

## SOUHRNÝ PŘEDNÁŠEK

### XXXIII. pracovní dny sekce radiofarmacie České společnosti nukleární medicíny ČLS JEP Rožnov pod Radhoštěm, 1.–3. června 2011

Pracovní dny pořádala Sekce radiofarmacie České společnosti nukleární medicíny ČLS JEP spolu s Klinikou nukleární medicíny Fakultní nemocnice Ostrava. Jednání bylo zaměřeno na oblast radiofarmak pro diagnostiku a terapii z hlediska jejich výzkumu, vývoje, výroby, přípravy a klinického použití ve zdravotnických zařízeních. Větší část odborného programu se zabývala kontrolními metodami radiofarmak a otázkami radiační ochrany pracovníků při přípravě radiofarmak a v nukleární medicíně. Odezněly i zajímavé přednášky cílené na klinické použití radiofarmak. Diskutovaly se některé metodické a legislativní aspekty přípravy radiofarmak v kontextu Správné radiofarmaceutické praxe a požadavků radiační ochrany.

Pracovních dnů se zúčastnilo 114 odborníků z České a Slovenské republiky z pracovišť nukleární medicíny zdravotnických zařízení zabývajících se přípravou, kontrolou a aplikací radiofarmak pro diagnostiku a terapii, dále z pracovišť výzkumu, vývoje, výroby a distribuce radioaktivních léčiv, z akademických pracovišť a z oblasti státní správy. V průběhu pracovních dnů odeznělo 23 přednášek zaměřených na uvedenou problematiku a osm odborných prezentací firem, které rovněž vystavovaly nabídku sortimentu jednotlivých radiofarmak, měřících přístrojů a zařízení pro manipulaci s radioaktivními látkami. Abstrakta přednášek, která zde zveřejňujeme, jsou rovněž dostupná na internetových stránkách [www.csnm.cz](http://www.csnm.cz).

*doc. RNDr. Pavel Komárek, PhD.*

#### NĚKTERÉ ASPEKTY SENTINELOVÉ UZLINY Z POHLEDU NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

KRAFT O.<sup>1,2</sup>, HAVEL. M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika nukleární medicíny FN Ostrava

<sup>2</sup>Lékařská fakulta Ostravské univerzity

e-mail: [otakar.kraft@fnspo.cz](mailto:otakar.kraft@fnspo.cz)

Sentinelová uzlina (SLN) je první lymfatickou uzlinou v primární lymfatické drenáži z tumoru. Nejrozšířenější je její detekce, chirurgické odstranění a podrobné histopatologické a imunohistochemické vyšetření u maligního melanomu a karcinomu prsu. Slibné jsou i výsledky u gynekologických nádorů (karcinom cervixu, vulvy, endometria). Jak jsme na našem velkém souboru pacientů zjistili, nejlepších detekčních úspěchů je dosaženo při kombinaci scintigrafie, použití patentní modři a chirurgické gamasondy. Využíváme při tom čtyři radiokoloidy s různou velikostí částic (Nanocoll, NanoAlbumon, Nanocis a SentiScint). Analýzou jsme zjistili, že rozdíl v průkazu SLN pomocí těchto radiofarmak nejsou významné. U karcinomu prsu je dobře použitelný jak jednodenní, tak dvoudenní protokol, stejně tak i aplikace radiofarmaka buď peritumorální v kombinaci se subdermální, nebo aplikace subareolární (volba aplikace např. podle lokalizace nádoru). V poslední době máme možnost zobrazovat SLN u všech zmíněných tumorů využitím hybridní kamery SPECT/CT Symbia T2 firmy Siemens s výbornými výsledky. Ve srovnání s planární scintigrafií se podstatně zlepšila senzitivita a specificita,

zvýšil se počet zachyceným SLN (např. v blízkosti místa aplikace), naopak nyní dokážeme jednoduše zjistit falešně pozitivní nález v důsledku kontaminace. A především je velkým přínosem pro operátora přesná lokalizace SLN – s nálezem odesíláme i fúzi obrazů SPECT/CT (není tak potřeba značit lokalizaci SLN na kůži pacienta). Může tak dojít k významnému zkrácení operace.

#### RADIOFARMAKA V KARDIOLOGII A JEJICH PŘÍNOS PRO PACIENTY S CHRONICKÝM SRDEČNÍM SELHÁNÍM – NOVÉ MOŽNOSTI

BAKALA J.<sup>1</sup>, BERNÁTEK J.<sup>1</sup>, KRAJČOVÁ M.<sup>1</sup>, ADAMÍKOVÁ A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Oddělení nukleární medicíny, Krajská nemocnice T. Bati, a.s., Zlín

<sup>2</sup>Interní klinika IPVZ, KNTB, a.s., Zlín

e-mail: [bakala@bnzlin.cz](mailto:bakala@bnzlin.cz)

Nukleární kardiologii se v současné době otevírá nová možnost využití, a to u pacientů se srdečním selháním, kde může sehrát klíčovou roli. Srdeční selhání je definováno jako klinický syndrom, který popisuje situaci, kdy srdce nestačí zvládnout přečerpávání krve, dochází k městnání, otokům. Klasifikace je podle NYHA I.–IV. U těchto pacientů je velmi důležité zjištění prognózy (podle ní stanovit způsob terapie) a prevence náhlé smrti. V nukleární medicíně jsou nejběžnějšími radiofarmaky, která můžeme použít, <sup>99m</sup>Tc tetrofosmin a <sup>99m</sup>Tc MIBI. Slouží jednak je zjištění poruchy perfuze, viabili-

ty, ejekční frakce, dále ke zjištění rozsahu poruchy kinetiky a hlavně změn objemu systolických a diastolických parametrů. Je známa studie COURAGE, která ukazuje, že pacienti, kteří měli při zátěži viabilní myokard, mají i mnohem lepší prognózu při intervenčních výkonech, naopak pacienti, u kterých viabilní myokard neprokázán mají větší výhodu z klasické medikamentózní terapie. Dalším používaným radiofarmakem je  $^{123}\text{I}$  MIBG, které umožňuje sledovat inervaci srdce-adrenergní receptory, protože je všeobecně známo, že u pacientů s velmi redukcí inervací je mnohem větší riziko vzniku maligních arytmií. Samozřejmě existují ještě další postupy, které se však v běžné klinické praxi nepoužívají, patří mezi ně metabolické zobrazení pomocí **mastných kyselin**, které se někdy nazývají memory imaging a samozřejmě i všechny metodiky PET/CT. Dalším využívaným radiofarmakem je  $^{123}\text{I}$  MIBG. O přínosu scintigrafie pomocí  $^{123}\text{I}$  MIBG pro diagnózu a prognózu je studie ADMIRE, která skončila před dvěma lety. Podle studie ADMIRE, která probíhala v rámci České republiky i na našem oddělení, je jako riziková skupina brána ta, kdy poměr srdce/mediastinum (H/M) a washout je větší než 1,6. Pacienti s nižším poměrem mají o 50 % vyšší výskyt maligních arytmií, tzn., je ideálním indikačním kritériem k zavedení kardioverterů. Kritéria České kardiologické společnosti k indikaci kardioverterů jsou vágní, neboť udávají ejekční frakci nižší než 35 % a NYHA II–III. Studii jsme prováděli na diabetících. U pacientů s komplikacemi byl poměr H/M mnohem horší a washout zrychlený. Další rozvoj souvisí s PET/CT.

