



DOI: 10.5281/zenodo.14531478

UDC: 613.648.4.027:616-051

# CONTROLUL RISCULUI PENTRU SĂNĂTATE, ASOCIAT EXPUNERII PROFESIONALE LA RADIAȚII IONIZANTE

## CONTROL OF HEALTH RISKS ASSOCIATED WITH OCCUPATIONAL EXPOSURE TO IONIZING RADIATION

Marina Bogdan, doctorandă, Liuba Corețchi, dr. hab. șt. biol., conf. cerc.

Agenția Națională pentru Sănătate Publică, Republica Moldova

### Rezumat

**Obiective.** Sursele de radiații ionizante sunt folosite practic în toate domeniile științei și tehnicii, însă beneficiile utilizării lor în medicină sunt incontestabile. În medicină au o importanță considerabilă în diagnosticul, tratamentul și profilaxia mai multor boli. Utilizarea lor pe scară largă presupune și apariția unor probleme de sănătate a angajaților expuși profesional la acest factor. Expunerea personalului la radiațiile ionizante în timpul activității de muncă este caracterizată prin expunerea la un șir de riscuri specifice: psihologic, fiziologic, de contact cu pacienții infectați și la radiații ionizante. În ciuda numeroaselor efecte negative, utilizarea radiațiilor ionizante a reprezentat o inovație în special în medicină, astfel crescând considerabil numărul expușilor profesionali.

**Scopul** prezentului studiu este de a evalua starea de sănătate a expușilor profesional la radiații ionizante și elaborarea măsurilor de control a riscului radiațional pentru sănătate la locurile de muncă.

**Material și metode.** Drept material de studiu au servit sursele bibliografice din cadrul platformelor PubMed, Research4Life, Web of Science și Google Scholar. Au fost selectate și analizate publicații ce descriu problema expunerii profesionale la radiații ionizante.

Pentru efectuarea studiului se efectuează monitorizarea radiologică a mediului de lucru, monitorizarea expunerii individuale a persoanelor expuse profesional și investigarea rezultatelor clinice și paraclinice din fișele medicale personale a angajaților, precum și a analizelor imunologice (fenotiparea limfocitară).

**Rezultate.** Expunerea medicală constituie cea mai importantă sursă de expunere artificială a populației la radiații ionizante. Tendința de a explora tehnologiile medicale este în permanentă creștere, însă necesitățile lor nu sunt întotdeauna argumentate. Expuși profesionali la radiații ionizante sunt medicii-radiologi, radioterapeuții, asistenții-radiologi, tehnicienii-radiologi și alt personal auxiliar. Implementarea unor strategii eficiente pentru reducerea riscurilor expunerii la radiații ionizante, în funcție de tipul și scopul acestora, în cazul diagnosticului presupune alegerea celei mai adecvate și inofensive proceduri, evitarea expunerilor suplimentare sau, în cazul terapiei, utilizarea dozei necesare minime, procedee care necesită o justificare corectă și optimizarea proceselor și a practicilor, ambele instrumente ținând de competența și responsabilitatea practicianului. Chiar dacă personalul poartă echipament de protecție personală, există riscul de iradiere cu doze nesemnificative pe părțile corpului neacoperit (ochi, mâini), la fel depinde și de locul aflării în timpul procedurii și de timpul aflat în apropierea sursei. Așa cum efectele radiației pot fi împărțite în 2 categorii: deterministice (care cauzează apariția cataractei, impotenței, afectarea pielii și a părului) și stocastice (apariția cancerului și a unor modificări genetice), la personalul medical implicat în intervențiile radiologice mai des sunt înregistrate efectele deterministice.

**Concluzie.** Evaluarea efectelor complexe ale radiațiilor ionizante asupra sănătății personalului expus, este necesar să se determine riscul expunerii la radiații ionizante asupra sănătății, de a elabora măsuri de radioprotecție pentru controlul riscului expunerii la radiații ionizante și de a recomanda propuneri pentru elaborarea Registrului expușilor profesional la radiații ionizante. Este neevitabil de fundamentat criteriile igienice de evaluare și clasificare a condițiilor de muncă în activitățile de utilizare a surselor de radiații ionizante.

