

## UTICAJ KVALITETA SNOPI X-ZRAČENJA NA IZLOŽENOST PACIJENATA I KVALITET SLIKE PRI RADIOGRAFIJI PLUĆA

Olivera Ciraj-Bjelac<sup>1</sup>, Milan Lončar<sup>2</sup>, Petar Smiljanić<sup>2</sup>, Duško Košutić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut za nuklearne nauke VINČA, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita"

<sup>2</sup>Dom zdravlja Novi Beograd

**Sadržaj** – U radu je prikazan jednostavan metod za izbor optimalnog kvaliteta snopa X-zračenja u pogledu izloženosti pacijenata i kvaliteta dijagnostičke informacije. Pri svakoj radiografiji meren je proizvod kerme i površine snopa X-zračenja. Na osnovu rezultata merenja procenjene su doze za organe i efektivna doza za svakog pacijenta. Kvalitet slike ocenjen je subjektivno, na osnovu modifikovanih evropskih kriterijuma prihvatljivosti dijagnostičke slike i objektivno, merenjem optičke gustine u referentnim tačkama na filmu. Uočeno je značajno smanjenje izloženosti pacijenta sa povećanjem deljine poluslabljenja i efektivne energije snopa pri čemu kvalitet dijagnostičke informacije nije narušen.

### 1. UVOD

Na osnovu podataka o učestalosti pojedinih dijagnostičkih pregleda u svetu, snimanje pluća predstavlja relativno najznačajniji pregled doprinoseći sa preko 30% ukupnom broju pregleda. Pored toga, to je jedan od zahtevnijih pregleda (u fizičko-tehničkom smislu) usled velikih razlika u gustini i debljini tkiva na koje nailazi snop rendgenskog zračenja. U uslovima radiološke prakse, tipična radiografija pluća u preko 98% slučajeva izvodi se u stojećem stavu i posteroanteriornoj (PA) projekciji [1,2].

Rezultati merenja doza tokom snimanja pluća ukazali su na značajne varijacije u izloženosti pacijenata, što je posledica različitih radiografskih tehnika u radiološkoj praksi. Pored toga, uprkos očekivanjima, nije uočena dobro poznata korelacija radiografske tehnike i stepena izloženosti pacijenata [3]. U našoj zemlji, srednje vrednosti doza u različitim ustanovama razlikuju se i do faktora osam, dok vrednost dijagnostičkog referentnog nivoa određenog kao treći kvartil distribucije izmerenih vrednosti iznosi 0,8 mGy [2]. Poredeći ovu vrednost sa 0,3 mGy koliko iznosi referentni nivo koji proističe iz preporučene radiografske prakse [4], očigledno je da postoji značajan prostor za smanjenje izloženosti pacijenata u procesu optimizacije prakse po ALARA principu.

Povećanje ukupne filtracije snopa x-zračenja predstavlja jednu od poznatih metoda za smanjenje izloženosti pacijenata u dijagnostičkoj radiologiji [5]. Povećanje filtracije ima za posledicu porast efektivne energije snopa i porast doprinosa Komptonovog rasejanja pri čemu je neophodna primena neke od tehnika za sprečavanje rasejanog zračenja radi očuvanja kontrasta dijagnostičke slike. Primena spektra većih efektivnih energija u dijagnostičkoj radiologiji naziva se i »tvrdozračna« tehnika. U preporuci Evropske Unije (EU) [4] ukazuje se na značaj specijalnih rendgen-aparata za snimanje pluća koji podržavaju visoke vrednosti napona rendgenske cevi (125 kVp), visoko filtrirane snopove (>3 mm Al) i kratko vreme ekspozicije. Nasuprot tome, u radiološkoj praksi su u velikoj meri još uvek zastupljeni klasični rendgen-aparati opšte namene i ograničenih tehničkih mogućnosti. U ovom slučaju nedovoljna filtracija snopa u kombinaciji sa niskim vrednostima napona i

neodgovarajućim sistemima za prijem slike rezultuje nepotrebnim i prekomernim izlaganjem pacijenata.

