

**UNIVERZA V LJUBLJANI
ZDRAVSTVENA FAKULTETA
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA, 2. STOPNJA**

Erna Huskić

**PRIMERJAVA ANTEROPOSTERIORNE IN
POSTEROANTERIORNE PROJEKCIJE SLIKANJA
LEDVENE HRBTENICE**

Ljubljana, 2017

**UNIVERZA V LJUBLJANI
ZDRAVSTVENA FAKULTETA
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA, 2. STOPNJA**

Erna Huskić

**PRIMERJAVA ANTEROPOSTERIORNE IN
POSTEROANTERIORNE PROJEKCIJE SLIKANJA
LEDVENE HRBTENICE**

Magistrska naloga

**COMPARISON OF ANTEROPOSTERIOR AND
POSTEROANTERIOR PROJECTION IN LUMBAR
SPINE RADIOGRAPHY**

Master Thesis

Mentor: doc. dr. Damijan Škrk, univ. dipl. fiz.

Somentor: viš. pred. dr. Nejc Mekiš, mag. inž. rad. tehnol.

Recenzent: izr. prof. dr. Janez Žibert

Ljubljana, 2017

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Damijanu Škrku, univ. dipl. fiz., in somentorju viš. pred. dr. Nejcju Mekišu, mag. inž. rad. tehnol. za vso strokovno pomoč, usmeritve, motivacijo in ostalo podporo pri izdelavi magistrske naloge. Zahvala gre prav tako g. izr. prof. dr. Janezu Žibertu za recenziranje ter ostale predloge.

Zahvaljujem se celotnem radiološkemu timu Zdravstvenega doma Ljubljana – center za omogočanje izvedbe meritev na rentgenskem aparatu ter ostalo pomoč pri izvedbi praktičnega dela magistrske naloge, prav tako vsem pacientom, ki so v raziskavo privolili in mi omogočili, da sem raziskavo lahko opravila.

Največja zahvala pa gre predvsem mojim staršem, bratu in fantu, ki so me tekom študija in pisanja magistrske naloge močno podpirali in verjeli vame.

IZVLEČEK

Uvod: Slikanje ledvene hrbtenice je klasificirano kot preiskava z največjo dozno obremenitvijo v klasični radiografiji. Obstaja preprost, vendar učinkovit način za zmanjšanje doze sevanja in sicer zamenjava anteroposteriorne (AP) projekcije slikanja v posteroanteriorno (PA) projekcijo. **Namen:** Namen je ugotoviti, kako se pri uporabi PA projekcije spremeni doza ionizirajočega sevanja pri rentgenskem slikanju ledvenih vretenc ter ali PA projekcija vpliva in spremeni kakovost slike v primerjavi z AP projekcijo. **Metode dela:** Raziskavo smo izvedli v dveh delih. V prvem delu raziskave smo merili dozo (DAP) na fantomu, kjer smo naredili 5 slik v AP in 5 v PA projekciji. Drugi del raziskave smo izvedli na 100 pacientih, ki smo jih naključno razdelili v dve skupini po 50, nato pa slikali prvo skupino v AP in drugo v PA projekciji. Pri vseh pacientih smo beležili maso in višino za izračun indeksa telesne mase (ITM), hkrati pa smo primerjali tudi velikost polja, debelino trebuha, DAP in efektivno dozo. Vse rentgenograme so na koncu neodvisno ocenili trije specialisti radiologi. **Rezultati in razprava:** Raziskava na fantomu je pokazala, da je bilo polje pri PA projekciji večje za $62,6 \text{ cm}^2$, ki pa ni statistično značilno ($p = 0,310$), pri AP projekciji je bil DAP manjši za $1,9 \mu\text{Gy m}^2$ in tudi ni statistično značilno različen ($p = 0,310$), ocena rentgenogramov pa je bila boljša pri AP projekciji za 0,2, vendar tudi statistično neznačilna ($p = 0,690$). Meritev efektivne doze je bila pri PA projekciji manjša za 0,033 mSv, kjer smo ugotovili statistično značilne razlike ($p = 0,008$). Pri pacientih je bilo polje večje pri PA projekciji za 8 cm^2 , vendar ne statistično značilno ($p = 0,391$). Debelina trebuha se je pri PA projekciji statistično značilno zmanjšala za 2,4 cm ($p < 10^{-3}$), prav tako tudi DAP za $16,3 \mu\text{Gy m}^2$ ($p = 0,009$) in efektivna doza za 0,09 mSv ($p < 10^{-3}$), razlike so bile statistično značilne. Ocena rentgenogramov je bila za 0,1 večja pri PA projekciji, vendar med ocenami ni bilo statistično značilnih razlik ($p = 0,690$). **Zaključek:** Rezultati so pokazali, da je uporaba PA projekcije pri slikanju ledvene hrbtenice zmanjšala DAP (26,7 %) in efektivno dozo (53,3 %) ob ohranitvi kakovosti slike, torej lahko zaključimo, da je slikanje ledvenih vretenc v PA projekciji priporočljiva metoda izbora.

Ključne besede: ledvena hrbtenica, uporaba PA projekcije, zmanjšanje doze, kakovost slike

ABSTRACT

Introduction: Radiography of lumbar spine is classified as a relatively high dose examination in classical radiography. There is a simple but effective way to reduce the radiation dose, namely the replacement of the anteroposterior (AP) imaging projection into the posteroanterior (PA) projection. **Purpose:** The purpose is to determine how dose of radiation in X-ray examination of lumbar spine is changed when using the PA projection and does the PA projection have influence and change the image quality compared to the AP projection. **Methods:** The research was carried out in two parts. In the first part of the study we measured the dose (DAP) on the phantom, where we made 5 images in the AP and 5 images in the PA projection. The second part of the study was carried out on the 100 patients, randomly divided into two groups of 50. We took images of one group in the AP and the other in the PA projection. For all patients, we recorded the mass and height for the body mass index (BMI), and at the same time we compared the size of the field, the thickness of the abdomen, DAP and the effective dose. On the end, all radiographs were evaluated independently by three radiologists. **Results and discussion:** A study on the phantom showed that the field at the PA projection was 62,6 cm² larger compared to average values of the AP projection ($p = 0,310$). The AP projection was even better with DAP by 1,9 $\mu\text{Gy m}^2$ ($p = 0,310$) and at the evaluation of radiographs by 0,2 ($p = 0,690$). The measurement of the effective dose was lower by 0,033 mSv for PA projection, where statistically significant differences were found ($p = 0,008$). Measurements on the patients showed that the field was larger with a PA projection by 8 cm² ($p = 0,391$). The thickness of abdomen was reduced by 2,4 cm ($p < 10^{-3}$) in the PA projection, as did DAP by 16,3 $\mu\text{Gy m}^2$ ($p = 0,009$) and the effective dose by 0,09 mSv ($p < 10^{-3}$), which means that the differences were statistically significant. The estimation of radiographers was 0,1 higher for PA projection, but there were no statistically significant differences between the estimates ($p = 0,690$). **Conclusion:** The results showed that the use of PA projection of lumbar spine reduces DAP (26,7 %) and effective dose (53,3 %) while preserving the image quality, so we can conclude that the imaging of lumbar spine in PA projection is recommended method of selection.

Keywords: lumbar spine, use of PA projections, dose reduction, image quality

Izjava študenta

Spodaj podpisani/-a študent/-ka **Erna Huskić**, vpisna številka **11500628**, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: **Primerjava anteroposteriorne in posteroanteriorne projekcije slikanja ledvene hrbtenice**

IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da sem od založnikov, na katere sem predhodno izključno prenesel/-la materialne avtorske pravice na člankih, pridobil/-a potrebna soglasja za vključitev člankov v tiskano in elektronsko obliko zaključnega dela. Soglasja UL omogočajo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno hranjenje avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranje ter dajanje zaključnega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL
8. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.
9. da dovoljujem uporabo mojega rojstnega datuma v zapisu COBISS.

V/Na: **Ljubljani**

Datum: **20.6.2017**

Podpis študenta/-ke:

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Pregledni rentgenski (RTG) posnetek.....	1
1.2	Pomankljivosti radiografije.....	2
1.3	Zmanjšanje doze sevanja pri slikanju ledvene hrbtenice	3
1.4	Priprava in položaj pacienta.....	6
1.5	Postopek slikanja ledvene hrbtenice v ap projekciji	6
1.6	Postopek slikanja PA projekcije ledvene hrbtenice	8
1.7	Pravila za slikanje hrbtenice in označevanje anatomske strani	9
1.8	Tehnične zahteve	9
1.9	Merila za ocenjevanje slike.....	10
2	NAMEN.....	12
3	MATERIALI IN METODE	13
3.1	Prvi del raziskave – meritve na fantomu.....	13
3.1.1	AP projekcija fantoma	14
3.1.2	PA projekcija fantoma	16
3.2	Drugi del raziskave – meritve na pacientih.....	19
3.2.1	AP projekcija	20
3.2.2	PA projekcija	20
3.3	Diagnostična ocena slik	21
3.4	Izračun efektivne doze	23
3.5	Statistična obdelava	24
4	REZULTATI	25
4.1	Rezultati meritev na fantomu.....	25
4.1.1	Meritve velikosti polja na fantomu.....	25
4.1.2	Meritve produkta doze in ploščine slikovnega polja na fantomu.....	26
4.1.3	Meritve efektivne doze na fantomu	26

4.1.4	Rezultati ocen slik fantoma	28
4.2	Rezultati meritev na pacientih	28
4.2.1	Rezultati indeksa telesne mase pacientov	29
4.2.2	Meritve velikosti polja na pacientih	30
4.2.3	Meritve debeline trebuha preiskovancev	31
4.2.4	Meritve produkta doze in površine slikovnega polja na pacientih	32
4.2.5	Meritve efektivne doze na pacientih	33
4.2.6	Rezultati ocen slik pacientov	34
5	RAZPRAVA	36
6	ZAKLJUČEK	40
7	LITERATURA	42
8	PRILOGE	46
8.1	Priloga 1: Dovoljenje Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko	47
8.2	Priloga 2: Dovoljenje Zdravstvenega doma Ljubljana	48
8.3	Priloga 3: Izjava, vabilo in obvestilo za sodelujoče paciente	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz položaja pacienta pri AP projekciji slikanja ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).....	8
Slika 2: Prikaz položaja pacienta pri PA projekciji slikanja ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).....	9
Slika 3: Rentgenski prikaz ledvene hrbtenice, skica in rentgenogram enega izmed pacientov (Huskić, 2017).....	11
Slika 4: Antropomorfni fantom uporabljen v raziskavi v AP položaju (Huskić, 2017).....	14
Slika 5: Nastavitev fantoma za slikanje ledvene hrbtenice v AP položaju (Huskić, 2017).	15
Slika 6: Antropomorfni fantom uporabljen v raziskavi v PA položaju (Huskić, 2017).....	16
Slika 7: Nastavitev fantoma za slikanje ledvene hrbtenice v PA položaju (Huskić, 2017).	17
Slika 8: AP projekcija fantoma ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).	18
Slika 9: PA projekcija fantoma ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).	18
Slika 10: Osnovne statistične lastnosti efektivne doze na fantomu pri AP in PA projekciji ledvenih vretenc.....	27
Slika 11: Prikaz osnovnih statističnih lastnosti indeksa telesne mase slikanih pacientov pri različnih projekcijah.	30
Slika 12: Prikaz velikosti polja glede na projekcijo AP in PA slikanja ledvene hrbtenice.	31
Slika 13: Graf okvir z ročaji debeline preiskovanca glede na projekcijo slikanja ledvenih vretenc.	32
Slika 14: Produkt doze in površine pri AP in PA projekciji slikanja ledvenih vretenc.....	33
Slika 15: Grafični prikaz razlik efektivnih doz pri AP in PA projekciji na pacientih.	34
Slika 16: Povprečje ocen rentgenogramov pacientov v AP in PA projekciji.	35

KAZALO TABEL

Tabela 1: Osnovne statistične lastnosti velikosti polja pri AP in PA projekcijah fantoma.	25
Tabela 2: Osnovne statistične lastnosti meritev DAP AP in PA projekcije ledvene hrbtenice na fantomu, pridobljenih z merilcem DAP.....	26
Tabela 3: Osnovne statistične lastnosti meritev efektivne doze na fantomu pri AP in PA projekciji ledvenih vretenc.	27
Tabela 4: Prikaz osnovnih statističnih lastnosti povprečja ocen fantoma v AP in PA projekcijah.	28
Tabela 5: Povprečne vrednosti telesne mase, višine in starosti slikanih pacientov v AP in PA projekciji.....	29
Tabela 6: Indeks telesne mase pacientov pri AP in PA projekciji slikanja ledvene hrbtenice predstavljen z osnovnimi statističnimi lastnostmi	29
Tabela 7: Osnovne statistične lastnosti velikosti polja na pacientih pri AP in PA projekciji.	30
Tabela 8: Osnovne statistične lastnosti premera (debeline) trebuha pri slikanju ledvene hrbtenice v AP in PA projekciji.....	31
Tabela 9: Osnovne statistične lastnosti meritev DAP v AP in PA projekciji ledvenih vretenc na pacientih, pridobljenih z DAP metrom.	32
Tabela 10: Povprečja in druge osnovne statistične lastnosti efektivne doze pacientov v različnih projekcijah slikanja ledvene hrbtenice.	33
Tabela 11: Osnovne statistične lastnosti povprečja ocen rentgenogramov pacientov v AP in PA projekcijah.	35

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN OKRAJŠAV

AP	anteroposteriorna projekcija (pacient leži na hrbtu, centralni žarek vstopa skozi sprednji del telesa)
CR	računalniška radiografija
DAP	produkt absorbirane doze in ploščine slikovnega polja
DR	digitalna radiografija
ITM	indeks telesne mase
L3	tretje ledveno vretence
PA	posteroanteriorna projekcija (pacient leži na trebuhu, centralni žarek vstopa skozi zadnji del telesa)
RGS	razdalja gorišče slikovni sprejemnik
RTG	rentgen
ZDL	Zdravstveni dom Ljubljana

1 UVOD

Bolečina v ledvenem predelu je med najpogostejšimi vzroki za obisk zdravnika, posledično pa tudi za pregledni rentgenski posnetek hrbtenice (Ruprecht, 2012). Slikanje ledvene hrbtenice je klasificirano kot preiskava, kjer bolnik prejme relativno visoko dozo ionizirajočega sevanja tako pri ženskah kot tudi pri moških, saj spada med preiskave z največjo dozno obremenitvijo v klasični radiografiji (Bruce et al., 2017; Davey, England, 2015; European commission, 2014; Chaparian et al., 2014; European Commision, 1999; European Commission, 1996; Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Frank et al., 1983). Glede na države Evropske unije je slikanje ledvene hrbtenice v letu 2002 predstavljalo 2,8 do 9,6 % vseh klasičnih rentgenskih preiskav in 2 % do 17 % kolektivne doze, odvisno od posamezne države (European Commission, 2014).

1.1 Pregledni rentgenski (RTG) posnetek

Hrbtenico lahko radiografsko prikazujemo z različnimi tehnikami. Najpogostejša tehnika slikanja je slikanje posameznih segmentov. Vratno, prsno, ledveno hrbtenica, križnico in trtico prikazujemo v dveh ali treh projekcijah. Dopolnilno pa lahko uporabljamo tudi ciljana slikanja in klasično tomografijo (Lipovec in sod., 2011; Bruce et al., 2017).

