

Institutul de radiologie a I.M.F. Tg. Mureş (Cond.: Conf. Krepş Iván)

NIVELUL DE RADIAŢIE NATURALĂ ŞI ÎNCĂRCAREA ORGANISMULUI CAUZATĂ DE RAZELE IONIZANTE ARTIFICIALE

Krepş Iván

Dintre factorii de mediu extern care acţionează asupra organismului omnesc, radiaţia naturală ionizantă este puţin cunoscută. Una din cauzele care explică această situaţie este faptul că de-a lungul mileniilor fiinţele vii care trăiesc pe suprafaţa pământului şi-au adaptat organismul atât de mult la ploaia neconţinută de raze ionizante, încât nu mai sînt capabile să înregistreze decît acea intensitate de raze care depăşeşte în chip considerabil nivelul de radiaţie naturală în timp ce ele reacţionează de exemplu imediat şi sensibil la variaţiile de intensitate ale razelor de căldură. Faptul şi gradul acomodării rezultă din comunicările cercetătorilor elveţieni, potrivit cărora organismul soarecilor albi ţinuţi în tunelul Simplon, unde razele lipsesc, a degenerat tocmai din cauza acestei lipse a razelor naturale (*Seelentag*). *Huttmaier* relevă că în regiunea izvoarelor radioactive din valea Gastein, regiunea Salzburg, se observă cel mai mic procent de mortalitate canceroasă. O altă cauză este aceea că cercetările minuţioase menite să determine nivelul de radiaţie naturală au început de-abia în ultimul timp. Cu toate însă că aceste cercetări datează numai de cîţiva ani, dată fiind importanţa ce o prezintă, ele se deslăşoară într-un cadru amplu, îmbogăţind cunoştinţele noastre cu numeroase descoperiri surprinzătoare, dintre care unele ne dau de gîndit. Importanţa problemei a devenit mai acută datorită exploziilor atomice experimentale în aer liber, efectuate din ce în ce mai frecvent în ultimii ani; explozii care constituie un pericol de intensificare a încărcării organismului cauzată de radiaţie, stîrnind prin aceasta neliniştea maselor populare şi în deosebi a geneticienilor. În adevăr, ca urmare a exploziilor, curenţii de aer pot să împrăştie în regiuni îndepărtate, substanţe radioactive ce plutesc sub formă de suspensii fine luni de-a rîndul, în straturile înalte ale atmosferei. Cele mai dăunătoare dintre aceste substanţe sînt Zr^{95} , Sr^{90} , Pr^{144} , Ce^{144} , Y^{90} . Chiar dacă radioactivitate atmosferei nu depăşeşte doza admisibilă pentru organismul omnesc, trebuie să ne îngrijoreze radioactivitatea precipitaţiilor (ploaia, zăpada, roua) şi cea a aerului (fall-out activity), care sedimentîndu-se şi îngloată fiind prin legume, fructe şi alte plante, poate să periclitze sănătatea, mai mult sau mai puţin grav, în proporţie cu cantitatea pe care o prezintă (*Jaeger, Muth, Friz-Niggli* etc.). În acest sens un exemplu destul de tragic îl constituie doza de fallout a exploziilor din insulele Marshall (*Sittkus, 1954*) şi Bikini (*Gietzelt, 1954*), precum şi seria de experienţe din insulele Christmass (*1956*), în urma cărora în Japonia a căzut ploaie radioactivă (*A. N. Marei*). S-a ivit prin urmare în chip firesc necesitatea de a se studia urgent proporţia dintre nivelul de radiaţie naturală şi încărcarea organismului cauzată de radiaţie artificială, rezultată din unele cuceriri ale tehnicii, pentru ca în caz de pericolitate directă (somatică) sau indirectă (genetică), să se poată elabora cit mai

1 repede procedeele de prevenire. In scopul acesta a fost infiintata organizatia International Commission on Radiological Protection (I.C.R.P.). In cursul dezvoltarii sale, medicina inlatura riscurile si pericolele mortale ce ameninta indivizii si colectivitatea, dar nu-i mai putin adevarat pe de alta parte ca datorita progresului, ea imbogatese civilizatia noastra cu noi realizari practice, care la rindul lor sporesc pe o scara si mai extinsa periclitarea sanatatii maselor populare, periclitare ce rezultă in urma incărcării organismului omenesc cu raze ionizante. Aceste raze impun noi cercetări in iegătura cu măsurile de prevenire.

Tabelul Nr. 1. cuprinde componenții care cauzează încărcarea organismului uman cu radiație naturală.

