

D. Barukčić, I. A. Nola*

ZAŠTITA NA RADU MEDICINSKIH SESTARA/TEHNIČARA ZAPOSLENIH U ZONI IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA

UDK 614.253.5:613.648.4]:331.45
 PRIMLJENO: 8.1.2020.
 PRIHVAĆENO: 29.10.2020.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: Zračenje je energija koja putuje kroz prostor i prisutna je svugdje oko nas. Život na zemlji razvijao se u okruženju ionizirajućeg zračenja. Otkrićem ionizirajućeg zračenja započinje značajno razdoblje u medicinskoj dijagnostici i liječenju. Otkrićem rendgenskog zračenja i njegovom upotrebom u medicini raste i svijest o njegovim štetnim učincima na ljudski organizam. Sve veća uporaba ionizirajućeg zračenja povećava mogućnost nastanka štetnosti opasnih za zdravlje ako se ono ne koristi pravilno. U zdravstvenim ustanovama ionizirajuće zračenje koristi se u dijagnostičkoj i intervencijskoj radiologiji, nuklearnoj medicini i onkologiji. Svakodnevnim razvojem medicinske radiologije dolazi se do novih spoznaja povezanih s dijagnosticiranjem i liječenjem, a samim time i do usavršavanja pojedinih postupaka. Medicinske sestre/tehničari koji su svakodnevno ili povremeno izloženi tijekom svojeg rada ionizirajućem zračenju mogu smanjiti opasnost nepoželjnih posljedica od zračenja odgovarajućom zaštitom na radu koja će spriječiti nepotrebnu izloženost velikim dozama. Ciljevi članka jesu osvrt i doprinos sustavu očuvanja i zaštiti zdravlja medicinskih sestara/tehničara koji su izloženi izvorima ionizirajućeg zračenja kao i njihovom sigurnom radu. Prikazani su prevencija, edukacija i mjere zaštite od ionizirajućeg zračenja koje je potrebno poduzeti kako bi se smanjila izloženost te štetan utjecaj za zdravlje čovjeka. Dokazano je da izlaganje ionizirajućem zračenju štetno te su njegovi učinci mutageni, teratogeni i karcinogeni. Učinci se mogu javiti u različitim oblicima i različitim vremenskim rasponima. Izloženost medicinskih sestara/tehničara ionizirajućem zračenju povezana je s brojnim zdravstvenim rizicima. U cilju smanjenja negativnih posljedica potrebna je dobra stručna edukacija kao prvi preduvjet zaštite: dobro poznavanje posljedica zračenja te svih sredstava i metoda za smanjivanje izloženosti zračenju. Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara uključuje korištenje zaštitne odjeće, nošenje dozimetara i redovite sistematske preglede. Važna je stalna kontrola uređaja i njihovih dijelova prema zadanom Pravilniku, kontrola prostora gdje se izvode snimanja, provjera educiranosti osoblja, redovitost sistematskih pregleda te poštovanje nošenja zaštitne odjeće i njezine dostupnosti.

Ključne riječi: ionizirajuće zračenje, medicinske sestre/tehničari, rendgen, zaštita na radu

UVOD

Zaštita na radu medicinskih sestara/tehničara u zoni ionizirajućeg zračenja je od iznimne važ-

nosti. Tijekom godina od otkrića rendgenskih zraka pa do danas, s razvojem radiologije povećavala se spoznaja da bi posebnu pozornost trebalo posvetiti zaštiti medicinskog osoblja koje radi s izvorima ionizirajućeg zračenja.

Medicinsko-dijagnostički postupci za dijagnostiku patoloških stanja trenutno su najveći izvor izloženosti ionizirajućem zračenju u općoj populaciji. Korištenje ionizirajućeg zračenja u medicini započelo je otkrićem rendgenskih zraka

*Dragana Barukčić mag. med. techn., (draganadunaj@gmail.com), KBC "Sestre milosrdnice", Klinika za traumatologiju, Poliklinika s hitnim prijemom i gipsanom, 10000 Zagreb, osoba za kontakt: izv. prof. dr. sc. Iskra Alexandra Nola, (ianola@snz.hr), Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Škola narodnog zdravlja „Andrija Štampar“, Katedra za zdravstvenu ekologiju i medicinu rada i sporta, Rockefellerova 4, 10000 Zagreb.

1895. godine. Ionizirajuće zračenje je dio elektromagnetskog spektra koji ima dovoljno energije da prođe kroz materiju i fizički odbaci orbitalne elektrone i stvori ione, a ti ioni mogu proizvesti biološke promjene.

Različite biološke promjene koje nastaju u stanicama i tkivima su posljedica djelovanja ionizirajućeg zračenja, stoga je iznimno važno da medicinske sestre/tehničari budu educirani o posljedicama koje ono izaziva. Umnogome je važno i da medicinske sestre/tehničari budu educirani o svim mogućim metodama zaštite od ionizirajućeg zračenja kako bi se štetnosti od ionizirajućeg zračenja svele na minimum.

Briga o vlastitom zdravlju i sigurnosti na radnom mjestu način je na koji se smanjuje rizik od bolesti i nastanka ozljeda na radnom mjestu. Svako radno mjesto sadrži tvari i opremu koji mogu nanijeti štetu zaposleniku. Svi radnici imaju pravo raditi u okruženju gdje su rizici za njihovo zdravlje i sigurnost pravilno kontrolirani. Također, obveza je radnika koristiti se propisanom zaštitnom opremom te aktivno sudjelovati u zaštiti vlastitog zdravlja.

ZAŠTITA NA RADU

Početak industrijske revolucije, koja je započela u 18. stoljeću, događali su se nesretni slučajevi na radnom mjestu što je utjecalo na razvoj ideja o primjeni zaštite radnika na radnom mjestu. I radnici i liječnici, potaknuti svjesnošću o mogućim posljedicama na radnom mjestu, zdravlje radnika počinju shvaćati kao problem povezan s radnim mjestom. Prema definiciji, zaštita na radu je sustav pravila, načela, mjera, postupaka i aktivnosti, čijom se organiziranom primjenom ostvaruje i unapređuje sigurnost i zaštita zdravlja na radu, a s ciljem sprečavanja rizika na radu, ozljeda na radu, profesionalnih bolesti, bolesti u vezi s radom te ostalih materijalnih i nematerijalnih šteta na radu i u vezi s radom (*Žuškin, Mustajbegović, 2006.*).

Ulazak radnika u radni odnos nije jednostavan čin. Tijekom radnog vijeka radnici su izloženi mnogim opasnostima koje mogu nepovoljno utjecati na njihovo zdravlje i dobrobiti. Potpisivanjem ugovora o radu od strane radnika i poslodavca

prisutna je kontinuirana obveza poslodavca da omogući provedbu zaštite na radu kao i zdravstvenu zaštitu svakog radnika s kojim sklopi ugovor o radnom odnosu. Radnik je isto tako dužan držati se svih propisanih pravila (*Učur, 2006.*).

Na početku industrijske revolucije nije bilo interesa za stvaranjem zaštite na radu jer za to nisu bili ispunjeni drugi preduvjeti: status radničke klase, obveze poslodavaca, znanje o mogućim štetnostima na pojedinim radnim mjestima i sl. Dolaskom strojeva i proizvodnih postrojenja tijekom 17. i 18. stoljeća nastaju tvornice, a usporedno s njima razvijaju se i prva radnička udruženja koja se bore za bolja radnička prava. Također, razvojem medicine, započinje, indirektno, i praćenje bolesti povezanih s radnim mjestom.

Bernardino Ramazzini (1633.-1714.) promatrao je kako godišnja doba utječu na zdravlje radnika. Tako je primijetio da radnici zimi i početkom proljeća boluju od bolesti pluća, očnih bolesti i upale grla, ljeti imaju povišenu temperaturu, a u jesen dijareju. Opisivao je nastanak različitih bolesti kod različitih zanimanja. Ramazzini je zaslužan za skretanje pozornosti liječnika da kod uzimanja anamnestičkih podataka o bolesniku upitaju i bolesnika koje mu je zanimanje. Postavio je temelje preventivne medicine koja je broj jedan zdravstvene zaštite radnika. Bernardino Ramazzini začetnik je medicine rade, a slavu je stekao objavom knjige o profesionalnim bolestima koja je bila obavljena 1700. godine na latinskom jeziku pod imenom *De morbisartificumdiatribia* (Bolesti radnika); (*Žuškin, Mustajbegović, 2006., Šarić, Žuškin, 2002.*).