Rentgenski posnetek je najstarejša, najenostavnejša in hkrati najcenejša metoda prikaza skeleta. Ob natančni analizi ter dodatnih projekcijah in funkcionalnem preizkusu je dobra metoda za nadaljnjo diagnostiko. Veliko bolnikov misli, da naj bi vsi z bolečino na hrbtu potrebovali rentgensko (RTG) slikanje, vendar najdene spremembe ne povzročajo vedno bolečine. Velja pa tudi obratno – pri veliko bolnikih z bolečino, na RTG sliki ni vidnih sprememb (Ruprecht, 2012). Ruprecht (2012) navaja, da so indikacije za slikanje hujša poškodba (sum na osteoporotični zlom), sum na tumor, metastazo, infekcijo ali na sindrom kavde ekvine. Indikacije za slikanje so akutna bolečina v hrbtu, degenerativne spremembe, spondilitis, spondiloartropatije, poškodbe ter poškodbe z nevrološkimi izpadi (Anthony, Ostlere, 2011) prav tako pa tudi kronična bolečina brez kazalnikov okužbe, osteomielitis, primarni kostni tumorji, mase v mehkih tkivih, bolečine v kosteh, mielom, osteomalacija, osteoporoza, artropatija, bolečina v sakroiliakalnih sklepih, kolkah, kolenih in peti (The Royal College of Radiologists, 2007). Klasična radiološka diagnostika torej omogoča prikaz kostnih struktur, razvojne anomalije in ostalih patoloških stanj. Uporabljamo jo tudi

za ugotavljanje degenerativnih sprememb kot so spondiloza, skolioza, premiki med posameznimi vretenci, metastazah in vnetnih procesih (Košak, 2010).

1.2 Pomankljivosti radiografije

Že v preteklosti so vedeli, da je sevanje zelo uporabno pri diagnosticiranju nekaterih bolezni, hkrati pa s seboj nosi potencialna tveganja, kot so genetske okvare, nastanek raka in ostale priporočene napake zaradi obsevanja v maternici (Nic an Ghearr, Brennan, 1998). Tako visoke, tudi nizke izpostavljenosti lahko poškodujejo celični material in posledično privedejo do raka, zato se v postopku slikanja priporoča zaščita radiosenzitivnih organov (Mekiš et al., 2013; Chaparian et al., 2014). Nujno je, da je prejeta doza sevanja na pacienta čim nižja, da bi se ta tveganja lahko zmanjšala. Čeprav dandanes obstaja že veliko modernih neionizirajočih sistemov za pridobivanje slik in diagnosticiranje bolezni, ki ponujajo določene prednosti, kot je npr. tudi pridobivanje slik brez sevanja (magnetna resonanca, ultrazvok), običajna rentgenska slika še vedno ostaja nepogrešljiva pri postavitvi diagnoze, saj gre za cenejšo metodo, ki je tudi bolj dostopna (Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Chaparian et al., 2014).

Najbolj radiosenzitivni organi z najvišjim tkivnim utežnim faktorjem (0,12) so dojke, pljuča, želodec, črevo in kostni mozeg. Po podatkih International Commission on Radiological Protection (ICRP) 103 iz leta 2007 navedeni utežni faktor predstavlja povprečje obeh spolov. Poleg tega je utežni faktor še višji pri mlajših ženskah (ICRP 103, 2007).

Pri poklicu radiološkega inženirja je torej pomembno, da pri uporabi diagnostične radiologije ponudimo pacientu najboljšo izvedbo preiskave s čim manjšo stopnjo tveganja. V skladu z zakonom je v ta namen bilo izvedenih že veliko raziskav (Davey, England, 2015; Brennan, Madigan, 2000; Brennan, 1995; Brennan, Nash, 1998; Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Heriard et al., 1993; Frank et al., 1983) in sicer za optimiziranje procesa slikanja, ki omogoča pridobiti slike visoke diagnostične učinkovitosti z najmanjšo možno izpostavljenostjo, ki je še smiselno dosegljiva.

Evropske smernice o merilih kakovosti za diagnostične rentgenske slike ne določajo strogih navodil izvajanja postopkov, ampak poskušajo uvesti osnovne kriterije, ki so se izkazali za primerno izvedbo z razumno dozo in opozarja na uporabo referenčnih nivojev

in optimizacijo. Pri tem ICRP 60 (1990) ne priporoča uporabe mejnih doz pri opravljanju preiskav. Optimizacija pomeni, da opravimo preiskavo s pomočjo pravilne izbire tehnike slikanja in najmanjšo možno dozo sevanja na pacienta, ki bo dala še diagnostično kakovostno rentgensko sliko (European Commission, 1996).

Za vsako projekcijo slikanja so določene referenčne vrednosti doze kot vodilo in kot pomoč pri optimizaciji protokola slikanja. Vedno se je potrebno ravnati po načelu ALARA, ki pravi da mora biti prejeta doza tako nizka, kot je to razumno mogoče doseči ob nespremenjeni kakovosti slike (Chaparian et al., 2014; European Commission, 1996).

Ravno zaradi tega se redno izvajajo številne raziskave na temo zmanjšanja izpostavljenosti sevanju. Že samo AP slikanje abdomna vključuje visoko vstopno kožno dozo, v povprečju okoli 10 mGy. Seveda med pacienti obstajajo razlike tudi do 88%, kar pa izpostavlja očitno potrebo in možnost za zmanjšanje doze na tem področju (Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Chaparian et al., 2014).

1.3 Zmanjšanje doze sevanja pri slikanju ledvene hrbtenice

Doze na predel ledvene hrbtenice, abdomna in medenice so zabeležene kot najvišje doze pri klasičnem rentgenskem slikanju (Bruce et al., 2017; Davey, England, 2015; European Commission, 2014; Chaparian et al., 2014; European Commision, 1999; European Commission, 1996; Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Frank et al., 1983). Slikanje ledvene hrbtenice prispeva 15% skupinski dozi vseh diagnostičnih pregledov slikanja (Brennan, Madigan, 2000). European Commission (2014) v svojem poročilu navaja, da se vstopne kožne doze pri slikanju ledvene hrbtenice gibljejo med 5 in 10 mGy, produkt absorbirane doze in ploščine slikovnega polja (DAP) med 1500 in 10000 mGycm², Slovenija pa spada med države, kjer je DAP pri slikanju ledvene hrbtenice med najnižjimi (European Commission, 2014). Premik tkiva (kompresija trebuha) pri PA projekciji se pogosto navaja kot glavni dejavnik, ki prispeva k zmanjšanju doze (Brennan, Madigan, 2000).

Obstaja en preprost, vendar učinkovit način za zmanjšanje doze sevanja in sicer zamenjava anteroposteriorne (AP) projekcije slikanja v posteroanteriorno (PA) projekcijo. Ledveno hrbtenico lahko namreč slikamo v AP ali PA projekciji, v ležečem ali stoječem položaju (Davey, England, 2015; Frank et al., 1983; Chaparian et al., 2014; Heriard et al., 1993; Naveed, 2003; Chaparian et al., 2014).

Različne raziskave so pokazale, da nasplošno PA projekcija zmanjša dozo na občutljive organe pri slikanjih pljuč, medenice in ledvene hrbtenice. Kaže se kot posledica različnih vzrokov kot je npr. stisnjenje tkiva (manjši premer), položaj kosti kot zaščita notranjih organov in daljša razdalja od vira rentgenske svetlobe. Gre za pomembno ugotovitev, saj nacionalni svet za varstvo pred sevanji (National Radiation Protection Board – NRPB) navaja, da kljub spremembi položaja pacienta, ne moremo spremeniti vstopne kožne doze. Ker pri slikanju področja trebuha obsevamo veliko vitalnih in radiosenzitivnih organov, posteriorni položaj vseeno pomaga pri zmanjšanju doze, še posebej na gonade. Poleg tega PA projekcija stisne trebuh, kar hkrati zmanjša dozo sevanja kot tudi izboljšuje kakovost slike (Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Chaparian et al., 2014).

PA projekcijo pri slikanju ledvene hrbtenice za zmanjševanje dozne obsevanosti pacienta torej priporočajo številni viri. Britanski inštitut za radiologijo je že leta 1980 predlagal "Ko so gonade v območju primarne rentgenske svetlobe, se doza na le-te lahko zmanjša s PA projekcijo, še posebej pri ženskah". Marshall et al. (1994) navajajo, da vse AP tehnike slikanja abdominalne regije, povzročajo višje efektivne doze kot projekcije PA, saj se večina radiosenzitivnih organov znotraj trebuha pri slikanju nahajajo bližje vstopni površini rentgenske svetlobe pri AP projekciji v primerjavi z PA (Brennan, Madigan, 2000). Te izjave so podprli Marshall et al. (1994) ter Nic an Ghearr in Brennan (1998) v raziskavah, kjer so prikazali znižanje efektivne doze pri bolnicah za 63% in 56% pri uporabi PA tehnike slikanja. Prav tako je Chaparian et al. (2014) v svoji študiji odkril, da se poleg zmanjšanjega odmerka efektivne doze za 50-57 % pri PA projekciji slikanja zmanjša tudi tveganje za nastanek sevalnih poškodb kar za 50-60 %. Natančneje je opisal, da se efektivna doza pri ženskah na jajčnike zmanjša od 25-38 %, pri moških na moda pa od 76-94 %. Poleg tega pa je Martin (2007) pri pregledu literature naletela na dokaze, ki so nakazali, da so PA projekcije v večjih primerih v prednosti pred AP projekcijami, saj so radiosenzitivni organi v PA projekcijah bolj oddaljeni. Chaparian et al. (2014) opisuje, da do razlik v dozi prihaja tudi zaradi razdalje, kot opisuje Martin (2007), poleg tega pa dodaja razlog, da so ti organi zaščiteni pred direktnim sevanjem z drugimi strukturami, kot so kosti medenice in ledvenega dela hrbtenice.

Prednost AP pozicioniranja izhaja iz dejstva, da je pozicija hrbtenice bližje sprejemniku slike, kar pomeni, da zmanjša popačenja in povečave. Predhodne raziskave so priporočile, da čeprav pri PA projekciji pride do povečave, to ne vpliva značilno na kakovost celotne slike (Davey, England, 2015). Tsuno in Shu (1990) sta ugotovila, da je pri PA projekciji

ledvenih vretenc manjše ukrivljanje oblike hrbtenice v primerjavi z AP, kar je še dodatna prednost poleg zmanjšanja doze na radiosenzitivne organe.

Brennan in Madigan (2000) ugotavljata, da PA projekcija slikanja zmanjšuje vstopno kožno dozo do 38,6 % pri ženskih bolnicah. Dodatni fantom, na katerem sta izvajala eksperiment je poudaril, da se tudi vstopna kožna doza zmanjša tudi do 38,9 %, pri čemer ni značilnega zmanjšanja kakovosti slike. Vseeno pa njihova poročila vsebujejo omejitve. V času študije namreč ni bilo mogoče primerjati efektivnih doz, saj utežni koeficienti med izvedbo raziskave niso bili na voljo. Teoretično se z uporabo PA projekcije torej zmanjša doza sevanja, saj se vsi trebušni organi nahajajo bolj oddaljeno od vstopa rentgenske svetlobe. Da bi izračunali še doze na posamezne organe, moramo izračunati ekvivalentne doze, vendar nobena študija ni specifično preučila zmanjšanje doze na želodec, črevo in preostalo tkivo, kar spada med tri najbolj občutljiva tkiva med AP slikanjem ledvene hrbtenice (Davey, England, 2015).

Nadaljnje optimizacije doze je mogoče doseči tudi s povečanjem anodne napetosti na rentgenski cevi, saj se s tem poveča prodornost rentgenske svetlobe in je bolj verjetno, da bo foton dosegel sprejemnik slike, kot da se oslabi v pacientu. To se kaže v manjši dozi sevanja bolnika pri višjih energijah, ki pa negativno vpliva na kakovost slike. Pri uporabi filmskega detektorja je Evropska komisija izdala smernice za izbiro ustreznih ekspozicijskih pogojev za AP in PA projekcije (75-90 kV). Vendar pa so študije pokazale, da višje napetosti kot so priporočene od Evropske komisije lahko privedejo do negativnih vplivov na kakovost slike. Ko uporabljamo višje napetosti, pri tem učinkovito zmanjšamo dozo za 29,9 % pri slikanju ledvene hrbtenice v AP projekciji. V isti študiji, kjer so to pokazali, pa se je kakovost slike znižala za 18,3 %, vendar so bile še vedno vse slike diagnostično sprejemljive (Davey, England, 2015).

Zamenjava AP projekcije s PA je torej predlagana kot tehnika zmanjševanja doze sevanja. Britanski inštitut za radiologijo navaja: Kjer je neizogibno, da so gonade v obsegu primarnega žarka, se lahko doza na le te zmanjša z uporabo PA projekcije, zlasti pri ženskah (Nic an Ghearr, Brennan, 1998).

Čeprav je AP projekcija bolj pogosta, obstaja še nekaj drugih prednosti pri PA projekciji, kot je samo zmanjšanje doze. Ko se bolnik postavi v ležeči položaj v PA projekcijo, se naravna ledvena krivina postavi tako, da se medvretenčne ploščice postavijo vzporedno s

snopom rentgenske svetlobe, kar omogoča boljšo vizualizacijo medvretenčnih prostorov. Poleg tega je PA projekcija bolj udobna za bolnike, ki imajo bolečine v hrbtu in težko ležijo na trdi preiskovalni mizi. Najpomembnejša prednost pa ostaja nižja doza sevanja (25-30 % manj pri PA kot AP). Pomanjkljivost PA projekcije za bolnike z velikim trebuhom je, da se poveča razdalja objekt-slikovni sprejemnik, kar pa ima za posledico popačenje – povečavo (Naveed, 2003). Poleg tega pa Chaparian et al. (2014) navajajo kot pomanjkljivost tudi udobje bolnikov pri akutnih poškodbah, ki hrbtenice ne smejo drugače premikati, kot da z izbranimi gibi ležijo le na hrbtu. Vseeno pa PA projekcija ponuja večjo korist od omejitev (Chaparian et al., 2014).

Izvajanje postopka slikanja PA je preprost, ne zahteva nobene dodatne opreme, prav tako ne vključuje dodatnih stroškov, ki so pogosto omejujoč dejavnik pri številnih diagnostikah. To je postopek, s katerim so radiološki inženirji že seznanjeni, saj se običajno uporablja že v številnih primerih, npr. pri slikanju prsnega koša (Brennan, Madigan, 2000).

1.4 Priprava in položaj pacienta

Posebna priprava za slikanje ledvene hrbtenice ni potrebna. Pacient odstrani majico in spusti hlače čez kolena, odstrani vse medicinske pripomočke pa tudi vse ostale predmete, kot je npr. uhan v popku, ki bi na sliki povzročal artefakte. Pacientke odstranijo tudi modrček (Bruce et al., 2017; Lipovec in sod., 2011). Priporočeno je, da pacient en dan pred preiskavo uživa lahko hrano, ki ne povzroča nastanka plinov v črevesju. Pri slikanju ledvene hrbtenice pacienta slikamo v ležečem položaju na preiskovalni mizi. Pri tem lahko uporabljamo različne blazine za udobno namestitev pacienta (Lipovec in sod., 2011).

