

Nukleární medicína

molekulární výzkum, diagnostika a terapie



ČESKÁ SPOLEČNOST
NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY
CZECH SOCIETY
OF NUCLEAR MEDICINE



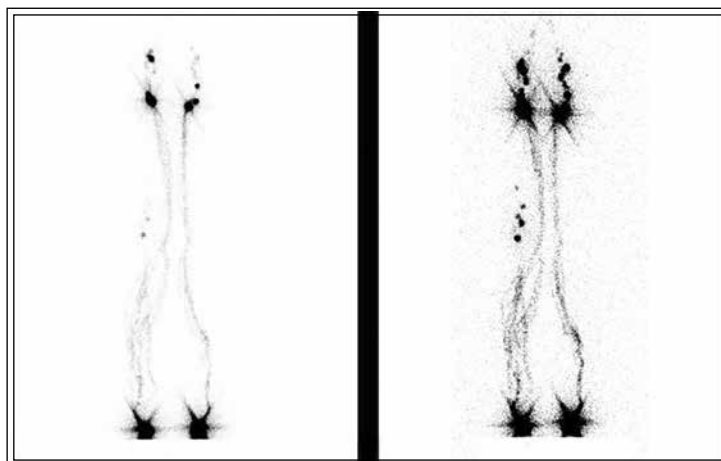
3

2023
ročník 12

ISSN 1805-1146

MK ČR E 20596

- ❑ Kontroly kvality měřičů aktivity jinak
- ❑ Měřič aktivity AtomLab 500: výhody a nevýhody vestavěné zkoušky linearity metodou s atenuačními trubicemi oproti metodě založené na rozpadu zdroje
- ❑ Efekt lymfodrenáže dolních končetin u pacientů se syndromem diabetické nohy – pilotní studie
- ❑ Společenské rubriky



ODBORNÁ ČÁST:

- Původní práce
 - Kontroly kvality měřičů aktivity jinak**
Technical note on quality control tests of dose calibrators
Šimperský I., Pecinová D. 42
 - Měřič aktivity AtomLab 500: výhody a nevýhody vestavěné zkoušky linearity metodou s atenuačními trubicemi oproti metodě založené na rozpadu zdroje**
AtomLab 500 Radionuclide Calibrator: Advantages and Disadvantages of Built-in Attenuator Tube Linearity Test vs. Source Decay Method
Štěpán J. 46
 - Efekt lymfodrenáže dolních končetin u pacientů se syndromem diabetické nohy – pilotní studie**
Effect of lymphodrainage of lower extremities in patients with a diabetic foot syndrome – a pilot study
Lang. O., Prýmková V., Daňhová B. 54

SPOLEČENSKÁ ČÁST:

- Ze společnosti NM
Nukleární medicína a MUDr. E. Hoffmannová 58
- Z historie NM
Historický kvíz 60
Sonda do historie 60
- Z akcí NM
XLIV. pracovní dny Radiofarmaceutické sekce ČSNM, Hradec Králové 3. strana obálky

© Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně z. s., Praha 2023

NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Vydáno za podpory Ministerstva zdravotnictví České republiky.

Vydává: Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně, z. s., Sokolská 31, 120 26 Praha 2

Šéfredaktor: doc. MUDr. Otto Lang, Ph.D., Praha

Zástupci šéfredaktora: doc. MUDr. Pavel Koranda, Ph.D., Olomouc, Bc. Ivana Kuníková, Praha

Jazyková úprava: Mgr. Miluše Hromadová

Tiskne: Tiskárna Prager – LD s. r. o., Elišky Přemyslovny 1335, Praha 5 – Zbraslav

Rozšiřuje v ČR: Nakladatelství Olympia, a.s., Praha,

v SR: Mediaprint-Kapa Pressegrasso, a.s., oddelenie inej formy predaja, P.O. Box 183, Vajnorská 137, 830 00 Bratislava 3,

tel.: 00421 244 458 816, 00421 244 458 821, fax: 00421 244 458 819, e-mail: predplatne@abompkapa.sk

Vychází: 4krát ročně.

Předplatné: na rok pro ČR je 200,00 Kč, SR 10,80 €, jednotlivé číslo 50,00 Kč, SR 2,69 €,

pro členy ČSNM ČLS JEP je odběr v rámci členského příspěvku.

Informace o předplatném podává a objednávky českých předplatitelů přijímá: Česká lékařská společnost JEP, z. s.

Sokolská 31, 120 26 Praha 2, tel.: 296 181 805 – J. Spalová, e-mail: spalova@cls.cz

Předplatné SR: Mediaprint – Kapa Pressegrasso, a.s. Stará Vajnorská 9, P.O.BOX 183, 830 00 BRATISLAVA,

Infolinka: 0800 188 826, email: info@ipredplatne.sk, objednavky@ipredplatne.sk, www.ipredplatne.sk

Jednotlivá čísla je možno zakoupit v sídle ČLS JEP, z. s., Sokolská 31, Praha 2

Informace o podmínkách inzerce poskytuje a objednávky přijímá: LD s.r.o., Elišky Přemyslovny 1335, Praha 5 – Zbraslav

tel. 602 377 675, e-mail: tiskarnaprager@prager-print.cz

Časopis je zařazen v databázi EBSCO.

Registrační značka MK E 20596 ISSN 1805-1146

Redakční uzávěrka: 6. 9. 2023

Časopis je nevydělečný, zasláné příspěvky nejsou honorovány a nevracejí se, autoři obdrží bezplatně jeden výtisk časopisu. Otištěním příspěvku získá vydavatel výlučné právo k jeho užití. Vydavatel neodpovídá za údaje a názory uvedené autory v jednotlivých příspěvcích ani za faktickou a jazykovou stránku inzerátů. Současně si ale vyhrazuje právo na drobné stylistické úpravy článků. Přetisk a jakékoli šíření je povoleno pouze se souhlasem vydavatele.

**Rukopisy zasílejte v elektronické formě e-mailem na adresu: NuklMed@gmail.com
nebo poštou (CD) na adresu redakce: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta,**

Klinika radiologie a nukleární medicíny, Ruská 87, 100 00 Praha 10.

Podrobné informace pro autory na internetové adrese:

<https://www.prolekare.cz/casopisy/nuklearni-medicina/informace>

Časopis Nukleární medicína vychází 4x ročně (březen, červen, září, prosinec). Je periodikem pro všechny odborníky, kteří v oboru pracují. Uveřejňujeme editoriały, původní a přehledové články, recenze knih a abstrakta originálních sdělení vybraných časopisů, zajímavé kazuistiky nebo obrazy, zprávy z kongresů a konferencí, informace z ČSNM i jednotlivých pracovišť, historické črty a další zajímavosti z oboru. Příspěvky jsou publikovány v češtině nebo slovenštině (abstrakt také v angličtině).

Journal Nuclear Medicine is published quarterly (March, June, September, December). It is a periodical intended for all professionals in the field of nuclear medicine. It publishes editorials, reviews, original papers, book reviews, abstracts of selected journals, case reports, interesting images, reports from scientific congresses, information from the Czech Society of Nuclear Medicine and particular departments, historical articles and other matters of interest from the field. Subscriptions are published in Czech and Slovak (English abstract).

Redakční rada:

doc. MUDr. **Soňa Balogová**, Ph.D., Paříž, Francie

prof. **Helena Balonová**, MD, Royal Oak, MI, USA

Mgr. **Jana Golisová**, Ph.D., Ostrava

prof. **Milena J. Henzlová**, MD, Ph.D., New York, NY, USA

doc. MUDr. **Luboš Holubec**, Ph.D., Plzeň

prim. MUDr. **Petr Libus**, Havlíčkův Brod

prof. **Josef Machač**, MD, New York, NY, USA

PhDr. **Vladimír Musil**, Ph.D., Praha

doc. MUDr. **Martin Pěnička**, Ph.D., Aalst, Belgie

prof. MUDr. **Ivan Režňák**, CSc., Martin, Slovensko

prim. MUDr. Ing. **Milan Šimánek**, Ph.D., Pelhřimov

PharmDr. RNDr. **Jiří Štěpán**, Ph.D., Brno

RNDr. **Vojtěch Ullmann**, Ostrava



MUDr. David Zogala, Ph.D.
předseda výboru ČSNM ČLS JEP

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

v tuhle chvíli jsme oddělení nejen prostorovou, ale i časovou bariérou. Já jsem v zóně přelomu prázdnin, vám už skončily. Někteří z vás se možná vrátili z kongresu EANM, který jde letos termínově cestou našich loňských DNM. Což je určitý oslí můstek k jednomu z témat agendy, kterou jsme řešili před prázdninami a za jejich ospalého, horkého a místy deštivého běhu.

Tím tématem jsou přípravy na DNM. Termín konání nám v posledních letech létá ode zdi ke zdi. Loni začátek září, letos až v listopadu. Je to dáno možnostmi nabídky zařízení a koordinací s ostatními významnými akcemi. V posledních ročnících jsme čelili vnějším komplikujícím faktorům (pandemie, ekonomika, nyní časový kongres EANM). Lokace pro příští dva roky máme rozmyšlené a zamluvené v obvyklý termín druhé poloviny září, který je snad rozumným kompromisem. Uspokojit všechny nároky nelze. Takže věřím, že vizi pro DNM 2024 vám představíme během DNM 2023.

Vrasky nám dělá ekonomická stránka akce v současné turbulentní ekonomické situaci. Podle předběžných jednání s podporovateli se zdá, že dostatečné materiální zajištění se posbírat podaří a všem sponzorům, kteří již poslali přihlášku nebo se na to chystají, děkujeme.

Náplň kongresu potřebuje trochu inovací, modernější a odlehčený přístup, právě tak, jak ho vidáme na EANM. Bohužel nám na to v posledních letech nezbývalo dost času. Základním kořením je interaktivita, jednou z cest je třeba zařazení tzv. „hands-on“ sekcí. Tedy akcí pro menší skupiny účastníků, kteří si každý sám procházejí klinické případy a poté je spolu s moderátorem kolektivně probírají. Koncept jsme v pilotní verzi otestovali na letošním Nuclear Boot Campu pro mladé lékaře NM v Zubří. Ukazuje se, že je viabilní a dobře přijímaný. Možná trochu odvážně jsme do programu zařadili takových sekcí hned několik. Je možné se na ně zapsat v rámci registrace na DNM. Myslím, že tento režim vzdělávání bychom se měli snažit využívat co nejvíce. Snad se první pokus na DNM vydaří, organizace není banální. Zdánlivě lehký úkol se komplikuje už jen s volbou termínu – jak to udělat, aby účastní na hands-on neztráceli účastníci možnost navštěvovat bloky DNM? Přece jen jsme menší akce, kde to ještě jde. A vše musí také zařadit technicky. Až se termín přiblíží, nasdílíme s účastníky aktuální verze prohlížečeho software ing. Trnky a DICOM soubory. Na místě už patrně nebude časový prostor řešit problémy s instalací a neznalost ovládnání programů. Připravte se předem bude domácí úkol pro účastníky, podporu poskytneme. Takže vzhůru do Ostravy!

Práce na kongresu jsou náročné, ale v zásadě činnost zábavná. Řešení finanční stránky provozování naší odbornosti již je zábavné méně. Máte představu, jak se vlastně určuje kompenzace, kterou za provedené vyšetření/terapii zdravotnické zařízení dostává? Jaké jsou regulace, kdo a jak je stanovuje? V tomto roce nás díky již zmíněné nepříznivé ekonomické situaci pájí zejména úhrady za aplikovaná radiofarmaka, která vykazujeme jako ZÚLP. Jejich výši stanovuje Sekce úhrad SÚKL pomocí určité metodiky. Naše vzájemné vztahy jsou myslím dobré a při nutnosti řešit problémy se setkáváme se vstřícností a věcným přístupem. Problematické je z našeho pohledu nové znění a výklad Cenového předpisu MZ ČR, který reguluje právě výši úhrad a tím i možnosti SÚKL. Došlo zde k určité změně paradigmatu interpretace. V podstatě se uvolnila regulace obchodní ceny složek radiofarmak a přesunula se na výši úhrady. A zároveň tato regulace umožnila jen takové navýšení úhrady, které je naprosto neadekvátní současné inflaci. To v jednoduchosti znamená, že oddělení nakupují složky pro přípravu radiofarmak draž, ale růst úhrady jako ZÚLP zdražení nepokrývá. Snažili jsme se na společné schůzce se zástupci MZ a ZP dojednat korekce, v nejisté době ledna k tomu však vůle nebyla. Jistě budeme usilovat o revokaci těchto jednání.

Už jsem vyčerpal úvodníku přidělený počet znaků, tak jen vykřiknu, ať se vám všem daří.

Kontroly kvality měřičů aktivity jinak

Technical note on quality control tests of dose calibrators

I. Šimperský^{1,2}, D. Pecinová¹

¹ Oddělení nukleární medicíny, FN Hradec Králové,

² Klinika radiologie a nukleární medicíny, FN Brno – Bohunice, ČR

simpersky.ivo@fnbrno.cz ; drahomira.pecinova@fnhk.cz

ABSTRAKT:

Kontroly kvality měřidel aktivity jsou nedílnou součástí rutinní praxe na pracovištích nukleární medicíny. Technický způsob jejich provádění je do jisté míry variabilní. Námi navržený způsob vychází z požadavků klinické praxe a z potřeby způsob provádění kontrol co nejvíce zefektivnit. Popisované technické řešení umožňuje přímé vyčtení dat z měřiče aktivity do počítače (tabletu, chytrého telefonu a podobně) a jejich následné okamžité zpracování. Pro komunikaci mezi měřicím přístrojem a počítačem byla zkonstruována převodní jednotka využívající technologii Bluetooth. Práce s ionizační komorou je řízena přes makro psané ve VBA (Excel). Data načtená do Excelu jsou následně zpracována a vyhodnocena dle požadavků uživatele. Předkládané řešení je levné a snadno modifikovatelné, jeho velkou výhodou je využívání MS Office, které je v současné době snadno dostupné všem uživatelům na pracovištích nukleární medicíny.

Klíčová slova: Curiementor, měřidla aktivity, bluetooth, kontrola, pozadí, krátkodobá stabilita, dlouhodobá stabilita, Visual basic for applications, VBA

NuklMed 2023;12:42–45

ABSTRACT:

Quality control tests of dose calibrators are an integral part of routine practice in all departments of nuclear medicine. They should be carried out regularly to ensure their optimum performance at all times and to determine the rate and extend of any deterioration in time. However, when there is no additional software purchased for these particular purposes, data collecting, and subsequent processing could sometimes be a tedious and time-consuming process. Based on the requirements of clinical practice an efficient method was developed to facilitate data handling. The described technical solution enables direct reading of data from the dose calibrator to a computer (tablet, smartphone, etc.) and their subsequent immediate processing. A conversion unit using Bluetooth technology was designed for communication between the measuring device and the computer. Communication with the ionization chamber is controlled by a macro written in VBA (Visual basic for applications). The data loaded into Excel are subsequently processed and evaluated according to the user's requirements. The presented solution is cheap and easy to modify, its big advantage is the compatibility with MS Office, which is currently easily accessible to all users at nuclear medicine workplaces.

