

RADIAČNÍ ZÁTĚŽ NOVOROZENCŮ V ČESKÉ REPUBLICE

RADIATION EXPOSURE OF NEWBORNS IN THE CZECH REPUBLIC

původní práce

Lucie Sūkupová¹

Leoš Novák¹

Jiří Rada²

Jiří Oceánský²

¹Státní ústav radiační ochrany, Praha

²Státní ústav radiační ochrany,
Ostrava

Přijato: 15. 12. 2007

Korespondenční adresa:

Ing. Leoš Novák
Státní ústav radiační ochrany
Bartošková 28, 140 00 Praha 4
e-mail: leos.novak@suro.cz

SOUHRN

Sūkupová L, Novák L, Rada J, Oceánský J. Radiační zátěž novorozenců v České republice

Cíl. Podat přehled o podmínkách rentgenových vyšetřeních plic novorozenců v perinatologických a intermediálních centrech a zhodnotit, zda je snímkování plic novorozenců v České republice optimalizované z hlediska vyšetřovacích postupů i radiační ochrany.

Metoda. Do perinatologických a intermediálních center byly rozeslány dotazníky týkající se snímkování plic novorozenců. V centrech bylo poté provedeno měření vstupní povrchové kermy a expozičního času a byly zaznamenány expoziční parametry a parametry vyšetření používané při snímkování novorozenců. Zjištěné parametry vyšetření a expoziční parametry byly porovnány s hodnotami doporučenými Evropskou komisí a s hodnotami uvedenými v návrhu Národních radiologických standardů.

Výsledek. Dotazníky vyplnilo a měření bylo provedeno v 15 ze všech 18 center. Požadavek na filtraci nesplnilo žádné používané rentgenové zařízení, expoziční čas 4 ms byl splněn pouze v jednom centru, ale za cenu použití příliš vysokého napětí. Na základě naměřených hodnot vstupní povrchové kermy byla navržena pro snímek plic novorozence diagnostická referenční úroveň 65 µGy.

Závěr. Novorozenci jsou v perinatologických a intermediálních centrech v řadě případů snímkování na nevyhovujících rentgenových zařízeních a používané parametry nejsou v souladu s doporučenými hodnotami. Studie ukázala, že je nutné dále se této problematice v České republice věnovat za účelem optimalizace snímkování plic a radiační ochrany novorozenců.

Klíčová slova: expoziční čas, novorozenec, radiační zátěž, vstupní povrchová kerma.

SUMMARY

Sūkupová L, Novák L, Rada J, Oceánský J. Radiation exposure of newborns in the Czech Republic

Aim. The aim of the study was to review radiology procedures for lung imaging used in perinatal and intermediary care centres in the Czech Republic. Optimization of the procedures and radiation protection of the newborn patients was evaluated.

Method. Eighteen specialized centres received a questionnaire concerning X-ray examinations of newborns. Measurement of entrance surface air kerma and exposure time was performed in the centres and clinical exposure parameters were recorded. Obtained values were compared with values recommended by European Commission and values stated in a proposal of national standards for diagnostic radiology procedures.

Results. The questionnaires were completed and the measurements were performed in 15 from altogether 18 centres in the Czech Republic. No clinically used X-ray equipment fulfilled required filtration settings. Exposure time of 4 ms was fulfilled only in one centre; however, too high voltage was used there. Value of entrance surface air kerma 65 µGy was proposed as a national diagnostic reference level for X-ray lung examination of a newborn.

Conclusion. Newborns are frequently X-rayed in the specialized centres using unsuitable X-ray equipment and clinical exposure parameters are not sufficiently optimized. The study has shown a necessity to deal with this topic to optimize the X-ray procedures and radiation protection of newborns.

Key words: entrance surface air kerma, newborn, exposure time, radiation exposure.

ÚVOD

Novorozenci, ať už narození v termínu nebo předčasně, tvoří skupinu populace, která je dle dostupných literárních zdrojů výrazně citlivější k účinkům ionizujícího záření ve srovnání s dospělou populací (1–4). U některých novorozenců narozených v termínu, ale zvláště pak u nedonošených dětí, se provádí skiafografické vyšetření plic. Cílem tohoto vyšetření je určit, zda se v plicích novorozence nenachází voda, u nedonošených dětí jde také o zjištění vyvinutosti některých orgánů v hrudní, popřípadě v břišní dutině. Z důvodu velké citlivosti novorozenců na ionizující záření jsou kladen na zařízení používaná k jejich vyšetření zvláštní požadavky, mezi které patří například doporučení používat při vyšetření novorozenců rentgenová zařízení s vysokofrekvenčním generátorem, který poskytuje dostatečně krátké expoziční časy, čímž lze velmi redukovat pohybovou neostrost.