1.5 Postopek slikanja ledvene hrbtenice v AP projekciji

Na rentgenogramu ledvenih vretenc v AP projekciji so prikazana vsa ledvena vretenca, zadnje prsno vretenca, sakroiliakalna sklepa in križnica. Če gre za računalniško radiografski (CR) sistem, pri slikanju uporabljamo kaseto velikosti 35×43 cm², ki jo postavimo vzdolžno. Izberemo veliko gorišče, kaseto pa postavimo v Bucky predal. V primeru, da gre za digitalno radiografski (DR) sistem, ta del postopka spustimo. Ker

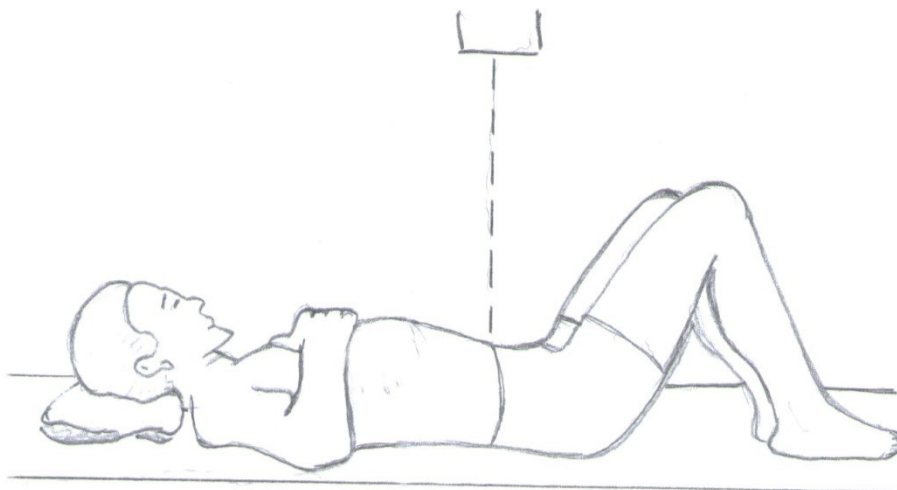
večinoma uporabljamo avtomatsko kontrolo ekspozicije, izberemo srednjo ionizacijsko celico (Lipovec in sod., 2011).

Pacienta položimo na hrbet na radiološko mizo, pod glavo mu postavimo blazino. Kolena podložimo in pazimo, da je hrbtenica v trdnem stiku z mizo. Upogib kolen namreč zravna hrbtenico, zmanjšuje ledveno krivino (lordozo) in jo približa slikovnemu sprejemniku, tako da je hrbtenica čim bolj vzporedna z žarkovnim snopom. To pripomore k boljšemu prikazu vretenc in odprtju medvretenčnih prostorov.

Pacienta poravnamo tako, da je vzdolžna os hrbtenice poravnana z vzdolžno osjo kasete oziroma tako, da je sagitalna ravnina poravnana in pravokotna na centralni žarek. Roke lahko položi ob telesu, po potrebi pa jih lahko položi tudi na zgornji del prsnega koša. Pomembno je le, da jih odmakne iz področja slikanja. Slika 1 prikazuje položaj pacienta pri AP projekciji. Centralni žarek usmerimo v tretjo oziroma četrto ledveno vretence, v ravnini najnižje točke rebrnih lokov ali v višini črte, ki povezuje oba črevnična grebena. Vse te točke lahko zatipamo na pacientovem telesu in se prepričamo o natančni postavitvi centralnega žarka. Obsevalno polje vzdolžno omejimo na velikost kasete – DR sprejemnika, prečno pa toliko, da sta na sliki prikazana tudi sakroiliakalna sklepa (Bruce et al., 2017; Lipovec in sod., 2011; Naveed, 2003). Bruce et al. (2017) v svoji knjigi navajajo, da se polje omeji na največ 20 cm × 43 cm in tako na sliki zajamemo vse, kar je potrebno.

Priporočljivo je, da pacient med slikanjem zadrži dih v ekspiriju, saj tako dosežemo manjši volumen trebuha, poleg tega pa boljše prikažemo spodnja prsna vretenca. Poleg tega se pacient med ekspozicijo ne sme premikati (Bruce et al., 2017; Lipovec in sod., 2011; Naveed, 2003).

Če ima bolnik neizmerne bolečine v križu in slikanja ne more opraviti leže se pacientu prilagodimo in slikanje opravimo stoje. Pokončni položaj je uporaben tudi za dokazovanje naravnega stanja hrbenice med hojo. Centralni žarek prilagajamo in višamo ali nižamo glede na zahteve protokola ustanove, kjer je pacient slikan. V primeru, da protokol ustanove zahteva, da je na sliki prikazana le ledvena hrbtenica, centralni žarek usmerimo višje kot ponavadi in polje tudi zožamo. Nekateri radiologi pa imajo radi, da se slikanje izvede v celotni velikosti kasete, zlasti pri travmatoloških bolnikih. To zagotavlja dodatne informacije o trebuhu, kot so zrak in drugi črevesni plini. Takrat centriramo na sredino slikovnega sprejemnika in zajamemo večje področje (Naveed, 2003).

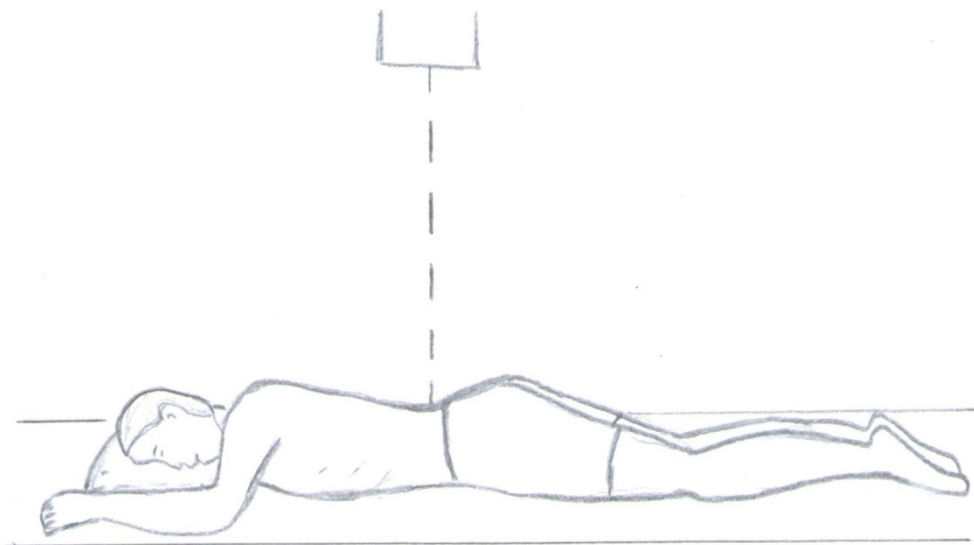


Slika 1: Prikaz položaja pacienta pri AP projekciji slikanja ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).

1.6 Postopek slikanja PA projekcije ledvene hrbtenice

Pri PA projekciji ledvenih vretenc so enako kot pri AP prikazana vsa ledvena vretenca, zadnje prsno vretenca, sakroiliakalna sklepa in križnica. Tehnične zahteve so prav tako enake in sicer izberemo veliko kaseto v primeru CR sistema, veliko gorišče, avtomatsko kontrolo ekspozicije in srednjo ionizacijsko celico (Bruce et al., 2017; Lipovec in sod., 2011).

Pacienta tokrat položimo na trebuh, prav tako je sredinska sagitalna ravnina pacienta poravnana z mizo in pravokotna na centralni žarek, kar je prikazano na sliki 2. Centralni žarek se ohrani, centriramo s pomočjo najnižje ročke rebrnega loka. Enako kot pri AP projekciji si lahko pomagamo tudi z ravnino, ki povezuje črevnična grebena in centriramo na sredino ledvene hrbtenice. Obsevalno polje omejimo kot pri AP projekciji in sicer tako, da zajamemo vse, kar protokol ustanove slikanja zahteva. Pacient se med ekspozicijo ne premika in med slikanjem zadrži dih v ekspiriju za boljši prikaz spodnjih prsnih vretenc (Bruce et al., 2017).



Slika 2: Prikaz položaja pacienta pri PA projekciji slikanja ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).

1.7 Pravila za slikanje hrbtenice in označevanje anatomske strani

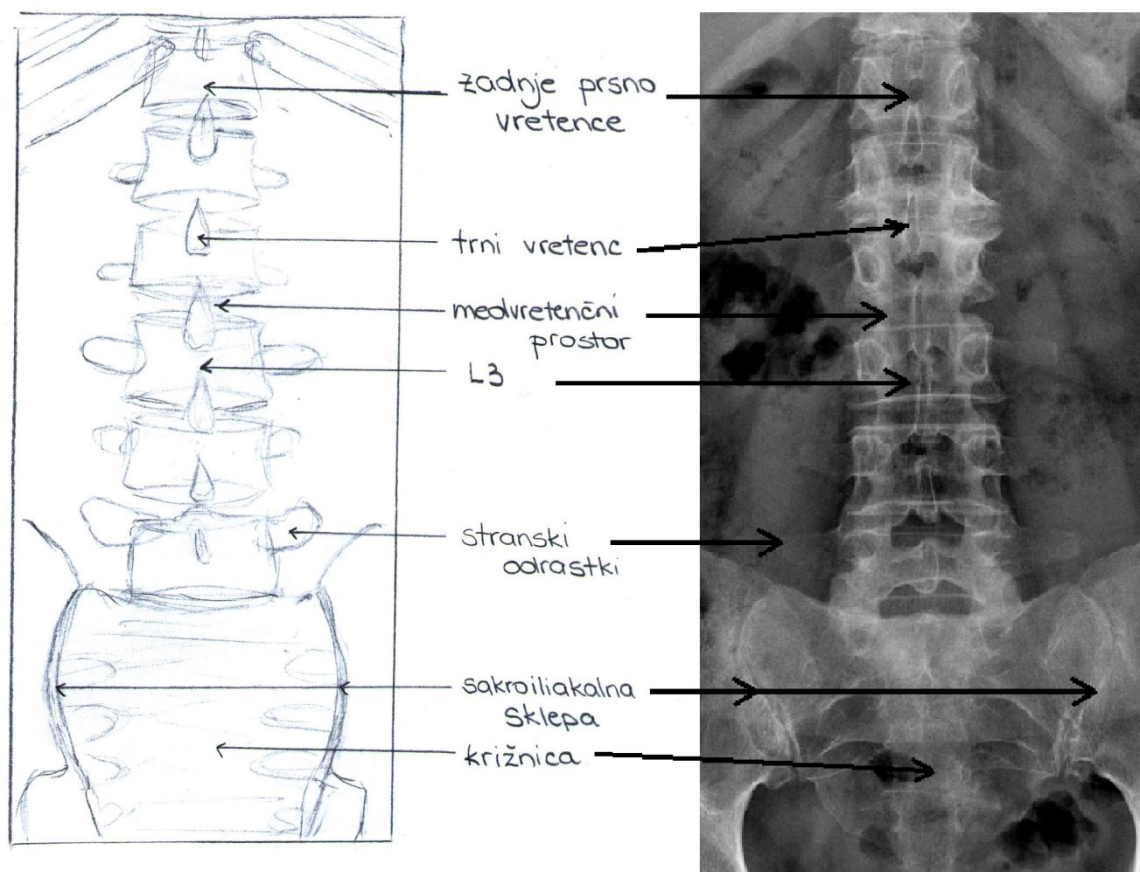
Ponavadi vsi protokoli zahtevajo, da je pri vsaki sliki hrbtenice poleg ledvenih vretenc tudi zadnje torakalno in prvo križnično vretence. Oznako anatomske strani postavimo v predel, da se ne projicira v slikano anatomijo. Paziti moramo, da oznaka strani ni projicirana v sakroiliakalne sklepe (Lipovec in sod., 2011). Pri PA projekciji še posebej pazimo na oznako strani, saj je slika prezrcaljena.

1.8 Tehnične zahteve

Predpisana filtracija je 2,5-3 mm ekvivalent aluminija, razdalja gorišče - slikovni sprejemnik 115 cm, saj pri slikanju ledvene hrbtenice uporabljamo bucky rešetko, izberemo avtomatsko kontrolo ekspozicije in srednjo celico (Bruce et al., 2017; Lipovec in sod., 2011). Busch (2004) opisuje skupno filtracijo več kot 3 mm ekvivalent aluminija, poleg ostalih naštetih zahtev pa dodaja, da mora biti gorišče manjše kot 1,3 mm, čas slikanja manj kot 400 ms, število lamel na cm vsaj 40 ter anodna napetost 80-90 kV.

1.9 Merila za ocenjevanje slike

Določena so tudi merila za ocenjevanje rentgenograma, ki pa so splošna in posebna. Lipovec in sod. (2011) navajajo pod splošna tehnična merila odsotnost afteraktov, ustrezne fotografske (počrnitev, kontrast) in geometrične lastnosti (ločljivost, distorzija), pravilna projekcija in pravilna oznaka strani telesa kot tudi pacientovi identifikacijski podatki. Posebna merila pa navajajo, da mora biti slika simetrična, prikazana mora biti vsa ledvena hrbtenica skupaj z zadnjim prsnim vretencem, proksimalnim delom križnice in sakroiliakalnim sklepom. Na sredini slike mora biti tretje ledveno vretence. Trni vretenci morajo biti projicirani na vzdolžni osi, oba sakroiliakalna sklepa morata biti enakomerno oddaljena od sredine vzdolžne osi. Vsi stranski odstraski so dobro prikazani, vretenčni prostori pa morajo biti odprti. Izjema je prostor med zadnjim ledvenim in prvim križničnim vretencem, ki je zaprt. Ta merila so grafično prikazana na sliki 3, kjer je na levi strani slike ledvena hrbtenica skicirana, na desni strani pa je rentgenogram enega izmed pacientov.



Slika 3: Rentgenski prikaz ledvene hrbtenice, skica in rentgenogram enega izmed pacientov (Huskić, 2017).

2 NAMEN

Z raziskavo želimo ugotoviti, kako se pri uporabi PA projekcije v primerjavi z običajno AP projekcijo spremeni doza ionizirajočega sevanja pri rentgenskem slikanju ledvenih vretenc. Prav tako je namen magistrske naloge ugotoviti, ali PA projekcija vpliva in spremeni kakovost slike v primerjavi z AP projekcijo.

Lipovec in sod. (2011) v svoji knjigi navajajo le AP projekcijo slikanja ledvenih vretenc, medtem ko veliko avtorjev, med njimi tudi Davey in England (2015), Frank et al. (1983), Brennan in Madigan (2000), pa tudi že v evropskih smernicah (European Commission, 1996) vsi omenjajo uporabo PA projekcije. Glede na pregledano literaturo obstaja tudi kar nekaj raziskav, kjer so ugotovili, da se zmanjša doza ionizirajočega sevanja pri PA projekciji zaradi manjšega premera trebuha, hkrati pa je kakovost rentgenogramov ohranjena, kar navajata tudi Brennan in Madigan (2000). Ker pa so večinoma vse raziskave temeljile le na fantomih oziroma ženski populaciji, ki je bila omejena glede na velikost in maso pacientk (70 ± 5 kg ter med 1,55 in 1,75 m višine), bomo meritve ponovili tako na fantomu kot tudi na moških in ženskih pacientih. V primeru dokaza zmanjšanja doze ionizirajočega sevanja in posledično nespremenjene kakovosti slike oz. zmanjšanje kakovosti, v tolikšni meri, da je slika še diagnostično uporabna, bi lahko vplivali na spremembo rutinskega in uvedbo novega protokola rentgenskega slikanja ledvenih vretenc.