Prvi Institut za higijenu rada (njem. *Institut für Gewerbehygiene*) osnovan je početkom 20. stoljeća i započeo je s radom u Frankfurtu na Majni, Njemačka. Prva Klinika za profesionalne bolesti (tal. *Clinica del Lavoro*) osnovana je 1910. godine u Milanu, Italija, zalaganjem Luigija Devota. U New Yorku iste godine ustanovljena je prva jedinica medicine rada na *Cornell* medicinskoj školi. Na temelju odredaba mirovnog ugovora osniva se 1919. godine Međunarodna organizacija rada sa sjedištem u Ženevi. Predstavnici vlada zemalja, poslodavaca i radnika sudjeluju u njezinim aktivnostima. Međunarodni kongres za profesionalne bolesti održan je u Milanu prvi puta 1906. godine te se tada osniva Međunarodna komisija

za medicinu rada (engl. *International Commission on Occupational Health* - ICOH) koja je 1910. godine održala drugi kongres u Bruxellesu. Pojam „medicina rada“ (engl. *Occupational health*) prihvaćen je u Lionu 1929. godine kada se održao 6. Kongres (Šarić, Žuškin, 2002.).

Razvoj zaštite na radu u Hrvatskoj

Začeci medicine rada u Hrvatskoj počinju početkom 18. stoljeća u pisanim dokumentima u kojima se opisivala prevencija i način uklanjanja bolova nastalih zbog radnog okoliša. Prva knjiga koja je napisana na hrvatskom jeziku, a govori o životnim prilikama, radnim uvjetima i bolestima kmetova, izdana je 1776. godine pod naslovom *Vrchtvaladanyyszka*, autora Jean Baptiste Lalanque (Žuškin, Mustajbegović, 2006., Šarić, Žuškin, 2002.).

Ozbiljan i profesionalan pristup zaštiti radnika povezan je sa 1912. godinom i Željkom Hahnom kojega se smatra osnivačem suvremene medicine rada u Hrvatskoj. Te godine objavio je rasprave u vezi s borbom protiv profesionalnih bolesti, zaštitom radnika na radu i radničkom tuberkulozom. Izradio je program sprečavanja nastanka profesionalnih bolesti i nesreća na radu (Šarić, Žuškin, 2002.).

Kako u svijetu tako i kod nas, u razdoblju nakon 1912. godine, osnovane su ustanove za zaštitu radnika na radu, a i donesena je zakonska regulativa. Zakon o inspekciji rada donesen je 1921. godine, a Zakon o zaštiti radnika 1922. godine. Na inicijativu Andrije Štampara, 1947. godine osnovan je Institut za higijenu rada (poslije Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada) u sklopu tadašnje Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnost. U organizaciji Škole narodnog zdravlja Medicinskog fakulteta u Zagrebu u akademskoj godini 1949./1950. započinje se s poslijediplomskim tečajevima medicine rada. Početkom šezdesetih godina 20. stoljeća uvedena je medicina rada kao zasebna medicinska specijalizacija (Žuškin, Mustajbegović, 2006., Šarić, Žuškin, 2002.).

IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

Život na zemlji zbiva se u radioaktivnom okruženju. Sva živa bića od nastanka su bila i bit će izložena ionizirajućem zračenju. Radioaktivni minerali dio su našeg okoliša jer su oni praostaci od stvaranja našeg planeta. U svakodnevnom životu ljudi su izloženi globalnom polju ionizirajućeg zračenja. Osim toga, tijekom života stalno su izloženi svemirskom zračenju i zračenju od prirodnih i umjetnih radioaktivnih tvari koje se unose u organizam putem hrane i pića. Dakle, ljudski organizam sačinjen je i od radioaktivnih tvari, kao i radioaktivnih plinova. Otkrićem radioaktivnog djelovanja (Novaković, 2001.) krajem 19. stoljeća promijenio se razvoj medicine, a poglavito u dijagnostičkim i terapijskim mogućnostima u medicini. Njemački fizičar i matematičar Wilhelm Konrad Röntgen 8. studenoga 1895. godine otkrio je nepoznate zrake odnosno novu vrstu elektromagnetskog zračenja. Istraživao je svojstva staklenih cijevi iz kojih je djelomično odstranjen zrak, a u cijevi su bile ugrađene elektrode na koje bi priključio električnu struju visokog napona. Prilikom priključivanja elektroda u električnu struju fotografska ploča u blizini cijevi bi pocrnjela, a određeni dio kristala koji se nalazio u blizini cijevi bi svjetlucao. Budući da nije ništa znao o novootkrivenim zrakama, nazvao ih je „X“ zrakama. Ubrzo je shvatio da pomoću novih zraka može promatrati unutrašnjost ljudskog tijela. Za prvu rendgensku sliku koristio je ruku svoje žene te su se na toj rendgenskoj snimci jasno vidjele kosti i dva prstena. Rendgenska snimka ruke njegove žene ubrzo je obišla svijet. Godine 1901. Wilhelm Konrad Röntgen dobiva Nobelovu nagradu za nove otkrivene zrake, a te su zrake njemu u čast prozване rendgenskim zrakama (Agbaba, Lovrenčić, 1994., Howell, 2016.).

Ubrzo nakon otkrića rendgenskih zraka, odmah na početku 1896. godine, otkriva se i prirodna radioaktivnost. Henry Becquerel otkrio je da uranske soli emitiraju nevidljivo zračenje bez ikakve stimulacije. Dvije godine kasnije Marie i Pierre Curie također su proučavali zrake urana te

pronašli i druge radioaktivne elemente: polonij i radij. Marie Curie opisala je novi fenomen i nazvala ga radioaktivnost. Godine 1903. Becquerel i Curie podijelili su i Nobelovu nagradu za otkriće radioaktivnosti (*Novaković, 2001.*).

Zračenje nastaje jer jezgra atoma teži ka oslobađanju viška energije. Taj proces događa se zbog strukture samoga atoma. Atom se sastoji od jezgre i omotača. U jezgri se nalaze neutroni koji su neutralne čestice i protoni koji su pozitivno nabijene čestice, a u omotaču se nalaze elektroni koji su negativno nabijene čestice koje određuju kemijska svojstva određene tvari. Ako je jezgra stabilna, neutroni i protoni povezani su jakim nuklearnim silama te ju niti jedna čestica ne može razdvojiti, osim ako je u pitanju vanjski utjecaj. Ako je jezgra pod djelovanjem nekog vanjskog utjecaja, dolazi do neravnoteže neutrona te jezgra posjeduje višak energije i ona teži prema ravnotežnom stanju. Jezgra će osloboditi višak energije u obliku elektromagnetskog vala ili struje čestica.

Zračenje se, dakle, definira kao prijenos energije prostorom ili kroz tvar u obliku elektromagnetskih valova ili subatomske čestice. Ionizirajuće zračenje je elektromagnetsko i čestično zračenje čijim prolaskom kroz tvar atomi dobivaju ili gube elektrone i tako od neutralnih postaju električki nabijene čestice, ioni. Radioaktivnost je sposobnost neke tvari da emitira zračenje odnosno jezgre atoma spontano se mijenjaju i ovisi o broju neutrona u jezgri atoma (*Novaković, 2001.*, *Dodig, Kusić, 2012.*). Ionizirajuće zračenje može se podijeliti na dvije osnovne skupine:

A. Elektromagnetsko ili fotonsko zračenje koje se razlikuje od drugih zračenja po svojoj valnoj duljini i frekvenciji, a to su:

1. Rendgenske zrake (kod rendgenskih zraka valovi su kratki od 10⁻⁶ do 10⁻¹⁰ cm, a frekvencija je velika 10¹⁶ do 10¹⁸ Hz)
2. Gama zrake/γ-zračenje (valna duljina kraća je od 10 do 13 m)

B. Korpuskularna ili čestična zračenja su skup vrlo brzih subatomske čestice i njihovih skupina:

1. Alfa zračenje (ne predstavljaju veliku opasnost jer imaju veliku masu te u zra-

ku imaju domet svega par centimetara te ih kao vanjski izvor zračenja može zaustaviti list papira, ali su opasne ako uđu u organizam jer imaju jaku snagu ionizacije).

