

Strokovni članek

OPTIMIZACIJA SLIKANJA PRSNIH ORGANOV NOVOROJENČKOV NA ODDELKU INTENZIVNE TERAPIJE OTROŠKE KIRURGIJE UNIVERZITETNEGA KLINIČNEGA CENTRA V LJUBLJANI

OPTIMIZATION OF THORACIC ORGAN X-RAYING IN NEWBORNS AT THE CHILDREN'S SURGERY INTENSIVE THERAPY DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY MEDICAL CENTRE LJUBLJANA

Janez Podobnik dipl. inž. radiologije, Boštjan Gajšek dipl. inž. radiologije,
Klinični center Ljubljana, Klinični inštitut za radiologijo, Zaloška 7, 1000 Ljubljana

IZVLEČEK

Uvod in namen: Postopek optimizacije v radiologiji zahteva brezhibno delovanje vseh dejavnikov, ki so vključeni v radiološki poseg. Namen optimizacije je vedno izboljšanje postopka posega, katerega rezultati so: bolj kakovosten rentgenogram, skrajšanje časa posega in znižanje prejete doze sevanja za bolnika. Namen študije je bil znižanje učinkovite doze sevanja pri slikanju prsnih organov pri novorojenčkih ob ohranitvi in/ali izboljšanju kakovosti rentgenogramov.

Metode: Najprej smo opravili meritve parametrov rentgenskega aparata in radiografske opreme, ki naj bi dokazale, da parametri aparata in opreme ustrezajo kriterijem, ki jih evropska komisija priporoča za slikanje prsnih organov novorojenčkov. V drugi fazi smo s parametri, ki so se do sedaj kot standardni uporabljali za slikanje novorojenčkov na oddelku intenzivne terapije otroške kirurgije, slikali 16 novorojenčkov, izmerili prejeto dozo in ocenili rentgenograme. Nato smo naredili 6 rentgenogramov, pri katerih smo kot objekt uporabili ribo, ki je podobne zgradbe in debeline kot novorojenčkovo telo. S poizkusi smo radiološki inženirji in radiolog skupaj določili optimalne ekspozicijske faktorje, ki smo jih nato uporabili pri 16 novorojenčkih. Uporabili smo Kodakov sistem film-foliji, in sicer InSight – Pediatric Imaging Film ter InSight – Pediatric Screens X – OMAT ojačevalne folije.

Rezultati: Natančne meritve parametrov rentgenskega aparata in radiografske opreme so dokazale, da parametri aparata in opreme ustrezajo kriterijem, ki jih evropska komisija priporoča za slikanje prsnih organov novorojenčkov. Na 16 posnetkih prsnih organov novorojenčev z različnimi bolezenskimi stanji smo dokazali, da je z s Kodakovim pediatričnim sistemom učinkovita doza za 16 % nižja, kot pri uporabi sistema foliji-fim hitrosti 200.

Ključne besede: optimizacija, p.c., otroci

ABSTRACT

Introduction and aim: The process of optimization in radiology requires an impeccable function of all factors involved in a radiological procedure. The aim of optimization always means improvement of a procedure process, the results of which are: higher quality of a roentgenogram, shorter procedure and lower radiation dose intake on the part of a patient. The purpose of the study was reduction of the effective dose of radiation in thoracic organ x-raying in newborns, while maintaining and/or improving the quality of roentgenograms.

Methods: Firstly, we conducted measurements of the x-ray and radiography equipment parameters, which should provide evidence that the equipment parameters comply with the criteria recommended by the European Commission for thoracic organ x-raying in newborns. After that we used the parameters, which have so far been used as standard parameters for x-raying of the newborns at the Children's surgery intensive therapy department of the University Medical Centre Ljubljana, and conducted imaging of 16 newborns. We measured the radiation dose intake and evaluated the roentgenograms. Then we made 6 roentgenograms, in which a fish of a similar structure and thickness as a newborn's body was used as an object. With tests, we (radiographers and a radiologist) determined the optimal exposure factors, which were then used in 16 newborns. We used the Kodak system screen-film, i.e. InSight – Pediatric Imaging Film and InSight – Pediatric Screens X – OMAT amplifying foils.

Results: Accurate measurements of parameters of the x-ray and radiography equipment have shown that the equipment parameters comply with the criteria recommended by the European Commission for thoracic organ x-raying in newborns. With the 16 x-ray images of thoracic organs in newborns with various conditions we provided evidence that with the Kodak pediatric system the effective dose is 16 % lower than with the use of a system screen-film (speed: 200).

Key words: optimization, children, p.c.

UVOD

Kakovost in varnost sta postala najpomembnejša pojma za uspešno zdravniško intervencijo. Odnos do teh dveh dejavnikov se je močno spremenil s pristopom oziroma priporočili Evropske unije k medicinski uporabi ionizirajočih sevanj. Kakovost in varnost sta tako postala pomemben del diagnosticiranja in zdravljenja (1). Evropska komisija je sestavila priporočila o zaščiti pred sevanjem za osebe, ki so mu izpostavljene, pa tudi varnostna navodila za naprave, ki se na tem področju uporabljajo.

