



Sborník abstraktů

Studentský den nukleární medicíny

**Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické v Praze**

10. 10. 2020



Několik slov úvodem...

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

Dostalo se mi milé povinnosti v této zvláštní době, ve které se všichni nacházíme, abych vás pozdravil v úvodu sborníku abstraktů, které pro vás organizační tým připravil.

Už jsme ani nedoufali, že bychom uspěli s pořádáním konference Studentský den nukleární medicíny, kterou jsme původně avizovali na květen 2020 a následně jsme ji přesunuli

na podzimní termín. Náhlá rychlost, s jakou se epidemiologická situace zhoršila nás tak trochu překvapila. Snažili jsme se pro vás připravit setkání mladých studentů a vědeckých pracovníků z oborů nukleární medicína, jaderná chemie, radiologická fyzika a radiofarmacie. Prostory pro konání konference poskytlo vedení Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské, Českého vysokého učení technického v Praze, kdy záštitu nad konáním akce přebíral děkan fakulty prof. Ing. Igor Jex, DrSc. České vysoké učení technické v Praze rovněž organizaci konference podpořilo finančně udělením projektu SVK 34/20/F4. Součinnost a podporu nám poskytla i Společnost nukleární medicíny České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně a rovněž vystavovatelé a sponzoři, mezi kterými jsou společnosti, které působí v oblasti výzkumu i klinické praxe již řadu let.

Konference Studentský den nukleární medicíny vznikla především z důvodu posílení interdisciplinární spolupráce lékařů, radiologických fyziků a chemiků, které spojuje nukleární medicína a výzkum a vývoj radiofarmak. Chtěli jsme tak přispět k vzájemnému dialogu mladých pracovníků a lepšímu vzájemnému poznání a porozumění.

Rozhodli jsme se, že celá naše dosavadní činnost nesmí přijít nazmar. Náhlý nepříznivý vývoj nesmí být překážkou, abychom se nemohli setkat a prezentovat naše dosavadní výsledky výzkumu, vývoje a klinické praxe. Během rekordně krátkého času jsme převedli konferenci z původní podoby do světa on-line. Chtěl bych na tomto místě poděkovat všem kolegyním a kolegům z organizačního výboru za skvělou práci, kterou odvedli. Chtěl bych poděkovat také kolegům z vědeckého výboru, kteří nám byli ve všech směrech nápomocni. Poděkování patří i vám všem, že jste první ročník konference Studentský den nukleární medicíny 2020 podpořili svou aktivní účastí.

S výhledem do budoucnosti doufáme v lepší časy. Rok 2020 byl z pohledu vědeckých konferencí spíše rokem chudým. Doufáme, že pořádat studentskou vědeckou konferenci se nám bude dařit i v dalších letech a že ji pro vás budeme moci připravovat pravidelně.

Přejí vám všem, abyste na konferenci SDNM 2020 našli svá zajímavá témata a aby pro vás prezentované výsledky a poznatky byly obohacující a užitečné.

RNDr. Martin Vlček, Ph.D.

Za organizační a vědecký výbor SDNM 2020

Organizační výbor konference

RNDr. Martin Vlk, Ph.D.

doc. RNDr. Ján Kozempel, Ph.D.

Ing. Kateřina Fialová

Ing. Ekaterina Kukleva

Ing. Lukáš Ondrák

Ing. Petra Suchánková, Ph.D.

Ing. Martin Palušák

Ing. Michal Sakmár

Vědecký výbor konference

doc. RNDr. Ján Kozempel, Ph.D.

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha

prof. Ing. Ondřej Lebeda, Ph.D.

Ústav jaderné fyziky, AV ČR, v.v.i, Husinec – Řež, Řež

MUDr. Kateřina Táborská

Klinika nukleární medicíny a endokrinologie UK 2. LF a FN Motol, Praha

Ing. Jiří Terš

Oddělení nukleární medicíny na Institutu klinické a experimentální medicíny, Praha

RNDr. Martin Vlk, Ph.D.

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha

MUDr. David Zogala

Oddělení radiační ochrany, 1. LF UK a VFN v Praze, Praha

PharmDr. Kateřina Žilková

Oddělení nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Hradec Králové

Podpora

Projekt SDNM 2020 byl podpořen grantovou agenturou ČVUT: SVK 34/20/F4.

