

## Radiační ochrana novorozenců

Pohled do statistik hovoří jasně: významnou část ozáření obyvatelstva při využívání umělých zdrojů ionizujícího záření tvoří lékařské ozáření. V rámci radiodiagnostických vyšetření mohou být pacienti vystaveni nezanedbatelným dávkám záření. Z toho plyne nezbytnost věnovat pozornost práci radiologů a dalších specialistů, systematicky hodnotit postupy radiologických vyšetření a důsledně kontrolovat technické parametry všech užívaných zařízení.



Hovořili jsme o tom s inspektorkou radiační ochrany **Ing. Marií Mikušovou, CSc.**, z oddělení evidence a hodnocení ozáření, které je součástí Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Při rozhovoru jsme se zvláště zajímali o radiační ochranu nejmenších dětí, protože nedávný průzkum ukázal nejen momentální stav, ale naznačil také aspekty, na které je nutné se v budoucnu zaměřit.

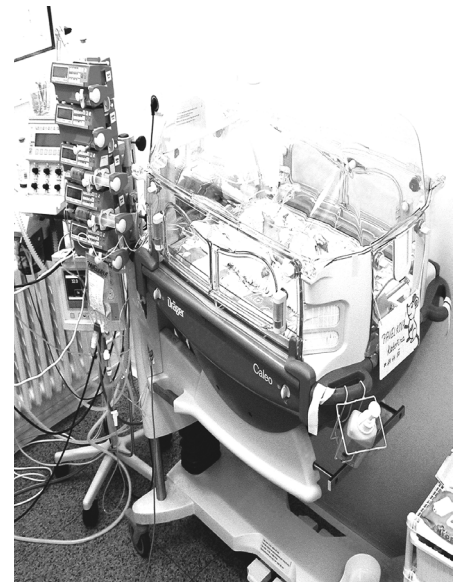
### ● Kdo je garantem dobré úrovně radiační ochrany pacienta při lékařském ozáření?

Příslušná ustanovení atomového zákona a vyhlášky 307/2002 Sb. určují právní rámec lékařského ozáření, to znamená ozáření pacientů, které by měli především sledovat radiologové, radiologičtí asistenti, radiologičtí fyzici a další specialisté. Atomový zákon z roku 1997 stanovil, co mají inspektoři našeho úřadu kontrolovat, avšak specifika lékařského ozáření zpočátku zůstávala poněkud stranou. Po vstupu do Evropské unie jsme tudíž museli do legislativy zabudovat určité požadavky radiační ochrany vztahující se na lékařské ozáření. Tak se požadavky, týkající se odborníků medicíny, tedy radiologů, radiologických asistentů a radiologických fyziků, dostaly i do zmíněné vyhlášky. Problematika lékařského ozáření je mezioborovou záležitostí. Proto je nutné, aby na zajišťování patřičné úrovně radiační ochrany úzce spolupracovali všichni výše zmínění odborníci.

### ● Jaká je úloha Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a Státního ústavu ra-

### diační ochrany při zjišťování úrovně radiační ochrany v praxi klinických pracovišť?

Dříve naši inspektoři kontrolovali zejména povolení klinických pracovišť a příslušnou dokumentaci. Trvalo nějaký čas, než se vše dalo do pořádku. Co se však týká samotného lékařského ozáření, konkrétně optimalizace ozáření pacientů, standardů radiologických postupů včetně hodnocení dávek, spoluúčasti radiologických fyziků nebo výběru vhodných RTG zařízení, to vše se dostalo do náplně inspekce až v poslední době. Nejde jen o zjišťování stavu, ale zároveň o hledání cest nápravy. Uskutečnit ji můžeme jen společnými silami v mezioborové součinnosti a ve spolupráci s klinikami. Naše inspektory podporují pracovníci Státního ústavu radiační ochrany, jsou nezastupitelnými partnery při měření dávek. Podílejí se i na výzkumných úkolech, které si vynutila praxe. Jedním z nich bylo sledování expozice obyvatelstva z radiodiagnostiky. V tomto roce se zabývali snímkováním novorozenců. V dalších letech se budou zabývat problematikou intervenční radiologie, při níž pacienti dostávají nejvyšší dávky



a dále budou sledovat dávky při zavádění digitalizace zobrazování. Snímkování na filmy, tedy na fotocitlivý materiál, je nahrazováno novými médii tzv. CR a DDR, která se pak digitálně zpracovávají. Výhody takového postupu jsou nasnadě. Nejde jen o přehlednější a dostupnější archivaci, ale především o možnost snímky pomocí softwaru dále upravovat. Například i přeexponované snímky tak lze patřičně upravit. Právě z těchto důvodů dochází ke zvyšování dávek, aniž je to pro kvalitní snímek nezbytné. Tím roste radiační zátěž pacientů.