2. Beta zračenje (ima manju masu od alfa čestica i prodornije je, može prodrijeti duboko u tvar, zaustaviti ga može metalni lim ili staklo. Ulaskom u organizam ozračiti će ga iznutra).
3. Protonsko zračenje.
4. Neutronsko zračenje je prisutno samo kod nuklearnih reaktora (ako pogodi jezgru može uzrokovati emisiju gama zraka te potaknuti ionizirajuće zračenje tvari): (*Hebrang, Lovrenčić, 2001.*).

Izvori ionizirajućeg zračenja dijele se na prirodne i umjetne (*Novaković, 2001.*). Prirodni izvori zračenja nalaze se svuda oko nas, u našem okolišu, te se kod njih ne može kontrolirati doza zračenja, a uključuju: svemirsko zračenje; zračenje iz zemljine kore; radon, hranu i vodu za piće (radionuklid kalij-40 je najveći uzrok unutarnje ozračenosti ljudi). Umjetni izvori zračenja uključuju aparate koji proizvode zračenje i radioaktivne kemikalije kod kojih se može kontrolirati doza zračenja (*Novaković, 2001.*, *Hebrang, Lovrenčić, 2001.*), a uključuju: medicinsko ozračivanje rendgenskim aparatima zbog dijagnostike ili terapije bolesnika; radionuklide u okolišu kao posljedica nuklearnih istraživanja ili ispitivanja oružja ili drugih aktivnosti; radioaktivne tvari koje se koriste u industriji; rendgenske aparate u zračnim lukama, graničnim prijelazima, carini te u proizvodnji papira, plastike i lima.

U zdravstvenim ustanovama za medicinsko ozračivanje koriste se uređaji za rendgensko snimanje: radiografija (rendgensko snimanje kostiju i pluća), uređaji za dijaskopiju (prosvjetljavanje i rendgensko snimanje želuca, irigografija), uređaji za kompjutorsku tomografiju (CT), uređaji za angiografiju, denzitometriju, mamografiju. Uvođenjem kompjutorske tomografije unatrag 40 godina u medicini je došlo do značajnog pomaka pogotovo u kirurgiji i kirurškom planiranju operacijskog zahvata. CT slike daju ključne informacije o dijagnozi i anatomskej strukturi. Od prvog CT uređaja 1971. godine do sada postoji pet generacija te se svakim danom radi na njihovim razvija-

nju jer još uvijek prilikom njegovog snimanja pacijent dobiva visoku dozu zračenja. Uređaji koji se ne koriste ionizirajućim zračenjem, a pridonijeli su očuvanju zdravlja su magnetska rezonanca i ultrazvuk, ali oni ne pokrivaju sve dijagnostičke potrebe. Ako je izbor u dijagnosticiranju i terapiji magnetska rezonanca i ultrazvuk, oni nemaju štetne učinke, no magnetska rezonanca može biti štetna za bolesnika ako ima strano metalno tijelo (proteze, geleri, šrapneli, zrna), umjetni srčani zalisci, metalni klipsevi na intrakranijalnim krvnim žilama i ugrađeni pacemakeri (*Miletić et al., 2005., ESR, 2012.*).

Djelovanje ionizirajućeg zračenja na ljudsko tijelo

Ionizirajuća zračenja su elektromagnetski valovi odnosno fotoni energije koji putuju kroz prostor u točno određenim količinama, ali i određenom brzinom, a brzina kojom putuju iznosi 3×10^{10} cm u sekundi. Elektromagnetski valovi razlikuju se po svojoj valnoj dužini i frekvenciji. Što im je frekvencija veća to je valna duljina manja, a veća je količina energije koju fotoni predaju stanicama (*Hebrang, Petrovčić, 1987., Janković, Eterović, 2002.*).

Ako se žive stanice, organi ili čitavo tijelo izlože ionizirajućem zračenju, može doći do ionizacije u tkivima kroz koje je ono prošlo. Prolazak zračenja kroz tkivo ionizira kemijske molekule koje zbog toga postaju kemijski vrlo aktivne. Stoga zračenje može promijeniti, oštetiti ili čak uništiti organske makromolekule. Zbog niza fizikalnih i kemijskih procesa koji se događaju u tkivima radi izloženosti ionizirajućem zračenju, nastat će u konačnici biološke promjene od kojih će upravo one koje su ireverzibilne biti i najopasnije. Međutim, biološko djelovanje zračenja ovisit će o dozi zračenja i apsorbiranom dijelu u tkivima. Dakle, jačina bioloških promjena velikim dijelom ovisi o količini energije koja je apsorbirana u tijelu.

U stanici ozračenog tkiva prvo se događaju fizikalne promjene potaknute apsorbiranom energijom zračenja. Dakle, izbacivanje jezgre atoma iz ravnoteže, u ozračenom tkivu pod djelovanjem ionizirajućeg zračenja, pokrenut će cijeli niz kako kemijskih tako i bioloških promjena. Kemijske promjene u stanici nadovezuju se na fizikalne promjene. Atomi kroz koje je prošlo zračenje postaju ionizirani te mijenjaju svoja kemijska svoj-

stva. Ako je atom dio velike molekule, u ovom slučaju vode jer su molekule vode najbrojnije, može doći do raznih oštećenja funkcije ili gubitka funkcije. Znatno manji dio energije djelovat će na organske makromolekule. Bez obzira što su brojčano manje, one imaju veliku ulogu u regulaciji složenih biokemijskih reakcija (*Hebrang, Lovrenčić, 2001., Hebrang, Petrovčić, 1987., Janković, Eterović, 2002.*).

Obilježja biološkog djelovanja ionizirajućeg zračenja

Obilježja biološkog djelovanja ionizirajućeg zračenja su: latencija, selektivnost, kumulacija, kombinacija i nepatognomičnost. Primijećene promjene na živim stanicama i tkivima ne nastaju odmah nakon ozračivanja. Razdoblje od djelovanja zračenja do izbijanja vidljivog oštećenja naziva se **latencija**. Koliko će trajati vrijeme latencije, ovisi o ukupnoj količini zračenja koju je osoba primila, vremenu trajanja u kojem je doza bila aplicirana te drugim čimbenicima, kao npr. dob, imunostatus i sl. Dakle, što je osoba primila veću dozu u kraćem vremenu, to će i latencija bioloških promjena biti kraća. Ako je cijelo tijelo izloženo velikim, smrtonosnim dozama, pri jednokratnom izlaganju, onda će i latencija kliničkih simptoma biti u svega nekoliko minuta ili sati. Što je aplikacija doze manja i što je manje izloženo područje tijela i što je razdoblje u kojem je tijelo bilo izloženo zračenju, to je latencija dulja (*Hebrang, Petrovčić, 1987.*).

Pojava različite osjetljivosti ili radiosenzibilnosti tkiva na dozu zračenja naziva se **selektivnost**. Ako se apliciraju jednake doze zračenja i daju se na sličan način, one neće izazvati isti stupanj bioloških promjena kod svih vrsta stanica i tkiva. To upućuje na različitu osjetljivost različitih stanica. Najosjetljivije su stanice koje se intenzivno dijele i koje imaju intenzivne metaboličke procese. Dakle, selektivnost će ovisiti i o tipu stanice, ali i o općem stanju i dobi osobe (*Hebrang, Petrovčić, 1987.*). Tkiva se prema radiosenzibilnosti njihovih stanica svrstavaju od niske prema visokoj osjetljivosti na zračenje:

1. koštano tkivo i mozak,
2. pluća, bubrezi, jetra, serozne opne (pleura, peritoneum, perikard), ostale žlijezde s

unutarnjom i vanjskom sekrecijom, vezivno tkivo, mišići, hrskavica,

3. epidermis kože,
4. leća oka, sluznice, korijen kose i dlaka, žlijezde lojnice, slinovnice, znojnice, štitna žlijezda, endotel krvnih žila,
5. limfne i spolne žlijezde, koštana srž (*Dođig, Kusić, 2012.*).

Značajan čimbenik u procjeni ozračenosti i njezinim učincima je i **kumulacija** koja se odnosi na činjenicu da će se biološko djelovanje svakog novog zračenja pribrajati prethodnom izlaganju. Tako se npr. neki biološki učinci mogu izazvati ukupnom akumuliranom dozom zračenja koju je čovjek primio od samog začeca (*Hebrang, Petrovčić, 1987.*).