Program konference

8:50 - 9:00 Představení online konferenční místnosti a jejího ovládní

Slavnostní zahájení konference SDNM 2020

9:00 - 9:05 RNDr. Martin Vlk, Ph.D.

9:05 - 9:15 prof. Ing. Igor Jex, DrSc.

9:15 - 10:00 Zvaná přednáška Marek Pruszyński

A short lecture on nuclear medicine and radiopharmaceuticals

Blok A - Klinická sekce

Předsedající: MUDr. David Zogala

10:00 - 10:20 Mgr. Darina Budošová

Rádioizotopová scintigrafia a jej využitie v gastroenterológii

Trnavská univerzita

10:20 - 10:40 MUDr. Karolína Mancová

Nukleární medicína očima mladých lékařů

Institut klinické a experimentální medicíny

10:40 - 11:00 MUDr. Zuzana Dědečková

Práce lékaře na lůžkovém oddělení NM

Fakultní nemocnice v Motole

11:00 - 11:20 Kristýna Bekrová

SPECT zobrazení presynaptických dopaminových transportérů v mozku u pacientů Parkinsonovu chorobou

Univerzita Pardubice

11:20 - 11:40 Šárka Zilvarová

Systémová léčba kostních metastáz u pacientů s karcinomem prostaty radium-223 dichloridem

Univerzita Pardubice

11:40 - 12:00 Nataša Brisudová

Rádiomická analýza nálezu PET/CT s fludeoxyglukózou (¹⁸F) ako biomarker pri odlíšení spondylodiscitídy a kostnej metastázy u pacientov s ložiskovými léziemi v chrbtici

Univerzita Komenského

12:00 - 12:20 Nikola Plištilová

Scintigrafická diagnostika febrilních stavů nejasného původu

Univerzita Pardubice

12:20 - 12:25 MUDr. Tomáš Kielar – poster

Začátky s nukleární medicínou

Institut klinické a experimentální medicíny

12:25 - 12:30 Česká společnost nukleární medicíny ČLS JEP

12:30 - 14:00 Oběd

Blok B - Radiofarmaceutická sekce

Předsedající: PharmDr. Kateřina Žilková

14:00 - 14:20 Bc. Klaudia Bátorová

Stanovenie rádionuklidovej čistoty vybraných medicínálnych nuklidov pomocou extrakčnej chromatografie na papieri

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

14:20 - 14:40 Bc. Kristýna Kroftová

Ge-68/Ga-68 generátory na bázi anorganických iontoměničů

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

14:40 - 15:00 Tereza Janská

Účinnost značení nanočástic hydroxyapatitu a oxidu titaničitého Ga-68 v závislosti na pH

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

15:00 - 15:20 Ing. Marie Skálová

Příprava a využití Lu-177 v radionuklidové terapii a jeho porovnání s Tb-161

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

15:20 - 15:40 Ing. Veronika Valová

Magnetické nanočástice značené Lu-177

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

15:40 - 15:45 M.G.P. spol. s r.o.

15:45 - 15:50 RadioMedic s.r.o.

Blok C - Fyzikálně-technická sekce

Předsedající: Ing. Jiří Terš

15:50 - 16:10 Ing. Eliška Trojanová

ThyroPIX - gama kamera nové generace pro zobrazování štítné žlázy a malých orgánů pomocí metod nukleární medicíny

ADVACAM

16:10 - 16:30 Simona Šimůnková

Detekční systém pro celotělovou dozimetrii DOMOS

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

16:30 - 16:50 Bc. Alena Keňová

Dozimetrie 131I-mIBG u pacientů s neuroendokrinním onemocněním

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

16:50 - 16:55 Bc. Tatiana Pavliková – poster

System hodnotenia rastových buniek mandibul v nukleárnej medicíne

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

16:55 - 17:00 Canberra Packard s.r.o.

17:00 Slavnostní ukončení konference, předání cen

Změna programu vyhrazena!