Za účelem zjištění stavu zařízení a postupů, které se v České republice využívají při rentgenových vyšetřeních novorozenců, byl sestaven Dotazník týkající se snímkování plic novorozenců. Mimoto bylo v perinatologických a intermediálních centrech pracovníky Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO) provedeno měření, při kterém byly zaznamenány skutečné expoziční parametry a byla měřena vstupní povrchová kerma a expoziční čas.

MATERIÁL A METODA

Dotazník týkající se snímkování plic novorozenců byl vytvořen za účelem zjištění stavu zařízení a postupů využívaných při snímkování novorozenců. Dotazníky byly rozeslány v rámci metodických klinických auditů Ministerstva zdravotnictví České republiky s podporou Radiologické společnosti České lékařské společnosti J. E. Purkyně na všech 12 perinatologických a 6 intermediálních center, kde se soustřeďují problematické děti i z jiných porodnic a kde se narodí zhruba polovina z celkového počtu novorozenců v České republice. Seznam perinatologických a intermediálních center je uveden v tabulce 1.

Dotazník se týká snímkování plic novorozenců, což je nejčastěji prováděné vyšetření u novorozenců. Bylo nutné zjistit počty vyšetřovaných novorozenců, typy rentgenových zařízení a expoziční parametry, které jsou v jednotlivých centrech používány.

Dotazník je rozdělen na několik částí. První část se zabývá počtem snímkování novorozenců a projekcemi při vyšetřeních, například zda jsou vyšetření prováděna vleže nebo ve visu, v předozadní (AP) nebo boční (LAT) projekci, v inkubátoru nebo mimo něj. Druhá část obsahuje typické parametry vyšetření pro expozici plic novorozenců, například relativní zesílení kombinace film – fólie, celkovou filtraci, napětí rentgenky, součin proudu a času, vzdálenost ohnisko – kazeta (FFD – focus to film distance), využívání clon a zda je používáno stínění např. pomocí olovnaté gumy. Třetí část Dotazníku obsahuje informace o procentuálním zastoupení jiných rentgenových vyšetření, než je vyšetření plic. Ve čtvrté části jsou uvedeny expoziční parametry pro snímek plic novorozence pro různé hmotnostní kategorie novorozenců a poslední pátá část Dotazníku zjišťuje, které parametry rentgenových vyšetření jsou uvedeny v provozním deníku příslušného oddělení, za účelem stanovení a hodnocení dávek pacientů. Mezi tyto parametry patří napětí rentgenky, součin proudu a času, velikost pole, relativní zesílení kombinace film – fólie,

projekce, hmotnost novorozence, vzdálenost ohnisko – kazeta a celková filtrace. Dotazník měl vyplnit radiologický asistent, který provádí vyšetření novorozenců.

Mimo rozeslání Dotazníků do jednotlivých center bylo provedeno také měření v 15 centrech, ze kterých byly vráceny vyplněné Dotazníky. Byly zaznamenány klinicky používané expoziční parametry – napětí rentgenky, součin proudu a času a parametry vyšetření – relativní zesílení kombinace film – fólie, velikost pole na receptoru obrazu, vzdálenost ohnisko kazeta pro účely porovnání skutečné praxe s údaji uvedenými v Dotaznících. Měřena byla vstupní povrchová kerma a expoziční čas. Vstupní povrchová kerma je kerma ve vzduchu měřená na centrální ose svazku v místě vstupu svazku do pacienta, přičemž se započítává příspěvek zpětně rozptýleného záření. Dříve se pro tuto veličinu používal název vstupní povrchová dávka. Jako fantom simulující novorozence byl zvolen polymethylmetakrylátový (PMMA) fantom o tloušťce 4 cm. Fantom byl tvořen 4 deskami, každá o tloušťce 1 cm a rozměrech 30 × 30 cm. Pro měření vstupní povrchové kerry byl použit dozimetr Radcal 9015 s ionizační komorou 10X5 – 180 cc, 10X5 – 60 cc nebo 10X5 – 6 cc. Pro měření expozičního času byl použit kVp metr Keithley 35080A kVp Divider a 37617C W-R filter pack, range 50–150 kV.