Raziskovalna vprašanja so sledeča:

1. Ali se pri PA projekciji v primerjavi z AP zmanjša DAP?
2. Ali se pri PA projekciji v primerjavi z AP zmanjša efektivna doza?
3. Ali je kakovost slik PA zadovoljiva za diagnostiko v primerjavi z AP slikami?

3 MATERIALI IN METODE

V raziskavi smo uporabili presečno študijo z eksperimentalno metodo. Meritve pri raziskavi smo izvedli v dveh delih. V prvem delu smo merili doze na antropomorfem fantomu ledvene hrbtenice, ki simulira standardnega pacienta. Drugi del raziskave pa smo izvedli na 100 pacientih, ki so bili napoteni na rentgensko slikanje ledvene hrbtenice. Oba dela smo izvedli v Zdravstvenem domu Ljubljana (ZDL) – enota center.

Meritve smo opravili na klasičnem rentgenskem aparatu Axiom Aristos FX Plus proizvajalca Siemens (Siemens AG, Germany), ki ima možnost izbire gorišč 0,6 in 1,00 mm. Lastna filtracija koristnega snopa je 2,5 mm aluminija. Možna je uporaba dodatne filtracije od 0 do 0,3 mm bakra, ki se lahko dodaja v korakih po 0,1 mm. Razpon anodne napetosti rentgenske cevi je od 40 do 150 kV. Radiografska rešetka ima razmerje 15:1, število lamel na cm je 80, optimalna razdalja gorišče – slikovni sprejemnik (RGS) je 115 cm. Za zajem slike se uporablja digitalni detektorski sistem proizvajalca Trixell Pixium (4600) iz amornega silicija velikosti $43 \times 43 \text{ cm}^2$ (Siemens, Germany).

3.1 Prvi del raziskave – meritve na fantomu

Meritve na fantomu smo izvajali meseca decembra 2016 v že prej omenjenem zdravstvenem domu. Antropomorfni fantom, na katerem smo merili produkt absorbirane doze in ploščine slikovnega polja, je prikazan na sliki 4 in ima enak oslabitveni koeficient kot pacient z maso 50 kg in višino 165 cm. Na fantomu smo naredili 10 rentgenogramov, pri čemer smo fantom slikali 5 krat v AP projekciji in nato še 5 krat v PA projekciji. Pri tem smo fantom za vsako slikanje premaknili in ga ponovno nastavili, kar je v meritve na fantomu zajelo tudi napako zaradi pozicioniranja. Dozo ionizirajočega sevanja smo merili z DAP metrom, ki je vgrajen v rentgenski aparat.



Slika 4: Antropomorfni fantom uporabljen v raziskavi v AP položaju (Huskić, 2017).

Protokol za slikanje fantoma v AP in PA projekciji je bil enak, kot so ga v času meritev uporabljali na pacientih za slikanje ledvene hrbtenice v omenjenem zdravstvenem domu. Anodna napetost je znašala 79 kV in se ni spreminjala, uporabili smo avtomatski nadzor ekspozicije z uporabljenno srednjo ionizacijsko celico, razdalja gorišče – slikovni sprejemnik je znašala 115 cm, uporabili smo veliko gorišče (1,00 mm), dodana pa je bila še dodatna filtracija bakra in sicer 0,1 mm.

3.1.1 AP projekcija fantoma

Centralni žarek pri AP projekciji smo na fantomu nastavili tako, da je vstopal v višini prečne ravnine najnižje točke spodnjega roba rebrnih lokov, skozi sredino tretjega ledvenega vretenca pravokotno na slikovni sprejemnik, kot navajajo Lipovec in sod. (2011), Bruce et al. (2017) ter Naveed (2003). Velikost polja smo vsakič oblikovali po velikosti ledvene hrbtenice, da so na sliki bila prikazana vsa ledvena vretenca, zadnje prsno vretenca, sakroiliakalna sklepa in vsaj proksimalni del križnice (Lipovec in sod., 2011) ter eksponirali. Nastavitev fantoma v AP projekciji je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Nastavitev fantoma za slikanje ledvene hrbtenice v AP položaju (Huskić, 2017).

3.1.2 PA projekcija fantoma

Pri PA projekciji smo fantom obrnili na trebuh (slika 6) in centralni žarek usmerili zopet v višini spodnjega roba rebrnega loka (Lipovec in sod., 2011; Bruce et al., 2017; Naveed, 2003).



Slika 6: Antropomorfni fantom uporabljen v raziskavi v PA položaju (Huskić, 2017).

Natančnega postopka za pozicioniranje pri PA projekciji ledvene hrbtenice pri pregledu literature nismo nikjer zasledili. Bruce et al. (2017) v svoji knjigi edini okvirno opisuje osnovne tehnične parametre za slikanje PA projekcije. Tako smo nastavitve, centriranje in zaslanjanje demonstrirali glede na AP projekcijo, tako da smo v polje zajeli vse potrebne anatomske strukture. Pri PA projekciji so se na fantomu tudi videla vretenca ledvene hrbtenice, kar nam je bilo poleg spodnjega roba rebrnih lokov v pomoč pri centriranju. Centrirali smo namreč na sredino tretjega ledvenega vretenca (L3) tako vzdolžno kot tudi prečno. Pomagali smo si torej s tipanjem spodnjega roba rebrnih lokov in criste iliace (črevničnega grebena), ki leži v ravnini tretjega ledvenega vretenca. Velikost polja smo zopet oblikovali po velikosti ledvene hrbtenice, da so na sliki bila prikazana vsa ledvena vretenca, zadnje prsno vretenca, sakroiliakalna sklepa in križnica (Lipovec in sod., 2011) – enako kot pri AP projekciji, kar je prikazano na sliki 7. Pri PA projekciji smo morali poskrbeti še za rotacijo slike in pravilno označitev strani, ki se pri PA sliki obrne.



Slika 7: Nastavitev fantoma za slikanje ledvene hrbtenice v PA položaju (Huskić, 2017).

Ob vsaki ekspoziciji smo si v tabelo zapisali ekspozicijske pogoji: napetost (kV), produkt toka in časa ekspozicije (mAs), DAP in velikost polja.

Na slikah 8 in 9 je prikazana ledvena hrbtenica fantoma v AP in PA projekciji.



Slika 8: AP projekcija fantoma ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).



Slika 9: PA projekcija fantoma ledvene hrbtenice (Huskić, 2017).

3.2 Drugi del raziskave – meritve na pacientih

Drugi del raziskave je potekal od januarja do začetka marca, kjer smo nadaljevali z raziskavo na pacientih. Dozo smo merili na 100 pacientih, pri čemer jih je bilo 50 slikanih v AP projekciji, 50 pa v PA projekciji. Vsi pacienti so bili napoteni na slikanje ledvene hrbtenice v rednem delovnem času. V času raziskave noben pacient sodelovanja ni zavrnil. Za izvajanje meritev smo pridobili dovoljenje Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko, direktorja Zdravstvenega doma Ljubljana g. Rudija Dolška, mag. posl. ved, strokovne direktorice zavoda ga. izr. prof. dr. Antonije Poplas Susič, dr. med., spec. in vodje oddelka za radiologijo ga. Vanje Kos, dr. med., specialistke radiologije. Dovoljenje Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko smo pridobili 12.12.2016 (priloga 1), dovoljenje Zdravstvenega doma Ljubljana pa 4.1.2017 (priloga 2).

Meritve so bile izvedene v Zdravstvenem domu Ljubljana – enota center na istem aparatu kot pri izvedbi meritev na fantomu, prav tako z enakimi tehničnimi pogoji. Tudi tu smo dozo ionizirajočega sevanja merili z DAP metrom, ki je vgrajen v rentgenski aparat.

V raziskavo so bili vključeni samo polnoletni pacienti, ki zaradi raziskave niso prejeli večje doze ionizirajočega sevanja kot bi jo pri rutinskem slikanju. Vsi sodelujoči pacienti so se sami in zavestno odločali o sodelovanju v raziskavi. Pred pričetkom raziskave smo pacientom razložili postopek slikanja ustno in pisno. Podali smo jim prošnjo za sodelovanje pri raziskavi, kjer je bilo vse podrobno opisano, na koncu pa so pacienti podpisati Izjavo o sodelovanju v raziskavi (priloga 3). Vsakega pacienta smo poleg podpisa, da se strinja s preiskavo, prosili še za informacije o telesni masi, telesni višini in njegovi starosti. S pomočjo podatkov smo izračunali indeks telesne mase (ITM), ki nam je bil v pomoč pri interpretaciji rezultatov.

Paciente smo razdelili v dve skupini po 50 pacientov, pri čemer smo lihe paciente glede na prihod slikali v AP projekciji, sode paciente (vsakega drugega) pa v PA projekciji.

Protokol za slikanje je bil enak kot pri izvajanju meritev na fantomu in se ni razlikoval pri AP in PA projekciji.

3.2.1 AP projekcija

Pri AP projekciji se je pacient kot običajno ulegel na hrbet. Pod glavo smo mu postavili blazino, roki je poravnal ob telesu. Za izravnavo lordoze je pokrčil kolena in tako hrbtenico približal slikovnemu sprejemniku. Pacienta smo nato poravnali tako, da je vzdolžna os hrbtenice bila poravnana z vzdolžno osjo mize in slikovnega sprejemnika. Centralni žarek je vstopal skozi tretje ledveno vretenca, ki leži v ravnini najnižje točke rebrnih lokov. Obliko obsevalnega polja smo omejili vzdolžno tako, da smo zajeli vsa ledvena vretenca, zadnje prsno vretenca, sakroiliakalna sklepa in križnico, prečno pa tako, da sta bila tudi po širini prikazana oba sakroiliakalna sklepa. Velikost obsevalnega polja se je razlikovala glede na velikost pacienta. Nato smo z metrom izmerili premer pacientovega trebuha. To smo naredili z namenom ugotovitve, ali pri PA projekciji pride do odmika in sploščenosti odvečnega tkiva trebuha, kar posledično zmanjša produkt toka in ekspozicijskega časa ter prejeto dozo ionizirajočega sevanja. Preko zgornjega delatrupa smo položili svinčeno zaščito, prav tako smo s predpasnikom zaščitili gonade tako, da zaščita ni segala v področje slikanja. Pacientu smo razložili da mora med slikanjem zadržati dih v ekspiriju, saj tako boljše prikažemo spodnja prsna vretenca, poleg tega, pa se zmanjša tudi volumen trebuha, kot navajajo Lipovec in sod. (2011).

3.2.2 PA projekcija

Pri PA projekciji se je pacient ulegel na trebuh. Pod glavo smo mu prav tako kot pri AP projekciji postavili blazino, roke je poravnal ob telesu. Noge in kolena je imel stegnjena. Nato smo ga poravnali tako, da je vzdolžna os hrbtenice bila poravnana v vzdolžno osjo slikovnega sprejemnika in rentgenske mize. Centralni žarek je tudi tu vstopal v višini tretjega ledvenega vretenca. Centriranje je bilo veliko težje kot na fantomu, saj se na pacientu vretenca niso videla. Pomagali smo si z zatipanjem črevničnega grebena in najnižjega dela rebrnega loka, ki ležita v višini L3. Pri prvih petih pacientih smo za centriranje porabili malo več časa kot ponavadi, dokler se na centriranje in omejevanje polja v PA projekciji nismo navadili. Polje smo namreč po širini in višini zaslonili tako, da je bila na sliki prikazana celotna ledvena hrbtenica, zadnje prsno vretenca, sakroiliakalna sklepa in križnica. Zopet smo izmerili premer predela preko pacientovega trebuha in pacienta zaščitili s svinčeno zaščito in predpasnikom nad in pod obsevalnim poljem tako, da zaščita ni povzročila artefaktov na sliki. Pacienta smo prosili, da med slikanjem zadržati

dih v ekspiriju in se med ekspozicijo ne premika (Lipovec in sod., 2011). Po končanem slikanju, smo sliko morali še pravilno obrniti in označiti stran.

Za vsakega pacienta posebej tako pri AP kot pri PA smo si v razpredelnico zapisali vse meritve – napetost (kV), produkt toka in časa ekspozicije (mAs), DAP, velikost polja, debelino pacienta, masa, višina, starost. Povprečni produkt mAs pri AP projekciji je bil 31,7, pri PA projekciji pa 23,2 mAs.

3.3 Diagnostična ocena slik

Nacionalni svet Združenega kraljestva za varstvo pred sevanji (National Radiation Protection Board – NRPB, 1992) poudarja pomembnost ohranitve diagnostično sprejemljivih kakovosti slik pri uporabi metode za zmanjšanje doze, poleg tega pa tudi priporoča, da se pri raziskavah za zmanjšanje doze vedno meri in spremlja tudi kakovost slike. Čeprav so koristi PA projekcij očitne, so raziskave za uveljavitev postopka slikanja ledvene hrbtenice v PA projekciji zelo dobrodošle. Nekatere starejše raziskave kot je raziskava Marsall et al. (1994) so dokazali zmanjšanje doze, vendar pri tem velikokrat niso merili kakovosti slik. Novejše raziskave kot so raziskave Davey in England (2015), Brennan in Madigan (2000) ter Nic an Ghearr in Brennan (1998), so v raziskavah poleg doze merili tudi kakovost slik, ugotovila pa so, da so slike ledvenih vretenc v PA projekciji kljub povečavi diagnostično sprejemljive. Cilj naše raziskave je enako kot pri Davey in England (2015), Brennan in Madigan (2000) ter Nic an Ghearr in Brennan (1998), da poleg preučevanja učinka doze, ki jo prejme pacient pri AP in PA, raziskati tudi kakovost slik.

Preverjali smo kakovost slik fantoma in pacientov v AP in PA projekciji. Rentgenograme so ocenjevali trije izkušeni specialisti radiologije zaposleni v Zdravstvenem domu Ljubljana – enota center z več kot 5 letnimi izkušnjami. Uporabili smo slepo randomizirano študijo tako, da ocenjevalci pri ocenjevanju niso vedeli ali je slika narejena v AP ali PA projekciji, prav tako pa niso vedeli niti ali gre za sliko resničnega pacienta ali sliko fantoma. Vseh 110 rentgenogramov so ocenjevali po 5 stopenjski lestvici in sicer enako kot v študiji Davey in England (2015), kjer so uporabili ocenjevanje po 5 točkah Likertove lestvice. Ocene na lestvici so bile naslednje:

- ocena 1 – nezadostno,

- ocena 2 – zadostno,
- ocena 3 – dobro,
- ocena 4 – prav dobro in
- ocena 5 – odlično.

Slike so ocenjevali po naslednjih kriterijih, ki so navedeni v evropskih smernicah (European Commission, 1996):

- Ledvena hrbtenica in križnica sta v celotni vidni.
- Oster prikaz (enojni obris) zgornjih in spodnjih površin vretenc.
- Prikaz medvretenčnega prostora na sredini slike.
- Oster prikaz pediklov, stranskih odrastkov, trnastega odrastka in medvretenčnih prostorov.
- Prikaz sakroiliakalnih sklepov.
- Oster prikaz kortikalnih in trabekularnih struktur.

Za vsak kriterij je bila možna najmanjša ocena 1 in najvišja ocena 5. Ocene smo sešteli tako, da je vsak rentgenogram lahko prejel najmanjšo oceno 6 ali najvišjo oceno 30. Nato smo za vsak rentgenogram izračunali povprečno oceno vseh treh ocenjevalcev.