Sborník abstraktů

Stanovenie rádionuklidovej čistoty vybraných medicínálnych nuklidov pomocou extrakčnej chromatografie na papieri

Bátorová K.¹, Kukleva E.¹, Kozempel J.¹

¹ *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

Nádorové ochorenia sú druhou najčastejšou príčinou smrti v ČR. Liečba a diagnostike nádorových ochorení je i naďalej venovaná veľká pozornosť. V oblasti diagnostiky nachádzajú vysoké uplatnenie rádiofarmaká, ako napríklad rádionuklid ⁶⁸Ga používaný v pozitronovej emisnej tomografii. Použitie rádionuklidov podlieha Zákonu o liečivách a ďalším predpisom, ktoré zahŕňujú kontrolu rádionuklidovej čistoty. Táto práca sa zaoberá štúdiom stanovenia rádionuklidovej čistoty v systémoch geneticky závislých rádionuklidov, využívaných v nukleárnej medicíne najmä vo forme rádionuklidových generátorov, menovite páru ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga.

Proces separácie je založený na extrakčnej chromatografii s využitím diglykolamidov impregnovaných na chromatografickom papieri. Táto metodika je veľmi jednoduchá a má význam v technológii rádiofarmak pre kontrolu kvality. Boli pripravené chromatografické papiere impregnované *N,N,N',N'*-tetraoktyldiglykolamidom (TODGA) a druhým diglykolamidom *N,N,N',N'*-tetraisooktyldiglykolamidom (iso-TODGA). Boli vykonané separačné experimenty zmesi ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga a čistého ⁶⁸Ga získaného eluovaním gáliového generátoru. Získané chromatogramy boli vyhodnotené pomocou TLC skeneru.

Systém vyhodnotený ako účinný pre separáciu zmesi ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga bol: stacionárna fáza TODGA alebo iso-TODGA s použitím 6M HNO₃ ako mobilnej fázy s prídavkom H₂O₂. Takto použitá kombinácia stacionárnej a mobilnej fázy delí zmes ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga tak, že ⁶⁸Ge ostáva na štarte a ⁶⁸Ga putuje v smere toku mobilnej fázy.

Zmes ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga bola úspešne rozdelená pomocou papierovej extrakčnej chromatografie na jednotlivé frakcie s využitím diglykolamidov. Dá sa konštatovať, že papierová chromatografia je vhodná alternatívna metóda pre separáciu a analýzu zloženia zmesi ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga a po následnej validácii je použiteľná pre kontrolu rádionuklidovej čistoty preparátu ⁶⁸Ga, ale i ďalších preparátov a to i bez použitia gama spektrometrie.

Účinnost značení nanočástic hydroxyapatitu a oxidu titaničitého Ga-68 v závislosti na pH

Janská T.¹, Kukleva E.¹

¹ *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

Nanočástice hydroxyapatitu a oxidu titaničitého značené ⁶⁸Ga se ukazují jako perspektivní materiál pro využití v radiofarmacii, kde mohou být využity jako součást teranostického systému na bázi nanomateriálů. Z tohoto důvodu je nutné najít vhodné prostředí, jak z hlediska nejvyššího výtěžku značení, ale i z pohledu využití v medicíně.

Pro značení byl použit eluát ⁶⁸Ga o aktivitě 10-20 MBq z generátoru Galli Ad. Pro variaci pH prostředí byl použit acetátový, Britton-Robinsonův, citrátový a fosfátový pufr o různých pH. Značení nanočástic hydroxyapatitu ⁶⁸Ga bylo provedeno v rozmezí pH od 3 do 8, značení nanočástic TiO₂ v rozmezí od 1 do 8. Inkubace značených nanočástic probíhala při 90 °C a stálém míchání po dobu 30 min.

Výstupem byla závislost účinnosti značení na pH prostředí. Nejvyšších výtěžků značení bylo dosaženo pro hydroxyapatit v acetátovém pufru s pH 5,5 a pro oxid titaničitý v acetátovém pufru s pH 5, kdy tyto výtěžky byly více než 95 %.

Byly určeny optimální podmínky pro značení nanočástic hydroxyapatitu a oxidu titaničitého, které jsou dobře použitelné pro možné následující medicínální využití.

$^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generátory na bázi anorganických iontoměničů

Kroftová K.¹, Fialová K.¹, Vlk M.¹, Kozempel J.¹

¹ *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

Radionuklid ^{68}Ga je pozitronový zářič, kterému je v současnosti na poli nukleární medicíny věnována velká pozornost. Využívá se pro diagnostické účely, a to především v rámci pozitronové emisní tomografie (PET), kde by mohl konkurovat stále nejhojněji využívanému ^{18}F . Výhodou ^{68}Ga je jeho separace z radionuklidového generátoru přímo na místě radiofarmaceutického pracoviště, na rozdíl od již zmiňovaného ^{18}F , který je připravován na cyklotronu.