Določitev kriterijev kakovosti za diagnosticiranje s pomočjo rentgenogramov je mejnik v evropski pobudi k izboljšanju kakovosti in varnosti radiografskih posegov. Začetek sega v l. 1984, ko je izšla prva direktiva za zaščito pred sevanji, ki so jo članice EU privzele, kasneje pa ugotovile, da potrebujemo tudi posebne smernice za ravnanje v pediatrični radiologiji (6). To je posebej potrebno, ker imajo otroci pred sabo še celo življenje in je zato tveganje za škodljive posledice pri njih toliko večje kot pri odraslih. Če je otrok izpostavljen sevanju v prvih 10 letih življenja, to lahko pomeni 3 do 4-krat večjo ogroženost, kot pa če je človek izpostavljen sevanju med 30 in 40 letom, in 5 do 7-krat večjo ogroženost, kot če smo izpostavljeni po 50 letu starosti (7). Toliko večja nevarnost za otroke do sedaj ni bila obravnavana z ustrežno resnostjo. Zato je bistvenega pomena, da razvijemo primerne varnostne ukrepe tudi na področju diagnostične radiologije pri pediatričnih pacientih (6).

Kriteriji kakovosti so nastali skupno s sodelovanjem skupine pediatričnih radiologov in radioloških inženirjev, fizikov, strokovnjakov s področja varnosti pri delu, zdravstvenih oblasti ter različnih nacionalnih ter mednarodnih organizacij (6).

Osnovni cilj varstva pred sevanjem je zagotoviti ustrezne standarde za varovanje človeštva pred škodljivimi vplivi ionizirajočih sevanj in hkrati ohraniti pozitivne učinke uporabe teh sevanj (1).

Osnovni načeli varstva pred sevanjem v zdravstvu sta:

- Medicinska izpostavljenost mora biti upravičena na podlagi primerjave med koristnostjo diagnostičnih oz. terapevtskih postopkov ter negativnih posledic, ki jih sevanje lahko povzroči - utemeljena uporaba sevanja (opravičenost posega).
- Doza, ki jo prejme pacient pri radiološkem posegu mora biti najmanjša možna doza, s katero še lahko dosežemo optimalni rezultat, tako v diagnostiki kot zdravljenju (ALARA načelo optimizacije varstva pri medicinski izpostavljenosti: As Low as Reasonable Achievable) - optimizacija doze, upošteva diagnostične referenčne nivoje (1, 4).

Dejavniki, ki so z vidka optimizacije doze skupni vsem

rentgenskim diagnostičnim posegom ter jih morajo upoštevati izvajalci posegov so:

- pravilno označeni rentgenogrami,
- kontrola kakovosti opreme,
- uporaba materialov z nizkim atenuacijskim koeficientom (kasete, radiografske rešetke, zgornja ploskev preiskovalne mize...),
- položaj pacienta in imobilizacija,
- velikost slikovnega polja, omejitev snopa,
- zaščitna oprema,
- tehnični pogoji (velikost gorišča, dodatna filtracija, radiografska rešetka, razdalja gorišče-film, kV, avtomatsko uravnavanje ekspozicije),
- sistemi folije-film,
- počrnitev filma,
- prostorska in kontrastna ločljivost,
- število ekspozicij na preiskavo,
- pogoji razvijanja filma,
- analiza ponovljenih rentgenogramov (6,9).

Novorojenci, ki jih obravnava oddelek otroške kirurgije Univerzitetnega kliničnega centra v Ljubljani (UKC), so bolniki s prirojenimi anomalijami notranjih organov in organskih sistemov, ki se zdravijo na kirurški način. Anomalije neposredno ogrožajo življenje novorojenca. Bolniki so obravnavani na oddelku intenzivne terapije, kjer za njih skrbi specialist pediatrije, ki jih napoti tudi na diagnostične posege. Specialist pediatrije je torej naročnik preiskav, ki ga zakonodaja s področja varstva pred sevanji definira kot napotnega zdravnika, izvajalci pa so radiološki inženirji.

Na oddelku otroške intenzivne terapije otroške kirurgije UKC uporabljamo mobilni rentgenski aparat – Siemens Mobilett XP, z naslednjimi lastnostmi:

Generator:

- usmerjanje visoke napetosti: visokofrekvenčni večpulzni pretvornik,
- moč:
 - 30 kW pri 96 kV in 10 mAs,
 - 25 kW pri 102 kV in 100 mAs
- anodna napetost (kV): 40 do 133 kV, točnost nastavitve:
 - več ali enako kot 3% pri 40 - 60 kV,
 - več ali enako kot 5% pri 60 -133 kV,
- anodni tok (mA): najnižja vrednost 0,32 mAs,
- čas ekspozicije (s): najnižja vrednost 1 ms.

