

Radiační ochrana zdravotnického personálu na PET/CT pracovištích

Radiation protection of medical staff on PET/CT departments

Renáta Kohutová^{1,2}, Vítězslav Jiřík², Vojtěch Ullmann³

¹ Oddělení nukleární medicíny, PET/CT, Nemocnice Nový Jičín, a.s.

² Ústav epidemiologie a ochrany veřejného zdraví, LF Ostravské univerzity, Ostrava

³ Klinika nukleární medicíny, LF Ostravské univerzity a Fakultní nemocnice Ostrava

renata.kohutova@nnj.agel.cz

ABSTRAKT:

V článku je podán přehled zpracované problematiky radiační ochrany pracovníků na odděleních nukleární medicíny. V úvodu jsou kromě současného počtu PET skenerů v ČR také představeny graficky zpracované údaje o celkovém počtu PET vyšetření na pracovištích naší republiky od roku 1999 do období roku 2014. V ČR je kromě osmi stávajících pracovišť schváleno pořízení dalších šesti nových PET/CT skenerů. Úroveň radiační ochrany při práci, kdy jsou aplikovány otevřené radionuklidové zářiče, byla v zahraničí zjišťována v mnoha studiích. V Polsku se zabývali vlivem IZ na DNA. V Irsku byla měřena dávka na oční čočku speciálním dozimetrem za účelem porovnání naměřených hodnot s hodnotou nově navrženého limitu pro oční čočku 20 mSv. Ve Španělsku byly posuzovány různé pracovní postupy a také v dalších zemích byla na základě studií provedena optimalizace. V ČR proběhly retrospektivní studie zejména na pracovištích, kde jsou lůžka k terapii ¹³¹I, a byl zde nárůst zpracovávané roční aktivity např. u ^{99m}Tc. Projekt ORAMED, jež proběhl v rámci 32 evropských zemí, byl zaměřen na radionuklidy ^{99m}Tc, ⁹⁰Y a ¹⁸F. Výsledkem měření exponované kůže rukou na různých místech bylo doporučení ke změně pozice pro nošení prstového dozimetru a využívání korekčního faktoru pro výpočet dávky na kůži ruky. Bylo zjištěno, že největší dávka byla naměřena na špičce ukazováčku, zatímco prstový dozimetr je nošen na kořeni II., III. nebo IV. prstu více používané ruky. Podle doporučení by výpočet dávky s použitím korekčního faktoru vycházel z měření na kořeni ukazováčku. Z výsledků tohoto projektu vychází také práce, která je zaměřena na lokální ozáření kůže rukou pracovníků na odděleních nukleární medicíny v ČR.

Klíčová slova: PET/CT, radiační ochrana

NukIMed 2015;4:28-33

ABSTRACT:

The article gives an overview on elaborated problems of the radiation protection of staff at the nuclear medicine department. In the introduction, there is presented the current number of PET scanners in the Czech Republic as well as geographically processed data on the total number of PET examinations at the workplaces of our country from 1999 to the 2014. In addition to the already eight existing institutes there are another six new PET/CT scanners approved in the Czech Republic. The level of radiation protection at work when applied open radionuclide sources was already detected in abroad in many studies. In Poland they examined the influence of IR on DNA. In Ireland, they measured the dose to the eye lens by special dosimeter in order to compare the readings with the value of newly proposed limit for the eye lens of 20 mSv. In Spain they assessed various workflows and also other countries conducted optimization based on the studies. In the Czech Republic we held a retrospective study, especially in workplaces where there are beds for ¹³¹I therapy and there was an increase in processed annual activity, for example at ^{99m}Tc. ORAMED project, which took place within 32 European countries and was aimed at radionuclides ^{99m}Tc, ⁹⁰Y and ¹⁸F. The result of the measurement of the exposed skin on hands at various locations was the recommendation to change the position of the finger dosimeter and to use a correction factor to calculate the dose on the skin of hand. It was found that the highest dose was measured at the tip of the index finger, while the finger dosimeter is worn at the base of the II., III. or IV. finger of more used hand. According to the recommendations, the calculation of the dose with using correction factor would come out from the measurements at the base index finger. This project also results in work that is focused on local irradiation of skin on workers' hands at the departments of nuclear medicine in the country.