Oblik spektra X-zračenja u oblasti niskih energija određen je filtracijom snopa. Snopovi X-zračenja koji se koriste u dijagnostičkoj radiologiji obično su filtrirani materijalom malog atomskog broja kao što je aluminijum. Namena filtracije je uklanjanje niskoenergetskih komponenti spektra X-zračenja koje ne doprinose formiranju dijagnostičke slike, apsorbuju se u telu pacijenta i povećavaju pacijentnu dozu. Slabljenje "mekih" komponenti spektra može se intenzivirati pomoću bakarnih filtera. Veći atomski broj u ovom slučaju podrazumeva i veći presek za fotoelektrični efekat i porast apsorpcije niskoenergetskih fotona. Pored toga, apsorpciona svostva filterskih materijala zavise i od vrednosti K apsorpcione ivice. K apsorpciona ivica bakra od 9 keV čini ovaj element efikasnijim u pogledu apsorpcije fotona u intervalu 9-30 keV u poređenju sa aluminijumom čija K apsorpciona ivica iznosi 1.6 keV. Pri korišćenju bakarne filtracije karakteristično zračenje bakra je potrebno ukloniti dodatnim aluminijumskim filtrom debljine najmanje 0.5 mm.

U radu su prikazani rezultati merenja izloženosti pacijenata tokom radiografije pluća za različite radiografske tehnike. Istovremeno, kvalitet dijagnostičke slike je ocenjen subjektivnom i objektivnom metodom. Ovakav pristup predstavlja efikasnu strategiju u optimizaciji zaštite od zračenja u dijagnostičkoj radiologiji s obzirom da omogućava istovremenu evaluaciju pacijente doza i kvaliteta dijagnostičke slike.

### 2. MATERIJAL I METODE

Ispitivanje izloženosti pacijenata i ocena kvaliteta dijagnostičke slike sprovedeno je u službi za dijagnostičku radiologiju u kojem se godišnje obavi preko 6000 radiografskih procedura. Radiografija pluća u PA projekciji je sa oko 45% daleko najzastupljeniji pregled. Prethodnim merenjem pacijentnih doza u ovoj ustanovi utvrđeno je da je srednja vrednost doze na površni kože pacijenta dva puta veća od lokalnog referentnog nivoa [2], što je bio povod za detaljnije ispitivanje i optimizaciju prakse. Analizom je obuhvaćeno ukupno 126 odraslih pacijenata oba pola i prosečne telesne mase podvrgnutih radiografiji pluća u posteroanteriornoj (PA) projekciji. Pacijenti su podeljeni u šest grupa, prosečna telesna masa celokupnog uzorka bila je (72±11) kg a indeks telesne mase (25±3) cm. Pacijenti su snimani rendgen-aparatom Innomed TOP-X-HF sa visokofrekventnim generatorom, rendgenskom cevi sa dva fokusa (1.2 mm /0.6 mm) nominalnog napona 150 kVp i zidnim stojećim stativom sa pokretnom fokusiranom rešetkom za sprečavanje rasejanog zračenja odnosa rešetke 7. Kao prijemnik slike korišćen je sistem film-pojačivačka folija nominalne klase 400.

Proizvod kerme i površine (KAP) je meren transmissionom jonizacionom komorom KERMAX-Plus

(Wellhofer Scanditronix, Sweden) postavljenom na kućište rendgenske cevi rendgen-aparata. Kalibracija je izvršena pomoću referentnog dozimetra Baracuda R100 (RTI Electronics AB, Sweden) i filma. Za indirektnu procenu doza za organe i efektivne doze korišćen je softverski paket NRPB-SR262, sa bibliotekom konverzionih koeficijenta iz ESD ili KAP u efektivnu dozu [6].

Subjektivna ocena kvaliteta slike izvršena je na osnovu modifikovanih kriterijuma prihvatljivosti dijagnostičke slike [4]. Razmatrano je ukupno šest kriterijuma koji se odnose na pozicioniranje i vizualizaciju anatomskih detalja:

1. Simetričnost klavikula prema spinoznim nastavcima kičmenog stuba;
2. Medijalne ivice skapula van plućnog polja;
3. Jasan prikaz vaskularne šare (1 cm od lateralne ivice torakalnog zida);
4. Vizualizacija intervertebralnih prostora;
5. Oštine ivica srčanovaskularne senke;
6. Oštrina ivica dijafragme i kostofreničnih sinusa.

Faktor kvaliteta slike (ICS) izračunat je na osnovu izraza [7]:

$$ICS = \frac{\sum \sum \sum S_{o,i,c}}{N_o N_i N_c} \quad (1)$$

gde je sumiranje izvršeno po broju posmatrača (o), slika (i) i kriterijuma (c). Pri tome  $N_o$  predstavlja broj posmatrača,  $N_i$  broj posmatranih slika a  $N_c$  ukupan broj kriterijuma. Ocena pojedinačnog kriterijuma  $S_{o,i,c}$  u zavisnosti od kvaliteta slike uzima jednu od tri vrednosti: 0, 1 i 2.