Přestože existují různé druhy $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generátorů, mezi nejrozšířenější patří generátory s matricí ve formě anorganických iontoměničů. Předností tohoto typu sorbentů je zejména jejich vysoká chemická a radiační stabilita. Příkladem takovýchto komerčně dostupných $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generátorů jsou generátory na bázi TiO_2 nebo ZrO_2 . Výtěžky požadovaného dceřiného ^{68}Ga u těchto generátorů dosahují vysokých hodnot (>70 %) a kontaminace mateřským ^{68}Ge nepřesahuje lékopisem stanovený limit 0,001 %. Z tohoto důvodu se jeví jako vhodný nápad vytvořit $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generátor na bázi podvojných oxidů těchto prvků. V rámci této práce byly připraveny a testovány oxidy NiO-TiO_2 , $\text{ZrO}_2\text{-TiO}_2$ a $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$. Amorfni oxid $\text{ZrO}_2\text{-TiO}_2$ se prokázal jako potenciálně nejvhodnější kandidát pro separaci ^{68}Ga od ^{68}Ge a v budoucnu by mohl být testován v kolonových experimentech.

Jednou z nevýhod anorganických iontoměničů je jejich nízká mechanická odolnost. Z tohoto důvodu je vhodné vybrané sorbenty zgranulovat do organických polymerů, mezi které patří např. polyakrylonitril (PAN), čímž se tento nedostatek eliminuje. Další výhodou PANu je jeho vysoká radiační stabilita, která umožňuje vytvořit radionuklidový generátor o značné počáteční aktivitě. Takovýto $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ generátor na bázi $\text{CeO}_2\text{-PAN}$ o počáteční aktivitě 120 MBq byl v rámci této práce připraven a pravidelně testován po dobu 5 měsíců, přičemž byly sledovány jeho vlastnosti. Výtěžky tohoto generátoru se pohybovaly nad 70 %. Kontaminace nepřekročila 0,013 % a zůstávala přibližně konstantní.

Příprava a využití Lu-177 v radionuklidové terapii a jeho porovnání s Tb-161

Skálová M.¹, Suchánková P.¹, Kozempel J.¹

¹ *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

Lutecium-177 je jedním z radionuklidů se stále rostoucím využitím v radioterapeutických aplikacích, a to díky vhodné energii beta záření a délce poločasu přeměny v kombinaci s vhodnými chemickými vlastnostmi. Analogem Lu-177 co se týče chemických a do jisté míry i jaderných vlastností je Tb-161.

Lutecium-177 je možné připravit ozařováním v reaktoru – neutronovým záchytem na terči z obohaceného Lu-176 nebo na terči z obohaceného Yb-176 s následnou beta přeměnou vznikajícího Yb-177. Druhým způsobem přípravy Lu-177 je ozařování terče z Yb-176 svazkem deuterionů v cyklotronu.

Jakožto prvek skupiny lanthanoidů má lutecium vhodné chemické vlastnosti pro tvorbu chelátů a sloučenin, jež lze dále využít pro syntézu radiofarmak např. v cílené radionuklidové terapii karcinomu prostaty (¹⁷⁷Lu-PSMA) nebo gastroenteropankreatických neuroendokrinních nádorů (¹⁷⁷Lu-DOTA-TATE). Lutecium-177 se dále uplatňuje také v radiosynovektomii či radioimunoterapii.

Vhodnou alternativou k Lu-177 se jeví radionuklid Tb-161, jenž má podobné chemické vlastnosti a srovnatelný poločas přeměny i energii beta záření. Oba radionuklidy emitují gama záření využitelné pro monitorování distribuce radiofarmaka v těle pacienta, avšak gama kvanta emitovaná Tb-161 mají nižší energii, čímž přispívají k nižší radiační zátěži pacienta. Terbium-161 navíc emituje konverzní a Augerovy elektrony, což zvyšuje jeho potenciální terapeutickou účinnost oproti Lu-177.

