

# SEVANJE PRI RADIOLOŠKIH PREISKAVAH IN POSTOPKIH

Urban Zdešar

**POVZETEK.** Število različnih radioloških posegov se povsod po svetu veča, s tem pa tudi obsevanost posameznikov (pacientov) in prebivalstva kot celote, in to zlasti zaradi računalniško-tomografskih slikanj ter posegov intervencijske radiologije in kardiologije. Redne ocene obsega in porazdelitve doz, ki jih prejmejo pacienti, so zato zelo pomembne. Tudi pri varstvu pacientov pred sevanjem se uporabljata dve osnovni načeli varstva pred ionizirajočimi sevanji: upravičenost in optimizacija. Tretje načelo, individualne dozne omejitve, se zaradi neposrednih koristi za pacienta ob upravičeni in optimizirani uporabi sevanja, ne uporablja. Namesto tega se je uveljavila uporaba diagnostičnih referenčnih ravni, ki temeljijo na dejstvu, da so doze, ki jih prejmejo pacienti pri enakih preiskavah na različnih rentgenskih aparatih, lahko zelo različne. Z določitvijo in uporabo diagnostičnih referenčnih ravni je mogoče najti tiste rentgenske aparate, pri katerih posegi niso optimizirani. To popravimo z optimizacijo, s čimer zvečamo kakovost radioloških posegov. Z uveljavitvijo digitalne tehnike v radiologiji se vse bolj uveljavlja zbiranje podatkov o obsevanosti pri vseh izvedenih posegih, saj so podatki del zapisa, ki spremlja slike. Največja prednost sprotnega spremljanja doz je, da so podatki na voljo praktično takoj in ves čas. Poleg povprečne vrednosti je mogoče spremljati morebitne trende in iskati nenavadno visoke ali nizke doze, kar je oboje dobro vodilo za optimizacijo.

## UVOD

Diagnostična in intervencijska radiologija ter intervencijska kardiologija so področja uporabe ionizirajočega sevanja, ki povsod po svetu prispevajo največji delež k obsevanosti prebivalstva zaradi človekove dejavnosti. Poleg tega se število posegov veča [1]. Ob zadnji sistematični oceni za leto 2011 smo za Slovenijo ocenili, da ti posegi prispevajo okrog 0,6 mSv doze na prebivalca [2], kar znese približno četrtino povprečne skupne doze. Je pa obsevanost pacientov pri različnih posegih zelo različna. Pri nekaterih posegih so doze primerljive s kvečjemu kakšnim dnevom obsevanosti zaradi sevanja naravnega ozadja, pri drugih pa prejete doze lahko povzročijo celo sevalne poškodbe. Ocenjene povprečne efektivne doze za različne rentgenske posege so v Tabeli 1 [2].

Daleč največji delež k skupni obsevanosti zaradi radioloških posegov prispeva računalniška tomografija, kar približno 2/3 skupne doze, čeprav dosega le približno 5 % vseh diagnostičnih posegov. Druga pomembna skupina so intervencijski posegi, ki jih je po številu še desetkrat manj (približno 0,5 %), vendar prispevajo približno 10 % kumulativne doze [2].

Tabela 1. Povprečne efektivne doze pri različnih rentgenskih posegih, ocenjene za Slovenijo za leto 2011 [2]

<i>Vrsta posega in slikani del telesa</i>	<i>E [mSv]</i>
<b>Konvencionalna radiografija</b>	
prsnega koša (pljuč)	0,05
vratne hrbtenice	0,06
prsne hrbtenice	0,36
ledvene hrbtenice	0,76
dojke	0,37
trebuha	0,42
medenice s kolki	0,51
<b>Računalniška tomografija</b>	
glave	2,9
vratu	3,0
prsnega koša	6,7
hrbtenice	9,9
trebuha	15,3
medenice	9,8
prsnega koša in trebuha	17,5
<b>Intervencijska posega</b>	
koronarna angiografija	4,3
koronarna angiografija z angioplastiko	12,4

## **Računalniška tomografija**

Računalniška tomografija (Computed Tomography, CT) je diagnostična metoda, ki omogoča iz serije projekcij skozi slikani objekt z računalniško obdelavo rekonstruirati prereze slikanega objekta. CT zagotavlja zelo dobro preglednost tkiv z majhnim lastnim kontrastom, zaradi vrste projekcij iz različnih smeri na slikah ni prekrivanja struktur, poleg tega pa omogoča tudi natančno merjenje velikosti slikanih objektov. Posledica velikega števila projekcij pa je razmeroma visoka doza, ki jo prejmejo organi v snopu sevanja. Običajno so doze, ki jih prejmejo pacienti pri posameznem posegu, na ravni od nekaj mSv do nekaj 10 mSv.

