

Olivera Ciraj

Pacijentna dozimetrija u dijagnostičkoj radiologiji

Sistem zaštite od jonizujućih zračenja ima različite forme u zavisnosti od vrste izvora zračenja i ljudskih aktivnosti koje dovode do izlaganja jonizujućim zračenjima. Iako najveći doprinos dozi za pojedinca potiče od prirodnih izvora zračenja, u ovom slučaju se ne preduzimaju posebne mere zaštite. Zračenja koja su posledica čovekovih aktivnosti imaju drugačiji tretman. Izloženost veštačkim izvorima se ograničava, odnosno smanjuje na prihvatljiv nivo. Pri tome je od posebnog značaja smanjenje nepotrebnog izlaganja, što se postiže primenom osnovnih principa zaštite od zračenja [1,2,3]:

- opravdanošću prakse;
- optimizacijom zaštite;
- ograničavanjem individualnih doza i rizika.

Jonizujuća zračenja u medicini su nedvosmisleno veoma moćno dijagnostičko i terapeutsko sredstvo. Uprkos razvoju alternativnih metoda, dijagnostičke metode uz primenu X-zračenja ostale su gotovo nezamenljive. Takvo stanje se verovatno neće promeniti ni u budućnosti, s obzirom da brz tehnološki razvoj donosi nove tehnike, koje se, takođe, baziraju na primeni rendgenskog zračenja.

Usled svojih specifičnosti, medicinsko izlaganje i zaštita pacijenata u rendgendijagnostici tretiraju se posebno u odnosu na izloženost profesionalno izloženih lica. Direktiva Evropske Komisije EC 97/43 EUROATOM pruža osnovne odrednice za zaštitu pacijenta, pri čemu je od suštinskog značaja činjenica da nema individualnih granica doza[3]. Zaštita od zračenja se temelji na stavu da je praksa opravdana i da je korist za pacijenta neosporna, pa su načela opravdanosti prakse i optimizacije zaštite još zanačajniji u slučaju medicinskog izlaganja.

Optimizacija zaštite u dijagnostičkoj radiologiji je, u suštini, pronalaženje kompromisa između kvaliteta dijagnostičke informacije koju pruža rendgenski snimak, i doze koju primi pacijent. Poštujući neophodne dijagnostičke zahteve, doza za pacijenta treba da bude što je moguće niža. S jedne strane, veličine koje zadovoljavaju kriterijum jednostavne merljivosti i omogućavaju komparacije i ocenu izloženosti pacijenata, utvrđene su međunarodnim preporukama. S druge strane, kvalitet slike predstavlja kompleksniji problem, s obzirom da ne postoji dobro definisana i jednostavno merljiva veličina, koja bi poslužila kao jedinstven pokazatelj kvaliteta slike. Stručna i naučna tela koja se bave problemom zaštite od zračenja u medicini,

kao način optimizacije predlažu uvođenje graničnih vrednosti koje odvajaju dobru od loše radiološke prakse. Odabrani referentni nivoi određuju se merenjem pacijentnih doza za svaki tip pregleda i reprezentativni uzorak pacijenata. Po pravilu, distribucija doza je veoma široka što samo po sebi ukazuje na mogućnosti za smanjenje pacijentnih doza. Posebno pitanje je gde postaviti referentni nivo. Po pragmatičnom pristupu koji je usvojen u Velikoj Britaniji za referentni nivo uzima se treći kvartil distribucije izmerenih doza, što znači da se praksa u četvrtini rendgen-kabineta sa najvećim vrednostima doza smatra neoptimalnom[4-7].

Potreba za uvođenjem pacijentne dozimetrije formulisana je i kroz Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja (Sl. list SRJ 46/96), Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i Pravilnik o načinu primene izvora jonizujućih zračenje u medicini (Sl. list SRJ 32/98), kroz stavove da [8]:

- pacijentna doza mora biti u skladu sa prihvaćenom dijagnostičkom praksom;
- pacijenta doza mora biti što je moguće niža a da se pri tom obezbedi dijagnostička informacija potrebnog kvaliteta;
- lica koja odobravaju i sprovode postupak moraju biti upoznata sa tipičnim vrednostima doza, metodama merenja i mogućnostima za smanjenje doza.

Izloženost pacijenata u dijagnostičkoj radiologiji , trenutno stanje i trendovi

Trend karakterističan za medicinsko izlaganje sastoji se od dve vrste promena: promene u tipu i učestanosti procedura koje se sprovode i promene u nivou doze za pojedinca. Doze su uslovljene kontinualnim unapređenjem tehnika za proizvodnju, detekciju i kontrolu rendgenskog zračenja, uključujući i razvoj alternativnih dijagnostičkih metoda, i inicijativama za kontrolu kvalitata i zaštitu pacijenata. Prema podacima UNSCEAR-a broj rendgendijagnostičkih pregleda na 1000 stanovnika kreće se od preko 1400 do svega nekoliko desetina, u zavisnosti od stepena razvijentosti zemlje. Za celokupnu svetsku populaciju, broj pregleda na godišnjem nivou iznosi 1, 9 milijardi, što u proseku odgovara frekvenciji od 330 pregleda na 1000 stanovnika. Porast broja pregleda na 1000 stanovnika zabeležen je u mnogim zemljama. Ukupna godišnja kolektivna doza procenjena je na oko 2,22 miliona čovek Sv, što odgovara prosečnoj dozi od oko 0,4 mSv *per capita* [9].

Srednja vrednost efektivne doza po jednom pregledu u poslednjoj deceniji, prema podacima UNSCEAR-a iznosi 1,2 mSv, što je za oko 20% više u odnosu na prethodnu dekadu. Ovaj porast pripisuje se većem doprinosu kompleksnih procedura i kompjuterizovane tomografije (KT), posebno u razvijenim zemljama. UNSCEAR veruje u mogućnosti za smanjenje doza, posebno u slučaju pregleda kao što su snimanje karlice, kuka, lobanje i KT.

U poslednjih nekolikodecenija zabeležen je veoma intenzivan razvoj opreme i dijagnostičkih metoda. Film tehnologija se neprekidno razvija, fokusirajući se na zrna i strukturu emulzije na filmu i pojačivačkim folijama, kao i boljoj spektralnoj usaglašenosti kombinacije film-pojačivačka folija. Klasični snimci se dobijaju uz relativno niske pacijentne doze iako još uvek postoje značajne razlike u kvalitetu slike za slične sisteme u zavisnosti od proizvođača i kombinacije film-pojačivačka folija. Digitalne tehnike otvaraju mogućnosti za poboljšanje kvaliteta slike, *a priori* odabir pacijentne doze u zavisnosti od željenog kvaliteta slike kao i veću pouzdanost u reprodukciji slike.

Uvođenje digitalnih tehnika dovelo je do bitnih promena u kliničkoj praksi. Loše odabrana tehnika može rezultovati visokim dozama za pacijenta ali u isto vreme digitalni sistemi omogućavaju post-procesing slike i upravljanje slikom pomoću PACS sistema.

Značajne varijacije u pacijentnim dozama referisane su u brojnim internacionalnim, nacionalnim i regionalnim studijama. Ovakve studije predstavljaju značajan izvor informacija u pogledu stepena izloženosti pacijenata, kao i uvid u uzroke velikih varijacija: individualne osobine pacijenata, tehnika snimanja, tehničke osobine rendgen-aparata, faktori opterećenja kao i nivo sprovođenja mera osiguranja i kontrole kvaliteta. Oslanjajući se na mogućnosti za smanjenje doza, ICRP preporučuje primenu referentnih nivoa doza (RDL) u dijagnostičkoj radiologiji, kao rezultata optimizacije zaštite od zračenja i osnove za primenu ALARA principa.

Dostizanje i održavanje dobre kliničke prakse u dijagnostičkoj radiologiji sastoje se od kontrole učestanosti i broja pregleda i nivoa pacijentnih doza. Smanjenje doza postignuto primenom mera zaštite pacijenta referisano je u nekoliko značajnih studija u svetu a pripisuje se intenzivnijoj primeni bržih kombinacija film-pojačivačka folija, koherentnoj primeni nacionalnih protokola za pacijentnu dozimetriju, sistematičnom pristupu zaštiti pacijenta i određivanju nacionalnih referentnih nivoa doza.

Prosečan stanovnik Evrope tokom svog životnog veka primi oko 10 puta veću dozu od procedura dijagnostičke radiologije u odnosu na sve druge veštačke izvore zračenja. Stoga, zaštita pacijenata od nepotrebnog izlaganja zahteva značajnu pažnju[10].

Direktiva 97/43 EUROATOM ukazuje na nedostatak sistematskog znanja i preciznih metodologija za merenje, analizu i vrednovanje podataka. Kriterijumi za utvrđivanje kvaliteta slike u dijagnostičkoj radiologiji predstavljaju značajnu osnovu za sprovođenje programa osiguranja kvaliteta i optimizaciju zaštite pacijenata i profesionalno izloženih lica. Međutim, evidentno je da radiolozi pokazuju nedovoljan interes za problematiku zaštite od zračenja, smatrajući je irelevantnom u odnosu na medicinsku praksu. U prilog tome, treba napomenuti da su poslednjih godina na kongresima radiologa radovi iz oblasti zaštite od zračenja zastupljeni sa manje od 1%. Zato postoji realna potreba za harmonizacijom standarda i edukacijom iz oblasti medicinske fizike i zaštite od zračenja.

Referentne vrednosti doza prema preporukama EU, predstavljaju prvi korak u harmonizaciji zaštite od zračenja. Utvrđivanje referentnih nivoa na nacionalnom nivou prethodno podrazumeva sistematičnu i efikasnu edukaciju medicinskih fizičara i drugog osoblja [11].