Key Words: PET/CT, radiation protection

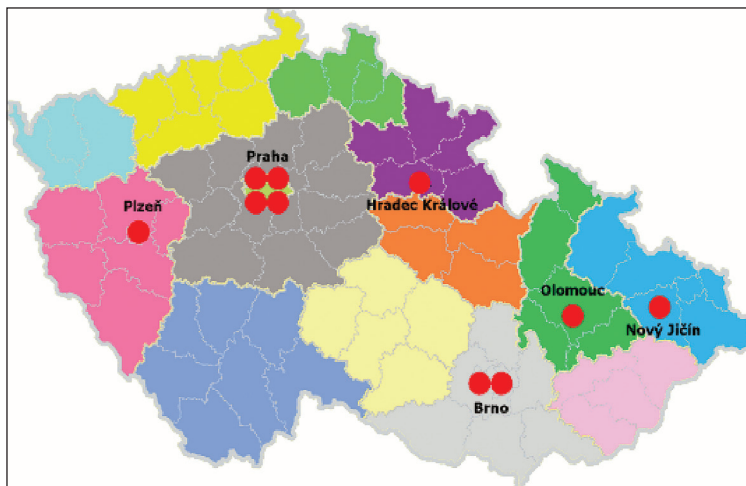
ÚVOD

Když byl téměř před 16 lety v České republice instalován první PET přístroj v Nemocnici Na Homolce, jen málokdo asi tušil, jak rychle v této zemi vyrostou další PET centra. PET centrum v Nemocnici Na Homolce vzniklo ve spolupráci s Ústavem jaderného výzkumu Řež, a. s. a za podpory Mezinárodní agentury pro atomovou energii. V červnu roku 2003 byl na oddělení nukleární medicíny zmiňované nemocnice zahájen provoz na nově pořízeném hybridním PET/CT skeneru, jež byl sedmým přístrojem tohoto druhu v Evropě a prvním v České republice. Během dalších několika let, do roku 2010, byly instalovány další přístroje a to v Masarykově onkologickém ústavu v Brně a zejména pak ve fakultních nemocnicích. Následně se stalo vyšetření pomocí PET nebo PET/CT dostupnějším pro část pacientů také v soukromých zařízeních (Proton Therapy Center Czech s. r. o. a Nemocnice Nový Jičín a. s.) V plánu je zřízení dalších center v Čechách i na Moravě (Ústí nad Labem, České Budějovice, Jihlava, FN Brno, Zlín, Ostrava). (Obr. 1)

Z valné části jsou k vyšetření pomocí této modalitě zasláni pacienti s onkologickým onemocněním, dále jsou to pacienti s infekcemi cévních protéz, infekcemi TEP, osteomyelitidou nebo s autoimunitním systémovým onemocněním či horečkou neznámého původu. Pro snazší dostupnost vyšetření a stále se zvyšující počet těchto onemocnění dochází také k nárůstu PET/CT vyšetření; s tím rostou i nároky na personál. (Obr. 2)

OSOBNÍ MONITOROVÁNÍ A LIMITY

Pozitronová emisní tomografie (PET) je nukleárně medicínská zobrazovací metoda, jež je založena na detekci interakce pozitronů s hmotou při rozpadu β^+ , kdy pozitron opouští jádro a na své dráze se setkává s obalovým elektronem. Interakce elektronu a pozitronu vede k jejich zániku – anihi-



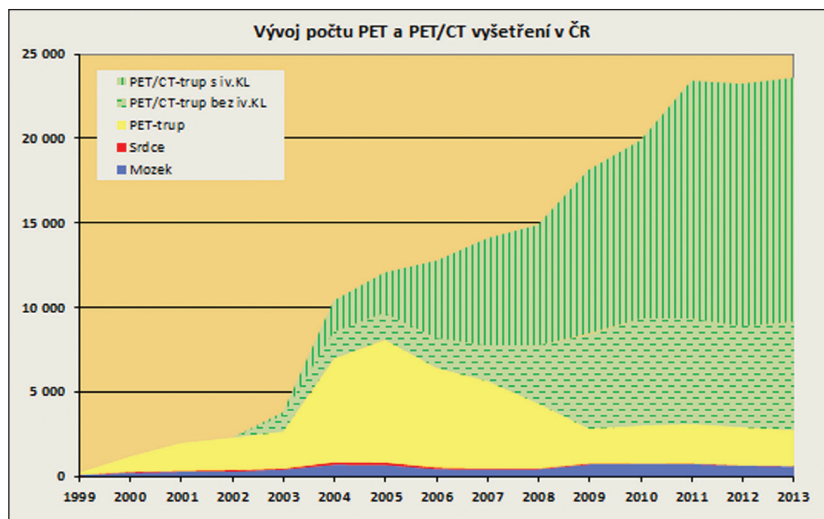
Obr. 1 Přehled instalovaných PET skenerů v ČR, zdroj: <http://www.csnm.cz/>.

