő után nyilvánúl, mivel a vér azután az erősen lehűtött bőrbe jut és lehül.

Szokatlan magas hőmérsékben a szívmozgások is szaporábbak, alacsonyabb hőmérsék mellett lassúbbak. De szaporább szívverés gyorsabb vérkeringéssel jár, a vérkeringésnek a testben és így a bőrben való fokozódása pedig több meleget visz a bőrbe és fokozza a hővesztést; meg-

fordítva van a dolog, ha a szívlökések ritkúltak. A szívlökések számának a környezet hőmérsékével járó változásáról számos példát nyujtanak Liebermeister észleletei. Igy változott egy egyén szívlökéseinek száma, mely 37 C. fok testhőmérsék mellett 1 percz alatt 78·6-t tett, 38°-nál 91·2-re, 39°-nál 91·8-re, 40°-nál 108·5-re, 41°-nál 110-re és 42°-nál 137·5-re.

Mesterségesen is hozzájárulunk a bőr utján való hővesztés szabályozásához a *ruházat és fütés* által. A melegvérű állatoknál a szőrök és tollak korlátozzák a bőr útján való hővesztést. Vízben élő melegvérű állatoknál, melyeknél szőr vagy toll a hővesztés ellen védő nem lehetne, vastag böralatti zsírrétegre találunk. Befolyással van a bőr útján való hővesztésre a *testtartás* is. Hidegben az állatok és az emberek is összehúzzák magukat, lábaikat hasukhoz emelik s ez által a túlságos hővesztés ellen sikerrel védelmezik magukat. Hogy mennyire fontos a test e tartása a hővesztés korlátozása körül kitünik abból, hogy a kísérleteknél használtatni szokott Czermak-féle nyúlpadra rögzített nyúl lehülés következtében nehány óra alatt elhal, miért is Hőgyes oly nyúlpadot szerkesztett, melyen az állat természetes üllő helyzetében van és több meleget nem veszít, mint a mennyit termelni is képes s a melyre rögzítve, azért, életben is marad.

A *légzések* útján is szabályozzuk a hővesztést. Fokozódott melegben szaporábbak a légvételek. Minél több levegőt lehelünk ki és be annál nagyobb meleget köt meg e levegő a tüdőkben, úgy saját felmelegítésére, valamint vízgőzfejlesztésre is. Állatoknál, melyek a bőr útján vízelpárlás által meleget nem veszítenek, mert veritékmirigyeik nincsenek, mint a kutyánál, a hőszabályozás a tüdők útján nagy jelentőségű; kutyánál 1 percz alatt egészen 150 fokra látták a légvételek számát felszaporodni. Embernél a tüdők utján való melegvesztesség aránylag csekély, itt azért a hővesztés légzés utján való szabályozása alárendelt értékű.

Kis mértékben testhőmérsékünk szabályozásához hozzájárulhat még a magunkhoz vett *italok* és *ételek különböző hőmérséke*. Hidegben a meleg, forró nyári napon a hideg ételeket és italokat szeretjük. A hővesztés ez uton való változása egyébiránt felette csekély.

b) A hőtermelés szabályozása. A hővesztés csökkenésén illetőleg fokozódásán kivül a testhőmérsék állandó magas fokon való tartásához a hőtermelés szabályozása is hozzájárúl. Fokozódott hővesztés nagyobbodott hőtermeléssel jár és megfordítva.