Principi zaštite pacijenata

Osnovni principi zaštite od zračenja definisani su Publikacijom ICRP[1,12]:

Opravdanost prakse

Dijagnostički pregledi primenom jonizujućih zračenja podrazumevaju potencijalni korst za izloženog pojedinca i predstavljaju opšte prihvaćen deo medicinske prakse . Međutim, poslednjih godina uočen je i rizik od malignih oboljenja povezan sa izlaganjem jonizujućim zračenjima. Pored toga, kao činjenica navodi se izvestan rizik za potomstvo. Pod pretpostavkom da je rizik srazmeran dozi koju primi pojedinac, neophodno je razmotriti potencijalna oštećenja koja mogu nastati kao posledica izlaganja malim dozama i izbeći ona izlaganja koja nisu neophodna. Suočavanjem koristi od dijagnostikovanja bolesti i potencijalnih radioloških oštećenja, rezultuje opravdanošću prakse. Klinička opravdanost prakse odnosi se, na opštem nivou, na širok spektar radioloških procedura i na izlaganje pojedinaca. Pri oceni opravdanosti prakse treba da razmotriti i sve alternativne dijagnostičke metode. Posebnu pažnju treba posvetiti opravdanosti radiološke prakse kod pedijatrijskih pacijenata, kod kojih je dugoročni rizik usled izlaganja jonizujućim zračenjima veći.

Prema podacima iz Velike Britanije, rizik od dobijanja malignih obolenja iznosio je 29% 1995. godine. U Tabeli 1 su prikazani rizici povezni sa nekim radiološkim pregledima u odnosu na prirodnu stopu morataliteta[13,14].

Tabela 1. Rizici povezani sa izlaganjem rendgenskom zračenju u odnosu na rizik[14]

Procenjeni rizik od radioloških procedura		Prirodni rizik od fatalnih malignih obolenja	
Pluća	1 / 1 000 000	Karcinom pluća	1 / 16
Donji GIT	1 / 3 000	Karcinom debelog creva	1 / 44
Mamografija	1 / 100 000	Karcinom dojke	1 / 21

Optimizacija zaštite

Klinički opravdana praksa u cilju postizanja dijagnostičkih zahteva, treba da bude sprovedena na način koji obezbeđuje najmanje moguće izlaganje pacijenta, tj. optimalan način. Kvantitativne odrednice procesa optimizacije zaštite, za različite tipove procedura definisane su kroz pojam refrentnih doza.

Uravnoteženost između pacijentne doze i kvaliteta slike jeste rezultat optimizacije zaštite. EC je tokom poslednje decenije razvila konstruktivne preporuke koje se odnose na optimizaciju zaštite pacijenta a zasnivaju se na konceptu kriterijuma za kvaliteta dijagnostičke informacije. Ovakvim konceptom određuje se prihvatljiv nivo kvaliteta slike u zavisnosti od dijagnostičkih zahteva koji se odnose na vizuelizaciju anatomskih struktura i doze. Preporuke EC odnose se na dijagnostičke procedure za odrasle pacijente, pedijatrijske pacijente i KT[15-18].

Mogućnosti za optimizaciju

Postoji nekoliko pristupa problemu kvantifikacije pacijentnih doza u cilju zaštite pacijenata. Po jednom takvom pristupu na osnovu epidemioloških podataka maksimalizuje se razlika između koristi i rizika u dijagnostičkoj proceduri (optimizacija). Alternativna strategija oslanja se na empirijski pristup, odnosno referentne doze koje su izvedene iz postojeće prakse. treća varijanta predstavlja sintezu prva dva pristupa. To je koncept dosegljivih doza, koje ujedno makimalizuju razliku između koristi i rizika a da pri tome ne ugrožava kliničke zahteve. primenljivost različitih koncepata zavisi od tipa procedure, prikupljenih podataka i definicije dobre kliničke prakse. Ipak, cilj je primeniti najpogodniju opciju, što je moguće pre.

U Tabeli 2 su prikazani NRPB podaci o efektivnim dozama za tipične radiološke procedure, kao i rizik koji ih prati.

Tabela 2. Efektivne doze i rizik od pojedinih dijagnostičkih procedura[14]

Procedura	Efektivna doza (mSv)	Procenjeni rizik za fatalni karcinom*
Snimanje lobanje AP/PA	0,03	1 / 670 000
Snimanje lobanje LAT	0,01	1 / 2 000 000
Snimanje pluća PA	0,02	1 / 1 000 000
Snimanje pluća LAT	0,04	1 / 500 000
Snimanje grudnog dela kičmenog stuba AP	0,4	1 / 50 000
Snimanje grudnog dela kičmenog stuba LAT	0,3	1 / 67 000
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba AP	0,7	1 / 29 000
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LAT	0,3	1 / 67 000
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LSJ	0,3	1 / 67 000
Snimanje abdomena AP	0,7	1 / 29 000
Snimanje karlice AP	0,7	1 / 29 000
Snimanje zuba intraoralno	0,01	1 / 2 000 000
Snimanje zuba panoramsko	0,01	1 / 2 000 000
Mamografija	1,24 (MGD)	1 / 100 000

*nominalni rizik od medicinskog izlaganja: 5% Sv⁻¹

Dijagnostički referentni nivoi

Referentne doze u dijagnostičkoj radiologiji imaju funkciju nivoa proveravanja, u cilju identifikacije bolnica sa neprihvatljivim dozimetrijskim podacima. **Nacionalni referentni nivoi se utvrđuju empirijski, na osnovu aktuelne prakse, merenjem nivoa doza za odabrani uzorak pacijenta iz različitih bolnica.**

Referentni nivoi su nivoi proveravanja, s idejom da se identifikuje potencijalno loša klinička praksa u nekoj bolnici. Nivoi proveravanja su iskazani preko veličine koja dobro reflektuje dozimetrijske karakteristike prakse i omogućava međusobno proeđenje različitih tehnika. Po svojoj prirodi, referentne doze su fleksibilne, sa konceptom koji se razlikuje od formalno ustrojenih granica izlaganja.

Najnovije preporuke iz oblasti zaštite od jonizujućih zračenja zahtevaju određivanje Dijagnostičkih referentnih nivoa (DRL) za rendgenijagnostičke preglede. Pridavajući ovom problemu zasluženi značaj, sve relevantne institucije u Velikoj Britaniji (IPeM, NRPB, RCR, CoR, BIR, DoH) oformile su radnu grupu sa zadatkom da formuliše detaljna uputstva za primenu DRL u dijagnostičkoj radiologiji. DRL predstavljaju integralni deo zaštite pacijenta u dijagnostičkoj radiologiji. Prema britanskim preporukama, kao nacionalni DRL su usvijeni treći kvantili (Q_3) distribucije pacijentnih doza. Ove vrednosti utvrđene su za sledeće procedure [14]:

Tabela 3. Referentni nivoi prema preporukama NRPB [14]

Procedure	Nacionalni DRL
	doza na površini kože pacijenta (mGy)
Lobanja AP/PA	4
Lobanja LAT	2
Pluća PA	0,2
Pluća LAT	0,7
Grudni deo kičmenog stuba AP	5
Grudni deo kičmenog stuba LAT	16
Slabinski deo kičmenog stuba AP	7
Slabinski deo kičmenog stuba LAT	20
Slabinski deo kičmenog stuba LS	35
Abdomen AP	7
Karlica AP	5

Revizija DRL se vrši periodično, a zasniva se na programu pacijentne dozimetrije u dijagnostičkoj radiologiji. Lista procedura za koje se utvrđuje DRL zavisi od kliničke prakse i može se menjati u zavisnosti od okolnosti. Kvalitetan i sistematičan program osiguranja kvaliteta obuhvata periodična merenja doza za grupu standardnih pacijenta. Program pacijentne dozimetrije, po utvrđenom protokolu, sprovodi se najmanje jednom u tri godine ili nakon svake intervencije na rendgen-aparatu ili modifikacije procedure koja može uticati na dozu za pacijenta.

Usvojeni DRL u odeljenjima za dijagnostičku radiologiju treba da budu pre svega, nacionalni ili evropski. U slučaju kada podaci za neku proceduru nisu dostupni, utvrđuju se lokalni DRL, zasnovani na validnim dozimetrijskim podacima. Periodična provera DRL obezbeđuje mehanizam za proveru nacionalnih DRL.

Tretiranje DRL kao integralnog dela zaštite od zračenja u radiološkoj dijagnostici, zahteva i pripremu protokola u kome su precizno navedeni ciljevi, procedure za koje se DRL utvrđuju, merilo koje se koristi, metod merenja za svaki tip procedure (snimanje, prosvetljavanje, KT), način beleženja rezultata, nivoi tolerancije, odgovornost i akcije koje se preduzimaju u slučaju konstantnog prekoračenja DRL. U osmišljavanju protokola u obzir treba uzeti sledeće faktore: tip procedure, dozimetrijske veličine, dozimetrijski metod, postupke kontrole kvaliteta.

Vrednosti referentnih doza, prema preporukama NRPB baziraju se na trećem kvartilu distribucije srednjih vrednosti po pojedinačnim bolnicama u kojima je izvršeno merenje na nacionalnom nivou. Ovakav pragmatičan pristup ima nameru da ukaže na 25% od svih bolnica u kojima je potrebno revidirati praksu. Kao takve, one nisu pogodne za ocenu izloženosti pojedinačnih pacijenata.

U preporuci NRPB po prvi put je izložen koncept *dosegljivih doza* (achievable doses), kao zamene za referentne doze koja omogućava dodatne kvantitativne osnove za optimizaciju zaštite pacijenata. Ovakav pristup odnosi se i na bolnice čija praksa zadovoljava postavljen referentne doze ali gde i dalje postoje mogućnosti za smanjenje doza do razumnih granica, na postojećem tehnološkom nivou i bez narušavanja kvaliteta slike. Princip dosegljivih doza tečnije reflektuje praktična i teorijska ograničenja postojeće tehnologije i operativne tehnike i promovise optimizaciju zaštite pacijenta. U Tabeli 4 su navedeni primeri dosegljivih doza za klasične dijagnostičke procedure. Ove vrednosti zasnovane su na srednjim vrednostima izmerenih doza u rendgen-kabinetima koji zadovoljavaju EC kriterijume dobre kliničke prakse.