laci, kterou provází vyzáření dvou fotonů γ . Energie každého γ fotonu je rovna 511 keV a z místa anihilace se pohybují opačným směrem pod úhlem 180° . Specifikem tohoto vyšetření je vysoká energie detekovaného záření, které vyžaduje zvýšené nároky na ochranu personálu před ionizujícím zářením (dále jen IZ). Pozitronová radiofarmaka emitují vysokou energii záření a je nutné je stínit odpovídajícím materiálem, nejčastěji je využíváno olovo a wolfram.¹

Profesionální ozáření se podílí 0,02 % na celkovém ozáření ze všech přírodních i umělých zdrojů záření. K ověřování, zda jsou plněny požadavky radiační ochrany, slouží na pracovištích monitorování, které je jedním z podstatných předpokladů pro dodržování ochrany zdraví při práci. Monitorování je cílené měření veličin, charakterizujících ozáření, pole záření nebo radionuklidy a vyhodnocení výsledků těchto měření pro účely usměrňování ozáření. Každé pracoviště má zpracován Program monitorování, který je jedním ze schvalovaných dokumentů Státním úřadem pro jadernou bezpečnost a kde je kromě jiného zdokumentováno monitorování pracoviště a osobní monitorování. Osobní monitorování je měření dávek ozáření jednotlivých radiačních pracovníků pomocí osobních dozimetrů. Osobní dozimetry jsou vyhodnocovány v měsíčním intervalu a provedená měření jsou porovnávána s limity. Limity jsou závazné kvantitativní ukazatele pro celkové ozáření z radiačních činností, jejichž překročení je nepřijatelné!²

LIMITY podle vyhlášky 307/2002 Sb.

1. obecné limity (limity pro jednotlivce z řad obyvatel)
2. limity pro radiační pracovníky
3. limity pro učně a studenty
4. odvozené limity – pomocné kvantitativní ukazatele vyjádřené v měřitelných veličinách, sloužící ve vybraných případech k prokazování, že limity pro radiační pracovníky nebyly překročeny (pro os. dozimetry)



Obr. 2 Přehled PET vyšetření v ČR, zdroj: <http://www.csnm.cz/>.

OBECNÉ LIMITY	Hodnota limitu [mSv]
Efektivní dávka za kalendářní rok	1
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	15
Ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za kalendářní rok	50
LIMITY PRO RADIAČNÍ PRACOVNÍKY	Hodnota limitu [mSv]
Efektivní dávka za dobu 5 po sobě jdoucích kalendářních roků	100
Efektivní dávka za kalendářní rok	50
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	150
Ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za kalendářní rok	500
Ekvivalentní dávka na končetiny za kalendářní rok	500
LIMITY PRO UČNĚ A STUDENTY	Hodnota limitu [mSv]
Efektivní dávka za kalendářní rok	6
Ekvivalentní dávka v oční čočce za kalendářní rok	50
Ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže za kalendářní rok	150
Ekvivalentní dávka na končetiny za kalendářní rok	150
ZVLÁŠTNÍ LIMITY (efektivní dávka)	Hodnota limitu [mSv]
Ohrožení plodu u těhotných žen pracujících na pracovištích I.–IV. kategorie a to od oznámení zaměstnavateli po zbytek těhotenství	1
Výjimečné ozáření (pro období 5 za sebou jdoucích roků) pracovníků se zdroji	500
Výjimečné ozáření (pro období 5 za sebou jdoucích roků) jedince z obyvatel	5
ODVOZENÉ LIMITY PRO ZEVNÍ OZÁŘENÍ	Hodnota limitu [mSv]
Osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm za kalendářní rok	500
Osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm za kalendářní rok	20