Lutecium-177 je v současné době využíváno v radioterapeutických aplikacích a stále je předmětem dalšího výzkumu. Jako jeho případná alternativa s potenciálně vyšší terapeutickou účinností se jeví Tb-161, jehož výhodou jsou také podobné chemické vlastnosti umožňující využití postupů již zavedených pro Lu-177.

Magnetické nanočástice značené ^{177}Lu

Valová V.^{1,2}, Vlk M.^{1,2}, Ráliš J.³, Lebeda O.³, Kozempel J.¹

¹ *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

² *Klinika nukleární medicíny a endokrinologie UK 2. LF a FN Motol, V Úvalu 84, 15006 Praha 5*

³ *Ústav jaderné fyziky, AV ČR, v.v.i, Husinec – Řež, 250 68 Řež*

Nanočástice Fe_3O_4 se svými superparamagnetickými vlastnostmi jsou zkoumány jako vhodné materiály pro různé biomedicínské aplikace např. jako nosiče diagnostických nebo terapeutických radionuklidů. Nemodifikované/nestabilizované nosiče Fe_3O_4 často agregují, a proto jsou obalovány např. anorganickými nebo organickými povlaky. Pro tyto účely byly studovány kompozitní magnetické nanočástice s hydroxyapatitem (HAp) $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$, který se jeví jako vhodný obalový materiál. Hydroxyapatit se ve velké míře používá díky své vynikající biokompatibilitě, stabilitě v různých matricích a nízké toxicitě. Připravené nosiče byly značeny luteciem-177. Tento smíšený β a γ zářič se např. využívá v terapii malých nádorů.

Nanočástice magnetitu (Fe_3O_4), připravené koprecipitací železnatých a železitých solí, byly použity nejen ke značení luteciem-177, ale posloužily k obalení hydroxyapatitem pro snížení jejich agregace za vzniku magnetit-hydroxyapatitových nanočástic ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-HAp}$). Oba typy nanočástic byly dispergovány v pufru při různých hodnotách pH a následně inkubovány s $^{177}\text{LuCl}_2$ (~10 MBq/1ml) při laboratorní teplotě.

Připravené magnetické nanočástice i magnetit-hydroxyapatitové nanočástice, byly radioaktivně značeny ^{177}Lu . Výtěžky značení byly v rozmezí 99-97 %.

Připravené nanočásticové materiály značené povrchovou sorpcí ^{177}Lu se jeví jako perspektivní nosiče pro terapeutické radionuklidy, které budou dále studovány jako nosiče léčiv s možným potenciálem pro klinické aplikace v radioterapii.

Dozimetrie ^{131}I -mIBG u pacientů s neuroendokrinním onemocněním

Keňová A.^{1,2}, Kráčmerová T.¹

¹ Samostatné oddělení lékařské fyziky, 2. LF UK a FN v Motole, Praha

² Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha

U pacientů s neuroendokrinním onemocněním podstupujících terapii pomocí ^{131}I -mIBG je snaha individualizovat aplikované aktivity na základě stanovení absorbované dávky v cílových objemech a kritických orgánech. Pro stanovení absorbovaných dávek na základě patientských snímků je nutná kalibrace SPECT systému.

Terapii pomocí ^{131}I -mIBG podstupují pacienti s diagnózami: feochromocytom, karcinoid, paragangliom, medulární karcinom štítné žlázy s výskytem metastáz, pokročilá stádia neuroblastomu u dětí. Výsledky patientských studií z posledních let ukazují, že u těchto diagnóz existuje korelace mezi absorbovanou dávkou a účinkem terapie. Pro stanovení hodnoty absorbované dávky je nutné stanovení korekčních faktorů a kalibračních koeficientů. Hodnoty korekčních faktorů rozptýleného záření, mrtvé doby a efektu částečného objemu byly určeny s ohledem na daný přístroj, akvizici, rekonstrukci a radionuklid ^{131}I . Výsledky jsou doplněny odhadem nejistot jejich stanovení, které slouží k zpřesnění chyby spojené s výpočtem absorbované dávky v cílovém nebo rizikovém orgánu.

Představené postupy byly zvoleny s ohledem na použitelnost v klinické praxi a společně se získanými hodnotami korekčních faktorů slouží jako základ vyhodnocení patientských dat a zavedení dozimetrie na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF a FN Motol.