Na osnovu Preporuka ICRP 60, DRL se iskazuju kroz veličinu koja se jednostavno može izmeriti (kerma u vazduhu ili apsorbovana doza u tkivnoekvivalentnom materijalu na površini standardnog fantoma ili referentnog pacijenta) a odnose se na medicinska izlaganja i predstavljaju rezultat optimizacije zaštite od zračenja. U praksi, ovakav pristup se konkretizuje odabirom inicijalnih vrednosti statističke veličine iz populacije izmerenih vrednosti doza za pacijente. Ove vrednosti biraju profesionalan tela a povremeno ih treba proveravati kao rezultat kompromisa između neophodne stabilnosti i promene u distribuciji doza. DRL se odnose na standardne dijagnostičke postupke i rendgen-aparate opšte namene[1].

Tabela 4. Primeri dosegljivih doza u klasičnoj rendgendijagnostici [14]

Procedura	NRPB Referentne doze (mGy)	Dosegljive doze (mGy)
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba AP	10	5
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LAT	30	12
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LSJ	40	24
Snimanje abdomena AP	10	6
Snimanje karlice AP	10	4
Snimanje lobanje PA	5	1,5
Snimanje lobanje LAT	3	1

Publikacija ICRP 73 predstavlja izvesno proširenje Publikacije ICRP 60 u smislu definisanja DRL i njihovog povezivanja sa konceptom zaštite od zračenja koji predlaže ICRP[12]. Postoji nekoliko pristupa u određivanju DRL.

Iako se DRL odnosi na određenu dijagnostičku proceduru, klinički i tehnički uslovi nisu uvek precizno definisani. U zavisnosti od potpunosti definicije ovih parametara, razlikuju se i namene određenih DRL:

- određivanje distribucije doza na nacionalnom ili regionalnom nivou za datu dijagnostičku proceduru u opštem slučaju, sa ciljem da se smanji broj neporavdano niskih ili visokih vrednosti u distribuciji (definisano je samo tip procedure, odnosno klinički zahtev);
- ukazivanje na dobru kliničku praksu, tj. sužavanje distribucije za one vrednosti koje predstavljaju dobru kliničku praksu za datu proceduru, specifično (definisano je klinički zahtev i tehnika bez detaljnih podataka);
- optimizacija protokola za datu dijagnostičku proceduru, specifično (protokol precizno definiše način izvođenja procedure, potreban kvalitet slike, karakteristike pacijenta...).

DRL se određuju merenjem različitih dozimetrijskih veličina u zavisnosti od tipa kliničke procedure. Pomoću njih se ostvaruje kontrola medicinskog izlaganja na nivou koji je u skladu sa kliničkim zahtevima koji se odnose na datu proceduru. Koncept DRL dopušta fleksibilnost u izboru dozimetrijskih veličina, numeričkih vrednosti i tehničkih i kliničkih faktora. Vodeći principi pri određivanju DRL su:

- jasno definisan »lokalni« cilj, tehnički i klinički uslovi;
- odabrana dozimetrijska veličina mora biti merljiva na jednostavan način;
- odabir dozimetrijske veličine mora biti opravdan u smislu verodostojnosti mere rizika usled izlaganja rendgenskom zračenju.

Za identifikaciju nepotrebno niskih ili visokih vrednosti u distribuciji izmerene veličine, na nacionalnom ili regionalnom nivou za datu proceduru, u opštem slučaju koriste se:

- kerma u vazduhu (ne računajući BSF) ili doza na površini pacijenta za datu dijagnostičku proceduru;
- proizvod doze i površine pri prosvetljavanju date anatomske regije tokom dijagnostičke procedure.

U cilju sužavanja distribucije izmerenih vrednosti koje predstavljaju dobru kliničku praksu pri specifično definisanom kliničkom zahtevu, koriste se sledeće veličine:

- kerma u vazduhu (ne računajući BSF) ili doza na površini pacijenta za datu dijagnostičku proceduru pri specifičnim kliničkim zahtevima;
- proizvod doze i dužine pri CT pregledima definisane anatomske oblasti, pri pregledu sa unapred definisanim kvalitetom slike, ciljem pregleda i tehničkim faktorima;
- proizvod doze i površine pri prosvetljavanju date anatomske regije tokom specifične dijagnostičke procedure, pri prosvetljavanju sa definisanim kliničkim zahtevima.

U cilju optimizacije medicinskog izlaganja, kada postoji specifični protokol za datu dijagnostičku proceduru, potrebno je odrediti sledeće veličine:

- miliampersekunde za specifični CT protokol, uz odgovarajući klinički zahtev, tip opreme, tehničke faktore i karakteristike pacijenta;
- nominalnu vrednost apsorbirane doze na koži pacijenta pri prosvetljavanju za specifični protokol za interventnu proceduru. Ova vrednost je nominalna, usled dinamičke prirode pregleda. Usled specifičnosti metoda interventne radiologije, izmerene vrednosti ne predstavljaju prave DRL, već se koriste za praćenje doza koje se mogu približiti i pragu za determinističke efekte.

U Dokumentu EC [11], takođe su nevedeni osnovni princip i način utvrđivanja DRL kao i praktična primena u dijagnostičkoj radiologiji. DRL se utvrđuju za standardne dijagnostičke postupke, za grupu standardnih pacijenata ili standardni fantom. prekoračenje ovih nivo zahteva izvesne korektivne mere, ali pri tome treba imati na umu da DRL nije vrednost koja automatski razdvaja dobru od loše kliničke prakse. Unutar Evropske unije okolnosti se ne razlikuju bitno, stoga EU preporučuje primenu jedinstvenih DRL [15].

DRL su od posebnog značaja u oblastima u kojima je moguće ostvariti značajno smanjenje smanjenje individualne ili kolektivne doze i rizika:

- procedure koje se često izvode;
- procedure za koje su karakteristične visoke doze (CT, interventna radiologija);
- u slučaju radiosenzitivnih pacijenata (deca).

U praksi se koriste dve metode za određivanje DRL: pomoću fantoma ili direktno, merenjem na pacijentu. Iako ima određenih prednosti, merenje na fantomu je moguće isključivo ukoliko svi rendgen kabineti poseduju fantom, identičan onom pomoću kojeg su određeni DRL i ako su poznati konverzioni koeficijenti za računanje doze za pacijenta.

Tabela 5. Primeri DRL izraženi kao ESD, po jednom snimku na osnovu 1996 Quality Criteria Reference Doses [15]

Procedura	ESD, 1996 Quality Criteria (mGy)
Snimanje pluća PA	0,3
Snimanje pluća LAT	1,5
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba AP	10
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LAT	30
Snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LSJ	40
Snimanje dojke CC sa rešetkom	10
Snimanje dojke MLO sa rešetkom	10
Snimanje dojke LAT sa rešetkom	10
Snimanje karloce AP	10
Snimanje lobanje PA	5
Snimanje lobanje LAT	3
Urinarni trakt	10

Tabela 6. DAP za celokupni pregled na osnovu britanskih i norveških preporuka [15]

Procedura	DAP (Gy cm ²)	
	NRPB, Velika Britanija	NRPA, Norveška
Pluća	/	1
Karlica	5	4
Slabinski deo kičmenog stuba	15	10
Urografija	40	20
Donji deo gastro-intestinalni trakt	25	25
Gornji deo gastro-intestinalnog trakta	60	50

U skladu sa Euroatom Direktivom 43/97 [3], za DRL dijagnostičkoj radiologiji treba uzeti one vrednosti, koje omogućavaju identifikaciju procedura koje nepotrebno rezultuju visokom dozom za pacijente. Te vrednosti treba da budu veće od srednje vrednosti ili medijane. Distribucija izmerenih vrednosti ima Gausovski oblik a preporuka je da se kao DRL uzme treći kvartil. DRL treba da budu zasnovane na merenjima u različitim zdravstvenim ustanovama, bolnicama i klinikama koje poseduju opremu različitih karakteristika.

Kao što je pomenuto, DRL se odnose isključivo na standardne procedure, standardne fantome ili grupe standardnih pacijenata ili na određene grupe dece definisanog uzrasta, visine i telesne mase. Određuju se merenjem doze na površini kože (ESD) pomoću termoluminescentnih dozimetara ili proizvoda doze i površine (DAP). Merenje DAP pruža potpuniju sliku jer se na ovaj način registruje doza tokom celokupnog pregleda, izmerena vrednost ne zavisi od položaja pacijenta a tok pregleda se manje narušava.

U slučaju kompjuterizovane tomografije (CT), otežinjani CT dozni indeksi ($CTDI_w$) i proizvod doze i dužine (DLP) se koriste kao pogodne veličine za određivanje DRL.

Određivanje DRL je od posebnog značaja u slučaju standardnih procedura, koje se izvode često:

- snimanje pluća: PA, LAT; stomatološka snimanja; slabinski deo kičmenog stuba AP, LAT i LSJ; snimanja koja se sprovode često i za koja su karakteristične relativno visoke doze;
- mamografija; dojka je radioosetljiv organ;
- irigografija; kompleksan pregled sa dugim vremenom prosvetljavanja i nizom snimaka;
- interventne radiološke i kardiološke procedure, sa dugim vremenom prosvetljavanja i visokim vrednostima doza;
- tipovi KT-pregleda: glava, pluća, abdomen, slabinski deo kičmenog stuba, karlica.