Při měření byl PMMA fantom s ionizační komorou umístěn do inkubátoru, protože většina novorozenců v těchto centrech je snímkována v inkubátoru. Střed fantomu a efektivní střed ionizační komory byl umístěn na centrální osu svazku. Pro hmotnostní kategorii novorozenců do 750 g byl fantom umístěn na podložce pro pacienta, pro hmotnost 750–2000 g byl fantom umístěn 2 cm nad podložku a pro hmotnost nad 2000 g byl fantom umístěn 4 cm nad podložku. Podkládání fantomu pro hmotnostní kategorie nad 750 g se provádělo z toho důvodu, aby povrch fantomu byl v odpovídající vzdálenosti od ohniska jako povrch pacienta.

Měření na pracovištích bylo prováděno za přítomnosti radiologického asistenta, který nastavoval expoziční parametry pro jednotlivé hmotnostní kategorie novorozenců. Expoziční parametry, parametry vyšetření a naměřené hodnoty vstupní povrchové kerry a expozičního času byly zaznamenány do protokolu o měření, který byl po zpracování na každé pracoviště zaslán.

VÝSLEDKY

Dotazník vyplnilo 15 center z celkového počtu 18 center. Vybrané údaje z vyplněných Dotazníků a z protokolů zkoušek dlouhodobé stability (ZDS) jsou shrnuty v tabulce 2.¹ V tabulce jsou uvedeny pouze nejdůležitější parametry, které se přímo týkají celkové radiační zátěže i radiační zátěže jednotlivce při snímkování plic.

Dle Dotazníků většina center vycloňuje pole zájmu o velikosti i méně než 8 × 8 cm² pro nejmenší hmotnostní kategorii a pole cca 15 × 18 cm² pro nejtěžší hmotnostní kategorii. Pro nejzastoupenější hmotnostní kategorii (1000–1500 g) je to nejčastěji zhruba 12 × 15 cm².

Celkově pouze ve čtyřech Dotaznících z patnácti byly uvedeny všechny požadované parametry pro stanovení a hodnocení dávek novorozenců, což značí, že ve většině center nejsou zavedeny postupy ke stanovování a hodnocení dávek pacientů, jak to vyžaduje Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění pozdějších předpisů.

Hodnoty expozičních parametrů a parametrů vyšetření získaných z Dotazníků a také z měření byly srovnány s doporučenými hodnotami v dokumentu Evropské komise (EC) „European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics“ (5) a v návrhu dokumentu „Národní radiologické standardy – radiodiagnostika a intervenční radiologie (bez diagnostických postupů nukleární medicíny)“ (NRS) (6). Následně jsou uvedeny doporučené hodnoty jednotlivých parametrů z doporučení EC:

poloha pacienta: ležící na zádech
 velikost ohniska: 0,6 mm ($\leq 1,3$ mm)
 přídavná filtrace: 1 mm Al + 0,1 nebo 0,2 mm Cu (nebo ekvivalentní)
 sekundární mřížka: ne
 rel. zesílení kombinace film – fólie (v inkubátoru): nominální třída citlivosti 200–400
 FFD: 80–100 (150) cm
 napětí rentgenky: 60–65 kV
 expoziční automat: ne
 expoziční čas: < 4 ms
 ochranné stínění: olovnatá guma na břiše přímo blízko svazku, jestliže to není možné, pak umístění na víku inkubátoru

Požadavky na napětí a filtraci platí pro použití zeleně emitujících zesilujících fólií a zelenocitlivých filmů, při použití digitálního receptoru obrazu nemusí být tyto hodnoty vhodné.

Doporučené hodnoty parametrů z návrhu NRS jsou:

generátor: vysokofrekvenční
 velikost ohniska: 0,6 mm ($\leq 1,3$ mm)
 celková filtrace: 1 mm Al + 0,1 nebo 0,2 mm Cu (nebo ekvivalentní)
 sekundární mřížka: ne
 rel. zesílení kombinace film – fólie: 200–400 a pro nepřímou nebo přímou digitalizaci stejná citlivost (zesílení)
 FFD: 80–100 (150) cm
 napětí rentgenky: 45–50 kV
 expoziční automat: ne
 expoziční čas: ≤ 4 ms
 součin proudu a času: ≤ 5 mAs
 ochranné stínění: min. 0,5 mm Pb