Priporočila: 12-pulzno oz. visokofrekvenčno usmerjanje visoke napetosti; moč 30 kW pri fiksni opremi in 10 kW pri mobilni opremi, anodna napetost 45 - 120 kV; točnost anodne napetosti $\pm 5\%$; anodni tok nastavljen, najnižja vrednost 0,5 mAs; najnižja vrednost časa ekspozicije 1 ms (12).

Rentgenska cev: Siemens P135/30 R

- velikost gorišča 0,8 mm (glede na IEC 60336),
- zaščita za minimalno puščanje cevi.

Priporočilo: velikost gorišča je manjše ali enako 1,3mm (12).

Filtracija in zaslonka:

- minimalna lastna filtracija: 3,1 mm Al (IEC 60 522),
- dodatna filtracija: je ni,
- zaslonka: ročno nastavljiva večlistna, gibljiva 90°.

Priporočilo: minimalna lastna filtracija 2,7 mm Al (EN 60601-1-3, 1994) (12).

Merilnik DAP:

- ionizacijska celica, zaslon in kontrolna plošča,
- aktivno območje: 146 x 146 mm,
- tipična filtracija: < 0,4 mm Al,
- ponovljivost: > 99 % pri stalnem pritisku in temperaturi;
- linearnost: < 2 % odklona.

Priporočilo: ionizacijska celica, zaslon in kontrolna plošča (12).

Sistem foliji-film:

Izhodiščni hitrostni razred:

400 - 800 (200 pri posebnih pogojih).

Priporočilo: izhodiščni hitrostni razred: 400 - 800 (200 pri posebnih pogojih) (12).

Dodatna oprema:

- imobilizacijske naprave,
- gonadni predpasniki iz svinčene gume, 0,25 mm Pb (12, 6).

Siemens Mobilett XP ustreza vsem kriterijem kontrole kakovosti glede na evropske smernice. Njegova edina šibka točka je avtomatska naprava za dodatno filtracijo z vidnim ekranom, tako da moramo filtre vstavljati ročno. Dodatna oprema zadošča za ustrezno zaščito pri posnetkih prsnega koša.

NAMEN RAZISKAVE

Namen optimizacije protokola slikanja prsnih organov na oddelku otroške kirurgije je bil preverjanje kakovosti izvajanja preiskav in ustreznosti rentgenskega aparata, natančnost njegovega delovanja in z uvedbo novega sistema film-folije ter spremembo parametrov znižati efektivno dozo sevanja za novorojenca.

METODE IN MATERIALI

Postopek smo po pregledu literature, kot osnovo za raziskavo razdelili na več faz:

- Najprej smo opravili meritve parametrov rentgenskega aparata in radiografske opreme, ki naj bi dokazale, da parametri aparata in opreme ustrezajo kriterijem, ki jih evropska komisija priporoča za slikanje prsnih organov novorojenčkov.
- Nato smo naredili šest rentgenogramov, pri katerih smo kot objekt uporabili ribo, ki je podobne zgradbe in debeline kot novorojenčkovo telo. S poizkusi, pri katerih smo spreminjali kV in mAs ter merili vstopno kožno dozo, smo določili optimalne ekspozicijske faktorje pri najnižji dozi za novorojenčke.

- Ekspozicijske faktorje smo nato uporabili pri 16 novorojenčkih. Uporabili smo Kodakov sistem film-foliji, in sicer InSight – Pediatric Imaging Film, Kodak ter InSight – Pediatric Screens X – OMAT ojačevalne folije. Izmerili in zabeležili smo tudi DAP.
- Rentgenogrami smo ocenjevali po kriterijih kakovosti za sliko prsnih organov kot jih priporočajo na evropske smernice.

REZULTATI IN RAZPRAVA

V tem poglavju prikazujemo rezultate testiranja rentgenskega aparata Siemens Mobilett XP ter primerjamo rezultate s kriteriji kakovosti za diagnostične posege v pediatriji, nato doze pri standardnih slikanjih prsnih organov pri 16 novorojenčkih, s parametri, kot smo jih uporabljali pred raziskavo; sledijo rezultati poizkusa, s pomočjo katerega smo optimizirali slikovne parametre, na koncu pa še pregled uporabe optimiziranih ekspozicijskih pogojev in slikovne opreme na novorojenčkih, pri katerih smo izmerili v povprečju 16 % nižjo dozno obremenitev.

Kontrola kakovosti opreme

Za potrditev kakovosti Siemens Mobilett XP smo izvedli več testov. Z njimi smo preverjali linearnost nastavljene in izmerjene napetosti ter povečanja efektivne doze in DAP-a, linearnost tokovnega sunka in efektivne doze ter DAP-a, ponovljivost, natančnost merilca časa in kakovost koristnega snopa sevanja. Pri testih smo merili tudi efektivno dozo in DAP. Meritve smo opravljali z merilnikom parametrov koristnega snopa rentgenskega sevanja Victoreen 4000+.