Med najbolj sevalno obremenjujočimi CT-posegi so tisti v področju trebuha, saj so v tem področju tudi na sevanje najbolj občutljivi organi. Ob tem se pogosto uporabljajo še kontrastna sredstva, zato poseg poteka v več fazah, kar še poveča obsevanost. Najpogostejši CT-posegi pa so v področju glave, za katere so značilni relativno visoki ekspozicijski parametri in tako doza obsevanih organov (možganov, oči). Efektivna doza pa ni tako zelo visoka, saj so ti organi manj občutljivi za ionizirajoče sevanje.

Število CT-posegov se iz leta v leto veča, deloma na račun vse večjega števila CT-naprav in deloma na račun njihove vse večje hitrosti. Trajanje ekspozicij pri modernih CT-napravah je na ravni nekaj sekund in poseg skupaj s pripravo pacienta večinoma traja le nekaj minut. Kljub temu ostajajo prejete doze relativno visoke, zato si jih zadnja leta zelo prizadevajo znižati. Moderne CT-naprave imajo vrsto sistemov in možnosti, kako doze pri posegih zmanjšati (avtomatsko prilagajanje ekspozicij pacientu, optimizacija spektrov sevanja, modernejše metode rekonstrukcij slik, ki zmanjšujejo šum na slikah itd.).

## **Intervencijska radiologija in kardiologija**

Intervencijski radiološki in kardiološki posegi postajajo predvsem v razvitem svetu pomemben vir obsevanosti tako pacientov kot tudi osebja. Število posegov se veča, saj so manj invazivni kot kirurški, poleg tega pa so sedaj mogoči tudi posegi na ožilju, ki kirurško sploh ni dosegljivo. Negativna plat intervencijskih posegov pa je obsevanost pacientov in tudi osebja, saj se poseg ves čas spremlja in dokumentira s pomočjo rentgenskega sevanja. Pri bolj zapletenih in zato dolgotrajnejših posegih lahko pacient utрпи celo sevalne poškodbe kože [3]. Zato je treba natančno spremljati, kolikšno dozo

je že prejel pacient; če se pri novem obsevanju nakazuje možnost sevalnih poškodb, je treba s tem seznaniti pacienta in obvestiti njegovega osebnega zdravnika.

## **Konvencionalna radiografija**

Običajna rentgenska slikanja so najpogostejši posegi diagnostične radiologije. Pri nas dosega več kot 90 % vseh radioloških posegov [2]. Ker gre za splošno znane posege, jih tu ne opisujem.

## **Mamografija**

Mamografija je radiološka preiskava, s katero je mogoče v slikanih dojkah odkriti zelo majhne spremembe (še netipne lezije in mikrokalcinacije), ki so lahko začetni znaki raka dojk. Za mamografijo se uporabljajo posebni rentgenski aparati – mamografi, ki so posebej prilagojeni slikanju dojk. Mamografija je posebna tudi zato, ker gre za enkratno edino rentgensko preiskavo, ki se izvaja tudi preventivno. Organizirano presejanje (screening) se je v več državah pokazalo kot zelo uspešna metoda zgodnjega odkrivanja raka dojk, ki ob pravilni nadaljnji obravnavi uspešno zmanjša umrljivost zaradi te bolezni. Tudi Slovenija je začela leta 2008 organizirati program preventivnega slikanja dojk DORA, v katerega je bila leta 2018 vključene celotna ciljna populacija žensk. Cilj programa je zmanjšati umrljivosti za rakom dojk med ženskami v ciljni populaciji za 25 do 30 odstotkov [4].

Mamografija je nekoliko posebna, ker je pri preiskavi obsevan praktično le en organ – dojka. Rak dojke se začne v žlezju dojke, zato je za oceno tveganosti preiskave pomembna doza, ki jo prejme to tkivo. Sestava in velikost dojk sta pri ženskah zelo različni; sestava se spreminja tudi s starostjo ženske, saj žlezno tkivo postopoma nadomešča maščevje. Zato za oceno obsevanosti pri mamografiji uporabljamo modelsko količino, povprečno žlezno dozo.

