

STANOVENÍ KVALITY RADIAČNÍ OCHRANY A EFEKTIVNÍCH DÁVEK PRACOVNÍKŮ NA ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY VE FAKULTNÍ NEMOCNICI HRADEC KRÁLOVÉ V LETECH 2000–2007

THE ASSESSMENT OF THE RADIATION PROTECTION QUALITY AND THE
EFFECTIVE DOSE OF THE NUCLEAR MEDICINE WORKERS, A SINGLE CENTRE
EIGHT-YEAR RETROSPECTIVE STUDY

původní práce

Jiří Doležal

Oddělení nukleární medicíny FN,
Hradec Králové

Přijato: 15. 1. 2009.

Korespondenční adresa:

MUDr. Jiří Doležal, Ph.D.
Oddělení nukleární medicíny FN
Sokolská 581,
500 05 Hradec Králové
e-mail: dolezal@fnhk.cz

ABSTRAKT

Doležal J. Stanovení kvality radiační ochrany a efektivních dávek pracovníků na oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Hradec Králové v letech 2000–2007

Cíl. Stanovit radiační zátěž a úroveň radiační ochrany u pracovníků na oddělení nukleární medicíny, a to na základě osmileté retrospektivní studie. Na oddělení jsou používány následující radionuklidy: terapeutické (^{131}I , ^{153}Sm , ^{186}Re , ^{32}P , ^{90}Y) a diagnostické ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl , ^{67}Ga , ^{111}In).

Materiál a metoda. V období 2000–2007 jsme hodnotili efektivní dávku u lékařů ($n = 5$), radiologických asistentů ($n = 9$) a radiofarmaceutů ($n = 2$). Pro měření osobního dávkového ekvivalentu Hp(10) a Hp(0,07) jsme použili osobní filmové dozimetrie a prstové termoluminiscenční dozimetrie, které byly povinně nošeny a vyhodnocovány v rámci Celostátní služby osobní dozimetrie v měsíčních intervalech. Celková aplikovaná aktivita všech radionuklidů během sledovaného šestiletého období na našem oddělení činila 23 721 GBq ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 19 671 GBq, ^{131}I 3 246 GBq, další 804 GBq). Aplikovaná aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ve sledovaném sedmiletém období byla prakticky stejná, ale aktivita ^{131}I v roce 2007 se zvýšila o 272 %, ve srovnání s rokem 2000.

Výsledky. Efektivní dávka (aritmetický průměr \pm SD, mSv) pro lékaře v letech 2000,

ABSTRACT

Doležal J. The assessment of the radiation protection quality and the effective dose of the nuclear medicine workers, a single centre eight-year retrospective study

Aim. To assess a radiation exposure and a quality of radiation protection as to nuclear medicine staff at our department as a eight-years retrospective study. The therapeutic radionuclides as ^{131}I , ^{153}Sm , ^{186}Re , ^{32}P , ^{90}Y and diagnostic ones as a $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl , ^{67}Ga , ^{111}In were used.

Material and method. The effective dose was evaluated in the period of 2000–2007 for nuclear medicine physicians ($n = 5$), technologists ($n = 11$) and radiopharmacists ($n = 2$). A personnel film dosimeter and thermoluminescent ring dosimeter for measurement (1-month periods) of personal dose equivalent Hp(10) and Hp(0,07) were used. Dosimeters were worn obligatory within the frame of nation-wide service of personal dosimetry. The total administered activity all radionuclides during these seven years at our department was 23 721 GBq ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 19 671 GBq, ^{131}I 3 246 GBq, others 804 GBq). The administered activity of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ is similar, but the administered activity of ^{131}I in 2007 increased by 272%, as compared with the year 2000.