**Závěr.** Před nukleární kardiologií se objevuje nová možnost uplatnění – diagnostika, prognóza a navržení způsobu léčby u pacientů srdečním selháním a prevence náhlé smrti.

## ZNAČENÍ DENDRITICKÝCH BUNĚK A JEJICH PŘÍPRAVA K APLIKACI

KRAJÍČKOVÁ M. VRÁNOVÁ A. TÁBORSKÁ K.  
Klinika nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FNM, Praha  
e-mail: krajickovamiloslava@seznam.cz

Dendritické buňky (DC) patří mezi bílé krvinky, které jsou schopny rozeznat různé antigeny včetně nádorových buněk. Po rozeznání je následně zpracují a aktivují další složky imunitního systému, které vedou k jejich eliminaci. Dendritické buňky se nachází v lidském těle v různých tkáních i krvi. Z krve se ve velmi malém množství dají získat přímo. Nejlepší způsob a také nejlépe prozkoumaný je vypěstovat dendritické buňky z monocytů periferní krve za zvláštních laboratorních podmínek.

Odběrem krve a následnou tzv. leukoferézou jsou odebrány a zpracovány bílé krvinky, které jsou posléze v laboratoři použity na produkci dendritických buněk. Tyto buňky jsou dále stimulovány nádorovými buňkami a upraveny tak, aby byly schopny navodit protinádorovou odpověď.

Naším úkolem bylo označit  $^{111}\text{In}$ -Oxinem tyto dendritické buňky (řádově  $10^6$  až  $10^7$ ) při zachování jejich viability. Jelikož v literatuře a v člancích s touto problema-

tikou nebyly žádné konkrétní postupy na manipulaci a značení těchto buněk, obrátili jsme se k návodu na značení bílých krvinek. Museli jsme ovšem přizpůsobit velikost vstupní aktivity, dobu inkubace i otáčky centrifugace a také způsob promývání buněk právě na první várce zkušebních vzorků, která obsahovala tři vzorky dendritických buněk o koncentraci  $2 \cdot 10^6$  v 1 ml roztoku. Tyto DC nebyly pro malou koncentraci a z toho vyplývající menší účinnost značení (od 25,3 % do 30,2 %) určeny k aplikaci pacientům.

Značení dalších dvou vzorků DC o koncentraci  $20 \cdot 10^6$  a  $50 \cdot 10^6$  buněk vykazovalo účinnost značení 77,4 % a přes 81 %.

Tyto značené dendritické buňky byly aplikovány intradermálně nebo subkutánně do axily a inguiny pacientů a ti byly snímáni scintigrafickou kamerou v časech:

1. pacient po 1, 4, 24 a 48 hodinách,
2. pacient po 1, 4, 24, 48 a 72 hodinách.

**Závěr.** Zobrazovací metody pro detekci pohybu DC *in vivo* ukázaly po aplikaci značených DC migraci do regionálních lymfatických uzlin. Tato migrační aktivita DC do regionálních lymfatických uzlin je jeden z mnoha velmi důležitých faktorů, které ovlivňují terapeutický výsledek protinádorové vakcinace a její účinnost.

U těchto dvou pacientů bylo zjištěno, že lepší migrační aktivita je dosažena při subkutánní než při intradermální aplikaci.

## ZKUŠENOSTI SE ZNAČENÍM LEUKOCYTŮ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO NA ONM V ÚSTÍ NAD LABEM

KOPÁČEK R., MAUXOVÁ M.  
Oddělení nukleární medicíny, Krajská zdravotní, a.s., Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.  
e-mail: kopacek@mnul.cz

**Diagnostika.** Scintigrafii zánětů, provádíme na našem oddělení již téměř 20 let,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -značenými monoklonálními protilátkami proti granulocytům. Používáme převážně **Scintimun-granulocyte** CIS bio-Iba (25 415 Kč pro 2 pacienty), jejich použití v poslední době poněkud komplikuje potřeba stanovení protilátek HAMA. To u **LeucoScan** Immunomedics (12 978 Kč pro 1 pacienta) s menší molekulou není nutné. Práce s oběma preparáty je snadná, ale preparáty jsou poměrně drahé.

Začali jsme se tedy zajímat i o možnost značení autologních leukocytů pacientů  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO **Leuco-Scint** Medi-Radiopharma (9840 Kč pro 3 pacienty).

K použití tohoto však bylo třeba pořídit další laminární box a centrifugu. Po jejich získání jsme v roce 2009 mohli začít s odzkoušením, při instruktaži pracovnice firmy BANK.SYS, která je dodavatelem kitu v České republice.

Problém se objevil při centrifugaci, kdy pro nevhodný rotor nelze docílit požadovaných 2000 g (5246 ot./min), ale jen 4000 ot./min, tedy 1162 g. Vyřešili jsme to prodloužením doby centrifugace z 5 min na 7 min. Výsledek byl dobrý.

Porovnáváme také úhrady těchto používaných radiofarmak.

Rok	Počet pacientů	Průměrná aktivita MBq	Průměrná účinnost značení %
2009	2	543,5	71,5
2010	11	635,4	68,3
2011	6	476,8	55,9

**Závěr.** Metoda vyžaduje jednorázovou poměrně nákladnou investici do pořízení laminárního boxu a centrifugy. Ta se pak během několika let vrátí v úsporách za kity na značení. Metoda je pracnější, doba značení je delší, úskalím mohou být také špatné žíly pacienta. Metoda se nám osvědčila a doporučujeme ji dalším zájemcům.