**Cuvinte-cheie:** radiații ionizante, expuneri profesionale la radiații ionizante, efecte medico-biologice, grupe de risc

### Summary

**Background.** Ionizing radiation sources are used in virtually all fields of science and technology, but the benefits of their use in medicine are indisputable. In medicine they are of considerable importance in the diagnosis, treatment and prophylaxis of many diseases. Their widespread use also entails health problems for employees occupationally exposed to them. Exposure of personnel to ionizing radiation during work is characterized by exposure to a number of specific risks: psychological, physiological, contact with infected patients and ionizing radiation. Despite the many negative effects, the use of ionizing radiation has been an innovation in medicine in particular, thus considerably increasing the number of professionally exposed people.

**Aim.** Assessment of the health status of occupationally exposed to ionizing radiation, with the development of measures to control the radiation health risk in the workplace.

**Material and methods.** Bibliographic sources from the PubMed and Google Scholar platforms were used as study material. Publications describing the problem of occupational exposure to ionizing radiation were selected and analyzed.

To conduct the study, radiological monitoring of the working environment, monitoring of individual exposure of occupationally exposed persons and investigation of clinical and paraclinical results from the employees' personal medical records, as well as immunological analysis (lymphocyte phenotyping) are performed.

**Results.** Medical exposure is the most important source of artificial exposure of the population to ionizing radiation. There is a growing trend to explore medical technologies, but their necessity is not always substantiated. Professionals exposed to ionizing radiation are medical-radiologists, radiotherapists, radiology assistants, radiology technicians and other auxiliary personnel. Reducing the risks of exposure to ionizing radiation, depending on their type and purpose, in the case of diagnosis, involves choosing the most appropriate and harmless procedure, avoiding additional exposures or, in the case of therapy, using the minimum necessary dose, which requires proper justification and optimization of processes and practices, both of which are the competence and responsibility of the practitioner. Even if personnel wear

personal protective equipment, there is a risk of irradiation with insignificant doses to uncovered parts of the body (eyes, hands), it also depends on where they are during the procedure and how long they are near the source. Just as the effects of radiation can be divided into two categories: deterministic (causing cataracts, hypotension, skin and hair damage) and stochastic (causing cancer and genetic changes), the deterministic effects are more often observed in medical personnel involved in radiological procedures.

**Conclusion.** Assessing the variety of effects of ionizing radiation on the health of exposed personnel, it is necessary to determine the health risk of exposure to ionizing radiation, to develop radiation protection measures to control the risk of exposure to ionizing radiation and to recommend proposals for the development of the Register of occupationally exposed to ionizing radiation. It is unavoidable to substantiate the hygienic criteria for assessment and classification of working conditions in activities involving the use of ionizing radiation sources.

**Keywords:** ionizing radiation, occupational exposure to ionizing radiation, medical-biological effects, risk groups

## Introducere

Starea de sănătate este direct proporțională cu mediul înconjurător. Asupra sănătății omului în permanență acționează o mulțime de factori de risc, printre care se enumeră și radiațiile ionizante. Radiația ionizantă se poate prezenta sub formă de particule, precum particule alfa sau neutroni, sau sub formă de raze, precum gamma sau razele X. Toată lumea este expusă la diferite cantități de radiații ionizante din mai multe surse, atât natural (cosmice sau terestre), cât și produse de om (de exemplu utilizări medicale, centrale nucleare, căderi radioactive ca urmare a experimentelor cu arme nucleare efectuate cu mulți ani în urmă) [1]. Sursele de radiații ionizante sunt folosite practic în toate domeniile științei și tehnicii, în energetică, industrie, agricultură, construcții și altele, însă utilizarea lor în domeniul medical prevalează. În domeniul medicinei, radiațiile ionizante au o importanță considerabilă în diagnosticul, tratamentul și profilaxia mai multor boli. Deși expunerea la doze mari de radiații ionizante este rară în afara accidentelor și radioterapiei, expunerea repetată sau prelungită la doze mici a devenit din ce în ce mai frecventă în ultimii 25 de ani [2]. Tendința de a explora tehnologiile medicale este în permanentă creștere. În 1982, în SUA, doza medie anuală de radiații ionizante provenite din expuneri medicale era de aproximativ 0-5 mGy pe persoană; până în 2006, aceasta a crescut până la 3-0 mGy. Un model similar există în alte țări cu venituri ridicate: de exemplu în Regatul Unit, utilizarea procedurilor de diagnostic care implică radiații, a crescut de peste două ori în această perioadă, iar în Australia de peste trei ori [3].