Također, djelovanje zračenja može se povećati ako se kombinira s drugim kemijskim ili fizikalnim učincima, pa je **kombinacija** jedno od važnih obilježja izloženosti ionizirajućem zračenju koja može utjecati na biološki učinak. Ako je došlo do kroničnog izlaganja organizma zračenju, a udruženo je s hormonalnim poremećajima ili bilo kakvim oblikom hipovitaminoze, tada može doći do različitih kombinacija oštećenja. Koža koja je bila izložena velikim dozama zračenja zbog radioterapije i poslije zračenja bila trljana ručnikom ili mazana masnim kremama može pokazati jače radijacijsko oštećenje (*Hebrang, Petrovčić, 1987.*).

Nepatognomičnost je najveći problem kod bioloških promjena izazvanih zračenjem. Sve promjene koje mogu biti izazvane zračenjem mogu sličiti na promjene koje mogu biti izazvane drugim uzrocima ili patološkim procesima u organizmu. Problem nastaje kada je osoba bila izložena nepoznatom ili neprepoznatom zračenju jer se tada mogu razviti jako kasno patološke promjene. Neke posljedice zračenja su zbog toga slabije poznate ili vrlo kasno otkrivene (*Hebrang, Petrovčić, 1987.*).

Na tip i jakost bioloških oštećenja uzrokovanih ionizirajućim zračenjem utječu:

- a) vrsta ionizirajućeg zračenja i način zračenja
- b) vrsta tkiva izloženog ionizirajućem zračenju (zbog radiosenzibilnosti)

- c) vremenska raspodjela doze (jednokratna doza - oštećenja ili smrt, ali kod iste doze kroz dulje razdoblje postoji mogućnost da neće ni doći do oštećenja stanice)
- d) topografska raspodjela doze (veći volumen ozračenog tijela – veće oštećenje)
- e) apsorbirana doza ionizirajućeg zračenja (biološka oštećenja koja su nastala pod djelovanjem sveukupnog zračenja neovisno o dozi, vremenu izlaganja i volumenu izloženog dijela tijela)
- f) životna dob (stanice mlađih osoba su osjetljivije, pogotovo kod djece i fetusa)
- g) individualna osjetljivost na ionizirajuće zračenje (*Hebrang, Petrovčić, 1987., Janković, Eterović, 2002.*).

Biološki učinci ionizirajućeg zračenja

Ionizirajuće zračenje kroz vrlo složene procese djeluje na ljudsko tijelo. Promjene se događaju na atomskoj razini. Temeljni uzroci oštećenja stanice zračenjem su promjene koje nastaju na anorganskim molekulama vode i organskim makromolekulama kao što je deoksiribonukleinska kiselina (DNK) koja upravlja sintezom proteina u stanicama. Ionizirajuće zračenje može proći kroz stanicu i ostaviti ju bez oštećenja, može oštetiti stanicu, ali tako da će se ona uspjeti obnoviti, ali može i uzrokovati takva oštećenja koja će za posljedicu imati nepravilnu reprodukciju stanica zbog čega će uzrokovati mutaciju gena. Izravna oštećenja nastaju kada izbijeni elektron udari u DNK i razbije njezin lanac. DNK ima sposobnost popravka štete, a ako se šteta ne može popraviti ili se ne popravljiva ispravno, mogu se pojaviti ireverzibilne posljedice. Neizravna oštećenja nastaju kada elektron reagira s molekulom vode i na taj način počinje stvaranje slobodnih radikala i vodikova peroksida što naravno rezultira različitim vrstama oštećenja kako na razini stanice tako i na razini tkiva i organa (*Novaković, 2001., Hebrang, Petrovčić, 1987., Janković, Eterović, 2002.*).

U vezi s **učincima malih doza zračenja** smatra se da je za pojavu karcinoma potrebna kumulacija većih doza zračenja jer se karcinom ne javlja do određenog praga zračenja. Pri apliciranim dozama od tog praga zračenja raste učestalost karcinoma s porastom ukupne apsorbirane doze zrače-

nja. No, novija istraživanja govore da karcinomi pojedinih organa mogu nastati i nakon apliciranja najmanjih doza zračenja. Ti organi su dojka, štitna žlijezda i bronhi. Postoje i istraživanja koja pokazuju mogućnost nastanka leukemije kod sasvim malih doza zračenja. Pri malim dozama zračenja postotak pojavnosti karcinoma je nizak, ali ga svakako treba uzeti u obzir zbog ozračivanja velikog dijela populacije prilikom rendgenske dijagnostike (*Agbaba, Lovrenčić, 1994., Dodig, Kušić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987.*).

Kod **učinaka velikih doza zračenja** latencija bioloških promjena bit će kraća ako tijelo primi veću dozu u kraćem razdoblju. Prilikom izlaganja tijela jednokratnoj velikoj smrtonosnoj dozi latencija kliničkih simptoma može biti svega u nekoliko minuta ili sati. Promjene u stanici ili smrt stanice nastaje ako se stanica ne može oporaviti od oštećenja nastalog kod viših doza zračenja. Organizam je razvio sposobnost da mrtve stanice nadomjesti te su na taj način posljedice za organizam neznatne. Ako su stanice trajno promijenjene, organizam počinje diobom proizvoditi abnormalne stanice. Kod visokih doza zračenja stanice se ne mogu dovoljno brzo nadomjestiti te će se teško održavati funkcija tkiva. Radijacijska bolest je primjer takve situacije. Radijacijska bolest je stanje nastalo poslije ozračivanja cijelog tijela vrlo visokim dozama zračenja, zbog čega dolazi do bioloških promjena u čitavom organizmu, ozljede unutarnje stijenke probavnog trakta te ne može više obavljati svoju funkciju i štititi organizam od infekcije. Simptomi koji se pojavljuju su proljev, povraćanje i opća slabost. Nakon tako visokih doza zračenja vrlo brzo nastupa smrt ljudi (*Novaković, 2001., Hebrang, Petrovčić, 1987., Janković, Eterović, 2002.*).

Kod bioloških učinaka ionizirajućeg zračenja treba razlikovati somatska i genetska oštećenja. Somatska (tjelesna) oštećenja su ozljede koje se mogu javiti u tkivima, a dijele se na lokalna i opća. Lokalna oštećenja pojavljuju se na ozračenim mjestima tijela: površina kože, potkožno vezivo, sluznice, krvne žile. Opća su ona oštećenja koja nastaju nakon ozračenosti cijeloga tijela (*Janković, Eterović, 2002., Zavalčić, 2010.*).

Somatska oštećenja dijele se na:

a) akutna - nastaju nakon kratkotrajnog izlaganja zračenju

- b) kronična - posljedica su čestih ponavljanja zračenja
- c) profesionalna - nastaju nakon izlaganja dugotrajnom zračenju
- d) kancerogena - nakon oštećenja tijela zračenjem mogu nastati tumori
- e) leukemogena - posljedice oštećenja uzrokuju smanjenje bijelih krvnih tjelešca
- f) teratogena - oštećenje ploda ako se ozrači trudnica (*Novaković, 2001., Janković, Eterović, 2002., Zavalčić, 2010.*).

Genetska oštećenja uključuju povećanje broja nepoželjnih, štetnih mutacija uzrokovanih izlaganjem čovjeka djelovanju ionizirajućeg zračenja. Genske mutacije koje nastaju kao posljedica ionizirajućeg zračenja odnose se na promjene u sastavu baza DNK (adicija, delecija, supstitucija). Također, mogu nastati i promjene u strukturi i broju kromosoma (kromosomske mutacije). Posljedice kromosomskih mutacija su Down, Edward i Patau sindromi. U slučaju genskog oštećenja (mutacije) na spolnim stanicama jajnika ili testisa, jer je njihova uloga prijenos genetičkih informacija na buduće naraštaje, učinci će se prenijeti na potomke (*Novaković, 2001., Janković, Eterović, 2002.*).