### HARMONIZACE PLNĚNÍ POŽADAVKŮ ATOMOVÉHO ZÁKONA A ZÁKONA O LÉČIVECH PŘI PŘÍPRAVĚ A ROZPLŇOVÁNÍ RADIOFARMAK

VRÁNA V., KRÁLÍK P., MOŠA M.  
Ústav nukleární medicíny I. LF UK a VFN, Praha  
e-mail: vrana@lf1.cuni.cz

Příprava radiofarmak, kontrola jejich radiochemické čistoty, aktivity a rozplňování pro jednotlivé pacienty a jejich aplikace musí souběžně odpovídat požadavkům bezpečného nakládání s otevřenými zdroji ionizujícího záření podle Atomového zákona a požadavkům zákona o léčivech. Je popsáno a zhodnoceno využití standardně dostupných ochranných pomůcek pro přípravu a rozplňování radiofarmak. Při tom je používán výhradně běžně dostupný zdravotnický materiál. Důraz je kladen na jednoduchost provedení, funkční kontinuitu jednotlivých pracovních kroků a důslednou prevenci nežádoucího ozáření včetně ozáření rukou. Rovněž tak na kontaminaci radionuklidovou a bakteriální. Ke snížení radiační zátěže a prevenci kontaminace obou typů přispívá zjednodušené, přímé měření aktivity eluátu technecia k přípravě radiofarmak pomocí kitů. S použitím obdobného zařízení se měří rovněž aktivita radiofarmaka odebraná pro jednotlivého pacienta. Běžně používaný měřič aktivity má pak pouze kontrolní, případně srovnávací funkci. Podmínkou je použití standardní sady kontejnerů, které zaručují neměnnou geometrii měření. Bude rovněž prezentován nový typ měřiče aktivity bez obvyklého ramene na zasouvání vzorku, které zasahuje do pracovního prostoru. Nový typ automatické aplikační jednotky pro intravenózní aplikaci radiofarmak umožňuje ve vertikální poloze kvantitativní vyprázdnění stříkačky. Řízení aplikační stanice zajišťuje buď PC, nebo malá ovládací krabice. Celý pracovní cyklus je řešen tak, že umožňuje likvidaci odpadů s ohledem na minimalizaci radiačního a mikrobiologického rizika.

### SOUČASNÉ MOŽNOSTI ZÍSKÁNÍ SPECIALIZOVANÉ ZPŮSOBILOSTI V PŘÍPRAVĚ RADIOFARMAK

KOMÁREK P.  
IPVZ, Praha  
e-mail: komarek@ipvz.cz

Odborná způsobilost v přípravě radiofarmak se získá absolvováním studijního programu se zdravotnickou akreditací na VŠ nebo VOŠ.

U studijních programů bez zdravotnické akreditace se získá absolvováním Akreditovaného kvalifikačního kurzu. Specializovaná způsobilost se získá absolvováním specializačního studijního programu a atestační zkouškou.

Do kategorie pracovníků pro specializovanou způsobilost v přípravě radiofarmak patří farmaceuti (podle zákona č. 95/2004 Sb., o lékařských povoláních), vysokoškoláci (podle zákona 96/2004 Sb., o nelékařských povoláních) a farmaceutičtí asistenti (podle zákona 96/2004 Sb., o nelékařských povoláních).

„Lékařská“ povolání reguluje vyhláška č. 185/2009 Sb., o oborech specializačního vzdělávání lékařů, zubních lékařů a farmaceutů a oborech certifikovaných kurzů ze dne 17. června 2009.

„Nelékařská“ povolání reguluje Nařízení vlády 31/2010 Sb., o oborech specializačního vzdělávání a označení odbornosti zdravotnických pracovníků se specializovanou způsobilostí, ze dne 11. ledna 2010.

Všichni zájemci o atestaci nyní zařazení do specializační přípravy mohou dokončit specializační vzdělávání podle vzdělávacích programů z roku 2005 (tedy jediné nyní platné verze), a to i uchazeči o atestaci zařazení po 1. červenci 2009. Jakmile vejdu v platnost nové programy přijaté již v souladu s vyhláškou č. 185/2009 Sb., resp. její novelou č. 361/2010 Sb., budou si uchazeči zařazení před vydáním programů ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR moci vybrat, zda chtějí postupovat podle původních programů z roku 2005, nebo podle programů nových.

Z toho vyplývá závěr:

- Kdo je již zařazen do specializační přípravy a rozhodne se atestovat podle vzdělávacích programů z roku 2005, nemusí absolvovat 2 týdny praxe na akreditovaném pracovišti, avšak podle předešlé vyhlášky je doba specializační přípravy 4 roky.

- Kdo se rozhodne atestovat podle nových vzdělávacích programů, musí absolvovat 2 týdny praxe na akreditovaném pracovišti, avšak doba specializační přípravy je 3 roky.

- Zájemci o atestaci zařazení do oboru specializace po přijetí nových vzdělávacích programů (současný předpoklad je druhé pololetí 2011) budou muset postupovat výhradně podle programů nových.

*Obsah platných vzdělávacích programů je dostupný na:*

<http://www.ipvz.cz/vzdelavaci-programy.aspx?skupina=3> (farmaceuti)  
<http://www.ipvz.cz/vzdelavaci-programy.aspx?skupina=6> (JOP)  
[http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c\\_4705\\_11.html](http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c_4705_11.html) (farm. asistenti)

## HODNOCENÍ EXPOZIC ODBORNÝCH PRACOVNÍKŮ PŘI SLEDU ÚKONŮ PŘI PŘÍPRAVĚ RADIOFARMAK

PEKÁREK J., ULLMANN V., TYDLAČKOVÁ H., BAJEROVÁ P., PUCHÁLKOVÁ Z.  
Klinika nukleární medicíny FN, Ostrava  
e-mail: jan.pekarek@fnspo.cz

Jednou ze stěžejních časově a lokálně ucelených pracovních aktivit radiofarmaceutických laboratoří na pracovištích nukleární medicíny je ranní eluce  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generátoru a následná příprava celé škály  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -radiofarmak. Vzhledem k tomu, že se při této činnosti pracuje s poměrně vysokými aktivitami (cca 30–34 GBq na ostravském pracovišti), lze zde očekávat zvýšené riziko radiační zátěže pracovníků a vyvstává tak potřeba optimalizace radiační ochrany.

Pro zmapování radiační situace v laboratoří s aseptickým laminárním boxem byla provedena měření dávkového příkonu v různých místech pracoviště s použitím dané fixní aktivity  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  umístěné v referenčním místě aseptického boxu.

Během typických úkonů s instalací  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generátoru, jeho eluci v laminárním boxu a následném zpracování eluátu pro přípravu radiofarmak včetně kontroly jakosti – byly měřeny hodnoty dávkových příkonů v jednotlivých stanovených místech pracoviště.

Vlastního měření radiační zátěže se zúčastnili tři pracovníci radiofarmaceutických laboratoří, kteří obdrželi osobní OSL a prstové termoluminiscenční dozimetry, které pod dobu 1 měsíce nosili při ranním pracovním cyklu při přípravě většinou techneciových radiofarmak.

I když se pracovníci střídali ve stanovených lokalitách sledovaných měření radiační zátěže, použití dozimetru bylo dáno vždy pro danou sledovanou pracovní oblast. Tento pro měření stanovený akční rádius byl dán:

1. vnitřním prostředím boxu (prstové dozimetry) a prostorem před ochranným Pb sklem boxu (pracovník – box),
2. prostorem laboratoře 1, ve které je laminární box umístěn (asistent 1),
3. prostorem laboratoře 2 – laboratoř servisní (asistent 2).

Výsledně jsou porovnávány jednotlivé dávky měření dávkových příkonů a naměřených hodnot na prstových dozimetrech a efektivních dávkách osobních. I když byly tyto dávky prokázány jako relativně nízké (a hluboce „podlimitní“), potvrdily nejen oprávněnost a smysl pracovních organizačních a technických ochranných opatření ale ukázaly také další směry a možnosti jejich snížení a optimalizace.