Key words: Curiementor, dose calibrator, Bluetooth, test of background response, test of precision, test of accuracy, Visual basic for applications, VBA

ÚVOD

Systém kontrol přístrojové techniky na odděleních nukleární medicíny zahrnuje i pravidelné provádění provozních zkoušek měřičů aktivity. Jedná se zejména o tři základní testy: test pozadí a krátkodobou a dlouhodobou stabilitu. Přesnost a správnost měřených hodnot aktivit radiofarmak před jejich aplikací pacientům je faktorem, který hraje důležitou roli v zajištění radiační ochrany a v bezpečném provedení lékařského ozáření. Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje (§ 78, odstavec 1)¹ o léčebné a diagnostické aplikaci radionuklidu praví: „Při léčebné a diagnostické aplikaci radionuklidu musí být změřena aktivita otevřeného radionuklidového zdroje aplikovaného pacientovi, a to před jeho podáním.“ Měřidla aplikované aktivity jsou z tohoto důvodu měřidly, která dle vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb. podléhají povinnosti úředního ověření. Toto ověření, které každý rok provádí Český metrologický institut (ČMI), je nutné doplnit provozními zkouškami, prováděnými vlastními silami pracoviště. Z výše uvedeného vyplývá důležitost provádění provozních zkoušek měřičů aktivity, které musí být nejen pravidelné, ale i reprodukovatelné, stejně jako jejich vyhodnocení. Podrobný popis testů je uveden například v doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB).²

Na mnoha pracovištích nukleární medicíny se tyto provozní zkoušky provádí tím způsobem, že po vložení etalonu do studnové ionizační komory pracovník několikrát (zpravidla 5 až 20krát dle počtu měření) za sebou stiskne příslušné tlačítko na elektrometru a odečte hodnotu aktivity na jeho displeji. Tyto hodnoty přepíše na papír a dále pak do SW na pracovišti používaného, v němž je pak provedeno jejich vyhodnocení. Tento „papírkový“ postup je poměrně zdoluhavý, navíc je zde velká pravděpodobnost vnesení chyby. Nabízí se několik způsobů, jak tento postup zjednodušit, například lze přepisovat hodnoty změřené aktivity přímo do tabletu, notebooku či jiného elektronického přenosného zařízení. Tím odpadá papírek, ale i tak je nutné tyto hodnoty do daného přístroje zapsat. Postup lze výrazně zjednodušit použitím komerčního SW, což znamená měřič aktivity zapojit do PC s tímto nainstalovaným SW, data vyčíst a následně zpracovat. Velkou nevýhodou tohoto řešení je značná cenová náročnost. Hledali jsme proto alternativní řešení, jak se vyhnout „papírkové metodě“, které nám uživatelům usnadní život, bude poměrně levné a bude fungovat podobným způsobem jako komerční SW. K tomu účelu jsme využili všeobecně dostupný MS Office – Excel a jeho makra VBA (Visual basic for applications – programovací jazyk obsažený v MS excelu).

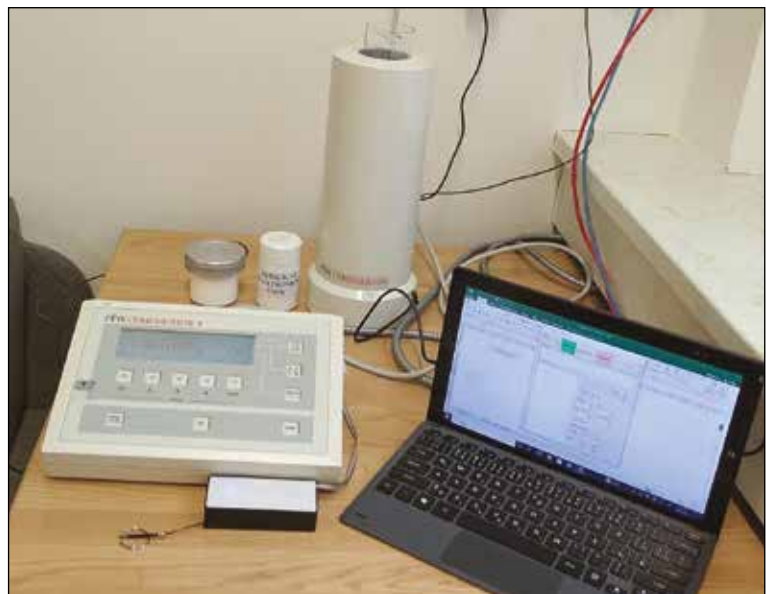
METODA

Řešení uvedené v tomto příspěvku je šité na míru pracovišti ONM FN HK a přístrojům PWT Curiementor 3 a 4 (dále jen CM). Je ale samozřejmě možné ho po určité SW modifikaci použít i na měřiče aktivity jiného výrobce, pokud tento přístroj má konektor RS232 nebo Bluetooth připojení. Konektor RS232 je v tomto technickém řešení využit pro vysílání a příjem dat. Vzhledem k tomu, že měřiče aktivity jsou umístěné také v prostorách, kde se připravují radiofarmaka a kde jsou kladeny přísné podmínky na čistotu, není použití kabeláže vhodné. Nadto, manipulace s kabelem není pro každodenní kontroly přístrojů příliš praktická. Z těchto důvodů nebyl použit standardní kabel, ale byl vyvinut HW modul (Obr. 1, HW modul osazený v pouzdru z powerbanky). Ten převádí RS232 na signál Bluetooth a umožňuje tak bezdrátový přenos mezi měřičem aktivity a počítačem (tabletem, mobilem). HW modul je ovládaný makrem VBA, které zajišťuje potřebnou komunikaci mezi přístroji pomocí ovládacích kódů uvedených v uživatelském manuálu pro Curiementor 3 a následně zpracování naměřených hodnot dle požadavků pracoviště pomocí MS Office (Excel). Toto makro ke své činnosti využívá kernel Windows.⁴ Příklad ovládacího kódu je uveden v tabulce 1.

POPIS FUKCE

Po připojení Bluetooth interface (dále BTI) k měřicímu přístroji je otevřen soubor s názvem BT_Curiementor_vxxxx.xlsm (kde xxxx je číslo verze) a spuštěno ovládací makro. (Obr. 2) Tlačítko Start BT připojí BTI k PC a zároveň se na obrazovce objeví hlášení o stavu Připojeno/Odpojeno.

Makro bylo psané s ohledem na požadavky pracoviště autorů s důrazem na provádění měření pozadí a testů dlouhodobé a krátkodobé stability. V současné době nabízí dvě základní možnosti (s možností upgrade): výpis izotopů (Obr. 3) a samotné měření. Funkce měření obsahuje kontrolu pozadí a měření aktivity etalonu. Makro je interaktivní a v průběhu provádění testů s uživatelem komunikuje. Uživatel je například vyzván ke vložení etalonu, odstranění kontaminace atd. V informačním okně se zobrazuje průběh procesu, další okno ukazuje postup-



Obr. 1 Curiementor 4, kabel RS232, HW modul osazený v pouzdru z powerbanky.

| Bluetooth → CM4, následuje odpověď CM4 → Bluetooth | |
|--|---|
| MV;FL;V;eeee;+-m.mmmE+-ee;a;bbbb | |
| MV | příkaz pro načtení změřené hodnoty |
| FL | chybový příznak během měření, správná hodnota je 00 |
| V | validační příznak, bit 0 musí být 1 |
| eeee | status chyb, správné měření 00000 |
| +/-m.mm | mantisa výsledku měření ve vědecké notaci |
| E+/-ee | exponent výsledku měření ve vědecké notaci |
| a | indikátor přesnosti měření (do 5 %, nad 5 %) |
| bbbb | hodnota checksum celé odpovědi (pro kontrolu bezchybného Bluetooth přenosu) |

Tab. 1 Příklad ovládacího kódu pro CM4 k provedení měření.

ně změřené hodnoty (po verifikaci přenosu), následuje výpočet a přenos do listu příslušné ionizační komory (IK).

Případné rušení přenášeného signálu a poškození přenášených dat je ošetřeno jejich verifikací, kterou program provádí automaticky před začátkem každého přenosu.

POPIS PRŮBĚHU TESTOVÁNÍ

Pokud je BTI připojeno k ionizační komoře poprvé, makro načte její výrobní číslo, založí list s tímto výrobním číslem a automaticky vypíše seznam izotopů s jejich parametry (kalibračními koeficienty) v této ionizační komoře definovanými. Naměřené hodnoty z jednotlivých měření z jednoho přístroje jsou potom ukládány na tento list vždy spolu s datem a časem měření (částečný výběr vložených hodnot ukazuje Obr. 4). Používaný etalon (označení, izotop, aktivita k referenčnímu datu, poločas rozpadu) si lze v makru předem nadefinovat dle potřeb klinické praxe, stejně jako délku měření pozadí. Rovněž počet jednotlivých hodnot a jejich vzorkování jsou volitelnými parametry. Po spuštění funkce měření makro nejprve provede měření pozadí. Pokud test není úspěšný, systém vyzve obsluhu k dekontaminaci. Následně je měřič aktivity přepnut na radionuklid používaného etalonu/vzorku a obsluha vyzvána k jeho vložení do přístroje. Skokový nárůst aktivity je impulsem k začátku jejího měření, po jeho ukončení dojde k vyčtení naměřených hodnot. Z nich je následně vypočítán výběrový průměr, směrodatná odchylka měření od skutečné aktivity etalonu korigované na rozpad a variační koeficient výběrového průměru. Tímto způsobem jsou provedeny současně testy pozadí i krátkodobé a dlouhodobé stability během jednoho testování. Pokud nejsou výsledky testů v toleranci (testování není úspěšné), systém vyzve uživatele k opakovanému provedení testů. Pokud jsou výsledky v pořádku, je měřič aktivity přepnut

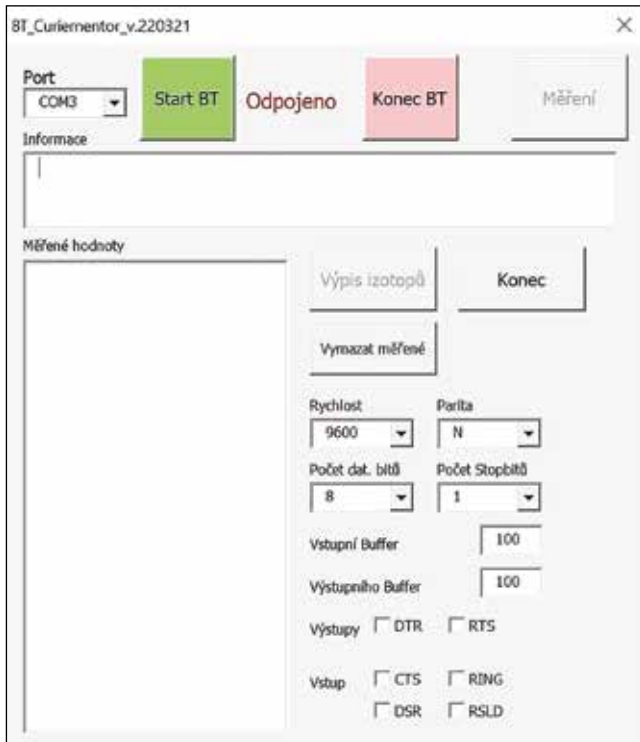
na radionuklid, který byl na přístroji navolen před začátkem připojení BTI. Nakonec dojde k odpojení PC od BTI.

Nezávisle na tom, jaký je právě na testované ionizační komoře navolen izotop, makro vždy přepne měření na izotop nadefinovaného etalonu. Po ukončení měření je měřič přístroj vrácen na volbu před měřením. Toto řešení vychází z klinické praxe. Důvodem je skutečnost, že měřiče aktivity bývají většinou defaultně nastavené (zejména na v praxi nejvíce používané ^{99m}Tc) a radiologičtí pracovníci, kteří přístroj používají, jsou na toto nastavení zvyklí. Používané etalony však obsahují jiný radionuklid (zpravidla to bývá ^{137}Cs s dlouhým poločasem rozpadu 30,05 let), a tak může snadno dojít k chybě měření způsobené lidským faktorem.

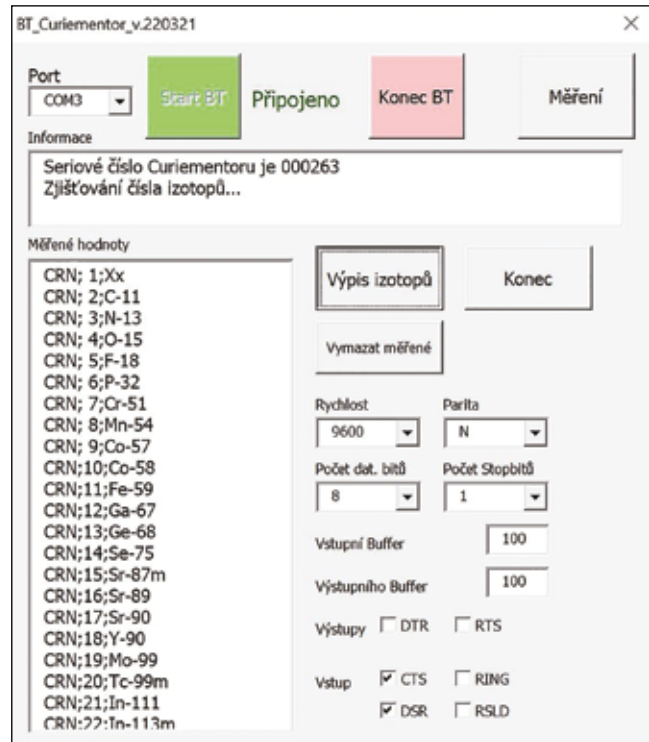
K ovládání systému lze použít myš nebo využít dotykový displej, proto jsou nejčastěji užívané prvky čtvercové. Pro možnost použití jiného HW BT rozhraní lze dle potřeby měnit i jiné parametry (com port, rychlost, parita, ...).

