

---

# PRIMERJAVA SLIKOVNIH TEHNIK NA SKELETNEM FANTOMU

## *COMPARAISON OF IMAGING TECHNIQUES ON SKELETAL PHANTOM*

Dean Pekarovič, inž.rad., Klinični inštitut za radiologijo, Klinični center, Zaloška 7,  
1000 Ljubljana, dean.pekarovic@kclj.si

### **IZVLEČEK**

V članku predstavljamo študijo dejavnikov, ki vplivajo na kakovost rentgenogramov slumbosakralne hrbtenice v anterioposteriorni in stranski projekciji. Celotna študija je bila razdeljena v več faz. Začeli smo z oceno obstoječega stanja in nadaljevali v optimizacijo radiološkega posega s ciljem dokazati ali je možno izdelati kakovostnejši rentgenogram in zmanjšati sevalno obremenjenost bolnikov. V študiji smo uporabili ocenjevalne tabele za kvaliteto rentgenograma in hkrati izvedeli meritve z DAP-metrom (Dose Area Product) pri vseh obstoječih in predlaganih tehnikah slikanja lumbosakralne hrbtenice. Po opravljeni analizi smo ugotovili, da ob upoštevanju priporočil lahko izvedemo radiološki poseg z višjimi anodnimi napetostmi in s tem manj sevalno obremenimo bolnika in zadržimo kakovost rentgenograma.

### **ABSTRACT**

The article describes the factors that influence the quality imaging of lumbo-sacral spine in antero-posterior and lateral projection. The study has been divided into several phases. The initial assessment of the extant conditions was followed by the optimization of the radiologic procedure in order to achieve higher x-ray diagnostic image quality and (significantly) reduce radiation dose to the patient. The assessment charts were used to establish the quality of roentgenogram and the DAP-meter (Dose Area Product) was used for patient dose measurements during the extant and proposed imaging techniques. The analysis of the results shows that, while carefully observing the necessary recommendations, the x-ray imaging can be performed at higher anodic values with lower patient radiation exposure and no detriment to image quality.

## UVOD IN NAMEN

Namen študije je prilagoditi izvedbo radioloških posegov smernicam, navedenim v European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images (EUR 16260 EN). Študijo smo razdelili v več faz.

## METODE

V prvi fazi smo analizirali dosednji način dela in ocenili rentgenograme glede na kakovost. V drugi fazi smo spremenili tehniko slikanja in ponovno ocenjevali rentgenograme z namenom, da obdržimo kakovost slike ali jo celo izboljšamo. Pri obeh fazah smo poleg ocenjevanja kakovosti slik izvedeli tudi meritve obsevanosti bolnika z DAP-metrom.

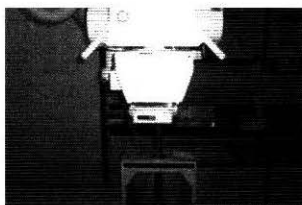
Pri študiji slikovnih tehnik smo izbrali skeletno diagnostiko na Kliničnem inštitutu za radiologijo (KIR) Kliničnega centra v Ljubljani. Skeletno diagnostiko smo izbrali, ker so tam zahteve glede

kakovosti rentgenogramov najvišje. Pri delu radiološki inženirji aktivno sodelujejo z radiologi pri oceni rentgenograma in izbiri nadaljnjih slikovnih metod.

Za izhodišče smo uporabili Evropska priporočila, opisana v European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images (EUR 16260 EN) iz leta 1996. V priporočilu so tudi podatki za slikanje lumbosakralne hrbtenice v antero-posteriorni in stranski projekciji. Pri študiji smo uporabili Evropska priporočila za ocenjevanja kakovosti slik, DAP-meter, oblikovali smo tabele za vpis podatkov.

Študija na KIR je bila razdeljena v več faz. Zbirali smo naslednje podatke (tabela 1): podatke o bolniku (spol, starost in masa bolnika), podatke o preiskavi (vrsta projekcije), tehniki slikanja (razdalja film-gorišče, kV, mAs, AEC) in obsevanosti bolnika (DAP).

Preiskave so bile izvedene na rentgenskem aparatu Philips Super 50 CP.