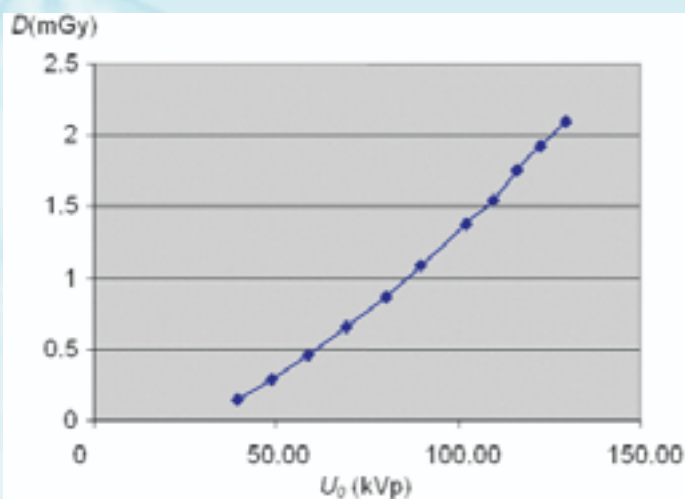
Pri 1. testu smo spreminjali napetost od 40 – 133 kV. Anodni tok, čas in razdalja gorišče – film so bili pri vseh meritvah enaki.

Izmerjena napetost ni odstopala od nastavljene. Doza in DAP sta se linearno povečevala z večanjem ekspozicijskih parametrov.

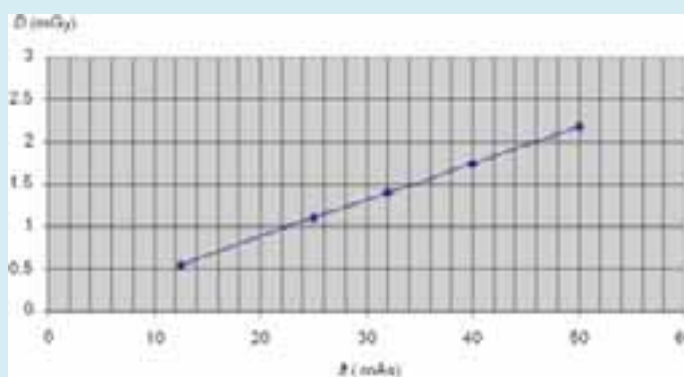
Tabela 1: Meritve parametrov koristnega snopa rentgenskega sevanja

nastavljene vrednosti			FFD ⁽¹⁾	izmerjene vrednosti			
gorišče	kV	mAs	cm	U _o (kVp)	t (ms)	D ⁽²⁾ (mGy)	DAP ⁽³⁾ (μGym) ²
0.8 x 0.8	40	20	100	39,24	0,065	0,143	3,93
0.8 x 0.8	50	20	100	49,00	0,05	0,284	5,1
0.8 x 0.8	60	20	100	58,70	0,05	0,453	8,24
0.8 x 0.8	70	20	100	69,10	0,065	0,649	11,85
0.8 x 0.8	81	20	100	80,30	0,061	0,869	15,21
0.8 x 0.8	90	20	100	89,50	0,068	1,09	18,16
0.8 x 0.8	102	20	100	102,00	0,074	1,37	22,91
0.8 x 0.8	109	20	100	109,70	0,082	1,55	25,56
0.8 x 0.8	117	20	100	116,00	0,089	1,76	28,41
0.8 x 0.8	125	20	100	122,80	0,095	1,93	30,84
0.8 x 0.8	133	20	100	129,80	0,1	2,1	33,06

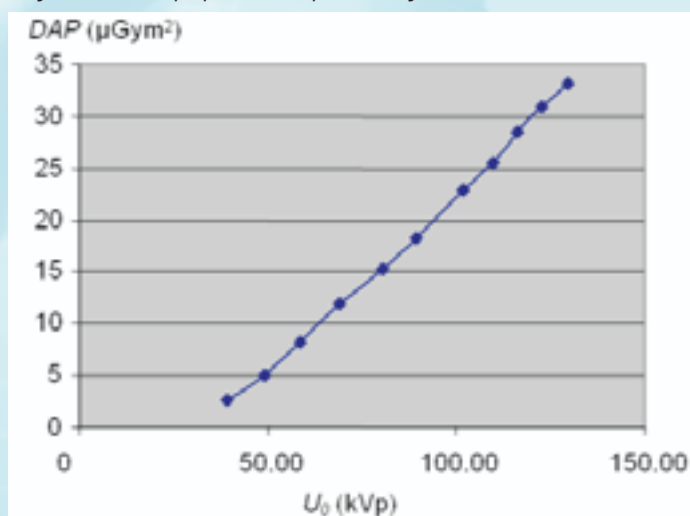
(1)FFD = razdalja gorišče-film (2)D = efektivna doza (3)DAP = dose area product