ZÁVĚR

Článek prezentuje technické řešení k usnadnění provádění provozních zkoušek měřičů aktivity, které se osvědčilo na pracovišti ONM fakultní nemocnice Hradec Králové. Pro účely komunikace mezi přístrojem a PC (tabletem, chytrým telefonem apod.) byl zkonstruován obvod používající technologii Bluetooth. Makro napsané ve VBA ovládá vyčtení dat, na jejichž základě provádí potřebné výpočty a jejich vyhodnocení na základě požadavků daných testů. Výhodou tohoto řešení je jeho modifikovatelnost, rychlost zápisu a zpracování dat a eliminace chyb. Zároveň je dostupné všem pracovníkům, kteří testy provozní stálosti měřidel aktivity na odděleních nukleární medicíny provádějí. Autoři článku rádi poradí všem zájemcům, kteří by námi předkládané řešení v praxi chtěli vyzkoušet.



Obr. 2 Otevřený soubor s příponou .xslm s ovládacím makrem.



Obr. 3 Výpis izotopů.

| A | B | C | D | EFGHIJ | K | Q | R | S | T | U | V |
|------------|----------|-------------|--------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Datum | Aktiv Bq | Sm odch <1% | Akt odch <5% | | 000263 | | | | | | |
| 03.02.2023 | 5012774 | 0,85% | 2,10% | | | 5164000 | 5062000 | 5113000 | 5164000 | 5062000 | 5062000 |
| 06.02.2023 | 5011826 | 0,96% | 1,00% | | | 5113000 | 5011000 | 5062000 | 5113000 | 5113000 | 5011000 |
| 07.02.2023 | 5011510 | 0,22% | 1,79% | | | 5132000 | 5102000 | 5092000 | 5107000 | 5097000 | 5107000 |
| 08.02.2023 | 5011193 | 0,31% | 0,08% | | | 5026000 | 5011000 | 4986000 | 5001000 | 5006000 | 5031000 |
| 09.02.2023 | 5010877 | 0,26% | 0,04% | | | 5006000 | 5036000 | 5021000 | 4986000 | 5011000 | 5011000 |
| 10.02.2023 | 5010561 | 0,28% | 2,03% | | | 4905000 | 4915000 | 4900000 | 4885000 | 4935000 | 4910000 |
| 13.02.2023 | 5009613 | 0,25% | 1,13% | | | 5065000 | 5075000 | 5060000 | 5075000 | 5070000 | 5050000 |
| 14.02.2023 | 5009297 | 0,40% | 1,97% | | | 5119000 | 5119000 | 5083000 | 5083000 | 5135000 | 5119000 |
| 15.02.2023 | 5008981 | 0,28% | 2,08% | | | 5119000 | 5129000 | 5124000 | 5099000 | 5124000 | 5089000 |
| 16.02.2023 | 5008665 | 0,36% | 1,91% | | | 4888000 | 4888000 | 4928000 | 4888000 | 4928000 | 4933000 |
| 17.02.2023 | 5008349 | 0,40% | 2,11% | | | 5124000 | 5124000 | 5129000 | 5083000 | 5135000 | 5099000 |
| 20.02.2023 | 5007401 | 0,42% | 1,96% | | | 5082000 | 5082000 | 5082000 | 5113000 | 5128000 | 5123000 |
| 21.02.2023 | 5007085 | 0,33% | 0,86% | | | 4962000 | 4977000 | 4962000 | 4977000 | 4932000 | 4972000 |
| 22.02.2023 | 5006769 | 0,23% | 2,17% | | | 4917000 | 4882000 | 4912000 | 4887000 | 4907000 | 4902000 |
| 23.02.2023 | 5006453 | 0,33% | 0,15% | | | 4991000 | 5016000 | 4986000 | 4986000 | 5026000 | 4981000 |
| 24.02.2023 | 5006137 | 0,22% | 1,90% | | | 4921000 | 4906000 | 4901000 | 4921000 | 4921000 | 4906000 |
| 27.02.2023 | 5005190 | 0,26% | 1,12% | | | 5035000 | 5075000 | 5060000 | 5055000 | 5050000 | 5065000 |
| 28.02.2023 | 5004874 | 0,29% | 2,30% | | | 4930000 | 4880000 | 4905000 | 4895000 | 4885000 | 4885000 |
| 01.03.2023 | 5004559 | 0,21% | 1,91% | | | 4929000 | 4904000 | 4924000 | 4899000 | 4914000 | 4904000 |
| 02.03.2023 | 5004243 | 0,31% | 2,32% | | | 5094000 | 5130000 | 5114000 | 5114000 | 5124000 | 5119000 |
| 03.03.2023 | 5003927 | 0,24% | 2,14% | | | 4884000 | 4884000 | 4899000 | 4904000 | 4904000 | 4894000 |

Obr. 4 Přehled provedených testů a jejich výsledků. Každý jednotlivý test je uložen do jednoho řádku, vpravo je vidět výřez jednotlivých měření (celkem 20).

Obrazová dokumentace archiv autorů.

Literatura

1. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: Sběrka zákonů České republiky. 2016, částka 172.
2. SÚJB. Radiační ochrana v nukleární medicíně – systém kontrol

detekční a zobrazovací techniky [Online]. 2019. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na: <https://www.sujb.cz>.

3. PTWFreiburg. User Manual CURIEMENTOR 3/4 RS232 Interface, D704.131.01/02, 2006-10.
4. Microsoft. Identifying Functions in DLLs (kernel.dll) [Online]. 2022. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/interop/identifying-functions-in-dlls>.

Měřič aktivity AtomLab 500: výhody a nevýhody vestavěné zkoušky linearity metodou s atenuačními trubicemi oproti metodě založené na rozpadu zdroje

AtomLab 500 Radionuclide Calibrator: Advantages and Disadvantages of Built-in Attenuator Tube Linearity Test vs. Source Decay Method

J. Štěpán

*Klinika radiologie a nukleární medicíny, FN Brno a LF MU Brno – Bohunice,
Oddělení nukleární medicíny, Uherskohradištská nemocnice a. s., Uherské Hradiště, ČR*

jr.stpn@tiscali.cz

ABSTRAKT:

Úvod: V návrhu doporučení SÚJB jsou pro měřidla aktivity předepsány tyto zkoušky zajištění kvality: pozadí, krátkodobá stabilita, dlouhodobá stabilita, linearita, geometrická účinnost (objemová závislost). U zkoušky linearity systému je v doporučení jen metoda založená na rozpadu zdroje nicméně AtomLab 500 obsahuje vestavěné testy linearity jak pro tuto metodu, tak i pro metodou s atenuačními trubicemi (lineátorem). Účelem článku je porovnání obou vestavěných metod a poukázání na vzájemné výhody a nevýhody.

Metoda: Automatizovaná zkouška linearity založená na rozpadu zdroje, a zkouška linearity s atenuačními trubicemi (lineátorem) podle pokynů výrobce AtomLabu 500 (Biodex). Výchozí aktivity ^{99m}Tc u první metody byly 13,08 GBq a dodatečná 37,4 MBq, intervaly měření 6 h a ukončení testu pod 0,37 MBq, u druhé metody byly aktivity ^{99m}Tc pro 2 různé kombinace trubic lineátoru 11,53 GBq a 1811 MBq a provedení testu do 6 minut. Naměřená data byla vyhodnocena pomocí software měřiče aktivity (grafy, tabulky, odchylky od linearity – přípustné jsou $\pm 5\%$).

Výsledky: Tabulky a semilogaritmické grafy s naměřenými hodnotami zkoušky linearity založené na rozpadu zdroje pro dvě výchozí aktivity (druhá nízká byla dodatečná, viz dále) a tabulky s hodnotami zkoušky linearity s lineátorem pro dvě aktivity a vypočtenými odchylkami od linearity systému. Test s druhou nízkou aktivitou (37,4 MBq ^{99m}Tc) u první metody byl doplněn kvůli nevyhovující poslední hodnotě testu s vysokou aktivitou (13,08 GBq ^{99m}Tc) – přístroj celkově prošel.

Závěr: Test linearity prováděný u AtomLabu 500 dle pokynů výrobce $1 \times$ za 3 měsíce se zkracuje z původních 3–4 d u metody založené na rozpadu zdroje na zhruba 25 min (i s přípravou vzorků) u metody s lineátorem a přístroj není zbytečně blokován. Nevýhodou je nutnost kalibrace lineátoru před jeho 1. použitím, po výměně, poškození, po zásahu do přístroje a prokázání linearity systému výchozí metodou založenou na rozpadu zdroje před započítáním využívání metody s lineátorem.

Klíčová slova: atenuační (stínící) trubice, atenuátor, pozadí, krátkodobá stabilita, dlouhodobá stabilita, linearita, geometrická účinnost, objemová závislost, technecium-99m, molybden-99

NuklMed 2023;12:46–53

ABSTRACT:

Introduction: In the draft recommendation of the State Office for Nuclear Safety (SÚJB) the following quality assurance tests are prescribed for radionuclide calibrators: background, short-term stability, long-term stability, linearity, geometric efficiency (volume dependence). For the system linearity test, only the method based on source decay is recommended, however AtomLab 500 includes built-in linearity tests for both this method and the method with attenuation tubes (lineator). The purpose of the article is to compare both built-in methods and point out mutual advantages and disadvantages.

Method: Automated linearity test based on source decay and linearity test with attenuation tubes (lineator) according to the manufacturer's instructions AtomLab 500 (Biodex). Initial ^{99m}Tc activities for the first method were 13.08 GBq and additional 37.4 MBq, measurement intervals of 6 h and test completion below 0.37 MBq, for the second method, ^{99m}Tc activities for 2 different combinations of lineator tubes were 11.53 GBq and 1811 MBq and test execution within 6 minutes. The measured data were evaluated using radionuclide calibrator software (graphs, tables, deviations from linearity – $\pm 5\%$ are allowed).

Results: Tables and semilogarithmic graphs of measured linearity test values based on source decay for two default activities (second low one was additional, see below) and tables of linearity test values with lineator for two activities and calculated deviations from system linearity. The test with the second low activity (37.4 MBq ^{99m}Tc) in the first method was supplemented due to the unsatisfactory last value of the test with high activity (13.08 GBq ^{99m}Tc) – the device passed overall.

Conclusion: The linearity test performed with the AtomLab 500 according to the manufacturer's instructions once every 3 months is shortened from the original 3–4 d for the method based on the decay of the source to approximately 25 min (including sample preparation) for the lineator method and the device is not blocked unnecessarily.

The disadvantage is the necessity of calibrating the lineator before its 1st use, after replacement, damage, after intervention in the device and proving the linearity of the system by the default method based on the decay of the source before starting to use the lineator method.

Key words: attenuation (shielding) tube, attenuator, background, short-term stability, long-term stability, linearity, geometric efficiency, volume dependence, technetium-99m, molybdenum-99

ÚVOD

Měřič aktivity, radionuklidový kalibrátor, měřidlo aktivity diagnostických a terapeutických preparátů aplikovaných *in vivo* pacientům je nejčastěji zařízení, které se skládá ze studnové ionizační komory a vyhodnocovací jednotky s příslušnou elektronikou, zajišťující převod měřeného malého proudu komory (řádově v pA) pomocí definovaných radionuklidových faktorů na zobrazovanou hodnotu aktivity.^{1,2} Jsou i přímoodečítací měřidla využívající Geigerův-Müllerův detektor, která však mají oproti měřidlům se studnovou ionizační komorou horší krátkodobou stabilitu i linearitu.³

Pro měřidla aktivity používaná na pracovištích nukleární medicíny jsou předepsány zkoušky zajištění kvality. V návrhu doporučení SÚJB Radiační ochrana v nukleární medicíně – systém kontrol detekční a zobrazovací techniky z roku 2019 jsou to (s uvedením frekvence provádění a přijatelné chyby): pozadí (denně nebo před každým měřením, +50 % od referenční hodnoty), krátkodobá stabilita (ročně, ionizační komory 1 %, ostatní typy 5 %), dlouhodobá stabilita (denně, ±5 %), linearita (při instalaci a pak ročně, ±5 %), geometrická účinnost – objemová závislost (při instalaci, ±5 %).³ V dokumentaci výrobce k americkému přístroji AtomLab 500 jsou uvedeny zkoušky zajištění kvality v souladu s nařízením NRC - Nuclear Regulatory Commission (Komise pro jaderný dozor, USA) 10 CFR 35.60 (Code of Federal Regulations, Kodex federálních předpisů).⁴ Zkoušky spolu s frekvencí a přijatelnou chybou jsou následující: stálost (počínaje instalací a alespoň jednou denně před měřením dávek pro pacienty, ±5 %), nastavení kalibračního faktoru (při prvním příjmu aktivity radionuklidu v jiném kontejneru než je plastová injekční stříkačka (±10 % od kalibrované aktivity korigované na rozpad), linearita (při instalaci a poté minimálně čtvrtletně, ±5 %), geometrie (při instalaci, ±5 %), přesnost (při instalaci a poté minimálně ročně, ±5 %).⁵ AtomLab 500 má všechny uvedené testy vestavěné, takže splnění povinnosti držitele povolení dodržovat na prvním místě pokyny výrobce je velice usnadněno.⁶

Linearita systému je závislost očekávané a naměřené hodnoty aktivity, zjišťovaná v celém měřicím rozsahu uvedeném výrobcem nebo, není-li to možné, alespoň v rozsahu, ve kterém je měřidlo běžně používáno.²

Standardní způsoby měření linearitu systému (měřiče aktivity) jsou metoda založená na rozpadu zdroje a metoda založená na odstupuňovaných zdrojích (diluční metoda).¹ Před použitím zkoušky linearitu s atenuačními trubicemi (lineátorem) se musí stanovit linearita měřiče aktivity některou z uvedených standardních metod.⁷ AtomLab 500 má vestavěné zkoušky linearitu pro **metodu založenou na rozpadu zdroje** (automatizovanou, ruční a novější verze přístroje i poloautomatickou) a **metodu s lineátorem**. Při první metodě se v pravidelných intervalech (AtomLab 500 má u automatizované metody standardně nastaven 1 poločas přeměny, tj. např. pro ^{99m}Tc 6 h) měří vzorek radionuklidu s kratším poločasem přeměny (^{99m}Tc, ¹⁸F) o výchozí aktivitě několik GBq. Před spuštěním testu se zvolí metoda výpočtu rozptylu, která se použije pro vyhodnocení testu po jeho dokončení. Při **využití normalizované hodnoty aktivity** (standardně aktivita

měřená po 5 poločasech přeměny, tj. 6. hodnota, možno ale podle potřeby změnit) se tato hodnota použije pomocí korekce na rozpad k výpočtu očekávaných aktivit v časech měření. Vypočítají se odchylky změřených hodnot od vypočítaných. Změřenými body se automaticky proloží semilogaritmický graf závislosti aktivity na čase. Při **metodě průměrování** se provádí korekce na rozpad všech měřených hodnot k času výchozího měření. Pak se zprůměrují tyto vypočítané aktivity a poté se průměr vydělí časově korigovanými hodnotami aktivity pro určení korekčních faktorů.