Slika 1: DAP-meter

Tabela 1. : Prikaz dela tabele za vnos podatkov

bolnik			projekcija lumbosakralne hrbtenice				tehnika slikanja				obsevanost bolnika
spol	letnik	masa(kg)	L/S	AP	PA	STR	FFD	kV	mAs	AEC	DAP

*Tabela 2 : Podatki o rentgenskem aparatu*

proizvajalec in tip	<b>Philips Super 50CP</b>
namembnost aparata	radiografija skeleta
tip in št. rentgenske cevi	SRO 25/50, št. 8666066
velikost gorišč	0.6 mm in 1.0 mm
tip generatorja	visokofrekvenčni generator
vgrajeni filter	2,7 mm Al
anodna napetost	40 kV - 125 kV
leto vgradnje	1992

V prvi fazi smo obdelali parametre za slikanju ledvene hrbtenice, kakor so jih na diagnostiki uporabljali do sedaj. V tabeli 4 so prikazane povprečne vrednosti podatkov, ki smo jih zbirali o obsevanosti pacientov z masami med 60 in 80 kg na rentgenskem aparatu Philips Super 50 CP.

V nadaljevanju smo prilagodili tabelo za ocenjevanje rentgenogramov. Kriteriji za oceno rentgenograma so navedeni v European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in so za AP/PA projekcijo navedeni v tabeli 3.

*Tabela 3: Ocenjevalni kriteriji za rentgenogram lumbosakralne hrbtenice v AP projekciji*

oster prikaz roba spodnje in zgornje terminalne plošče v centralnem delu snopa
oster prikaz pediklov
prikaz medvretenčnih fasetnih sklepov
prikaz spinoznega in transverznega odrastka
oster prikaz korteksa in trabekularne strukture
prikaz mehkih delov kot je senca musculus psoas-a
prikaz sakroiliakalnih sklepov
natančnost prikaza detajlov: od 0,3 - 0,5 mm

Tablea 4 : Parametri obstoječe tehnike slikanja lumbosakralne hrbtenice

projekcija	masa	kV (anodna napetost)	mAs (tokovni sunek)	DAP (cGy cm2)	št. meritev
AP	71	64	206,9	385	13
STR.	71	75	195,7	530	15

Navedeni podatki so nam služili kot izhodišče pri nadaljnjem delu.

Tabela 5: Ocene rentgenogramov lumbosakralne hrbtenice v AP projekciji - obstoječe tehnike slikanja

kriterij ocene rentgenograma	št. bolnika													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
oster prikaz roba spodnje in zgornje terminalne plošče v centralnem delu snopa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
oster prikaz pediklov	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
prikaz medvretenčnih fasetnih sklepov	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
prikaz spinoznega in transverznega odrastka	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
oster prikaz korteksa in trabekularne strukture	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
prikaz mehkih delov kot je senca musculus psoas-a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
prikaz sakroiliakalnik sklepov	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Σ	7	7	6	6	7	7	7	5	6	7	4	6	6	7

Vse rentgenograme smo zaradi objektivnosti ocenjevanja spremenili v številke in oddali v ocenjevanje tako skeletnim radiologom kot radiološkim inženirkam na skeletni diagnostiki. Ocenjevale so se vidne strukture. Če se anatomski del na rentgenogramu vidi, so v tabelo vpisali 1 točko, če se anatomski del ni videl so vpisali 0 točk, če pa je patologija prekrivala anatomski del, so vpisali črko P.

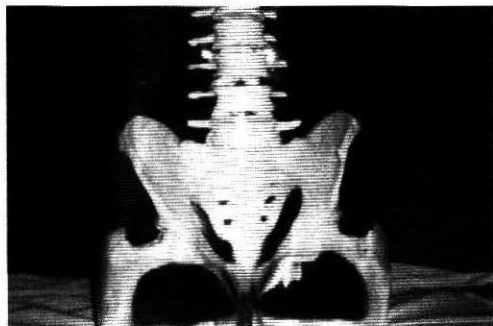
Po analizi ocenjevanja smo primerjali rezultate ocen, ki so jih ločeno in

neodvisno opravljali radiologi in radiološke inženirke. Ker so bile ocene skoraj identične, smo se dogovorili, da v drugi fazi radiološke inženirke same ocenjujejo rentgenograme.

Po opravljeni analizi podatkov smo opravili še različne slikovne tehnike na fantomu. Uporabili smo skeletni fantom za prikaz medenice in ledvene hrbtenice. Fantom je iz snovi, ki ustreza 178 cm visokem in 73,5 kg težkemu človeku, njegova gostota ustreza absorpcijskim

vrednostim človeka. Fantom je izdelek podjetja Cone Instruments iz ZDA in je del antropomorfnih fantomov za prikaz skeleta.