Principala problemă de sănătate publică este însă protecția persoanelor expuse la radiații cu doze relativ mici, prelungite sau fracționate, cum ar fi cele primite de pacienți în urma procedurilor de diagnosticare repetate și de personalul în cursul activităților lor profesionale.

## Materiale și metode

Pentru a atinge scopurile propuse, au fost selectate și analizate publicații ce descriu problema expunerii profesionale la radiații ionizante în bazele de date PubMed, Reasearch4Life, Web of Science și Google Scholar, articolele selectate și analizate au conținut următoarele cuvinte cheie: radiații ionizante, expuneri profesionale la radiații ionizante, efecte medico-biologice, grupe de risc. Căutările pe aceste platforme științifice de date pe o perioadă ce include ultimii 5 ani ne-au oferit 7841 de rezultate, însă au fost selectate doar 15 articole cu conținut mai relevant la această temă.

Pentru efectuarea studiului se efectuează monitorizarea

radiologică a mediului de lucru, monitorizarea expunerii individuale a persoanelor expuse profesional și investigarea rezultatelor clinice și paraclinice din fișele medicale personale a angajaților, precum și a analizelor imunologice (fenotiparea limfocitară).

## Rezultate

*Expunerea profesională* este expunerea angajaților în timpul activității sale, la expuneri în cadrul unor practici care, însumate pe un an, pot depăși limitele de doză prevăzute [4]. La nivel mondial, numărul anual de lucrători expuși la surse naturale și produse de om de radiații ionizante a fost estimat la aproximativ 24 de milioane în perioada 2010-2014. Aproximativ 52% dintre aceștia erau angajați în sectoarele care implică expunerea la surse naturale de radiații. Doza medie anuală efectivă la nivel mondial pentru toți lucrătorii în perioada 2010-2014 a fost estimată la aproximativ 1,2 mSv – aproximativ două treimi din valoarea estimată pentru perioada 1995-1999 [5]. Multe persoane sunt sau au fost expuse la radiații ionizante în cursul activităților lor profesionale. Luminiștii care au ingerat din greșeală cantități mari de vopsea, pe bază de Radium; minierii din subterană care au inhalat cantități mari de Radon și produși de descompunere ai acestuia; primii lucrători de la instalația de producție a Plutoniului Mayak din Rusia; supraviețuitorii japonezi ai bombardamentelor atomice de la Hiroshima și Nagasaki din 1945; lucrătorii de la Cernobil; participanții la testele cu arme nucleare; lucrătorii din industria nucleară și, nu în ultimul rând, lucrătorii medicali [6].

Prima dovadă epidemiologică solidă a efectelor stocastice ale iradierii a provenit dintr-un studiu al expunerii profesionale la radiații de tip X, raportat în 1944, care a demonstrat un risc excesiv mare de leucemie în rândul radiologilor americani; însă, lipsa generală a înregistrărilor dozelor pentru personalul medical timpuriu, care a avut tendința de a fi expus la cele mai mari doze, împiedică derivarea riscurilor pe unitate de doză primită de lucrătorii medicali [6].