Ocenjevalci so slike ocenjevali v mesecu marcu v Zdravstvenem domu Ljubljana – enota center, v prostoru namenjenemu pisanju izvidov. Vsi trije radiologi so dobili enaka navodila za ocenjevanje. Ocenjevali so na enakem diagnostičnem monitorju proizvajalca Barco (model E-2620) (diagonala velikosti 498 mm, velikost aktivnega zaslona $398,4 \times 298,8 \text{ mm}^2$, ločljivost 1600×1200 , kontrast 850:1, svetlost 500 cd/m^2) v programu ViewDEX. Program ViewDEX je program za digitalno vrednotenje rentgenskih slik. Uporablja se za prikaz medicinskih slik z možnostjo hkratnega odziva opazovalca oziroma ocenjevalca. Rezultati vsakega ocenjevalca se shranijo v log datoteko, ki se lahko izvozi za nadaljno analizo (Hakansson et al., 2009).

Pri ocenjevanju niso uporabljali možnosti spreminjanja kontrasta slike ter povečave, prav tako niso na slikah izvajali meritev, kar bi lahko prikazalo povečavo pri PA projekciji. Na voljo so imeli toliko časa, kolikor so ga za oceno vseh 110 slik potrebovali. Slike so bile postavljene v naključnem vrstnem redu. Na voljo so imeli le možnost označevanja ocene

šestih kriterijev. Za oceno vsake naslednje slike so morali podati oceno vseh šestih kriterijev, saj je program šele tako omogočil napredovanje na naslednjo sliko.

3.4 Izračun efektivne doze

Efektivna doza je utežena vsota ekvivalentnih doz organov. Uporablja se pri ocenjevanju tveganja za stohastične učinke. Izračunamo jo z množenjem ekvivalentne doze z ustreznim utežnim faktorjem tkiva (Penelope, Jerry, 2008).

Efektivno dozo smo izračunali s pomočjo programa PCXMC, kjer smo izvedli analitično študijo simulacije. Program je pripravila Agencija za sevalno in jedrsko varnost Finske (Radiation and Nuclear Safety Authority in Finland). PCXMC je program, ki uporablja Monte Carlo simulacijo, in se uporablja za izračun prejete doze bolnikov na splošno kot tudi na posamezne organe pri medicinskih rentgenskih preiskavah. Za izračun efektivne doze program preračunava glede na tkivne utežne faktorje iz ICRP publikacije 103 iz leta 2007 in stare ICRP publikacije 60 iz leta 1991. Doze se lahko preračunavajo tudi za 29 različnih organov kot so kostni mozeg, nadledvične žleze, možgane, dojke, debelo črevo, dihalne poti, žolčnik, srce, ledvica, jetra, pljuča, limfo, mišice, požiralnik, ustno sluznico, jajčnike, trebušno slinavko, prostato, žlezo slinavko, skelet, kožo, tanko črevo, vranico, želodec, testise, priželjce, ščitnico, sečni mehur in maternico. Program vključuje različne nastavitve in omogoča izbiro izračunov za otroke različnih starosti (novorojenčka, 1, 5, 10, 15 let starega otroka) ter za odrasle bolnike, hkrati pa tudi različno rentgensko tehniko. Fantom, na katerem dela izračune, posnema bolnike poljubne mase in višine. Generira rentgenski spekter, ki temelji na vpisanih vhodnih parametrih kot so napetost, filtracija, razdalja, višina, masa itd. Na začetku pretvorbe doz se v program vnese kerma, DAP ali tokovni sunek, s katerim je program sposoben narediti pretvorbo. Hkrati omogoča grafični prikaz za vizualno preverjanje ustreznih pogojev. Izračun doze na organe se lahko uporablja tudi za oceno tveganja nastanka raka, ki je posledica izpostavljenosti sevanju (deterministični učinki sevanja) (Radiation and Nuclear Safety Authority, 2015; Radiation and Nuclear Safety Authority, 2008). Enak program so pri svoji raziskavi uporabili tudi Chaparian et al. (2014).

Simulacijo smo izvajali na Zdravstveni fakulteti meseca maja na stacionarnem računalniku. Podatki kot so telesna masa, višina, velikost polja in DAP pa smo morali

vnesti za vsako projekcijo posebej za fantom in posebej za bolnike v AP in PA projekciji. Po vnosu zgornjih podatkov v program smo izračunali efektivno dozo za vsako posamezno projekcijo.

3.5 Statistična obdelava

Vse dobljene podatke smo obdelali s programom IBM SPSS STATISTICS, verzije 23. Za izračun rezultatov pri slikanju fantoma smo uporabili osnovni statistični test, za preverjanje normalnosti vzorca Shapiro-Wilk test. Ker je bilo podatkov pri fantomu malo, smo primerjali tudi mediani obeh skupin in pri tem za analizo podatkov uporabili neparametrični Mann-Whitney U test. Za obdelavo meritev pri bolnikih smo prav tako kot pri fantomu najprej za prikaz meritev uporabili osnovni statistični test, za preverjanje normalno vzorca Shapiro-Wilk test, za primerjavo razlik v podatkih pa T test za neodvisne vzorce (pri podatkih, ki so normalno porazdeljeni) in Mann-Whitney U test (pri podatkih, ki niso normalno porazdeljeni). Za preverjanje stopnje ujemanja ocenjevalcev smo uporabili Cohenov koeficient Kappa. Rezultate smo prikazali v obliki tabel in v grafični obliki z grafom okvirja z ročaji (ang. boxplot). Pri preverjanju domnev smo upoštevali običajno statistično stopnjo tveganja, ki znaša 5 %. Rezultate ocen kakovosti slik smo prav tako prikazali v obliki tabel in slik diagramov poleg zgoraj naštetih rezultatov.

4 REZULTATI

V tem poglavju predstavljamo rezultate meritev DAP in efektivne doze na fantomu, rezultate meritev DAP in efektivne doze na pacientih ter oceno kakovosti slik fantoma in pacientov v AP in PA projekciji. Poleg tega smo obdelali še ostale podatke kot so velikost polja, debelina (premer) pacientovega trebuha in indeks telesne mase.

4.1 Rezultati meritev na fantomu

Na fantomu je bilo skupaj opravljenih 10 meritev, od tega 5 v AP projekciji in 5 v PA projekciji. Naredili smo obdelavo naslednjih rezultatov: velikost polja, DAP, efektivna doza in povprečne ocene slik.

4.1.1 Meritve velikosti polja na fantomu

V tabeli so opisane osnovne statistične lastnosti velikosti polja pri AP in PA projekcijah. Velikost polja na fantomu smo zapisali z rentgenskega aparata po končanem zaslanjanju polja. V tabeli 1 so predstavljene osnovne lastnosti velikosti polja pri slikanju fantoma v AP in PA projekciji.

Tabela 1: Osnovne statistične lastnosti velikosti polja pri AP in PA projekcijah fantoma.

Projekcija	Povprečje (cm ²)	Mediana (cm ²)	Std. odklon (cm ²)	Minimum (cm ²)	Maksimum (cm ²)
AP	725,5	690,1	120,0	587,4	913,5
PA	788,1	770,3	66,2	723,6	874,51

Rezultati velikosti polja v zgornji tabeli 1 kažejo na razliko v povprečju 62,6 cm² (8,6 %). Razlike med AP in PA projekcijo pri velikosti polja smo preverili z neparametričnim Mann-Whitney U testom in ugotovili, da razlika med meritvama velikosti polja na fantomu pri AP in PA projekciji ni statistično značilna ($p = 0,310$).

4.1.2 Meritve produkta doze in ploščine slikovnega polja na fantomu

Statistične lastnosti meritev DAP smo pridobili z merjenjem DAP v glavi rentgenske cevi. Meritev se je izpisala na zaslonu računalnika pod slikanim objektom. Meritve smo obdelali z osnovnim statističnim testom in neparametričnim Mann-Whitney U preizkusom, saj je bilo podatkov za natančno obdelavo s T testom neodvisnih vzorcev zelo malo. V tabeli 2 so opisane osnovne statistične lastnosti meritev pri AP in PA projekcijah ledvene hrbtenice na fantomu, ki smo jih pridobili z merilcem DAP.

Tabela 2: Osnovne statistične lastnosti meritev DAP AP in PA projekcije ledvene hrbtenice na fantomu, pridobljenih z merilcem DAP.

Projekcija	Povprečje ($\mu\text{Gy m}^2$)	Mediana ($\mu\text{Gy m}^2$)	Std. odklon ($\mu\text{Gy m}^2$)	Minimum ($\mu\text{Gy m}^2$)	Maksimum ($\mu\text{Gy m}^2$)
AP	26,7	25,9	3,6	22,4	32,1
PA	28,6	28,0	2,0	26,7	31,0

Iz rezultatov v tabeli 2 lahko vidimo, da je razlika med povprečjema DAP $1,9 \mu\text{Gy m}^2$ (7,1 %) v prid AP projekcije. Z neparametričnim Mann-Whitney U preizkusom smo preverili razlike med AP in PA projekcijo slikanja ledvene hrbtenice na fantomu in ugotovili, da pri meritvah DAP ni statistično značilnih razlik ($p = 0,310$).

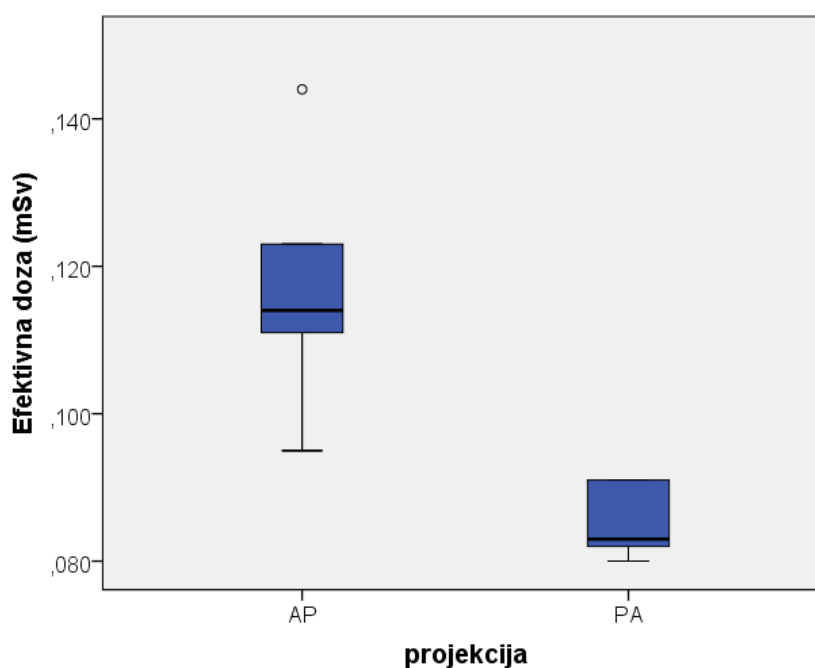
4.1.3 Meritve efektivne doze na fantomu

Efektivno dozo smo s pomočjo programa PCXMC izračunali za vseh 10 radiogramov, ki smo jih naredili na fantomu in v tabeli 3 zapisali osnovne statistične lastnosti meritev efektivne doze za AP in PA projekcijo. V program smo vnesli konstantno maso in višino fantoma (50 kg in 165 cm), velikosti polja in DAP pa smo spreminjali za vsako meritev.

Tabela 3: Osnovne statistične lastnosti meritev efektivne doze na fantomu pri AP in PA projekciji ledvenih vretenc.

Projekcija	Povprečje (mSv)	Mediana (mSv)	Std. odklon (mSv)	Minimum (mSv)	Maksimum (mSv)
AP	0,118	0,114	0,018	0,095	0,144
PA	0,085	0,083	0,005	0,080	0,091

Izračunali smo razliko med povprečjema efektivne doze iz obeh skupin. Iz tabele 3 je razvidno, da je razlika med povprečjema znašala 0,033 mSv (28,0 %). Na podlagi Mann-Whitney U testa smo ugotovili, da obstajajo statistično značilne razlike med efektivno dozo v AP in PA projekciji ($p = 0,008$). Rezultate smo grafično prikazali še z grafom okvir z ročaji na sliki 10.



Slika 10: Osnovne statistične lastnosti efektivne doze na fantomu pri AP in PA projekciji ledvenih vretenc.

4.1.4 Rezultati ocen slik fantoma

Ob vseh zbranih podatkih za fantoma pa nas je zanimalo tudi povprečje ocen slik fantoma v AP in PA projekciji, katere opisuje tabela 4. Slike so ocenjevali trije ocenjevalci – zdravniki radiologiji po 6 kriterijih.

Tabela 4: Prikaz osnovnih statističnih lastnosti povprečja ocen fantoma v AP in PA projekcijah.

Projekcija	Povprečje	Mediana	Std. odklon	Minimum	Maksimum
AP	27,5	27,0	1,3	26,3	29,7
PA	27,3	27,7	1,1	25,3	28,0

Tabela povprečja ocen slik fantoma v AP in PA projekciji opisuje razliko v povprečju 0,2 (0,7 %). Iz tabele smo s pomočjo neparametričnega Mann-Whitney U testa dokazali, da med kakovostjo rentgenogramov ledvene hrbtenice na fantomu ni statistično značilnih razlik ($p = 0,690$).

4.2 Rezultati meritev na pacientih

V drugem delu je bilo opravljenih skupno 100 meritev, od tega 50 v AP in 50 v PA projekciji. Poleg podatkov o velikosti polja, DAP, efektivni dozi in povprečni oceni radiogramov, ki smo jih obdelovali na fantomu, smo tu naredili statistično analizo še za indeks telesne mase in debelino pacientovega trebuha. Uporabili smo enake ekspozicijske pogoje kot pri meritvah na fantomu, RGS je znašal 115 cm.

Pacienti so bili za projekcijo naključno izbrani. V tabeli smo opisali osnovne lastnosti meritev mase, višine in starosti pacientov glede na projekcijo. Tabela 5 navaja podatke o povprečni telesni masi, višini in povprečni starosti slikanih pacientov.

Tabela 5: Povprečne vrednosti telesne mase, višine in starosti slikanih pacientov v AP in PA projekciji.