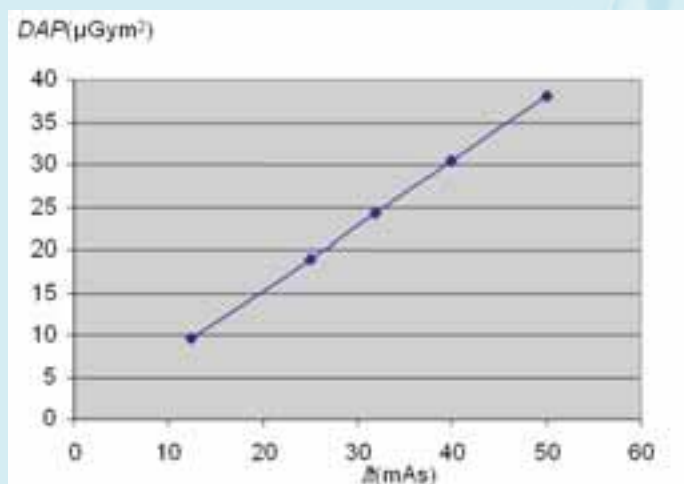
Graf 1: Linearnost pri povečani napetosti in efektivni dozi



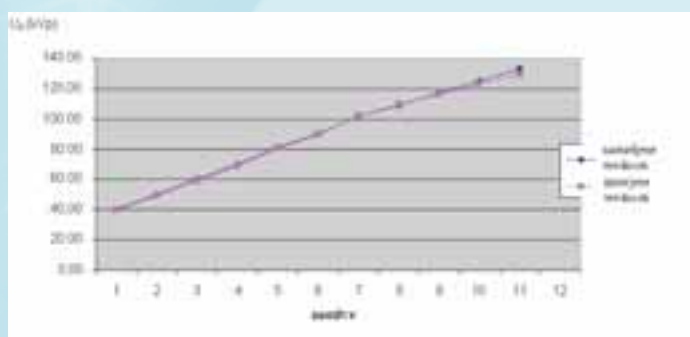
Graf 4: Linearnost izmerjene vrednosti doze od tokovnega sunka (mAs)



Graf 2: Linearnost pri povečani napetosti in rezultat DAP-a



Graf 5: Linearnost izmerjene vrednosti DAP od tokovnega sunka (mAs)



Graf 3: Efektivna natančnost napetosti

Pri 2. testu je bila anodna napetost konstantna, spreminjali pa smo tokovni sunek. Efektivna doza in DAP sta linearno naraščala z večanjem tokovnega sunka.

Tabela 2: Meritve doz glede na spreminjanje tokovnega sunka

napetost: 81 kV		
It (mAs)	D (mGy)	DAP (?Gym ²)
12,5	0,55	9,51
25	1,1	19,03
32	1,4	24,33
40	1,74	30,43
50	2,19	38

Pri 3. testu smo pri enaki anodni napetosti in toku merili natančnost merilca časa. Meritve smo petkrat ponovili in nismo odkrili nobenih razhajanj.

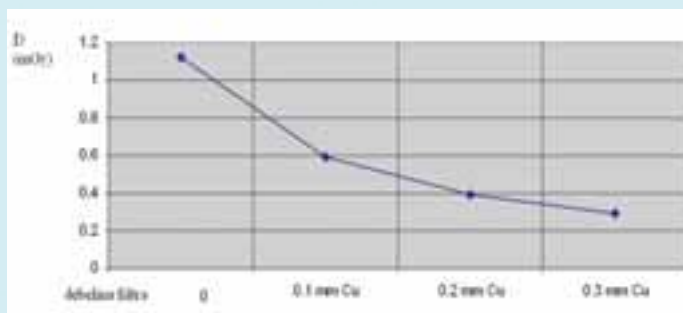
Tabela 3: Ponovljivost in natančnost merilca časa

ekspozicija: 81 kV, 40 mAs		
U ₀ (kV)	D (mGy)	t (ms)
79,4	1,74	0,136
79,4	1,74	0,136
79,4	1,74	0,136
79,4	1,74	0,136
79,4	1,74	0,136

Pri 4. testu smo merili smo dozo in DAP pri uporabi različnih filtrov.

Tabela 4: Filtracija izstopnega snopa

ekspozicija: 81kV, 20mAs		
Filter	D (mGy)	DAP (?Gym ²)
0	1,12	17,17
0,1 mm Cu	0,59	9,69
0,2 mm Cu	0,39	6,75
0,3 mm Cu	0,29	4,82



Graf 6: Razmerje med debelino filtra in izmerjeno dozo

Vsi štiri testi, ki kažejo kakovost koristnega snopa rentgenskega sevanja so dali zelo dobre rezultate. Pri vseh meritvah, ki smo jih opravili, so izmerjene vrednosti pričakovane. Trenutna kakovost rentgenske cevi ne kaže nikakršnih odstopanj od priporočil za kriterije kontrole kakovosti, kot so v evropskih smernicah.