Persoanele expuse profesional la niveluri scăzute de radiații reprezintă, de asemenea, o oportunitate de a studia posibilele efecte somatice asupra sănătății, altele decât cancerul, cum ar fi bolile de inimă și cataractele oculare, care fac obiectul multor discuții în prezent. Activitatea medicală a fost recunoscută drept una dintre cele mai vechi profesii, cu expunerea la un șir de riscuri specifice: psihologice, fiziologice, chimice, de contact cu pacienții infectați și la radiații. Un studiu recent de cohortă, elaborat de tehnologi radiologici din SUA, a constatat o incidență crescută a

mortalității prin cancer cerebral și o incidență crescută a melanomului și cancerului de sân în rândul tehnologilor care au efectuat proceduri intervenționale ghidate fluoroscopic. Un alt studiu a scos în evidență iradierea repetată cu doze mici de neutroni care poate provoca efecte cataractogene. Cataracta se dezvoltă de obicei treptat, durata perioadei de latență depinde de doza primită și este în medie de la 2 la 5 ani. Clinica are multe simptome comune cu cataracta termică. În cele mai multe cazuri, cataracta cu radiații progresează lent. Uneori, tulburările inițiale durează ani de zile fără a provoca o scădere vizibilă a vederii [7].

### Efectele expunerii la radiații

Expunerea medicală reprezintă principala sursă artificială de iradiere a populației, cu radiații de tip alfa, beta, gamma, raze X și neutroni. Aceste tipuri de energie provoacă ionizarea țesuturilor pe care le penetrează. Expunerea poate fi *externă* (cu o acțiune din exteriorul corpului, cu sau fără contaminarea pielii, părului, hainelor), *internă* (cauzată de o sursă de radiații aflată în interiorul organismului, unde a pătruns prin inhalare, ingestie sau prin intermediul unei răni contaminate) sau o *combinație* a ambelor [8]. Efectele biologice ale radiațiilor ionizante asupra organismului uman pot fi clasificate în 2 grupe: *deterministe* (efectele acute, care cauzează apariția cataractei, impotenței, afectarea pielii și/sau a părului); *stocastice* (efecte tardive, apariția cancerului și a unor modificări genetice) [1]. Un efect determinist are, de obicei, un prag (de 100 mGy sau mai mare), efectele lor se bazează pe deteriorarea țesuturilor. În timp ce efectele deterministe au un prag, efectele stocastice sau probabilistice sunt evenimente ale șanseii, probabilitatea efectului crescând cu doza primită. Efectele deterministe (în principal cataracta și căderea părului) s-au înregistrat la personalul medical implicat în radiologia și cardiologia intervențională. Reacțiile țesuturilor și efectele stocastice după expunerea la radiații ionizante variază de la un individ la altul, dar factorii și mecanismele care guvernează răspunsurile individuale nu sunt bine înțelese [9]. Posibilitatea fundamentală de a controla efectele stocastice constă în faptul că probabilitatea apariției lor este proporțională cu doza de radiații. Probabilitatea de producere este cu atât mai mare cu cât doza este mai mare, iar dacă reducem dozele spre zero, va exista oricând o probabilitate oricât de mică ca un efect să apară. Lipsa unui „prag” în relația dintre doză și probabilitatea de a induce un efect dăunător pe sănătate și faptul că nici o expunere, oricât de mică, la radiație nu este sigură („safe”), a condus la concluzia că singurul lucru pe care l-am putea face practic, din punct de vedere al protecției radiologice, ar fi să reducem expunerea la radiație cât de mult este posibil. Pe această bază, organizațiile internaționale au convenit asupra principiului ALARA (*as low as reasonably achievable* – cât mai scăzut posibil, în mod rezonabil) [10].

Efectele radiațiilor adesea nu sunt percepute corect de către oameni; fie este reprezentată printr-o frică față de expunere, fie este reprezentată de o indiferență, care nu permite evaluarea reală a riscului față de expunere. Pe lângă factorii generali evidenți ai calității radiațiilor, dozei, debitului dozei și (sub)volumului tisular iradiat, factorii determinanți recunoscuți și potențiali includ vârsta, sexul,

stilul de viață (de exemplu, fumatul, alimentația, eventual indicele de masă corporală), factorii de mediu, genetica și epigenetica, distribuția stocastică a evenimentelor celulare și comorbiditățile sistemice precum diabetul sau infecțiile virale. În general, se consideră că factorii genetici contribuie substanțial la răspunsul individual la radiații [3].