System hodnotenia rastových buniek mandibul v nukleárnej medicíne

Pavliková T.^{1,2}, Kráčmerová T.³

¹ *Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

² *Oddělení radiační ochrany, 1. LF UK a VFN v Praze, Praha*

³ *Samostatné oddělení lékařské fyziky, 2. LF UK a FN v Motole, Praha*

Kondylárna hyperplázia mandibuly je patológia dolnej čeluste, ktorá spôsobuje asymetriu tváre, bolesť a dysfunkciu temporomandibulárneho kĺbu a môže viesť k estetickým a psychologickým problémom človeka. Keďže ide o chorobu detí, je na diagnostiku spojenú s ionizujúcim žiarením kladený väčší dôraz. Svetovým trendom na diagnostiku kondylárnej hyperplázie je SPECT, ktorý je postupne dopĺňovaný nízko dávkovým CT, vďaka výhodám, ktorými SPECT/CT disponuje.

Keďže, v Českej Republike nie je štandardizovaný postup na vyhodnotenie pacientov s kondylárnou hyperpláziou, cieľom výskumu je porovnať niekoľko možností na určenie aktívnej kondyly. Prístupy, pomocou ktorých budú vyhodnocované dáta pacientov, boli zvolené na základe dvoch pracovísk v Prahe, kde sa pacienti s deformáciou tváre diagnostikujú.

Vyhodnotenie môže byť vykonané absolútne alebo relatívne (aktuálne štandardné vyhodnotenie). Na absolútnu kvantifikáciu boli vykonané merania pomocou Jaszczak fantómu, kedy boli stanovené korekčné koeficienty na efekt čiastočného objemu (RC koeficienty) a kalibračné koeficienty medzi počtom impulzov a aktivitou.

Detekční systém pro celotělovou dozimetrii DOMOS

Šimůnková S.^{1,2}, Řeháček T.¹, Keňová A.^{1,2}, Kráčmerová T.¹

¹ Samostatné oddělení lékařské fyziky, 2. LF UK a FN v Motole, Praha

² Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha

Detekční systém DOMOS od firmy Nuvia a.s. se využívá pro celotělovou dozimetrii na 2. lůžkové stanici Kliniky nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FN v Motole. K detekci používá scintilační krystal NaI(Tl), který měří četnost impulzů. Následně je stanovena absolutní změna impulzů za sekundu (CPS) až do hodnoty 50 000 CPS. Je unikátní díky instalaci nad lůžko pacienta a ovládání přes tablet. Pacientská měření lze tedy provádět bez dohledu personálu. Měření je možné provádět i na vícelůžkových pokojích za předpokladu, že jsou jejich lůžka od sebe ve vzdálenosti minimálně 200 cm.

Na tomto systému byly provedeny kalibrační měření a kontrola kvality (QC) jako např. kontroly stability, linearita odezvy na aktivitu, citlivost atd., a to dle navrženého souhrnu QC pro detektory využívané pro celotělovou dozimetrii. Z těchto dat je určena chybovost celého detekčního systému. Po proměření těchto vlastností byly provedeny prvotní měření na pacientech. Bylo provedeno porovnání s měřením prováděným personálem za pomoci kolimované scintilační sondy SVLD a měřením, které prováděl sám pacient na systému DOMOS. Kromě hodnocení odchylek výsledků měření v průběhu času, byla zkoumána samostatnost a spolupráce pacientů při měření.

Detekční systém DOMOS se prokázal jako vyhovující pro klinický provoz. Zajistí výrazné snížení radiační zátěže personálu, časovou nenáročnost a větší množství dat, které je výhodné pro přesnější stanovení celotělové dávky. Systém má ovšem také své nevýhody. Zásadní nevýhodou je možné nedodržení zachování geometrie při měření, kdy měření provádí sám pacient, a také kontaminace lůžka.