Tab. 1 Limity podle vyhlášky 307/2002 Sb.³

5. Autorizované limity – závazné kvantitativní ukazatele stanovené zpravidla jako výsledek optimalizace radiační ochrany pro jednotlivou radiační činnost nebo jednotlivý zdroj IZ SÚJB v příslušném povolení.³

PŘEHLED DOSAVADNÍCH ZJIŠTĚNÍ A MĚŘENÍ V ZAHRANIČÍ

Polsko – DNA

Klinika radiační hygieny a radiobiologie spolu s Národním institutem pro veřejné zdraví v Polsku se zabývala vlivem pracovní expozice IZ na poškození DNA v periferní krvi leukocytů u pracovníků na onkologických, endokrinologických odděleních a odděleních nukleární medicíny. Cílem jejich studie bylo zhodnocení DNA zlomů v leukocytech periferní krve zaměstnanců, kteří pracovali na oddělení nukleární medicíny jedné nemocnice ve Varšavě, kde byly využívány různé druhy radionuklidů. Během studie byla využita metoda 2 skupin. První skupina skládající se z 46 členů zahrnovala lékaře, zdravotní sestry, radiologické techniky, radiofarmaceutické a administrativní pracovníky. Tato skupina osob byla v kontaktu s těmito radioizotopy: ¹⁸F, ⁶⁸Ga, ¹⁵³Sm, ¹⁸⁸Re, ⁹⁰Y a ^{99m}Tc. Někteří pracovníci (administrativní) měli kontakt

pouze s naaplikovanými pacienty. Vybraní pracovníci měli 1–32letou pracovní zkušenost s IZ a průměrná doba, po kterou byli vlivu IZ vystaveni, činila 8,5 roku. V kontrolní skupině bylo 40 zaměstnanců, jež nebyli v pracovním procesu v kontaktu s IZ. Jednalo se zejména o administrativní pracovníky knihoven, počítačové odborníky, sekretářky, účetní a navíc tam bylo několik laborantů. Všichni účastníci byli anonymní dobrovolníci a byli informováni o cíli studie a byl s nimi sepsán podrobný dotazník. Ani jedna skupina neměla žádná omezení ohledně kouření a alkohol nemohli požívat 24 hodin před odběrem. Vzorky krve byly sledovaným osobám odebírány náhodně. Poškození DNA byla detekována pomocí tzv. Komety testu (Single cell gelové elektroforézy), který se často používá ke zjištění množství poškození DNA jako markeru pro radiosenzitivitu. Byly zjištěny významné rozdíly v poškození genetického materiálu DNA mezi kontrolní a exponovanou skupinou. Celková pracovní doba, po kterou byli pracovníci kategorie „A“ nebo kategorie „B“ vystaveni záření, neměla na výsledek vliv. Nebyly zjištěny žádné významné rozdíly mezi poškozením DNA leukocytů u žen a u mužů v kontrolní skupině, zatímco míra poškození DNA bílých krvinek exponovaných žen byla významně vyšší ve srovnání s kontrolní skupinou žen. Věkový rozdíl jak mezi