## ASPEKTY RADIAČNÍ OCHRANY V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ A DÁVKY RADIAČNÍCH PRACOVNÍKŮ

PAŠKOVÁ Z.  
Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha  
e-mail: zuzana.paskova@sujb.cz

Při práci s otevřenými radionuklidovými zříci, kterými jsou radiofarmaka používaná k diagnostickým a terapeutickým aplikacím v nukleární medicíně, jsou radiační pracovníci vystaveni kromě zevního ozáření také riziku vnitřní a/nebo povrchové kontaminaci. Tomu je třeba přizpůsobit podmínky práce a odpovídající ochranu pracovníků.

Podle průměrných ročních efektivních dávek zjišťovaných na základě sledování osobní dozimetrie jsou pracovníci nukleární medicíny na druhém místě ve výši osobní dávky jednotlivých vybraných profesních skupin ve zdravotnictví, kde je používáno lékařské ozáření.

Více než 50 % radiačních pracovníků v nukleární medicíně je vybaveno také prsténkovými dozimetry ke sledování zátěže rukou. Roční dávky se u některých pracovníků pohybují až na úrovni 1/3 stanoveného limitu ekvivalentní dávky pro ruce. Hodnoty ročních dávek na ruce u sledovaných pracovníků leží v intervalu (0, 150) mSv (podle výpisu z Registru ozáření osob za rok 2010). Bylo zjištěno, že na pracovištích srovnatelných co do velikosti zpracovávané aktivity se dávky na ruce pracovníků liší o více než jeden řád (8,4 mSv a 132 mSv). U pracovníků s nejvyšší radiační zátěží na ruce nebyly zjištěny vyšší efektivní dávky, což potvrzuje stínící schopnosti používaných laminárních boxů. Na straně druhé na pracovištích PET díky technickému vybavení a dobré organizaci práce nebylo zjištěno výrazné zvýšení zátěže na ruce pracovníků.

## VLIV ROZPLNĚNÍ $^{18}\text{F}$ -FDG NA PRŮMĚRNÉ HODNOTY EFEKTIVNÍ DÁVKY NA PRACOVIŠTI ÚSTAVU NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY V PRAZE

MOŠA M., VRÁNA V.  
Ústav nukleární medicíny I. LF UK a VFN, Praha  
e-mail: mosa@imuna.cz

Effective dose provides an approximate indicator of potential detriment from ionizing radiation and should be used as one parameter in evaluating the appropriateness of examinations involving ionizing radiation. The purpose of this review is to provide a compilation of effective doses for our department of nuclear medicine procedures before and after applying of  $^{18}\text{F}$ -radiopharmaceuticals, especially of  $^{18}\text{F}$ -FDG. Average effective dose for most nuclear medicine procedures varies between 0.3 and 20 mSv. These doses can be compared with the average annual effective dose from background radiation of about 3 mSv. Our especial protect system is very virtuous, because the average effective doses in department of nuclear medicine were before using of  $^{18}\text{F}$ -FDG 0.12 (average), 0.10 (median), 0.10 (SD) as well as Hp (0.07)

and 0.19 (average), 0.10 (median), 0.21 (SD) as well as H (T) and after using of  $^{18}\text{F}$ -FDG 0.14 (average), 0.10 (median), 0.88 (SD) as well as Hp (0.07) and 0.62 (average), 0.29 (median), 0.98 (SD) as well as H(T).

Effective dose (mSv)	BEFORE $^{18}\text{F}$		AFTER $^{18}\text{F}$	
	Hp (0.07)	H (T)	Hp (0.07)	H (T)
average	0.12	0.19	0.14	0.62
median	0.10	0.10	0.10	0.29
SD	0.10	0.21	0.88	0.98

**Conclusion.** Three times increased effective doses was not of high account. Our observations suggest successful radiation protection measures at our department of nuclear medicine by means of  $^{18}\text{F}$  radiopharmaceuticals.

## RIZIKO KARCINOGENNÍCH ÚČINKŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

BEZDĚKOVÁ O., ULLMANNOVÁ L.

Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny FN, Ostrava  
e-mail: lenka.ullmannova@fnso.cz

Cílem prezentace je názorně na příkladě ukázat, jaké je riziko karcinogenních účinků ionizujícího záření u obyvatelstva. Odhady tohoto rizika se zvyšují se zvyšující se hodnotou koeficientů rizika i s nárůstem ozáření obyvatelstva České republiky z rentgenové diagnostiky a nových zobrazovacích metod KNM. Tento profesionální odhad je prováděn pro lepší představu zdravotníků o velikosti karcinogenních účinků ionizujícího záření při uplatňování principů radiační ochrany v lékařském ozáření (uplatnění zdůvodnění, optimalizace a bezpečnosti zdrojů) a pro lepší ochranu a posouzení radiační zátěže u radiačních pracovníků (uplatnění zdůvodnění, optimalizace, bezpečnosti zdrojů a nepřekročení limitů). Při použití zdůvodnění a optimalizace v radiační ochraně se musí vážit na jedné straně pozitiva (např. správné určení diagnózy k správné volbě terapie) oproti negativ (např. vedlejším účinkům) daného zvoleného vyšetření. Bez znalostí radiační zátěže z lékařského ozáření a znalostí rizika karcinogenních účinků způsobených ionizujícím zářením nelze v praxi správně použít princip zdůvodnění a optimalizace.

## Literatura

- Směrnice rady č. 97/43 EURATOM o ochraně zdraví jednotlivců před riziky z ionizujícího záření v souvislosti s lékařským ozářením.
- ICRP (1977). Recommendation of the ICRP, ICRP Publication 26. Annals of the ICRP 1.
- ICRP (1991). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 21.
- ICRP (2007). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103.

- Standard syllabus course on Radiation Protection in diagnostic and interventional radiology.
- ICRP (2003c). Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (wR). ICRP Publication 92. Annals of the ICRP 33 (4).
- ICRP Publication 99 – International Commission on Radiological Protection, Low-dose Extrapolation of Radiation – related Cancer risk, 2006.
- UZIS 2007 – Zdravotnická ročenka České republiky 2006.
- Hall E. J. and Brenner D. J.: Cancer risks from diagnostic radiology. Br. J. Radiol. 2008; 81: 362–378.
- Kodl O. et al.: Radiační ochrana při zubních radiodiagnostických vyšetřeních, 3. přeprac. vyd. Praha: Havlíček Brain Team 2007.

## RADIAČNĚ-BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ PŘI VNITŘNÍ APLIKACI RADIOFARMAK; NOVÉ RADIOBIOLOGICKÉ POZNATKY

ULLMANN V.

Klinika nukleární medicíny FN, Ostrava  
e-mail: vojtech.ullmann@fnspo.cz

Při aplikaci **radiofarmak** dochází k **radiobiologickým účinkům** v organismu: buď k cíleným účinkům při **radionuklidové terapii**, nebo k nežádoucímu při **diagnostické aplikaci** v nukleární medicíně.