Optička gustina (OD) u referentnim tačkama filma izmerena je denzitometrom Lullus 1.21 D (Wellhofer, Scanditronix, Schwarzenbruck, Germany), dok je kontrast izračunat kao razlika optičkih gustina referentnih tačaka [7].

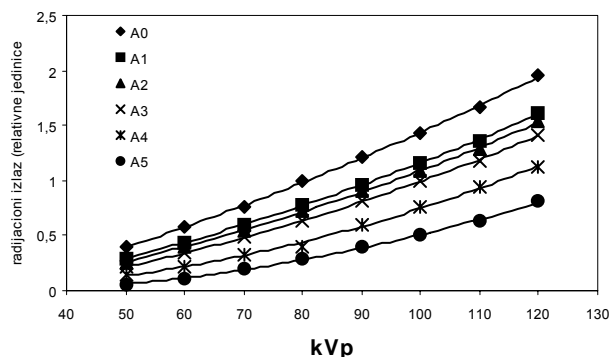
### 3. REZULTATI

Karakteristike snopova koji su korišteni za snimanje pluća u PA projekciji prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike snopova x-zračenja za različite debljine i vrste filtara: ukupna filtracija, debljine poluslabljenja (HVL), efektivna energija ( $\epsilon_{eff}$ ) i radijacioni izlaz

Oznaka spektra	Ukupna filtracija	HVL (mm Al)	$\epsilon_{eff}$ (keV)	Radijacioni izlaz na 80 kVp ( $\mu\text{Gy/mAs}$ )
A0	2.5 mm Al	2.7	42.5	65.2
A1	3.2 mm Al	3.1	43.8	51.1
A2	3.5 mm Al	3.1	44.3	47.6
A3	3.9 mm Al	3.5	44.9	48.6
A4	3.5 mmAl+ 0.1 mm Cu	4.7	48.4	30.4
A5	2.5 mm Al+ 0.2 mm Cu	5.3	50.4	19.42

Na Slici 1. prikazana je zavisnost radijacionog izlaza (u  $\mu\text{Gy/mAs}$ ) rendgen-aparata za različito filtrirane snopove. Oznake snopova odgovaraju simbolima korišćenim u Tabeli 1. Rezultati su normirani na vrednost radijacionog izlaza snopa ukupne filtracije 2.5 mmAl merenog pri naponu od 80 kVp.

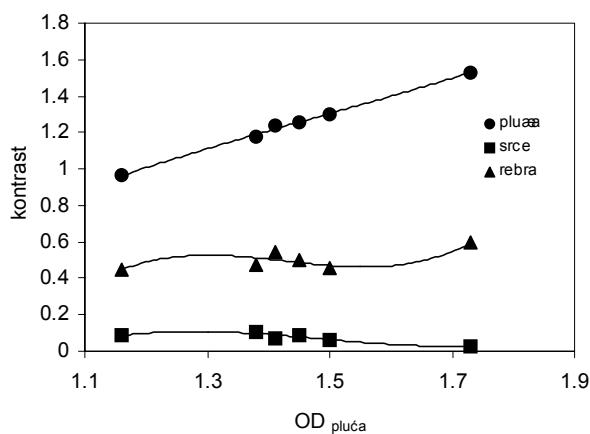


Sl.1. Radijacioni izlaz rendgen-aparata za različito filtrirane spektre u zavisnosti od napona rendgenske cevi

Individualne karakteristike pacijenata, broj pacijenata po grupama i parametri tehnike snimanja primenjenih za pojedine grupe pacijenata prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. Individualne karakteristike pacijenata i tehnika snimanja pri primeni snopova različitog kvaliteta za radiografiju pluća u PA projekciji

Oznaka spektra	N	m (kg)	BMI	U (kVp)	Q (mAs)
A0	20	76±14	25±4	48±4	46±5
A1	21	70±12	25±4	69±5	5±1
A2	31	72±13	24±3	67±4	5±1
A3	18	70±8	24±4	68±4	5±1
A4	18	72±7	26±3	69±3	5±1
A5	18	71±8	24±3	71±4	5±1



Sl. 2. Zavisnost kontrasta u regionu pluća, srca i rebara u zavisnosti od optičke gustine filma u regionu pluća

Na Slici 2. prikazana je zavisnost kontrasta različitih anatomskih regija na filmu od izmerene optičke gustine pluća.

U Tabeli 3 prikazani su rezultati merenja pacijentnih doza kao i srednje vrednosti efektivne doze za svaku grupu pacijenata.