Slikanja prsnih organov pri 16 novorojenčkih, pred optimizacijo doze

Protokol:

- položaj pacienta: leže na hrbtu,
- mesto slikanja: rob postelje ali inkubator,
- velikost gorišča: 0,8 mm,
- dodatna filtracija: brez,
- kasete brez rešetke,
- sistem filmov: izhodiščni hitrostni razred 200,
- razdalja gorišče-film: 105 do 125 cm (odvisno od višine postelje ali inkubatorja),
- napetost: 48-50 kV;
- brez ionizacijske celice
- čas ekspozicije: <1 ms;
- zaščita: zaščita iz svinčene gume (0,25 mm Pb) za abdomen sega do slikovnega polja; če je prekrivanje otroka nemogoče, prekrijemo pokrov inkubatorja;
- zaslanjanje slikovnega polja: do roba kože.

Tabela 5: Lastnosti preiskovancev, tehnični pogoji in rezultati meritev

št.	spol	leto rojstva	teža (g)	napetost (kV)	It (mAs)	FFD (m)	DAP ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$)	velikost polja (cm)	preiskava
1	m	2007	2680	48	1,6	1,2	0,62	6 x 5	pc
2	m	2007	2870	48	1,6	1,07	0,58	6 x 4,7	pc
3	m	2007	3460	48	1,6	1,16	0,79	6 x 6,3	pc
4	f	2007	4300	48	1,6	1,12	0,74	6 x 5,9	pc
5	f	2007	4300	48	1,6	1,12	0,65	6 x 5,2	pc
6	f	2007	4300	48	1,6	1,12	0,76	6 x 6	pc
7	m	2007	3580	50	1,6	1,05	1,18	6 x 7,2	pc+abd
8	m	2007	3580	48	1,6	1,05	0,69	6 x 5,5	pc
9	m	2007	3580	48	1,6	1,05	0,69	6 x 5,5	pc
10	m	2007	3580	48	1,6	1,05	0,79	6 x 6,3	pc
11	f	2007	4490	48	1,6	1,14	0,62	6 x 5	pc
12	f	2007	4490	50	2	1,16	0,86	6 x 5	pc
13	f	2007	1910	48	1,6	1,15	0,29	4 x 3,5	pc
14	m	2007	4310	50	1,6	1,24	0,86	6 x 5,9	pc
15	m	2007	4000	48	1,6	1,07	0,58	6 x 4,7	pc
16	m	2007	4000	48	1,6	1,07	0,74	6 x 5,9	pc

Tabela 6: Prejete doze sevanja

napetost (kV)	It (mAs)	SPD (m)	izstopna doza ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$)	doza na 1m (μGy)	doza na SPD ⁽¹⁾ (μGy)	ESD ⁽³⁾ =doza x BSF ⁽²⁾ (μGy)
48	1,6	1,2	18,3	29,8	20,33	24,40
48	1,6	1,07	18,3	29,8	25,57	30,69
48	1,6	1,16	18,3	29,8	21,76	26,11
48	1,6	1,12	18,3	29,8	23,34	28,01
48	1,6	1,12	18,3	29,8	23,34	28,01
48	1,6	1,12	18,3	29,8	23,34	28,01
50	1,6	1,05	18,3	29,8	26,56	31,87
48	1,6	1,05	18,3	29,8	26,56	31,87
48	1,6	1,05	18,3	29,8	26,56	31,87
48	1,6	1,05	18,3	29,8	26,56	31,87
48	1,6	1,14	18,3	29,8	22,53	27,04
50	2	1,16	20	40	29,73	35,67
48	1,6	1,15	18,3	29,8	22,14	26,57
50	1,6	1,24	18,3	29,8	19,04	22,85
48	1,6	1,07	18,3	29,8	25,57	30,69
48	1,6	1,07	18,3	29,8	25,57	30,69

(1)SPD = razdalja med virom sevanja in pacientom

(2) BSF = back scatter factor (faktor povratnega sipanja)

(3)ESD = entrance skin dose (vstopna doza je bila določena na Zavodu za varstvo pri delu; upoštevana je bila razdalja med izvorom in pomnožena z BSF).

Ocena rentgenogramov:

Vseh šestnajst rentgenogramov, opisanih v tabelah 5 in 6 sta ocenila radiološki inženir (glede na tehnične kriterije) in specialist radiolog – pediater (glede na diagnostično uporabnost). Vseh šestnajst rentgenogramov je ustrezalo priporočilom evropskih smernic (6). Odstopanja so bila le v nesimetriji, zaradi premikanja pacienta in nezmožnosti izvedbe polnega, zadržanega vdiha (intubirani pacienti). Noben rentgenogram ni bil zavržen.



