

MEDICINSKO IZLAGANJE IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU

Branka Dresto-Alač, dipl. fiz.

Sveučilišta u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija, Katedra za temeljne medicinske znanosti, Rijeka, Hrvatska

Adresa za korespondenciju:

branka.dresto.alac@medri.uniri.hr

Ionizirajuća zračenja bilo fotonska (rendgensko i gama) ili čestična (α -zračenje, β -zračenje, neutronska, itd.) imaju dovoljnu energiju da u međudjelovanju sa tvari izazovu ionizaciju (nastajanje parova pozitivno i negativno nabijenih čestica-iona). Pri tomu dolazi do apsorpcije energije zračenja u tvari. Količina apsorbirane energije ovisna je i o vrsti ionizirajućeg zračenja i o osobinama tvari (atomska masa, gustoća). Ako su zračenju izloženi živi organizmi to može izazvati biološki štetne posljedice koje se mogu manifestirati i na izloženim jedinkama, ali i na njihovom potomstvu, tako da izlaganje ionizirajućem zračenju uvijek sa sobom nosi zdravstveni rizik.

Čovjek je oduvijek bio izložen ionizirajućem zračenju iz prirodnih izvora (kozmičko zračenje, elektromagnetska zračenja podrijetlom sa zvijezda, radioaktivna zračenja prisutna u zemljinoj kori itd.), ali je u suvremenom društvu dodatno izložen i ionizirajućim zračenjima iz umjetno stvorenih izvora koji se široko koriste u različitim područjima ljudskog djelovanja (medicini i stomatologiji, industriji, energetici, znanstvenim istraživanjima, kriminalistici, astrofizici, umjetnosti, itd.).

Kako bi se, unatoč zdravstvenom riziku, dozvolile aktivnosti koje uključuju izlaganje ionizirajućem zračenju uspostavljene su mjere za zaštitu pojedinaca, njihovog potomstva i cijelog ljudskog roda koje se u cijelom svijetu zasnivaju na preporukama Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja (International Commission on Radiological Protection - ICRP). Od svog osnutka 1928. g. u Stockholmu na inicijativu Prvog međunarodnog kongresa radiologa održanog 1925. g. u Londonu ICRP je do danas samo tri puta izdala opće preporuke: 1977. g. u Publikaciji 26, 1990. g. u Publikaciji 60 i 2007. g. u Publikaciji 103. (1). U svakoj sljedećoj publikaciji revidirane su stare preporuke s obzirom na nove znanstvene spoznaje i razvoj politike zaštite od zračenja, međutim nikada se nisu mijen-

jala osnovna načela zaštite od zračenja uspostavljena u Publikaciji 26. (2), a to su:

1. načelo opravdanosti
2. načelo optimizacije
3. načelo ograničenja doza

Ova tri osnovna načela ugrađena su i u hrvatsko zakonodavstvo iz područja zaštite od zračenja koje regulira Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (u daljnjem tekstu Zakon) (3) i popratni pravilnici.

Po načelu opravdanosti niti jedna djelatnost koja uključuje izlaganje ljudi ionizirajućem zračenju ne može se uvesti bez procjene rizika. Pri tomu ukupna korist za društvo i pojedinca mora biti veća od štete zbog izlaganja ionizirajućem zračenju.

Po načelu optimizacije sve doze moraju biti toliko niske koliko je to razumno moguće postići uvažavajući tehničke, zdravstvene, ekonomske i društvene čimbenike. Ovo načelo je u zaštiti od zračenja poznato po akronimu ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

Treće načelo je načelo ograničenja doza koje se uspostavlja tako da se ne smiju prijeći Zakonom utvrđene granice izlaganja za pojedinog stanovnika, profesionalno izložene radnike, određene organe ili tkiva ljudskog tijela (4).

Pri tomu je cilj spriječiti determinističke učinke zračenja, a stohastičke ograničiti na prihvatljivu razinu.

Deterministički učinci su oni čija jakost ovisi o dozi. Imaju prag ispod kojeg se ne pojavljuju. Primjer su: ne maligna oštećenja kože, zamućenje očne leće, smanjenje broja stanica u koštanoj srži itd.