Tabela 7. Parametri koji odražavaju dobru radiografsku tehniku, preme preporukama EC [15]

Rendgen-aparat	Opis rendgen-aparata i dodatnih uređaja.
Veličina fokusa	Veličina fokusa koja je navedena u specifikaciji proizvođača, po standardu IEC.
Ukupna filtracija	Inherentna filtracija, dodatna filtracija u mm Al, po specifikaciji proizvođača.
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	Osobine rešetke opisane odnosom rešetke, r, i brojem lamela po cm.
Sistem film/pojačivačka folija	Osetljivost sistema film/pojačivačka folija, opisuje se faktorom pojačanja.
Rastojanje fokus-film	Najpogodnije rastojanje za dati tip pregleda. Kada se koristi rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja, rastojanje je navedeno u specifikaciji rešetke.
Napon rendgenske cevi	Preporučuju se 12-pulsni i visokofrekventni generatori. Dat je opseg vrednosti kVp, za datu proceduru.
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	Preporučuje se primena AEC.
Vreme ekspozicije	Vrednosti koje omogućavaju snimanje bez pokretanja pacijenta.
Doza na površini kože pacijenta	Referentni nivoi

Ljudski faktor, takođe, ima značajnog uticaja na pacijentnu dozu. Doze mogu biti neopravdano visoke usled nepažnje, nezainteresovanosti ili velikog opterećenja ali i nespremnosti pojedinaca da prihvate usvojene standarne procedure. DRL treba da podstaknu modifikaciju protokola u cilju optimizacije zaštite od zračenja.

Direktiva 97/43 EUROATOM u članu 4(2), promoviše primenu Evropskih DRL. Trenutno dostupni Evropski DRL u dijagnostičkoj radiologiji prikazani su u Tabeli 5, dok su u Tabeli prikazani prihvatljivi nivoi koji se koriste u pojedinim zemljama.

Protokolima je utvrđen metod za monitoring pacijentnih doza tokom rutinskih rendgendijagnostičkih pregleda. Koncipirani su tako da ih mogu sprovoditi radiološki tehničari, uz pomoć fizičara i predestavaju osnovu za određivanje referentnih doza, koje se porede sa aktuelnim nacionalnim i internacionalnim vrednostima.

Na osnovu preporuka EC, dobra radiografska tehnika bazira se na uslovima snimanja pod kojima je moguće dobiti snimak koji zadovoljava dijagnostičke zahteve. Uslovi se odnose osobine rendgen-aparata, geometrijske odnose prilikom snimanja, faktore opterećenja. značaj pojedinih parametara prikazan je u Tabeli 7:

EC u svojim preporukama navodi primere dobre radiografske prakse za različite procedure. Na osnovu dokumenta EC EUR 16260 EN, preporučeni parametri, za pojedine procedure prikazani su u tabelama u Prilogu 1.

Različiti pristupi referentnim nivoima u dijagnostičkoj radiologiji sumirani su u Tabeli 8.

Tabela 8. Različiti pristupi referentnim nivoima [19]

Dokument	Termin	Veličina	Kriterijum	Namena
ICRP 73 (1996)	»diagnostic reference level«	apsorbovana doza u vazduhu ili TE materijalu na površini fanatoma ili pacijenta	verednost koja deli distribuciju u odgovarajućim procentima	nivo proveravanja
IPSM (1992)	»reference dose levels«	ESD/DAP (za min 10 odraslih pacijenata 70±10 kg	treći kvartil distribucije, Q ₃	indikator optimalnih dijagnostičkih tehnika
IAEA (1994)	»guidance level«	ESD/MSAD/AGD/ ESD rate		korektivne mere u slučaju neoprevidano visokih i niskih vrednosti
NRPB (1999)	»reference doses«, »achievable doses«	ESD/MGD/PED/DWP/DAP/CTDI	Q ₃	identifikacije loše kliničke prakse, promocija optimizacije
EC (1999) <input type="checkbox"/> general EUR 16260 <input type="checkbox"/> mammo EUR 14821 <input type="checkbox"/> pediatric EUR 16261 <input type="checkbox"/> CT EUR 16262	DRL	ESD / DAP (za min 10 odraslih pacijenata 70±10 kg	Q ₃ za skrining na evropskom nivou	identifikacija doza koje prelaze DRL
ESD-entrance surface dose DAP-dose area product MSAD-multiple scan average dose AGD-average glandular dose		MGD-mean glandular dose PED-patient entrance dose DWP-dose width product CTDI-CT dose index		

Metode pacijentne dozimetrije

Uzimajući u obzir kompleksnost procesa generisanja dijagnostičke informacije (Slika1), u dijagnostičkoj radiologiji se koristi četiri tipa dozimetrijskih merenja[19-23]:

- doza na površini kože pacijenta ili kerma u vazduhu;
- procena doze za organe;
- procena doza na osnovu stepena zacrnenja filma ili izlaznog signala;
- merenje slabljenja u telu pacijenta, pre prijemnika slike.

Dozimetrijske veličine

Dozimetrijske veličine treba da zadovolje sledeće kriterijume:

- da imaju jasnu definiciju;
- da omoguće jednostavno merenje dozimetrima zadovoljavajuće preciznosti i tačnosti i omoguće poređenje sa prethodnim merenjima ili merenjima u drugim bolnicama;
- da obezbedi procenu doza koje prime pacijenti.

Kao odgovor na postavljenje zahteve, preporučuje se merenje sledećih veličina:

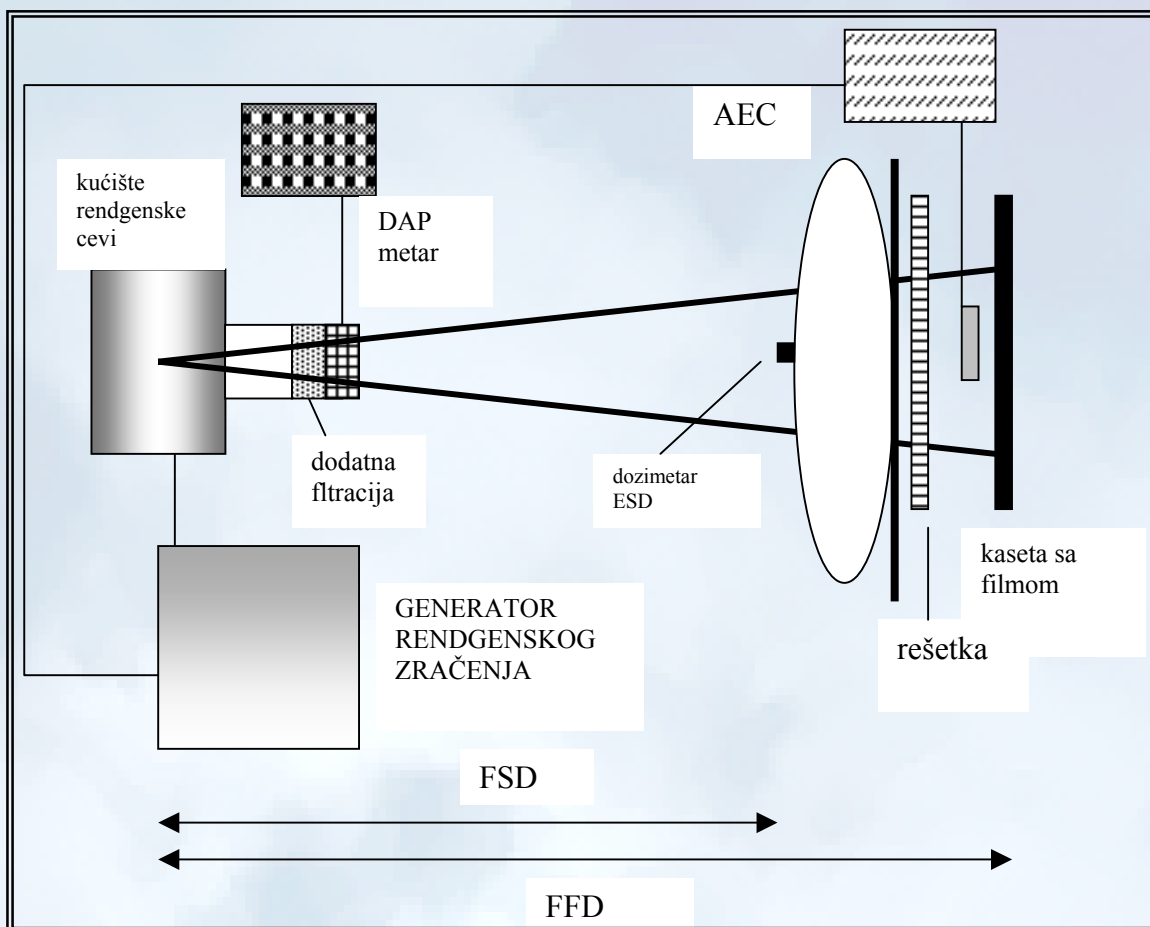
- doza na površini kože pacijenta za pojedinačna snimanja;
- proizvod doze i površine za pregled u celini.

Dozimetrijske veličine povezane sa rizikom (doza za organe, efektivna doza ili deponovana energija) se ne mogu meriti direktno a nesigurnosti koje prate njihovu procenu potiču od njihove nedovoljno precizne definicije. Zato se razvijeni standardne metode za procenu efektivne doze na osnovu direktno merenih veličina.

Doza na površini kože pacijenta se definiše kao absorbovana doza u vazduhu u tački preseka ose snopa rendgenskog zračenja sa kožom pacijenta, uključujući povratno rasejanje i izražava se u mGy.

Za merenje doze na površini kože koriste se dve vrste dozimetara: termoluminscentni dozimetri (TLD) i jonizacione komore. TLD se postavljaju direktno na kožu pacijenta i u potpunosti registruju povratno rasejanje. Zbog svojih dimenzija, jonizacione komore se koriste za merenje kerme u vazduhu u osi snopa, bez fantoma ili pacijenta,

pod određenim uslovima. Izmerene vrednosti se koriguju za povratno rasejanje i rastojanje fokus-koža pacijenta.