Télen, valamint az éjszaki vidékeken lakó embereknél nagyobb

az étvágy, e mellett az emberek a kevés élenyű és így potentialis erélyt nagymértékben kötve tartó zsírokkal élnek feltünő mértékben, míg a déli égöv alatt lakók inkább szénhydrátokkal táplálkoznak. Nagy állatok testsúlyuk arányában kevesebbet esznek mint a kis állatok, mely utóbbiaknál a hővesztés nagyobb. Mind ezek a nagyobb hővesztést kisérő fokozódott hőtermelésre utalnak. Közelebbről szól esetleg fokozódott hőtermelés mellett, a test hőfokának igen kisfokú csökkenése nagy hővesztések következtében, így különösen azok a tapasztalatok miket Liebermeister hideg vízfürdők alkalmazásakor tett. Egy ilyen esetben például 65·9 kgm. testsúlyú ember 19·93 fokú fürdőben 1 óra lefolyása alatt összesen 415 hőegység meleget veszített, testhőmérséke pedig ez alatt a végbélben csak 0·67 fokkal sülyedt. Rendes viszonyok közt ez ember óránként 98 hőegység meleget veszített és termelt. E szerint, ha a hőtermelés a hidegfürdőben nem fokozódott volna, ez egyén testének 317 hőegységgel szegényebbnek kellett volna lenni fürdő után, mint fürdő előtt volt, a mi pedig a végbélben mért 0·67 C°. hőcsökkenéssel semmiképen meg nem egyeztethető (Liebermeister). Végre directe bebizonyítja a fokozódott hőtermelést nagyobb hővesztés mellett az élénkebb anyagcsere, a fokozódott szénsav kiválasztás és élenyfelvétel. E tekintetben bizonyító például álljon itt Liebermeister egyik kisérletének eredménye, melyet 47 éves 57—57·6 kgm. súlyú emberen tett:

Fürdő hőfoka	A kiválasztott szénsav mennyisége egészben		½ órára átszámítva	Hővesztés
Fürdő előtt	90 percz alatt	39·6 *gm.*	13·2 *gm.*	
32·5°	60 « «	29·9 *gm.*	15·0 *gm.*	127 hőegység 68¼ percz alatt
25·3°	53 « «	39·7 *gm.*	22·5 *gm.*	156 « 56 « «
19·5°	30 « «	38·5 *gm.*	38·5 *gm.*	204 « 34¼ « «
18·0°	30 « «	39·1 *gm.*	39·1 *gm.*	214 « 35 « «

A szénsavtermelés hideg fürdőben tehát háromszor akkorára nőtt, mint a milyen rendesen fürdő előtt volt.

Szépen mutatták ki a fokozódott szénsavfejlesztést és élenyfogyasztást Pflüger és tanítványai házinyulakon és tengeri malaczokon tett kisérleteik által. Házinyúlnál a környezet hőfokának 30 fokkal való kisebbedésére az anyagcsere kétszer akkorára nőtt (Röhrig és Zuntz).

Nevezetes, hogy a curarával mérgezett állatnál a hőmérsék csökkenésével együtt az anyagcsere is kisebbedik; a szénsavkiválasztás és élenyfelvétel félakkora mint a mérgezés előtt volt (Röhrig és Zuntz). Hogy a hőcsökkenés az anyagcsere kisebbedésének a következménye nem pedig az oka, ez abból tűnik ki, hogy az anyagcsere abban az arányban csökkent, a mely arányban Röhrig és Zuntz a hővesztést, az állatnak gyapjuba való göngyölítése által, kisebbítették. A curaraval mérgezett házinyúl 37·4%-kal kevesebb szénsavat választ ki és 35·2%-kal kevesebb élenyt fogyaszt el (Pflüger). Az ilyen állatoknál hideg fürdő, vagy egyéb hőelvonó hatás, távolról sem fokozza az anyagforgalmat úgy, mint ép, nem curarisált állatnál. A curarisált állathoz hasonlóan viselkedik az olyan állat is, melynek nyúltagyát átmetszettük. Mind ezekből következtetni lehet, hogy a hideg a bőrre ingerként hat, az ez által keltett izgalom a központi idegrendszerbe eljut, ebben reflexképen centrifugal irányban vezető idegekre átterjed és különösen az izmokban az anyagforgalmat fokozza, a mi által a hőtermelést növeli. Curarisált állatok mozgató idegvégkészülékei bénulva vannak, azért ez idegek izgalma az izmokban az anyagforgalmat nem fokozza; e miatt süllyed a curarisált állat anyagcseréje és vele együtt hőmérséke is. Megerősíti e felfogást Samuel-nek az a tapasztalata is, hogy a házinyúl testhőmérséke gyorsan süllyed és az állatok elhalnak, ha a négy végtagját vérrel ellátó edényeket lekötjük, vagy a megfelelő idegeket átmetszük. Szintén ez következik be Hőgyes tapasztalatai szerint nyulaknál, ha azoknak négy végtagját Esmarch-féle pólyázással vértelenítjük.