Při druhé vestavěné metodě s lineátorem je možno, na rozdíl od první metody založené na rozpadu zdroje, použít pouze radionuklid ^{99m}Tc. Další podmínkou je, že obsah molybden-99 by měl být menší než 0,1 MBq(⁹⁹Mo)/GBq(^{99m}Tc). Lineátor se skládá z 5 trubic, z nichž 4 jsou olovené a dají se vzájemně do sebe zasunout. Trubice s nejmenším průměrem je označena 1 a používá se k držení a umístění zdroje technecia-99m maximální aktivity, která bývá měřena v radionuklidovém kalibrátoru při běžném provozu. Trubice s olovenou vložkou, označené 2, 3A, 3B a 4 se nasunují v předepsané kombinaci na trubici 1. Trubice 3 je v provedení 3A pro testy s méně než 2035 MBq ^{99m}Tc nebo 3B pro testy s více než 2035 MBq a kombinuje se s ostatními trubicemi. Při použití trubice 3B je pokryt rozsah 14060–0,37 MBq. Pokud je aktivita vyšší než 14060 MBq, musí se zkouška udělat ve dvou krocích – pro vyšší aktivitu a pro aktivitu menší než 2035 MBq. Každá z olovených trubic absorbuje část záření ze zdroje a snižuje efektivní aktivitu zdroje měřenou měřičem aktivity. Použití lineátoru tak obsluze umožňuje simulovat celkem 8 různých aktivit zdroje pouze s jedním zdrojem pro každou úroveň aktivity (> 2035 MBq a < 2035 MBq), tj. celkově 16 aktivit se dvěma zdroji. Měření všech 8 aktivit musí být provedeno během 6 minut, což zanáší pouze 1% celkovou chybu v důsledku přeměny ^{99m}Tc. Pokud se test nedokončí do 6 minut, měl by se opakovat. Před prvním použitím lineátoru je potřeba provést výchozí test, při kterém se stanoví výchozí faktory zeslabení kombinace trubic. Při vlastní zkoušce linearitu se počítá faktor zeslabení dané kombinace trubic a stanoví se jeho poměr k výchozímu faktoru zeslabení zjištěnému při kalibračním měření. Faktor zeslabení se počítá jako poměr aktivity naměřené v nestíněné trubici 1 a aktivity naměřené v příslušné stíněné trubici nebo kombinaci trubic.⁷ Obdobný atenuátor pod názvem Calicheck obsahuje 7 barevně odlišených trubic umožňujících simulovat 12 různých aktivit s jedním zdrojem. AtomLab 500 má vestavěný test linearitu i pro tento atenuátor, který je analogický testu s lineátorem.

U obou metod zkoušky linearitu je požadovaná nejnižší měřená aktivita menší než 0,37 MBq.⁵ To je rozdíl od návrhu doporučení SÚJB, kde je požadovaná konečná hodnota aktivity menší než 1 MBq a je uvedena pouze metoda založená na rozpadu zdroje.³

Na Obr. 1 je lineátor (Biodex) – 5 koncentrických atenuačních trubic s rostoucím průměrem zasunovatelných do sebe a vkládaných do studnové ionizační komory měřiče aktivity. Alfanumerické označení trubic je 1, 2, 3A, 3B, 4.⁸ Nápis TOP označuje horní část trubic, aby se zajistilo jejich používání vždy ve stejné orientaci v jaké byla provedena i kalibrace lineátoru. Nestíněná trubice 1, která jediná má dno,



Obr. 1 Lineátor (Biodex). 5 oddělených trubic lineátoru 1, 2, 3A, 3B, 4 (nahore), do sebe zasunuté trubice 1, 2, 3A, 4 a zbylá trubice 3B (vlevo dole), do sebe zasunuté trubice 1, 2, 3B, 4 a zbylá trubice 3A (vpravo dole). TOP je označení horní části trubice.

slouží pro držení a umístění vzorku do studnové ionizační komory. Trubice 2, 3A, 3B, 4 mají rostoucí průměry (kromě 3A a 3B) umožňujících jejich vzájemné zasunutí do sebe a rovněž rostoucí faktory zeslabení. Trubice 3A a 3B mají stejný průměr, liší se pouze vyšším faktorem zeslabení trubice 3B používané pro vzorky o aktivitě větší než 2035 MBq. Trubice 3A je pro vzorky o aktivitě menší než 2035 MBq. Celková hmotnost lineátoru jsou 3 kg a největší průměr 62 mm.

METODA

Automatizovaná zkouška linearity založená na rozpadu zdroje

Příprava vzorků ^{99m}Tc do injekčních lahviček (13,08 GBq a dodatečných 37,4 MBq pro prokázání linearity systému v oblasti nízkých aktivit); stanovení obsahu ^{99}Mo ve vzorcích ^{99m}Tc v $\text{MBq}(^{99}\text{Mo})/\text{GBq}(^{99m}\text{Tc})$ za použití 7,6mm Pb molybdenového stínění pomocí vestavěné funkce „moly assay“ – měření nestíněného (aktivita $^{99m}\text{Tc} + ^{99}\text{Mo}$) a stíněného (aktivita pouze ^{99}Mo) ^{99m}Tc -eluátu; provedení vestavěného testu linearity s přednastavenými parametry: měření každých 6 h, ukončení testu při aktivitě $< 0,37$ MBq, po skončení testu případný výběr jiné normalizované hodnoty aktivity než přednastavené (ve 30. hodině); softwarový výpočet odchylek

naměřených hodnot aktivity od lineárního průběhu (přípustná tolerance ± 5 %) a vygenerování semilogaritmického grafu závislosti aktivity na čase.⁸

Zkouška linearity metodou s atenuačními trubicemi (lineátorem)

Příprava vzorků ^{99m}Tc do injekčních lahviček (11,53 GBq pro aktivitu nad 2035 MBq a kombinaci trubic 1, 2, 3B, 4; 1811 MBq pro aktivitu pod 2035 MBq a kombinaci trubic 1, 2, 3A, 4); ověření obsahu $^{99}\text{Mo} < 0,1$ MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc) metodou viz výše; provedení vestavěné zkoušky linearity s atenuačními trubicemi (lineátorem) podle pokynů výrobce AtomLabu 500 (Biodex) – měření aktivity s využitím následujících kombinací trubic: samotná 1, 1 + 2, 1 + 3B, 1 + 4, 1 + 2 + 3B, 1 + 2 + 4, 1 + 3B + 4, 1 + 2 + 3B + 4 (pro aktivitu nad 2035 MBq); samotná 1, 1 + 2, 1 + 3A, 1 + 2 + 3A, 1 + 4, 1 + 2 + 4, 1 + 3A + 4, 1 + 2 + 3A + 4 (pro aktivitu pod 2035 MBq); aktivita při použití všech 4 trubic má být $< 0,37$ MBq; softwarový výpočet faktorů zeslabení pro dané kombinace trubic (F) a stanovení jejich procentuálního poměru k výchozím faktorům zeslabení (F_0) zjištěným při kalibračním měření provedeném stejným způsobem (přípustný procentuální poměr je 95–105 %, tj. odchylka od linearity ± 5 %).⁸

VÝSLEDKY

V Tab. 1 jsou data automatizované zkoušky linearity založené na rozpadu zdroje pro výchozí aktivitu technecia-99m 13,08 GBq a obsah molybdenu-99 0,003 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc). Čas je uveden relativně v hodinách vzhledem k počátku zkoušky, změřené hodnoty aktivity a vypočítané (předpokládané) hodnoty aktivity jsou v GBq, odchylka změřené hodnoty od vypočítané je v procentech. Žlutě je zvýrazněn řádek s normalizovanou hodnotou zvolenou tak, aby co nejméně hodnot splňovalo přijatelnou hodnotu rozptylu ± 5 %. S rostoucím časem se odchylky zvětšují a poslední měřená hodnota 0,27 MBq (splňuje podmínku ukončení testu pod 0,37 MBq, a proto byl test ukončen ručně před dokončením posledního šestihodinového intervalu) vykazuje už nevhovující odchylku 8,0 % (zvýrazněna červeně), proto byl proveden ještě dodatečný test linearity s výchozí aktivitou 37,4 MBq v souladu s doporučením výrobce.⁵ Na Obr. 2 je výsledek testu znázorněn v semilogaritmickém grafu závislosti aktivity na čase. Zelené body spadají do přijatelného rozptylu ± 5 % (vymezeného žlutými úsečkami) od vypočítané hodnoty, poslední nevyhovující hodnota aktivity je znázorněna červeným bodem. Pravděpodobná příčina, proč se po 48 hodinách trvání testu začínají odchylky od předpokládaných hodnot zvyšovat, což je zvláště zjevné u posledních hodnot aktivity, je probrána v diskuzi.

V Tab. 2 jsou data automatizované zkoušky linearity založené na rozpadu zdroje pro výchozí aktivitu technecia-99m 37,4 MBq a obsah molybdenu-99 0,005 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc). Čas je uveden relativně v hodinách vzhledem k počátku zkoušky, změřené hodnoty aktivity a vypočítané (předpokládané) hodnoty aktivity jsou v MBq, odchylka změřené hodnoty od vypočítané je v procentech. Žlutě je zvýrazněn řádek s normalizovanou hodnotou, byla ponechána standardně nastavená aktivita měřená po 5 poločasech

Tab. 1 Data automatizované zkoušky linearity založené na rozpadu zdroje pro výchozí aktivitu 13,08 GBq.

| relativní čas [h] | změřená aktivita [GBq] | vypočítaná aktivita [GBq] | odchylka změřené aktivity od vypočítané |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|---|
| 0 | 13,08 | 13,57 | -3,6 % |
| 6 | 6,56 | 6,79 | -3,4 % |
| 12 | 3,28 | 3,40 | -3,5 % |
| 18 | 1,64 | 1,70 | -3,5 % |
| 24 | 0,822 | 0,851 | -3,4 % |
| 30 | 0,411 | 0,426 | -3,5 % |
| 36 | 0,206 | 0,213 | -3,3 % |
| 42 | 0,1030 | 0,1067 | -3,5 % |
| 48 | 0,0514 | 0,0534 | -3,7 % |
| 54 | 0,0259 | 0,0267 | -3,0 % |
| 60 | 0,01296 | 0,01336 | -3,0 % |
| 66 | 0,00650 | 0,00669 | -2,8 % |
| 72 | 0,00327 | 0,00335 | -2,4 % |
| 78 | 0,00165 | 0,00167 | -1,2 % |
| 84 | 0,00084 (normaliz.) | 0,00084 | 0,0 % |
| 90 | 0,00044 | 0,00042 | 4,8 % |
| 94,55 | 0,00027 | 0,00025 | 8,0 % |

| relativní čas [h] | změřená aktivita [GBq] | vypočítaná aktivita [GBq] | odchylka změřené aktivity od vypočítané |
|-------------------|------------------------|---------------------------|---|
| 0 | 37,4 | 37,9 | -1,3 % |
| 6 | 18,79 | 18,99 | -1,1 % |
| 12 | 9,42 | 9,50 | -0,8 % |
| 18 | 4,72 | 4,75 | -0,6 % |
| 24 | 2,36 | 2,38 | -0,8 % |
| 30 | 1,191 | 1,191 | 0,0 % |
| 36 | 0,600 | 0,596 | 0,7 % |
| 42 | 0,304 | 0,298 | 2,0 % |

Tab. 2 Data automatizované zkoušky linearity založené na rozpadu zdroje pro výchozí aktivitu 37,4 MBq.

přeměny, tj. 6. hodnota. Všechny hodnoty splňují povolenou odchylku od linearitu $\pm 5\%$. Poslední měřená hodnota 0,304 MBq splňuje podmínku ukončení testu pod 0,37 MBq. Tento dodatečný test linearitu pokrývá oblast nízkých aktivit, kde vyšla při prvním testu s vysokou počáteční aktivitou 13,08 GBq poslední hodnota nevyhovující. Test byl v souladu s doporučením výrobce proveden s výchozí aktivitou okolo 37 MBq, oba testy mají překrývající se hodnoty aktivity v přijatelném rozsahu, a proto měřič aktivity testem linearitu celkově prošel.⁵ Na Obr. 3 je výsledek testu znázorněn v semilogaritmickém grafu závislosti aktivity na čase. Všechny body jsou zelené, tj. spadají do přijatelného rozptylu $\pm 5\%$ (vymezeného žlutými úsečkami) od vypočítané hodnoty.

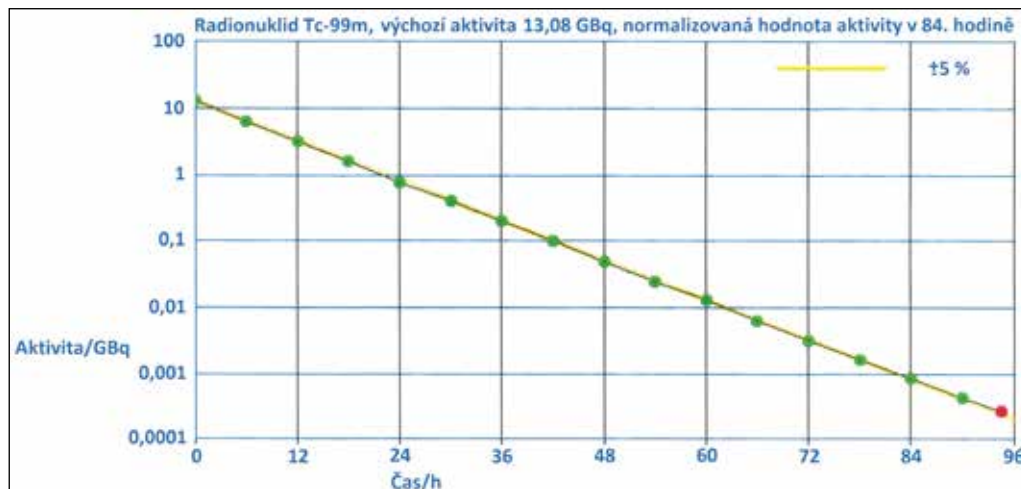
V Tab. 3 jsou data zkoušky linearitu metodou s atenuačními trubicemi (lineátorem) pro aktivitu technecia-99m 11,53 GBq (> 2035 MBq) a obsah molybdenu-99 0,004 MBq(⁹⁹Mo)/GBq(^{99m}Tc), který splňuje podmínku na obsah molybdenu-99 $< 0,1$ MBq(⁹⁹Mo)/GBq(^{99m}Tc). Jsou uvedeny kombinace trubic, změřené aktivity v GBq, tomu odpovídající aktuální faktory zeslabení (F), výchozí faktory zeslabení (F_v) a procentuálního poměry faktorů zeslabení F/F_v . Celková doba provedení testu byla 4 min 22 s, což splňuje podmínku, aby test byl proveden do 6 min. Aktivita při použití všech 4 trubic 0,16 MBq splňuje podmínku pro

konečnou aktivitu $< 0,37$ MBq. Všechny hodnoty vyhovovaly přípustnému procentuální poměru F/F_v 95–105 %, tj. odchylce od linearitu $\pm 5\%$.