Působení ionizujícího záření na živou tkáň zahrnuje řadu složitých procesů fyzikálních, fyzikálně-chemických, (bio)chemických a biologických. Většina těchto procesů probíhá na molekulární a subcelulární úrovni a nakonec vyúsťují v poškození buněk, tkání, orgánů i celého organismu – v biologické účinky **deterministické** a **stochastické**.

Závislost biologického účinku na absorbované radiační dávce D je velmi dobře vyjádřena **lineárně-kvadratickým modelem** (LQ model):

$$N = N_0 \cdot e^{-(\alpha \cdot D + \beta \cdot D^2)}, \rightarrow -\ln(N/N_0) = \alpha \cdot D + \beta \cdot D^2,$$

kde  $N_0$  je výchozí počet buněk, N je počet přežilých buněk,  $\alpha$  a  $\beta$  jsou parametry vyjadřující průměrnou pravděpodobnost  $\alpha$ -poškození na jednotku dávky a  $\beta$ -poškození na čtverec dávky; jejich hodnoty se liší pro různé druhy buněk ( $a \approx 0,1 \pm 0,8 \text{ Gy}^{-1}$ ,  $b \approx 0,01 \pm 0,1 \text{ Gy}^{-2}$ ). Tato závislost platí především pro deterministické účinky, avšak implicitně leží i v základech pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků.

V přednášce rozebereme některé **mechanismy účinků** záření především na molekulární a subcelulární úrovni (především z hlediska interakcí s DNA), které vedou k **exponenciální lineárně-kvadratické závislosti** buněčného přežití na radiační dávce. Budeme diskutovat význam LQ modelu pro radioterapii a radiační ochranu včetně **časových faktorů** buněčné reparace a repopulace při ozařování radiační dávkou D během ozařovací doby T:

$$-\ln(N/N_0) = \alpha \cdot D + \{2 \cdot [(1 - e^{-\lambda \cdot T}) \cdot (1 - 1/\lambda \cdot T)] / \lambda \cdot T\} \cdot \beta \cdot D^2 - \ln 2 \cdot T / T_{21},$$

kde parametr  $\lambda$  vyjadřuje rychlost buněčné repara-  
ce,  $T_{2r}$  čas zdvojení počtu buněk repopulací.

**Distribuce radiační dávky** v jednotlivých tkáních a orgánech při vnitřní aplikaci radiofarmak je složitou funkcí fyzikálních vlastností použitých radionuklidů a farmakokinetiky značených látek. Stručně přiblížíme metodu **MIRD** pro stanovení této dávkové distribuce a odhad celkové efektivní dávky.

Nakonec zmíníme některé nové radiobiologické poznatky: vliv vícečasticových interakcí u hustě ionizujícího záření, **bystander-efekt** indukovaného radiačního účinku v tkáni a **hyper-radoiosenzitivitu** buněk v oblasti nízkých dávek. Jaký je mechanismus těchto jevů? A jaký mohou mít význam v biologických aplikacích ionizujícího záření, včetně aplikací radiofarmak?

Více informací: <http://www.AstroNuklFyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>

### STABILITA KYSELINY MEZO-2,3-BIS(SULFANYL)BUTÁNDIOVEJ (DMSA) V UHLIČITANOVOM TLMIVOM ROZTOKU

STANÍK R., BENKOVSKÝ I.

Univerzita Komenského v Bratislave, Farmaceutická fakulta, Katedra farmaceutickej analýzy a nukleárnej farmácie  
e-mail: stanik@fpharm.uniba.sk

Nukleárna medicína využíva na diagnostické a terapeutické účely širokú škálu rôznych rádiofarmak. Diagnostické rádiofarmaká najčastejšie obsahujú ako zdroj rádioaktívneho žiarenia technécium  $^{99m}\text{Tc}$  ( $^{99m}\text{Tc}$ )<sup>1</sup>. Medzi prvé technéciové rádiofarmaká patrí aj komplex  $^{99m}\text{Tc(III)-DMSA}$  pripravený v kyslom reakčnom prostredí<sup>2</sup>. Toto rádiofarmakum sa používa predovšetkým na scintigrafiu a funkčnú diagnostiku obličiek<sup>3,4</sup>. Ak príprava  $^{99m}\text{Tc-DMSA}$  komplexu prebieha v alkalickom prostredí, vzniknuté rádiofarmakum  $^{99m}\text{Tc(V)-DMSA}$  má široké uplatnenie pri diagnostike tumoru štítnej žľazy a rôznych typoch metastáz<sup>5,6</sup>. Na danú prípravu majú výrazný vplyv reakčné podmienky a množstvá jednotlivých reaktantov. Predpokladá sa taktiež vznik viacerých  $^{99m}\text{Tc-DMSA}$  komplexov<sup>7</sup>.

Aj napriek faktu, že DMSA sa v praxi používa takmer 40 rokov, je len veľmi málo poznatkov o jej stabilite a možných degradačných produktoch<sup>8</sup>. Preto cieľom predkladanej práce je štúdium stability DMSA v alkalickom prostredí uhličitanového tlmivého roztoku (pH  $\approx$  11). Toto prostredie je blízke príprave  $^{99m}\text{Tc(V)-DMSA}$  komplexu. Na štúdium sme využili  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$ , a UV-VIS spektroskopiu. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že roztok DMSA v uhličitanovom tlmivom roztoku s pH  $\approx$  11 je nestabilný. Na UV-VIS spektre je možné vidieť miernu zmenu priebehu už po 20 min. NMR experimenty potvrdili vznik degradačného produktu, ktorým je kyselina fumárová. Stratu – SH skupiny a následné uvoľňovanie  $\text{H}_2\text{S}$  potvrdil aj pozitívny test s octanom olovnatým. V  $^1\text{H-NMR}$  spektre sa navyše objavujú aj ďalšie oxidované a dime-

rizované formy DMSA, ktoré zatiaľ neboli identifikované.

Práca bola vypracovaná za podpory Grantu Univerzity Komenského č. UK/3/2011.

### Literatura

1. Hyatt A. Advancing Nuclear Medicine Through Innovation, The National Academies Press, USA, 2007.
2. Handmaker H., Young B. W., Lowenstein J. M.: Journal of Nuclear Medicine 1975; 16, 28–32.
3. Kanat N. B., Aslan M., Bozkurt M. F., et al.: Clinical Nuclear Medicine 2009; 34, 727–730.
4. Fouzas S., Krikelli E., Vassilako P., et al.: Pediatrics 2010; 126, E513–E519.
5. Ergun E. L., Kara P. O., Gedik G. K., et al.: Annals of Nuclear Medicine 2007; 21, 275–283.
6. Zhang Y., Guo C. B., Yu G. Y., et al.: Oral Oncology 2009; 45, 492–495.
7. Benkovský I., Staník R.: Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry 2010; 284, 231–237.
8. Aposhian H. V., Mershon M. M., Brinkley F. B., et al.: Life Sciences 1982; 32, 2149–2156.