exponovanými, tak i mezi kontrolními osobami neměl vliv na poškození DNA. Pouze při porovnání jedinců nad 50 let byly pozorovány významně zvýšené hodnoty. Poškození DNA kuřáků a nekuřáků v exponované skupině bylo podobné. Celkové výsledky tedy ukázaly, že expozice IZ při práci způsobuje poškození DNA leukocytů v periferní krvi zaměstnanců nukleární medicíny. Je zajímavé, že byly zjištěny velké rozdíly ve výsledcích mezi ženami kontrolní a exponované skupiny, zatímco u mužů rozdíly pozorovány nebyly. Mezi dávkou naměřenou na osobních dozimetrech a výsledky zjištěných pomocí Kometa testu nebyla shledána žádná přímá korelace. Někteří administrativní pracovníci měli zjištěnu vysokou úroveň poškození DNA leukocytů. Důvodem může být rozdílná radiosenzitivita genetického materiálu. Studie ukázala, že nejvyšší úroveň poškození DNA bílých krvinek ve srovnání s ostatními pracovníky exponované skupiny, se vyskytla u radiologických techniků (v ČR radiologický asistent), kteří provádějí samotná vyšetření pomocí PET. U exponovaných osob nad 50 let v porovnání s osobami stejného věku v kontrolní skupině byla pozorována výrazně vyšší míra poškození genetického materiálu. Toto zjištění je v souladu s dřívějším poznáním, že stárnutí má vliv na vznik poškození DNA po ozáření lidských lymfocytů *in vitro*. Závěr: Druh práce se významně podílí na míře poškození a snížení expozice IZ vede k vyšší úrovni reverzibilních změn poškození DNA u leukocytů periferní krve pracovníků oddělení nukleární medicíny. Kouření má vliv na nárůst poškození u neexponovaných osob, zatímco u pracovníků v IZ má zřejmě hlavní vliv na změny DNA IZ a nikoliv kouření cigaret.⁴ Je předpoklad, že některá měření mohou být zatížena statistickou chybou.

Irsko – oční čočka

Velmi citlivá na IZ je také oční čočka. V nemocnici v Dublinu proběhla studie, jež byla zaměřená na měření dávek u pracovníků na pracovišti PET/CT pomocí speciálního očního dozimetru. Dozimetr měl tvar nastavitelné čelenky a byl umístěn těsně vedle levého oka zdravotnického personálu pracujícího na PET/CT oddělení. Cílem studie bylo porovnat, zda naměřené dávky budou vyhovovat nově navrhovaným ročním limitům na oční čočku a to 20 mSv. Číselná hodnota pro dávku absorbovanou v oční čočce byla během jednoho roku srovnávána s hodnotou naměřenou na osobním dozimetru. Z porovnaných dat vyplynulo, že pro odhad dávky v oční čočce lze použít hodnotu z osobního dozimetru jako indikátor pro výpočet dávky pro čočku oka. Rutinní měření celotělové dávky může být užitečným výchozím bodem pro posouzení, zda sledování dávky očí by mělo být prioritou na PET odděleních. Dle této studie je odhad pro maximální dávku pro oko za 1 rok přibližně 2 mSv.⁵

Španělsko – odhad expozice při pracovních postupech

Ve Španělsku proběhla studie zabývající se pracovní expozicí při různých pracovních postupech na PET/CT pracovišti. Za tímto účelem byla provedena testovací měření u 50 pacientů na různých pracovních místech a pro různé pracovní postupy při aplikaci standardní dávky 400 MBq pro jednoho pacienta. Tímto byla získána mapa ležícího pacien-

ta na vyšetřovacím stole s předpokládaným výsledkem, že nejvyšší dávku obdrží personál při kontaktu s břichem pacienta. Maximální dávka pro nejvíce exponované pracovníky, kteří se pohybovali v této pozici u pacienta, byla 3,6 mSv. Nejčastěji se naměřené hodnoty pro tuto pozici pohybovaly kolem $0,9 \pm 0,3$ mSv. Měření byla využita pro optimalizaci radiační ochrany.⁶

Srbsko – optimalizace radiační ochrany

Ve dvou PET/CT centrech v Srbsku byly hodnoceny úrovně získaných dávek u personálu s cílem prozkoumat možnosti snížení dávky jak pro tělo $H_p(10)$, tak pro ruce $H_p(0,07)$. Maximální odhadované celotělové roční dávky byly v těchto centrech 3,4 mSv a 2,0 mSv. Byla optimalizována radiační ochrana zavedením automatického dávkovacího systému injekcí s radiofarmakem a úprava pracovních postupů. Optimalizací bylo dosaženo zlepšení radiační ochrany snížením dávek pro personál v rozmezí 12–67 %.⁷

Belgie – optimalizace radiační ochrany

Měřeními podložený předpoklad, že nejvyšší dávku na ruce obdrží většinou personál, který aplikuje radiofarmakum ručně, byl potvrzen také v Belgii, kde proběhla měření na oddělení s PET/CT kamerami. Bylo zjištěno, že instalováním automatického dávkovacího systému pro radiofarmakum lze snížit dávku na ruce téměř o 95 % a také celotělová dávka je při aplikaci přibližně o polovinu nižší.⁸

EU – projekt ORAMED.