### ● Zatím jsme se nezmínili o úloze Ministerstva zdravotnictví ČR. V čem především spočívá?

Ministerstvo zdravotnictví zodpovídá za zpracování národních radiologických standardů pro radiodiagnostiku a intervenční radiologii (specifických postupů pro jednotlivá radiodiagnostická vyšetření, požadavky na obsluhující personál, požadavky na rentgenové přístroje, požadavky na expoziční parametry a další) a také zodpovídá za zpracování standardů pro hodnocení dávek ve spolupráci s radiologickými fyziky. Ministerstvo dále organizuje klinické audity, při nichž spolupracuje s Radiologickou společností České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně, se Společností radiologických asistentů a také s Českou společností fyziků v medicíně. V komisích klinických auditů jsou pracovníci ministerstva, radiologové, radiologičtí asistenti a radiologičtí fyzikové, tedy zástupci všech odborností, které se při radiodiagnostických vyšetřeních angažují. Při kooperaci si navzájem průběžně vyjasňujeme a upřesňujeme naše kompetence.

(Pokračování na následující straně)

# Radiační ochrana novorozenců

(Dokončení ze strany 1)

● **Proč se při posuzování lékařských expozic odborníci v současné době zaměřují na radiační ochranu při snímkování novorozenců?**

Na radiodiagnostická pracoviště určena pro novorozence se často přesouvaly zastaralé přístroje, které nevyhovují pro vyšetření dospělé populace. Na náš popud se už mnohé přístroje nahradily modernějšími, některá pracoviště se však požadavkům stále brání. Rozhodli jsme se situaci zmapovat a zjistit parametry všech přístrojů i vyšetření včetně jejich četnosti, dále zjistit, zda je zajištěna optimalizace dávek včetně délky expozice a řádného vyclonění. Vše jsme dělali v součinnosti s pracovníky Státního ústavu radiační ochrany, kteří měřili dávky. Bylo to velmi důležité. Pro dospělé pacienty totiž máme takzvané diagnostické referenční úrovně, což je hodnota dávky, která by se při určitém druhu vyšetření neměla překračovat. Pro novorozence zatím nebyly diagnostické referenční úrovně stanoveny a to by se mělo změnit.

● **Jak kontroly dopadly?**

Celkem jsme navštívili patnáct pracovišť, kde často snímkuje novorozence. Čtrnáct perinatologických, na nichž se kumulují

problematičtí pacienti, a jedno intermediární pracoviště. Běžné porodnice jsme do průzkumu nezahrnovali, protože tam ke snímkování novorozenců dochází jen ojediněle. Na čtyřech kontrolovaných pracovištích jsou rentgeny s nevhodným ohniskem, dva z nich jako jednopulzní rentgeny nevyhovovaly vůbec. Některá pracoviště neměla vypracované standardy, které se vyžadují od počátku roku 2005. Až na dvě výjimky jsme postrádali stanovení místních diagnostických referenčních úrovní. Navíc zjištěné hodnoty dávek a napětí na přístrojích měly značný rozsah. Rovněž velikost rentgenového svazku nevyhovovala povaze vyšetření. Mnohde snímkuje celé tělíčko novorozence a ne jeho indikovanou oblast. Vzhledem k nastavenému nízkému napětí je energie záření leckde nedostatečná, což vede ke zvýšení dávek.

● **Budou zjištěné nedostatky odstraněny?**

Každá kontrola je ukončena protokolem, ve kterém jsou uvedeny zjištěné skutečnosti a nedostatky. Některé je možné odstranit okamžitě, jiné vyžadují hlubší změny. Když se provozovatelé se zápisem z kontroly seznámí, mají vždy měsíc na to, aby nám oznámili, jak a do kdy nedostatky odstraní. Lhůty si mohou určovat sami, například sdělí, že do roka pořídí nový rentgenový přístroj, ale náprava všech nedostatků je povinná. Navštívili jsme všechna perinatologická pracoviště, z intermediárních zbývají ještě tři.

● **Které problémy kromě obměny technických zařízení jsou nyní nejpalčivější?**

Především musíme usilovat o zkrácení expozičních časů při snímkování. Všechna kontrolovaná pracoviště svůj stav znají. Je nutné spolupracovat s radiologickým fyzikem především při optimalizaci dávek v souladu se standardy. Národní standardy jsou však umístěny na webových stránkách radiologické společnosti zatím jen v pracovní verzi, na což mnozí hřeší. Standardy uvádějí i požadovaný expoziční čas - čtyři milisekundy. Proces je nastartován. Je však třeba požadavek dostat do povědomí odpovědných specialistů, aby se na něj zaměřili. Na základě měření pracovníků Státního ústavu radiační ochrany jsme stanovili návrh diagnostické referenční úrovně pro snímkování novorozenců. Optimalizační dávka ozáření je známa, jde o to, aby pracoviště, která zatím normu nedodrží, dávku snížila.