Projekcija	Povprečna telesna masa (kg)	Povprečna telesna višina (m)	Povprečna starost (let)
AP	75,7	1,69	51,2
PA	77,0	1,70	55,1

4.2.1 Rezultati indeksa telesne mase pacientov

Pri prihodu pacienta na slikanje, smo ga najprej povprašali o sodelovanju v raziskavi. Ob strinjanju in podpisu smo ga prosili še za podatke o telesni masi in višini. S pomočjo teh podatkov smo izračunali indeks telesne mase po naslednji formuli:

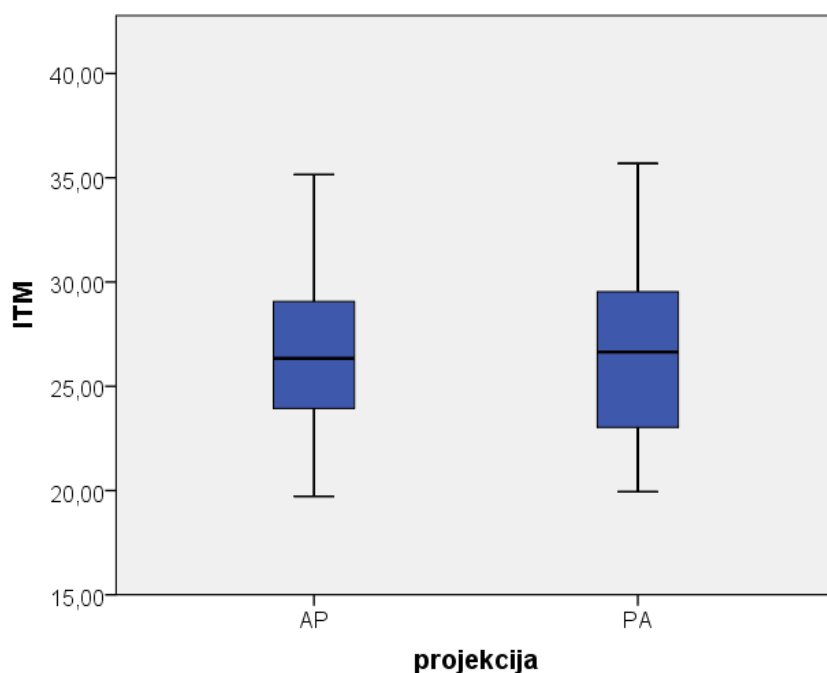
$$ITM = \text{telesna masa (kg)} / (\text{telesna višina (m)})^2$$

Tabela 6 predstavlja osnovne lastnosti meritev indeksa telesne mase pacientov glede na projekcijo slikanja ledvenih vretenc.

Tabela 6: Indeks telesne mase pacientov pri AP in PA projekciji slikanja ledvene hrbtenice predstavljen z osnovnimi statističnimi lastnostmi

Projekcija	Povprečje	Mediana	Std. odklon	Minimum	Maksimum
AP	26,6	26,3	3,2	19,7	35,2
PA	26,6	26,6	4,0	20,0	35,7

Izračunali smo razliko med povprečjema indeksa telesne mase obeh skupin. Iz tabele 6 je razvidno, da razlike med povprečjema indeksa telesne mase ni in je povprečje ITM pacientov, ki so sodelovali v različnih skupinah, enak. Ugotovitve smo potrdili z uporabo T testa za neodvisne vzorce, ki je pokazal, da pri indeks telesne mase pri različnih projekcijah slikanja ledvene hrbtenice ni statistično značilnih razlik ($p = 0,949$), kar pomeni, da smo vse ostale meritve lahko preverjali po teh dveh skupinah. Ugotovitev smo prikazali tudi grafično s sliko 11.



Slika 11: Prikaz osnovnih statističnih lastnosti indeksa telesne mase slikanih pacientov pri različnih projekcijah.

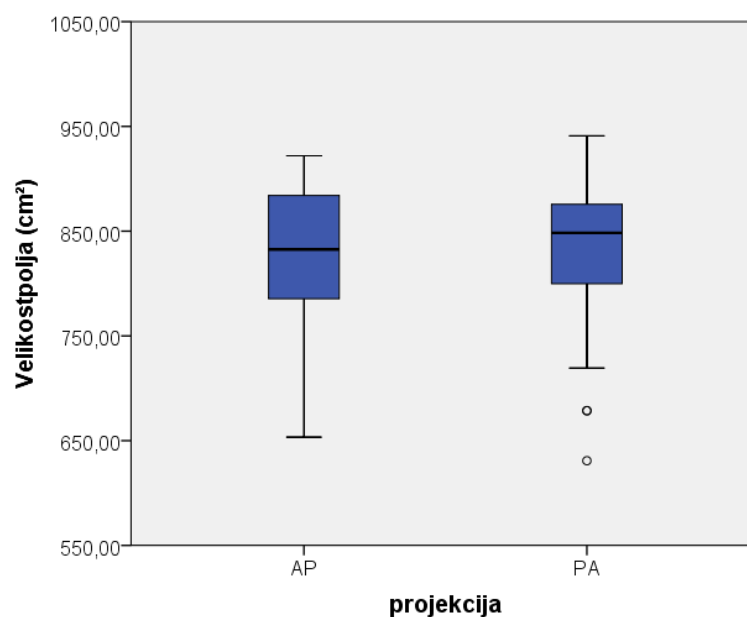
4.2.2 Meritve velikosti polja na pacientih

Pri nastavitvi pacienta za slikanje, smo polje omejili. Velikost polja smo za vsako projekcijo posebej zabeležili in v tabeli 7 opisali osnovne statistične lastnosti velikosti polja na pacientih glede na projekciji AP in PA.

Tabela 7: Osnovne statistične lastnosti velikosti polja na pacientih pri AP in PA projekciji.

Projekcija	Povprečje (cm ²)	Mediana (cm ²)	Std. odklon (cm ²)	Minimum (cm ²)	Maksimum (cm ²)
AP	822,8	832,5	62,2	653,4	922,0
PA	830,8	848,4	65,4	630,85	941,06

Rezultati v tabeli 7 prikazujejo razliko v povprečju velikosti polja 8 cm² (1 %). Razlike med velikostjo polja glede na projekcije smo preverili z neparametričnim Mann-Whitney U preizkusom, kjer smo ugotovili, da med povprečnima vrednostima velikosti polja pri pacientih ni statistično značilnih razlik ($p = 0,391$). Rezultate smo grafično prikazali tudi s grafikonom z ročaji na sliki 12.



Slika 12: Prikaz velikosti polja glede na projekcijo AP in PA slikanja ledvene hrbtenice.

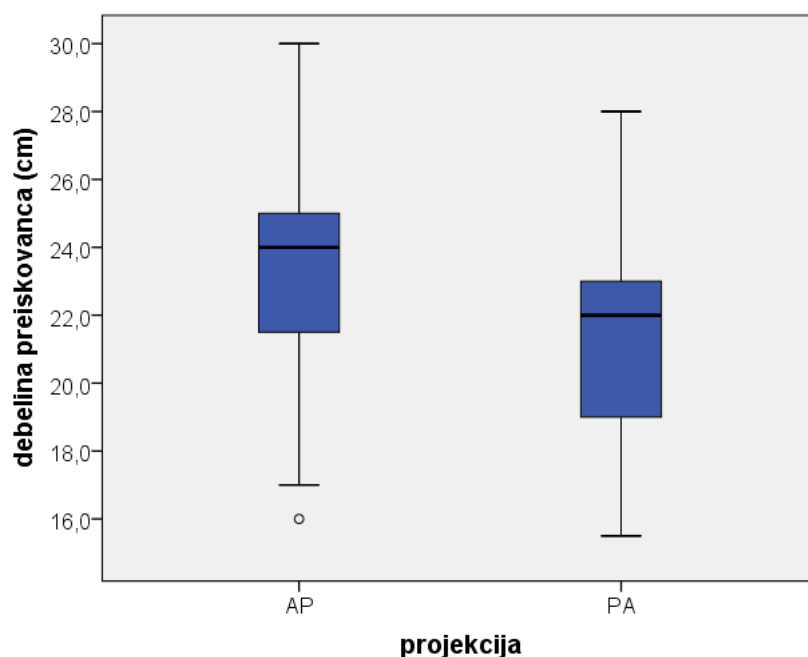
4.2.3 Meritve debeline trebuha preiskovancev

Vse meritve višine (debeline) trebuha preiskovancev smo obdelali z osnovnim statističnim testom in T-testom za neodvisne vzorce. Rezultati so prikazani v tabeli 8.

Tabela 8: Osnovne statistične lastnosti premera (debeline) trebuha pri slikanju ledvene hrbtenice v AP in PA projekciji.

Projekcija	Povprečje (cm)	Mediana (cm)	Std. odklon (cm)	Minimum (cm)	Maksimum (cm)
AP	23,6	24,0	4,0	16,0	30,0
PA	21,2	22,0	2,8	15,5	28,0

Iz tabele 8 lahko razberemo, da je razlika med povprečjema debeline trebuha pri PA projekciji manjša za 2,4 cm (10,2 %). Rezultate smo preverili s pomočjo uporabe T-testa za neodvisne vzorce, ki je pokazal, da med debelino trebuha pri AP in PA projekciji slikanja ledvene hrbtenice obstaja statistična značilna razlika ($p < 10^{-3}$). Razliko smo prikazali grafično z grafom okvir z ročaji, ki ga vidimo na sliki 13.



Slika 13: Graf okvir z ročaji debeline preiskovanja glede na projekcijo slikanja ledvenih vretenc.

4.2.4 Meritve produkta doze in površine slikovnega polja na pacientih

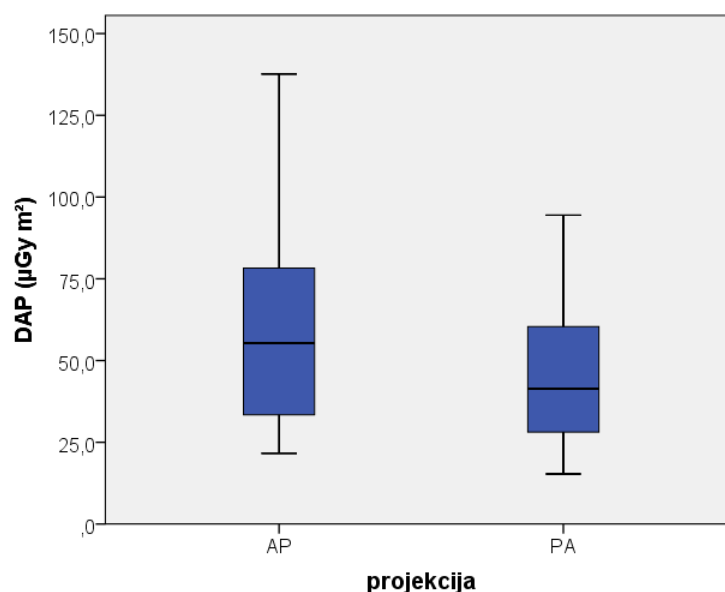
Enako kot pri fantomu, smo tudi na pacientih statistične lastnosti meritev DAP pridobili s pomočjo merilca DAP v glavi rentgenske cevi. V tabeli 9 smo opisali osnovne statistične lastnosti meritev DAP pri AP in PA projekcijah ledvene hrbtenice na pacientih.

Tabela 9: Osnovne statistične lastnosti meritev DAP v AP in PA projekciji ledvenih vretenc na pacientih, pridobljenih z DAP metrom.

Projekcija	Povprečje ($\mu\text{Gy m}^2$)	Mediana ($\mu\text{Gy m}^2$)	Std. odklon ($\mu\text{Gy m}^2$)	Minimum ($\mu\text{Gy m}^2$)	Maksimum ($\mu\text{Gy m}^2$)
AP	61,0	55,4	30,9	21,6	137,6
PA	44,7	41,4	19,8	15,3	94,5

Iz tabele 9 smo izračunali smo razliko med povprečjema DAP obeh skupin, kjer je razvidno, da je razlika za $16,3 \mu\text{Gy m}^2$ (26,7 %) manjša pri PA projekciji. Ugotovitve smo potrdili z uporabo neparametričnega Mann-Whitney U testa, ki je pokazal, da so med DAP

pri slikanju v AP in PA projekciji ledvenih vretenc statistično značilne razlike ($p = 0,009$). Rezultati so grafično prikazani tudi na sliki 14.



Slika 14: Produkt doze in površine pri AP in PA projekciji slikanja ledvenih vretenc.

4.2.5 Meritve efektivne doze na pacientih

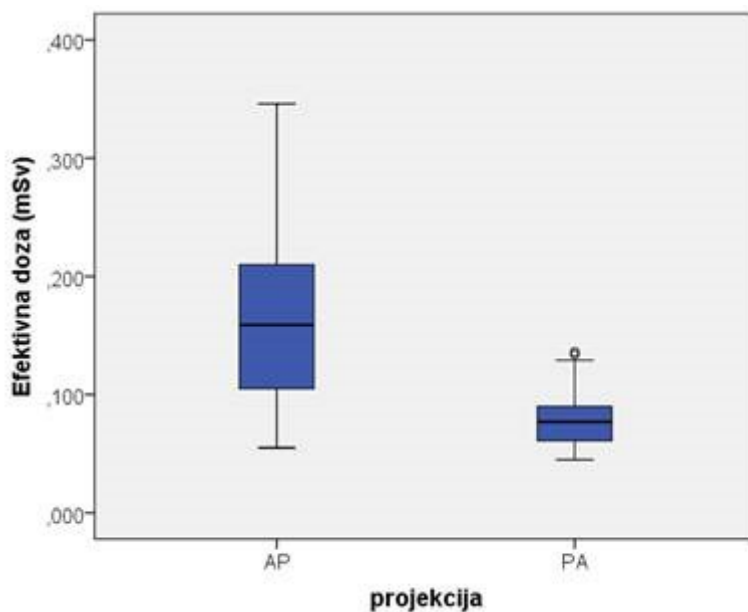
Po končanem slikanju smo s pomočjo programa PCXMC izračunali efektivno dozo za 100 radiogramov. V tabeli 10 so zapisane osnovne statistične lastnosti meritev efektivne doze za AP in PA projekcijo. V program smo za pretvorbo iz DAP v efektivno dozo pri pacientih vsakič posebej vnesli maso, višino pacienta, velikost polja in DAP.

Tabela 10: Povprečja in druge osnovne statistične lastnosti efektivne doze pacientov v različnih projekcijah slikanja ledvene hrbtenice.

Projekcija	Povprečje (mSv)	Mediana (mSv)	Std. odklon (mSv)	Minimum (mSv)	Maksimum (mSv)
AP	0,169	0,159	0,716	0,055	0,346
PA	0,079	0,077	0,024	0,045	0,136

Razlika med povprečjema efektivnih doz obeh skupin je razvidna v tabeli 10 in znaša 0,09 mSv (53,3 %). Po preverjanju normalnosti porazdelitve meritev smo izvedli Mann-

Whitney U test. Le-ta je pokazal, da je razlika med povprečnima vrednostima efektivnih doz pacientov v prvi in drugi skupini statistično značilna ($p < 10^{-3}$). Razlika je grafično prikazana na sliki 15 z grafom okvirja z ročaji.



Slika 15: Grafični prikaz razlik efektivnih doz pri AP in PA projekciji na pacientih.

4.2.6 Rezultati ocen slik pacientov

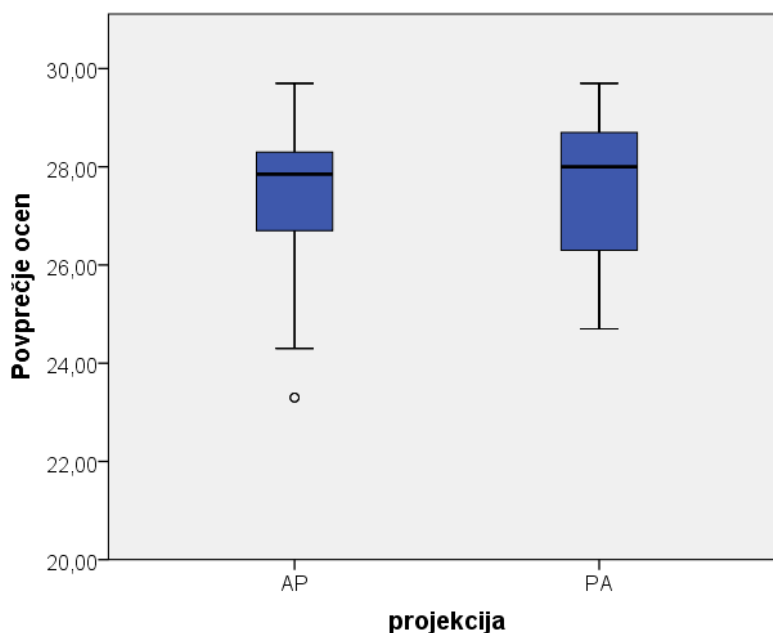
Enako kot pri fantomu, pa so ocenjevalci ocenjevali tudi slike na pacientih, pri čemer so podajali ocene za vsako sliko posebej s pomočjo 6 kriterijev. Najprej smo preverili stopnjo ujemanja med ocenjevalci s Kappa koeficientom, ki je pokazal, da se ocenjevalci med seboj niso ujemali zaradi večjega možnega izbora kriterijev.