V rámci společného projektu ORAMED, který probíhal v letech 2008–2011 a byl podporován Evropskou komisí pro radiační ochranu, byla hodnocena optimalizace radiační ochrany rukou při práci na odděleních nukleární medicíny 32 pracovišť celé Evropy. Pozornost zde byla zaměřena na v současné době dva nejvíce používané radionuklidy pro diagnostická vyšetření v nukleární medicíně: ^{99m}Tc , ^{18}F a ^{90}Y , jež je využíván pro terapii. Byly pozorovány velké rozdíly u jednotlivých vyhodnocených dávek v závislosti na různých parametrech a současně byl potvrzen předpoklad potřeby střídání polohy dozimetru pro správný odhad maximální dávky na kůži rukou. V této studii byl zjištěn fakt, že největší dávka byla naměřena na špičce ukazováčku, zatímco prstový dozimetr je nošen na kořeni II., III. nebo IV. prstu více používané ruky.⁹

Japonsko – celkový průzkum radiační ochrany

V roce 2006 proběhl v Japonsku národní průzkum radiační ochrany pracovníků při PET/CT vyšetření pomocí dotazníkového šetření. Byly sledovány různé skupiny pracovníků při různých pracovních postupech. Tento průzkum, kterého se zúčastnilo 833 pracovníků, byl pro Japonsko prvním takto rozsáhlým šetřením v oblasti radiační ochrany při práci s PET/CT přístroji. Výsledkem šetření bylo zjištění, že není předpoklad překročení limitu efektivní dávky 100 mSv za 5 let a 50 mSv za rok. Průměrná dávka pro jednoho zdravotnického pracovníka byla 0,13 mSv za měsíc. Dalším zjištěním byla informace, že různé profese při vyšetření a různé pracovní postupy jsou určující pro výši obdržené dávky. Největší

pracovní expozice byla zjištěna u pracovníků u cyklotronů, radiologických asistentů a lékařů, kteří obdrželi až 4,6x vyšší osobní dávku, než byl zjištěný průměr. U aplikujících sester a radiofarmaceutů byly zjištěny vyšší dávky na kůži rukou. Nezanedbatelnou skupinou jsou dokumentační pracovníci, kteří jsou v čekárnách spolu s naaplikovanými pacienty.¹⁰

SOUČASNÁ SITUACE V ČR

Březen 2007, Česká radiologie: číslo 1

V roce 2007 se problematikou zátěže rukou určité profesní skupiny při manipulaci s radiofarmaky zabýval přehledový článek publikovaný v časopise Česká radiologie. Je zde zpracován přehled literárních údajů o radiační zátěži rukou u pracovníků publikovaných v období od 1975–2006. Dále je porovnávána zjištěná průměrná dávka na ruce z polohy prstového dozimetru na dolním článku prstu při měření osobního dávkového ekvivalentu na ruce s dávkou, jež je měřena prstovým dozimetrem na konečných prstech při měření osobního dávkového ekvivalentu v kůži. Výsledkem bylo zjištění, že po zavedení pozitronových zářičů na odděleních NM se dávka na konečných prstech zvýšila 6–7x. Současně bylo zjištěno, že na pracovištích NM v České republice ani ve světě není překračován limit pro dávku na ruce podle měření pomocí prstového dozimetru umístěného na dolním článku prstu. Avšak dojde-li i při rutinní práci ke kontaminaci rukou, není vyloučeno, že limit dávky na kůži může být překročen.¹¹

Duben 2009, Česká radiologie: číslo 1, Hradec Králové

Oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové si pomocí osmileté (2000–2007) retrospektivní studie stanovilo úroveň radiační ochrany. V té době byla používána tato radiofarmaka: ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ¹⁸⁶Re, ³²P a ⁹⁰Y pro terapeutické aplikace a ^{99m}Tc, ²⁰¹Tl, ⁶⁷Ga a ¹¹¹In pro diagnostické aplikace. Pro měření osobního dávkového ekvivalentu byly využity osobní filmové dozimetry a prstové termoluminiscenční dozimetry. Aplikovaná aktivita ^{99m}Tc se během sedmiletého období prakticky nezměnila, ale aktivita ¹³¹I se v roce 2007 zvýšila o 272 % ve srovnání s rokem 2000. Přes tuto skutečnost došlo k poklesu efektivní dávky u všech kategorií pracovníků. K tomuto jevu výrazně přispělo důsledné střídání pracovníků při jednotlivých činnostech, dodržování principu ochrany vzdáleností a v neposlední řadě také nadčasově moderně koncipované prostory pracoviště.