Naslednji korak je bil preverjanje različnih nastavljenih parametrov, da bi ob nižji dozi dobili optimalni rentgenogram.



Slika 2: Fantom

## REZULTATI IN DISKUSIJA

V primerjalni tabeli (tabela 6) so opisane štiri različne tehnike slikanja v **AP projekciji**. Pri vseh štirih smo najprej

uporabili podobno tehniko kot se je uporabljala do sedaj. Pri vseh slikanjih smo uporabili enako razdaljo gorišče – film, in sicer 115 cm ter centralno ionizacijsko celico (AEC).

Tabela 6: Parametri za AP projekcijo lumbosakralne hrbtenice na fantomu, pri slikah 3a – 3d

SLIKA	kV	mAs	ms	gorišče	dodatni filter	DAP
3a	60	433	1852	0.6	ne	263
3b	80	55	96	1	ne	332
3c	80	60	106	1	1mmAl	60
3d	60	493	2222	0.6	1mmAl	281

### **Ocena kakovosti AP rentgenogramov lumbosakralne hrbtenice**

Pri sliki 3b smo spremenili malo gorišče (0,6 mm) v veliko (1,0 mm) in anodno napetost iz 60 kV na 80 kV. Pri primerjavi obeh slik vidimo, da je rentgenogram 3a svetlejši DAP pa je nižji.

Pri rentgenogramu 3c smo pri enaki anodni napetosti kot pri 3b dodali filter debeline 1mm Al. Lastna filtracija rentgenske cevi znaša 2,7 mm Al. Opazimo, da sta rentgenograma številka 3b in 3c enako počrnjena in enake kvalitete, DAP vrednost je pri 3c 4 krat nižja kot pri rentgenogramu 3a in več kot 5 krat nižja kot pri rentgenogramu 3b

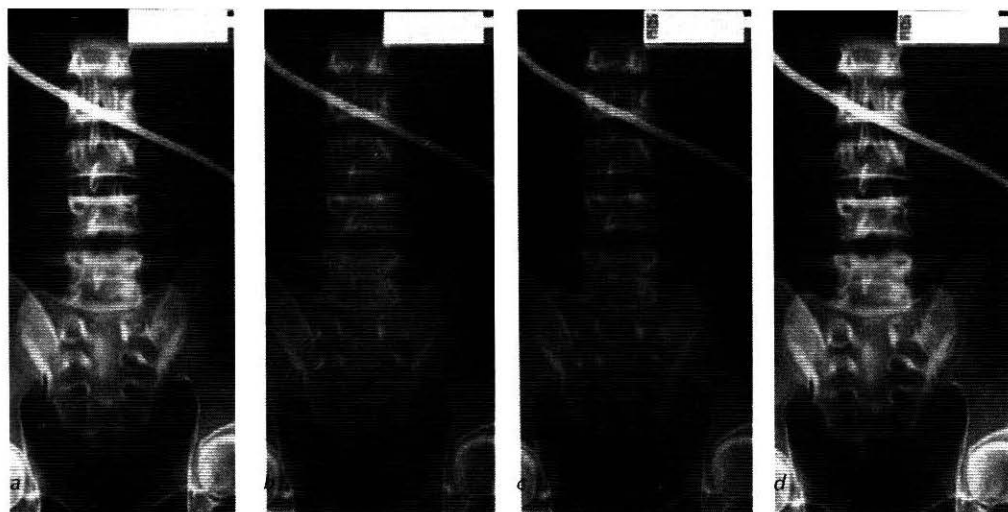
Pri rentgenogramu 3d smo se vrnili na 60 kV in dodali filter 1 mm Al. Opazimo, da je slika še vedno podekspozicionirana in ne zadovoljuje vsem kriterijem za oceno rentgenograma.

Po analizi vseh štirih tehnik slikanja ugotavljamo, da je za slikanje lumbosakralne hrbtenice v AP ali PA projekciji 60 kV premalo, 80 kV pa za odtenek preveč. Tako bi za slikanje pacienta,

težkega 73 kg, izbrali med 75 - 77 kV, uporabili veliko gorišče in dodali 1mm Al filtra. Z izbiro teh parametrov bi naredili kakovosten rentgenogram, ki bi zadovoljil kriterijem kakovosti za ocenjevanje rentgenograma, kot so opisani v priporočilu. Ti parametri se tudi ujemajo s priporočili dobre radiološke tehnike slikanja, ki so opisane v priporočilu (tabela 7).