Tabela 11 predstavlja osnovne statistične lastnosti ocen vseh 100 rentgenogramov narejenih na pacientih, ki so bili razdeljeni glede na AP in PA projekcijo. Navedene ocene so skupne povprečje ocen vseh treh ocenjevalcev.

Tabela 11: Osnovne statistične lastnosti povprečja ocen rentgenogramov pacientov v AP in PA projekcijah.

Projekcija	Povprečje	Mediana	Std. odklon	Minimum	Maksimum
AP	27,4	27,9	1,5	23,3	29,7
PA	27,5	28,0	1,4	24,7	29,7

Razliko med povprečjema ocen rentgenogramov posnetih na pacientih v AP in PA projekciji opisuje tabela 11. Razlika tako znaša 0,1 (relativna razlika pa je bila 0,4 %) v prid PA projekcije. Ugotovitve smo potrdili z uporabo neparametričnega Mann-Whitney U testa, ki je pokazal, da med ocenami rentgenogramov pacientov ni statistično značilnih razlik ($p = 0,690$). Rezultate smo grafično prikazali na sliki 16.



Slika 16: Povprečje ocen rentgenogramov pacientov v AP in PA projekciji.

Ker med ocenjevalci ni bilo ujemanja, smo preverili še razliko med AP in PA projekcijo pri vsakem ocenjevalcu in ugotovili, da ni statistično značilnih razlik med AP in PA projekcijo pri posameznih ocenjevalcih. Pri prvem ocenjevalcu smo uporabili T test za neodvisne vzorce ($p = 0,091$), pri drugem Mann Whitney U test ($p = 0,416$) in pri tretjem prav tako Mann Whitney U test ($p = 0,411$).

5 RAZPRAVA

Metode za zmanjšanje doze na trebušne organe so bistvenega pomena, saj jih ne moremo ščititi s svinčnimi zaščitami. Enako je uporaba svinčene zaščite za zaščito jajčnikov in testisov pogosto izpuščena zaradi težavne natančne postavitve. Slabo pozicioniranje zaščite lahko povzroči artefakte na slikah, prav tako lahko privede do zakritja pomembnih anatomskih struktur in patologije, zaradi katere bi morali slikanje ponoviti (Davey, England, 2015).

Glede na ostale raziskave smo z rezultati, ki smo jih pridobili, še enkrat dokazali, da je izbira PA projekcije slikanja ledvene hrbtenice prava izbira za zmanjšanje doze. Da bi razložili vpliv drugih parametrov v obeh študijah, smo poskušali ugotoviti razlike med obema skupinama bolnikov. ITM, velikost polja in debelina so opredeljeni kot glavni parametri, ki bi lahko vplivali na DAP in efektivno dozo. Za uveljavitev projekcije pa je vedno potrebno preveriti tudi kakovost slike.

Indeks telesne mase smo merili le pri pacientih, saj smo hoteli potrditi, da je bila študija izvedena na skupini pacientov, ki se med seboj v konstituciji niso razlikovali, ker bi to lahko privedlo do razlik v prejeti dozi.

Velikost polja pri fantomu in pacientih ni pokazala statistično značilnih razlik med projekcijama, kar pomeni, da so slikanja izvedena pri enako odprtem polju tako pri AP kot tudi pri PA projekciji. Med povprečjema vseeno prihaja do razlik in sicer povprečna velikost polja je nekoliko večja pri PA projekciji tako pri fantomu kot tudi pri pacientih. Predvidevamo, da do razlike pride zaradi neizkušenosti slikanja v PA projekciji, ravno tako obstaja možnost, da bi zaradi vedenja, da pri PA projekciji pride do povečave, vzeli in odprli večje polje, kot je dejansko potrebno, navajata tudi Davey in England (2015). Razlika v povprečni velikosti polja se pri slikanju na pacientih nekoliko zmanjša v primerjavi s povprečno vrednostjo na fantomu, saj smo se ob izvajanju meritev na zaslanjanje polja navadili, prav tako smo pridobili izkušnje in občutek za lego ter postavitev centralnega žarka na ledveno hrbtenico. Kljub večjemu polju doza ostaja manjša, kar še dodatno poudari prednost PA projekcije slikanja ledvene hrbtenice. Menimo pa, da bi bilo dobro pred uveljavitvijo PA preiskave ledvene hrbtenice preizkusiti in nekaj slik za boljši občutek poslikati na fantomu, potem pa uvesti dejansko slikanje ledvene hrbtenice v PA projekciji.

Razlike v debelini pri fantomu nismo merili, saj se le-ta pri antropomorfem fantomu ne spreminja, pri meritvah na pacientih pa smo potrdili enako kot Brennan in Madigan (2000), da se debelina trebuha pri PA projekciji v primerjavi z AP zmanjša, kar privede da AEC sistem izbere manjši tokovni sunek in posledično tudi manjšo dozo. V raziskavi Brennan in Madigan (2000) opisujejo zmanjšanje premera za 9,6 %, v naši raziskavi pa smo opazili razliko za 10,2 %, kar je tudi statistično značilna razlika med obema projekcijama. Brennan in Madigan navajata tudi, da naj bi za vsako spremembo zmanjšanja debeline telesa za 1 cm potrebovali 25 % manjši tokovni sunek. Glede na našo študijo, kjer opisujemo zmanjšanje debeline za 2,4 cm, to pomeni, da naj bi se po tej teoriji tokovni sunek zmanjšal za kar 60 %, dejansko pa se je zmanjšal za 26,8 %.

Primerjava povprečij produkta doze in površine (DAP) pri AP in PA projekciji pri meritvah na fantomu ni pokazala statistično značilnih razlik. Pri PA projekciji na fantomu namreč ne prihaja do zmanjšanje debeline trebuha, kar bi lahko bil ključni dejavnik, zakaj do zmanjšanja DAP ni prišlo. Prav tako je bila velikost polja večja na fantomu pri PA projekciji v primerjavi z AP, kar posledično privede do povečanja DAP, ki je na fantomu tudi večji za 8,1 %, kar pa še vedno ne predstavlja statistično značilne razlike. Pri primerjavi povprečij produkta doze in ploščine slikovnega polja na pacientih pa prihaja do statistično značilnih razlik v prid PA projekciji, kjer je DAP pri PA projekciji manjši za 26,7 % kot pri običajni rutinski AP projekciji ledvene hrbtenice.

Poleg DAP smo primerjali tudi efektivne doze. Efektivna doza tako na fantomu kot tudi na pacientih prikazuje statistično značilne razlike med AP in PA projekcijo slikanja ledvene hrbtenice. Pri fantomu je ta razlika nekoliko manjša in znaša 27,2 %, pri pacientih pa je razlika povprečnih efektivnih doz za 53,3 % manjša pri uporabi PA projekcije.

Nic an Ghearr in Brennan (1998), Brennan in Madigan (2000) ter Davey in England (2015) v svojih raziskavah prav tako omenjajo zmanjšanje doze pri PA projekciji v primerjavi z AP, le da so v raziskavah merili vstopno kožno in efektivno dozo. Heriard et al. (1993) so že pred 24 let potrdili, da PA projekcija povzroči zmanjšanje vstopne kožne doze za 52 %. Davey in England (2015) sta z raziskavo na fantomu pri slikanju ledvene hrbtenice ugotovila, da se efektivna doza zmanjša za 19,8 %, pri tem pa sta uporabljala različne anodne napetosti, zato te rezultate težko primerjamo. Nic an Ghearr in Brennan (1998) sta izvedla raziskavo primerjave AP in PA projekcije pri slikanju abdomna na fantomu ter na ženskih bolnicah ter dokazala, da se efektivna doza zmanjša za 31 % pri uporabi PA

projekcije. Brennan in Madigan (2000) sta izvedla primerjavo vstopne kožne doze na ženskih bolnicah ter pokazala, da PA projekcija privede do 38,6 % zmanjšanja doze. Chaparian et al. (2014) pa je v svoji raziskavi primerjal vse projekcije ledvene hrbtenice in pokazal, da se efektivna doza pri PA projekciji zmanjša za 58 % in DAP za 51 % v primerjavi z AP projekcijo ledvene hrbtenice. Vse zgoraj našete raziskave torej navajajo znatno zmanjšanje prejete doze pri PA projekciji slikanja ter tako predstavljajo PA projekcijo kot boljšo izbiro za slikanje ledvene hrbtenice.

Nic an Ghearr in Brennan (1998) navajata, da je zmanjšanje vstopne kožne doze v veliki meri posledica stisnjenega trebuha, ker tako zmanjšamo prostornino obsevanega tkiva. To prav tako potrjuje manjše spremembe meritve doz na fantomu, ki je sicer iz enakega materiala kot tkivo, vendar je fantom tog in se premer ne spreminja glede na položaj, zato pri fantomu ne zaznamo sprememb v premiku tkiva, do manjšega volumna tkiva ne pride. Enako je razvidno tudi pri naših rezultatih, kjer lahko opazimo zmanjšanje efektivne doze tako na fantomu kot tudi na pacientih, vendar je ta razlika veliko bolj opazna pri pacientih. Nic an Ghearr in Brennan (1998) ter Davey in England (2015) navajata, da se posledično zmanjša tudi doza na posamezne organe. Organi namreč v PA projekciji ležijo na bolj oddaljeni razdalji kot pri AP projekciji, prav tako pa so pri PA projekciji kosti (ledvena hrbtenica, medenica, križnica) ter mišice odgovorne za delno zaščito abdominalnih organov (Davey, England, 2015; Chaparian et al., 2014; Brennan, Madigan, 2000; Nic an Ghearr, Brennan, 1998; Tsuno, Shu, 1990). Enake podatke o zmanjšani dozi na črevo, jajčnike in testise navajata tudi Davey in England (2015). Davey in England (2015) zmanjšanje efektivne doze na organe pripisujeta tudi avtomatski kontroli ekspozicije, ki omogoči avtomatsko izbiro manjših vrednosti tokovnega sunka, saj tanjši del telesa potrebuje manj izpostavljenosti sevanju ob enaki kakovosti slike, vendar AEC kljub temu Chaparian et al. (2014) v svoji raziskavi niso uporabili, Heriard et al. (1993) ter Brennan in Madigan (2000) pa so ročno prilagajali tokovni sunek na podlagi ročnega preračunavanja zmanjšane debeline pacientovega trebuha (zmanjšanje debeline telesa za 1 cm = 25 % manjši tokovni sunek). Vemo pa, da se z zmanjšanjem efektivne doze v PA projekciji zmanjšajo tudi stohastični učinki sevanja, kar navaja tudi Chapariana et al. (2014) v svoji raziskavi.

Pri primerjavi kakovosti rentgenogramov na fantomu in pacientih nismo opazili statistično značilnih razlik, kar pomeni, da je kakovost PA slik primerljiva z AP slikami. Rezultati namreč kažejo, da je povprečna ocena slik fantomov za 2,6 % nižja pri PA projekciji,

medtem ko je povprečna ocena rentgenogramov pacientov celo za 0,4 % višja pri PA projekciji. Enako oceno sta dobila Nic an Ghearr in Brennan (1998), ki opisujeta višjo skupno oceno pri PA projekcijah, saj je izbrano področje boljše prikazano. Študija Heriad et al. (1993) ni namenjala nikakršne pozornosti kakovosti slike. Brennan in Madigan (2000) ter Chaparian et al. (2014) enako kot pri naši raziskavi ne navajajo statistično značilnih razlik, vendar opozarjata da se pri njih pojavlja zmanjšanje kakovosti slike v PA projekciji. Davey in England (2015) imata zopet drugačno teorijo, kjer enako navajata zmanjšanje kakovosti slik v PA projekciji in sicer naj bi do tega privedla povečava kot tudi to, da imajo ocenjevalci več izkušenj z uporabo AP slik, tako da jih posledično tudi višje ocenijo. Načelo optimizacije zagotavlja sprejemljivost slik in ne optimalne kakovosti, kar pomeni da je rahlo zmanjšanje kakovosti (povečava 1,08) še vedno sprejemljivo glede na zmanjšanje doze na pacienta (Davey, England, 2015).

Seveda moramo opozoriti, da predlagana projekcija predstavlja določene omejitve, kot je npr. zmanjšanje udobje bolnikov pri akutnih poškodbah (poškodovane bolnike ne slikamo v PA projekciji), hude bolečine v trebuhu, resne dihalne težave, v nekaterih primerih tudi preveliki artefakti povečave (Davey, England, 2015), vendar pa so izkušnje pokazale, da polje z rutino zmanjšujemo, prav tako je pri naši raziskavi ocena slik pokazala, da ni nobenega zmanjšanja kakovosti slike med projekcijami AP in PA. AP projekcije sicer nikoli ne bomo mogli povsem nadomestiti s PA projekcijo, vendar lahko potrdimo, da je korist uporabe PA projekcije še vedno večja od omejitev.

Za uvedbo PA projekcije je potrebno upoštevati tudi praktične posledice take tehnike. Tehnika slikanja se namreč hitro obvlada, pozicioniranje je enostavno doseči brez vpliva na bolniku, prav tako ni potrebna nobena dodatna oprema. Iz tega razloga se PA projekcija ponuja kot preprost način za zmanjšanje doze brez dodatnih stroškov in brez izgube diagnoze za bolnika. Seveda pa je zaslanjanje in določanje ostalih parametrov odvisno tudi od radiološkega inženirja, kar lahko dodatno vpliva na rezultate meritev.

6 ZAKLJUČEK

V prvem delu raziskave na fantomu smo ugotovili, da je bilo zaslonjeno polje v PA projekciji nekoliko večje (11,6 %) od polja pri AP projekciji, vendar vseeno ni predstavljalo statistično značilnih razlik ($p = 0,310$). Prav tako je bil DAP pri PA projekciji večji za 8,1 %, kar lahko razložimo kot posledico togega fantoma, kjer je bilo zaslonjeno polje nekoliko večje, hkrati pa ni prišlo do zmanjšanja debeline tkiva pri prehodu iz AP v PA položaj. Pri DAP na fantomu med obema projekcijama ni bilo statistično značilnih razlik ($p = 0,310$). Povprečna efektivna doza pri študiji na fantomu pa predstavlja statistično značilne razlike ($p = 0,008$), saj se doza pri PA projekciji zmanjša za kar 27,2 %. Ocena slik ostaja brez statistično značilnih razlik med obema projekcijama ($p = 0,690$), do zmanjšanja povprečne ocene za 2,6 % prihaja pri uporabi PA projekcije.