PREVENCIJA I ZAŠTITA MEDICINSKIH SESTARA/TEHNIČARA OD ZRAČENJA

Ionizirajuće zračenje vrlo je rasprostranjeno u medicini pa su u današnje vrijeme nezamislivi dijagnostika i liječenje u pojedinim granama medicine: onkologija, kirurgija, traumatologija, ortopedija, endokrinologija, nuklearna medicina, kardiologija, urologija, pedijatrija, operacijske sale, stomatologija. Kako je sve veća i učestalija primjena ionizirajućeg zračenja u medicini, tako se i izloženost medicinskog osoblja i bolesnika rapidno povećava. Mogućnost zdravstvenih posljedica veća je u osoba koje su izložene i na radnom mjestu, a ne samo u svojem općem okolišu. Medicinske sestre/tehničari su izložene ionizirajućem zračenju na svojim radnim mjestima gdje se koristi ionizirajuće zračenje. Na odjelu onkologije odgovorne su za pravilno rukovanje citotoksičnim lijekovima prema pravilnicima i pisanim protokolima kao i njihovim pravilnim odlaganjem. Kod izvođenja svih dijagnostičkih i intervencij-

skih postupaka opće angioradiologije, digitalna suptraksijska angiografija (DSA) uz specijaliste radiologije, inženjere medicinske radiologije, anesteziologa zaposlene su i medicinske sestre/tehničari instrumentarke i anesteziološki tehničari. U operacijskim salama kirurgije, traumatologije/ortopedije, kardiologije, gdje se koristi radiografija zaposlene su medicinske sestre/tehničari instrumentarke i anesteziološki tehničari. U jedinicama intenzivnog liječenja gdje se najčešće koriste pokretni radiološki uređaji zbog zdravstvenog stanja bolesnika medicinske sestre/tehničari su skoro pa svakodnevno prisutne ionizirajućem zračenju. Zbog svoje vlastite i sigurnosti pacijenata dužne su postupati prema zadanim pravilnicima i protokolima te nositi zaštitnu odjeću i koristiti opremu prema važećim direktivama, odredbama i napucima. Prema godišnjem izvješću za 2013. godinu Hrvatskog zavoda za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu bolesti koje su bile najčešći razlog ocjene zdravstvene sposobnosti radnika privremeno nesposoban i nesposoban su bolesti krvi i krvotvornog sustava (anemija zbog manjka željeza, trombocitopenija, hemoragijsko stanje). Dostavljeni podaci o broju pregleda osoba koje su izložene zračenju je iz 13 županija i Grada Zagreba te najveći broj radnika koji su izloženi zračenju radi u zdravstvu (79,9 %); (HZZZSR, 2013.).

Tablica 1. Prikaz broja profesionalnih bolesti prema Međunarodnoj klasifikaciji bolesti MKB-10 u razdoblju 2013.-2018. godine

Table 1. Number of occupational diseases according to the International Classification of Diseases - 10 from 2013 to 2018

Godina izdanja	MKB	Broj profesionalnih bolesti
2013	C19.0	1
2014	C18, C34.3	2
2015	C18.3, C73, H26	4
2016	D46.9	1
2017	C73, D46.9	2
2018	C45.0, C73, D46.3	4

Izvor: Izrađeno prema podacima sa stranica Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ, 2020.)

Kada pogledamo podatke iz *Registara profesionalnih bolesti* Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo, a odnosi se na djelatnost zdravstvene zaštite

i socijalne skrbi u razdoblju od 2013. godine do 2018. godine, vidi se da je najviše profesionalnih bolesti, a povezanih s ionizirajućem zračenjem su bolesti krvi i krvotvornog sustava, zloćudne bolesti štitnjače, pluća i probavnih organa te katarakta.

Zakoni i preporuke

Republika Hrvatska (RH) 1. srpnja 2013. godine postala je 28. članica Europske unije. Posljednji Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti u RH donesen je 27. studenog 2013. godine i taj Zakon je u skladu s odredbama jedanaestog akta Europske unije – direktivama i uredbama Vijeća (Euroatom) iz razdoblja 1989.-2011. godine. Vijeće Europske unije donijelo je 5. prosinca 2013. godine novu Direktivu Vijeća 2013/59/Euroatom o osnovnim sigurnosnim standardima zaštite od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju te stavljaju izvan snage direktive 89/618/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom, znači ukupno pet od jedanaest akata. U Službenom listu Europske unije Direktiva je 17. siječnja 2014. godine objavljena na svim jezicima država članica te tako i na hrvatskom jeziku. Za usklađivanje s ovom Direktivom države članice trebaju donijeti potrebne zakone, pravilnike i druge propise najkasnije do 6. veljače 2018. godine (Medvedec, 2017., *Council Directive 2013/59/Euroatom*).

Ravnatelj Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost (DZRN) koji je i ujedno implementiran 19.2.2019. pod Ministarstvo unutarnjih poslova obvezan je na temelju Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti najmanje svakih deset godina provesti samoprocjenu domaćeg zakonodavnog okvira i nadležnih tijela te osigurati međunarodni pregled svih bitnih segmenata zbog stalnog poboljšanja radiološke i nuklearne sigurnosti (Medvedec, 2017., *Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, 2017.*).

Primjenu navedenih zakona omogućava praćenje važnih parametara:

- **Dozimetrija** je postupak koji je osnova za uspostavu prevencije i zaštite te predstavlja kontinuirano mjerenje količine radijacije, kao i praćenje bioloških procesa u tkivu. Važno je točno određivanje kvalitete i količine zračenja za poznavanje biološkog

djelovanja zračenja. U radiologiji se općenito mjeri apsorbirana doza, doza izloženosti (ekspozicijska doza), ekvivalentna doza, efektivna doza i doza zračenja radioaktivnih izotopa (Novaković, 2001.).

- **Apsorbirana doza** (D_T) je osnovna dozimetrijska veličina koja se koristi u zaštiti od zračenja. Određuje biološki učinak uzrokovan ionizirajućim zračenjem. To je količina apsorbirane (primljene) energije na određenu masu tkiva, što znači da je apsorbirana energija pridijeljena tkivu i podijeljena s masom tog tkiva. Jedinica je 1 Grej (Gy); (Medvedec, 2017., Hebrang, Lovrenčić, 2001.).
- **Ekspozicijska doza** ili doza izloženosti je dozimetrijska veličina koja pokazuje dozu kojoj je čovjek bio izložen bez obzira na to koliko je od toga apsorbirao. Mjerna jedinica koja se koristi je 1 C/kg (kulon na kilogram); (Medvedec, 2017., Hebrang, Lovrenčić, 2001.).
- **Ekvivalentna doza** (H_T) je dozimetrijska veličina koja opisuje dozu u odnosu na vrstu zračenja, s obzirom da su neke vrste zračenja učinkovitije od drugih. Biološko djelovanje zračenja ne ovisi samo o apsorbiranoj dozi već i o vrsti i kvaliteti zračenja. Jedinica ekvivalentne doze je 1 Sievert (Sv); (Medvedec, 2017., Hebrang, Lovrenčić, 2001.).
- **Efektivna doza** je dozimetrijska veličina koja opisuje učinak ionizirajućeg zračenja na cijelo ljudsko tijelo i predstavlja zbroj ekvivalentnih doza u pojedinim dijelovima tijela. Naime, ako se ozračuje različiti organi ili tkiva u tijelu dobit će se različite vjerojatnosti za pojedine ozljede i različiti stupnjevi štetnosti. Zato se umnošci ekvivalentnih doza za pojedine organe zbrajaju s težinskim čimbenicima tih organa koji predstavljaju relativan doprinos organa ukupnoj štetnosti kad je cijelo tijelo jednako ozračeno (Tablica 1). Jedinica efektivne doze je 1 Sievert (Sv); (Medvedec, 2017., Hebrang, Lovrenčić, 2001.).

Tablica 2. Težinski čimbenici za pojedine organe

Table 2. Weighting factors for individual organs

Težinski čimbenik	Organ ili tkivo
0,20	gonade
0,12	pluća, debelo crijevo, koštana srž, želudac
0,05	grudi, jetra, mjehur, jednjak, štitna žlijezda
0,01	površina kosti, koža

Doza zračenja radioaktivnih izotopa pokazuje intenzitet zračenja iskazan kao broj raspada izotopa u jedinici vremena. Jedinica 1 Becquerel (Bq) označava raspad jednog atoma u jednoj sekundi (Medvedec, 2017., Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Lovrenčić, 2001.).