*Tabela 7: Parametri priporočene tehnike slikanja za AP projekcijo lumbosakralne hrbtenice*

projekcija	AP/PA
rešetka	lysholm ali buckyjeva r = 10; 40/cm
gorišče	≤ 1.3 (veliko)
filtracija	≥ 3.0 mm Al
hitrost slik. sistema	400
ffd	115 (100 - 150 ) cm
kV	70 - 90
AEC	sredinska celica
čas ekspozicije	< 400 ms



*Slika 3: Rentgenogrami 3 a, 3b, 3c, 3d*

V naslednji fazi optimizacije protokola slikanja lumbosakralne hrbtenice smo obdelali še **stransko projekcijo**. V tabeli 4 so prikazani parametri, ki so se uporabljali na skeletni diagnostiki do sedaj. Uporabili smo isti fantom, kot pri AP

projekciji. V tabeli 8 je opis priporočenih parametrov za stransko projekcijo.

Ocenjevalni kriteriji za rentgenogram lumbosakralne hrbtenice v stranski projekciji so opisani v tabeli 9.

*Tabela št. 8 : Prikaz podatkov obstoječe tehnike slikanja L/S stransko*

Projekcija	Masa	kV (Anodna napetost)	mAs (Tokovni sunek)	DAP (cGy cm <sup>2</sup> )	Št. meritev
Ledvena hrbtenica AP	71	64	206,9	385	13
Ledvena hrbtenica LAT	71	75	195,7	530	15

*Tabela 8 : Parametri priporočene tehnike slikanja za stransko projekcijo lumbosakralne hrbtenice*

projekcija	stranska
rešetka	lysholm ali buckyjeva r = 10; 40/cm
gorišče	≤ 1,3 (veliko)
filtracija	≥ 3,0 mm Al
hitrost slik. sistema	400
ffd	115 (100 - 150 ) cm
kV	80 - 95
AEC	sredinska celica
čas ekspozicije	< 1000 ms

*Tabela 9: Ocenjevalni kriteriji za rentgenogram lumbosakralne hrbtenice v stranski projekciji*

oster prikaz zgornje in spodnje terminalne plošče in medvretenčnih fasetnih sklepov
prikaz zadnjega roba telesa vretenca
prikaz pediklov in medvretenčnih forarnov
prikaz spinoznega odrastka
oster prikaz korteksa in trabekularne strukture
natančnost prikaza detajlov: od 0,5 mm

Pri stranski projekciji smo spreminjali anodno napetost od 70 kV na 80 kV in do 90 kV ter pri vseh treh napetostih spreminjali gorišče in dodajali filter 1mm Al. Pri vseh slikanjih smo uporabljali sredinsko celico (AEC). Parametri posameznih slikanj so navedeni v tabeli 10.

*Tabela 10: Parametri za stransko projekcijo lumbosakralne hrbtenice pri slikah 4a – 4c, 5a – 5c in 6a – 6c*

slika	kV	mAs	ms	gorišče	filter	DAP
4a	70	240	965	0.6	ne	362
4b	70	225	396	1	ne	358
4c	70	254	457	1	1mm Al	311
5a	80	105	409	0.6	ne	211
5b	80	101	182	1	ne	210
5c	80	111	202	1	1mm Al	183
6a	90	53	210	0.6	ne	138
6b	90	51	100	1	ne	137
6c	90	56	110	1	1mm Al	121



*Slika 4.: Rentgenogrami 4 a, 4b, 4c.*



a



b



c

Slika 5.: Rentgenogrami 5 a, 5b, 5c



a



b



c

Slika 6.: Rentgenogrami 6 a, 6b, 6c

### **Ocena kakovosti stranskih posnetkov lumbosakralne hrbtenice**

Pri tej analizi smo natančneje prikazali različne tehnike slikanja. Spreminjali smo anodno napetost od 70 kV do 90 kV, spreminjal malo in veliko gorišče ter dodajal filter 1mmAl.

Pri oceni so sodelovali radiološki inženirji in skeletni radiologi, ki so se strinjali z ocenami, ki so jih podali radiološki inženirji. Pri vseh devetih tehnikah slikanja so nekatere slike boljše za prikaz manjših struktur, druge za prikaz celotnega skeleta. Razlike v slikah so, ampak ne tako velike, da bi bila katera

od njih neuporabna. Potrebno pa je upoštevati, da je prikaz struktur pri fantomu drugačen kot pri bolnikih.