Stohastički učinci zračenja su oni čija vjerojatnost pojavljivanja ovisi o dozi, ali ne postoji prag ispod kojeg se učinak ne bi mogao pojaviti. Vrlo ozbiljni učinci na zdravlje (pojava karcinoma, genetski učinci itd.) mogu se pojaviti i niz godina nakon izlaganja.

Većina izlaganja ionizirajućim zračenjima je ili neizbježna (izlaganje prirodnim izvorima) ili neželjena posljedica različitih

aktivnosti koje uključuju umjetno stvorene (ljudskom rukom) izvore ionizirajućeg zračenja.

Za razliku od gore navedenih neželjenih izlaganja ionizirajućem zračenju medicinsko izlaganje zračenju je gotovo uvijek dobrovoljno, karakteriziraju ga relativno visoke, ali lokalne doze ozračivanja i neto korist za ozračenu osobu. Za medicinsko izlaganje ne postoje granice doza, pa se primjenjuju samo prva dva načela zaštite od zračenja. To znači da se zaštita pacijenta od zračenja u medicini i dentalnoj medicini postiže provedbom načela opravdanosti i optimizacije.

Medicinsko izlaganje ionizirajućem zračenju uključuje (5):

1. izlaganje pacijenata u sklopu medicinske dijagnostike ili terapijskog tretmana
2. izlaganje prilikom preventivnih zdravstvenih pregleda u sklopu nacionalnih programa sustavnih preventivnih zdravstvenih pregleda kojima se ispituju naizgled zdravi pojedinci iz populacije u svrhu ranog otkrivanja simptoma ili predispozicija za nastanak neke bolesti
3. izlaganje zdravih pojedinaca ili pacijenata koji dragovoljno učestvuju u medicinskim, biomedicinskim, dijagnostičkim ili terapijskim istraživačkim programima

Izlaganje zračenju u medicinske svrhe opravdano je samo ukoliko postoji valjana klinička indikacija i neto korist za izloženog pojedinca. Zakonom je strogo uređeno tko može uputiti pacijenta na pregled, a tko odobrava odgovarajuću proceduru. Npr. liječnik opće prakse može predložiti dijagnostiku rendgen zračenjem, ali je odobrava specijalist radiolog. U RH ovu problematiku definira Pravilnik o uvjetima za primjenu izvora ionizirajućeg zračenja u medicini i dentalnoj medicini (6).

Optimizacija podrazumijeva da ako je, nakon procjene opravdanosti, odobren dijagnostički postupak s uporabom ionizirajućeg zračenja, on mora biti izve-

den na takav način da se dobije željena dijagnostička informacija uz minimalno izlaganje pacijenta zračenju. To se postiže pažljivim odabirom uređaja i opreme, primenom propisanih zaštitnih sredstava i evaluacijom tehnika izvođenja određene procedure.

U sklopu optimizacije izrazito je značajna obučenosť i iskustvo osoba koje provode postupak. Zapanjuje podatak da po podacima Svjetske zdravstvene organizacije (World Health Organization - WHO) doza koju prime pacijenti prilikom iste vrste intervencijske procedure može biti i više nego desetostruko veća ukoliko je obavljena pod rukovodjenjem intervencijskog radiologa bez iskustva u odnosu na onog s iskustvom (7).

Općenito postoje tri grane medicine u kojima pacijent može biti izložen ionizirajućem zračenju u medicinske svrhe (8). To su:

1. dijagnostička radiologija (uključujući slikom vođene intervencijske procedure)
2. nuklearna medicina
3. radioterapija

U dijagnostičkoj radiologiji uređaji koji proizvode ionizirajuće zračenje su dijagnostički rendgenski uređaji. Pacijent je izložen elektromagnetskom rendgenskom zračenju. Uređaji se mogu koristiti za dvije osnovne namjene: snimanje (radiografiju) i dijaskopiju.

Snimanje ili radiografija je dobivanje i bilježenje slikovnih podataka na prijamnom sustavu nastalih prolazom i apsorpcijom rendgenskog zračenja u pacijentu i karakterizira ga kratka ekspozicija zračenju.