Tabelul nr. 1.
Componenții de radiație naturala (Muth)

Radiația		Organul critic	Cantitatea existentă în corp în Curie*	Doza mrem/an**	
Radiația în-tregului corp	Razele cosmice	Radiație externă	corpul întreg	—	35
	Radiația med, ext.		corpul întreg	—	70
	Potasiu ⁴¹	Radiație internă	muschi, corp. într.	10·7	19
	Carbon ¹⁴		grăsime, corp. într.	9·10 ⁻⁸	1,5
Radiația unei părți a corpului	Radium ²²⁶	Radiație internă	oase, osteocite	0,4—4,10 ⁻¹⁰	50
	Radon și derivatele sale (0,2—5,10 ⁻¹³ C/l)		plămîn	—	25—250

In fasciculul de raze cosmice ce izvoresc din soare și din stelele-sori, miriadele de protoni, electroni și fotoni de o deosebită energie ajung la limita atmosferică a pământului, acolo se izbesc de moleculele de aer din straturile superioare ale atmosferei, și emițind o radiație secundară, compusă din electroni, pozitroni, mezonii, precum și din fotoni cu diferite energii, invadează suprafața pământului. Corpul nostru e străbătut în fiecare minut de o mie de astfel de particule cosmice. Ce activități fiziologice dirijează sau reglează ele — aceasta e o problemă deocamdată nelămurită, și la care nu se va putea răspunde decât în măsura in care se va face explorarea spațiului cosmic.

Mai bine cunoaștem radiația mediului ambiant, care nu este altceva decit radiația-gamma (background radioactivity) pe care o emana solul. Intensitatea acesteia variază în funcție de sol, așa de exemplu în Suedia e de 1—10 mrad/d (zi). In general e de 78 mrad anual în interiorul casei și 48 mrad/1 a(an) în liber (Leeds)***. Radiația mediului ambiant se datorește iradiației radonului și a produselor sale de dezintegrare, care poate fi apreciată anual la 1 mrad, la nivelul gonadelor (Spiers,

* 1 Curie este cantitatea unei substanțe radioactive in care se descompun 3,7·10¹⁰ atomi pe secundă. 1 mC = 10⁻³ C, 1 μC = 10⁻⁶ C.

** 1 rem (roentgen-equivalent-men) este cantitatea unei radiații ionizante care desfășoară în organismul uman o acțiune biologică identică cu doza de 1 r (röntgen). Doza de 1 r (röntgen) este cantitatea de raze electromagnetice care dă naștere într-un centimetru cub de aer (la 0° C, 760 mm Hg) la 2,1·10⁹ perechi de ion. 1 mrem = 10⁻³ r.

*** 1 rad = 100 ergs, 1 mrad = 10⁻³ rad

1956). Impotrîna rădonului a fost subliniată de *Sievert*. Măsurînd iradiația gamma a corpului omenesc într-un laborator construit la 50 de m adîncime, a constatat că la oamenii îmbrăcați se înregistrează valori mai mari ca la cei dezbrăcați. Chiar dacă au stat numai puțin timp în pămînt, la adîncimea amintită, hainele au absorbit produsele de scindare ale radonului și devenind radioactive, au falsificat rezultatele iradiației corpului. Și în camerele cu aer viciat, conținutul de radon poate fi atîtă încît sa se apropie de valoarea limită pe care *International Commission on Radiological Protection* o consideră drept nivelul maxim admisibil (*Hultquist*). Radonul care se află foarte răspîndit în aer, ajunge în atmosferă pe calea difuziei ieșind prin crăpăturile straturilor de pămînt sau rocilor superficiale și adînci, bogate în conținut de radium; de asemenea mai provine din radiumul natural al plantelor și animalelor precum și din radiația apelor minerale, care la mari adîncimi sînt încărcate cu radon. Ca produse ale dezagregării radonului, în atmosferă se formează izotopii de Radium A, B și C, precum și cei de Po, Pb și Bi. Aceștia se depun pretutîndu, sub formă de aerosol adică picături de ploaie, și împreună cu sedimentările, mișcările de convecție sau precipitațiile ajung din nou pe suprafața pămîntului. Circuitul e foarte rapid și din cauza aceasta, activitatea Ra D (cu timp de înjumătățire de 22 de ani) se acumulează nu atît în atmosferă, cit mai degrabă în straturile superficiale ale pămîntului. Ea pătrunde în organism prin inspirație și prin intermediul alimentelor. În om, radonul inhalat din atmosferă, ajungînd în trahee, în laringe și, odata cu înghițirea salivei, în tubul digestiv, degajă emisia α care deși minimă e capabilă totuși să exercite o acțiune biologică. Toate acestea arata că țesuturile incinerate nu pot să ne dea decît indicații insuficiente despre cuantumul de radiație naturală (*Aurand, Feine, Jacobi și Schraub*). Nivelul de iradiație naturală, într-un interval de 30 de ani, este aproximativ de 3 r, în Republica Federativă Germană, de 19,5 r în India și de 50 r (!) în statu: Travancore. În prezent comisia O.N.U. studiază împrejurările sanitare ale populației de acolo și cu siguranță că va ajunge la constatări interesante asupra nivelului înalt al iradiației și al efectului ei asupra organismului.

În domeniul sursei de radiație internă, partea leului o are K^{40} . Acest izotop poate fi găsit în proporție de 0,01% în amestecul de izotopi ai potasiului natural (^{39}K 93,4% și ^{41}K 6,59%). Radiația β și γ a K^{40} este de 19–20 mrem pe an. Intrucî în afară de mușchii noștri (al căror conținut de K e de 0,35%), potasiu se mai găsește și în gonade (0,2 ± 0,02%), radiația de K^{40} care probabil se produce și acolo, afectează în mod direct gonadele. O altă componentă a activității corpului (body radioactivity) este C^{14} , a cărei cantitate totală, datorită răspîndirii ei, se poate evalua la 0,09 μ C.