ThyroPIX - gama kamera nové generace pro zobrazování štítné žlázy a malých orgánů pomocí metod nukleární medicíny

Trojanová E.¹, Šolc J.², Kráčmerová T.³, Sýkora V.⁴, Kadeřábek R.⁵

¹ ADVACAM s.r.o. (U Pergamenky 12, 17000, Praha 7, Česká republika)

² Český metrologický institut (Rádiova 1136, 102 00 Praha 15, Česká republika)

³ Fakultní nemocnice v Motole (V Uvalu 84, 150 06 Praha 5, Česká republika)

⁴ Centrum pro pokročilé preklinické testování (CAPI), 1.LF University Karlovy, (Salmovská 3, 120 00 Praha 2, Česká republika)

⁵ Radalytica a.s (Technologická 945/10, Holice, 779 00 Olomouc)

Karcinom štítné žlázy patří u mladších lidí (ve věku do 45 let) mezi 5 nejčastějších karcinomů a počet těchto nádorů stále narůstá. Primárně se tento typ karcinomu léčí chirurgickým odstraněním celé štítné žlázy s následnou radionuklidovou radioterapií v podobě podání radioaktivního jodu, který destruuje zbytky štítné žlázy i případné zbytky nádorové tkáně. Významnou roli pro monitorování pacientů před, v průběhu a po radionuklidové léčbě hrají zobrazovací diagnostické metody. Současný standard přístrojové techniky ale neumožňuje vizualizovat velmi vysoké aktivity ¹³¹I, které se při radionuklidové terapii běžně aplikují. Největším handicapem současné přístrojové zobrazovací techniky je nemožnost integrace zobrazení s vysokým rozlišením a průběžné měření kinetiky u aplikací vysokých léčebných aktivit radiofarmak. Tyto nedostatky však může vyřešit nastupující technologie polovodičových detektorů rodiny Medipix, která umožňuje detekci vysokých toků záření s vysokým rozlišením. Použitím této technologie ve spojení s mobilní platformou je vyvíjen unikátní zobrazovací přístroj ThyroPIX. Zařízení bude primárně designované pro zobrazování na principu Comptonovi kamery, ale bude také vybaveno přídatným kolimačním systémem, tak aby umožňovalo detekci v režimu gama kamery pro detekci nízkoenergetických radionuklidů jako je např. ^{99m}Tc.

Díky implementaci kamery ThyroPIX na mobilní robotický systém bude možné omezit pohyb pacientů docházejících na vyšetření na oddělení nukleární medicíny. Zároveň díky flexibilitě a automatickému polohovacímu systému, kterým robotické rameno disponuje, bude moci pacient ležet či sedět na pokoji v lůžkové části oddělení a vyšetření samotné může probíhat mimo přítomnost nemocničního personálu, čímž bude sníženo riziko nebezpečí ozáření.

Podpořeno: Projekt FW01010471ThyroPIX – gama kamera nové generace pro zobrazování štítné žlázy a malých orgánů pomocí metod nukleární medicíny je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu TREND 2019.

SPECT zobrazení presynaptických dopaminových transportérů v mozku u pacientů s Parkinsonovu chorobou

Bekrová K.¹, Červenková Z.², Lierová A.¹

¹Oddělení radiologie a ² Oddělení urgentní medicíny, Katedra klinických oborů, Fakulta zdravotnických studií, Univerzita Pardubice, Pardubice

Parkinsonova choroba je progresivní neurodegenerativní onemocnění, postihující lidi v jakémkoliv věku. Nemoc způsobuje postupný úbytek dopaminergních nervových buněk, v oblasti mozku *substantia nigra*, které produkují neurotransmitter dopamin. Nedostatek neurotransmiterů způsobuje jedinci ztrátu schopnosti ovládat a kontrolovat své pohyby. Jedním z mnoha způsobů diagnostiky Parkinsonovy nemoci je využití scintigrafických metod nukleární medicíny, které umožňují sledování distribuce radiofarmak ve tkáních lidského těla. Pro diagnostiku Parkinsonovy choroby se využívá především jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT), kde je zobrazována právě hustota dopaminových transportérů pomocí radiofarmaka ¹²³I-ioflupan.

Principem SPECT vyšetření mozku je aplikace radiofarmaka ¹²³I-ioflupan (¹²³I-FP-CIT), komerčně dostupným pod názvem DaTSCAN™. Vyšetření je určeno pro klinické využití u dospělých pacientů při podezření na parkinsonský syndrom nejasného nebo atypického původu. Radiofarmakum se s vysokou afinitou naváže na presynaptické dopaminové transportéry v mozku, čímž se zjistí jejich hustota v dané oblasti. Snížení hustoty transportérů je hlavním příznakem některých neurodegenerativních onemocnění. Radiofarmakum je pacientovi podáváno ve formě injekčního roztoku intravenózně a aplikovaná dávka pro dospělého jedince činí 185 MBq.