Při porovnání expozičních parametrů doporučených v dokumentech (5 a 6) a expozičních parametrů uvedených v Dotaznících (tab. 2) nebo v protokolu ZDS zjistíme, že poloha vleže na zádech byla splněna ve většině případů, výjimečně je snímkování prováděno ve visu. Přídavná filtrace by podle doporučení Evropské komise měla být alespoň 1 mm Al + 0,1 mm Cu nebo ekvivalentní, přičemž ekvivalentní filtrace vyjádřená v Al je pro dané kvality svazku alespoň 4,0 mm Al. Přídavnou měděnou filtraci nemělo žádné z používaných rentgenových zařízení, ani hodnotu přídavné filtrace vyjádřenou v hliníku nesplnilo žádné rentgenové zařízení. Jako relevantní hodnota filtrace je brána hodnota ze ZDS, ne hodnota uvedená v Dotazníku. V Dotaznících nebyla otázka týkající se použití sekundární mřížky, neboť se obecně předpokládá, že se sekundární mřížka při snímkování novorozenců na žádném pracovišti nepoužívá, což se potvrdilo při měřeních v jednotlivých centrech. Velikost ohniska nebyla také zjišťo-

Tab. 1. Seznam perinatologických a intermediárních center

Tab. 1. List of neonatological and intermediary care centres

Seznam center		Obdrželi Dotazník	Vyplnili Dotazník	Měření (inspekce)
Perinatologická centra	FN Motol, Praha 5	ano	ano	ano
	VFN, Praha 2	ano	ano	ano
	ÚPMO, Praha 4	ano	ano	ano
	Nemocnice Most, Most	ano	ano	ano
	Masarykova nemocnice Ústí n.Lab., p.o.	ano	ano	ano
	FN, Hradec Králové	ano	ano	ano
	Nemocnice, České Budějovice	ano	ano	ano
	FN, Plzeň	ano	ano	ano
	FN Brno, Brno	ano	ano	ano
	FNsP, Ostrava Poruba	ano	ano	ano
	FN, Olomouc 5	ano	ano	ano
Intermediární centra	Baťova krajská nemocnice Zlín, Zlín	ano	ano	ano
	Fak. Thomayerova nem.s poliklin., Praha 4	ano	ne	ne
	Nemocnice Karlovy Vary, Karlovy Vary	ano	ano	ano
	Krajská nemocnice Liberec, Liberec	ano	ano	ano
	Nemocnice, Písek	ano	ano	ano
	Nemocnice Kladno, Kladno	ano	ne	ne
	Krajská nemocnice, Pardubice	ano	ne	ne

vána pomocí Dotazníků, ale přímo z protokolů ZDS. Jak je zřejmé z tabulky 2, požadavek na velikost ohniska splňuje jedenáct rentgenových zařízení. Relativní zesílení kombinace film – fólie se pohybovalo v rozmezí 100–400, hodnota 100 byla uvedena pouze jednou v kombinaci s relativním zesílením 400, ve všech dalších případech bylo relativní zesílení 200–400, což odpovídá doporučení (5) i (6). Napětí na rentgence v rozmezí 60–65 kV dle doporučení (5) bylo splněno ve čtyřech případech, vezmou-li se v úvahu hmotnostní kategorie nad 750 g, (tab. 4). Vezme-li se v úvahu nejtěžší hmotnostní kategorie nad 2500 g, splňuje požadavek pět center. Napětí uvedená ve většině Dotazníků se pohybovala v rozmezí 41 kV až 62 kV, pouze u dvou center bylo uvedeno, že používají napětí nad 70 kV, jedno z těchto center dokonce 90 kV pro nejtěžší hmotnostní kategorii. FFD byla odlišná od stanoveného rozsahu ve dvou případech. Stínění pomocí olovené gumy bylo splněno ve třinácti případech z patnácti. Stínění nepoužívají

¹V tabulkách 2–7 jsou centra identifikována pořadovým číslem v prvním sloupci tabulky, pro zachování anonymity nesouhlasí pořadí v seznamu center v tabulce 1 s pořadím center uvedeným v tabulkách 2–7.

Tab. 2. Shrnutí dat z vyplněných Dotazníků a z protokolů ZDS

Tab. 2. Summary of data obtained from the questionnaire and status tests protocols