Dat fiind caracterul deosebit de exigent al cercetărilor, autorii care s-au ocupat cu determinarea conținutului natural de radium al corpului omenesc sînt foarte puțini. *Krebs* a efectuat determinarea în cenușa de cremator, măsurînd 1–40 nanograme (ng) de Ra^{226} , în timp ce *Hursh* și *Gates* au găsit valori mult mai mici, 0,038–0,43 ng. Cele mai noi măsurători (1957) făcute în organe de către *Rajewsky* și colaboratorii au înregistrat cantitățile de $1,4 \cdot 10^{-10}$ g Ra^{226} . Rezultatele prezintă deosebiri mari. *Krebs* le atribuie virstei, *Hursh* și *Gates* conținutului variabil de radium al apelor potabile, iar *Rajewsky* și colaboratorii le explica prin faptul că radonul produs în corp se elimină în proporție de 70% prin aerul expirat.

Sievert a măsurat iradiația naturală de radium a corpului, examinînd 306 oameni vii la o adîncime de 50 de m; el a constatat că pînă la virsta de 30 de ani, la o greutate a corpului egală, iradiația e mai mică cu 20% la femeii decît la bărbați; între 30–60 de ani, iradiația gamma se micșorează treptat atît la bărbați cit și la femeii, iar după virsta de 60 de ani, la bărbați e mai scăzută cu 30% și la femeii cu 20% decît în tinerete. După el, alături de efectul neindolcnic al virstei, greutatea corpului și conținutul în radium al apei potabile, cel mai important rol îl are musculatura dezvoltată, deoarece în iradiația γ domină K^{40} . Sînt interesante măsurătorile efectuate de *Rajewsky* pentru stabilirea conținutului în radium al alimentelor. Dacă un adult consumă zilnic în medie 1000 g de alimente și 1,5 l de apă, atunci el ia zilnic în medie $3,5 \cdot 10^{-12}$ g Ra^{226} prin intermediul alimentelor, și $0,312 \cdot 10^{-12}$ g Ra^{226}

prin intermediul apei. Evident, această cantitate variază de la individ la individ și de la colectivitate la colectivitate, în funcție de regimul alimentar, și de la regiune la regiune în funcție de conținutul în radium al apei potabile. Conținutul în radium al laptelui este de $0,3 \cdot 10^{-15}$ g la l g, al oului e de $3,10^{-15}$ g al cârnii de vacă e de $0,8 \cdot 10^{-15}$ g, al cârnii de porc e de $0,9-2,4 \cdot 10^{-15}$ g, al cartofului e de $6,9-13,10^{-15}$ g Ra^{226} .

În total radiația γ naturală e într-un an de mărimea 205,5—425,5 mrem, așa încît într-o perioadă de 30 de ani, suprafața corpului e atinsă de o încărcare de radiație de 6165—12765 mrem. După Spiers, la nivelul gonadelor pătrund în fiecare an 125—130 mrem, adică în curs de 30 de ani 3750—3900 mrem. Sintetizînd deci datele de pînă acum și neavînd la dispoziție alte rezultate mai precise, se poate spune că la nivelul gonadelor și în cursul unei perioade de 30 de ani, radiația naturală, variabilă de la regiune la regiune, a solului (back-ground) se apreciază la doza măsurată de 3—4 rem, și aceasta trebuie privită ca limită maximă a încărcării de radiație raportată la populația globală (punctul de vedere al Comitetului I.C.R.P. Jaeger). La aceasta contribuie încărcarea de radiație artificială pe care o cauzează unele cuceriri tehnice. Prin urmare se impune necesitatea de a lua în considerare și această radiație artificială. Literatura pe care o am la dispoziție îmi permite să folosesc numai datele cuprinse în Medical Research Council, London, 1956 și în National Research Council Washington 1956. (Tabelul nr. 2).

Tabelul nr. 2.

Încărcarea de radiație artificială a populației în comparație cu încărcarea de radiație naturală (Marea Britanie)

Sursa de radiație	Doza medie calculată*) pe cap de om, măsurată la nivelul gonadelor în interval de o perioadă de generație**) și raportată la populația globală în mrad
Încărcarea de radiație naturală	3400***)
Încărcarea de radiație artificială:	
Examele radiologice de diagnostic	700
Încărcarea de radiație inerentă profesiei (în afară de întreprinderile cu reactor)	50
Încărcare de radiație în întreprinderile cu reactor	3
Radioscopia încălzimintei	3
Ceasuri cu cadran luminat	60
Televiziunea	< 30
Explozii atomice experimentale	30
	876 \approx 26% din încărcarea de radiație naturală

Din datele de mai sus rezultă că examenele radiologice de diagnostic ocupă primul loc printre factorii care determină încărcarea de radiație tehnică și depășesc cu mult celelalte surse de radiație artificială. Cu toate că nu constituie decît 20% din totalul radiației naturale (în S.U.A. cca 70%), nu e permis să tragem concluzia că diagnosticul radiologic ar conține un pericol mai mare decît efectul experiențelor

* „Per capita gonade dose of population”

** de la naștere pînă la vîrsta de 30 de ani

*** după măsurătorile făcute de Spiers

atomice. De altfel, tabelul de mai sus nu menționează activitatea fallout-ului care e cea mai periculoasă.