Az izmokban kétségkivül lefolyó fokozódott hőfejlesztés, mely a nagyobb hőelvonásokat kiséri, arra utal, hogy az izomban meleg alakjában felszabaduló erély mennyisége igen különböző lehet; fokozódik minden izomösszehúzódáskor, de fokozódhatik függetlenül ez összehúzódásoktól is.

Bernard Cl. házinyulakon az egyik nyaki sympathicus átmetszésekor, fokozódott hőmérséket a megfelő oldali fülön akkor is észlelt, ha e fül visszereit lekötötte, vagy ha a fül ütőereit 24 óráig leszorítva tartotta s ezután a vért az edényekbe bebocsátotta, a miből következtette, hogy a fül hőfoka nemcsak edényeinek vérrel való megtelődésétől függ. Ezen kivül ugyan csak a nyaki sympathicus egyik oldalon történt átmetszése után, a szintén átmetszett n. auricularis középponti csonkjának izgatására, a hőmérsék azon oldal fülén, melyen a sympathicus ép volt csökkent azon a fülön pedig, a melynek megfelelő sympathicust

Bernard Cl. átvágta fokozódott. Hőgyes szintén találta, hogy Esmarch módja szerint vértelenített házinyul fülén a hőmérsék az azon oldali n. sympathicus átmetszésére emelkedik. Az emelkedés thermoelektricus uton meghatározva azonban alig tett ki többet, mint 1 C.°-nak két-három század részét, holott, mint ismeretes, közönséges vértartalmu nyulfülön ez emelkedés néha hét vagy több fokra is fel szokott hágni. Hasonlóképen mint előtte Ludwig, Bernard Cl. is az állkapocsalatti mirígyben hőfok nagyobbodást észlelt a chorda tympani izgatásakor és hőcsökkenést a n. sympathicus izgatása alkalmával, sőt szerinte ezek az edények átmetszése vagy a visszerek lekötése után is bekövetkeztek. Mind ez észleletekből Bernard Cl. következteti, hogy a n. sympathicusban az edénymozgató idegrostokon kivül lehűtő «*frigorifique*» idegrostok is mennek, valamint hogy az agy-gerinczagyi idegek egyéb idegrostokon kivül melegfejlesztő «*calorifique*» idegrostokat is vezetnek. Bernard Cl. kisérleteinek eredményei, számos vizsgáló (Kussmaul és Tenner, Schiff, Heidenhain és *mások*) egybehangzó véleménye szerint, az idegek izgatását és átmetszését követő vérkeringési változásokban találják magyarázatukat és azért nem is vagyunk feljogosítva külön hőfejlesztő és lehűtő idegek felvételére.

A központi idegrendszernek a hőcserére való befolyását illetőleg lásd a 476—478. lapot.

FŐBB FORRÁSOK.

Helmholtz H. Encyclopäd. Wörterbuch d. med. Wissenschaften. 35 k. Berlin. 1846.

Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. Braunschweig. 1849..

Gavarret J. De la chaleur produite par les étres vivants. Paris. 1855.

Ludwig C. Lehrbuch d. Physiologie. Leipzig und Heidelberg. 1856.

Senator H. Untersuchungen über den fieberhaften Process und seine Behandlung. Berlin. 1872.

Jürgensen Th. Die Körperwärme des gesunden Menschen. Leipzig. 1873.

Liebermeister C. Handbuch d. Pathologie und Therapie des Fiebers. Leipzig. 1875.

Ranke J. Grundzüge d. Physiologie des Menschen. III. kiadás. 1875.

Hermann L. Handbuch d. Physiologie, IV. k. 2. r. Leipzig. 1880.

Bericht d. sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften math.-phys. Classe. 1867.

Centralblatt f. d. med. Wissenschaften. 1871.

Zeitschrift f. Biologie. 1869, 1874.
Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1861, 1868, 1872, 1878, 1879.
Archiv f. die gesammte Physiologie. 1870, 1871—1876, 1877, 1878, 1880.
Orvosi Hetilap. 1873, 1880.
Henle-Meissner. Berichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie. 1856—1871.
Hofmann-Schwalbe. Jahresberichte über d. Fortschritte d. Anatomie und Physiologie. 1872—1883.

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ, FARMACIE, ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE TÎRGU MUREȘ
19 25
GEORGE EMIL PALADE

M 57
4018