Dijaskopija je prikazivanje tkiva i organa i njihove pokretljivosti i funkcijskih osobina na prijamnom sustavu koji se zasniva na prolazu i apsorpciji rendgenskog zračenja. Ekspozicija može trajati do nekoliko minuta, pa je i izloženost pacijenata u ovom slučaju značajno veća.

Neke od medicinski procedura u dijagnostičkoj radiologiji pri kojima se dijagnostička informacija dobiva uz izlaganje pacijenata rendgenskom zračenju su: klasična i digitalna radiografija (npr. radiogram pluća), mamografija (rendgenski pregled dojke), dijaskopija koja se izvodi najčešće s uporabom kontrastnih sredstava, kompjuterizirana tomografija (CT) itd.

U ovu kategoriju mogu se ubrojiti i intervencijske i invazivne procedure. Najčešće se obavljaju angiografije (pregledi krvnih žila). Neke od navedenih procedura ne obavljaju

samo radiolozi, već i liječnici drugih specijalnosti kao što su kardiolozi, ortopedi, urolozi, itd.

Prilikom snimanja u dentalnoj radiologiji pacijent je također izložen rendgenskom zračenju.

Treba naglasiti da se unutar dijagnostičke radiologije koriste i uređaji kod kojih se dijagnostička informacija dobiva bez izlaganja pacijenta ionizirajućem zračenju, a to su ultrazvučni uređaji, termografski uređaji i uređaji koji koriste oslikavanje temeljeno na magnetnoj rezonanciji (Magnetic Resonance Imaging - MRI).

U nuklearnoj medicini koriste se male količine medicinskih pripravaka otvorenih radionuklida (radiofarmaka) koji se apliciraju pacijentu u dijagnostičke ili terapijske svrhe, ili se koristiti u specifičnim laboratorijskim pretragama.

Pretrage in vivo podrazumijevaju da se u tijelo pacijenta unose dijagnostičke doze gama emitirajućih radiofarmaka injekcijom, inhalacijom ili oralno.

Radiofarmak unesen u organizam prati iste metaboličke putove kao i onaj koji nije radioaktivan (kemijski su identični). Kako zrače prodorno gama zračenje, izvana se pogodnim uređajima mogu pratiti ili se njihova distribucija, odnosno nakupljanje slikovno prikazuje.

Slike dobivene u nuklearnoj medicini zovu se scintigrami (lat. scintilla-iskra). Predstavljaju dvodimenzionalni prikaz trodimenzionalne raspodjele radiofarmaka u određenom organu ili dijelu tijela nastalu iz jedne projekcije.

Osim planarnih slika, mogu se dobiti i slike tankih slojeva tijela (tomogrami). Tomogrami su u nuklearnoj medicini dvodimenzionalne slike raspodjele radiofarmaka unutar odabranog presjeka trodimenzionalnog objekta. Nastaju prikupljanjem podataka iz mnogo projekcija oko pacijenta. Rekonstrukcijom uz pomoć računala daju prikaze tankih dijelova tijela (slojevita snimanja).

Medicinski pregledi u nuklearnoj medicini pri kojima se dijagnostička informacija dobiva uz izlaganje pacijenata ionizirajućem (radioaktivnom zračenju) mogu se obavljati na slijedećim uređajima: scintigraf, gama kamera, jednofotonska emisijska tomografija (SPECT), pozitronska emisijska tomografija (PET).

U zadnje vrijeme, razvili su se sofisticirani fuzijski (hibridni) dijagnostički uređaji koji koriste zračenje otvorenih radioaktivnih izotopa (nuklearna medicina) u kombi-

naciji s drugim vrstama elektromagnetnih zračenja (dijagnostička radiologija). Neki od najpoznatijih fuzijski uređaji su: (CT/SPECT), (PET/CT), (PET/MRI). Ovakvi uređaji koriste komparativne prednosti tehnika nuklearne medicine (dobar uvid u metaboličke procese u organizmu) i dijagnostičke radiologije (izvrstan prikaz anatomskih struktura).