## **VARSTVO PACIENTOV PRED SEVANJEM**

Najpomembnejši korak pri zaščiti pacientov pred sevanjem se zgodi že pred samim posegom, ko se zdravnik za poseg sploh odloči. Ker je radioloških

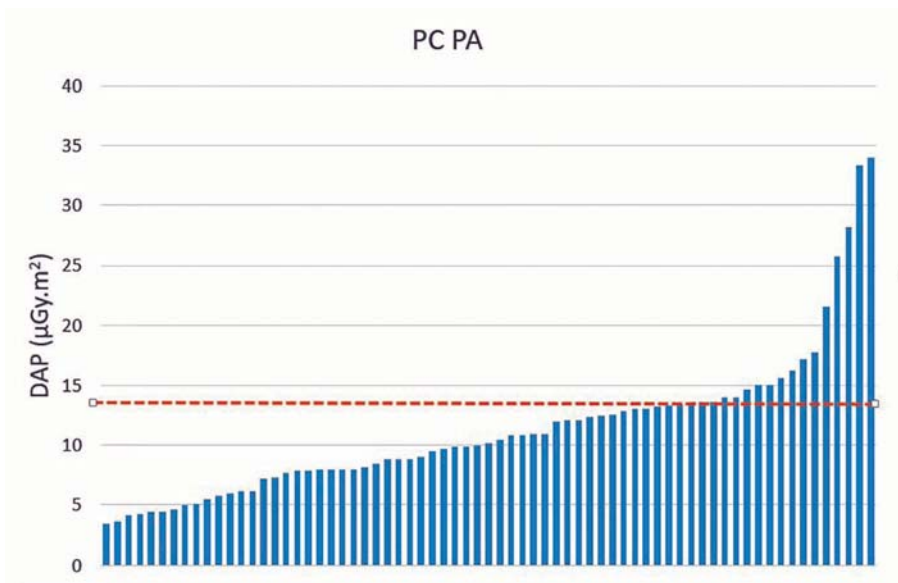
preiskav zelo veliko vrst, se napotni zdravnik sam pogosto težko odloči, kakšna preiskava je najustreznejša. Zato v postopku odločitve za poseg sodeluje še zdravnik, ki oceni upravičenost ter poseg odobri in s tem sprejme klinično odgovornost za njegovo izvedbo. Načelo upravičenosti je prvo načelo varstva pred sevanji, ki naroča le tiste posege, pri katerih korist za pacienta presega škodo zaradi prejete doze.

Drugo načelo varstva pred sevanji je optimizacija in pomeni odločitev o tem, s kakšno opremo in na kakšen način bo izbrani poseg opravljen. Od tega sta odvisni tako kakovost slike ali slik kot obsevanost pacienta. Pri tem je seveda treba poudariti, da zaščita pred sevanjem ne sme vplivati na izbiro slikovne metode na način, ki bi toliko zmanjšal kakovost diagnostičnih informacij, da bi to lahko zmanjšalo kakovost diagnostike oziroma zdravljenja.

Tretje načelo varstva pred sevanji so dozne omejitve, ki pa se pri pacientih ne uporabljajo tako kot pri delavcih in posameznikih iz prebivalstva, izpostavljenih sevanju. Ob upravičeni in optimizirani uporabi sevanja v zdravstvu je namreč korist za vsakega pacienta neprimerno večja od škode zaradi prejete doze. Zato doze, prejete pri radioloških posegih, niso zakonsko omejene. Negativna posledica tega je, da pogosto ne vemo, kako visoke so doze pri konkretnem posegu na konkretnem rentgenskem aparatu. Če ne poznamo doz, tudi ne moremo ugotoviti, ali so posegi v resnici optimalni, oziroma ali so prejete doze tako nizke, kot je to združljivo z diagnostično nalogo.

Pri ugotavljanju, ali so radiološki posegi s stališča varstva pred sevanji optimizirani, je uveljavljena praksa primerjanje povprečnih prejetih doz pacientov na posameznem rentgenskem aparatu z diagnostičnimi referenčnimi ravni. Diagnostična referenčna raven je nekakšna ločnica, ki pri posamezni vrsti diagnostičnega posega razmejuje optimizirano radiološko prakso od neoptimizirane. Z določitvijo referenčnih ravni se ne omejujejo doze posameznih pacientov, ampak iščejo aparati, pri katerih so doze v povprečju neobičajno visoke. Pri teh potem preverimo, ali je mogoče s spremembo opreme ali tehnike izvedbo posegov optimizirati.

Za določitev diagnostičnih referenčnih ravni je odgovorna Uprava RS za varstvo pred sevanji, določi pa jih s sistematičnim pregledovanjem značilnih doz pacientov [5]. Določitev diagnostičnih referenčnih ravni temelji na dejstvu, da je razpon doz pri enakem posegu, izvedenem na različnih rentgenskih aparatih (zdravstvenih ustanovah, oddelkih ...) običajno zelo velik. Porazdelitev doz za slikanje prsnih organov (pljuč) v projekciji PA prikazuje Slika 1. Gre za izmerjene doze na rentgenskih aparatih v Sloveniji v letih 2011–16. Vsak stolpec je ocenjena povprečna doza za odraslega pacienta na enem od aparatov, kjer izvajajo takšno slikanje.