Pornind de la postulatul că încărcarea de radiație tehnică trebuie redusă cât mai mult cu putință, instalațiile de radiologie, exploziile atomice experimentale și în general toate sursele controlabile de radiație artificială trebuie construite, controlate și micșorate în așa fel încît, raportate la populația globală, să nu sporească încărcarea de radiație naturală la mai mult de o valoare medie de 10 rem, calculată pe cap de om pînă la vîrsta de 30 de ani. În general, medicii care nu au specialitate radiologică sînt de părere că leziunile radiogene pot fi cauzate numai de procedeele terapeutice. E greșit să se creadă că pentru persoana examinată, încărcarea de radiație cauzată de radiație examenului radiologic e inexistentă sau neglijabilă. Întrucît examenele radiologice se practică în cercuri largi și de medici nespecialiști, socotim că e datoria noastră să atragem atenția asupra faptului că examenul efectuat nereglementar periclitează nu numai sănătatea persoanei care examinează, ci poate să sporească sarcina de radiație somatică și genetică a persoanei examinate. Dată fiind importanța pe care o prezintă, cu această problemă trebuie să ne ocupăm ceva mai insistent. Tabelul nr. 3 și 4 cuprinde acele cantități de raze r pe care le primește persoana examinată cu ocazia examenului radioscopic sau radiografic.

Tabelul nr. 3.

Doza superficială medie cauzată de radiație ce se produce cu ocazia radiografiilor. Doza e calculată la fiecare radiografie, la nivelul părții de intrare a razelor (Congresul internațional de radiologie Copenhaga, 1953)

Regiune	r pentru fiecare radiografie
Bazinul (șold) femur treimea sup.	2—2,5
Rinichi, căi urinare	1,4—2,5
Coloana vertebrală sacro-lumb. a-p lateral	1,2—1,6
Radiografia profil în sarcină (măsurarea bazinului, stabilirea poziției fătului și a mărimum sale*)	1,8—3,5
Plamini (radiomicrofotografie)**)	3—6
Sinurile frontale (radiografie de contact).	pînă la 0,2—0,5 75 r

Tabelul nr. 4.

Randamentul mediu al radierilor superficiale cauzate cu ocazia radioscopiilor (distanța, focar-piele 35 cm, 3 mA). (Lemmel, Martın, Sorentino și Yalow, Wachsmann, Congresul internațional de radiologie, Copenhaga, 1953)

Tensiunea tubului în kV***	Doza medie r/min în raport cu filtrare totală exprimată în valori de echivalență de mm Al		
	1,6 mm Al	2 mm Al	3 mm Al
60	7 r/min	4,5 r/min	3 r/min
80	14 r/min	10 r/min	6 r/min
100	20 r/min	15 r/min	10 r/min

* Dublă sarcină a gonadelor (a mamei și a fătului)

** Sarcina la nivelul gonadelor constituie 0,1% din sarcinile totale rezultate în urma aplicării medicale a radiațiilor, de aceea deocamdată nu există nici un motiv de a fi înlăturată din cauza leziunilor genetice.

*** La instalațiile cu curent continuu r min poate fi mai mare.

Datele de mai sus arată că unele radiografiile prezintă doze care nu pot fi subestimate, dar cele mai mari doze pătrund în organism cu ocazia efectuării radioscoپیilor. Ca regulă generală e bine să notăm că în cazul în care distanța dintre focar și piele este de 35 cm, persoana examinată primește pentru fiecare mA 5 r/min. Doza maximă admisă în scopuri de diagnostic este doza superficială de 100 r; în ziua examinării sau în răstimp de cîteva zile, doza aceasta nu poate fi depășită. (La efectuarea unui pasaj de la o distanță focar-piele de 35 cm, cu o tensiune de 70—80 KV și 4 mA durată totală, potrivit caracterului examenului, este de 7—10 minute.)