Results. The arithmetic average and one standard deviation (SD) of an effective dose

2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 a 2007 činila $1,9 \pm 0,5$, $1,9 \pm 0,6$, $1,8 \pm 0,8$, $1,2 \pm 0,8$, $1,4 \pm 0,8$, $1,4 \pm 0,6$, $0,8 \pm 0,4$ a $1,2 \pm 0,7$, Pro radiologické asistenty efektivní dávka představovala $2,3 \pm 1,4$, $1,9 \pm 0,8$, $1,7 \pm 1,4$, $1,0 \pm 1,0$, $1,1 \pm 1,2$, $0,9 \pm 0,4$, $0,7 \pm 0,2$ a $1,0 \pm 0,5$. Efektivní dávka pro radiofarmaceuty (aritmetický průměr, SD pro $n = 2$ je nepřipustná, mSv) byla 9,0, 3,2, 1,8, 0,6, 1,3, 0,6, 0,3 a 0,8. Ačkoli během zmíněných osmi let došlo k vzestupu aplikované aktivity ^{131}I průměrná efektivní dávka ve všech kategoriích pracovníků klesala. Poklesu efektivní dávky bylo dosaženo přísným střídáním pracovníků při jednotlivých činnostech.

Závěr. Ve všech třech profesionálních kategoriích pracovníků došlo k poklesu radiační zátěže ve sledovaném časovém období, a to i přesto, že došlo k vzestupu aplikované aktivity ^{131}I . Naše sledování prokázalo výbornou úroveň radiační ochrany na našem pracovišti.

Klíčová slova: radiační zátěž, radiační ochrana, nukleární medicína.

(mSv) for nuclear medicine physicians were 1.9 ± 0.5 , 1.9 ± 0.6 , 1.8 ± 0.8 , 1.2 ± 0.8 , 1.4 ± 0.8 , 1.3 ± 0.6 , 0.8 ± 0.4 and 1.2 ± 0.7 and for nuclear medicine technologists were 2.3 ± 1.4 , 1.9 ± 0.8 , 1.7 ± 1.4 , 1.0 ± 1.0 , 1.1 ± 1.2 , 0.9 ± 0.4 , 0.7 ± 0.2 and 1.0 ± 0.5 in 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 and 2007, respectively. The arithmetic average (SD for $n = 2$ can't be assessed) of the effective dose (mSv) for radiopharmacists were 9.0, 3.2, 1.8, 0.6, 1.3, 0.6, 0.3 and 0.8, respectively. Although the administered activity of ^{131}I increased the average effective dose per year decreased during eight years.

Conclusion. In all three professional groups of nuclear medicine workers a decreasing radiation exposure was found although the administered activity of ^{131}I increased during years 2000–2007. Our observations suggest successful radiation protection measures at our department.

Key words: radiation exposure, radiation protection, nuclear medicine.

ÚVOD

Cílem této práce bylo stanovit radiační zátěž a úroveň radiační ochrany u pracovníků na oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové, a to na základě osmileté retrospektivní studie. Dále určit, zda existuje rozdíl v radiační zátěži mezi jednotlivými kategoriemi pracovníků, tj. mezi lékaři, radiologickými asistenty a radiofarmaceuty.

Oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové se nachází v budově onkologického pavilonu, který byl postaven v letech 1994–1997. Díky této skutečnosti a nadčasovému projektu má pracoviště rozsáhlé čekárny pro pacienty, prostorné kamerové vyšetřovny a oddělené místnosti s ovládacími pulty a vyhodnocovacími počítači. Všechny místnosti jsou stíněny barytovým betonem a omítkami. Tyto rozsáhlé prostory nejsou samoúčelné, ale umožňují ochranu před ionizujícím zářením vzdáleností, tj. dochází k poklesu dávkového příkonu pro pracovníky, což je jeden z důležitých faktorů, který přispívá k dobré úrovni radiační ochrany na našem pracovišti (viz dále). Na oddělení se nachází dvě digitální, dvouhlavé rotační SPECT gamakamery s tunelovým gantry a funkcí kopírování povrchu těla pacienta řízenou infračervenými čidly. Jedna z gamakamer je vybavena low-dose CT pro atenuační korekci a přiřazení anatomické