Tabela 3. Srednja vrednost, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrednost proizvoda kerme i površine i srednja vrednost efektivne doze za različite spektre

Oznaka spektra	KAP (Gycm <sup>2</sup> )			E (μSv)
	srednja vrednost	min	max	
A0	1.45±0.59	0.69	2.71	100±48
A1	0.34±0.14	0.19	0.75	35±16
A2	0.28±0.09	0.14	0.51	32±12
A3	0.23±0.07	0.12	0.37	29±11
A4	0.14±0.04	0.06	0.23	20±7
A5	0.11±0.05	0.06	0.24	20±15

Izračunate vrednosti faktora kvaliteta slike i izmerene vrednosti optičke gustine u regionu pluća, srca i rebra prikazani su u Tabeli 4.

Tabela 4. Faktor kvaliteta slike i optičke gustine u referentnim tačkama na filmu za različite grupe pacijenata

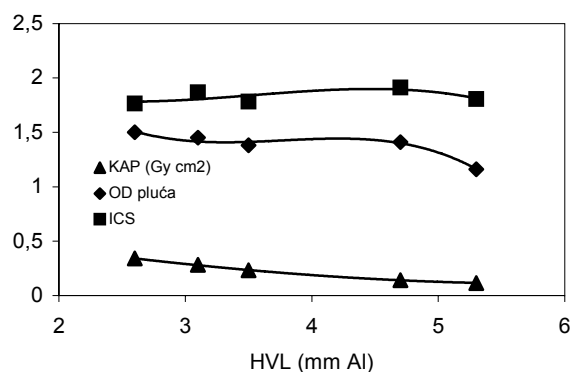
Oznaka spektra	ICS	OD <sub>pluća</sub>	OD <sub>rebra</sub>	OD <sub>srce</sub>
A0	1.72	1.73±0.35	0.79±0.21	0.23±0.05
A1	1.77	1.50±0.24	0.65±0.15	0.26±0.05
A2	1.87	1.45±0.35	0.69±0.20	0.28±0.07
A3	1.78	1.38±0.31	0.68±0.08	0.31±0.23
A4	1.91	1.47±0.30	0.78±0.19	0.32±0.10
A5	1.81	1.16±0.39	0.65±0.21	0.27±0.06

Na Slici 3. objedinjeni su, objektivni pokazatelj kvaliteta slike-optička gustina u regionu pluća, subjektivni pokazatelj kvaliteta slike-faktor kvaliteta slike i izmerena vrednost pacijentne doze. Prikazana zavisnost navedenih parametara ukazuje na značajno smanjenje izloženosti pacijenata sa povećanjem filtracije snopa x-zračenja. Istovremeno, kvalitet slike ostaje nepromenjen. Uprkos smanjenju optičke gustine u regionu pluća pri tvdo filtriranim snopovima (0.2 mm Cu), vrednost ICS, koja je posledica individualnih afiniteta posmatrača, u ovom slučaju nije narušena. Ova činajnica ukazuje na značaj istovremenog praćenja objektivnih i subjektivnih pokazatelja kvaliteta slike. Dok varijacije ICS mogu biti posledica subjektivnih ocena svakog posmatrača, optimalna OD kreće se u intervalu 1.2±0.8 [7].

S obzirom da u radovima drugih autora nije uočena značajna korelacija između fizičkih parametara kao što su napon rendgenske cevi, klasa pojačanja sistema film-

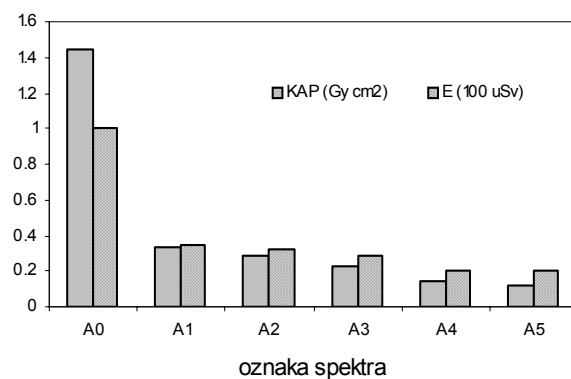
pojačivačka folija i metod za sprečavanje rasejanog zračenja a jeste uočena korelacija između OD i ICS, OD u referentnim tačkama filma praćena je i u ovom radu. Poredeći vrednosti KAP, OD<sub>pluća</sub> i ICS za različite kvalitete snopa, nameće se zaključak da je ukupna filtracija od 3.5 mm Al u kombinaciji sa 0.1 mm Cu optimalna za radiografiju pluća u ovom slučaju.

Na Slici 4 je prikazana distribucija izmerenih vrednosti proizvoda kerme i površine i izračunatih vrednosti efektivne doze pri radiografiji pluća snopovima x-zračenja različitog kvaliteta.