*Sievert* este unitatea de măsură pentru determinarea riscului de iradiere, care reprezintă doza medie absorbită de diferite țesuturi ale corpului uman. Comisia Internațională de Protecție Radiologică (ICRP), acceptată în majoritatea țărilor, a stabilit că limitele de doză prevăzute pentru expunerea profesională este de 2,0 mSv/an pentru lucrătorii expuși la surse naturale și 0,5mSv – pentru lucrătorii expuși la sursele produse de om. Această doză se bazează pe un calcul al riscului de expunere pe durata vieții profesionale a unei persoane de la 18 la 65 de ani (în medie 47 de ani) și are ca rezultat un risc crescut de cancer la o persoană din 1000, precum și depășirea valorilor normale pentru acest risc [10].

### Principii de bază și metode de protecție radiologică

*Protecția radiologică* este totalitatea metodelor de reducere a efectelor nocive ale radiațiilor ionizante. Pornind de la aceasta putem enumera principalele grupe de persoane expuse profesional efectelor acestor radiații:

- profesii medicale, care reprezintă aproximativ 75% din persoanele expuse profesional (medici, în special radiologi, specialiști în medicina nucleară, radioterapie, cardiologi, oftalmologi, chirurghi și ortopezi, echipele asociate ale acestora și alții, implicați în tehnici radiologice speciale de radiologie intervențională);
- personalul din centrele de cercetare ce utilizează radiații sau materiale radioactive;
- utilizatorii de surse de radiații în scopuri industriale;
- lucrători din domeniul industriei nucleare, nu doar din centrele nucleare energetice, ci și cei implicați în activitățile legate de diferite faze ale ciclului combustibilului nuclear;
- lucrătorii din minele uranifere și din uzinele de procesare a minereului, unde sunt prezente cantități semnificative de minereuri radioactive [11].

O dată cu trecerea timpului, utilizarea radiațiilor ionizante s-a răspândit, modernizarea aparatelor și frecvența exploatării a crescut, deseori fiind suprasolicitate. Pe măsură ce noile echipamente de imagistică încorporează mai multe opțiuni pentru îmbunătățirea performanțelor, acestea devin mai complexe și mai greu de înțeles, astfel încât operatorii trebuie să beneficieze de o formare mai aprofundată. De aceea, trebuie să ținem cont de cele 4 principii de bază ale protecției radiologice: justificarea, optimizarea, limitarea dozelor și intervenția. Riscul, asociat oricărei expuneri, trebuie comparat cu beneficiile procedurilor care au provocat expunerea. Probabilitatea expunerii, numărul de persoane expuse și mărimea dozelor lor individuale ar trebui menținute la un nivel cât mai scăzut posibil, ținând cont de factorii economici și sociali. Echivalentul dozei la indivizi nu va depăși niciodată limitele recomandabile. Altfel spus, ne referim din nou la principiul ALARA – *justificarea* (.....practicii), *optimizarea* (.....protecției) și *limitarea* (.....dozei) [12].

Protecția radiologică constă în selectarea și instalarea

echipamentelor, proiectarea și construcția instalațiilor, alegerea stărilor optime ale echipamentelor, metodele zilnice de funcționare, programe de control a calității și asigurarea deprinderilor profesionale. Pentru a îmbunătăți și proteja starea de sănătate a angajaților este necesară o colaborare dintre radiologi, medici radiologi, tehnologi în radiații medicale și fizicieni medicali, fiecare dintre ei având competențe-cheie care pot contribui în mod eficient la proces, doar lucrând împreună ca o echipă [13].