struktury ke scintigrafickému obrazu. Kamery mají možnost kontinuálního celotělového posunu pacienta. Dále je k dispozici planární jednohlavá digitální gamakamera. Oddělení provádí kompletní spektrum scintigrafií včetně imunoscintigrafie a zobrazení somatostatinových receptorů. Pracoviště disponuje kompletním dozimetrickým vybavením pro měření radiační zátěže a kontaminace – tj. měřiči povrchové radioaktivní kontaminace, měřiči radioaktivní kontaminace rukou a nohou, měřiči dávkového příkonu a digitálními osobními dozimetry. V radiofarmaceutickém úseku oddělení se nacházejí dva laminární boxy pro zpracování radiofarmak v čistotě stupně „A“, separátor a digitální měřiče aplikované aktivity. Pro stínění injekčních stříkaček s nataženými radiofarmaky se používají speciální olověné kryty a dózy. Pro práci s vysokými aktivitami ^{131}I je přítomna olovem stíněná digestoř se stereotaktickým ovládním. V rámci úseku radiofarmacie se také nachází sklad radioaktivních odpadů. V tomto skladu jsou ukládány radioaktivní odpady po dobu několika týdnů a měsíců. Oddělení nukleární medicíny v Hradci Králové je dle zákona 18/1997 Sb. a následných prováděcích předpisů pracoviště II. kategorie a má povolení provádět terapii radioaktivními izotopy. Pracoviště má k dispozici šest jednolůžkových

pokoju se stěnami stíněnými barytem. Tyto pokoje umístěné na samostatné chodbě jsou přístupné pouze přes hygienický filtr. Sociální zařízení těchto pokojů je napojeno samostatnou kanalizací na vymírací jímky odpadních radioaktivních vod v areálu Fakultní nemocnice. Hospitalizovaným pacientům jsou podávána terapeutická radiofarmaka, jako jsou ^{131}I , užívaný k léčbě karcinomu štítné žlázy či k léčbě tyreotoxikózy, dále ^{32}P -ortofosfát, ^{89}Sr -chlorid, ^{186}Re -HEDP a ^{153}Sm -EDTMP k léčbě bolestivých kostních metastáz. Ambulantním pacientům je prováděna radioaktivní synovektomie pomocí ^{90}Y .

MATERIÁL A METODA

V období 2000–2007 jsme hodnotili efektivní dávku u lékařů ($n = 5$), radiologických asistentů ($n = 9$) a radiofarmaceutů ($n = 2$). Pro měření osobního dávkového ekvivalentu $\text{Hp}(10)$ a $\text{Hp}(0,07)$ jsme použili osobní filmové dozimetry a prstové termoluminiscenční dozimetry, které byly povinně nošeny na předepsaných místech dle platné legislativy a vyhodnocovány v rámci Celostátní služby osobní dozimetrie v měsíčních intervalech. Efektivní dávka E byla určena z osobního dávkového ekvivalentu $\text{Hp}(10)$ a energie záření (ICRP 74, $E = \text{Hp}(10) \times f_E$).

Celková aplikovaná aktivita všech radionuklidů během sledovaného sedmiletého období na našem oddělení činila 23 721 GBq ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 19 671 GBq, ^{131}I 3 246 GBq, další 804 GBq). Detailní přehled aplikovaných aktivit jednotlivých radionuklidů podává tabulka 1. Aplikovaná aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ve sledovaném období zůstala podobná, ale aktivita ^{131}I v roce 2007 se zvýšila o 272 % ve srovnání s rokem 2000.

VÝSLEDKY

Efektivní dávka (aritmetický průměr \pm SD, mSv) pro lékaře v letech 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 a 2007 činila $1,9 \pm 0,5$, $1,9 \pm 0,6$, $1,8 \pm 0,8$, $1,2 \pm 0,8$, $1,4 \pm 0,8$, $1,3 \pm 0,6$, $0,8 \pm 0,4$ a $1,2 \pm 0,7$. Pro radiologické asistenty efektivní dávka představovala $2,3 \pm 1,4$, $1,9 \pm 0,8$, $1,7 \pm 1,4$, $1,0 \pm 1,0$, $1,1 \pm 1,2$, $0,9 \pm 0,4$, $0,7 \pm 0,2$ a $1,0 \pm 0,5$. Efektivní dávka pro radiofarmaceuty (aritmetický průměr, SD pro $n = 2$ je nepřijatelná, mSv) byla 9,0, 3,2, 1,8, 0,6, 1,3, 0,6, 0,3 a 0,8. Detailní přehled průměrných efektivních dávek pro jednotlivé kategorie pracovníků ve sledovaném osmiletém období podává tabulka 2.