Doležal se v diskuzi své původní práce uvedené v České radiologii v dubnu 2009 věnuje také srovnání radiační zátěže na zahraničních pracovištích NM a PET.¹²

Duben 2013, Česká radiologie: číslo 1, Motol

Retrospektivní studie, která zahrnuje příslušné údaje o radiační zátěži pracovníků z období 2006–2011 na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF a FN Motol byla zaměřena na posouzení radiační ochrany pracoviště. Zde byla na základě vyhodnocení osobních a prstových dozimetrů stanovena průměrná kolektivní efektivní dávka a průměrná kolektivní ekvivalentní dávka na ruce od prstů až po předloktí u personálu, který pracoval s ^{99m}Tc, ¹¹¹In, ¹⁵³Sm, ¹²³I

a ¹³¹I. Výsledek ukázal, že přes zvyšující se množství aplikované aktivity se průměrná radiační zátěž pracovníků nemění nebo se zvyšuje jen nepatrně. Hodnoty zjištěné z osobních a prstových dozimetrů byly výrazně pod stanovenými limity.¹³

Červen 2013, Česká radiologie: číslo 3, Ostrava

Podobná retrospektivní analýza jako v Nemocnici v Motole proběhla na Klinice nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Ostravě v roce 2013, kdy bylo hodnoceno období 2006–2012. Rovněž zde byla posuzována průměrná roční efektivní dávka a průměrné roční ekvivalentní dávky na ruce u jednotlivých skupin pracovníků zmíněné kliniky, kde byla používána radiofarmaka potřebná pro terapii: ¹³¹I, ⁹⁰Y, ¹⁶⁹Er, ¹⁸⁶Re a také pro diagnostiku: ^{99m}Tc, ⁶⁷Ga, ^{81m}Kr, ¹¹¹In a ¹²³I. Výsledkem bylo zjištění, že poklesu průměrné roční efektivní dávky u jednotlivých monitorovaných skupin bylo docíleno dodržováním základních způsobů ochrany, dobrou organizací práce a také optimalizací pomocí stavebních úprav. Předpokládá se, že také pořízení nového kolimátoru pro SPECT kameru, který by umožnil aplikovat pacientům menší aktivitu při stejné diagnostické výtěžnosti, by mělo vliv na snížení průměrné roční dávky.¹⁴

Prosinec 2014, Česká radiologie: číslo 4, Hradec Králové

Hudzietzová et al. ve své práci vychází z výsledků projektu ORAMED, jež byl již zmíněn výše. Výsledkem projektu je doporučení k používání korekčního faktoru k přepočtu dávky, která byla naměřena prstovým dozimetrem na kořeni ukazováčku. Autorka zmiňuje, že důležitým faktorem při práci s otevřenými zářiči je použití odpovídajícího stínění, pomůcek pro manipulaci s radiofarmaky a také možnost využití rozplňovací stanice. Porovnání výsledků studie ORAMED a měření na vybraném pracovišti v ČR ukázalo, že rozsah ekvivalentní dávky normalizované na aktivitu 1 GBq při přípravě radiofarmak se pohyboval v rozmezí 0,10–4,43 mSv u studie ORAMED a nejvyšší naměřené lokální ozáření kůže ruky na pracovišti v ČR bylo 0,39 mSv/GBq. Při porovnávání ekvivalentní dávky vztažené na aktivitu 1 GBq během aplikace radiofarmaka bylo zjištěno rozmezí 0,14–4,11 mSv u výsledků studie ORAMED, zatímco největší dávka na kůži ruky na zmíněném PET pracovišti v ČR byla 0,48 mSv/GBq. Autorka předpokládá, že menší hodnoty lokálního ozáření kůže pracovníků na PET v ČR mohou být zdůvodněny jednak rozdílným způsobem aplikace radiofarmaka jednak celkovou úrovní optimalizace radiační ochrany.¹⁵