Číslo centra	Počet vyšetřených novorozenců	Průměrný počet snímků na 1 novorozence	Maximální počet snímků na 1 novorozence	Vyšetření prováděná v inkubátoru (%)	AP projekce vleže (%)	Průměrná hmotnost novorozence (kg)	Celková filtrace (mm Al)	Celková filtrace ze ZDS (mm Al)	Velikost ohniska ze ZDS (mm)	Napětí (kV)	Součin proudu a času (mAs)	Vzdálenost ohnisko-kazeta (cm)	Použití clon	Stínění (Pb guma)
1	205	2,0	5	20	98	2,0	3,1	3,1	0,7	50	0,9	100	ano	ano
2	281	2,2	5	100	100	1,8	3,5	2,6	0,8	45	1,6	90	ano	ano
3	340	6,0	15	100	100	1,5	2,7	2,7	1,5	45	2,5	80	ano	ano
4	262	1,5	30	90	100	---	2,7	3,5	1,5	42	2,5	120	ano	ano
5	276	2,1	16	98	100	1,0	2,0	3,2	0,8	60	1,0	150	ano	ano
6	521	1–2	---	---	99	---	5,9	5,9	0,6/1,5	50	2,0	100	ano	ano
7	11	1,1	2	83	98	2,3	> 2,5	3,8	0,8	52	5,0	100	ano	ano
8	128	2,0	3	100	100	1,7	2,8	4,5	1,5	50	0,2	70	ano	ano
9	190	3–5	20–25	70	99	0,4–6,0	2,7	2,7	0,8/1,3	60	1,1	115	ano	ne
10	180	6,7	31	97	100	1,9	2,8	2,8	0,8	69	0,6	94–100	ano	ano
11	34	1,4	4	100	100	2,0	2,5	2,5	0,7	55	3,0	80	ano	ano
12	54	1,7	7	100	100	2,3	> 4	3,0	1,5	55	3,4	87	ano	ano
13	66	1,9	6	95	100	1,8	2,8	2,8	0,8	85	0,4	100	ano	ano
14	149	1,4	9	86	97	2,3	3,1	3,1	0,8	48	2,0	80	ano	ne
15	1382	8,0	15	95	99	0,8	2,7	2,7	0,8/1,3	61	2,2	75–80	ano	ano

Tab. 3. Expoziční čas pro jednotlivé hmotnostní kategorie

Tab. 3. Exposure time used for individual weight categories of newborns

Číslo centra	Expoziční čas (ms) pro jednotlivé hmotnostní kategorie (g)						
	< 500	500–750	750–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	> 2500
1	4,3	4,3	4,3	4,4	4,6	4,5	4,5
2	–	–	–	–	–	12,2	16,4
3	–	–	–	37,2	37,2	36,0	41,0
4	19,8	19,8	23,8	23,2	22,6	21,7	22,3
5	–	–	–	–	–	20,8	–
6	–	–	–	–	11,6	11,6	11,6
8	–	82,0	–	–	202,0	302,0	343,0
10	4,4	5,7	5,7	5,8	7,5	7,4	9,3
11	11,4	12,3	13,8	15,5	17,7	20,0	22,4
12	116,3	116,3	116,3	117,3	117,3	117,3	117,3
13	–	–	2,0	2,0	2,4	2,4	3,0
14	10,2	10,2	–	–	12,0	13,5	17,1
15	21,8	21,8	21,8	21,8	24,0	27,3	27,3

centra č. 9 a 14, ale mají velmi dobré clonění, kdy z velikosti vycloněných polí uvedených v Dotazníku lze usoudit, že na snímku jsou zobrazeny skutečně pouze orgány potřebné pro určení diagnózy. Expoziční čas má být podle doporučení (5 a 6) menší nebo roven 4 ms. V Dotaznících expoziční čas uveden nebyl, byl změřen v centrech. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3. Expoziční čas dle doporučení (5 a 6) splňuje pouze centrum č. 13, centra č. 8 a 12 doporučení několikanásobně překračují, centrum č. 8 dokonce více než 80×. U center č. 8 a 12 se jedná o jednopulzní rentgenová zařízení Movus. Hodnoty expozičního času,

kteří v tabulce chybí, nebylo možno změřit díky klinicky používanému napětí, které bylo mimo měřicí rozsah použitého kVp metru.

V doporučení (5) je stanoveno, že hodnota vstupní povrchové kermy pro snímek hrudníku novorozence by měla být $\leq 80 \mu\text{Gy}$. V doporučení (5) není uvedeno, pro jaké relativní zesílení a pro jakou hmotnostní kategorii novorozenců je hodnota stanovena, dále není jasné, zda doporučená hodnota má charakter diagnostické referenční úrovně (DRÚ). Hodnoty vstupní povrchové kermy naměřené v jednotlivých centrech jsou uvedeny v tabulce 6. Vzhledem k tomu,

Tab. 4. *Napětí rentgenky při expozicích pro jednotlivé hmotnostní kategorie*Tab. 4. *Tube voltage used for individual weight categories of newborns*