Slika 1: Primer rentgenograma

Optimizacija (redukcija) dozne obremenitve

Zmanjšanje prejete doze sevanja za novorojence pri slikanju prsnih organov smo izvedli z izborom hitrejših filmov (Kodak InSight – Pediatric Imaging Film), primernimi ojačevalnimi folijami (Kodak InSight – Pediatric Screens X - OMAT), višjo napetostjo in znižanjem anodnega toka ter časa. Kot objekt za poskuse smo izbrali ribo vrste zobatec, ki je imela težo

754 gramov, dolžino 253 milimetrov in širino v najdebelejšem predelu 31 milimetrov. Njene atenuacijske lastnosti so podobne lastnostim prsnega koša novorojenca (identičnost zgradbe skeleta - hrustančasto tkivo in zračni mehur).

V nadaljevanju smo naredili šest rentgenogramov ribe, narejene z različnimi ekspozicijskimi pogoji, ob rentgenogramih so ti pogoji in izmerjena prejeta doza navedeni v tabelah.



napetost (kV)	It (mAs)	FFD (cm)	DAP (μGym^2)
60	1,0	100	1,11

Slika 4: Rentgenogram ribe 3, ekspozicijski pogoji in izmerjena doza



napetost (kV)	It (mAs)	FFD (cm)	DAP (μGym^2)
63	0,63	100	0,76

Slika 5: Rentgenogram ribe 4, ekspozicijski pogoji in izmerjena doza



napetost (kV)	It (mAs)	FFD (cm)	DAP (μGym^2)
66	0,40	100	0,68

Slika 6: Rentgenogram ribe 5, ekspozicijski pogoji in izmerjena doza



napetost (kV)	It (mAs)	FFD (cm)	DAP (μGym^2)
50	2,0	100	1,73

Slika 2: Rentgenogram ribe 1, ekspozicijski pogoji in izmerjena doza



napetost (kV)	It (mAs)	FFD (cm)	DAP (μGym^2)
55	1,6	100	1,30

Slika 3: Rentgenogram ribe 2, ekspozicijski pogoji in izmerjena doza

diagnostična radiologija

Glede na tehnično kakovost in diagnostično uporabnost je slike ovrednotil radiolog - pediater. Njegova ocena je, da je najboljši rentgenogram posnet z ekspozicijo 63 kV in 0,63 mAs.

Rezultati uporabe optimiziranih ekspozicijskih pogojev in slikovne opreme na novorojenčkih

Glede na patologijo novorojenčkov se skupaj z radiologom odločimo za ekspozicijo 63 - 66 kV in 0,63 - 1,0 mAs.

Radiolog nas opozori, da zniževanje količine rentgenske svetlobe lahko prepreči realen izvid v primerih hialinsko-membranske bolezni nedonošenčkov.

Naredimo 16 posnetkov različnih novorojenčkov različnem kliničnem stanju in z različno patologijo.

Ocena rentgenogramov: Oceno rentgenogramov ob upoštevanju evropskih smernic ovrednoti radiolog-pediater: žilni vzorec celotnih pljuč, sapnik in sredina sapnic, srce in aorta, prepona in stranski koti, prsna hrbtenica, pljuča za srcem in mediastinum so bili v vseh primerih dobro prikazani.

Rentgenogrami so ustrezali kriterijem, noben ni bil zavržen.



Slika 7: Rentgenogram, eksponiran z optimiziranimi ekspozicijskimi pogoji in sistemom foliji-film

Tabela 7: Lastnosti preiskovancev, tehnični pogoji in rezultati meritev (z uporabo optimiziranih ekspozicijskih pogojev in slikovne opreme)

št.	spol	leto rojstva	teža (g)	napetost (kV)	It (mAs)	FFD (m)	DAP (?Gym ²)	velikost polja (cm)	preiskava
1	ž	2007	2790	66	1,0	1,10	0,58	6 x 5	pc
2	m	2007	3110	66	1,0	1,10	0,52	6 x 4,7	pc
3	ž	2007	865	63	0,8	1,10	0,36	6 x 6,3	pc
4	m	2007	3330	63	1,0	1,10	0,58	6 x 5, 9	pc
5	ž	2007	3300	63	1,0	1,15	0,59	6 x 5,2	pc
6	ž	2007	3300	63	0,8	1,10	0,60	6 x 6	pc
7	m	2007	3040	63	0,63	1,10	0,47	6 x 5	pc
8	m	2007	2210	63	0,63	1,00	0,33	6 x 5,5	pc
9	m	2007	2250	60	0,8	1,30	0,26	6 x 5,5	pc
10	ž	2007	2790	63	0,8	1,10	0,61	6 x 6 ,3	pc
11	m	2007	3420	63	0,8	1,10	0,58	6 x 5	pc
12	m	2007	3330	63	0,8	1,10	0,43	6 x 5	pc
13	m	2007	2230	63	0,8	1,10	0,46	4 x 3,5	pc
14	m	2007	2500	63	0,8	1.05	0,58	6 x 5,9	pc
15	m	2007	2500	63	1,0	1,10	0,52	6 x 4,7	pc
16	ž	2007	7000	66	1,6	1,00	0,74	6 x 8	pc

ZAKLJUČEK

Glede na naše izkušnje in na primerjavo kakovosti rentgenogramov ter dozne obremenitve pred uvedbo optimiziranih parametrov slikanja in po njej, je naša raziskava dosegla cilj.