● **Kontroly trvaly od ledna do srpna letošního roku. Podařilo se už shromážděné poznatky probrat s odborníky z praxe?**

Ve Fakultní nemocnici v Motole jsme uspořádali velmi úspěšný seminář. Pozvali jsme radiology, radiologické asistenty a radiologické fyziky z pracovišť, kde se snímkuje novorozenci. Zúčastnilo se sto deset specialistů. Prezentovali jsme všechny zjištěné problémy a nedostatky tak, aby si specialisté z jednotlivých pracovišť uvědomili, v čem a z jakých důvodů je nutné provést nápravu. Inspekce budou pokračovat a věřím, že se naše společné snažení nemine účinkem.

-red-

## Radiolog a snímkování nezralých novorozenců

Na jednotkách intenzivní péče pro novorozence se snímkuje přes 95% nezralých novorozenců. Průměrný počet čtyř až pěti snímků u jednoho novorozence však může být podle přidružených komplikací i několikrát překročen. Přitom novorozenci tvoří skupinu populace, která je dle dostupných literárních zdrojů pětikrát až sedmikrát citlivější k účinkům ionizujícího záření než dospělá populace. Proto je u novorozenců a zvláště u nedonošených dětí nezbytné vždy důsledně aplikovat požadavky radiační ochrany na indikaci a optimalizaci každého vyšetření. Zvláště významnou úlohu při tom sehrává radiolog a jeho požadavky.

U nezralých novorozenců je skiagrafický snímek hrudníku hlavní zobrazovací modalitou indikovanou k objasnění příčiny dechové tísně novorozence, která bývá způsobena různými vrozenými nebo získanými stavy plic provázejících nezralého novorozence. Snímek plic je jedinou metodou, která zhodnotí uložení kanyl a katetrů. Snímek hrudníku umožní hodnotit kromě patologických stavů plic i srdeční stín a plicní vaskularizaci. Dalšími indikacemi jsou komplikace provázející předčasně narozené děti, sledování průběhu léčby, sledování efektu ventilace, dlouhodobé následky léčby, změny cirkulace jako následek srdečních vad.

Vstupní povrchová kerma, která určuje radiační zátěž dítěte, se pro jeden skiagrafický snímek hrudníku dítěte pohybuje obvykle v rozmezí od 30-80 µGy, standardní hodnoty napětí rentgenky jsou určeny stářím a zejména hmotností dítěte případně abnormálnítu skeletu hrudníku a pohybují se v rozsahu 60-65 kV.

Podle principů optimalizace, takzvaných

ALARA, Evropská komise vypracovala doporučení a kritéria pro zobrazování plic u dětí (Commission of European Communities: Duality Criteria for Chest Radiographs in Children, 1996):

- snímek je zhotoven v inspiračním postavení
- snímek je zhotoven bez rotace nebo sklopení
- kraniálně jsou zachyceny vrcholy plic, kaudálně až k úrovni Th 12 / L 1
- cévní kresba je dobře viditelná v centrálních 2/3 plic
- dobrá viditelnost trachey a centrálních bronchů
- ostré zobrazení bránic a kostofrenických úhlů
- viditelnost páteře a paravertebrálních linií za stínem mediastina

**Při snímkování je třeba dbát na:**

- technicky správné provedení snímku
- artefakty z předmětů nad a pod dítětem
- hygienu + ztráty tepla při snímkování - následné komplikace

- spornou indikaci snímků ve visu - nyní obsolentní (není zásadní diagnostický přínos)
- radiační ochranu - clony (přesah = nedokonalé vyclonění x opakování snímku) menší zlo
- komfort pro dítě, ne pro laboranta

**Správná centrace předozadního snímku**

- na bradavky, clonění nad plicní vrcholy
- postavení předních konců žeber
- průběh (sklon) žeber (přední a zadní část)
- symetrické postavení mediálních částí klíček
- pedikly obratlů
- správný nádech - 8.-9. zadní žebro

Na každém snímku musí být vidět clony!

Hodnocení uložení podle zadních žeber:

- <7. žebro - výdech
- 8. žebro - částečný nádech
- 9. žebro - optimum
- >10. žebro - hyperinflace

Správný nádech je tedy na správně centrováném snímku mezi 8. - 9. žebrem vzađu a 6. žebrem vpředu.