Expunerea profesională are potențialul de a provoca efecte în urma expunerii prelungite la radiații de nivel scăzut, cel mai des sunt provocate de dozele mici. Expunerea profesională depinde de fel de mai mulți factori, cum ar fi: factorii echipaționali, cei ce țin de personal și cei ce țin de procedură. Factorii echipaționali sunt acei factori ce depind de instalații (licențierea de către autoritățile naționale, testarea regulată și periodică a calității echipamentelor și a dispozitivelor de protecție, respectarea nivelului de doze de raze X stabilit de producător ș.a.). Din factorii ce țin de personal se enumeră dispozitive de protecție personală, cum ar fi șorțuri, ochelari cu plumb, protecție tiroidiană, valve și scuturi cu plumb, utilizarea adecvată a dozimetrelor personale, conștientizarea riscului și instruirea, iar din cei ce țin de procedură sunt utilizarea tehnicilor corecte (de exemplu, poziționarea tubului cu raze și a receptorului de imagine, colimarea, mărirea imaginii, durata procedurii). S-ar părea că, pentru a evita efectele secundare pe întreaga viață profesională, este necesar să se respecte cu strictețe metodele principale de protecție, care constau în necesitatea de testare regulată a echipamentului și funcționarea lui corespunzătoare, folosirea echipamentului de protecție personal (șorț cu o cantitate adecvată de plumb echivalent cu 0,25-0,35 mm și înveliș corporal, protecția tiroidiană, ochelari de protecție sau scuturi pentru cap, față și picioare), purtarea dozimetrelor personale și utilizarea tehnicilor adecvate de protecție. Însă, ne dăm seama că uneori aceasta nu este îndeajuns, pentru că se scapă unele momente, de exemplu expunerea mâinilor sau locul de aflare în timpul procedurii și timpul de aflare în preajma sursei. Deși mâinile pot fi expuse la doze mari de radiații (500 mSv pe an ca limită superioară a dozei), cea mai bună practică este de a ține mâinile departe de fasciculul primar, mai mult decât utilizarea mănușilor de plumb [10].

Prevenirea cancerului profesional la lucrătorii medicali constă în măsuri primare și secundare. Profilaxia primară presupune prevenirea apariției cancerului și include reglementarea igienă a agenților cancerigeni, elaborarea și implementarea măsurilor care vizează reducerea contactului

cu aceștia și controlul poluării mediului de lucru. Întreaga gamă de măsuri de protecție împotriva efectelor radiațiilor ionizante, care, la fel, este împărțită în două domenii: protecția împotriva expunerii externe și prevenirea expunerii interne. Protecția împotriva radiațiilor externe se reduce la ecranarea care împiedică anumite radiații să ajungă la lucrătorii medicali sau la alte persoane din raza sursei de radiații. În acest scop, se folosesc diverse ecrane absorbante. Regula de bază este de a proteja nu numai lucrătorul medical sau locul de muncă, ci și de a proteja cât mai mult posibil întreaga sursă de radiații pentru a minimiza posibilitatea ca radiațiile să pătrundă în zona în care sunt prezenți oamenii [14]. La baza sistemului de prevenire a bolilor profesionale se află examenele medicale preliminare și periodice obligatorii, cu consultarea specialiștilor (oftalmolog, dermatovenerolog, neurolog, otorinolaringolog, chirurg, oncolog), lucrători a căror activitate este asociată cu radiații ionizante și teste funcționale. De asemenea, se efectuează: o analiză generală detaliată a sângelui, reticulocite, spirometrie, radiografie toracică în două proiecții, biomicroscopia mediilor oculare, oftalmoscopia fundului de ochi, acuitatea vizuală cu și fără corecție. La recomandarea medicilor specialiști, femeilor sunt prescrise ultrasunete ale organelor abdominale, glandei tiroide și mamografie. Persoanele cu predispoziție ereditară la boli tumorale, precum și cele cu instabilitate cromozomială, nu ar trebui să aibă voie să lucreze cu radiații ionizante. [15].

### Concluzii

Luând în considerare varietatea efectelor radiațiilor ionizante asupra sănătății personalului expus, este necesar să se respecte principiile de bază ale radioprotecției. Îmbunătățirea nivelului de conștientizare și abilitățile profesioniștilor din domeniu, prin formarea continuă a personalului, deoarece deseori sunt ignorate sau utilizate incorect. Seminarele de formare profesională ar trebui să ofere cunoștințe adecvate cu privire la toate aspectele importante referitoare la protecția împotriva radiațiilor, punând accentul pe expunerea angajaților la radiații, pe riscul de radiații aferent, pe importanța echipamentului de securitate împotriva radiațiilor și pe punerea în practică a cunoștințelor de securitate teoretică. Obiectivul principal al acestora prevede utilizarea radiațiilor ionizante cu maximum de eficiență și eficacitate și, respectiv, cu un minim risc și cost pentru sănătatea angajaților. La fel este indispensabil de elaborat măsuri de control a riscului la care este expus personalul și cu elaborarea unui Registru a personalului expus profesional la radiații ionizante, în comun cu alți specialiști.