V Tab. 4 jsou data zkoušky linearitu metodou s atenuačními trubicemi (lineátorem) pro aktivitu technecia-99m 1811 MBq (< 2035 MBq) a obsah molybdenu-99 0,004 MBq (⁹⁹Mo)/GBq(^{99m}Tc), který splňuje podmínku na obsah molybdenu-99 $< 0,1$ MBq(⁹⁹Mo)/GBq(^{99m}Tc). Jsou uvedeny kombinace trubic, změřené aktivity v GBq, tomu odpovídající aktuální faktory zeslabení (F), výchozí faktory zeslabení (F_v) a procentuální poměry faktorů zeslabení F/F_v . Celková doba provedení testu byla 4 min 9 s, což splňuje podmínku, aby test byl proveden do 6 min. Aktivita při použití všech 4 trubic 0,1195 MBq splňuje podmínku pro konečnou aktivitu $< 0,37$ MBq. Všechny hodnoty vyhovovaly přípustnému procentuálnímu poměru F/F_v 95–105 %, tj. odchylce od linearitu $\pm 5\%$

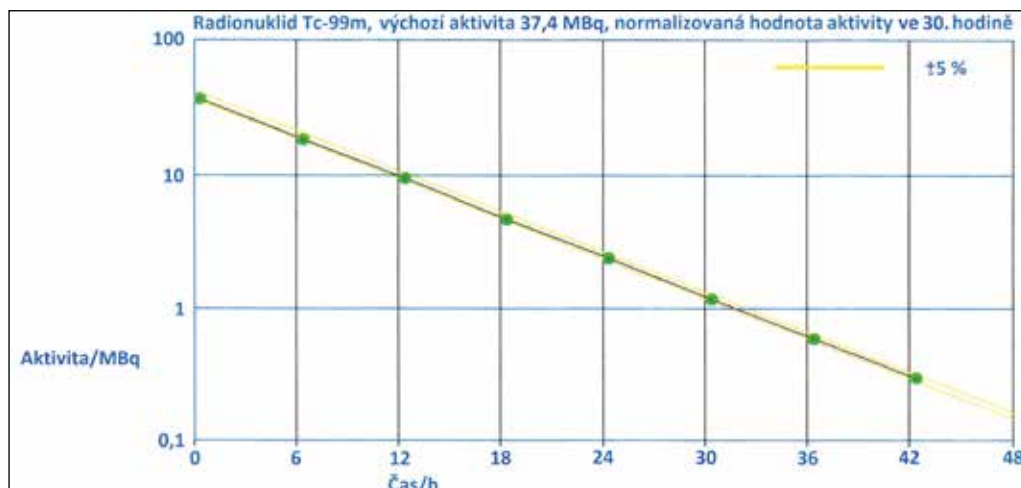
DISKUZE

Metoda založená na rozpadu zdroje předpokládá použití čistého vzorku ^{99m}Tc. Nicméně v eluátu z techneciového generátoru je vždy přítomno i určité malé množství ⁹⁹Mo, jako mateřského radionuklidu. Protože ⁹⁹Mo ($T_{1/2} = 65,924$ h) má



Obr. 2 Semilogaritmický graf závislosti aktivity na čase automatizované zkoušky linearitu založené na rozpadu zdroje pro výchozí aktivitu 13,08 GBq. Jedná se o grafický výstup přístroje.

Obr. 3 Semilogaritmický graf závislosti aktivity na čase automatizované zkoušky linearitu založené na rozpadu zdroje pro výchozí aktivitu 37,4 MBq. Jedná se o grafický výstup přístroje.



| trubice | změřená aktivita [GBq] | aktuální faktor zeslabení (F) | výchozí faktor zeslabení (F_v) | procentuální poměr F/F_v |
|----------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| samotná 1 | 11,53 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| 1 & 2 | 2,04 | 5,65 | 5,83 | 96,91 |
| 1 & 3B | 0,1682 | 68,55 | 68,94 | 99,43 |
| 1 & 4 | 0,0497 | 231,99 | 237,17 | 97,82 |
| 1 & 2 & 3B | 0,0298 | 386,91 | 387,00 | 99,98 |
| 1 & 2 & 4 | 0,00883 | 1305,78 | 1304,14 | 100,13 |
| 1 & 3B & 4 | 0,00085 | 13564,71 | 13743,59 | 98,70 |
| 1 & 2 & 3B & 4 | 0,00016 | 72062,50 | 71466,66 | 100,83 |

Tab. 3 Data zkoušky linearity metodou s atenuačními trubnicemi (lineátorem) při použití aktivity 11,53 GBq.

| trubice | změřená aktivita [GBq] | aktuální faktor zeslabení (F) | výchozí faktor zeslabení (F_v) | procentuální poměr F/F_v |
|----------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| samotná 1 | 1811 | 1,00 | 1,00 | 100,00 |
| 1 & 2 | 325 | 5,57 | 5,58 | 99,82 |
| 1 & 3A | 145,5 | 12,45 | 12,46 | 99,92 |
| 1 & 2 & 3A | 26,0 | 69,65 | 69,55 | 100,14 |
| 1 & 4 | 8,16 | 221,94 | 222,01 | 99,97 |
| 1 & 2 & 4 | 1,549 | 1169,14 | 1168,68 | 100,04 |
| 1 & 3A & 4 | 0,6966 | 2599,77 | 2598,73 | 100,04 |
| 1 & 2 & 3A & 4 | 0,1195 | 15154,81 | 15161,02 | 99,96 |

Tab. 4 Data zkoušky linearity metodou s atenuačními trubnicemi (lineátorem) při použití aktivity 1811 MBq.

delší poločas přeměny než ^{99m}Tc ($T_{1/2} = 6,0072 \text{ h}$)⁹, bude jeho zastoupení ve vzorku s přibývajícím časem stoupat a dlouhé doby rozpadu (> 48 h) ohrozí zkoušku linearity založenou na rozpadu zdroje.^{5,10} V souladu s Českým lékopisem (ČL) je nejvyšší přípustný obsah ^{99}Mo v injekčním roztoku [^{99m}Tc] technecistanu sodného 1 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc) k datu a hodině podání.¹¹ Dá se spočítat, že např. při 8hodinové době použitelnosti eluátu musí být výchozí obsah ^{99}Mo nejvýše 0,432 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc), při 10hodinové době použitelnosti 0,350 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc), při 12hodinové době použitelnosti 0,284 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc), aby byla i na konci doby použitelnosti tato podmínka splněna. Přeměňující se ^{99}Mo vytváří dodatečně ^{99m}Tc a navíc i záření ^{99}Mo napodobuje dodatečně množství ^{99m}Tc .¹⁰ Např. po 48 hodinách při výchozím obsahu ^{99}Mo 0,284 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc) tento obsah vzroste na 43,600 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc), ale co

je nejdůležitější, aktivita ^{99m}Tc bude o 4,2 % vyšší než při použití čistého vzorku ^{99m}Tc a aktivita ^{99m}Tc imitovaná ^{99}Mo bude představovat dalších 5,8 %, což už značně narušuje test linearity. Naštěstí u reálných vzorků ^{99m}Tc se průměrná hodnota obsahu ^{99}Mo dlouhodobě pohybuje o 2 řády níže na úrovni 0,003 MBq(^{99}Mo)/GBq(^{99m}Tc), což se výrazněji začne projevovat okolo 72. hodiny, kdy bude aktivita ^{99m}Tc o 0,5 % vyšší než při použití čistého vzorku ^{99m}Tc a příspěvek ^{99}Mo bude dalších 0,7 %, což je dohromady už odchylka 1,2 %.¹⁰ V čase 94,55 h, kdy byl test s výchozí aktivitou 13,08 GBq ukončen, vychází teoretický nadbytek aktivity ^{99m}Tc 5,8 % a 7,9 % by byl příspěvek k měřené aktivitě ^{99m}Tc od přítomného ^{99}Mo , což dělá teoretickou hodnotu odchylky od linearity způsobenou příměsí radionuklidové nečistoty ^{99}Mo v eluátu 13,7 %. Softwarem přístroje byla vyhodnocena odchylka od linearity 8,0 %, což je v souladu s teoretickou hodnotou, pro-

| požadavky na zkoušku linearity | metoda s rozpadem zdroje | metoda s lineátorem |
|---|---|---|
| standardní metoda | ano | ne (až po prokázání linearity standardní metodou) |
| nutnost dodatečného vybavení (lineátor) | ne | ano |
| nutnost dodatečné kalibrace přístroje | ne | ano (kalibrace lineátoru před 1. použitím) |
| citlivost k obsahu ^{99}Mo | u testů nad 48 h vysoká | nízká |
| nutnost rychlého provedení | ne | ano (do 6 min) |
| časová náročnost | ano (3–4 dny, příp. dodatečně 2 dny) | ne (vlastní měření max. 2× 6 minut) |
| nutnost provedení ve dvou krocích (s vyšší/nížší aktivitou) | ano (při selhání testu s vyšší aktivitou, jinak ne) | ano (při aktivitě > 14060 MBq, jinak ne) |
| delší blokování přístroje | ano | ne |
| celková náročnost vestavěného testu | nízká (u automatizovaného testu) | střední (na počet manuálních kroků s lineátorem) |

Tab. 5 Porovnání vestavěných testů linearity metodou založenou na rozpadu zdroje a metodou s atenuačními trubicemi.

tože bylo zvoleno proložení přímkou naměřenými body, aby co nejvíce bodů splňovalo přijatelnou odchylku od linearity $\pm 5\%$, takže výchozí body mají odchylku od linearity okolo $-3,5\%$ a kladná odchylka konečných bodů není díky tomu tak vysoká. Dále AtomLab 500 vykazuje u měření aktivit pod 1 MBq větší kolísání měřených hodnot, což také přispívá k chybě měření. Dodatečná zkouška linearity s nízkou výchozí hodnotou aktivity 37,4 MBq vyhověla a konečná odchylka od linearity ve 42. hodině 2,0 % je pravděpodobně dána zvýšenou fluktuací v oblasti nízkých aktivit. V souladu s doporučením výrobce mají oba testy linearity překrývající se hodnoty aktivity v přijatelném rozsahu, druhým testem se potvrdila linearita v oblasti nízkých aktivit, a proto měřič aktivity testem linearity celkově prošel.⁵ Vestavěný test linearity s rozpadem zdroje sice trvá v závislosti na výchozí aktivitě dlouho (3–4 dny), nicméně software přístroje umožňuje přerušení testu a jeho opětovné spuštění, takže po dobu přerušení testu lze přístroj normálně používat pro jiné vestavěné funkce, jako je měření aktivity vzorků nebo příprava radiofarmak. AtomLab 500 má u testu linearity standardně nastaveno měření aktivity po 6 h (1 poločas přeměny ^{99m}Tc), které bylo použito, nicméně návrh doporučení SÚJB uvádí měření každé 2 h,³ opatření obecné povahy ČMI v intervalech maximálně 1/5 poločasu rozpadu (1,2 h pro ^{99m}Tc)² a ČSN EN 61303 v intervalech, které nejsou delší než poločas rozpadu radionuklidu, tj. 6 h pro ^{99m}Tc .¹ Z uvedeného vyplývá, že je lepší použít kratší interval měření a 6 h je krajní hodnota, která je nicméně doporučována výrobcem AtomLabu 500 a používána na pracovišti. Při měření v kratších intervalech se získá více hodnot, což může umožnit lepší proložení přímkou měřenými body. Pokud se použije automatizovaná

vestavěná metoda, neznamená to pro obsluhu žádnou práci navíc na rozdíl od ruční metody.

Zkoušku linearity metodou s atenuačními trubicemi (lineátorem) je možné provádět až po předchozím prokázání linearity systémem standardní metodou. Jako standardní metoda byla použita metoda založená na rozpadu zdroje. S lineátorem byl stejným postupem jako při měření linearity proveden výchozí test, kterým se stanovily výchozí faktory zeslabení (F_v), se kterými se porovnávají faktory zeslabení (F) zjištěné při testu linearity. Podmínkou testu je obsah $^{99}\text{Mo} < 0,1 \text{ MBq}(^{99}\text{Mo})/\text{GBq}(^{99m}\text{Tc})$ a provedení testu do 6 minut, aby nebyla zanesena chyba z rozpadu ^{99m}Tc větší než 1 %. První podmínka je s velkou rezervou splněna, běžně se obsah radionuklidové nečistoty ^{99}Mo pohybuje o dva řády níže a druhá podmínka vyžaduje pracovat rychle a mít komponenty lineátoru připraveny pro snadnou manipulaci. Výhoda vestavěného testu linearity je, že všechno ostatní obstarává software AtomLabu 500 a tím se značně šetří čas, než kdyby se mělo dělat všechno ručně. Software automaticky měří čas, zaznamenává hodnoty, počítá faktory zeslabení i odchylky od linearity, takže např. v případě nevyhovující odchylky je možné test hned přerušit a začít nový test. S trubicemi lineátoru je třeba pracovat opatrně, aby se nepoškodily, zvláště závažné je poškození spodní části trubice, protože to může vést k netěsnosti, zhoršení stínících schopností a narušení testu. Při poškození trubic nebo jejich výměně je nutné provést znovu výchozí kalibraci lineátoru. Použitá aktivita nebyla vyšší než 14060 MBq (byla 11530 MBq), tak nebylo dle doporučení výrobce nutno dělat zkoušku ve dvou krocích a se dvěma sestavami trubic lineátoru (pro aktivitu > 2035 MBq a pro aktivitu < 2035 MBq). Pro ověření funkč-

nosti testu pro oba rozsahy aktivit se ale test provedl i s aktivitou < 2035 MBq (1811 MBq).

Oba testy mají své pro i proti, což je shrnuto v tabulce 5.

Pro rutinní použití vychází po provedení nutných výchozích kroků, jako je prokázání linearity standardní metodou a kalibrace lineátoru, metoda s lineátorem výhodnější. Jednak je v řádu minut znám výsledek a jednak není přístroj zbytečně blokován prováděným testem. Naproti tomu u metody s rozpadem zdroje je výsledek znám až po několika dnech a doba se může ještě až o 2 dny prodloužit při nutnosti provést dodatečný test linearity v oblasti nízkých aktivit.