**Chyby při snímkování**

Rotace dítěte při snímkování, která se nejlépe zhodnotí podle asymetrie průběhu žeber. Správně jsou přední části žeber symetricky. Je třeba mít na mysli, že klíčky a obratle nejsou dobré k hodnocení rotace, která obvykle kopíruje polohu hlavy. Důsledkem rotovaného snímku je obtížné hodnocení srdečního stínu a vaskularizace, asymetrická transparenence plic, nesprávné hodnocení šířky mediastina - kardiomegalie, přesunu mediastina.

# Splnění podmínek a požadavků optimalizace

**Optimalizace radiodiagnostických vyšetřovacích metod - a snímkování novorozenců zejména - je náročný proces. Vyžaduje spolupráci kvalifikovaných lékařů, radiologických fyziků, radiologických asistentů i servisních techniků zobrazovacích zařízení. Jejich součinnost musí vést ke skloubení klinických požadavků a správného technického provedení snímku při co nejmenší radiacní zátěži vyšetřovaného dítěte. Specialisté Ústavu pro péči o matku a dítě (ÚPMD) nashromáždili dostatek zkušeností z optimalizace techniky skiafického vyšetření novorozenců.**

Radiodiagnostické oddělení ÚPMD při komplexním zabezpečení radiologických služeb na jednotkách intenzivní péče neonatologického oddělení provádí také skiafická vyšetření plic nezralých novorozenců, novorozenců a kojenců. V nedávné době bylo pracoviště vybaveno systémem počítačové radiografie (CR), který pracuje na principu digitálního zpracování obrazu.

V ÚPMD se nyní ke snímkování nezralých novorozenců a novorozenců užívá mobilní multipulzní rentgenové zařízení. Testy k optimalizaci nastavení technických parametrů se provádějí pomocí k tomu určených fantomů. S ohledem na užívání krátkého expozičního času byla provedena i kontrola náběhu vysokého napětí (s výsledkem do 20 ns). Původně byla technika snímkování optimalizována pro kombinaci  $U = 52$  kV a  $Q = 1,8$  mAs. Tato technika snímkování je blízká technice užívané kupříkladu v londýnském Royal Free Hospital. Publikovaná studie uvádí, že u 65 pacientů bylo použito průměrné  $U = 53$  kV,  $Q = 2,0$  mAs a  $K_e = 36 \pm 6$   $\mu$ Gy.

Další optimalizací byla upravena technika snímkování na kombinaci  $U = 55$  kV a  $Q = 1,8$  až  $2,2$  mAs. Vstupní povrchová kerma  $K_e$  na jednu expozici se pohybuje v rozmezí 35 až  $45 \mu$ Gy, expoziční čas 4 až 5ms a indikace expoziční úrovně (Igm) od 1,96 do 2,13.

Významným limitujícím parametrem snímkování také u dospělých pacientů je užívání rentgenového zařízení, které neumožňuje použití jednoduše vyměnitelných přídavných filtrů. To, obdobně jako na dalších pracovištích v ČR, brání užití optimální kombinace vyššího napětí a přídavných filtrů.

Podle testů, které jsme provedli, by použití přídavného filtru 0,1mm Cu + 1mm Al umožnilo kupříkladu kombinaci  $U = 60$  kV,  $Q = 1,25$  mAs,  $t = 2,35$  ms. Pokud bude v budoucnu možná možnost užití přídavné filtrace reálná, na našem pracovišti zvážíme přednostní užití tantalového filtru.

## ● Volba, optimalizace a hodnocení technických parametrů

Při snímkování dětí jsme na našem pracovišti vycházeli z doporučení IAEA (International Atomic Energy Agency), v němž byl formulován důležitý požadavek na používání vysokonapěťové techniky a dostupné jednoduše vyměnitelné přídavné filtrace 1mm Al + 0,1 nebo 0,2 mm Cu. Přihlíděli jsme zejména k dokumentu Evropské komise (EC) „European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics“ z roku 1996, který v odborné literatuře často plní funkci srovnávacího standardu. S ohledem na časový odstup však radiologičtí fyzici pracovišť vyspělých států udělali mnoho porovnávacích studií účinnosti provedené optimalizace. Získali při tom dostatek zkušeností, které naše pracoviště rovněž využilo.

V České republice by funkci vodítka k optimální technice expozic měly plnit Národní radiologické standardy (NRS) - radiodiagnostika a intervenční radiologie, které by měly být publikovány ve Věstníku MZ ČR. V návrhu NRS (ve verzi k 31.1.2007) však, bohužel, ještě nejsou zohledněny všechny dosavadní zkušenosti a doporučení pro správnou vyšetřovací techniku novorozenců. Mělo by dojít k odpovídající korekci například přijetím návrhu Metodického listu, který byl připraven ve Státním ústavu radiacní ochrany (SÚRO).