Prevenција

Kod prevencije i zaštite od ionizirajućeg zračenja medicinskih sestara/tehničara cilj zaštite prije svega treba biti sprečavanje nastanka učinaka koji su rezultat direktnog izlaganja zračenju te ograničiti na najmanju moguću mjeru pojavu stohastičkih učinaka. Potrebno je osigurati da prilikom obavljanja poslova kod kojih dolazi do izlaganja ionizirajućem zračenju to izlaganje bude opravdano, da korist od izlaganja bude veća od štete (Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, 2017.).

S obzirom da ne postoji tako mala doza zračenja za koju bi se moglo tvrditi da smo apsolutno sigurni da neće izazvati oštećenja, Međunarodna komisija za radiološku zaštitu preporuča sustav radiološke zaštite na ovim načelima: opravdanost (korist veća od štete), optimalizacija (izlaganja zračenju moraju se održavati nisko koliko je racionalno moguće), ograničenje (izlaganje pojedinca zračenju niže od zakonom utvrđenih granica) i granice doza (zakonom određene granice doza za djelatnike); (Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, 2017.).

Sve medicinske sestre/tehničari koje se pripremaju ili rade u zoni ionizirajućeg zračenja moraju pohađati specifičnu edukaciju o mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja. Svi koji rade u zoni ionizirajućeg zračenja na temelju zakonskih propisa svakih pet godina moraju pohađati tečaj obnove znanja iz područja zaštite od ionizirajućeg zračenja (*Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, 2017.*).

Svi djelatnici prije rada u zoni ionizirajućeg zračenja trebaju udovoljiti posebnim zdravstvenim uvjetima. Zdravstveni pregledi obavljaju se kod specijalista medicine rada koji ima posebnu stručnu naobrazbu o primjeni mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja. Redovni zdravstveni pregledi obavljaju se svakih 12 mjeseci od prethodnog pregleda. Sadržaj pregleda uključuje pregled leće, kapilaroskopiju, kompletnu krvnu sliku, vrijeme krvarenja, broj trombocita i ispitivanje kromosomskih aberacija (kariogram); (*Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, 2017.*).

Za rad na mjestima s ionizirajućem zračenjem kontraindikacije su bolesti krvotvornih organa, trudnoća, bolesti očne leće (kataraka), bolesti kože, teži poremećaji endokrinih žlijezda te teže bolesti središnjeg živčanog sustava i osobe koje nisu zadovoljile zdravstvene preglede (*Bertić-Stahuljak et al., 1999.*).

Granice dopuštene ozračenosti radiološkog osoblja definirane su zakonskim propisima koji reguliraju zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Naime, načelom ograničenja i optimizacije zaštita nije provedena, jer to što su vrijednosti iznad dopuštenih granica strogo zabranjene ne znači da su sve vrijednosti ispod dopuštenih granica prihvatljive. Zakonom propisane granice doza služe kod zaštite od zračenja kao uvjet za proceduru optimizacije. Granice doza su dio sustava zaštite od ionizirajućeg zračenja kojem je temeljni cilj reducirati razinu doza onoliko koliko je to racionalno moguće postići, uvažavajući sve socijalne i ekonomske aspekte (*Janković, Eterović, 2002.*).

Na temelju članka 24. Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti i Pravilnika o granicama ozračenja definirane su granične doze svih dozimetrijskih veličina koje se prate (članak 6.):

- (1) Efektivna doza izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima tijekom rada biti veća od 100 mSv u razdoblju od pet uzastopnih godina, uz uvjet da niti u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja efektivna doza ne smije biti veća od 50 mSv.
- (2) Ekvivalentna doza za očne leće izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 150 mSv u jednoj godini.

Ekvivalentna doza za podlaktice, šake, stopala ili kožu izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 500 mSv u jednoj godini, usrednjena preko 1 cm² površine bilo kojeg dijela kože, neovisno o dijelu kože koji je ozračen (*Janković, Eterović, 2002.*).

Dozimetri

Budući da ljudsko tijelo nema mogućnost osjetila s kojim bi odmah moglo uočiti ionizirajuće zračenje, kao na primjer toplinsko zračenje koje osjeti odmah u obliku grijanja, bilo je potrebno razviti odgovarajuće instrumente i mjerenja za njegovu kvantifikaciju. Dozimetrija je jedna od osnovnih aktivnosti u zaštiti od zračenja. Ona se bavi mjerenjem i izračunavanjem doza zračenja. Dozimetri su instrumenti kojima se određuje doza zračenja. U medicinskoj praksi ih ima više vrsta, ali najčešće se upotrebljavaju dozimetri za mjerenje vanjskog ozračenja, a to su: filmdozimetri ili termoluminiscentni dozimetri (TLD).

Dozimetrima se mjeri stupanj osobnog ozračenja, a prema potrebi koriste se i drugi dodatni osobni dozimetri uz izravno ili odgođeno očitavanje primljene doze. Efektivna doza za cijelo tijelo procjenjuje se na temelju rezultata dobivenih osobnim dozimetrom i za svakog izloženog radnika upisuje se u osobni dozimetrijski karton koji se vodi u Državnom zavodu za radiološku i nuklearnu sigurnost. Također, stupanj izloženosti vanjskom ozračenju izloženih radnika obvezno se mjeri osobnim dozimetrima u 12 mjernih razdoblja godišnje (*Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Council Directive 2013/59/Euroatom*).

Pod dozimetrijskim nadzorom moraju biti izloženi radnici i osobe koje se educiraju za rad s izvorima ionizirajućeg zračenja. Izloženi rad-

nik je onaj koji obavlja svoj posao, a mora biti u području izloženosti, bez obzira upravlja li on izvorima ionizirajućeg zračenje ili ne. Područje izloženosti je ono područje u kojem postoji mogućnost da pojedinac ili skupina ljudi bude izložena ionizirajućem zračenju iznad propisane granice za pojedinog stanovnika (iznad 1 mSv u godinu dana); (*Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Council Directive 2013/59/Euroatom*).

Osobni dozimetar za utvrđivanje efektivne doze za cijelo tijelo obvezno se nosi na lijevoj strani prsnog koša. Ako se nosi zaštitna pregača, onda se stavlja ispod zaštitne pregače. Ponekad zbog naravi posla koji obavlja izloženi radnik može uz osobne dozimetre nositi i dodatne dozimetre, i to iznad zaštitne odjeće, na ruci, zatim na stražnjoj strani tijela, blizu očiju i slično. Svi podaci o primljenim dozama na tim radnim mjestima mjerenja upisuju se u osobni karton (*Dodig, Kusić, 2012., Hebrang, Petrovčić, 1987., Council Directive 2013/59/Euroatom*).

Zaštita na radnom mjestu u zoni ionizirajućeg zračenja

Mnoge zemlje u svijetu imaju zajedničku ili ujednačenu strategiju u zaštiti od ionizirajućeg zračenja, a pri tom imaju mogućnost korištenja rezultata koje su dobile od raznih međunarodnih državnih i nedržavnih organizacija, kao što su: Međunarodno povjerenstvo za zaštitu od zračenja (ICRP), Međunarodno povjerenstvo za jedinice zračenja (ICRU), Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA), Svjetska zdravstvena organizacija (SZO), Međunarodna organizacija rada (ILO), Agencija za nuklearnu energiju (NEA); (*Bertić-Stahuljak et al., 1999., Kubelka et al., 2010.*). Organizacija Image Gently osnovana je 2007. godine i njihov cilj je povećati svjesnost u radiološkoj zajednici o potrebi prilagodbe doze zračenja kod rendgenskog snimanja djece. Njihova misija je zagovaranje poboljšanja sigurnosti i učinkovita briga o djeci diljem svijeta. Strategija promidžbe je davanje informacija i besplatnog edukativnog materijala cijelom timu kako bi se očuvala sigurnost djece i medicinskog tima (*Image Gently Alliance, 2020.*). Američki fakultet za radiologiju (ACR) i Radiološko društvo Sjeverne Amerike (RSNA) u lipnju 2009. godine osnovali

su zajedničku radnu skupinu za zaštitu od zračenja odraslih, a cilj im je smanjenje količine zračenja koja se koristi u medicini i uklanjanje nepotrebnih postupaka (*Image Wisely, 2020.*).