Ačkoliv během zmíněných osmi let došlo k vzestupu aplikované aktivity ^{131}I o 272 % a aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$ zůstala prakticky stejná či se lehce zvýšila, tak průměrná efektivní dávka ve všech kategoriích pracovníků klesala. Poklesu efektivní dávky bylo dosaženo přísným střídáním pracovníků při jednotlivých činnostech a důslednějším využíváním principu vzdálenosti a času v radiační ochraně, což naše moderně koncipované, prostorné pracoviště dovolovalo.

Tabulka 3 uvádí detailní přehled průměrných hodnot osobního dávkového ekvivalentu v 0,07 mm kůže $\text{Hp}(0,07)$ pro jednotlivé kategorie pracovníků ve sledovaném osmiletém období.

DISKUSE

Naše pozorování dokumentují dobrou úroveň radiační ochrany na našem pracovišti. Ve všech třech sledovaných skupi-

Tab. 1. Přehled aplikované aktivity jednotlivých radionuklidů v GBq
Table 1. The administered activity all radionuclides in GBq

Rok	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{67}Ga	^{201}Tl	^{111}In	^{32}P	^{131}I	^{153}Sm	^{186}Re	^{90}Y
2000	2382	74	12	4	1	203	68	0	3
2001	2375	72	9	1	0	281	44	0	4
2002	2390	77	8	1	1	267	38	0	2
2003	2516	69	5	1	0	326	32	0	3
2004	2600	51	4	2	1	500	31	4	2
2005	2432	36	0	1	1	538	9	9	2
2006	2395	30	0	2	0	578	20	7	2
2007	2581	27	0	4	0	553	19	10	1

Tab. 2. Přehled efektivních dávek v mSv (průměr + jedna směrodatná odchylka) pro lékaře ($n = 5$), laboranty ($n = 9$) a radiofarmaceuty ($n = 2$)
Table 2. The mean and one standard deviation (SD) of the annual effective dose E (mSv) for nuclear medicine physicians ($n = 5$), technologists ($n = 9$) and radiopharmacists ($n = 2$, estimate of SD makes little sense)

Rok	Lékaři	Laboranti	Radiofarmaceuti
2000	$1,9 \pm 0,5$	$2,3 \pm 1,4$	9,0
2001	$1,9 \pm 0,6$	$1,9 \pm 0,8$	3,2
2002	$1,8 \pm 0,8$	$1,7 \pm 1,4$	1,8
2003	$1,2 \pm 0,8$	$1,0 \pm 1,0$	0,6
2004	$1,4 \pm 0,8$	$1,1 \pm 1,2$	1,3
2005	$1,3 \pm 0,6$	$0,9 \pm 0,4$	0,6
2006	$0,8 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,2$	0,3
2007	$1,2 \pm 0,7$	$1,0 \pm 0,5$	0,8

Pozn.: Pro hodnotu 2 směrodatná odchylka nemůže být stanovena.

Tab. 3. Přehled průměrných hodnot osobního dávkového ekvivalentu v 0,07 mm kůže $\text{Hp}(0,07)$ v mSv (průměr + jedna směrodatná odchylka) pro lékaře ($n = 5$), laboranty ($n = 9$) a radiofarmaceuty ($n = 2$)
Table 3. The mean and one standard deviation (SD) of the personal dose equivalent $\text{Hp}(0,07)$ for nuclear medicine physicians ($n = 5$), technologists ($n = 9$) and radiopharmacists ($n = 2$, estimate of SD makes little sense)

Rok	Lékaři	Laboranti	Radiofarmaceuti
2000	$2,4 \pm 0,3$	$3,5 \pm 2,0$	14,7
2001	$2,5 \pm 0,4$	$3,3 \pm 2,6$	12,0
2002	$1,8 \pm 1,0$	$5,0 \pm 2,9$	28,7
2003	$1,4 \pm 0,9$	$5,0 \pm 2,5$	26,1
2004	$2,0 \pm 1,5$	$4,3 \pm 2,1$	17,3
2005	$2,0 \pm 2,4$	$4,4 \pm 2,6$	15,9
2006	$1,6 \pm 2,6$	$4,4 \pm 2,4$	18,4
2007	$1,4 \pm 1,7$	$4,6 \pm 2,7$	17,9

Pozn.: Pro hodnotu 2 směrodatná odchylka nemůže být stanovena.