V současném návrhu NRS není zohledněn především obecně doporučený standard vysokonapěťové techniky zejména v kombinaci s vysokou přídavnou filtrací (chybně uvedenou jako celková filtrace). Dále kombinace  $t \leq 4$ ms a  $Q \leq 5$ mAs, tedy proud rentgenky kolem 1000mA, není standardně dosažitelný. V praxi jsou totiž přednostně užívány mobilní rentgeny, které mají proud rentgenky v rozsahu 100 až 160 mA, výjimečně je užito i zařízení s proudem rentgenky 300 až 400mA.

(Pokračování na následující straně)

*Snímek sklopený kranálně nebo kaudálně (viz obrázek A)*

Normálně probíhá zadní část žebor obloukem kaudálně, žebra nejsou napříměna, přední část pokračuje v kaudálním oblouku. Klíčky se promítají nad první žebro.

Důsledek špatné centrace: zhoršené hodnocení polohy kanyl a katetrů, při snímku z „podhledu“ není dobře vidět dolní část plic.

### Hodnocení invazivních vstupů

UVC umbilikální venózní katetr má být těsně pod bránicí v dolní duté žíle, optimálně u Th 8/9 tj. na přechodu IVC a pravé síně. Průběh: umbilikální žíla, levá větve portální žíly, dct. venosus Arantii, IVC, PS

UAC může mít vysoké nebo nízké uložení. Vysoké uložení mezi Th 7-9, nízká

uložení je v úrovni mezi L3-4, pod L5 je nefunkční (riziko spasmů malých tepen!)

Vždy musí být umístěn nad nebo pod odstupy viscerálních tepen.

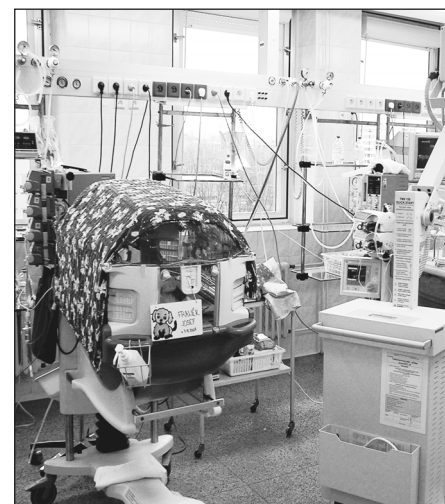
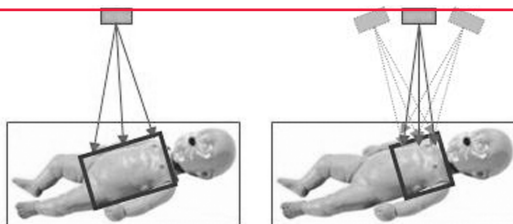
Žilní směřuje přímo kranálně, arteriální směřuje nejprve kaudálně (a. hypogastrica) a následně kranálně vnitřní ilickou tepnou do aorty, UVC je paravertebrálně vpravo, UAC paravertebrálně vlevo (rotace!).

### Hodnocení snímků

Popis má obsahovat technické poznámky k snímku - popis zobrazení, klinická příslušnost - (vstupy), vlastní popis nálezu, jeho interpretace a závěr.

*MUDr. Pavel Rejtar, Radiologická klinika Fakultní nemocnice v Hradci Králové*

Obrázek A



(Dokončení z předchozí strany)

V návrhu NRS je jako expoziční parametr použita kombinace napětí a elektrického množství, přestože se standardně používá veličina vstupní povrchové kerma ( $K_a$ ). Stejnou veličinu použila i evropská komise k vyjádření radiační zátěže novorozence ( $80\mu\text{Gy}$ ) a s její pomocí bývají vyjádřeny i diagnostické referenční úrovně (DRÚ). Z pohledu současných technických možností je vhodné uvažovat hodnotu  $50\mu\text{Gy}$ , uvedenou v dokumentu NRPB z roku 2000. Návrh DRÚ vypracovaný SÚRO -  $65\mu\text{Gy}$  lze považovat za vhodnou výchozí kompromisní hodnotu. Pravděpodobně však zohledňuje dosud neoptimalizovaný stav u většiny kontrolovaných pracovišť.

Jedním z nejdůležitějších a dlouhodobě částečně opomíjených parametrů snímkování plic je expoziční čas. S ohledem na eliminaci vnitřní pohybové neostrosti má být snímkování plic prováděno tak, aby expoziční čas byl u novorozenců pro vyšší tepovou frekvenci a obtížnou spolupráci do 4ms, u kojenců do 10ms a u dospělých pacientů do 20ms. Při snímkování novorozenců má radiologický asistent stíženou orientaci, protože většina mobilních rentgenových zařízení neumožňuje samostatné nastavení expozičního času. Je totiž pevně svázán s nastavením požadovaného elektrického množství Q (mAs) bez následné indikace expozičního času po expozici.