Natančne meritve parametrov rentgenskega aparata in

opreme so dokazale, da parametri aparata in opreme ustrezajo kriterijem, ki jih evropska komisija priporoča za slikanje prsnih organov novorojenčkov. Na 16 posnetkih prsnih organov novorojencev z različnimi bolezenskimi stanji smo dokazali, da so ekspozicijski faktorji, ki smo jih določili s pomočjo poizkusov na ribi, z enakimi

Tabela 8: Prejete doze sevanja z uporabo optimiziranih ekspozicijskih pogojev in slikovne opreme

napetost (kV)	It (mAs)	SPD (m)	izhodna doza ($\mu\text{Gy}/\text{mAs}$)	doza na 1m (μGy)	doza na SPD ⁽¹⁾ (μGy)	ESD ⁽³⁾ =doza x BSF ⁽²⁾ (μGy)
66	1,0	110	33,4	33,4	27,6	33,1
66	1,0	110	33,4	33,4	27,6	33,1
63	0,8	110	30,5	24,4	20,2	24,2
63	1,0	110	30,5	30,5	25,2	30,2
63	1,0	115	30,5	30,5	23,1	27,7
63	1,0	110	30,5	30,5	25,2	30,2
63	0,63	110	30,5	19,2	15,9	19,1
63	0,63	100	30,5	19,2	19,2	23,0
60	0,8	130	27,8	22,2	13,1	15,7
63	0,8	110	30,5	24,4	20,2	24,2
63	0,8	110	30,5	24,4	20,2	24,2
63	0,8	110	30,5	24,4	20,2	24,2
63	0,8	110	30,5	24,4	20,2	24,2
63	0,8	110	30,5	24,4	20,2	24,2
63	0,8	105	30,5	24,4	22,1	26,5
63	1,0	110	30,5	30,5	25,2	30,2

atenuacijskimi lastnostmi kot je prsni koš novorojenca, optimalni (63-66 kV in 0,63 - 1,0 mAs) ter da je bila s Kodakovim slikovnim sistemom efektivna doza za 16 % nižja od doze pri uporabi sistema foliji-fim hitrosti 200. Proces optimizacije je potekal brez zapletov in z velikim navdušenjem vseh, ki so neposredno ali posredno sodelovali pri njem. Že dosedanja tehnika izvajanja preiskav je dala zadovoljive rezultate o ustreznosti vseh dejavnikov, ki vplivajo na rezultate preiskav. Noben parameter ni odstopal od priporočenih iz strani evropskih smernic. Z redukcijo dozne obremenitve pa smo dokazali, da se lahko vsaka stvar, kljub temu, da je zadovoljiva, še izboljša. Dosegli smo znižanje dozne obremenitve za 16% pri populaciji, ki je najboljčutljivejša za negativne posledice, ki jih povzroči ionizirajoče sevanje pri človeku.

ZAHVALA

Za vsako dobro študijo in predvsem za njen rezultat, ki ima vedno za posledico izboljšanje nečesa, je potreben najkvalitetnejši team strokovnjakov vseh strok, ki pri danem problemu sodelujejo. Zato dolgujeva zahvalo vsem sodelujočim, ki so del svojega prostega časa namenili izvedbi raziskave, s katero smo s skupnimi močmi dosegli zavidljive rezultate na populaciji, ki je z vidika varstva pred sevanji zelo občutljiva.

Hvala mag. Urbanu Zdešarju univ. dipl. fiziku, asist. dr. Živi Zupančič, spec. rad. svetnici, Marjanu Kofjaču, inž. rad. in Deanu Pekaroviču, inž. rad.

LITERATURA

1. Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation, Safety Series No. RS – G – 1.5 (2002). IAEA, Vienna
2. Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly) (1993). United Nations, Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Unsear), UN, New York
3. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115 (1996). IAEA, Vienna
4. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60 (1991). Pergamon, Oxford
5. University of Leeds. X-ray Dose, Leeds X-ray Imaging Research. <http://www.lxi.leeds.ac.uk/learning/dose> <[13.4.2007]
6. European Guidelines On Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images In Paediatrics (1996). European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
7. Unsear Report "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation" (1988). 433
8. Council Directive of 3 September 1984 laying down basic measures for the radiation protection of persons undergoing medical examination or treatment (84/466 EURATOM) O.J. Nr L 265, p. 1, 05.10.1984 (1995). under revision: COM 95-560 final
9. Technical and Physical Parameters for Quality Assurance in Medical Diagnostic Radiology; Tolerances, Limiting Values and Appropriate Measuring Methods (1989). BIR Report 18
10. Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik (1995). BÄK, Bundesärztekammer. Dt. Ärztebl. 92. Heft 34-35