Slika 1. Porazdelitev povprečnih doz pacientov pri slikanju organov prsnega koša v projekciji PA (PC PA) z rentgenskimi aparati v Sloveniji. Vsak stolpec kaže povprečno vrednost doze za odrasle paciente enem rentgenskem aparatu. S črto je označena približna vrednost tretjega kvartila porazdelitve, ki se uporablja kot diagnostična referenčna raven

Očitno je razpon doz zelo velik. Diagnostična referenčna raven se določi tako, da se porazdelitev razdeli v dva dela, meja pa je tretji kvartil porazdelitve. Za tri četrtine rentgenskih aparatov, ki so pod referenčno ravnjo, velja, da je poseg s stališča obsevanosti optimiziran, pri aparatih v zgornji četrtini pa bi se z optimizacijo posega doze po vsej verjetnosti lahko zmanjšale. Če je povprečna doza nad diagnostično referenčno ravnjo, lahko Uprava RS za varstvo pred sevanji sicer izda dovoljenje za uporabo aparata, vendar za krajši čas, v katerem pa je treba preveriti možnost optimizacije. Namen meritev doz pacientov tako ni zgolj ugotavljanje povprečne izpostavljenosti, ampak predvsem poiskati tiste rentgenske aparate, kjer se radiološki posegi ne izvajajo optimizirano, in s tem dvigniti kakovost radioloških posegov.

Trenutno večino podatkov o obsevanosti pacientov v Sloveniji zberemo v postopku za pridobitev dovoljenja za uporabo posameznega rentgenskega aparata, ko je treba izdelati program radioloških posegov. Pomemben del

programa radioloških posegov je analiza doz, ki jih pri posegih na tem aparatu prejmejo pacienti. Način zbiranja podatkov je odvisen od vrste posegov oziroma vrste rentgenskega aparata, s katerim se ti posegi izvajajo. Večinoma se obsevanost oceni z merjenjem doz na vzorcu pacientov. V zadnjih letih pa se z večjo rabo digitalne tehnike vse bolj uveljavlja sledenje dozam pacientov (t.i. »dose-tracking«). Gre za zbiranje podatkov o obsevanosti pri vseh izvedenih posegih, saj so podatki del zapisa, ki spremlja slike. Samodejno zbiranje teh podatkov imenujemo sledenje dozam pacientov in ima pred zbiranjem podatkov z vzorčenjem veliko prednosti:

- pri vzorčenju se podatki zbirajo ročno: radiološki inženirji, ki delajo na aparatih, izpolnjujejo pripravljene obrazce, kar predvsem pri rentgenskih aparatih, kjer se izvaja veliko število različnih preiskav, pomeni precej dodatnega dela. Zato so vzorci pogosto majhni – le redko zberejo podatke za več kot 10 pacientov za posamezni poseg. Sledenje doz pa omogoča zbiranje podatkov o vseh dozah brez kakršnega koli posredovanja oziroma dodatne obremenitve radioloških inženirjev;
- ob ročnem vpisovanju doz, ki je povezano z večkratnim prepisovanjem podatkov (iz aparata na obrazec in iz obrazca nazaj v elektronsko obliko, ki je primerna za analizo), se hudo zveča možnost napak, ki jih pri samodejnem zbiranju ni;
- morda največja prednost sprotnega sledenja dozam pa je, da so podatki na voljo praktično takoj in ves čas. Tako je mogoče spremljati morebitne trende in iskati nenavadno visoke ali nizke doze, kar je oboje dobra osnova za morebitno optimizacijo. Zavod za varstvo pri delu je v ta namen razvil aplikacijo ORQA, ki omogoča zbiranje podatkov o obsevanosti ter njihovo analizo in prikaz uporabnikom. Poleg doz je mogoče s pomočjo aplikacije spremljati tudi druge parametre kakovosti, ki kažejo, kako je bila preiskava tehnično opravljena. Zato je s sprotnim spremljanjem teh podatkov mogoče odkriti že morebitne manjše težave v delovanju radiološke opreme in tudi nadzorovati njeno uporabo.

## LITERATURA

1. European Commission. Medical radiation exposure of the European population. Part 1. Radiation Protection No 180. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014.
2. Zontar D, Zdešar U, Kuhelj D, Pekarovič D, Škrk D. Estimated collective effective dose to the population from radiological examinations in Slovenia. *Radiol Oncol* 2015; 49 (1): 99–106.
3. Kuhelj D, Kovačič M, Zdešar U, Pekarovič D, Žontar D. Interventional radiological procedu-

res most prone to cause high patient peak skin doses based on review of 7607 procedures.  
Radiat Prot Dosim 2018

4. <https://dora.onko-i.si/>
5. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur I RS, št. 76/17 in 26/19.