#### ● Snímkování na digitální receptor obrazu CR

Při něm je nutná optimalizace, včetně úpravy předvoleb čtecího zařízení a následné úpravy při programovém zpracování. Nevhodně nastavená vysokonapěťová technika vede především k významnému zhoršení vysokokontrastního rozlišení. Jednou z nejvýznamnějších nevýhod digitální techniky je možnost neopodstatněného přeexponování. Podexponování je snadno korigovatelné, snímek má však příliš vysoký šum. Případné přeexponování nelze detekovat, pokud není prováděno měření, kupříkladu prostřednictvím indikace expoziční úrovně. Citované technické parametry expozic jsou uváděny pro analogové zpracování obrazu (kombinace zesilovací folie - film). Část parametrů se při užití digitální techniky liší. V případě vhodné optimalizace bývá dopadová dávka u digitálních CR systémů pro některé orgánové předvolby nižší než u analogové kombinace film - folie. Pro snímkování plic novorozenců obvykle bývá o 5% vyšší.

#### ● Závěrečná poznámka

Požadavek na správné technické provedení snímku přináší potřebu komplexního přístupu ke kontrole a hodnocení všech parametrů, které ovlivňují kvalitu snímku i dávku pacienta. Častou chybou bývají výjimečné požadavky na omezenou část technických parametrů bez zohlednění ostatních. Je třeba zdůraznit, že optimalizace techniky snímkování (v tomto případě novorozenců) je proces, který radiologický fyzik zvládne jen v úzké spolupráci s ostatními radiologickými pracovníky. Výsledek optimalizace na jednom pracovišti však nelze obecně uplatnit na jiném pracovišti.

Ing. Dušan Olejár, radiologický fyzik, ÚPMD

# Stanovení a hodnocení dávek

Součástí metodických klinických auditů Ministerstva zdravotnictví ČR ve vybraných perinatologických a intermediárních centrech byl také dotazníkový průzkum, který se uskutečnil za podpory Radiologické společnosti ČLS JEP. Měl za cíl zjistit podmínky radiační ochrany novorozenců. Následně byly měřeny dávky a parametry vyšetření, jež ovlivňují kvalitu zobrazení a radiační zátěž vyšetřovaného dítěte. Pozornost se soustředila na podmínky při snímkování plic, což je v této kategorii pacientů nejčastěji prováděné vyšetření.

Dotazníky jsme rozeslali do 12 perinatologických a 6 intermediárních center, tedy všech center, v nichž se soustřeďují problematické děti i z jiných porodnic. Narodí se tady zhruba polovina z celkového počtu novorozenců v ČR. Do Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO) bylo vráceno 15 dotazníků vyplněných radiologickými asistenty (v některých případech společně s radiologickými fyziky), kteří v jednotlivých centrech provádějí (nebo hodnotí) vyšetření novorozenců. Požadované informace se týkaly počtu vyšetřovaných novorozenců, specifikace rentgenového zařízení, kterým jsou novorozenci snímkováni. Dále se jednalo o expoziční parametry vyšetření, jež jsou v jednotlivých centrech při snímkování klinicky používány, a také o způsob záznamu těchto parametrů pro stanovení dávek. Tyto parametry jsou důležité pro kvalitu zobrazení a dávku pacienta. Patří mezi ně napětí rentgenky, celková filtrace, součin proudu a času, velikost pole, relativní zesílení kombinace film-folie a vzdálenost ohnisko - kazeta.

Nejdůležitější údaje získané z dotazníků jsou uvedeny v těchto tabulkách:

<b>Počty vyšetřovaných novorozenců</b>	
počet vyšetřených novorozenců za rok 2005 nebo 2006 v jednotlivých centrech	11 - 1382
průměrný počet snímků na 1 novorozence v jednotlivých centrech	1 - 8
maximální počet snímků na jednoho novorozence v jednotlivých centrech	1 - 31
<b>celkový počet vyšetřených novorozenců v 15 centrech za 1 rok</b>	<b>4209</b>
průměrná hmotnost novorozence v jednotlivých centrech	0,8 - 3,0 kg

<b>Parametry rentgenového zařízení a expoziční parametry</b>	
relativní zesílení kombinace film-folie	100 - 800
celková filtrace	$\geq 2$ mm Al
napětí rentgenky	42 - 85 kV
součin proudu a času	0,24 - 9,0 mAs
použití expozičního automatu	ne
vzdálenost ohnisko - kazeta	70 - 150 cm
vyclonění pole	ano
ochranné stínění	ano 18, ne 1

Následně měření vstupní povrchové kermy, která kvantifikuje velikost ozáření v místě, kde svazek dopadá na kůži pacienta, a expozičního času bylo provedeno v inkubátoru na fantomu simulujícího novorozence. Většina novorozenců z těchto center se totiž snímkuje v inkubátoru. Měření na 15 pracovištích se uskutečnilo za přítomnosti radiologického asistenta; nastavoval klinicky používané expoziční parametry pro jednotlivé hmotnostní kategorie novorozenců.