Prudența e justificată mai ales cînd e vorba de femeile în perioada de fecunditate. Cu toate că la efectuarea unui pasaj numai a 30-a parte din doza superficială se absoarbe la nivelul ovarelor, trebuie să ținem seama de faptul că efectul de cumulație ce se produce ca urmare a examinărilor, repetate deseori prea frecvent, se manifestă la bolnav în aceleași fel ca și la persoanele care lucrează în laboratoarele de radiologie. Cele mai recente statistici întocmite în acest sens arată că cea mai frecventă examinare a organelor abdominale se constată tocmai la femeile care se află în perioada de fecunditate (*Seelentag*, 1957). Experiențele efectuate pe drosofilă arată că leziunile embrionare pot fi urmărite în curs de 40 de generații. Deși aceste observații nu sînt aplicabile în toate împrejurările la om, totuși ele ne permit să tragem anumite concluzii. Probabil aceasta este explicația faptului că mutația umană nu a sosit de cînd dispunem de radiația artificială, ci va crește numai de acum înainte. În domeniul radiogeneticii, capacitatea de mutație a omului nu este o ipoteză lămurită; această capacitate este disparență în comparație cu aceea a drosofilei, subiectul preferat al experiențelor genetice, astfel încît în domeniul cercetărilor umane, geneticienii neavînd fapte, trebuie să se limiteze la formularea unor ipoteze. După *N. A. Dubinin* mutațiile trebuie considerate ca fiind dăunătoare la om, fie ca sînt dominante, fie că sînt subdominante, fie că sînt recesive. *Kemp* amintește 500 de boli pe care le cauzează mutațiile la om. Raportul dintre frecvența mutațiilor și doza de raze ionizante constituie o problemă importantă. Faptul că modificarea cromozomilor poate fi cauzată și de o singură pereche de ioni, arată că mutațiile radioactive nu au o doză limită. Aceste mutații sînt ireversibile (*Dubinin*). Creșterea intensității radiațiilor mediului ambiant ridică o serie întreagă de probleme din punct de vedere genetic. La congresul geneticienilor din 1956 s-a stabilit că radiația naturală cauzează la om 20% din totalul mutațiilor (*Ejriinson*). În răstimp de 25—30 de ani. 37—75 r dublează frecvența mutațiilor. Atît noile concepte despre doze cit și crearea dozelor de gonade nu numai la persoanele care se ocupă profesional cu razele ionizante, ci și în domeniul populației, prin accentuarea pericolozității raportate la perioada de generație de 30 de ani, arată că organele internaționale se ocupă în modul cel mai serios cu consecințele ce pot rezulta din încărcarea de radiație naturală și artificială (tehnică). Prin urmare atîtă timp cit nu vom avea cunoștințe și date precise în acest domeniu, nu putem să ne sustragem necesității imperative de a micșora cit mai mult posibil încărcarea de radiație diagnostică și în general orice încărcare de radiație artificială, înșușindu-ne sîtutul pe care *Muller*, cel mai prestigios dintre geneticieni, l-a sintetizat astfel: „Keep the dose as low as you can” (doza să fie cit mai mică posibil) nu atît în interesul nostru cit mai cu seamă în acela al generațiilor viitoare.

Despre leziunile fătului avem mai multe date. Monștrii născuți în urma röntgenterapiei aplicate în caz de uter însărcinat considerat în mod greșit drept mom uterin, au impus în legătură cu diagnosticile eronate, ca röntgenterapia să fie urmată de avort terapeutic. Aceste observații sporadice sînt adevărate de frecvențele anomaliilor de dezvoltare ce s-au găsit la copiii născuți de femeile însărcinate și expuse iradiațiilor în timpul atacului atomic de la Hiroshima, anomaliilor care dovedesc leziunile pe care le suferă fătul sînt datorite razelor.

Kepp (1952) a arătat într-un tablou dozele de iradiație care pot provoca avort sau anomaliilor de dezvoltare, indicînd luna respectivă de sarcină.

Leziuni fetale produse în urma iradierilor uterelor gravide

Luna de sarcină	Doza care cauzează avort sau anomalii de dezvoltare
1	60 r*
2	150 r
3	250 r
4	340 r
5	440 r
6	440 r
7	550 r
8	650 r
9	720 r
10	780 r

} leziuni p. obabile

Potrivit tabelului de mai sus, odată cu avansarea sarcinii, posibilitatea lezării depinde de doze din ce în ce mai mari. În lunile mai tardive ale sarcinii, nu pot surveni decât leziuni fetale datorite iradierilor terapeutice, dar în primele luni când de cele mai multe ori prezența sarcinii e incertă, se pot produce leziuni fetale cu ocazia examenelor radiologice și a radiografiilor repetate fără precauție și cu o durată prea lungă, ce se efectuează pentru stabilirea diagnosticului.

Kisvárday relevă posibilitatea efectului leucemogen al radiației ionizante (röntgen, radium, izotopi) atât în Ungaria cât și în străinătate, în legătură cu dublarea cazurilor de limfogranulomatoză (*Gauld*). E cunoscută creșterea frecvenței leucemiei printre japonezii care au supraviețuit atacurilor atomice. După datele lui *Court, Brown și Doll* (1956) între 1947—1954 numărul bolnavilor suferind de leucemie s-a mărit de patru ori. Acești autori au observat că raportată la populația japoneză neexpusă radiațiilor bombeii atomice frecvența depinde de doză, adică de distanța față de hipocentru (proiecția centrului exploziei atomice pe suprafața pământului). Pe o rază de 2000 m de la hipocentru (calculind o doză medie de 1400 r) 12,8 din totalul celor expuși s-au îmbolnăvit de leucemie, deci de o sută de ori mai mulți decât era de așteptat. Dar nu-i mai puțin adevărat că și printre persoanele care se ocupă profesional cu radiologia, leucemia e de nouă ori mai frecventă decât la oamenii cu alte profesii. Creșterea morbidității e reală alături de numeroasele cauze relative ale tendinței din ce în ce mai accentuate a frecvenței cancerului (*Krepsz, Kozma*). În această privință, bomba fisionabilă (de plutoniu) și bomba fuzionabilă (de deuteriu sau tritiu) au un efect identic (*Leipunski*).