### Bibliografie

1. Băhnărel I, Tihon A. Radiațiile ionizante și neionizante: Elaborare metodică pentru lucrările practice la disciplina Igiena radiațiilor destinată studenților facultății Medicina Generală, Sănătate Publică, Stomatologie. Chișinău: CEP Medicina; 2022. (Romanian)
2. Leuraud K, Richardson DB, Cardis E, et al. Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. *Lancet Haematol*. 2015;2(7):e276-81. doi:10.1016/S2352-3026(15)00094-0
3. Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment. COMARE's 16th report: review of radiation dose issues from the use of CT in the UK. London: Her Majesty's Stationery Office; 2014.
4. IAEA. Report of the International Workshop on Justification of Medical exposure in diagnostic imaging. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2009.



5. IAEA. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2014.
6. Wakeford R. Radiation in the workplace – a review of studies of the risks of occupational exposure to ionising radiation. J Radiol Prot. 2009;29(2):185–203.
7. International Atomic Energy Agency, Pan American Health Organization, World Health Organization. Radiological protection for medical exposure to ionizing radiation. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2002.
8. Burkhardt R, Dan T, Bogdan L. Ghid de educație pentru sănătatea populației. "Ce este necesar să știm despre radiațiile ionizante și efectele lor". Cluj-Napoca: Laboratorul de Igiena Radiațiilor Ionizante, Centrul Regional de Sănătate Publică Cluj; 2016. (Romanian)
9. Ministerul Sănătății Publice (MSP), Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare (CNCAN). Norma privind radioprotecția persoanelor în cazul expunerilor medicale (transpunerea în legislația română a Directivei UE nr. 97/43/EURATOM). Monitorul Oficial al României, Partea I. 2002;446 bis. (Romanian)
10. Uradomo L, Cohen H, Fried M, Petrini J. Radiation protection in the endoscopy suite. Minimizing radiation exposure for patients and staff in endoscopy: a joint ASGE/IAEA/WGO guideline. World Gastroenterology Organisation; 2009.
11. Popescu FS, Călugăreanu LD. Supravegherea medicală specială a lucrătorilor expuși profesional la radiații ionizante. Ghid 2004. București: Ministerul Sănătății Publice; 2004. (Romanian)
12. Milu C, Saizu MA. Aplicarea principiului ALARA în optimizarea protecției radiologice – noi implementări. In: Conferința Națională a Societății Române de Radioprotecție. București: Editura ETNA; 2019. (Romanian)
13. Martin CJ, Applegate K, Hernandez-Giron I, et al. Annals of the ICRP, Publication 154. Optimisation of Radiological Protection in Digital Radiology Techniques for Medical Imaging.
14. Fundația "Horia Hulubei". Protecția radiologică în medicină. București: Editura Anima; 2012. (Romanian)
15. Malone JF. New ethical issues for radiation protection in diagnostic radiology. Radiat Prot Dosimetry. 2008;129(1-3):6-12.

---

Recepționat – 19.11.2024, acceptat pentru publicare – 04.12.2024

**Autor corespondent:** Marina Bogdan, e-mail: marinka.bogdan06@gmail.com

**Declarația de conflict de interese:** Autorii declară lipsa conflictului de interese.

**Declarația de finanțare:** Autorii declară lipsa de finanțare.

**Citare:** Bogdan M, Corețchi L. Controlul riscului pentru sănătate, asociat expunerii profesionale la radiații ionizante [Control of health risks associated with occupational exposure to ionizing radiation]. Arta Medica. 2024;92(3):39-43.