Slika 1. Osnovna shema u dijagnostičkoj radiologiji

Proizvod doze i površine se definiše kao kerma (ili apsorbovana doza) u vazduhu usrednjena po površini snopa rendgenskog zračenja u ravni normalnoj na osu snopa, pomnožena sa površinom snopa u istoj ravni. Izražava se u $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$. Ovako definisana veličina ne sadrži doprinos povratnog rasejanja, a s obzirom na invarijantnost u odnosu na rastojanje fokus-koža pacijenta, može se meriti u bilo kojoj tački između kućišta rendgenske cevi i pacijenta, koja je dovoljno udaljena od pacijenta da eliminiše doprinos povratnog rasejanja.

Proizvod doze i površine meri se specijalnim instrumentima koji se sastoje od transmisiona jonizacione komore sa paralelnim pločama i odgovarajućeg elektrometra. U slučaju kada se jonizaciona komora postavi u snop rendgenskog zračenja, registrovana vrednost na elektrometru je proporcionalna proizvodu površine snopa i doze u svim ravnima normalnim na osu snopa. Obično se postavlja na otvor blende, pri čemu se eliminiše doprinos povratnog rasejanja.

Parametri koji direktno utiču na dozu za pacijenta su:

- telesna masa;
- napon rendgenske cevi;
- filtracija;
- veličina polja;
- rastojanje fokus-koža pacijenta;
- rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja;
- osetljivost kombinacije film-pojačivačka folija.

Odabir uzorka pacijenata

Cilj merenja je utvrđivanje doza koje prime standardni odrasli pacijenti, tokom dijagnostičkih procedura u tipičnom rendgen kabinetu. Merenje se sprovodi na grupi pacijenta, na fantomu ili merenjem jačine kerme u vazduhu (free air). Iako merenja free air ne odražavaju tipičnu praksu za standardnog pacijenta i nemogu se izvoditi u uslovima automatske kontrole ekspozicije, pod pogodnim uslovima i uz odgovarajuće korekcije omogućavaju tačnu procenutipičnih vrednosti doza na površini kože pacijenta.

Za određivanje doza potreban ne reprezentativni uzorak od najmanje 10 pacijenta po tipu rendgendijagnostičkog pregleda, kao dobra indikacija tipične kliničke prakse. Potrebno je da uzorak sačinjavaju predstavnici oba pola a osobe sa ekstremnim vrednostima telesne mase treba isključiti iz ispitivanja. Doza koja je potrebna da oformi sliku zadovoljavajućeg kvaliteta zavisi od parametara koji su srazmerni telesnoj masi, od debljine pacijenta i zapreminske mase tkiva. Grupa pacijenata srednje telesne mase (70 ± 5) kg, smatra se dobrim pokazateljem tipičnih doza za standardnog pacijenta.

Pored telesne mase, doza za pacijenta zavisi i od uzrasta pacijenta. Trenutno ne postoje dobro utemeljeni DRL za pedijatrijske preglede, s obzirom da je u ovom slučaju potrebno specificirati DRL u čitavom opsegu godina i uzrasta. Ipak, opisani protokol se može primeniti i na pedijatrijsku radiologiju, sve dok postoje validni ulazni podaci. Treba napomenuti da je potreba za utvrđivanjem DRL u pedijatrijskoj radiologiji ogromna, s obzirom na radiosenzitivnost dece u mlađem dobu.

Vrste rendgendijagnostičkih pregleda

Merenja treba izvršiti za one rendgendijagnostičke preglede koji u najvećoj meri doprinose kolektivnoj dozi za populaciju od rendgendijagnostike. Pored najfrekventnijih pregleda, posebnu pažnju zaslužuju i pregledi sa visokim individualnim dozama.

S obzirom da je potrebno izvršiti dovoljno merenja (za najmanje deset pacijenta pogodne telesne mase), uzorak se mora ograničiti na tipove pregleda koji se često sprovode na rendgen-aparatu koji se posmatra. Uzimajući u obzir ovo ograničenje, doza na površini kože se određuje za sledeće tipove pregleda:

Snimanje slabinskog dela kičme	AP LAT LSJ
Snimanje abdomena	AP (IVU, holecistografija)
Snimanje karlice	AP
Snimanje pluća	PA LAT
Snimanje lobanje	AP PA LAT

Učestanost merenja

Reprezentativna merenja doze na površini kože pacijenta i proizvoda doze i površine treba sprovoditi periodično, najmanje jednom u tri godine na svakom rendgen-aparatu ili nakon intervencija na opremi koje mogu uticati na dozu koju primi pacijent. Ovakva periodična merenja treba da budu sastavni deo programa osiguranja kvaliteta, što obezbeđuje dovoljnu redovnost u cilju upoređivanja pacijentnih doza sa aktuelnim nacionalnim i međunarodnim normama.

Provera kvaliteta slike

Napori koji vode ka smanjenju doze za pacijente neminovno redukuju i dozu na prijemniku slike. Kvalitet slike zavisi od doze na tri načina:

- pri klasičnim snimanjima optička gustina i osvetljenost pri prosvetljavanju direktno zavise od doze. Niže vrednosti doze na prijemniku slike mogu narušiti kvalitet dijagnostičke informacije;
- osetljiviji sistemi su sposobni da formiraju sliku i na nižim vrednostima doza. Ipak, slučajne varijacije fluksa fotona povećavaju šum na slici
- osetljivost prijemnika slike je upravo srazmerna debljini osetljivog sloja prijemnika slike. U ovom slučaju veća osetljivost pri niskim dozama ide na račun prostorne rezolucije.

Kako je metod kojim se kvalitet slike određuje na osnovu interpretacije snimka od strane radiologa u velikoj meri subjektivan, u kontekstu ovog protokola korisno je definisati jednostavne procedure kojim se proverava uticaj smanjenja doze na optičku gustinu, šum ili prostornu rezoluciju. U idealnim uslovima, ove procedure se sprovode po važećim standardima, međutim nedostatak specijalne opreme zahteva izvesne modifikacije u definisanju procedura. Postoje četiri vrste ispitivanja kvaliteta slike koji ispunjavaju ove zahteve:

- redovna vizuelna analiza snimaka u kojoj učestvuju svi radiolozi;
- ispitivanje vidljivosti anatomskih detalja;
- ispitivanje kontrasta i detektabilnost detalja pomoću fantoma;
- utvrđivanje broja odbačenih filmova i uzroka odbacivanja.

Tkivnoekvivalentni materijali:

Vrednosti apsorbovane doze zavise od sastava tkiva. Kao zamena za tkivo, u dozimetriji se koriste različiti materijali: voda, poprečno-prugasti mišići, meko tkivo referentnog čoveka po ICRP, ICRU tkivo, skeletni mišići. Odnos apsorbovane doze u ovim medijima i vazduhu dati su kao odnos masenih energetskih apsorpcionih koeficijenata. Vrednosti ovih odnosa za srednje vrednosti energija u spektru definisanog naponom i ukupnom filtracijom, dati su u Tabeli 9:

Tabela 9. Odnos absorbovanih doza u medijumi i vazduhu

Medium	50 kV	80 kV	120 kV
	2.0 mmAl	2.5 mmAl	4.0 mmAl
Voda	1,02	1,02	1,11
Poprečno-prugasti mišići	1,05	1,06	1,07
ICRP meko tkivo	0,95	0,96	1,00
ICRU tkivo	0,94	0,95	1,05
sleletni mišići	1,05	1,05	1,06

S obzirom da se odnosi apsorpcionih koeficijenata ne razlikuju za više od 10% u dijagnostičkom opsegu energija x-zračenja, u proračunima se može koristiti vrednost 1,06.

Povratno rasejanje

Količina povratnog rasejanja od pacijenta iskazuje se kroz faktore rasejanja unazad (BSF) za različite kvalitete snopa rendgenskog zračenja i veličine polja. Vrednosti BSF su utvržene eksperimentalno, pomoću TLD i vodenog fantoma ili numerički, Monte Carlo simulacijama na anatomskom fantomu:

Tabela 10. BSF mereni TLD na vodenom fantomu

HVL (mm Al)	Veličina polja (cm x cm)				
	10x10	15x15	20x20	25x25	30x30
2,0	1,26	1,28	1,29	1,30	1,03
2,5	1,28	1,31	1,32	1,33	1,34
3,0	1,30	1,33	1,35	1,36	1,37
4,0	1,32	1,37	1,39	1,40	1,41

Tabela 11. BSF izračunati Monte Carlo tehnikom na anatomskom fantomu

HVL (mm Al)	Napon (kVp)	Ukupna filtracija (mm Al)	Projekcija		
			Lat LSJ (11x14 cm)	AP abdomen (26 x 35 cm)	PA pluća (30 x 38 cm)
2,0	60	2,5	1,23	1,31	1,23
2,5	80	2,0	1,25	1,37	1,27
3,0	80	3,0	1,27	1,41	1,30
4,0	110	2,5	1,29	1,45	1,34

Za spektre rendgenskog zračenja koje se koristi u dijagnostičkoj radiologiji, doza na površini kože pacijenta je veća za 20 % - 40% u odnosu na *free in air* merenja. Stoga je značajno da povratno rasejanje bude uzeto u obzir prilikom proračuna.