Datele menționate mai sus dovedesc destul de clar că și razele ionizante aplicate în vederea stabilirii diagnosticului pot fi dăunătoare. Singura modalitate sigură de a evita aceste efecte nocive este aceea ca numai medicul radiolog să efectueze toate operațiile examenului de diagnostic, deoarece numai el cunoaște modul cum se produc noxele profesionale și leziunile care pot surveni la bolnav datorită razelor. Radiologii se străduiesc să micșoreze noxele diagnostice prin tomografie simultană, iar în domeniul terapiei câștigă din ce în ce mai mult aplicarea microdozelor în locul dozelor de zece ori mai mari ce se aplicau până acum, având însă același efect antiflogistic (*Géher*). Orice radioscopie trebuie efectuată pe baza unei indicații tot atât de întemeiată ca și o operație; în mod principial, dacă e la fel de corespunzătoare ca și radiosopia, trebuie să i se acorde prioritate radiografiei, care pe lângă celelalte avantaje ce le prezintă, are un caracter mult mai menajant (*Jankó*). Indicația chirurgicală bine cumpănită este un lucru unanim acceptat, fără ca prin aceasta să se înlăture posibilitatea riscurilor operatorii. Dar ar trebui să se țină seama și de faptul

* După *Russe*: 25 r între săptămâna 2--6.

că nici examenul radiologic nu e atât de inofensiv cum cred cei ce îl aplică prin abuz, chiar dacă eventual efectele lui nocive nu se manifestă decît după cîteva generații.

În anul 1954 s-a constatat că raportată la populația totală a S.U.A. doza superficială medie, calculată pe cap de om, este surprinzător de mare: de 2 r anual, ca urmare exclusivă a operațiilor radiologice de diagnostic. Dacă a 30-a parte din doza superficială ajunge pînă la gonade, atunci din aceasta revin anual 66 mr pe cap de om, adică rotunjind încărcarea de radiație a gonadelor e de 2—3 r în rîstimp de 30 de ani, raportată la populația totală. În domeniul terapiei, ca urmare a aplicării tuturor procedeelelor radiologice, doza de gonade în rîstimp de 30 de ani este de 2—5 + 3 r (*Laughlin și Pullmann*).

Datele cercetătorilor englezi rîmîn mult în urma datelor americane, arătînd numai 1.3 a acestora (0.66 r, 30a); din încărcarea de radiație naturală numai 26% constituie încărcarea de radiație de diagnostic, în comparație cu 80—90%, cît indică datele americane. În Suedia și Danemarca, doza de gonade reprezintă 1.4—1.5 din încărcarea de radiație naturală (*Hedthusen*). Aceste date comparative reclamă imperios ca la examenul de diagnostic încărcarea de raze a bonavilor să fie micșorată pînă la ultima limită — și această cerință nu poate fi garantată decît de medicul radiolog.

Trebuie să găsim proporția justă între rîntgenofobie și rîntgenofilie. Din păcate, proporțiile comunicării de față nu-mi permit să mă ocup mai amănunțit cu această problemă de interes general, a cărei importanță practică ar justifica întocnirea unui studiu separat.

Propunerea I.C.R.P. a stabilit pentru persoanele care se ocupă profesional cu procedeele de radiație următoarea doză admisibilă (doză de indiferență) într-o săptămîna 0.3 rem; în 13 săptămîni 3 rem; într-un an 5 rem; pînă la vîrsta de 30 de ani 50 rem; peste vîrsta de 30 de ani în fiecare 10 ani 50 rem (1956). Ținîndu-se seama de personalul din ce în ce mai numeros care datorită obligațiilor profesionale ajunge în contact cu razele ionizante, ulterior doza aceasta a fost micșorată (0.1 rem/7 d). Astfel, în tot cursul vieții, proporția dintre încărcarea de radiație naturală și încărcarea de radiație inerentă activității profesionale nu trebuie să fie mai mică de 1:10 (15—30 rem: 200 rem). Din cauza pericolului genetic, pentru o populație în număr mai mare (locuitorii din apropierea reactorilor atomici), doza maximă admisibilă nu poate depăși 1/10 din cea profesională (0.03 rem/7 d) (*Jaeger*, 1957).

În anul 1956, I.C.R.P. a stabilit că depoul admisibil de radium în organismul omenesc este de 0.1 $\mu\text{g}/10\text{-}7\text{g}$, adică poate fi de o mie de ori mai mare decît conținutul natural în radium al corpului (*Rajewsky*). Și aici s-a ridicat problema dacă nu ar fi mai indicat să se micșoreze doza de la 10^{-7} la 10^{-8} g (*Muth*). Chiar și așa încărcarea de radiație a osteocitelor (radiația α) este de 30 de ori mai mare decît încărcarea de radiație naturală.