Sl. 3. Zavisnot proizvoda kerme i površine (KAP), optičke gustine (OD) pluća i faktora kvaliteta slike (ICS) od debljine poluslabljenja snopa (HVL)

Usled povećanja efektivne energije snopa sa povećanjem filtracije (Tabela 1.), efektivne doze ne beleži identičan trend kao proizvod kerme i površine. Potrebno je naglasiti da je isključivo modifikacijom tehnike snimanja u grupi A0 (povećanjem odnosa kVp/mAs) postignuto smanjenje pacijentnih doza do faktora 4. Naknadnim povećanjem filtracije snopa postignuto je dodatno smanjenje doza do faktora 3.



Slika 4. Distribucija proizvoda kerme i površine i efektivne doze za spektre različitog kvaliteta

Na uzorku od 126 odraslih pacijenata nije uočena korelacija između kvaliteta slike i pacijentne doze tokom radiografije pluća, što je u skladu sa rezultatima drugih autora [8,9].

#### 4. ZAKLJUČAK

Svrha i cilj optimizacije prakse u dijagnostičkoj radiologiji je pronalaženje optimalnih radiografskih parametara koji rezultuju zadovoljavajućim kvalitetom dijagnostičke informacije i minimalnom dozom za pacijenta. Usled velikih razlika u karakteristikama rendgen-aparata standardizacija pregleda je praktično nemoguća [4] i potrebna je analiza svakog pojedinačnog slučaja.

U radu je prikazana jednostavna metoda za smanjenje izloženosti pacijenata koja se efikasno može primeniti u radiološkoj praksi. Ispitana je zavisnost pacijentnih doza od filtracije snopa x-zračenja u realnim uslovima. Uočeno je da kvalitetna dijagnostička informacija ne zahteva visoke pacijentne doze. Prikazani rezultati predstavljaju kvantitativnu analizu izloženosti pacijenata tokom radiografije pluća, što je osnova za modifikaciju tehnike snimanja i optimizaciju zaštite od zračenja u dijagnostičkoj radiologiji.

Značajan zaključak ovog rada odnosi se na postojanje potencijala za optimizaciju prakse i u situacijama kada se koristi oprema ograničenih tehničkih mogućnosti. Daljim istraživanjem, koje se odnosi na modifikaciju parametara radiografske tehnike i simultani uticaj posmatranih parametara na kvalitet dijagnostičke slike i izloženost pacijenata, moguće je postići još značajnije smanjenje rizika za pacijente u dijagnostičkoj radiologiji.

#### LITERATURA

- [1] O. Ciraj-Bjelac, D. Košutić, S. Marković, Dozimetrijski aspekti radiografije pluća, Zbornik radova 48. Konferencije ETRAN, Čačak 6-10 jun 2004, strana 56-60.
- [2] O. Ciraj, S. Marković, D. Košutić, Patient dose from conventional diagnostic radiology procedures in Serbia and Montenegro, The Journal of Preventive Medicine, Vol 12, No 3-4: 26-35, 2004.
- [3] Lanhede B, *et al.* The influence of different technique factors on image quality of chest radiographs as evaluated by modified CEC image quality criteria, Br J Radiol, 75(2002):38-49.

- [4] European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. EUR 16260 EN, Luxembourg, 1996.
- [5] Vassileva J, A phantom approach to find the optimal technical parameters for plane chest radiography, *Br J Radiol* 77 (2004):1-7.
- [6] 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.
- [7] Sandborg M, *et. al.* Demonstration of correlations between clinical and physical image quality measures in chest and lumbar spine screen-film radiography, *Br J Radiol* 74 (2001):520-538.
- [8] Leitz W K, *et. al.* In search of optimum chest radiography techniques. *Br J Radiol* 1993;66:14-21.
- [9] Warren-Foreward H M, Millar J S. Assessment of image quality for chest radiography in the West Midlands. *Rad prot Dosim* 1995;57:171-4.

**Abstract** – A simple method for assessment of optimal X-ray beam quality in respect to patient exposure and image quality is presented. Kerama-area product was measured for each radiography using transmission ionisation chamber. Using results of measurement effective dose was calculated for each patient. Image quality was assessed subjectively, using modified European quality criteria for radiography examinations and objectively, by measuring optical density in reference points of radiography film. With increased half value layer and effective beam energy, a significant dose constant was achieved without loss of image quality.

#### THE INFLUENCE OF DIFFERENT BEAM QUALITIES ON IMAGE QUALITY AND PATIENT DOSES IN CHEST RADIOGRAPHY

Olivera Ciraj-Bjelac, Milan Lončar, Petar Smiljanić, Duško Košutić, Srško Marković