Číslo centra	Napětí rentgenky (kV) pro jednotlivé hmotnostní kategorie (g)						
	< 500	500–750	750–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	> 2500
1	49	49	50	51	52	53	53
2	45	47	47	47	47	49	51
3	41	42	42	44	44	46	48
4	60	60	60	62	63	64	66
5	57	59	60	61	62	61	62
6	48	49	50	51	52	53	54
7	46	46	46	46	48	48	48
8	–	50	55	55	55	55	60
9	60	60	60	60	60	60	60
10	67	68	68	69	70	72	73
11	55	55	55	55	55	55	55
12	50	50	50	55	55	55	60
13	–	–	77	81	85	85	90
14	46	46	45	45	47	47	48
15	60	60	62	62	63	63	63

Tab. 5. *Součin proudu a času při expozicích pro jednotlivé hmotnostní kategorie*Tab. 5. *Product of exposure time and tube current used for individual weight categories of newborns*

Číslo centra	Součin proudu a času (mAs) pro jednotlivé hmotnostní kategorie (g)						
	< 500	500–750	750–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	> 2500
1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
2	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25	1,25	1,6
3	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5
4	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
5	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
7	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
8	–	0,17	0,24	0,24	0,35	0,35	0,35
9	0,71	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,4
10	0,5	0,63	0,63	0,63	0,8	0,8	1,0
11	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0
12	3,74	3,74	3,74	3,4	3,4	3,4	3,4
13	–	–	0,32	0,32	0,4	0,4	0,5
14	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0
15	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	2,5	2,5

že měření bylo provedeno ve více než 80 % ze všech perinatologických a intermediárních center, je soubor měření reprezentativní a lze z něj stanovit národní diagnostickou referenční úroveň (NDRÚ). NDRÚ byla stanovena na základě třetího kvartilu naměřených hodnot přepočtených na relativní zesílení 400. Pro hmotnostní kategorii nad 2500 g při použití kombinace film – fólie s relativním zesílením 400 je třetí kvartil dávkové distribuce 63,6 μ Gy a navržená hodnota NDRÚ 65 μ Gy.

Dalším cílem bylo porovnání hodnot vstupní povrchové kerry naměřené na pracovišti s hodnotou vstupní povrchové

vé kerry uvedené v protokolu o zkoušce dlouhodobé stability rentgenového zařízení. Při ZDS se vstupní povrchová kerma měří zpravidla mimo inkubátor a na fantomu simulujícím dospělého člověka (tzn. 20 cm PMMA). Pro účely porovnání naměřených hodnot a hodnot v protokolu ZDS bylo v některých centrech provedeno měření i mimo inkubátor. Poměr vstupní povrchové kerry ze ZDS a z měření je uveden v tabulce 7. Toto porovnání je provedeno pouze pro centra, kde se i při ZDS měří vstupní povrchová kerma v inkubátoru, a pak pro centra, kde bylo měření SÚRO provedeno i mimo inkubátor. Hodnoty si až na dvě výjimky

Tab. 6. Vstupní povrchová kerma pro jednotlivé hmotnostní kategorie

Tab. 6. Entrance surface air kerma measured for individual weight categories of newborns

Číslo centra	Vstupní povrchová kerma (μGy) pro jednotlivé hmotnostní kategorie (g)							Relativní zesílení receptoru
	< 500	500–750	750–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	> 2500	
1	15,7	15,7	17,0	18,0	18,7	20,3	20,3	400
2	23,2	26,8	27,9	35,1	35,1	41,5	60,4	400
3	26,8	33,6	35,0	38,4	38,4	46,0	55,1	400
4	39,7	39,7	48,8	54,1	53,3	56,9	62,6	400
5	23,8	26,9	37,6	39,8	41,5	31,8	33,4	400
6	31,8	34,6	38,8	41,5	43,9	48,5	51,2	400
7	32,6	41,8	43,8	43,8	52,3	57,4	57,4	200
8	–	27,2	55,6	55,6	85,9	89,6	125,0	400
9	12,2	13,0	15,7	17,7	19,3	22,3	25,7	400
10	26,2	34,5	36,2	37,2	48,2	52,5	64,5	240
11	48,2	53,4	63,9	72,2	83,2	98,6	110,0	400
12	11,1	11,1	11,1	15,9	15,9	15,9	21,6	400
13	–	–	25,1	28,9	38,3	40,2	56,3	400
14	25,3	25,3	24,7	24,7	28,3	38,7	49,0	400
15	91,4	91,4	104,9	104,9	119,2	143	143	200