Končni zaključek je, da se za pravilno tehniko izbere tisto, ki sevalno najmanj obremeni pacienta. Kot je razvidno iz tabele 11, se pri uporabi višje anodne napetosti, spremembi gorišča in dodajanju filtra, vrednosti DAP-a najnižje. Natančnejša analiza rentgenogramov (kvaliteta slike) in izmerjenih vrednosti DAP-a pokažejo, da bi bila primerna tehnika slikanja s kV med 80 in 90 in uporabo dodatnega filtra 1 mm Al.

*Tabela št 11: Prikaz parametrov slikanja pred in po opravljeni študiji*

projekcija	k V (anodna napetost)		m As (tokovni sunek)		DAP ( cGycm.)	
	pred	po	pred	po	pred	po
AP	64	76,27	206,9	40	385	68,40
stranska	75	87	195,7	105	530	122,52

Ko smo prilagodili tehniko slikanja, smo na istem aparatu ponovno izvedli meritve z uporabo DAP metra pri slikanjih lumbosakralne hrbtenice v AP

projekciji. Razdalja gorišče-film je bila pri vseh projekcijah enaka. Rezultati so prikazani v tabeli 12.

Tabela 12: Slikanje lumbalne hrbtenice v AP projekciji po opravljeni študiji

letnik	spol	masa	kV	mAs	DAP
1937	m	78	80	47	90
1937	ž	60	70	100	20
1952	ž	79	80	34	60
1939	ž	90	89	63	70
1955	ž	62	80	34	41
1966	ž	74	80	28	32
1958	m	83	75	52	50
1937	m	95	85	48	80
1953	ž	44	70	36	29
1949	m	66	78	47	41
1916	ž	80	75	165	153
1919	ž	68	70	156	95
1931	m	93	75	148	121
1942	ž	80	72	133	101
1926	m	85	89	37	56
1975	m	73	85	29	38
1946	m	96	85	65	87
1923	ž	40	60	98	39
1935	ž	63	70	127	62
1924	ž	70	70	127	100
1946	ž	70	70	77	47
1928	m	85	70	110	93
		Σ	76,27	80	68,40

V tabeli 12 so prikazane primerjave anodnih napetosti, tokovnih sunkov in obsevanosti po opravljeni študiji. Iz rezultatov je razvidno, da lahko z

uporabo AEC-ja in višjih vrednostih anodne napetosti znižamo sevalno obremenjenost bolnika, pri tem pa obdržimo enako kakovost slike.

---

## ZAKLJUČEK

Z izbiro višjih vrednosti kV ( anodne napetosti) smo dosegli nižjo obsevanost pre-iskovanca. S tem smo se prilagodili ALARA principu. Istočasno smo zadržali kvaliteto slike tako, da smo posege opravili v skladu z dobro radiološko prakso.

V dnevni praksi se je izkazalo, da je uporaba predlagane tehnike slikanja težavna. Izvajalci posegov se morajo dodatno usposobiti. Poudarek pri usposabljanju je na pravilni izbiri parametrov slikanja in ocenjevanja rentgenograma, saj so odtenki sivin anatomskih struktur za odtenek drugačni. in ne obupati po dveh rentgenogramih slabše kakovosti. Pozornost je potrebno posvetiti natančni izbiri vrednosti anodne napetosti glede na maso bolnika.

## ZAHVALA

Pri analizi vseh podatkov bi se zahvalil ekipi skeletne diagnostike Kliničnega inštituta za radiologijo za pomoč in strokovne nasvete in Oddelku za radiologijo VŠZ za sposojeni fantom.

Naslednji izziv za vse nas bo optimizacija protokolov za slikanje pri uporabi DR tehnologije. Pri tem načinu dela se srečujemo s posledicami, da ko višje parametre ekspozicije uporabljamo kakovostnejši je rentenogram. Nekje bo potrebo postaviti meje, da lahko dosežemo podobne rezultate kot pri klasični tehnologiji. Predvsem se postavlja

dilema koliko se sevalno obremeni bolnik in kje je mena kvalitetnega radiograma.

## LITERATURA

1. *European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images (EUR 16260 EN) (1996), European Commission, Directorate General XII: Science, Research and Development, Office for Official Publications of the European Communities.*