ZÁVĚR

Software měřiče aktivity AtomLab 500 umožňuje automaticky provádět zkoušku linearity metodou založenou na rozpadu zdroje a metodou s atenuačními trubnicemi (lineátorem). Výhodou použití lineátoru je urychlení testu na cca 25 min. i s přípravou měřených vzorků oproti zkoušce linearity metodou založenou na rozpadu zdroje trávající 3–4 d v závislosti na výchozí aktivitě a blokující přístroj na delší dobu. Další výhodou je, že test s lineátorem není tak ovlivněn obsahem ⁹⁹Mo v eluátu, jak je tomu u dlouhých (> 48 h) testů s rozpadem zdroje. Nevýhodou testu s lineátorem je nutnost pořízení dodatečného vybavení – lineátoru, nutnost opětovné kalibrace při poškození nebo výměně lineátoru a možnost provádět zkoušku linearity pouze s ^{99m}Tc, pro které je lineátor určen. Není možné použít například ¹⁸F jako u testu s rozpadem zdroje. Lineátor je univerzální zařízení, pro jehož použití není nutně potřeba vestavěný test v přístroji a lze ho tak použít v libovolném měřiči aktivity se studnovou ionizační komorou o průměru větším než 62 mm (průměr lineátoru), čímž je možno ušetřit značný čas při provádění předepsané zkoušky linearity vyžadované dle doporučení SÚJB 1× za rok.³

Obrazová dokumentace archiv autora.

Literatura

1. ČSN EN 61303. Zdravotnické elektrické přístroje - Měřiče aktivity - Zvláštní metody pro stanovení parametrů. Praha, Český normalizační institut, 1997, 20 s
2. ČMI. Opatření obecné povahy, kterým se stanovují metrologické a technické požadavky na stanovená měřidla, včetně metod zkoušení pro schvalování typu a ověřování stanovených měřidel: „měřidla aktivity diagnostických a terapeutických preparátů aplikovaných in vivo pacientům“. [online] Číslo 0111-OOP-C017-10. Brno, Český metrologický institut, 12. 7. 2011 [cit. 2023-08-03]. Dostupné na: <https://www.cmi.cz/sites/all/files/public/download/Uredni_deska/3417-ID-C_3417-ID-C_0.pdf>
3. SÚJB. Radiační ochrana v nukleární medicíně - systém kontrol detekční a zobrazovací techniky [online]. Revize č. 1.0. Praha, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, únor 2019 [cit. 2023-08-03]. Pracovní verze dokumentu. Dostupné na: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/Doporučení_NM/pracovni_verze_pristrojova_tehnika.pdf>
4. Code of Federal Regulations, Title 10, Chapter 1, Part 35, Subpart C, § 35.60 [online]. Washington, DC, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1995 [cit. 2023-08-03]. Dostupné na: <<https://www.ecfr.gov/current/title-10/chapter-I/part-35/subpart-C/section-35.60>>
5. Biodex. Quality Assurance Testing of AtomLab® Dose Calibrators : Manufacturer's Instructions. P/N 107012 Rev. G. Melbourne, FL, Sun Nuclear Corporation, 15 February 2010, 8 p
6. SÚJB. Systém zabezpečení jakosti na pracovištích nukleární medicíny - přístrojová technika [online]. Praha, Ústav jaderných informací Zbraslav, květen 1999 [cit. 2023-08-03]. Dostupné na: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/15_pristrojova_tehnika.pdf>
7. Biodex. LINEATOR : INSTALLATION/OPERATION MANUAL. FN: 07-072 Rev B 08/11. New York, Biodex, 2011, 12 p
8. Biodex. ATOMLAB 500 DOSE CALIBRATOR : OPERATION AND SERVICE MANUAL. FN: 10-096 Rev G 3/16. New York, Biodex, 2016, 247 p
9. National Nuclear Data Center. Nuclear Decay Data in the MIRDFormat [online]. Upton, NY, National Nuclear Data Center [cit. 2023-08-03]. Dostupné na: <<https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/mird/>>
10. Chu RYL, Simon WE. Quality Control Testing of Dose Calibrators. J Nucl Med Technol 1996;24:124-128
11. Ministerstvo zdravotnictví ČR. Český lékopis 2017 – Doplněk 2022 [online E-kniha]. Praha, Grada, 2022 [cit. 2023-08-03]. Zahrnuje všechny platné lékopisné texty ČL 2017, ČL 2017 – Doplněk 2018, ČL 2017 – Doplněk 2019, ČL 2017 – Doplněk 2020, ČL 2017 – Doplněk 2021 a ČL 2017 – Doplněk 2022. Dostupné na: <<https://www.grada.cz/cesky-lekopis-2017-doplněk-2022-12927/>>

Efekt lymfodrenáže dolních končetin u pacientů se syndromem diabetické nohy – pilotní studie

Effect of lymphodrainage of lower extremities in patients with a diabetic foot syndrome – a pilot study

O. Lang^{1,4}, V. Prýmková², B. Daňhová³

¹ Oddělení nukleární medicíny, ² Interní oddělení, ³ Rehabilitace, Oblastní nemocnice Píbram,

⁴ Klinika nukleární medicíny, 3. LF UK a FN Královské Vinohrady Praha 10, ČR

otto.lang@onp.cz

ABSTRAKT:

Úvod: Potíže pacientů se syndromem diabetické nohy jsou nejčastěji způsobeny periferní neuropatií a vaskulopatií. Tyto poruchy mohou mít za následek zvýšenou tvorbu intersticiální tekutiny, která může stav tkání dále zhoršovat. Lymfodrenáž je metoda, která usnadňuje odtok tekutiny z končetin cestou lymfatického systému. Proto jsme se v této práci zaměřili na efekt lymfodrenáže na subjektivní potíže.

Materiál a metoda: Lymfodrenáž podstoupilo 8 pacientů. Jednalo se o 5 žen a 3 muže průměrného věku 60 let. Lymfodrenáž byla provedena standardním způsobem, většinou přístrojově, pouze v jednom případě manuálně. U pacientů jsme sledovali klinický efekt (zlepšení pocitu těžkých nohou a otoku) a jeho závislost na transportní kapacitě lymfatického systému a přítomnosti kožních kolaterál (dermal backflow). Pro srovnání jsme použili párový t-test.

Výsledky: Subjektivní zlepšení potíží po lymfodrenáži referovali 3 pacienti (38 %) (skupina 1), 2 z nich (66 %) měli přítomný dermal backflow. 5 pacientů (62 %) (skupina 2) nepociťovalo žádný nebo sporný efekt, dermal backflow jsme prokázali pouze u 2 pacientů (40 %). Transportní kapacita lymfatického systému se mezi oběma skupinami nelišila ani celkově ($p = 0,989$), ani pro jednotlivé končetiny.

Závěr: Provedená lymfodrenáž dolních končetin (DK) zlepšila subjektivní potíže pouze u třetiny našich pacientů, dvě třetiny z nich však mělo přítomný dermal backflow. Přitom rozdíl v transportní kapacitě lymfatického systému nebyl mezi oběma skupinami statisticky významný. Domníváme se tedy, že transportní kapacita lymfatického systému DK dosáhla svého maxima a ani lymfodrenáž ji nezvýší. Léčba by tedy měla být zaměřena na omezení tvorby intersticiální tekutiny.

Klíčová slova: syndrom diabetické nohy, lymfodrenáž, klinický efekt

ABSTRACT:

Introduction: Peripheral autonomic neuropathy and vasculopathy are the most frequent causes of the difficulties in patients with a diabetic foot syndrome. These disorders can cause the increased accumulation of interstitial fluids and, thus, the worsening of tissue condition. Lymphodrainage is a procedure, which increase the interstitial fluid outflow from the extremities via the lymphatic system. Therefore, we investigated an effect of lymphodrainage on subjective feeling of patients with a diabetic foot syndrome.

Material and methods: Lymphodrainage was performed in 8 patients. There were 5 female and 3 male, average age of 60 (50-84) years. Intermittent pneumatic compression of lower extremities was performed in 7 patients, manual lymphatic drainage in one. We assessed the clinical effect (improvement of feeling of edema and heavy legs) in relation to transport capacity of lymphatic system and presence of dermal backflow. Paired t-test was used for comparison.

Results: Subjective improvement after lymphodrainage reported 3 patients (38 %) (group 1), 2 of them (66 %) showed dermal backflow. 5 patients (62 %) (group 2) did not refer any or questionable effect, dermal backflow had only 2 patients in this group (40 %). Transport capacity of lymphatic system did not differ between these two groups even for single extremities.

Conclusion: Lymphodrainage of lower extremities improved subjective feeling in one third of our patients, two thirds of them had a dermal backflow. However, there was no significant difference in lymphatic transport capacity between patients who improved and who did not. We, therefore, assume, that lymphatic transport capacity reached it maximum and even lymphodrainage cannot increase it. Thus, the treatment should be directed to decrease interstitial fluid production.

Key words: diabetic foot syndrome, lymphodrainage, clinical effect

ÚVOD

Syndrom diabetické nohy je závažné komplexní onemocnění, které potenciálně ohrožuje pacienta amputací. Včasná diagnóza možných komplikací je nezbytná pro efektivní léčbu a scintigrafické metody díky své vysoké citlivosti a neinvazivnosti k ní mohou přispět významnou měrou.^{1,2}

Syndrom diabetické nohy je definován podle zmíněného posledního vydání Mezinárodního konsenzu jako infekce, ulcerace nebo destrukce tkání nohy spojená s neuropatií nebo ischemickou chorobou dolních končetin (ICHDK) u osob s diabetem.³ Od jiných onemocnění dolních končetin u diabetiků se odlišuje především tím, že jeho příčinou je diabetes a jeho komplikace – nejčastěji se uplatňuje jak neuropatie, tak angiopatie a infekce. V převážné většině situací se jedná o ulcerace, gangrény, Charcotovu neuropatickou osteoartropatii, osteomyelitidu, flegmónu a stavy po amputacích. Roční incidence syndromu diabetické nohy je kolem 2 % a prevalence tohoto onemocnění se pohybuje mezi 4–10 %. Velkým problémem současné podiatrie je rekurence onemocnění – v prvním roce po zhojení může ulcerace recidivovat až u 40 % pacientů.

Potíže pacientů se syndromem diabetické nohy jsou nejčastěji způsobeny periferní neuropatií a vaskulopatií. U diabetiků se uplatňuje především hyperperfuze mikroangiopatie.⁴ Vede ke zvýšení kapilární filtrace a tvorbě otoků, což může vést k přetížení lymfatického systému. K lymfodému může vést také opakovaná celulitida, kdy v důsledku zánětu dojde k destrukci lymfatických cév. Lymfa bohatá na bílkoviny se pak stává živnou půdou pro bakterie.⁵

Lymfodrenáž je metoda, která usnadňuje odtok tekutiny z končetin cestou lymfatického systému. Proto jsme se v této práci zaměřili na efekt lymfodrenáže na subjektivní potíže pacientů s diabetem.

MATERIÁL A METODY

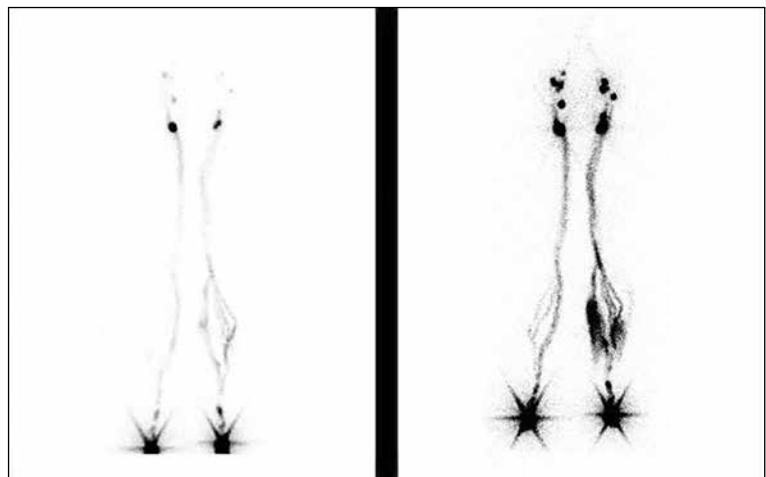
Náš soubor tvořilo 8 pacientů diabetiků, 5 žen a 3 muži, průměrného věku 60 let (42–69). 7 pacientů byli diabetici 2. typu, jedna pacientka měla diabetes 1. typu. 4 pacienti s diabetem 2. typu byli léčeni také inzulinem. Všichni pacienti měli periferní neuropatii, 2 pacienti měli chronickou renální insuficienci, nikdo neměl kožní defekty na nohách. Všichni si stěžovali na otoky DK a pocit „těžkých“ nohou.

Lymfoscintigrafie povrchového lymfatického systému byla provedena v souladu s doporučením České společnosti nukleární medicíny.⁶ Pacientům bylo do podkoží nártů obou DK aplikováno 150 MBq ^{99m}Tc radiokoloidu o objemu zhruba 0,1 ml. Většina částic (90 %) měla velikost menší než 80 nm. Snímali jsme místo aplikace a celé dolní končetiny celotělovým způsobem na dvou-

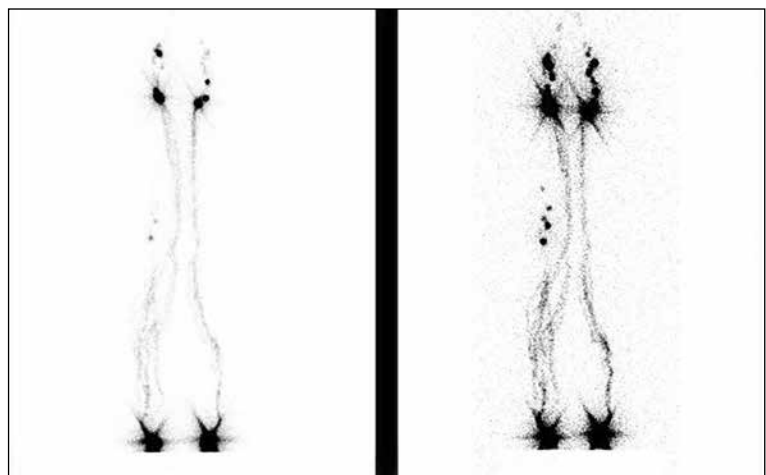
detektorové gamakameře Siemens Symbia E nebo T. První snímkování bylo provedeno po 30 minutách od aplikace, kdy pacienti leželi v klidu na lůžku, druhé snímkování pak po 30 minutách volné chůze po chodbě oddělení. Hodnotili jsme transportní kapacitu lymfatického systému výpočtem procenta aplikované radioaktivity odplaveného z místa aplikace do tříselných lymfatických uzlin z předního pohledu. Morfologicky jsme hodnotili zejména přítomnost dermal backflow (Obr. 1), zobrazení odtoku lymfy také hlubokým lymfatickým systémem jsme nehodnotili (Obr. 2).