Jednostavan algoritam za procenu doze sastoji se iz dva koraka:

1. proračun (merenje) kerme u vazduhu
2. konverzija vrednosti kerme u vazduhu u doze za organe i tkiva

Proračun kerme u vazduhu zasniva se na dva koncepta: koncept izvora zračenja i koncept prijemnika slike:

Koncept izvora zračenja:

Kerma u vazduhu za napon rendgenske cevi U , jačinu struje I , vreme t , ukupnu filtraciju x_F i rastojanje fokus-koža pacijenta a , iznosi:

$$K_{air}(U, I, t, x_F, a) \propto \left(\frac{I \cdot t}{a^2} \right)_{U, x_F = const} \quad 1$$

Za rastojanja fokus-koža pacijenta, FSD različita od 100 cm potrebno je izvršiti korekciju na osnovu izraza:

$$K_{air} = K_{100cm} \left(\frac{100}{FSD} \right)^2 \quad 2$$

Koncept prijemnika slike

Doza na površini kože pacijenta D_{ES} može se izračunati na osnovu doze na filmu D_I ili na osnovu jačine doze na površini pojačivača slike D_I :

$$D_{ES} = S \cdot D_I = S \cdot \dot{D}_I \cdot t \quad 3$$

gde je

$$S = S_G \cdot S_{P,100} \cdot S_{T,100} \cdot S \quad 4$$

S - ukupan faktor slabljenja;

$S_{P,100}$ – faktor slabljenja pacijenta za polje 100 cm²;

S_F – korekcionni faktor usled veličine polja različite od 100 cm²;

$S_{T,100}$ – faktor slabljenja stola za pacijente za polje 100 cm²;

$S_{G,100}$ – faktor slabljenja rešetke za sperečavanje rasejanog zračenja za polje 100 cm²;

S_G – geometrijski faktor $S_G = \left(\frac{FFD}{FSD} \right)^2$;

FFD – rastojanje fokus-film.

Faktori $S_{P,100}$, $S_{T,100}$, $S_{GR,100}$ su za paralelne snopove i polje 100 cm^2 su dati tabelarno. U slučaju polja većeg od 100 cm^2 , uzimaju se sledeće vrednosti parametara $S_F=1$, $S_T=1,5$ i $S_{GR}=2,5$.

Veza između kerme u vazduhu i doze u tkivu

Odnos tkivo-vazduh, T_A , u datoj tački je u širokom opsegi nezavisan od rastojanja fokus-fantom. Doza u nekoj tački tkiva, na dubini d_T može se izračunati na osnovu izraza:

$$D_T = D_{ES} \cdot T_A \left(\frac{FSD}{FSD + d_t} \right)^2 \cdot \left(\left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{\text{voda}} / \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{\text{vazduh}} \right) \quad 5$$

pri čemu je $\left(\left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{\text{voda}} / \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{\text{vazduh}} \right) \approx 1,05$

Tabele u kojima su dati konverzioni faktori za standardni model čoveka publikovane su za različite vrednosti polja i odabrane organe. Doza u tkivu D_T me može izračunati na osnovu izraza:

$$D_T = c_f \cdot D_{ES} \quad 6$$

Prednosti ove metode su:

1. Na osnovu relativno malog broja merljivih parametara (većina bi trebalo da bude deo rutinske kontrole kvaliteta), može se proceniti doza za velik broj pacijenata;
2. Ne koristi se skupa, dodatna oprema;
3. Uređaji opremeljeni Automatskom kontrolom ekspozicije (AEC) obično pokazuju vrednost mAs nakon ekspozicije;
4. Za posmatranu proceduru, veličina polja rendgenskog zračenja i napon rendgenske cevi su slični a BSF slabo promenljiva funkcija kvaliteta snopa rendgenskog zračenja, u slučaju dijagnostičkih snopova rendgenskog zračenja;
5. Indirektan metod je posebno značajan u slučaju procene malih vrednosti doza na površini kože pacijenta, na granici detekcije termoluminescentnih dozimetara.

Uz pomenute prednosti, evidentni su i nedostaci ove metode:

1. U slučajevima AEC, kada nisu poznati faktori opterećenja potrebno je izvršiti merenje za različite debljine;
2. Neophodna je informacija o veličini polja rendgenskog zračenja.

Poslednjih godina učinjen je veliki napor za pronalaženje objektivnog kriterijuma koji bi na pravi način opisao kvalitet dijagnostičke informacije koju nosi radiološki snimak. Različiti faktori koji utiču na kvalitet slike obuhvataju fizičke kriterijume (odnos signal-šum, MTF), psihofizičke kriterijume (kontrast) i utical posmatrača.

Dendy i Whitehouse ukazuju na generalno odsustvo korelacije između kriterijuma za određivanje kvalitata slike i pacijentne doze. Pored toga, potencijalne teškoće u primeni DRL nalaze se u načinu određivanja lokalnih referentnih nivoa, odnosno njihove fleksibilnosti.

Zaključci i praktične preporuke

ERPET

European Radiation Protection, Education and Training
Course for Medical Physicists on

Establishment of Reference Levels in Diagnostic Radiology

Zaključci i praktične preporuke sastoje se od najznačajnijih momenta i teza saopštenih na kursu, tokom prezentacije radova i diskusija.

1. Političke, strateške i vladine inicijative

- 1.1 EU direktiva 94/43 Europatom otvara mogućnost za kompletiranje naučnih znanja iz oblasti dijagnostičke radiologije: pri čemu se misli na nedostatak strukturnih znanja i preciznih metodologija za merenje, analizu i vrednosvanje podataka.
- 1.2 Ekspanzija medicinskih tehnologija tokom poslednjih 40 godina je evidentna, a zasnovana je na filozofskim korenima posatvljenim početkom ovog veka, bez značajnijih izmena do danas.
- 1.3 Uloga i odgovornost medicinskog fizičara u procesu formiranja slike i procene izloženosti u dijagnostičkoj radiologiji mora biti u potpunosti prihvaćena u sistemu zdravstvene zaštite, kako bi zaživela primena novih preporuka i evropske regulative.
- 1.4 Kriterijumi kvaliteta u dijagnostičkoj radiologiji pokazali su se kao moćno sredstvo u primeni programa osiguranje kvaliteta i optimizacije zaštite od zračenja u dijagnostičkoj radiologiji. Njihova uloga u vrednosvanju opreme i radiografske tehnike, kao i njihov edukativni karakter u slučaju uvođenja novih tehnika i procedura je nezamenljiv.
- 1.5 Mnogi radiolozi nisu upoznati sa postojećim preporukama iz oblasti zaštite od zračenja pacijenta i definicijom dijagnostičkih referentnih nivoa, jer mnogi zaštitu od zračenja smatraju nezanimljivom i irelevantnom za kliničku praksu.
- 1.6 Na osnovu sprovedenog istraživanja koje je obuhvatilo opremu i tehniku snimanja, utvrđen je nedostatak znanja radiologa i radiološkig tehničara iz oblasti fizike i tehnike.
- 1.7 U Programu i Zborniku sažetaka Evropskog kongresa radiologa 1999. godine, od ukupno 1300 saopštenih radova i 1000 prezentacija samo 30 se doticalo obasti zaštite od zračenja, a ni u jednom nisu pomenuti referentni nivoi.
- 1.8 Entuzijam pojedinih radiologa iz oblasti zaštite od zračenja mora biti stimulisan i proširen. To zahteva izvesne materijalne i vremenske investicije.
- 1.9 Za utvrđivanje dijagnostičkih referentnih nivoa mora biti obezbeđeno dovoljno sredstava i vremena.

- 1.10 Harmonizacija standarda u oblasti dijagnostičke radiologije i zaštite od zračenja zahteva postizanje povoljnog odnosa broja radioloških tehničara prema broju radiologa.
- 1.11 Istinska potreba za angažovanjem stručnog i naučnog kadra, kompetentnog iz oblasti medicinske fizike je evidentna. Cilj je integracija nauke u praksu.
- 1.12 Postoji potreba za unifikacijom programa edukacije u treninga iz oblasti primene jonizujućih zračenja u medicini, u celoj Evropi.
- 1.13 Postoji i značajan terminološki problem, posebnou novim oblastima ili oblastima koje se razvijaju kao što je zaštita od zračenja i osiguranje kvaliteta u dijagnostičkoj radiologiji.

2. Zahtevi za intervenciju na nacionalnom i međunarodnom planu

- 2.1 Koncept kriterijuma kvaliteta, uključujući i opšte principe dobre kliničke prakse, mora biti implementiran na nacionalnom i evropskom nivou. Značaj ovakvog pristupa manifestuje se kroz prikazanu naučnu strogost.
- 2.2 Referentne vrednosti doza sadržane u evropskim smernicama za kvalitet predstavljaju prvi korak u harmonizaciji zaštite od zračenja pacijenata u Evropi.
- 2.3 Referentne vrednosti doza se proveravaju u određenim vremenskim intervalima, koji predstavljaju kompromis između neophodne stabilnosti i dugoročnih promena u distribuciji doza.
- 2.4 Metode za uniformnu primenu osnovnog cilja optimizacije zaštite od zračenja u dijagnostičkoj radiologiji sadržan je u stavu:
»postavljanje mera zaštite u primeni rendgenskog zračenja, doze usled medicinskog izlaganja u dijagnostičkoj radiologiji moraju biti u skladu sa ALARA principom, a da pri tome obezbede potrebnu dijagnostičku informaciju uzimajući u obzir socijalne i ekonomske faktore«,
mora biti prihvaćen od strane odgovarajućih vladinih agencija, kao integralna komponenta uvođenja naučnih metoda u kliničku praksu.
- 2.5 Klinikama, rendgen-kabinetima i privatnim praksama sa nedovoljnim iskustvom u merenju pacijentnih doza potrebne su odgovarajuće smernice za izvođenje merenja i ocenu rezultata.
- 2.6 Međunarodni ili evropski standard koji se direktno bavi DRL ne postoji. Insistiranje na primeni DRL naglašava potrebu za harmonizacijom procedura i opšteprihvaćenim numeričkim referentnim vrednostima .
- 2.7 Prvi korak u razvoju programa pacijentne dozimetrije jeste formiranje komisije za ocenu i sprovođenje konkretnih akcija.
- 2.8 Uloga radiološkog tehničara u komunikaciji između nauke i kliničke prakse mora biti jasno definisana .
- 2.9 Novčana korist od primene direktiva 97/43 Euroatom treba da bude procenjena, u cilju obezbeđivanja ekonomske baze za naučnu podršku i razvoj.
- 2.10 Od proizvođača dijagnostičke opreme zahteva se ugradnja sistema za pacijentnu dozimetriju u njihove proizvode, što omogućava jednostavno i lako merenje pacijentnih doza.