Hodnoty expozičních parametrů a parametrů vyšetření získaných z dotazníků a měření v centrech byly srovnány s doporučenými hodnotami uvedenými v dokumentu Evropské komise (EC) „European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics“ z roku 1996 a s hodnotami uvedenými v návrhu dokumentu „Národní radiologické standardy - radiodiagnostika a intervenční radiologie“ (NRS).

Následující tabulka uvádí doporučené hodnoty jednotlivých parametrů z těchto dokumentů.

<b>Parametr</b>	<b>EC</b>	<b>návrh NRS</b>
vstupní povrchová kerma	80 $\mu$ Gy	---
poloha pacienta	ležící na zádech	---
generátor	---	vysokofrekvenční
velikost ohniska	0,6 mm ( $\leq$ 1,3 mm)	
filtrace - přídavná x celková	1 mm Al + 0,1 mm nebo 0,2 mm Cu (nebo ekvivalentní)	
sekundární mřížka	nepoužívat	
relativní zesílení kombinace film-fólie	200 - 400 (v inkubátoru)	200 - 400 a pro nepřímou nebo přímou digitalizaci stejná citlivost
vzdálenost ohnisko - kazeta	80 - 100 cm (150 cm)	
napětí rentgenky	60 - 65 kV	45 - 50 kV
expoziční automat	nepoužívat	
expoziční čas	< 4 ms	$\leq$ 4 ms
součin proudu a času	---	$\leq$ 5 mAs
ochranné stínění	olověná guma přímo na bříše blízko svazku, popř. na víku inkubátoru	min 0,5 mm Pb

### Zjištěné problémy

- V návrhu NRS se některé požadavky na parametry liší od požadavků EC. Doporučení se liší zejména v požadavku na filtraci: v NRS je uvedena správná hodnota požadované filtrace, ale je nesprávně označena jako celková filtrace.
- V návrhu NRS je nesprávně uveden i rozsah doporučených napětí. Při použití přídavné Cu filtrace nemůže být použito napětí 45 - 50 kV. V tomto případě by byla velice nízká výtěžnost; k 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, aby součin proudu a expozičního času byl menší nebo roven 5 mAs. Při požadované hodnotě expozičního času

$\leq$  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.

- 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 hodnotu malého ohniska  $\leq$  0,8 mm, což plně postačuje z hlediska geometrické neostrosti.

- Pouze ve čtyřech dotaznících z patnácti hodnocených byly uvedeny hodnoty pro všechny požadované parametry nezbytné pro stanovení a hodnocení dávek novorozenců. Tato skutečnost nasvědčuje, že ve většině center dosud nejsou zavedeny postupy ke stanovování a hodnocení dávek pacientů v souladu s požadavky platné legislativy.
- Přídavná filtrace podle doporučení EC nebyla splněna u žádného zařízení, čímž se zvyšuje podíl nízkoenergetických fotonů ve svazku, které nepřispívají k tvorbě obrazu a jen zvyšují dávku na kůži.
- Pouze jediné centrum v ČR splnilo požadavek na expoziční čas, ale používané napětí v tomto centru je 85 - 90 kV. Díky vyšší pronikavosti záření při použití vysokého napětí na rentgence lze dosáhnout požadované odezvy receptoru obrazu při nízkém součinu proudu a času a tudíž s krátkým expozičním časem. Snímek se však stává nekонтрастním. Proto tato technika pro zajištění krátkých expozičních časů není přípustná. V ostatních centrech se expoziční časy pohybovaly v rozmezí 10 - 350 ms. Expoziční časy delší než 100 ms vykazovala jednopulsní zařízení Movus. Takto dlouhé časy nejsou přípustné kvůli pohybové neostrosti.
- Velikosti polí se mezi jednotlivými centry výrazně lišily, pro danou hmotnostní kategorii i více než dvojnásobně. V některých centrech tedy svazek není správně vycloňován.

### Závěr

Novorozenci jsou v perinatologických a intermediárních centrech většinou snímkování na nevyhovujících rentgenových zařízeních. Klinicky používané expoziční parametry nejsou často v souladu s doporučenými hodnotami. To znamená, že snímkování plíc a radiační ochrana není v těchto centrech optimalizována i přesto, že hodnoty aplikovaných dávek jsou na srovnatelné úrovni jako v ostatních zemích EU.