Tab. 7. Poměr vstupní povrchové kermy při ZDS a měření

Tab. 7. Ratio of entrance surface air kerma recorded in the status tests protocols and measured in the centres

Číslo centra		Typ fantomu	Přítomnost inkubátoru	Poměr ZDS/SÚRO
1	ZDS	10 cm voda	ano	1,17
	měření	4 cm PMMA	ano	
3	ZDS	15 cm voda	ne	0,96
	měření	4 cm PMMA	ne	
6	ZDS	15 cm voda	ne	0,91
	měření	4 cm PMMA	ne	
7	ZDS	20 cm voda	ne	1,06–1,10
	měření	4 cm PMMA	ne	
12	ZDS	?	ne	1,24–1,49
	měření	4 cm PMMA	ne	
13	ZDS	5 cm voda + 5 cm vzduch	ano	1,02–1,09
	měření	4 cm PMMA	ano	
14	ZDS	5 cm voda	ano	1,07
	měření	4 cm PMMA	ano	
15	ZDS	10 cm PMMA + 5 cm vzduch	ne	0,99
	měření	4 cm PMMA	ne	

(centra č. 1 a 12) odpovídají v rámci nejistot měření a rozdílů použitých fantomů. U center č. 1 a 12 lze velký rozdíl vysvětlit nesprávným zapsáním expozičních parametrů do protokolu ZDS. Ani rozdíl fantomů, ani nejistota měření by nezpůsobila tak velké rozdíly mezi hodnotami vstupní povrchové kermy, jako jsou u těchto dvou center. Rozšířená nejistota měření vstupní povrchové kermy je 10 % (koeficient rozšíření $k = 2$).

DISKUSE

V návrhu Národních radiologických standardů se některé požadavky na parametry liší od požadavků Evropské komise. Co se týče filtrace, je v návrhu NRS uvedena správná hodnota požadované filtrace, ale je nesprávně označena jako celková filtrace. Dále je v návrhu NRS nesprávně uveden rozsah doporučených napětí. Při použití přídavné Cu filtrace nemůže být použito napětí 45–50 kV, v tomto případě by byla velice nízká výtěžnost a pro získání čitelného snímku by bylo třeba používat příliš vysoký součin proudu a času (mAs), což by znamenalo použít příliš dlouhý expoziční čas. Dále se v návrhu NRS vyskytuje požadavek, že součin proudu a expozičního času má být menší nebo roven 5 mAs. Při požadované hodnotě expozičního času ≤ 4 ms je doporučení součinu proudu a času zbytečné, protože rentgenová zařízení nepracují s tak vysokými proudy, aby při zachování expozičního času 4 ms bylo možno překročit součin proudu a času 5 mAs. Z těchto důvodů nebyla v části Výsledky posuzována shoda hodnot parametrů z Dotazníků a naměřených hodnot s hodnotami doporučenými v návrhu NRS.

Doporučená velikost ohniska je 0,6 mm, popřípadě $\leq 1,3$ mm. Doporučená velikost ohniska 0,6 mm je při použití expozičního času 4 ms neopodstatněně malá, protože pohybová neostrost při expozičním času 4 ms je zhruba o jeden řád větší než geometrická neostrost způsobená ohniskem 0,6 mm při používané geometrii vyšetření a rychlosti pohybu orgánů. Mnoho zařízení používaných pro snímkování novorozenců má velikost malého ohniska $\leq 0,8$ mm, což plně postačuje z hlediska geometrické neostrosti.

Přídavná filtrace podle doporučení (5) nebyla splněna u žádného zařízení. U nedostatečně filtrovaného svazku se zvyšuje podíl nízkenergetických fotonů ve svazku, které nepřispívají k tvorbě obrazu a pouze zvyšují dávku na kůži.

Jediné centrum splnilo požadavek na expoziční čas, ale používané napětí v tomto centru je 85 – 90 kV. Díky vyšší

pronikavosti záření při použití vysokého napětí na rentgen- ce lze dosáhnout požadovaného zčernání receptoru obrazu při nízkém součinu proudu a času, a tudíž s krátkým expo- zičním časem, ale snímek se stává nekонтрастním. Proto tato technika pro zajištění krátkých expozičních časů není pří- pustná.