3. Obrazovanje i obuka

- 3.1 Utvrđivanje referentnih nivoa na nacionalnom nivou, prethodno podrazumeva efikasnu edukaciju i obuke osoblja iz oblasti zaštite od zračenja.

- 3.2 Specifičan trening medicinskih fizičara u primenu EU direktive 97/43/Euroatom je neophodan. CPD (continuing professional development) je takođe neophodan.
- 3.3 Član 7.3 direktive 97/43/Euroatom ukazuje na potrebu za daljom edukacijom i praktičnom obukom radioloških tehničara i drugog osoblja, ne samo iz oblasti zaštite od zračenja i dozimetrije, već i o mogućnostima za primenu novih procedura koje su povezane sa visokim dozama za pacijente.
- 3.4 Dobar transfer informacija iz oblasti zaštite od zračenja mora biti obezbeđen, tako da odgovarajuće mere budu brzo primenjene. Relevantne publikacije treba da budu dostupne i predstavljane na nacionalnim i međunarodnim skupovima. Na nacionalnom nivou, kompetentne vlasti moraju obezbediti protok informacija i odgovarajuću literaturu.
- 3.5 Obrazovanje i obuka mora biti u skladu sa usvojenom terminologijom, s obzirom da je od ključnog značaja za distribuciju relevantnih informacija.

4. Strategija istraživanja, osiguranja i kontrole kvaliteta

- 4.1 Ako je određivanje DRL regulisano zakonom ili podzakonskim aktima iz oblasti zaštite od zračenja, onda pravila i protokoli moraju biti precizno pripremljeni:
- cilj;
 - dijagnostički pregledi tokom kojih se meri doza;
 - merilo koje se koristi;
 - metode merenja pri pojedinim dijagnostičkim procedurama (KT, snimanje, prosvetljavanje);
 - dokumentacija;
 - definicija nivoa tolerancije;
 - odgovornost osoblja pri merenju;
 - mere koje se preduzimaju u slučaju prekoračenja doza.
- 4.2 Preliminarna istraživanja pokazala su da rukovalac uglavnom ne poznaje tehničke karakteristike opreme. Najčešći uzroci neopravdano visokih pacijentnih doza pri snimanju nalaze se u nedotacim opreme i nedostatku tehničkih znanja. Pri prosvetljavanju, uzrok je najčešće neopravdano dugo vreme prosvetljavanja.
- 4.3 Procena doze treba da bude moguća i retrospektivno cilju ocene opravdanosti procedura kada doze prevazilaze referentne nivoe. Ova informacija je od izuzetnog praktičnog značaja za rukovaoca. Efikasnije rešenje je prikazivanje značajnih doznih pokazatelja pre ekspozicije.
- 4.4 DRL su povezani sa programom osiguranja kvaliteta, tako da smanjenje doze za pacijenta podrazumeva unapređenje tehnike i bolji kvalitete dijagnostičke informacije.
- 4.5 Prilikom istraživanja, treba uzeti u obzir sledeće faktore:
- tip rendgen-aparata;
 - dozimetrijske veličine;
 - procedura za procenu doze;
 - metod merenja u dozimetriji;
 - kontrolu kvaliteta istraživanja;
 - podaci prikupljeni tokom programa osiguranja kvaliteta moraju biti efikasno obrađeni, a ocena kvaliteta slike takođe mora biti rutinski obavljena.

4.6 Analize pacijentnih doza predstavljaju sastavni deo optimizacije, što je posledica efikasnog programa osiguranja i kontrole kvaliteta.

5. Dozimetrijske veličine i jedinice

5.1 Primena SI sistema jedinica je obavezna. Konverzioni faktor za pretvaranje Rendgena (R) u culon po kilogramu je $2,58 \cdot 10^{-4}$.

5.2 Prema evropskim preporukama, za određivanje DRL koristi se doza na površini kože pacijenta. Pored toga, preporučuje se primena lako merljive veličine, obično apsorbovane doze u vazduhu ili tkivnoekvivalentnom materijalu, na površini standardnog fantoma ili pacijenta.

5.3 U cilju trenutnog prikazivanja doze, uvodi se kerma u vazduhu na površini kože pacijenta, u definisanoj referentnoj ravni.

5.4 Postoje četiri tipa merenja koja se koriste u dijagnostičkoj radiologiji:

- doza ili kerma na površini kože pacijenta;
- procena doze za organe;
- procena doze u detektoru u funkciji rezultujućeg zacrtnjenja filma ili izlaznog signala;
- merenje slabljenja iza pacijenta a ispred prijemnika slike.

5.5 U kontekstu optimizacije, proizvod doze i površine (DAP) tokom celokupnog pregleda sadrži informaciju o dozi, veličini radijacionog polja, broju snimaka i vremenu trajanja pregleda, kao i o debljini pacijenta

5.6 U slučaju merenja DAP, informacija o kalibraciji i ispitivanju stalnosti merila je često izostavljena.

5.7 Pri prosvetljavanju, u najgornjem slučaju, mora biti poznato i zabeleženo kumulativno vreme prosvetljavanja, a ako je moguće i jačina kerme u vazduhu i kumulativna vrednost kerme u vazduhu.

5.8 Svaki objavljeni referentni nivo mora biti vezan za datum određivanja, mora biti naveden izvor informacije, kao i vreme naredne serije merenja.

5.9 Srednja vrednost izmerene distribucije doza, koriste se kao reper za pojedine bolnice.

5.10 Lokalni referentni nivoi postavljaju se na 75% od svih izmerenih vrednosti u distribuciji izmerenih doza, u nekoliko bolnica, za posmatrani tip pregleda.

5.11 Lokalni referentni nivoi moraju biti značajno niži u odnosu na nacionalne referentne nivoe

6 Razvoj koncepta Dijagnostičkih referentnih nivoa i implementacija u strategiju optimizacije

6.1 Osnovni principi DRL su:

- referentni nivoi nisu granice doza;
- referentni nivoi su slični nivoima proveravanja;
- DRL se ne odnose na pojedinačne pacijenta;
- veličine preko kojih se iskazuju DRL moraju biti jednostavno merljive;
- veličine preko kojih se iskazuju DRL moraju biti razumljive za radiologa i radiološkog tehničara;

- DRL se primenjuju zajedno sa ocenom kvaliteta snimka;
- DRL mogu imati nekoliko oblika; doza, vreme trajanja pregleda, broj snimaka;
- DRL treba da budu fleksibilni i ne predstavljaju granicu između dobre i loše kliničke prakse
- izmerene vrednosti ispod referentnih nisu uvek optimalne, i u tom sličaju podležu optimizaciji;
- osnovni cilj DRL je dinamskog karaktera-kontinualni proces optimizacije.

6.2 DRL ne treba da budu postavljeni isuviše nisko, jer niske vrednosti mogu rezultovati narušavanjem kvaliteta dijagnostičke informacije

6.3 U praksi, nacionalne DRL utvrđuju profesionalna udruženja (radiologa, medicinskih fizičara i radioloških tehničara) zajedno sa zakonodavnim telima. Regionalne i lokalne DRL mogu odrediti i lokalni ili regionalni eksperti.

6.4 DRL predstavljaju samo prvi korak, tako da treba usvojiti koncept dosegljivih doza.

6.5 Referentne vrednosti doza za različite uzraste pedijatrijskih pacijenta se izvode na osnovu dostupnih dozimetrijskih podataka na evropskom nivou.

6.6 U slučaju procedura interventne radiologije, svaku proceduru treba posmatrati posebno, a radiolog mora biti stimulisan za formiranje sopstvene statistike i dokumentacije dozimetrijskih podataka.

6.7 Smanjenje pacijentnih doza treba da bude posledica samokontrole operatora i poređenja postojećih dozimetrijskih podataka sa referentnim nivoima. To je kompilacija učinjenih napora pri dizajniranju opreme, konstrukciji, održavanju i kontroli kvaliteta opreme.

6.8 Tregajući za razlozima za prekoračenje referentnih nivoa, kvalitet snimka mora biti uzet u obzir, na osnovu merenja kontrasta i optičke gustine.

6.9 Formiranje i eksploatacija baze podataka treba da bude osnova u procesu optimizacije.

6.10 Korisnik treba da bude upoznat sa cenom mera zaštite od zračenja.

6.11 Proizvođač opreme mora biti upoznat sa posledicama zahteva koji se pred njega postavljaju u pogledu doze i konstrukcije i cene opreme.

Literatura

1. International Commission on Radiological Protection, ICRP 1990: Recommendations of the ICRP. Publication 60. Annals ICRP 21. Oxford, Pergamon Press, 1991.
2. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No.115-I, Vienna 1994.
3. European Union. Council Directive 97/43/Euratom on Health Protection of Individuals against the Dangers of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposure. Official Journal of the European Communities No. L180/22-9.9.07.97, 1997.
4. NRPB Guidelines on Patient Dose to promote the Optimisation of Protection for Diagnostic Medical Exposure. Report of an Advisory Group on Ionizing Radiation. Vol. 10, No1, 1999.
5. National Protocol for Patient Dose Measurements in Diagnostic Radiology. Institute of Physical Sciences in Medicine, 1992.
6. Wall B F, Hart D, Revised radiation doses for typical X-ray examinations. Br J Radiol 1997; 70:437-439.
7. Faulkner K, Corbett R, Reference doses and quality in medical imaging. Br J Radiol 1998; 71:1001-1002.
8. Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja. Sl list SRJ, 46/96.
9. UNSCEAR: Source and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations. New York 2000.
10. Papageorgiou E, et al. Estimation of doses received by a patients undergoing radiological examinations in Greece, Rad. Prot. Dosim. Vol 93, No.1, pp 31-41 (2001).
11. Guidance of Diagnostic reference Levels for Medical Exposures. Radiation Protection 109. European Commission, 1999.
12. International Commission on Radiological Protection, ICRP. Radiation Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Oxford: Elsevier Science, 1996.
13. Johnston D A, Brennan P C, reference dose levels for patients undergoing common diagnostic X-ray examinations in Irish hospitals. Br J Radiol 2000; 73: 396-402.
14. NRPB. Guidelines on Patient Dose to Promote the Optimisation of Protection for diagnostic Medical Exposures. Doc NRPB Vol.10 No.1, Chilton, 1999.

15. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EUR 16260 EN, Luxembourg, 1996.
16. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Pediatrics. EUR 16261 EN, Luxembourg, 1996.
17. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography. EUR 16262 EN, Luxembourg, 1996.
18. European Commission. European Protocol on Dosimetry in Mammography. EUR 16263 EN, Luxembourg, 1996.
19. European School of Radiological Protection, Course book on Training Course on Radiation Protection in Medicine, Berlin, Germany, 1995.
20. Jones D.G, Hart D. Organ Doses for Medical X-ray Examinations Calculated Using Monte Carlo Techniques. Chilton, NRPB-SR186, 1985.
21. Hart D, Jones D.G, Wall B.F Normalised Organ Doses for Medical X-ray Examinations Calculated Using Monte Carlo Techniques. Chilton, NRPB-SR262, 1994.
22. Dosimetry in diagnostic radiology, Rad. Prot. Dosim. Vol 43, Nos.1-4, 1992.
23. Quality Control and radiation protection of the patient in diagnostic radiology and nuclear medicine, Rad. Prot. Dosim. Vol 57, Nos.1-4, 1995.

Prilog 1	
Kriterijumi kvaliteta u dijagnostičkoj radiologiji	
	Eurepoen Commission: European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, EUR 16260

Tabela P1. Preporuke za snimanje pluća u AP projekciji

Parametar	Procedura: PLUĆA PA
Rendgen-aparat	stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 1,3 mm
Ukupna filtracija	≥ 3,0 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	180 (140-200) cm
Napon rendgenske cevi	125 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 20 ms
Doza na površini kože pacijenta	< 0,30 mGy

Tabela P2. Preporuke za snimanje pluća u LAT projekciji

Parametar	Procedura: PLUĆA LAT
Rendgen-aparat	stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 1,3 mm
Ukupna filtracija	≥ 3,0 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	180 (140-200) cm
Napon rendgenske cevi	125 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 40 ms
Doza na površini kože pacijenta	< 1,5 mGy

Tabela P3. Preporuke za snimanje slabinskog dela kičmenog stuba u AP projekciji

Parametar	Procedura: SLABINSKI DEO KIČMENOG STUBA AP
Rendgen-aparat	sto ili stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 1,3 mm
Ukupna filtracija	≥ 3,0 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	115 (100-150) cm
Napon rendgenske cevi	75-90 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 400 ms
Doza na površini kože pacijenta	< 10 mGy

Tabela P4. Preporuke za snimanje slabinskog dela kičmenog stuba u LAT projekciji

Parametar	Procedura: SLABINSKI DEO KIČMENOG STUBA LAT
Rendgen-aparat	sto ili stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 1,3 mm
Ukupna filtracija	≥ 3,0 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	115 (100-150) cm
Napon rendgenske cevi	80-95 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 1 s
Doza na površini kože pacijenta	< 30 mGy

Tabela P5. Preporuke za snimanje slabinskog dela kičmenog stuba LSJ

Parametar	Procedura: SLABINSKI DEO KIČMENOG STUBA LSJ
Rendgen-aparat	sto ili stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 1,3 mm
Ukupna filtracija	≥ 3,0 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 800
Rastojanje fokus-film	115 (100-150) cm
Napon rendgenske cevi	80-100 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 1 s
Doza na površini kože pacijenta	< 40 mGy

Tabela P6. Preporuke za snimanje lobanje u PA projekciji

Parametar	Procedura: LOBANJA PA
Rendgen-aparat	sto ili stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 0,6 mm
Ukupna filtracija	≥ 2,5 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	115 (100-150) cm
Napon rendgenske cevi	70-85 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 100 MS
Doza na površini kože pacijenta	< 5 mGy

Tabela P7. Preporuke za snimanje lobanje u LAT projekciji

Parametar	Procedura: LOBANJA LAT
Rendgen-aparat	sto ili stativ sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 0,6 mm
Ukupna filtracija	≥ 2,5 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	115 (100-150) cm
Napon rendgenske cevi	70-85 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 100 ms
Doza na površini kože pacijenta	< 5 mGy

Tabela P8. Preporuke za snimanje karlice u AP projekciji

Parametar	Procedura: KARLICA AP
Rendgen-aparat	sto Sa pokretnom ili nepokretnom rešetkom
Veličina fokusa	≤ 1,3 mm
Ukupna filtracija	≥ 3,0 mm Al
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja	r=10, 40/cm
Sistem film/pojačivačka folija	fsktor pojačanja: 400
Rastojanje fokus-film	115 (100-150) cm
Napon rendgenske cevi	75-90 kVp
Automatska kontrola ekspozicije (AEC)	da
Vreme ekspozicije	< 100 ms
Doza na površini kože pacijenta	< 10 mGy

Prilog 2

**Upitnici za beleženje podataka o radiografskoj
tehnici, rendgen-aparatu i dozama**

1. Merenje doze na površini kože pacijenta (formular za pojedinačnog pacijenta)

Datum:	Bolnica:		
	Rendegn kabinet:		
Pacijent:	Pol: m / ž	Težina:	
	Starost:	Visina:	
Procedura:			
Tehnika:			
Snimak broj 1		Snimak broj 2	
<i>Projekcija</i>		<i>Projekcija</i>	
<i>Rastojanje fokus-koža (cm)</i>		<i>Rastojanje fokus-koža (cm)</i>	
<i>kV</i>		<i>kV</i>	
<i>mAs</i>		<i>mAs</i>	
<i>Automatska kontrola ekspozicije</i>	<i>da / ne</i>	<i>Automatska kontrola ekspozicije</i>	<i>da / ne</i>
<i>Veličina polja (cm x cm)</i>		<i>Veličina polja (cm x cm)</i>	
<i>Fokus (mm)</i>		<i>Fokus (mm)</i>	
<i>Zacrtnjenje filma</i>	<i>zadovoljava / ne zadovoljava</i>	<i>Zacrtnjenje filma</i>	<i>zadovoljava / ne zadovoljava</i>
ESD (mGy)		ESD (mGy)	
Snimak broj 3		Snimak broj 4	
<i>Projekcija</i>		<i>Projekcija</i>	
<i>Rastojanje fokus-koža (cm)</i>		<i>Rastojanje fokus-koža (cm)</i>	
<i>kV</i>		<i>kV</i>	
<i>mAs</i>		<i>mAs</i>	
<i>Automatska kontrola ekspozicije</i>	<i>da / ne</i>	<i>Automatska kontrola ekspozicije</i>	<i>da / ne</i>
<i>Veličina polja (cm x cm)</i>		<i>Veličina polja (cm x cm)</i>	
<i>Fokus (mm)</i>		<i>Fokus (mm)</i>	
<i>Zacrtnjenje filma</i>	<i>zadovoljava / ne zadovoljava</i>	<i>Zacrtnjenje filma</i>	<i>zadovoljava / ne zadovoljava</i>
ESD (mGy)		ESD (mGy)	

2. Merenje doze na površini kože pacijenta (formular za rendgen-aparat)

Datum:	Bolnica:
	Rendegn kabinet:
Oprema:	
Generator rendgenskog zračenja:	<i>Proizvođač:</i> <i>Tip:</i> <i>Talasnost:</i>
Rendgenska cev:	<i>Proizvođač:</i> <i>Tip:</i> <i>Anodni ugao:</i> <i>Ukupna filtracija:</i> <i>mm Al</i> <i>Nominalna veličina fokusa:</i>
Rešetka za sprečavanje rasejanog zračenja:	<i>Odnos rešetke:</i> <i>Broj lamela /cm:</i> <i>pokretna / nepokretna</i> <i>Ugljena vlakna: da / ne</i>
Automatska kontrola ekspozicije:	<i>da / ne</i>
Sto:	
Film:	
Pojačivačka folija:	
Film/folija:	<i>Klasa:</i>
Kaseta:	<i>Ugljena vlakna: da / ne</i>

3. Mernje specifične vrednosti kerem u vazduhu pri različitim naponima rendgenske cevi

fokus	U₀ (kV)	I_t (mAs)	d (m)	K (mGy)	K_S* (mGy/mAs)
<i>veliki</i>	40				
<i>veliki</i>	50				
<i>veliki</i>	60				
<i>veliki</i>	70				
<i>veliki</i>	80				
<i>veliki</i>	90				
<i>veliki</i>	100				
<i>veliki</i>	110				
<i>veliki</i>	120				
<i>veliki</i>	130				
<i>veliki</i>	140				
fokus	U₀ (kV)	I_t (mAs)	d (m)	K (mGy)	K_S* (mGy/mAs)
<i>mali</i>	40				
<i>mali</i>	50				
<i>mali</i>	60				
<i>mali</i>	70				
<i>mali</i>	80				
<i>mali</i>	90				
<i>mali</i>	100				
<i>mali</i>	110				
<i>mali</i>	120				
<i>mali</i>	130				
<i>mali</i>	140				

*specifična vrednost kerem u vazduhu na rstojanju 1 m od fokusa rendgenske cevi