În unele magazine de încălțămînte se face radiosopia ghetelor pentru a se putea stabili pe o cale simplă și sigură poziția justă a degetelor în noile ghete. Cu toate că în raport cu populația globală, doza medie ce revine pe cap de om e neînsemnată, s-a pus totuși întrebarea, dacă nu ar fi mai bine să se renunțe la acest procedeu. *Dubin* recomandă ca utilizarea razelor să se facă în mod cît mai rațional. După el, razele rîntgen trebuie aplicate numai în scopuri medicale, iar utilizarea industrială (jucării, ceasuri) a izotopilor radioactivi trebuie limitată.

Pentru a obține o cît mai minuțioasă micșorare a încărcării de radiație artificială, *Sievert* a propus ca pe suprafața aparatelor de televiziune, randamentul dozei maxime admisibile să fie micșorat de la 0.6 μr , la 0.15 μr , adică la 0.54 mr/h. Aceasta nu înseamnă însă că dozele de pînă acuma au atins limita de pericolozitate. Măsurători făcute exact au arătat că iradiația unor aparate de televiziune rîmîne sub 0.5 mr/h.

În tabelul nr. 2, mărimea dozei în legătură cu cadranul luminos radioactiv al ceasurilor de mină, s-a stabilit presupunîndu-se că 5% din populație poartă astfel de ceasuri. Radiația de radium pentru un ceas e de 1 $\mu\text{c}/\text{h}$, la cca 30 cm de gonade (*Muth, Beier și Dörner*)¹.

Mărimea încărcării de radiație ce apare în urma exploziilor atomice experimentale se bazează pe datele lui *Cockroft* (S.U.A. 1955), care la calculul dozei a luat ca temei media proporțională a exploziilor experimentale efectuate în cei trei ani anteriori. Din fallout (aer, ploaie, lapte) ei a luat în considerare numai radiația α , deoarece numai aceasta poate să producă o încărcare a gonadelor. La această sursă externă de radiație se adaugă o sursă internă; posibilitatea de înglobare a derivatelor radioactive de scindare care au un timp îndelungat de degubare (mai ales Sr^{90}) și acesta este componentul cel mai periculos. Din atmosferă, Sr^{90} pătrunde în organism prin intermediul alimentelor vegetale și animale sau prin inspirație. În oase, timpul biologic de scindare a radio-stronțiului este de 4000 de zile. În primul rând el se depune în oase (cu deosebire în oasele copiilor), iar radiația β pe care o degajă doar la câțiva mm acționează numai asupra oaselor și a celulelor hematopoetice. Gonadele, fiind departe de această sursă internă nu sint lezate. De aici rezultă că radio-stronțiu înglobat — dacă depășește doza de indiferență — nu ar fi de natură să cauzeze leziuni genetice, ci leziuni somatice care, potrivit cunoștințelor noastre actuale, predispun la leucemie sau a tumori ale oaselor, mai ales de natură osteosclerotică (*Holthusen, Kraevschi, Litvinov*). Leucemia este de tip reticulos și e însoțită de splenomegalie, hepatomegalie și adenopatie (*Kraevschi și Litvinov*). Tumorile oaselor nu se deosebesc de tumorile spontane.

National Research Council (S.U.A. 1956) relevă că populația S.U.A. a primit din fallout-ul exploziilor experimentale în cursul ultimilor cinci ani o doză de radiație probabil atât de mare încât, în cazul continuării cu aceeași amploare a exploziilor, se va ajunge în timp de 30 de ani la o încărcare de radiație de 100 mr (≥ 20 mr și 500 mr $<$). Doza de fallout însă nu a fost uniformă în ultimii cinci ani. Dacă între 1953—55 exploziile experimentale ar fi sporit în proporție maximă, atunci doza de fallout va crește foarte intens. Doza de fallout este proporțională cu numărul bombelor atomice explodate de mărime identică. Orice explozie experimentală de armă atomică mărește cantitatea de aerosoli radioactivi din atmosferă și implicit de pe suprafața pământului. Dacă aceste experiențe ar înceta imediat, ar mai fi nevoie de cca 10 ani până când s-ar sedimenta aerosolii radioactivi. Savanții englezi afirmă că dacă exploziile vor continua în ritmul actual, concentrația de aerosoli radioactivi va ajunge peste 100 de ani incompatibilă cu viața. Radioactivitatea specifică a pământului va atinge 200 mc km^2 (*A. N. Marei*).