V drugem delu raziskave smo enake teze kot pri fantomu preverjali v kliničnem okolju, hkrati pa dodali tudi meritve debeline pacienta. Ker smo imeli dve naključno izbrani skupini pacientov za izvedbo AP in PA projekcije slikanja ledvene hrbtenice, pri katerih ni bilo statistično značilnih razlik med ITM ($p = 0,949$), smo lahko meritve preverjali po teh dveh skupinah. Ugotovili smo, da je tokrat ob pridobitvi izkušenj in občutka za lego in postavitev centralnega žarka na ledveno hrbtenico razlika v velikosti polja med AP in PA projekcijo le 1 %. Debelina premera pacientovega trebuha predstavlja statistično značilno razliko med povprečjema, saj se debelina pri PA projekciji zmanjša za 10,2 %. Prav tako je razlika med povprečjema DAP in efektivne doze statistično značilna in sicer DAP se pri uporabi PA projekcije na pacientih zmanjša za 26,7 %, efektivna doza pa kar za 53,3 %, kar predstavlja znatno zmanjšanje doze in veliko korist uporabe PA projekcije. Dokazali smo tudi, da med kakovostjo slik ni statistično značilnih razlik ($p = 0,690$), je pa povprečna ocena slik večja pri PA projekciji za 0,4 %. Seveda pa je ocenjevanje slik zelo subjektivno in pri večjih lestvicah hitro pride do neujemanja ocenjevalcev tako kot tudi pri našem primeru, vseeno pa pri tem nismo ugotovili statistično značilnih razlik.

Za nadaljnje raziskave v prihodnosti priporočamo oceno ekvivalentne doze na posamezne organe (jajčnike, testise, debelo črevo, mehur). Lahko bi ugotovili tudi, kakšne so zahteve različnih radiologov za postavitev lastnih kriterijev ocenjevanja diagnostičnih slik in kaj je za njih še sprejemljivo.

Tehnika slikanja ledvenih vretenc v PA projekciji je praktična, hitro obvladljiva, pozicioniranje je enostavno, prav tako pa za izvedbo ne potrebujemo nobene dodatne opreme. PA projekcija je preprost način za zmanjšanje doze na posameznika brez dodatnih stroškov in brez spremembe kakovosti slike, saj se diagnostične informacije v celoti ohranijo.

Glede na vse ugotovitve lahko zaključimo, da je slikanje ledvenih vretenc v PA projekciji priporočljiva metoda izbora v primerjavi s PA projekcijo.

7 LITERATURA

Anthony S, Ostlere S (2011). Justification of exposure including referral criteria and exposure protocols guidelines. IRMER Procesuder: Oxdord University Hospitals NHS Trust Radiology Department.

Brennan PC (1995). A dose reducing radiographic technique in the examination of the pelvis of pregnant women. Radiogr Today 61: 31 – 34.

Brennan PC, Madigan E (2000). Lumbar spine radiology: analysis of the posteroanterior projection. European radiology 10 (7): 1197–1201.

Brennan PC, Nash M (1998). Increasing FFD: an effective dose reducing tool for lateral lumbar spine investigation. Radiography 4: 251 – 259.

Bruce WL, Eugene DF, Ruth AE (2017). Radiography essentials for limited practice, Fifth edition. Elsevier: St. Louis.

Busch HP (2004). DIMOND III: Image Quality and Dose Management For Digital Radiography. Final Report. European Commission. Dostopno na: https://www.sorfi.fi/doc/diamond_III.pdf <2.6.2017>

Chaparian A, Kanani A, Baghbanian M (2014). Reduction of radiation risks in patients undergoing some X-ray examinations by using optimal projections: A Monte Carlo program-based mathematical calculation. J Med Psys 39 (1): 32 – 39. Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3931225/> <15.5.2017>

Davey E, England A (2015). AP versus PA positioning in lumbar spine computed radiography: Image quality and individual organ doses. Radiography 21: 188 – 196.

European Commission (1996). European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. Luxembourg: EUR 16260 EN.

European Commission (1999). Radiation Protection 109. Guildance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures. General Environment, Nuclear Safety and

Civil Protection. Dostopno na: <http://www.fanc.fgov.be/GED/00000000/3700/3756.pdf>
<14.5.2017>

European Commission (2014). Radiation protection N° 180. Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries: Part 2/2. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Dostopno na:
<http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180%20part2.pdf> <22.5.2017>

European Commission (2014). Radiation protection N° 180. Medical Radiation Exposure of the European Population: Part 1/2. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Dostopno na: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180.pdf>
<22.5.2017>

Frank ED, Stears JG, Gray JE, Winkler NT, Hoffman AD (1983). Use of the posteroanterior projection: A method of reducing x-ray exposure to specific radiosensitive organs. *Radiol Technol* 54 (5): 343 – 7.

Hakansson M, Svensson S, Zachrisson S, Svalkvist A, Bath M, Gunnar Mansson L (2009). ViewDEX 2.0: A Java-based DICOM-compatible software for observer performance studies. *Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE* (7263): 72631G.

Heriart JB, Terry JA, Arnold AL (1993). Achieving dose reduction in lumbar spine radiography. *Radiol Technol* 65(2): 97 – 103.

ICRP International Commission on Radiological Protection (2007). The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Orlando, Elsevier: 259-263.

ICRP International Commission on Radiological Protection (1990). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* 21: 1-3.

Košak R (2010). Bolečina v ledvenem predelu. *Rehabilitacija IX* (Suppl 2): 3–8.

Lipovec V, Mekiš N, Starc T (2011). Rentgenske slikovne metode in protokoli. 2. Dopolnjena izdaja. UL, Zdravstvena fakulteta.

Marshall NW, Faulkner K, Busch HP, Marsh DM, Pfennig H (1994). A comparison of radiation doses in examination of the abdomen using different radiological imaging techniques. Br J Radiol 67: 478 – 484.

Martin C (2007). Optimisation in general radiography. Biomedical Imaging Intervention J 3 (2): 18.

Mekiš N, Žontar D, Škrk D (2013). The effect of breast shielding during lumbar spine radiography. Radiol Oncol 47 (1): 26 – 31.

Naveed A (2003). The lowdown on lumbar spine positioning. Dostopno na: <http://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=ser&sub=def&pag=dis&ItemID=58461> <20.4.2017>

Nic an Ghearr FA, Brennan PC (1998). The PA projection of the abdomen: a dose reducing technique. Radiography 4: 195 – 203.

NRPB National Radiation Protection Board (1992). National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology. National Radiation Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ. Dostopno na: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/337175/National_Protocol_for_Patient_Dose_Measurements_in_Diagnostic_Radiology_for_website.pdf <20.5.2017>

Penelope AR, Jerry W (2008). Farr's Physics for Medical Imaging. Second Edition. Elsevier Limited: 24 – 25. Dostopno na: <https://books.google.si/books?id=EHODwuD73XMC&printsec=frontcover&hl=sl#v=onepage&q=effective%20dose&f=false> <22.5.2017>

Radiation and Nuclear Safety Authority (2008). PCXMC - A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations: 2nd edition. Dostopno na:

<https://www.stuk.fi/documents/12547/474783/stuk-a231.pdf/c950e99c-3537-4344-bf76-07a54e5f1afa> <25.5.2017>

Radiation and Nuclear Safety Authority (2015). PCXMC - A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. Dostopno na:
<http://www.stuk.fi/palvelut/pcxmc-a-monte-carlo-program-for-calculating-patient-doses-in-medical-x-ray-examinations> <25.5.2017>

Ruprecht M (2012). Slikovne preiskave v diagnostiki hrbtenice. VIII ortopedsko srečanje: Maribor.

The Royal College of Radiologists (2007). Making the best use of clinical radiology services: referral guidelines. Sixth edition. London: 108-123.

Tsuno MM, Shu GJ (1990). Posteroanterior versus anteroposterior lumbar spine radiology. J Manip physiological Ther 13 (3): 144 – 151.

8 PRILOGE

8.1 Priloga 1: Dovoljenje Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ZDRAVJE

Štefanova ulica 5, 1000 Ljubljana

T: 01 478 60 01
F: 01 478 60 58
E: gp.mz@gov.si
www.mz.gov.si

Podpisnik: Božidar Voljč
Izdajatelj: Republika Slovenija
Serijska številka: s4 s6 58 bc 00 00 00 00 56 7b e7 4d
Datum podpisa: 12.11.27.12.2016
Referenčna številka: 0120-570/2016/2

Erna Huskič, dipl. inž. rad. tehnol.
Preglov trg 3
1000 Ljubljana

Številka: 0120-570/2016-2
KME 39/11/16
Datum: 12. december 2016
Zadeva: Ocena etičnosti predloga raziskave

Spoštovana gospa Huskič,

Komisiji za medicinsko etiko (KME) ste z datumom 3. 11. 2016 poslali v oceno etičnosti predlog raziskave z "*Primerjava AP in PA projekcije slikanja ledvenih, vretenč*", ang. "*Comparison of AP and PA projection in lumbar spine radiography*".

Gre za vašo magistrsko nalogo na dvestopenjskem študiju Radiološki tehnologija, Zdravstvena fakulteta, Univerza v Ljubljani. Vodja raziskave bo doc. dr. Damijan Škrk, univ. dipl. fiz., v sodelovanju z viš. pred. dr. Nejcem Mekišem, mag. inž. rad. tehnol.

KME je na seji 22. novembra 2016 ocenila, da ni etičnih zadržkov za izvedbo raziskave, in vam zanjo izdaja svoje soglasje.

Lepo pozdravljam,

Pripravil:
Tone Žakelj

dr. Božidar Voljč, dr. med.,
predsednik KME

P.S.: Pri morebitnih nadaljnjih dopisih v zvezi z raziskavo se obvezno sklicujte na številki tega dopisa.

8.2 Priloga 2: Dovoljenje Zdravstvenega doma Ljubljana



Datum: 4.1.2017

Številka: 820-1-1/2017

SOGLASJE ZD LJUBLJANA K RAZISKOVANJU

Na podlagi predložene dokumentacije:

Prošnja, metodologija raziskave, ocena etične komisije

iz katere je razvidno, da je raziskava za zavod sprejemljiva,

podaja ZD Ljubljana soglasje za raziskovanje

Odgovorni raziskovalec: Erna Huskić

Naziv izobraževalne ustanove: Zdravstvena fakulteta

Naslov magistrske naloge: Primerjava AP in PA projekcije slikanja ledvenih vretenc

s katerim dovoljuje:

1. opravljanje raziskave v ZD Ljubljana in uporabo imena zavoda v nalogi.
2. objavo rezultatov raziskave v člankih in prispevkih na konferencah izobraževalne ustanove.

Odgovorni raziskovalec se pri tem zavezuje, da bo Zdravstvenemu domu Ljubljana dovolil uporabo podatkov, pridobljenih z raziskavo v organizacijske in druge namene ter **po končani raziskavi posredoval poročilo**. Zdravstveni dom Ljubljana pa se zavezuje, da bo pri tem upošteval zakonodajo, ki se nanaša na avtorsko pravo in v primeru uporabe podatkov ustrezno navedel avtorja.

izr. prof. dr. Antonija Poplas Susič, dr. med., spec.
strokovna direktorica zavoda



Rudi Dolšak, mag. posl. ved, MBA
direktor

8.3 Priloga 3: Izjava, vabilo in obvestilo za sodelujoče paciente

OBRAZEC IZJAVE O ZAVESTNI IN SVOBODNI PRIVOLITVI

Ime in priimek preiskovanca:

Podpisani/podpisana _____, rojen/a _____,
sem bila pisno in ustno seznanjen/a s potekom, namenom in cilji raziskave z naslovom:
Primerjava AP in PA projekcije slikanja ledvenih vretenc.

Vem, kako bo poskrbljeno za mojo varnost v raziskavi in da lahko kadar koli zaprosim za dodatne informacije in jih tudi dobim. Prav tako mi je bilo pojasnjeno, da lahko privolitev prekličem, ne da bi moral/a preklic utemeljiti in ne da bi prenehanje sodelovanja v raziskavi okrnilo mojo morebitno siceršnjo zdravstveno obravnavo.

S podpisom prostovoljno potrjujem svojo pripravljenost za sodelovanje v raziskavi. Dovoljujem tudi, da se moji podatki uporabijo v anonimizirani obliki v znanstvene namene. Obrazec podpisujem v navzočnosti raziskovalca/raziskovalke.

Podpis preiskovanca: _____

Datum: _____

Podpis priče: _____

Podpis raziskovalke: _____

Anketni vprašalnik:

Naprošam vas, če tu podate svojo:

Starost (letih):

Telesno težo (kg):

Višino (cm):

VABILO IN OBVESTILO ZA SODELUJOČE PACIENTE

Sem Erna Huskić, diplomirana inženirka radiološke tehnologije. Sem študentka 2. letnika 2. stopenjskega študija Radiološka tehnologija na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani in pod mentorstvom doc. dr. Damijana Škrka in somentorstvom viš. pred. dr. Nejca Mekiša pripravljam magistrsko nalogo z delovnim naslovom **Primerjava AP in PA projekcije slikanja ledvenih vretenc**. Da bi lahko opravila raziskavo za magistrsko delo vas naprošam za sodelovanje pri omenjeni raziskavi.

Omenjeno slikanje se bo razlikovalo od klasičnega slikanja le v tem, da boste med slikanjem ležali na trebuhu in ne na hrbtu.

Med raziskavo ne bomo zbirali nikakršnih osebnih podatkov pacientov, vsi rezultati bodo predstavljeni anonimno.

Če se odločite za sodelovanje v raziskavi, vas prosimo, da pred preiskavo podpišete izjavo o zavestnem pristanku v raziskavo in pri tem izpolnite kratek anonimni vprašalnik

S podpisom tega dokumenta se strinjate, da boste v raziskavi prostovoljno sodelovali. V teku preiskave pa lahko še vedno brez kakršnih koli dodatnih pojasnil prekinete sodelovanje.

Za vašo pomoč se vam vnaprej zahvaljujem.

Raziskovalec:

Erna Huskić, dipl. inž. rad. tehnol.

Mentor: doc. dr. Damijan Škrk, univ. dipl. fiz.

Somentor: viš. pred. dr. Nejc Mekiš, mag. inž. rad. tehnol.

VABILO IN OBVESTILO ZA SODELUJOČE PACIENTE

Sem Erna Huskić, diplomirana inženirka radiološke tehnologije. Sem študentka 2. letnika 2. stopenjskega študija Radiološka tehnologija na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani in pod mentorstvom doc. dr. Damijana Škrka in somentorstvom viš. pred. dr. Nejca Mekiša pripravljam magistrsko nalogo z delovnim naslovom **Primerjava AP in PA projekcije slikanja ledvenih vretenc**. Da bi lahko opravila raziskavo za magistrsko delo vas naprošam za sodelovanje pri omenjeni raziskavi.

Omenjeno slikanje se ne bo razlikovalo od klasičnega slikanja.

Med raziskavo ne bomo zbirali nikakršnih osebnih podatkov pacientov, vsi rezultati bodo predstavljeni anonimno.

Če se odločite za sodelovanje v raziskavi, vas prosimo, da pred preiskavo podpišete izjavo o zavestnem pristanku v raziskavo in pri tem izpolnite kratek anonimni vprašalnik

S podpisom tega dokumenta se strinjate, da boste v raziskavi prostovoljno sodelovali. V teku preiskave pa lahko še vedno brez kakršnih koli dodatnih pojasnil prekinete sodelovanje.

Za vašo pomoč se vam vnaprej zahvaljujem.

Raziskovalec:

Erna Huskić, dipl. inž. rad. tehnol.

Mentor: doc. dr. Damijan Škrk, univ. dipl. fiz.

Somentor: viš. pred. dr. Nejc Mekiš, mag. inž. rad. tehnol.