Lymfodrenáž byla provedena u 7 pacientů přístrojově (Lymphostim, BTL) (Obr. 3), jedna pacientka měla drenáž manuální. Rozhodnutí o typu lymfodrenáže bylo provedeno rehabilitačním lékařem. Přístrojová lymfodrenáž byla aplikována dvakrát týdně, vždy po jedné hodině, celkem 10 aplikací. Také u manuální drenáže bylo podáno 10 aplikací, byla prováděna jedenkrát týdně.

Rozdíly v transportní kapacitě lymfatického systému jsme hodnotili pomocí t-testu v závislosti na klinickém efektu lymfodrenáže jednak celkově, jednak pro jednotlivé končetiny v klidu i po zátěži chůzí. Rovněž jsme hodnotili, zda byl klinický efekt ovlivněn přítomností kožních kolaterál, pro srovnání jsme opět použili t-test. Klinický efekt



Obr. 1 Lymfoscintigrafie povrchového lymfatického systému dolních končetin, pohled přední. Vlevo je obraz v klidu, vpravo po zátěži chůzí. Na bérce LDK je patrný dermal backflow.



Obr. 2 Lymfoscintigrafie povrchového lymfatického systému dolních končetin, pohled přední. Vlevo je obraz v klidu, vpravo po zátěži chůzí. Na PDK je zobrazen také hluboký lymfatický systém.

lymfodrenáže jsme hodnotili dotazem pacientů na zlepšení subjektivních pocitů při ambulantní kontrole u diabetologa.

VÝSLEDKY

Příznivý klinický efekt lymfodrenáže referovali 3 pacienti (ženy), u 5 pacientů nebyl efekt žádný nebo nepřesvědčivý.

Transportní kapacita lymfatického systému se pohybovala u všech pacientů v klidu v rozmezí 0,12 až 15,54 %, po zátěži chůzí se zvýšila na 8,61 až 35,93 %. Mezi jednotlivými končetinami, hodnotami v klidu a po zátěži a klinickým efektem nebyl statisticky významný rozdíl ($p=0,989$).

Transportní kapacita lymfatického systému u pacientů, kteří pociťovali příznivý klinický efekt lymfodrenáže, se pohybovala v rozmezí 4,01 % až 29,76 % (Tab. 1), po zátěži chůzí v rozmezí 0,12 % až 35,93 % (Tab. 2) Ani v tomto případě nebyly rozdíly statisticky významné. (Tab. 3).

Kožní kolaterály byly přítomné u 4 pacientů. Pouze u jednoho pacienta byly kolaterály přítomné i při klidovém vyšetření, u všech čtyř pak u pacientů bez efektu. Kožní kolaterály byly přítomné u dvou ze tří pacientů s příznivým klinickým efektem, u 5 pacientů bez klinického efektu byly kožní kolaterály přítomny jen u dvou z nich. Ani tento rozdíl nebyl statisticky významný ($p=0,42$ pro klid a 0,55 pro zátěž). (Tab. 4)

DISKUZE

Diabetes mellitus 2. typu je metabolická choroba charakterizovaná buď sníženou sekrecí inzulínu nebo inzulínovou rezistencí. Důsledkem je hyperglykémie. Ta pak vede k chronickému poškození, k poruše funkce až k selhání různých orgánů, jako jsou oči, ledviny, myelinové pochvy, srdce a cévy.⁷ Diabetes mellitus je také silně asociován s obezitou, vysokou hladinou cirkulujících lipoproteinů a dysfunkcí lymfatického systému.^{8,9}

Mikrovaskulární komplikace diabetu zahrnují neuropatii, nefropatii a retinopatii; makrovaskulární komplikace pak zahrnují kardiovaskulární choroby, cévní mozkové příhody a poruchy periferních tepen. Typickou komplikací diabetiků je syndrom diabetické nohy, který je hlavní příčinou amputací končetin.

Hlavní úlohou lymfatického systému je udržovat homeostázu tkání recirkulací tekutin.¹⁰ Hlavní součástí transportu lymfy je aktivní lymfatická pumpa.⁹ Tento nasávací mechanismus je dosažen spontánní kontrakcí sběrných lymfatických cév, které pohánějí lymfu centrálně, v součinnosti s jednosměrnými chlopněmi, které brání zpětnému toku lymfy do periferie.

Lymfedém je typ otoku způsobený abnormální akumulací tekutin a dalších substancí ve tkáních. Příčinou je porucha lymfatického systému spolu s nedostatečnou extralymfatickou proteolýzou bílkovin v buněčném intersticiu a mobilizací makromolekul, jako je kyselina hyaluronová.¹¹ Výsledkem je porucha funkce, opakované in-



Obr. 3 Zařízení pro přístrojovou lymfodrenáž Lymphostim, BTL.

fekce, ulcerace, bolest, porucha čítí, pocit těžkých nohou, napětí ve tkáních spolu se sníženou kvalitou života v důsledku otoků.¹²

Zkoumání lymfatického systému u pacientů se syndromem diabetické nohy je obecně věnováno málo pozornosti.⁵ Hodnocení vztahu kvantitativně vyjádřené transportní kapacity ke klinickému efektu jsme v literatuře nenalezli. Pouze de Sire a kol. hodnotil klinický i laboratorní efekt lymfodrenáže u diabetiků, kteří měli prokázaný lymfedém.⁵ Sledovali více parametrů: zlepšení edému (měřeno změnou obvodu končetiny), zlepšení hybnosti končetiny (měřeno rozsahem pohybu ve velkých kloubech), glykémii a glykovaný hemoglobin. Jejich soubor zahrnoval 30 pacientů, byl rozdělen na část experimentální a kontrolní. U všech intervenovaných pacientů došlo po lymfodrenáži k významnému zlepšení sledovaných parametrů.

Náš soubor byl mnohem menší, zahrnoval jen 8 pacientů, a také jsme neměli kontrolní skupinu. Náš postup však byl spíše opačný. Zajímalo nás, zda bude mít lymfodrenáž efekt v závislosti na velikosti transportní kapacity lymfatického systému. Předpokládali jsme, že efekt by se mohl dostavit především u pacientů, kteří mají transportní kapacitu lymfatického systému nízkou. Klinický efekt se však dostavil pouze zhruba u třetiny pacientů a závislost na velikosti transportní kapacity jsme neprokázali. Stejně se nám nepodařilo prokázat závislost efektu lymfodrenáže na přítomnosti kožních kolaterál, které vždy znamenají insuficienci lymfatického systému.

ZÁVĚR

Studium lymfatického systému u pacientů se syndromem diabetické nohy je obecně věnováno málo pozornosti, ačkoli by mohl hrát důležitou roli. Je to dáno především složením lymfy, která obsahuje řadu biologicky aktivních látek, které mohou zhoršovat situaci tkání a udržovat zánětlivé změny. Naši pacienti, u kterých měla lymfodrenáž klinický efekt, sice měli v průměru transportní kapacitu v klidu nižší než pacienti bez efektu lymfodrenáže, po zátěži chůzí ji však měli v průměru vyšší. Rozdíl ale nebyl statisticky významný, což je dáno především velikostí souboru. Přesto se domníváme, že vyšetřování lymfatického systému u pacientů se syndromem diabetické nohy by pro ně mohlo být přínosné.

| hodnoty u pacientů s příznivým efektem lymfodrenáže | | | | | | | |
|---|--------------|------|-------|---|------|-------|-------|
| charakteristika souboru | | | | transportní kapacita lymfatického systému | | | |
| věk | po- hlaví | váha | výška | klid | | zátěž | |
| | | | | pravá | levá | pravá | levá |
| 67 | ž | 91 | 169 | 4,01 | 7,12 | 14,37 | 26,84 |
| 40 | ž | 78 | 164 | 5,41 | 6,42 | 10,10 | 14,26 |
| 67 | ž | 68 | 157 | 3,37 | 9,02 | 16,04 | 29,76 |

Tab. 1 Transportní kapacita lymfatického systému DK pacientů, kteří měli po aplikaci lymfodrenáže příznivý klinický efekt.

| hodnoty u pacientů bez efektu lymfodrenáže | | | | | | | |
|--|--------------|------|-------|---|------|-------|-------|
| charakteristika souboru | | | | transportní kapacita lymfatického systému | | | |
| věk | po- hlaví | váha | výška | klid | | zátěž | |
| | | | | pravá | levá | pravá | levá |
| 69 | m | 107 | 174 | 0,14 | 0,12 | 10,54 | 8,61 |
| 67 | ž | 109 | 156 | 3,34 | 1,25 | 10,12 | 8,74 |
| 67 | m | 114 | 180 | 9,81 | 9,56 | 22,54 | 21,97 |
| 62 | ž | 153 | 165 | 15,54 | 8,15 | 35,93 | 25,23 |
| 42 | m | 102 | 173 | 3,00 | 4,33 | 24,19 | 22,34 |

Tab. 2 Transportní kapacita lymfatického systému DK pacientů, kteří po aplikaci lymfodrenáže příznivý klinický efekt neměli.

| klinický efekt lymfodrenáže v závislosti na průměrné transportní kapacitě lymfatického systému DK v % | | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | PDK | | | | LDK | | | |
| | klid | p | zátěž | p | klid | p | zátěž | p |
| efekt ano | 4,3 | 0,498 | 13,5 | 0,221 | 7,5 | 0,214 | 23,6 | 0,351 |
| efekt ne | 6,4 | | 20,7 | | 4,7 | | 17,4 | |

Tab. 3 Statistické zpracování hodnot transportní kapacity lymfatického systému v závislosti na klinickém efektu lymfodrenáže.

| klinický efekt lymfodrenáže v závislosti na přítomnosti dermal back-flow | | | | | | |
|--|------|------|-------|------|--------|------|
| | klid | p | zátěž | p | celkem | p |
| efekt ano | 1 | 0,42 | 2 | 0,55 | 3 | 0,28 |
| efekt ne | 0 | | 2 | | 2 | |

Tab. 4 Statistické zpracování hodnot transportní kapacity lymfatického systému v závislosti na přítomnosti kožních kolaterál (dermal backflow).

Obrazová dokumentace archiv autorů.

Literatura

- Bem R, Jirkovská A, Dubský M, et al. Role of quantitative bone scanning in the assessment of bone turnover in patients with Charcot foot. *Diabetes Care*. 2010;33:348-349. doi: 10.2337/dc09-0950. Epub 2009 Nov 23. PMID: 19933988; PMCID: PMC2809280.
- Lang O, Kuníková I. Možnosti scintigrafie u pacientů se syndromem diabetické nohy. *NuklMed* 2019;8:52-59
- Jirkovská A. Syndrom diabetické nohy z pohledu internisty podiatra. *Vnitř Lék* 2016;62(S 4): 4S42-4S47
- Belcaro G, Laurora G, Cesarone MR, et al. Microcirculation in high perfusion microangiopathy. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1995;36:393-398
- de Sire A, Inzitari MT, Moggio L et al. Effects of Intermittent Pneumatic Compression on Lower Limb Lymphedema in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Medicina* 2021;57:1018-. <https://doi.org/10.3390/medicina57101018>
- Kubinyi J, Knotková V, Hrbáč J et al. Lymfoscintigrafie, provedení vyšetření a jeho interpretace. *NuklMed* 2018;7(S2):1-4
- Kahn, R. Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 1997;20:1183.
- Bouta EM, Wood RW, Brown EB, et al. In vivo quantification of lymph viscosity and pressure in lymphatic vessels and draining lymph nodes of arthritic joints in mice. *J. Physiol.* 2014;592:1213-1223
- Davis MJ, Scallan JP, Castorena-Gonzalez JA, et al. Multiple aspects of lymphatic dysfunction in an ApoE^{-/-} mouse model of hypercholesterolemia. *Front. Physiol.* 2023;13:1098408. doi: 10.3389/fphys.2022.1098408
- de Sire A, Losco L, Cisari C, et al. Axillary web syndrome in women after breast cancer surgery referred to an Oncological Rehabilitation Unit: Which are the main risk factors? A retrospective case-control study. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2020;24:8028-8035.
- de Godoy JMP, Azouel LMO, de Godoy MFG. Intensive treatment of leg lymphedema. *Indian J Dermatol.* 2010;55:144-147
- Müller M, Klingberg K, Wertli MM, et al. Manual lymphatic drainage and quality of life in patients with lymphoedema and mixed oedema: A systematic review of randomised controlled trials. *Qual. Life Res.* 2018;27,1403-1414.

Nukleární medicína a MUDr. Eva Hoffmannová, CSc.

Kolín

Když mě redakce oslovila jakožto nestora oboru se žádostí o vzpomínky na mé začátky, trochu mě to zaskočilo. Jako nestor si zatím nepřipadám, ale když jsem si uvědomila, že loni tomu bylo již 50 let, kdy pracuji v oboru, pochopila jsem.

S nukleární medicínou jsem se setkala víceméně náhodou, ale protože jsem měla představu interny jakožto základu a k tomu navíc specializaci technicky zaměřenou, byla nakonec volba jasná.

V minulém roce uspořádal Rektorát Univerzity Karlovy v Karolinu slavnostní „zlatou“ promoci pro náš promoční ročník 1972. Bylo to krásné a důstojné. Jeden z hodnostářů univerzity ve svém projevu řekl, že naše generace zažila výsadu nástupu převratných technologických změn v medicíně. S tím bezvýhradně souhlasím a pokusím se to doložit vlastními zkušenostmi.

V 70. letech u nás ještě neexistoval běžně dostupný ultrazvuk, nebylo CT, natož MR. Nepracovali jsme na počí-

tačích a k dispozici měli pouze základní biochemické výsledky. Zato jsme uměli dobře odebrat anamnézu, dobře diferenciatně diagnosticky uvažovat, dobře fyzikálně vyšetřit pacienta a také psát stručné, ale výstižné propouštěcí zprávy. Vrcholem technické zdatnosti bylo dobře založit kopírák do psacího stroje. Nukleární medicína byla v té době suverénní a bezkonkurenční v zobrazení parenchymových orgánů, jako štítné žlázy, jater apod., a také samozřejmě v oblasti funkčních vyšetření. V Kolíně byla primářem docentem Pospíšilem již v roce 1964 založena „Radioisotopická laboratoř“ jako autonomní součást interního oddělení, v té době jako jedna z prvních v rámci okresních nemocnic. V roce 1972, kdy jsem nastoupila, byla tato laboratoř již samostatným oddělením. Měli jsme rok starý gammagraf a nefrografickou soupravu. V roce 1976 jsme dostali gamakameru Pho Gamma III. Byla již starší po opravě, bez vyhodnocovacího zařízení, kdy jsme nálezy odečítali jen



z tzv. vypršených obrázků focených polaroidem. Na velké vizitě na interně jsem obvykle bývala vyzvána, abych referovala o výsledcích izotopové nefrografie i dalších vyšetření. Když jsme prokázali rupturu sleziny u dítěte po úrazu nebo metastázy ca prostaty v pánevních kostech (tehdy ještě pomocí stroncia), sklízeli jsme respekt kolegů. Později k tomu přibýly radioimunoanalytické metody, u nás tehdy s prvním počítačem v nemocnici, pronajatým od JZD Slušovice, s tvorbou vlastních programů. Cizí literatura byla těžko dostupná a nákup knihovnou byl limitován devizovým přídělem, takže jsme dlouho měli k dispozici pouze knihu „Nuklearmedizín“ od K. zum Winkela z roku 1974. Naštěstí fungovala meziknihovni výpůjční služba, přes kterou bylo možné požádat autory publikací o zaslání separátek, které nám obvykle ochotně zasílali i s věnováním a podpisem.