nách pracovníků došlo k poklesu radiační expozice, přestože aplikovaná aktivita radioaktivního ^{131}I vzrostla ve sledovaném osmiletém období téměř třikrát. Poklesu efektivní dávky u pracovníků bylo dosaženo přísným dodržováním principů radiační ochrany (vzdálenost, čas, stínění, používání pomůcek), častým střídáním pracovníků při činnostech s vysokou radiační zátěží (např. příprava radiofarmak, podávání terapie apod.). Navíc v průběhu let došlo u pracovníků k vytvoření dynamických stereotypů a zrychlení pracovních postupů při práci s radioaktivním zářením. Pracoviště nukleární medicíny v Hradci Králové je moderně koncipované s dostatečně

velkými vyšetřovnými a čekárnami, ovládání gamakamer je umístěno v samostatných místnostech.

V diskusi bych rád podal přehled o radiační zátěži na zahraničních pracovištích (nukleární medicína, PET), kde dramaticky roste počet SPECT/CT a PET/CT skenerů (1, 2). Zajímavou práci publikoval Junker (3), kde hodnotil radiační zátěž celkem 520 pracovníků z Lékařské fakulty v Hannoveru včetně zaměstnanců z oddělení nukleární medicíny za rok 1990. Na oddělení nukleární medicíny průměrný dávkový ekvivalent pro pracovníka činil 0,12 mSv za rok. Jansen et al. (4) z Biofyzikálního ústavu Univerzity Svobodného státu Oranžsko v Jižní Africe hodnotili radiační zátěž radiofarmaceutů a sester provádějících natahování a aplikaci radiofarmak na oddělení nukleární medicíny ve dvou nemocnicích v průběhu let 1985–1992. V nemocnici „A“ efektivní dávka činila 10,2 mSv a 8,37 mSv za rok v závislosti na použitém typu dozimetru a dávka na ruce 223,5 mSv za rok; v nemocnici „B“ efektivní dávka byla 6,94 mSv a 4,43 mSv za rok a dávka na ruce 54,05 mSv za rok. D'Halluin et al. (5) hodnotili radiační zátěž pracovníků na pěti odděleních nukleární medicíny v Belgii. Nejnižší radiační zátěž zjistil u uklízeček, administrativních pracovníků a fyziků, celkem se jednalo o 24 osob (medián 0,02 mSv, rozsah 0–0,76 mSv). U lékařů (celkem 15 osob) zjistil poměrně nízkou efektivní dávku (medián 0,28 mSv, rozsah 0–2,32 mSv), pouze 20 % lékařů mělo efektivní dávku vyšší než 1 mSv za rok. Všechny personál odpovídající za transport pacientů obdržel dávku vyšší než 1 mSv (celkem 3 osoby, medián 3,57 mSv, rozsah 1,12–4,32 mSv). Ještě vyšší dávky obdrželi radiofarmaceuti (celkem 4 osoby, medián 3,21 mSv, rozsah 1,67–4,6). Nejvyšší dávky autoři zjistili u radiologických asistentů (celkem 40 osob, medián 5,07 mSv, rozsah 0,3 až 20 mSv). Lottes et al. (6) hodnotili čtyři roky radiační zátěž lékařů a pracovníků připravujících a natahujících radiofarmaka na klinice nukleární medicíny. Průměrná roční efektivní dávka pro lékaře činila 0,7 mSv (maximum 3 mSv), pro pracovníky připravující radiofarmaka 1,2 mSv (maximum 2,4 mSv). Lancelot et al. (7) hodnotili radiační zátěž 2 radiofarmaceutů a 3 sester na oddělení nukleární medicíny v průběhu 12 měsíců, kteří prováděli přípravu a podání terapie s ^{131}I -lipiodolem, ^{90}Y -koloid citrátem a ^{153}Sm -EDTMP. Efektivní dávka pro ra-

diofarmaceuty činila 0,146 mSv za rok a pro sestry 0,75 mSv za rok. V další části diskuse uvádím práci autorů Zeff et al. (8), kteří hodnotili radiační zátěž v PET centru u radiologických asistentů pracujících s pacienty, kterým byla provedena pozitronová emisní tomografie po podání ^{18}F -FDG. Efektivní dávka u PET radiologických asistentů představovala přibližně 12 mSv za rok.