EuroSafe Imaging je organizacija kojom upravlja Europsko radiološko društvo (ESR), njihova misija je podržati i ojačati zaštitu od medicinskog zračenja diljem Europe. Europsko radiološko društvo smatra da su smjernice za medicinsko snimanje ključne za poboljšanje primjerenosti i opravdanosti radiološkog snimanja. Kako bi smjernice bile dostupne i smanjila se njihova nekorisćenost u Europi, ESR je razvio ESR iGuide, sustav za podršku kliničkim odlukama za europske smjernice o upućivanju na snimanje. Projekt ESR iGuide prvi puta je predstavljen 2015. godine na Europskom kongresu radiologije, a probni projekt provodio se od 2016. godine te kao samostalni web-portal ESR iGuide pokrenut je 2018. godine (*EuroSafe Imaging, 2020.*).

Korištenjem svih dostupnih podataka iz navedenih društava i organizacija dobivenih iz istraživanja i implementiranim načinima zaštite na radnom mjestu na kojem postoji mogućnost pretjerane izloženosti ionizirajućem zračenju postiže se optimalna razine zaštite bolesnika i radnika.

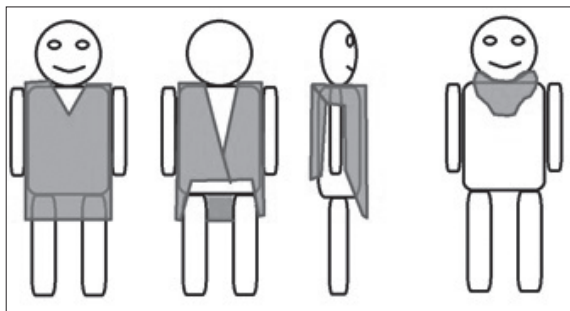
Zahtjevi za radni okoliš u zaštiti od ionizirajućeg zračenja

Odjel radiologije gdje se obavljaju dijagnostičke pretrage potrebno je izolirati od okoline, a za to se najčešće koriste olovne ploče ili neki drugi elementi koji zadržavaju prodor rendgenskih zraka u istoj mjeri kao i olovo. Lokacija rendgenskog odjela također je bitna, dobro je da se oni nalaze na samom ulazu u bolnicu zbog prijema hitnih slučajeva. Od početka primjene rendgenskih uređaja ti odjeli najčešće su se nalazili u podrumima ili prizemljima bolnica, a i danas je u većini bolnica takvo načelo zbog toga što je na tim područjima bilo moguće pružiti najbolju zaštitu (*Janković, Eterović, 2002.*).

Osobna zaštitna sredstva

Olovo osim što se koristi za zaštitu podova, zidova, stropova i vrata služi i za osobna zaštitna sredstva za zaštitu profesionalnog osoblja i bolesnika (slika 1):

1. zaštitne pregače koriste se za zaštitu unutrašnjih organa,
2. štitnik za vrat štiti štitnu žlijezdu,
3. zaštitne rukavice,
4. zaštitne naočale za zaštitu očne leće,
5. zaštitne pregače za bolesnike,
6. štitnici za ovarijske i sjemenike bolesnika (Janković, Eterović, 2002.).



Izvor: Samostalni rad autora D. Barukčić

Slika 1. Zaštitna pregača i štitnik za vrat
Figure 1. Protective apron and neck shield

Prevenција i zaštita u drugim europskim zemljama i svijetu

Europa

Krajem 2013. godine Europska komisija je implementirala novu *Basic Safety Standards (BSS) Directive* u kojoj je ispravila prethodni BSS (*Directive 96/29/EURATOM*) koji je u poslovima zaštite od ionizirajućeg zračenja propisivao zahtjeve za angažman kvalificiranog stručnjaka (eng. *Qualified Expert - QE*) te kompetencije istog.

Novi BSS uvodi pojam stručnjaka za zaštitu od zračenja (eng. *Radiation Protection Expert - RPE*) te propisuje njegovu zadaću u poslovima povezanim s uporabom izvora ionizirajućeg zračenja. Razinu znanja, kompetencije i praktične vještine koje mora posjedovati RPE također propisuje BSS, a od članica Europske unije zahtijeva da donesu nacionalni okvir za priznavanje statusa RPE te da ustroje sustav obrazovanja i kontinuiranog profesionalnog usavršavanja. U nacionalno zakonodavstvo do 6. veljače 2018. godine sve zemlje članice direktivu moraju implementirati.

Europska direktiva 97/43/Euratom o medicinskim izloženostima određuje uvjete za primjenu

interventne kardiologije. Vodič koji je objavila Europska komisija, s ciljem obrazovanja i osposobljavanja za zaštitu od zračenja u medicinskim izloženostima, sadrži i preporuke o programima poduke i akreditacije (*Council Directive 2013/59/Euratom, Surić et al., 2017.*).

Svijet

U Latinskoj Americi, za razliku od Europe i SAD-a, nema dovoljnog pravnog okvira za regulaciju sigurne uporabe ionizirajućeg zračenja u medicini. Saznanje da se provode interventni postupci koji mogu dovesti do visokih doza zračenja na pacijentima i medicinskom osoblju potaknulo je međunarodnu organizaciju na objavljivanje preporuka visokih sigurnosnih standarda za potrebe interventne kardiologije.

Interventne postupke u Latinskoj Americi obavljaju medicinski stručnjaci u pratnji medicinskih sestara, medicinskih tehnologa i tehničara koji često nemaju odgovarajuću edukaciju o zaštiti od zračenja. To potvrđuje i istraživanje koje su proveli Vano i dr. u deset centara interventne kardiologije u zemljama Latinske Amerike uključujući i Brazil, a koje je pokazalo kako je samo 64 % profesionalno izloženih pojedinaca (OEL, eng. *Occupationally exposed individual*) koristilo monitor (dozimetar), a samo 36 % potvrdilo je da znaju što znači dozimetrija (Layton et al., 2014.).

ZAKLJUČAK

Korištenje ionizirajućeg zračenja u medicini najveći je čovjekov izvor izloženosti ionizirajućem zračenju. Uporaba ionizirajućeg zračenja značajno se povećava iz godine u godinu zbog kontinuiranog razvoja novih tehnika u suvremenim zdravstvenim sustavima, a time i izloženost djelatnika visokim dozama zračenja, što može izazvati ozbiljne sigurnosne i zdravstvene probleme. Uporaba ionizirajućeg zračenja uključuje rizike koji su opravdani dijagnostičkim i terapijskim postupcima. Razvoj svijesti i znanja o tim rizicima uvelike smanjuju štetu, te optimiziraju radiološko snimanje i sigurnu uporabu ionizirajućeg zračenja.

Neophodno je uspostaviti kulturu samozaštite od ionizirajućeg zračenja kod medicinskog oso-

blja kao ključnog čimbenika u zaštiti od zračenja i osiguranja kvalitete. Važno je educirati medicinsko osoblje i medicinske sestre/tehničare koji rade u zoni ionizirajućeg zračenja ili su u bilo kakvom kontaktu s tim odjelima, i to tijekom školovanja, ali i tijekom radnog vijeka.

Kontinuirana edukacija je učinkovita jer doводи do stvaranja poticajne i motivirajuće radne okoline u kojoj svatko ima jasnu ulogu. Dobra educiranost medicinskog osoblja povećava svijest o riziku od zračenja i omogućuje izvođenje sigurnih postupaka kako za medicinsko osoblje tako i za pacijenta, što doводи do smanjenja pogrešaka i nepotrebnosti izloženosti ionizirajućem zračenju.

Medicinske sestre/tehničari koji rade u zoni ionizirajućeg zračenja moraju voditi računa o zaštiti od ionizirajućeg zračenja, nositi zaštitna sredstva kao i dozimetre i držati se svih preporučenih smjernica za zaštitu. Također, oni koji rade u operacijskim salama dužni su za vrijeme rendgenskog snimanja, ako ne mogu izaći iz operacijske sale jer im u tom trenutku tijekom operacije nad bolesnikom to ne dopušta nositi zaštitnu odjeću i dozimetar. Isto tako medicinske sestre/tehničari koji rade u jedinicama intenzivnog liječenja trebaju se držati istih načela zaštite. U hitnim ambulancama ili bolničkim odjelima gdje medicinske sestre dovode bolesnike do rendgen odjela trebaju se što kraće zadržavati. Nikako nisu dužni/e biti s pacijentima u sobi za snimanje za vrijeme rendgenskog snimanja kako bi pridržavale bolesnike.