Rok 1994 znamenal významný zlom v historii našeho oddělení. Jako potvrzení jeho významu pro celou oblast nám byly přiděleny nové větší prostory, zakoupena byla nová dvouhlavá gamakamera i jiné další přístroje, v neposlední řadě i první počítače s nesmělými počátky tvorby informač-



MUDr. Hoffmannová u kamery.

ního systému vlastními silami. To vše za pochodu a od základů. Přístroje obsluhovaly zdravotní sestry, pro které byl přechod do tohoto oboru velmi náročný. My lékaři jsme získávali zkušenosti nejen s novými technikami akvizice (už přechod na celotělový sken a SPECT vyžadoval zkušenost), ale i s novými metodami, které přinesl vývoj nových radiofarmak.

Za další velký mezník považuji zavedení hybridních systémů, které znamenalo zásadní přínos ke zvýšení specifity nálezů doplněním fúze funkční a strukturální složky zobrazení.

Současně se změnami v oblasti nukleární medicíny ale zároveň docházelo k významným technickým a vědeckým pokrokům i v ostatních oborech, zejména v radiologii, s následným zaváděním nových modalit. Také u klinických specializací (např. kardiologie, gastroenterologie aj.) nastalo úsilí o získání kompetencí k provádění zobrazovacích metod, pro které měli do té doby pouhově pouze radiodiagnostici. Ti zase začali projevovali větší zájem o začlenění funkčního aspektu do svých metod. Po rušných začátcích je dnes již naše vzájemná spolupráce s radiology stabilizovaná a prospěšná. Vše výše uvedené pro nás znamenalo obrovský tlak a náš obor si musel hledat nová uplatnění,

aby v této konkurenci obstál. Výrazně zde napomohl PET/CT a teranostika. To už je ale prakticky současnost, kterou naši mladí kolegové dobře znají. Řečeno s prof. Charvátém („Život, adaptace, stress“) – ob stojí ten, kdo dovede odhadnout směřování vývoje a přizpůsobit se mu. Doufám, že i náš obor budoucnost úspěšně zvládne, i když to nebude lehké.

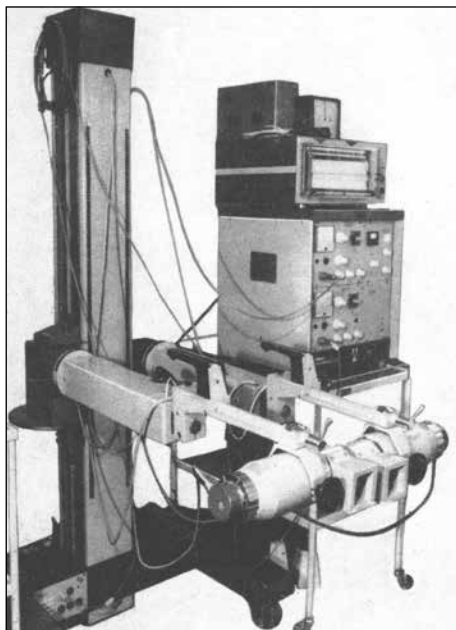
Devadesátá léta byla navíc ve znamení změn v legislativě, což znamenalo velký objem práce pro výbor ČSNM, jehož členkou jsem byla po několika obdobích. Vznikala koncepce oboru, Sazebníky výkonů pro odbornosti 407 a 815, systém vzdělávání, tvorba vzorových standardních operačních postupů (NRS) a dalších dokumentů.

Nukleární medicína je obor náročný na sklovení spolupráce různých specializací, navíc s velmi přísnými předpisy z hlediska radiační hygieny i z hlediska správné farmaceutické praxe. Samozřejmě je třeba předpisy dodržovat, ale zdá se mi, že jsou čím dále složitější a nepřehlednější. Za svou praxi mohu sledovat, jak moc narostla tato i jiná administrativní „nelékařská“ činnost, na úkor času věnovanému pacientům.

Co napsat závěrem? Dnešní mladá generace vyrůstá již ve zcela jiném prostředí. Nedovede si představit

svět bez internetu a chytrých telefonů a přístup k odborným informacím včetně jejich získávání v zahraničí je zcela bezproblémový. Radiologičtí asistenti – bakaláři jsou po absolvování studia schopni prakticky ihned pracovat se sofistikovanými přístroji. Umělá inteligence jde dopředu, ale zdá se, že v medicíně ten postup přece jen nebude tak rychlý. Já jako představitelka staré školy v této souvislosti vím, že jestli zanikne dobrý osobní kontakt lékaře s pacientem, nebude to dobré jak pro medicínu, tak pro náš obor, protože vědět více o konkrétních problémech pacienta bylo vždy naší prioritou a zároveň výhodou oproti radiodiagnostice. Za stěžejní považuji nejen dobře provést a vyhodnotit vyšetření (včetně klinické interpretace), ale vždy komunikovat s kliniky, vycházet jim vstříc a udržovat zpětnou vazbu. Na našem oddělení se to vždy vyplatilo a odrazilo se to v trvajících požadavcích na naše vyšetření i přes konkurenci a dobrou dosažitelnost jiných modalit. Jsem ráda, že jsem součástí generace, která na jedné straně zažila zmíněný technologický boom v medicíně a na druhé straně i dobu, kdy byla medicína uměním založeným na schopnostech samotného lékaře.

Historický kvíz

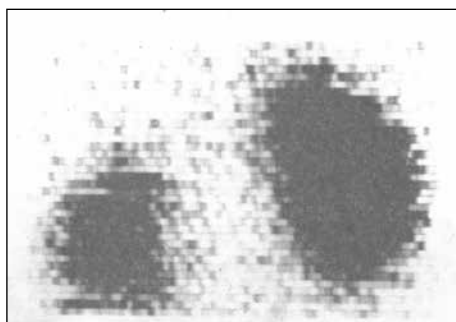
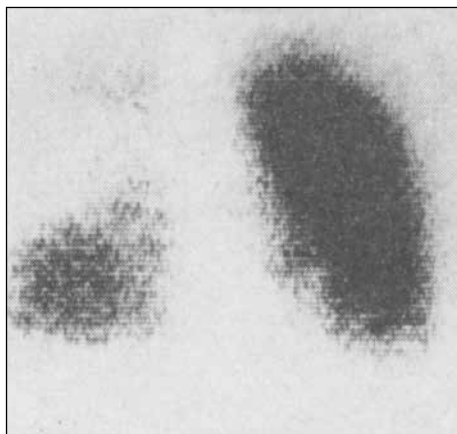


1. Přístroj na obrázku vlevo je:

- Zařízení pro snímání signálů z vesmíru.
- Dvoukanálová spektrometrická souprava s dvojramenným stojanem a scintilačními detektory se širokoúhlymi kolimátory.
- Nezobrazovací zařízení pro detekci anihilačního záření. Bylo používáno pro vyšetření perfuze mozku.

2. Scintigram na obrázku vpravo je:

- Perfuzní scintigrafie plic u pravostranného bronchogenního karcinomu – pohled přední.
- Statická scintigrafie ledvin – obraz velké cysty vlevo – pohled zadní
- Scintigrafie jater a sleziny u cirhotika (svrašťelá játra a zvětšená slezina) – pohled přední.



3. Scintigram na obrázku vlevo je:

- Perfuzní scintigrafie plic u pravostranného bronchogenního karcinomu v horním poli plicním – pohled přední.
- Statická scintigrafie ledvin – obraz svrašťelé ledviny vlevo – pohled zadní.
- Scintigrafie jater a sleziny u cirhotika (svrašťelá játra a zvětšená slezina) – pohled přední.

Sonda do historie

1953

- F. Reines poprvé experimentálně ověřil neutrino
- F. Daniels zavedl termoluminiscenční dozimetrii
- R. Bernstein vyřešil metodu cyklotronové produkce ^{18}F
- F. Ebaugh zavedl měření přežívání erytrocytů značených chromem-51 (měření prováděl v krevních konzerkách); G. le Roy toto měření zavedl do klinické praxe
- K. Luden měřil spektrum rtg záření NaI(Tl) krystalem
- W. Love zavedl zobrazení myokardu pomocí ^{86}Rb a ^{134}Cs ; A. Luisada přidal použití ekg, čímž vznikla radiokardiografie
- S. Kety měřil průtok krve mozem pomocí ^{24}Na
- C. Schmidt změřil biologický poločas jódu-131: 3–8 dní
- A. Martin vyvinul plynovou chromatografii

1963

- P. Harper popsal nový diagnostický radionuklid – $^{99\text{m}}\text{Tc}$
- D. Kuhl použil tomografickou techniku pro radionuklidový emisní scan
- W. Simpson prezentoval první celotělový kostní scan s ^{85}Sr
- G. Taplin ukázal na psech, že plicní scan, kdy je použita mikroembolizace pomocí jódem značeného MAA, je bezpečná metoda
- M. Blaufox prokázal, že játra vylučují jódem značený hippuran u pacientů s renálním selháním

Správné odpovědi:
 1. b) Dvoukanálová spektrometrická souprava s dvojramenným stojanem a scintilačními detektory se širokoúhlymi kolimátory.
 2. a) Perfuzní scintigrafie plic u pravostranného bronchogenního karcinomu – pohled přední.
 3. b) Statická scintigrafie ledvin – obraz svrašťelé ledviny vlevo – pohled zadní.

XLIV. pracovní dny Radiofarmaceutické sekce ČSNM, Hradec Králové, 31. 5. – 2. 6. 2023

Na přelomu května a června letošního roku proběhly další, v pořadí již 44. pracovní dny Radiofarmaceutické sekce ČSNM. Po čtvrté v historii byly pořádány v Hradci Králové, ale vůbec poprvé jsme se sešli na akademické půdě Farmaceutické fakulty Univerzity Karlovy, která byla letošním spoluorganizátorem.

Konference, slavnostně zahájená děkanem fakulty doc. PharmDr. Jaroslavem Rohem, Ph.D., probíhala v posluchárně A s přilehlými prostorami fakulty, kterou prošla celá řada našich kolegů farmaceutů.

Hojná účast letos zahrnovala 98 registrovaných účastníků, kteří si během tří dnů vyslechli velmi zajímavý a pestrý program, čítající 21 odborných a 6 firemních sdělení. Tradiční témata, věnovaná přípravě, kontrole a použití radiofarmak v běžné praxi, byla doplněna o nové poznatky z výzkumu nových látek, především na poli radionuklidové terapie. Vedle příspěvků tradičních kli-



Farmaceutická fakulta UK v Hradci Králové.

nických i vědecko-výzkumných pracovišť, účastníci se našich konferencí pravidelně, jsme měli nově možnost nahlédnout pod pokličku nám dosud neznámých institucí, pracujících s radioaktivními přípravky. A tak jsme se od Mgr. Lenky Andrejsové, Ph.D., dozvěděli o výzkumu a práci s radionuklidy na katedře radiobiologie Fakulty vojenského zdravotnictví Univerzity obrany v Hradci Králové. Mgr. Ondřej Komžák nám přiblížil zákulisí unikátní výměny cyklotronu v PET centru Nemocnice Na Homolce.

Tradicí se již stalo vyhlášení nejlepší prezentace celé konference. Letos byla organizačním výborem vybrána přednáška PharmDr. Anny Ďurinové z Farmaceutické fakulty UK v Hradci Králové nazvaná „CRISPR/Cas9 Technique Used in Potential LRP2 Ligands Determination“.

Doprovodná část akce zahrnovala společenský večer konaný netradičně již první den konference v prostorách hotelu Alessandria. O hudební kulisu se postaral instrumentalista David Fiedler, působící jinak jako člen skupiny Plavci nebo vystupující v duetu s Milošem Dvořáčkem. Druhý večer proběhl v nových prostorách legendárního studentského AC klubu. Výborným zpestřením byl zábavně-vědomostní kvíz Katky Žilkové. O hudební kulisu se postaral kolega Zbyněk Nový, který se ujal role diskžokeje.

Velmi pozitivní ohlasy vyvolala exkurze účastníků konference do Zahrady léčivých rostlin fakulty, kterou nás provedla její vedoucí Ing. Anežka Chlebková.

Na úspěšném průběhu konference se za Farmaceutickou fakultu organizačně podíleli členové kolektivu Radioizotopových laboratoří v čele s prof. PharmDr. Františkem Trejtnarem, CSc. Patří jim naše poděkování stejně jako všem sponzorujícím firmám, jejichž stánky jsme mohli navštívit ve spojovacím koridoru obou budov fakulty v bezprostřední blízkosti přednáškového sálu.

Za organizační výbor děkujeme také všem účastníkům, obzvláště těm s aktivní účastí a těšíme se na další setkání na jaře příštího roku. Ve spolupráci s FJFI ČVUT pro Vás připravujeme 45. ročník, tentokrát v Praze.

text a foto Mgr. Igor Tichý

Pohled do posluchárny A (nahoře); zahrada léčivých rostlin FaF UK (uprostřed); společenský večer – vystoupení Davida Fiedlera (dole).



Skupina radiofarmaceutické chemie Katedry jaderné chemie FJFI ČVUT v Praze Vás za podpory ČSNM a dalších partnerů zve na druhý ročník vědecké konference



STUDENTSKÝ DEN NUKLEÁRNÍ 2023 MEDICÍNY

22. září 2023
Břehová 7, Praha 1

Co Vás čeká

- Plenární přednášky uznávaných odborníků
- Sdílení zkušeností z Vašich oborů
- Kontakt s komerční sférou

Konference je určena pro mladé lékaře, kolegy a studenty z oborů nukleární medicína, radiofarmacie, dozimetrie a radiologická technika.

REGISTRACE NA

www.sdnm.cz