U nuklearnoj medicini otvoreni radioaktivni izvori zračenja mogu se koristiti i u terapijske svrhe, kada se apliciraju pacijentu u terapijskim dozama (npr. radioaktivni jod u tretmanu štitne žlijezde).

U radioterapiji se koriste zatvoreni izvori zračenja kojima se ne može radioaktivno kontaminirati prostor. Ionizirajuće zračenje se koristi najčešće za tretiranje različitih vrsta karcinoma.

Teleterapija (eksterna radioterapija) se provodi zračenjem pacijenata izvorom smještenim u posebnim uređajima izvan pacijenta. Ti uređaji mogu biti terapijski rendgen uređaji, supervoltažni rendgen uređaji (linearni akceleratori, akceleratori teških nabijenih čestica) i radioizotopni teleterapijski uređaji (kobalt bomba ili uređaj za stereotaktičku radiokirurgiju (gama nož)). Brahiterapija (grčki brachys = blizu) ili interna radioterapija se provodi tako da je izvor radioaktivnog zračenja smješten unutar ili blizu (unutar 5 cm) područja koje se želi tretirati. Po tomu ostaje li radioaktivni izvor trajno u pacijentu ili ne, brahiterapija se dijeli na permanentnu (trajnu) ili privremenu. Iz svega navedenog, vidljivo je da se ionizirajuće zračenje u suvremenoj medicini i stomatologiji široko koristi, te da je nezamjenljiva njegova uloga pri dijagnosticanju i u terapiji različitih vrsta oboljenja. S obzirom da uporaba ionizirajućeg zračenja u medicinske svrhe u cijelom svijetu bilježi kontinuiran porast, a to je naročito izraženo u području dijagnostičke radiologije i intervencijskih i invazivnih procedura u kardiologiji, uz nesumnjivu dobrobit koju upotreba ionizirajućeg zračenja donijela nepohodno je osvijestiti i potencijalne rizike koji su povezani s izlaganjem zračenju i moguće posljedice kako za izloženu osobu, tako i za buduće generacije. Sve veća uporaba zračenja u medicinske svrhe zabrinjava. Rezultirala je time da danas medicinsko izlaganja zračenju predstavlja značajan doprinos u ukupnoj dozi koju prima populacija od svih izvora zračenja (9). Po najnovijim podacima WHO, udio medicinskog izlaganja u populacijskoj dozi primljenoj od

svih umjetno stvorenih izvora iznosi 98%. Godišnje se širom svijeta načini više od 3,6 milijardi dijagnostičkih radioloških pregleda, 37 milijuna pregleda u nuklearnoj medicini i obavi 7,5 milijuna radioterapijskih tretmana (10). Zbog toga je na kraju potrebno još jed-

nom naglasiti da za medicinsko izlaganje zračenju ne postoje granice doza. Zbog mogućih posljedica na zdravlje stanovništva i budućih pokoljenja, ovlaštene osobe za upućivanje, odobravanje i izvođenje pregleda ili terapije koji uključuju izlaganje ionizirajućem zračenju moraju se adekvatno

educirati na polju zaštite od zračenja i striktno pridržavati osnovnih načela zaštite, a to su procjena opravdanosti medicinskog izlaganja i optimizacija.

LITERATURA

1. OECD 2011, NEA, Evolution of ICRP Recommendations 1977, 1990, 2007.
2. ICRP, 1977. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. Ann. ICRP1 (3)
3. Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 141/13, NN 39/15, NN 130/17)
4. Pravilnik o granicama ozračenja (NN 59/13)
5. International Commission on Radiological Protection. 1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21(1-3), Pergamon Press, Oxford, 1991.
6. Pravilnik o uvjetima za primjenu izvora ionizirajućeg zračenja u medicini i dentalnoj medicini (NN 89/13)
7. World Health Organization, Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology, Chapter 2 WHO, Geneva, 2000.
8. UNSCEAR 2008. Report: Sources and effects of ionizing radiation, Volume 1
9. IAEA, 2015, Radiation protection in medicine: setting the scene for the next decade: proceedings of an International Conference, Bonn, 3-7 December 2012., Vienna
10. WHO, Ionizing radiation, health effects and protective measures, dostupno na: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/en/>, pristupljeno 7.3.2018.