### KONTROLA JAKOSTI RADIOFARMAK FIRMY LACOMED V RŮZNÝCH ČASOVÝCH INTERVALECH

ŽILKOVÁ K., BRACHTLOVÁ E., KAFKA P.

Oddělení nukleární medicíny FN, Hradec Králové  
e-mail: zilkokat@fnhk.cz

Prováděli jsme stanovení radiochemické čistoty u kitů firmy Lacoméd, konkrétně u MDP, DMSA, MAG a DTPA, v průběhu jejich použitelnosti po označení a jednu hodinu po jejich expiraci.

Kontrola kvality byla u MDP ověřována chromatografií na tenké vrstvě ITLC-SG v 0,9 % NaCl (reduko- vané hydrolyzované Tc) a chromatografií na papíře Whatman 1 ve směsi aceton-voda (9 : 1) (technecistan sodný) v intervalech 1, 3, 5, 6 a 7 hodin po rekonstituci preparátu.

U kitu DMSA byla radiochemická kontrola ověřena papírovou chromatografií Whatman 1 v mobilní fázi aceton-voda (9 : 1) v čase 1, 3, 4 a 5 hodin od označení techneciem.

Kontrola radiochemické čistoty u preparátu MAG 3 byla provedena opět papírovou chromatografií na Whatman 1 ve vyvíjející směsi acetonitril–voda (7 : 3) po 1, 3, 5 a 6 hodinách od přípravy kitu.

Radiochemická čistota kitu DPTA byla ověřena tenkovrstvou chromatografií na ITLC-SG a vyvíjena 2-butanonem (technecistan sodný) a 0,9% NaCl (reduko- vané hydrolyzované Tc) v čase 1, 3, 5 a 6 hodin od rekonstituce.

Chromatogramy byly detekovány na přístrojích Curie-mentor 4 a RITA star.

Ve všech případech byly hodnoty radiochemické čistoty vyhovující, pouze u MDP bylo nalezeno po 5 hodinách o 1% více technecistanu sodného než je deklarováno.

## JAK PROVÁDĚT ANALÝZU <sup>99m</sup>Tc- -OXIDRONÁTU VE DVOU CHROMATOGRÁFICKÝCH SOUSTAVÁCH?

ZAHRÁDKA F.<sup>1,2</sup>, KOPECKÁ K.<sup>2</sup>, RAUS K.<sup>3</sup>, HRUBÁ J.<sup>4</sup>,  
LOUDILOVÁ K.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>KC SOLID, spol. s r.o.

<sup>2</sup>ONM Oblastní nemocnice Příbram

<sup>3</sup>CNM s.r.o., Praha

<sup>4</sup>Nemocnice Na Homolce, Praha

e-mail: fanda@kcsolid.cz

Předmětem sdělení je předání zkušeností s rutinní kontrolou radiofarmaka <sup>99m</sup>Tc-oxidronátu na několika pracovištích nukleární medicíny.

Výchozím bodem je souhrn požadavků pro analýzu radiofarmaka, dle lékopisu (PhEur/ČL, USP) a příbalové informace kitu. Jsou prezentovány zkušenosti pracovišť s prováděním kontroly, vždy ve dvou soustavách (aceton či methylethylketon a zároveň fyziologický roztok či 13,6% octan sodný), jak předepisují citované podklady.

Vedle tradiční metody stříhání a měření chromatografických proužků jsou doplněny do sdělení i křivky získané z pohyblivého radiochromatografu a způsob vyhodnocení analýz dle oblastí zájmu jednotlivých píků.

V úvahu jsou brány i použité stacionární fáze, tj. značkový chromatografický papír či TLC v provedení silikagelu na skleněných vláknech.

Diskutovány jsou možné zdroje chyb provedení analýzy a tedy vznik artefaktů vedoucích k špatně reprodukovatelným a chybným výsledkům.

## VÝVOJ RADIOFARMAK PRO SCINTIGRAFII KOSTÍ

DRYMLOVÁ J., KORANDA P.

Klinika nukleární medicíny FN a LF, Olomouc

e-mail: jarmila.drymlova@fnol.cz

Sdělení se zabývá vývojem radiofarmak pro scintigrafii kostí.

Historie: Nejdříve se začínaly používat radionuklidy jako <sup>32</sup>P, <sup>45</sup>Ca, <sup>47</sup>Ca, <sup>89</sup>Sr a <sup>72</sup>Ga hlavně pro terapii kostních onemocnění. V roce 1947 bylo použito poprvé <sup>72</sup>Ga k detekci kostních metastáz, ale mělo vysokou energii, později se přešlo k <sup>67</sup>Ga.

Kolem roku 1961 se zkoušelo <sup>85</sup>Sr, které detekovalo metastázy dříve než rentgenový snímek. Mělo rychlou vazbu do kosti, ale pomalé vylučování z těla. V roce 1964 byl představen <sup>87m</sup>Sr-stroncium citrát, vhodnější hlavně pro vyšetření dětí.

V roce 1962 bylo použit <sup>18</sup>F-fluorid sodný pro scintigrafii kostí. Problémem byl velmi krátký poločas rozpadu.

Na začátku sedmdesátých let 20. století se začaly používat <sup>99m</sup>Tc značené preparáty, nejdříve polyfosfáty, které pak nahradily pyrofosfáty a nakonec difosfonáty. V dnešní době se opět vrací k <sup>18</sup>F, u kterého se již vyřešila logistika, ale stále má nejvyšší cenu.

Součástí přednášky je seznámení s přípravou, kontrolou a biologickým chováním nejčastěji používaných

radiofarmak <sup>99m</sup>Tc- MDP a <sup>99m</sup>Tc-HDP. Zabudování těchto techneciových komplexů do kostí je adekvátní krevnímu průtoku v kostech, není zde žádná difuzní bariéra během transitu z krve do kosti.

Fosfáty a fosfonáty se vážou na Ca<sup>2+</sup> v kostních krystalech. Vazba na vápník v kostech je vyšší, když se substituuje jeden hydroxyl a druhý hydrogen jako u HDP. Je to umožněno vazbou ligandů v HDP na vápník přes dva kyslíkové atomy a hydroxyl skupinu. U MDP pouze vazba přes dva kyslíky, a proto menší vazebná aktivita než u HDP.

**Závěr.** Kostní scintigrafie zachytí časné patologické změny na skeletu bez ohledu na jejich etiologii. Jemné detaily struktury se nedají rozlišit. Vyšetření má vysokou citlivost a nízkou specifickou. Změny se dají kvantifikovat. Kostní scintigrafie je v indikovaných případech vhodná jako rutinní vyšetření. Získá se přehledný snímek celého skeletu při nižší radiační zátěži než u rentgenového vyšetření. Scintigram se dá podle potřeby častěji opakovat.