Pro srovnání uvádím průměrnou roční efektivní dávky na jednoho pracovníka na odděleních nukleární medicíny v České republice v roce 2003, která byla počítána z celkového počtu 831 monitorovaných pracovníků a činila 1,12 mSv (9, 10). Pro lékaře ($n = 159$) průměrná roční efektivní dávka představovala 0,99 mSv (0–6,27, medián 0,81 mSv), pro pracovníky připravující a roztahující radiofarmaka ($n = 116$) 1,20 mSv (0–8,05, medián 0,85), ambulantní pracovníky, radiologické asistenty ($n = 332$) 1,45 mSv (0–7,95, medián 1,44), pro pracovníky u lůžek ($n = 65$) 0–85 mSv (0,05–3,74, medián 0,69). Nejnižší hodnoty byly zjištěny u pracovníků v radioimunoanalytických (RIA) laboratořích, a to 0,36 mSv (0–1,92, medián 0,30 mSv) a u fyziků 0,50 mSv (0,07–1,45, medián 0,42 mSv).

Radiační zátěž pracovníků na oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové je srovnatelná s výše uvedenými literárními zkušenostmi, zdaleka nedosahuje limitů (100 mSv za 5 let, v jednom roce nejvýše 50 mSv) povolených Zákonem o mírovém využívání jaderné energie číslo 18/1997 Sb. a jeho následnými prováděcími vyhláškami. Radiační ochrana v oddělení je na velmi dobré úrovni a v mnoha případech je na daleko lepší úrovni než výše citované práce ze zahraničí.

ZÁVĚR

Ve všech třech profesionálních kategoriích pracovníků, tj. lékařů, radiologických asistentů a radiofarmaceutů, došlo v průběhu sledovaných osmi let k poklesu radiační zátěže, a to i přesto, že došlo k vzestupu aplikované aktivity ^{131}I o 272 % a mírně stoupla aplikovaná aktivita $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Naše sledování prokázalo dobrou úroveň radiační ochrany na našem pracovišti.

LITERATURA

- Zanzonico P, Bauer L, St Germain J. Operational radiation safety for PET-CT, SPECT-CT, and cyclotron facilities. *Health Phys* 2008; 95(5): 554–570.
- Wucherer M, Loose R. Occupational exposure to radiation. *Radiologie* 2005; 45(3):291–302.
- Junker D. Nuclear medicine – personnel exposure and release of radioactivity. *Nuklearmedizin* 1991; 30(4): 141–148.
- Jansen SE, Van Aswegen A, Lotter MG, Herbst CP, Ottok AC. Staff radiation doses during eight years in a nuclear medicine radiopharmacy. *Nucl Med Commun* 1994; 15(2): 114–118.
- D'Halluin M, Rivier M, Van Poucke L, Jacobs F, Ham H, Dierckx R. Radiation exposures among nuclear medicine workers (Abstrakt). *Eur J Nucl Med* 2003; 30(Suppl 2): S244.
- Lottes G, Schober O. Die Strahlenexposition des Personals in der Nuklearmedizin über 4 Jahre. Ist eine Personendosimetrie überflüssig? (Abstract). *Nuklearmedizin* 1995; 34: A120.
- Lancelot S, Guillet B, Sigris S, Bourelly M, Wautier S, Mundler O, Pisano P. Exposure of medical personnel to radiation during radionuclide therapy practices. *Nucl Med Commun* 2008; 29(4): 405–410.
- Zeff BW, Yester MV. Patient self-attenuation and technologist dose in positron emission tomography. *Med Phys* 2005; 32(4): 861–865.
- Hušák V, Ptaček J. Přehled a hodnocení profesionální radiační zátěže a ochranných opatření v nukleární medicíně v České republice v roce 2003. Zpráva pro SÚJB Praha podle smlouvy u objednatele 164/04/05. Olomouc 2005.
- Hušák V, Ptaček J, Petrová K, Pašková Z, Mysliveček M. Radiation exposure of nuclear medicine workers in the Czech Republic in 2003 and its relation to various factors – results of questionnaire survey I (abstrakt). *Eur J Nucl Med Mol Imag* 2006; 33(Suppl 2): S285.