SÚRO doporučuje, aby centra, v nichž se snímkuje plíce novorozenců, používala expoziční parametry uvedené v návrhu Metodického listu SÚRO pro snímkování plíc novorozenců a aby jeho obsah byl zapracován i do Národních radiologických standardů v části věnované novorozencům. Provedená studie ukázala, že je nutné se optimalizací snímkování a radiační ochrany při vyšetření novorozenců dále věnovat. Také je nezbytná soustavná spolupráce radiologických fyziků, radiologických asistentů a radiologů s dalšími odborníky a kompetentními subjekty, především se SÚRO a SÚJB.

Ing. Leoš Novák, SÚRO

# NÁVRH METODICKÉHO LISTU pro snímkování plic novorozenců

Návrh se týká správné vyšetřovací techniky, doporučených expozičních parametrů a parametrů vyšetření a dále správného způsobu stanovování a hodnocení dávek novorozenců. Doporučení správné vyšetřovací techniky vychází z údajů uvedených v Doporučení Evropské komise (European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics, Report EUR 16261 EN, 1996) a z návrhu dokumentu „Národní radiologické standardy pro radiodiagnostiku a intervenční radiologii“.

## Doporučené parametry vyšetření a expoziční parametry

<b>Parametr</b>	<b>Doporučené hodnoty</b>
poloha pacienta	ležící na zádech, nesnímkovat ve visu
generátor	vysokofrekvenční, v žádném případě jednopulsní
velikost ohniska	≤ 1,3 mm
přídavná filtrace	1 mm Al + 0,1 mm nebo 0,2 mm Cu
sekundární mřížka	nepoužívat
relativní zesílení kombinace film-fólie	200 - 400 (v inkubátoru)
vzdálenost ohnisko - kazeta	80 - 100 cm (150 cm)
napětí rentgenky	60 - 65 kV
expoziční automat	nepoužívat
expoziční čas	≤ 4 ms
velikost pole	minimální, clonit vždy pouze na oblast zájmu dle žádanky
ochranné stínění	olověná guma s ekvivalentem minimálně 0,5 mm Pb

Poznámka - rozsah napětí a filtrace platí pro použití zeleně emitujících zesilujících fólií a zelenocitlivých filmů, při použití digitálního receptoru obrazu nemusí být tyto hodnoty vhodné.

## Podmínky pro měření vstupní povrchové kermy při zkoušce dlouhodobé stability

Vstupní povrchová kerma je měřena v inkubátoru na vodním fantomu vysokém 5 cm nebo na PMMA fantomu vysokém 4 cm, aby byla simulována geometrie při snímkování novorozenců. Střed ionizační komory a střed fantomu leží na centrální ose svazku. Velikost pole, vzdálenost ohnisko - kazeta, napětí na rentgence, součin proudu a času a přídavný filtr se nastaví stejně jako v klinické praxi při snímkování novorozenců pro hmotnostní kategorii ≥ 2500 g. Měření se provede pro tři expozice a vypočítá se průměrná hodnota vstupní povrchové kermy. Je-li pro měření použit polovodičový detektor, který nedetekuje zpětně rozptýlené záření, je nutno naměřenou hodnotu vynásobit faktorem zpětného rozptylu. Pro používané velikosti pole a hodnoty napětí je faktor zpětného rozptylu přibližně 1,25.

## Způsob stanovení a hodnocení dávek novorozenců, diagnostické referenční úrovně

Takto změřené hodnoty vstupní povrchové kermy na daném rentgenovém zařízení při ZDS pracoviště použije přímo jako hodnoty dávek novorozenců, které je povinno hodnotit a stanovovat podle Vyhlášky SÚJB č. 307 o radiační ochraně ve znění pozdějších předpisů. Vzhledem k tomu, že expoziční parametry se pro každého novorozence dané hmotnostní kategorie nastavují stejně, takto změřená hodnota vstupní povrchové kermy slouží i jako hodnota *místní diagnostické referenční úrovně* pro dané zdravotnické zařízení (jestliže jsou novorozenci snímkováni pouze na tomto rentgenovém zařízení). V případě, že zdravotnické zařízení ke snímkování novorozenců používá více rentgenových zařízení, hodnota místní diagnostické referenční úrovně se stanoví jako aritmetický průměr vstupní povrchové kermy ze ZDS všech používaných rentgenových zařízení. Stanovenou hodnotu místní diagnostické referenční úrovně pracoviště srovnává s navrženou hodnotou *národní diagnostické referenční úrovně 65 μGy*. Při významném překročení národní diagnostické referenční úrovně by pracoviště mělo prošetřit podmínky, za nichž jsou novorozenci snímkováni. Pokud se prokáže, že dávky jsou nezdůvodněně vysoké, je nezbytné ve spolupráci s radiologickým fyzikem postupy optimalizovat.