## TECHNECIUM <sup>99m</sup>Tc A GENERÁTORY <sup>Mo99-</sup> <sup>Tc99m</sup> OD ZÁKLADNÍHO OBJEVU AŽ PO SOUČASNOST – HISTORICKÉ POZNÁMKY SE ZAMĚŘENÍM NA DIAGNOSTIKU NA KNM V OLOMOUCI

HUŠÁK V.<sup>1,2</sup>, DRYMLOVÁ J.<sup>2</sup>, PTÁČEK J.<sup>2,3,4</sup>, FIALA P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Lékařská fakulta UP, Olomouc

<sup>2</sup>Klinika nukleární medicíny LF s FN, Olomouc

<sup>3</sup>Oddělení lékařské fyziky a radiační ochrany FN, Olomouc

<sup>4</sup>Ústav radiologických metod, FZV UP, Olomouc

e-mail: husak.vaclav@gmail.com

Technecium je umělý prvek, jehož existence byla předpovězena Mendělejevem v roce 1871. V roce 1937 Perrier a Segre prokázali, že tento prvek existuje ve vzorku kovového molybdenu, který byl ostřelován jádru deuteria. Tucker et al. zjistili při zdokonalování generátoru, který produkoval <sup>132</sup>I, geneticky svázanou dvojici <sup>99</sup>Mo – <sup>99m</sup>Tc, jež se stala základem stejnojmenného generátoru. V roce 1959 C. Shellaberger získala první snímek štítné žlázy po aplikaci <sup>99m</sup>Tc pertechnátu. P. Richard a spol. z Brookhavenské národní laboratoře oznámili oficiálně v r. 1960 na symposiu v Římě princip generátoru <sup>99</sup>Mo – <sup>99m</sup>Tc a představili možnosti jeho použití v lékařství.

Dostupnost <sup>99m</sup>Tc a jeho výhodné fyzikální charakteristiky (přeměna bez emise záření beta, krátký fyzikální poločas a tudíž i nízká radiační zátěž pacienta aj.) měly za následek, že <sup>99m</sup>Tc doznalo mimořádného rozšíření. Například v diagnostické nukleární medicíně se provádí ve světě vyšetření s radiofarmaky, jež z 85 % obsahují <sup>99m</sup>Tc. Celkový roční počet výkonů s <sup>99m</sup>Tc radiofarmaky ve světě dosahuje 40 miliónů. Další velmi příznivou okolností byl rozvoj detekční techniky – scintilační kamery objevené v r. 1958 Angerem a po něm pojmenované.

Na tehdejší dobu – šedesátá až sedmdesátá léta 20. století – poměrně skromné přístrojové vybavení Kliniky nukleární medicíny v Olomouci (pohybový scintigraf

vlastní výroby, později scintigraf Magnascanner firmy Picker a Angerova kamera firmy Nuclear Chicago) a čilá radiofarmaceutická laboratoř iniciovaly rychlé začlenění  $^{99m}\text{Tc}$  do radionuklidové diagnostiky a včasnou publikaci vyšetřovacích metod pomocí  $^{99m}\text{Tc}$  v zahraničním tisku. Například již v šedesátých letech bylo publikováno sedm prací autorů z olomoucké kliniky a spolupracovníků o klinickém použití  $^{99m}\text{Tc}$ , měření aktivity a fyzikálních charakteristikách  $^{99m}\text{Tc}$  v časopisech Fortschr. Röntgenstr., Isotopenpraxis, Radiobiol. Radiother. (Berlin) a dalších. V první desítky prací je i práce ing. O. Charamzy a dr. M. Budíkové o Sn komplexu  $^{99m}\text{Tc}$  pro scintigrafii jater publikovaná v časopisu Nuklear Medizin 1969; 8, 301–305, která je zařazena i do Brucerovy knihy „A Chronology of Nuclear Medicine“. V sedmdesátých letech byl naší klinikou v Olomouci publikovány desítky prací, jež se rovněž týkaly  $^{99m}\text{Tc}$  včetně molybdenového generátoru a radiační ochrany.

V našem sdělení jsme se pokusili naznačit, jakou roli hrálo  $^{99m}\text{Tc}$  při rozvoji Kliniky nukleární medicíny ve FN Olomouc

#### VÝZKUM RADIOFARMAK V ÚSTAVU JADERNÉ FYZIKY AV ČR, v.v.i. – PŘEHLED ŘEŠENÝCH TÉMAT

BECKORD D., EIGNER S., EIGNER HENKE K., LEBEDA O., RÁLIŠ J., PROCHÁZKA L., KROPÁČEK M., SEIFERT D., VETRÍK M.

Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i., Husinec-Řež  
e-mail: ralisj@seznam.cz

Výzkum radiofarmak je založen zejména na použití radionuklidů připravovaných v oddělení radiofarmak. Cyklotron U-120M oddělení urychlovačů a jaderný reaktor LVR-15 (ÚJV a.s.) dovolují připravovat téměř všechny radionuklidy s potenciálem pro výzkum nových radiofarmak. Příprava těchto radionuklidů tvoří první tematický okruh výzkumu v oddělení, včetně měření excitačních funkcí, návrhu a testování terčovských systémů (ve spolupráci s oddělením urychlovačů), separačních postupů a jejich automatizace.

Dalším okruhem zájmu je výzkum nových značených sloučenin jakožto perspektivních radiofarmak. Jednu skupinu těchto látek představují monoklonální protilátky a jejich fragmenty. Oddělení se věnuje přípravě derivátů nimotuzumabu a trastuzumabu s bifunkčními skupinami (DOTA, NOTA DTPA apod.) pro vazbu řady kovových radionuklidů jak pro diagnostiku, tak terapii nádorových onemocnění (Y-90, Lu-177, Y-86, Ga-68, Cu-61, 64, 67).

V oblasti radiofarmak značených F-18 probíhá vývoj následujících látek: FMISO zobrazení hypoxie tkáně; FET diagnostika gliomů; FTOCA pro zobrazení somatostatinných receptorů; FDOPA schizofrenie, autismus; FESP neuropsychiatrická onemocnění.

Pro léčbu jaterních tumorů a metastáz jsou ve spolupráci s ústavem makromolekulární chemie AVČR vyvíjeny makrosféry značené Ho-166 a Lu-177.

Velmi důležitou součástí výzkumu nových radiofarmak je ověření vlastností *in vivo* a *in vitro*. Vyvíjená

radiofarmaka jsou testována na tkáňových kulturách a jsou prováděny biologické studie na vhodných zvířecích modelech včetně zobrazování na mikro PET kameře ve spolupráci s externími pracovišti.