ZÁVĚR

Problematika optimalizace radiační ochrany pracovníků na odděleních nukleární medicíny s PET či PET/CT přístroji je v dnešní době stále více aktuální. Z výsledků zmíněných studií jednoznačně vyplývají doporučení k optimalizaci radiační ochrany personálu zejména pro práci aplikujících lékařů, radiologických asistentů a radiofarmaceutických pracovníků, neboť pracovní postupy za použití automatické rozplňovací či aplikační stanice mají pozitivní vliv na snížení radiační zátěže personálu. Také doporučení, která

se týkají důsledného střídání pracovníků na jednotlivých pracovních místech mají opodstatnění z důvodu rozdílné expozice těla a kůže rukou. Mnohá pracoviště snížila kolektivní dávku prostřednictvím provedení stavebních úprav. Další studie a z nich vycházející doporučení k optimalizaci radiační ochrany pro současnost i v budoucnu nově vzniklá pracoviště se jeví jako přínosná.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu doc. MUDr. O. Bělohávkovi za odbornou pomoc.

Literatura

- Ullmann V, Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření. [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné na: <http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>
- Kolektiv autorů. Ochrana při práci se ZIZ. In Sborník učebních textů. Ostrava, DTO CZ s.r.o, 2010, 248 p
- Vyhláška č. 307/2002 Sb. O radiační ochraně [online]. 2002. [cit. 2015-04-25]. Dostupné na: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=307~2F2002&rpp=15#seznam>
- Dobrzyńska MM, Pachocki KA, Gajowik A et al. The Effect Occupational Exposure to Ionizing Radiation on the DNA Damage in Peripheral Blood Leukocytes of Nuclear Medicine Personnel. *J Occup Health* 2014;56:379–386
- Walsh C, O'Connor U, O'Reilly G. Eye dose monitoring of PET/CT workers. *Br J Radiol*. 2014;87(1042):20140373
- Vargas Castrillón S, Cutanda Henríquez F. A study on occupational exposure in a PET/CT facility. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;147:247-249
- Antic V, Ciraj-Bjelac O, Stankovic J, et al. Radiation exposure to nuclear medicine staff involved in PET/CT practice in Serbia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2014;162:577-585
- Covens P, Berus D, Vanhavere F et al. The introduction of automated dispensing and injection during PET procedures: a step in the optimisation of extremity doses and whole-body doses of nuclear medicine staf., *Radiat Prot Dosimetry*. 2010;140:250-258
- Sans Merce M, Ruiz N, Barth I et al. Extremity exposure in nuclear medicine: preliminary results of a European study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;144:515-520
- Watanabe H, Satou T, Senzui N et al. National Survey of Radiation Protection for Workers in Positron Emission Tomography. Facilities in Japan—1st Report: Occupational Role Assignment, Radiation Exposure to Medical Workers. *Japanese Journal of Radiological Technology*. 2009;65:285-294
- Hušák V, Ptáček J, Drymlová J et al. Radiační zátěž rukou pracovníků v nukleární medicíně připravujících radiofarmaka se zářiči gama včetně pozitronového zářiče ¹⁸F. *Ces Radiol* 2007;61:80–84
- Doležal J. Stanovení kvality radiační ochrany a efektivních dávek pracovníků na oddělení nukleární medicíny ve FN Hradec Králové v letech 2000-2007. *Ces Radiol* 2009;63:99–102
- Hudzietzová J, Prchalová D, Sabol J et al. Radiační zátěž pracovníků na klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FN v Motole v letech 2006-2011. *Ces Radiol* 2013; 67:87–94
- Hudzietzová J, Koláček M, Ullmannová L et al. Zhodnocení průměrné roční efektivní dávky a průměrné roční ekvivalentní dávky na ruce u personálu Kliniky nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava v letech 2006–2012. *Ces Radiol* 2013; 67:225–231
- Hudzietzová J, Fülöp M, Sabol J et al. Radiační zátěž rukou pracovníků během přípravy a aplikace radiofarmak značených radionuklidem ¹⁸F. *Ces Radiol* 2014;68:318–322

Copyright of Nuclear Medicine / Nukleární Medicína is the property of Czech Medical Association of JE Purkyne and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.