Rezervele de cărbune ale pământului ($7,5 \cdot 10^{12}$ tone) și rezervele de petrol în zăcămintele cunoscute ($1,2 \cdot 10^{10}$ tone) vor fi suficiente, fiind seama de trebuințele din ce în ce mai mari, timp de 300 de ani, respectiv 100 de ani. Pe lângă energiile ce pot fi folosite (apă, flux-reflux, vânt, soare) cea mai promițătoare este energia atomică, capabilă să satisfacă nevoile noastre timp de milenii. Importanța uriașă a posibilităților practice pentru folosirea acestei energii în scopuri pașnice, arată că ne aflăm în pragul „epocii atomice”. Dar față în față cu acest aspect pozitiv — stăruie groaza armelor atomice, fapt care i-a îndemnat pe unii moralisti să se întrebe dacă nu cumva energia atomică trebuie considerată un dar foarte dubios, preconizând ideea renunțării la o astfel de sursă de energie care periclitează conservarea speciei umane. Notăm însă că, nu mijlocul în sine trebuie respins și acoperit de besteme, ci pe acia care îl întrebuințează în mod abuziv. În epoca de bronz, bronzul a fost folosit și la fabricarea armelor. La fel, mai tirziu, oțelul. Nici motorul nu poate fi repudiat numai fiindcă servește și la acționarea tancurilor și a aruncătoarelor de bombe. Depinde de voința popoarelor ca politicienii cărora li s-a acordat răspunderea conducerii să folosească această încredere spre binele sau spre nenorocirea omnirii. Și noi medicii, în primul rând, avem nu numai sarcina ci și datoria de a sublinia acest lucru. Nu trebuie să bagatelizăm leziunile cauzate de raze, dar nu-și are locul nici nevroza radiațiilor, care în cazul folosirii pașnice a energiei atomice este cu desăvîrșire lipsită de temei.

Sosit la redacție: la 17. martie 1958.

Bibliografie

1. *Barke, Buttenberg, Pfeiffer*: Weg und Ziel, der Röntgendiagnostik, Barth, Leipzig, 1957;
2. *Beier W., Dörner E.*: Isotopen-Fibel für den Arzt, Thieme, Leipzig, 1957;
3. *Dubinín N. A.*: Izvest. Akad. Nauk. R. S. S. S. ser. biol. 6, 1957;
4. *Durand, Feine, Jacobi, Schraub*: Strahlenther 104, 1957, 345;
5. *Chantraine A.*: Förschr. Röntgentr. 72, 4, 1950, 497;
6. *Cockroft*: cit. Muth;
7. *Court, Brown, Dotl*: cit. Hedi Fritz-Niggli;
8. *Efroimson V. P.*: Bull. Moskovskogo obs. ispit. priprodi, otdel bio!, 6, 1957;
9. *Eggert J.*: Einführung in die Röntgenphotographie. Zürich, 1951;
10. *Eschbach H.*: Röntgen-Taschenbuch, Thieme, Leipzig, 1957;
11. *Gerasimovskij V. I.*: Atomnaia energia, 12, 1957;
12. *Hedi Fritz-Niggli*: Strahlenther 102, 1957, 355;
13. *Hittmair*: cit. Schrag;
14. *Holthusen H.*: Strahlenther 104, 1957, 317;
15. *Hultquist B.*: cit. Sievert;
16. *Hursh, Gates*: cit. Sievert;
17. *Gau'd W. R., Jumes J., Robson H. N.*: Brit. M. J. 1, 1953, 583;
18. *Géher F.*: Strahlenther 97, 1955, 362;
19. *Gietzelt*: Über die medizinischen und biologischen Folgen der Atombombenexplosionen in Japan, Volk u. Gesundheit, Berlin, 1956;
20. *Jaeger R.*: Strahlenther 102, 1957, 582;
21. *Jaeger R.*: Zeitschr. f. angewandte Physik einschliesslich Nukleonik 9, 1957, 467;
22. *Janker R.*: Röntgen-Aufnahmetechnik, Barth, München, 1952;
23. *Jüngling O.*: Allgemeine Strahlentherapie, 2 Aufl., 1949;
24. *Kaplan J.*: Am. J. Roentgenol. 1948. 371;
25. *Kisvárdy Gy.*: Orvosi Hetilap, 5—6, 1957, 101;
26. *Kraevskij N. A., Litvinov N. N.*: Medicin. radiol, 5, 1957;
27. *Krebs A.*: Strahlenther 72, 1942, 164;
28. *Krepsz, Kozma*: E. M. E. Orv. Tud. Szakoszt. Értesítő 63, 1948;
29. *Marej A. N.*: Medicin. radiol. 5, 1957;
30. *R. du Mesnil de Rochemont*: Strahlenther 103, 1957, 332;
31. *Muth H.*: Strahlenther 103, 1957, 66;
32. *Leeds*: cit. Jaeger;
33. *Leipunschi O. J.*: Atomnaia energia, 12, 1957;
34. *Osborn S. B.*: X-Ray Focus Nov. 1955, 2;
35. *Rajewsky, Muth, Hantke, Aurand*: Strahlenther. 104, 1957, 157;
36. *Seelentag W.*: Strahlenther. 104, 1957, 182;
37. *Sievert R.*: Strahlenther. 99, 1956, 185;
38. *Sanockij V. A.*: Medicin. radiol. 5, 1957;
39. *Sittkus*: cit. H. Fritz-Niggli;
40. *Spiers F. W.*: Brit. J. Radiol. 29, 1956, 409;
41. *Schrag E.*: Der Tuberkulosearzt, 10, 1957, 595;
42. *Wachsmann F.*: Die radioaktiven Isotope, Dalp, München, 1957.