#### ŠEDESÁT LET RADIOFARMAK V NAŠEM ZDRAVOTNICTVÍ

KOMÁREK P.  
IPVZ, IKEM, Praha  
e-mail: komarek@ipvz.cz

V letošním roce uplynulo 60 let od prvního podání radioizotopu v našem zdravotnickém zařízení, Endokrinologickém ústavu v Praze, kdy v r. 1951 byla aplikována injekce jodidu ( $^{131}\text{I}$ ) sodného. Bylo to 15 let od první přípravy tohoto radiofarmaka ve světě. Rozvoj izotopových pracovišť začal u nás v padesátých letech 20. století, v roce 1955 v působnosti MZ šest, MŠ dvě pracoviště. Svoji náplní se přibližovala k oddělením nukleární medicíny, postupně jedenácti pracovištím. Od roku 1960 vzniká postupně síť pracovišť nukleární medicíny s přípravou radiofarmak, v současné době v počtu 45. V roce 1964 byla přijata I. koncepce oboru nukleární medicíny, v roce 1974 došlo k její novelizaci. Výuka radiofarmak v rámci nukleární medicíny se na našich lékařských fakultách datuje od konce padesátých let, na farmaceutických fakultách od konce šedesátých let. První učebnice nukleární medicíny byla vydána v roce 1963, několik učebnic radiofarmacie v sedmdesátých letech 20. století. Postupně vznikaly monografie radiofarmak v lékopisech, první v US Pharmacopoeia (USP 15) roku 1955, v Evropě v Norském, později Evropském lékopisu, u nás v ČSL3 (1970) + Doplněk (1976). Postgraduální výuka radiofarmak od roku 1970, specializace od roku 1981, analogicky s nukleární medicínou.

Používání radiofarmak nastalo postupně ve druhé polovině padesátých let, u nás se po uvedení prvního komerčního generátoru  $^{99m}\text{Tc}$  na trh v Evropě od roku 1968 používání radiofarmak díky dostupnosti technecia- $^{99m}\text{Tc}$  rozšiřovalo, a to díky možnosti značit sloučeniny pomocí kítů, kterých bylo do konce sedmdesátých let ve světě známo více než 20. Říká se, že radiofarmaka jsou „krví“ nukleární medicíny. Jejich rozvoj a budoucnost však závisí na vývoji a používání modalit, které zobrazují pomocí radionuklidů. A to vše je spjato s dostupností radionuklidů vyráběných v cyklotronech a v reaktorech. Z reaktorové produkce vzniká  $^{99m}\text{Tc}$ , nejpoužívanější radionuklid v nukleární medicíně. Dnes představuje 90 % všech aplikací pro SPECT. Z cyklotronové produkce vzniká druhý nejpoužívanější radionuklid fluor-18F. Potřebné množství  $^{99m}\text{Tc}$  je možné zajistit pouze modernizací stávajících a výstavbou nových jaderných reaktorů. Za posledních 10 let se v Evropě zvýšilo jeho používání o 50 %. Ve srovnání s jinými zobrazovacími metodami hraje hlavní úlohu při zobrazování v kardiologii (50%), onkologii (23%), neurologii (22%), kostí (55%), ostatních orgánů (74%). Při hodnocení naší radiofarmacie se diskutuje, co může urychlit její rozvoj a naopak, co brzdí u nás rozvoj radiofarmak a jejich používání. Lze však

konstatovat, že výroba, distribuce i používání radiofarmak se u nás za 60 let jejich používání vyvíjely v souladu se specifickými hospodářskými podmínkami v našem regionu se snahou udržovat krok s vývojovými trendy v zahraničí.

### ZKUŠENOSTI S POUŽITÍM MĚŘIČE AKTIVITY ATOMLAB® 500

ŠTĚPÁN J.

Klinika nukleární medicíny LF MU a FN, Brno  
e-mail: jirs@sci.muni.cz

Jedním z nezbytných přístrojů ve vybavení radiofarmaceutické laboratoře je měřič aplikované aktivity nazývaný také kalibrátor radionuklidů. Moderní měřiče aktivity určené pro radiofarmacii už nejsou jen pouhá měřidla, ale multifunkční přístroje usnadňující přípravu radiofarmak a umožňující prokazatelné dodržování legislativou požadovaných podmínek přípravy radiofarmak. Příkladem takového moderního přístroje je AtomLab® 500 firmy Biodex, o jehož použití a o zkušenostech s tím spojených pojednává předkládaný příspěvek. Příspěvek se nezabývá technickými parametry, ale klade důraz na praktické využití všech funkcí přístroje při přípravě a kontrole radiofarmak a při zkouškách zajištění kvality přístroje.

V příspěvku je nejprve popsána základní měřicí sestava – řídicí jednotka s displejem, ionizační komora, mini-

tiskárna štítků, tiskárna na tisk protokolů. Dále jsou uvedeny možnosti rozšíření této sestavy o další detektory, celkem lze připojit až sedm ionizačních komor nebo šest ionizačních komor a jeden studnový scintilační detektor NaI (TI). Popsány jsou funkce důležité při přípravě a kontrole radiofarmak – prosté měření aktivity vzorků, zjištění kalibračního koeficientu radionuklidu, budoucí aktivity, budoucí aktivity s automatickým výpočtem požadovaného objemu radiofarmaka, funkce Nuclear Pharmacy (automatizovaná příprava a kontrola kitů). Dále jsou popsány funkce pro provádění zkoušek zajištění kvality měřiče aplikované aktivity – denní test stability a jeho rozšířená verze, test geometrie, test přesnosti, testování linearitu (rozpadovou metodou nebo atenuační metodou ve dvou provedeních), nastavení dříve zjištěného kalibračního koeficientu radionuklidu. Všechny testy jsou automatizované nebo poloautomatizované, což umožňuje jejich snadné provádění. Přístroj naměřené hodnoty automaticky vyhodnocuje a výsledky ukládá do paměti. Výsledky je možno exportovat do počítače nebo přímo vytisknout ve formě protokolů, které se archivují.

Zvýšená pozornost je věnována zjištění a nastavení kalibračního koeficientu radionuklidu, který se může v závislosti na typu obalu značně lišit.

*Celý příspěvek bude dostupný na internetu: [http://sci.muni.cz/~jirs/radiochem\\_anal\\_methods/AtomLab500.pdf](http://sci.muni.cz/~jirs/radiochem_anal_methods/AtomLab500.pdf)*

## Abstrakta z akcí ČFS v časopisu Česká a slovenská farmacie

Redakce časopisu Česká a slovenská farmacie nabízí možnost zveřejňovat limitované množství abstrakt z odborných akcí pořádaných Českou farmaceutickou společností, například sympozií, seminářů, pracovních dnů apod.

Jednotlivá abstrakta (písmo Courier New, velikost 12, řádkování 2), by neměla přesáhnout 1 rukopisnou stranu formátu A4.

Počet abstrakt předem dohodnou předsedové příslušných sekcí, které akci pořádají, případně osoby zodpovědné za akci s redakcí časopisu, která poskytne i bližší informace.

Lze zveřejnit rovněž na internetových stránkách ČFS ([www.cfs-cls.cz](http://www.cfs-cls.cz))

### Kontakt:

doc. RNDr. Pavel Komárek, PhD., vedoucí redaktor, Katedra farmaceutické technologie a kontroly léčiv IPVZ  
100 05 Praha 10, Ruská 85, e-mail: [komarek@ipvz.cz](mailto:komarek@ipvz.cz), tel.: 271 019 278