Porovnání doporučené hodnoty vstupní povrchové kerry z EC (5) a stanovené NDRÚ není relevantní, protože v EC není jednoznačně uvedeno, pro jakou hmotnostní kategorii a pro jaké relativní zesílení kombinace film – fólie je uvede- ná hodnota 80 μGy platná. Při použití relativního zesílení kombinace film – fólie 200 by se vstupní povrchová kerma měla zvýšit dvakrát oproti kermě při použití kombinace film – fólie s relativním zesílením 400. Z tabulky 6 je zřejmé, že pro nejjednodušší a nejtěžší hmotnostní kategorii se vstupní po- vrchová kerma v rámci jednoho centra může lišit až téměř trojnásobně. Námi zjištěné hodnoty vstupní povrchové ker- my jsou nicméně v souladu s hodnotami z dávkových studií provedených ve světě (7–10).

Pro možnost využití protokolů ze ZDS pro výpočet dá- vek pacientům na pracovišti by bylo vhodné při ZDS mě- řit vstupní povrchovou kermu v inkubátoru a na fantomu simulujícím novorozence. V současné době většina držitelů povolení k provádění ZDS měří tuto veličinu mimo inkubá- tor a na fantomu simulujícím dospělého člověka.

ZÁVĚR

Novorozenci jsou v perinatologických a intermediálních cen- trech snímkováni na nevyhovujících rentgenových zařízeních, neboť tato zařízení nesplňují doporučené parametry. V někte- rých centrech bylo používáno ke snímkování novorozenců zcela nevhodné jednopulsní zařízení Movus. Také klinicky používané expoziční parametry nejsou v souladu s doporučenými hodno- tami, zejména je používán příliš dlouhý expoziční čas. Mezi radi- ology však nepanuje jednotný názor, zda ke stanovení diagnózy je potřeba snímek pořízený s expozičním časem kratším než 4 ms. Tato zjištění značí, že snímkování plíc a radiační ochrana no- vorozenců nejsou v těchto centrech dosud plně optimalizované, a to i přesto, že aplikované dávky jsou na srovnatelné úrovni jako v ostatních zemích. Pro lepší podmínky stanovování a hodnoce- ní dávek novorozenců by bylo vhodné upravit metodiku měře- ní vstupní povrchové kerry při ZDS a lépe provádět záznamy parametrů vyšetření v centrech. Dále je třeba přepracovat návrh Národních radiologických standardů, aby poskytovaly optima- lizovaný přehled expozičních parametrů, podle kterých by se centra při snímkování novorozenců mohla řídit. Studie ukázala, že je nutné dále se radiační zátěží novorozenců v České republi- ce věnovat a že je nutná další spolupráce radiologických fyziků, radiologických asistentů a radiologů za účelem optimalizace ra- diační ochrany při vyšetření novorozenců.

LITERATURA

1. **Mooney R, Thomas PS.** Dose reduc- tion in a paediatric X-ray department following optimization of radiographic technique. *The British Journal of Radio- logy* 1998; 71: 852–860.
2. **Thomas KE, Parnell-Parmley JE, Haider S, Moineddin R.** Assessment of radiation dose awareness among pediatricians. *Ped- iatr Radiol* 2006; 36: 823–832.
3. **Geleijns J, Broerse JJ, van Vliet M, Lo- péz M, Zonderland HM.** Assessment of Effective Dose in Paediatric Radiology: A survey at 14 Dutch hospítale. *Radi- ation Protection Dosimetry* 2000; 90: 135–140.
4. **Hintenlang KM, Williams JL, Hinten- lang DE.** A survey of radiation dose as- sociated with pediatric plain-film chest X-ray examinations. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 771–777.
5. EUR 16261 EN. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radio- graphic Images in Paediatrics. European Commission, Brussels, Luxembourg 1996.
6. Návrh Národních radiologických stan- dardů – radiodiagnostika a intervenční radiologie k 31. 7. 2007, Ministerstvo zdravotnictví České republiky.
7. **Armpilia CI, Fife IAJ, Croasdale PL.** Radiation Dose Quantities and Risk in neonates in a Special Care baby Unit. *The British Journal of Radiology* 2002; 75: 590–595.
8. **Perlmutter N, Arthur R J, Beluffi G, et al.** The Quality Criteria for Diagnostic Radio- graphic Images in Paediatrics – Radiation Protection Dosimetry 1998; 80: 45–48.
9. **Schneider K, Kohn MM, Ernst G.** The Derivation of Reference Dose Values to Chest X Rays in Paediatric Radiogra- phy. *Radiation Protection Dosimetry* 1998; 80: 199–202.
10. **Schneider K, Kohn MM, Bakowski C, Steint E, Freidhof C.** Impact of Radio- graphic Imaging Criteria on Dose and Image Quality in Infants in an EC-Wide Survey. *Radiation Protection Dosimet- ry* 1993; 49: 73–76.