LITERATURA

Agbaba, M., Lovrenčić, M.: *Radiologija*. Medicinska naklada Zagreb, Zagreb, 1994.

Bertić-Stahuljak, D., Žuškin, E., Valić, F., Mustajbegović, J.: *Medicina rada*. Medicinska naklada Zagreb, Zagreb, 1999.

Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing

Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal of the European Communi-

ties, dostupno na: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CELEX-32013L0059-EN>, pristupljeno: 18. 9.2019.

Dodig, D., Kusić, Z.: *Klinička nuklearna medicina*. Medicinska naklada Zagreb, Zagreb, 2012.

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, dostupno na: http://cms.dzrns.hr/zastita_od_zracenja/dozimetrijski_nadzor web stranica, pristupljeno: 17.9.2017.

ESR – European Society of Radiology In cooperation with ISHRAD – The International Society for the History of Radiology Deutsches Röntgen Museum: *The Story of Radiology*, Eds: Julia Patuzzi (Managing editor), Simon Lee, Michael Crean, October 2012. Dostupno na: https://www.webcir.org/noticir/2013_vol10_n3/idor_2012_history-of-radiology_rz_120910.pdf Pristupljeno: 3.4.2020.

EuroSafe Imaging. Dostupno na: <http://www.eurosafeimaging.org/> Pristupljeno: 5.4.2020.

Hebrang, A., Lovrenčić, M.: *Radiologija*. Medicinska naklada Zagreb, Zagreb, 2001.

Hebrang, A., Petrovčić, F.: *Radijacija i zaštita u medicinskoj dijagnostici*. Medicinska knjiga Beograd-Zagreb, Beograd-Zagreb, 1987.

Howell, D. J.: *Early Clinical use of the X-Ray*. The American Clinical and Climatological Association, 2016; 127: 341–349, dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5216491/> pristupljeno: 17.9.2017.

HZJZ – Hrvatski zavod za javno zdravstvo. Profesionalne bolesti u Hrvatskoj 2013–2018. Dostupno na: <http://www.hzzsr.hr/index.php/pofesionalne-bolesti-i-ozljede-na-radu/profesionalne-bolesti/profesionalne-bolesti-u-republici-hrvatskoj/> Pristupljeno: 4.4.2020.

HZZZSR - Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu. Godišnje izvješće za 2013. godinu, Dostupno na: <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Godi%C5%A1nje-Izvjete%C5%A1%C4%87e-za-2013.-godinu.pdf>. Pristupljeno: 4.4.2020.

Image Gently Alliance. Dostupno na: <https://www.imagegently.org/> Pristupljeno: 5.4.2020.

Image Wisely. Dostupno na: <https://www.imagewisely.org/> Pristupljeno: 5.4.2020.

Janković, S., Eterović, D.: *Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike*. Medicinska naklada Zagreb, Zagreb, 2002.

Kubelka, D., Sviličić, N., Kralik, I., Belamarić, N., Faj, D.: *Usklađenost Hrvatskog zakonodavstva s propisima Europske unije kojima se regulira radiološka i nuklearna sigurnost*. 2010. Dostupno na: <http://hrcak.srce.hr/60301>, Pristupljeno: 26.6.2017.

Layton, F., Canevaro, L., Dourado, A., Castello, H., Bacelar, A., TeixeiranaNavarro, A., Vano, E., do Socorro Nogueira, M., Batista, W. O., Fuequim, A. C.T., Lykawka, R., S Melo, C. S., Borges, F., Rodrigues, B.: Radiation Risks and the Importance of Radiological Protectionin. *Interventional Cardiology: A Systematic Review, Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*. 22, 2014., Issue 1, March 2014, Pages 87-98 [https://doi.org/10.1016/S2214-1235\(15\)30184-8](https://doi.org/10.1016/S2214-1235(15)30184-8)

Medvedec, M.: Bespuća prevoditeljske zbiljnosti o ionizirajućem zračenju. *Zbornik radova jedanaestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja*, 2017. Dostupno na: http://www.hdzz.hr/wp-content/uploads/2017/04/11HDZZ_zbornik.pdf, Pristupljeno: 26.6.2017.

Miletić, D., Mazur-Grbac, M.R., Budiselić, B., Kukuljan, M., Petranović, D.: *Aparati u radiološkoj dijagnostici i njihov utjecaj na zdravlje ljudi*, 2005; siječanj-veljača: 7-11, Dostupno na: http://www.zzjzpgz.hr/nzl/31/nzl_1_2_2005.pdf, Pristupljeno: 3.4.2020.

Novaković, M.: *Zaštita od ionizirajućeg zračenja - Propisi u Republici Hrvatskoj s komentarima*.

Ekoteh-dozimetrija d.o.o. za zaštitu od zračenja, Zagreb, 2001.

Pravilnik o granicama ozračenja, preporučanim dozama ograničenja i procjenjivanju osobnog ozračenja, Narodne novine, br. 141/13., 39/15., 130/17.

Surić, M., Hršak, H., Prlić, I.: Status RPE u nekim zemljama EU. *Zbornik radova jedanaestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja*, 2017. Dostupno na: http://www.hdzz.hr/wp-content/uploads/2017/04/11HDZZ_zbornik.pdf. Pristupljeno: 26.6.2017.

Šarić, M., Žuškin, E.: *Medicina rada i okoliša*. Medicinska naklada Zagreb, Zagreb, 2002.

Učur, M.: *Zdravstveno osiguranje zaštite zdravlja na radu*, 2006. Dostupno na: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=40027. Pristupljeno: 26.6. 2017.

Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, Narodne novine, br. 28/10.

Zakon o zaštiti na radu, Narodne novine, br. 71/14., 118/14., 94/18.

Zavalić, M.: *Zdravstveni nadzor radnika izloženih ionizirajućim zračenjima u razdoblju od 2005. do 2009.*, 2010. Dostupno na: <http://hrcak.srce.hr/60302>, Pristupljeno: 26.6.2017.

Žuškin, E., Mustajbegović, J.: *Prepoznavanje potrebe zdravstvene skrbi o radnicima tijekom povijesti*, 2006. Dostupno na: <http://hrcak.srce.hr/3933>, Pristupljeno: 26.6.2017.

SAFETY AT WORK OF NURSES/TECHNICIANS EMPLOYED IN IONIZING RADIATION ZONE

SUMMARY: Radiation is the energy that travels through space and is present everywhere around us. Life on earth evolved in an environment of ionizing radiation. The discovery of ionizing radiation marks the beginning of a significant period in medical diagnosis and treatment. The discovery of X-rays and their use in medicine prompted a growing awareness of their adverse effects on the human body. Increased use of ionizing radiation increases the likelihood of harmful health hazards if it is not used properly. In healthcare settings, ionizing radiation is used in diagnostic and interventional radiology, nuclear medicine and oncology. Ongoing development of medical radiology brings new insights related to diagnosis and treatment, and thus to the refinement of certain procedures. Nurses/technicians exposed to ionizing radiation on a daily or occasional basis during their work may reduce the risk of undesired radiation exposure with adequate occupational safety measures that will prevent unnecessary exposure to high doses. The paper aims to review and contribute to the preservation and protection of the health of nurses/ technicians exposed to ionizing radiation sources and their safe work. Prevention, education, and ionizing radiation protection measures to be taken to reduce exposure are presented, including adverse effects on human health. Exposure to ionizing radiation has been shown to be harmful and its effects are mutagenic, teratogenic and carcinogenic. These effects can occur in different forms and in different time spans. Nurses/technicians' exposure to ionizing radiation is associated with a number of health risks. In order to reduce the negative effects, a good professional education is needed as a first prerequisite for protection. It involves thorough knowledge of the consequences of radiation, and of all means and methods for reducing radiation exposure. Occupational safety for nurses/technicians includes the use of protective clothing, wearing dosimeters and regular medical check-ups. It is important to maintain the equipment and its parts in compliance with the advised regulations, keep safe the environment where imaging is performed, supervise the education of the staff, ensure regular medical check-ups, make sure that the staff wear protective clothing and that adequate protective clothing is always available.

Key words: *ionizing radiation, nurses/technicians, X-rays, occupational safety*

*Subject review
Received: 2020-01-08
Accepted: 2020-10-29*