SPECT vyšetření umožňuje přímo diagnostikovat Parkinsonovu chorobu, ale také dopomáhá k jejímu odlišení od esenciálního tremoru, Alzheimerovy choroby nebo demence s Lewyho tělísky. Hlavní výhodou vyšetření je vyšší kontrast snímků, ale také nižší radiační zátěž pro pacienty, například oproti CT vyšetření. Přesto velkým negativem zůstává dlouhá doba celkového času potřebného pro vyšetření, která se od aplikace radiofarmaka až po samotné snímkování, jenž trvá přibližně 40 minut, může pohybovat okolo pěti hodin. Prevalence Parkinsonovy choroby stoupá, ale zavedení DaTSCAN™ do klinické praxe pomohlo k přesnějšímu a časnějšímu určení diagnózy, díky čemuž se mohou pacientům poskytnout vhodnější možnosti léčby.

Rádiomická analýza nálezu PET/CT s fludeoxyglukózou (¹⁸F) ako biomarker pri odlíšení spondylodiscitídy a kostnej metastázy u pacientov s ložiskovými léziami v chrbtici

Nataša Brisudová¹, Iveta Waczulíková¹, Soňa Balogová²

¹ *Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Mlynská dolina, Bratislava*

² *Onkologický ústav Sv. Alžbety, Klinika nukleárnej medicíny, Heydukova 10, Bratislava*

Včasná iniciácia cielenej liečby môže predísť možným nevratným neurologickým komplikáciám spondylodiscitídy (SD) a/alebo spinálnych metastáz (MET), ktorých odlíšenie však môže najmä vo včasných štádiách predstavovať diagnostický problém.

Identifikovať rádiomickú charakteristiku PET s FDG napomáhajúcu odlíšiť SD a MET.

Retrospektívna analýza 32 rádiomických prvkov druhého a vyššieho rádu u 60 pacientov s potvrdenou SD (n=30) a MET rôznych malignít (n=30). Dokopy bolo analyzovaných 40 nálezov SD a 40 nálezov MET pomocou freeware LIFEx umožňujúceho výpočet konvenčných, textúrnych a tvarových prvkov diagnostických obrazov.

Pomocou štatistického softwaru RStudio boli porovnané klinické charakteristiky pacientov (neparametrický Wilcoxon rank sum test) a ich prijateľná diagnostická presnosť bola testovaná pomocou ROC krivky. Ďalej bola testovaná prediktívna schopnosť rozlišovania SD a MET pomocou machine learning, kde boli testované tri metódy (multiple logistic regression, random forest a support vector machines), s tromi rôznymi spôsobmi výberu tréningových a testovacích dát (K-fold cross-validation, Leave-One-Out Cross-Validation, Train test split).

Pri odlíšení SD a MET bolo potvrdených 21/32 rádiomických prvkov ako štatisticky významných ($p < .05$) a u 9/21 bola pre diagnostickú presnosť $AUC > 80\%$. Najvyššie hodnoty dosiahli parametre GLZLM_ZP (cut-off=0.38, $AUC=83.25\%$), NGLDM_Contrast (cut-off=0.17, $AUC=84.7\%$) a GLRLM_GLNU (cut-off=46.1, $AUC=88.8\%$). V machine learning bola najefektívnejšia metóda Random Forest (cut-off=0.28, $AUC=98.61\%$) so spôsobom výberu dát Train test split.

Výsledky potvrdzujú rádiomickú analýzu a machine learning ako možný smer pri odlíšení SD a MET pri PET/CT s FDG a podporujú ich ďalšiu validáciu.

Rádioizotopová scintigrafia a jej využitie v gastroenterológii

Budošová D.¹, Horváthová M.¹, Bárdyová Z.¹

¹ *Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Katedra laboratórnych vyšetrovacích metód v zdravotníctve, Trnavská univerzita v Trnave, Trnava*

Prvé posúdenie evakuácie žalúdka prostredníctvom rádioaktívne značenej stravy sa uskutočnilo v začiatkoch druhej polovici 20. storočia. V súčasnosti rádioizotopová scintigrafia žalúdka (GES – gastric emptying study) poskytuje kvantitatívne a neinvazívne posúdenie žalúdočného vyprázdňovania.

Najčastejšie sa na značenie stravy využíva rádiofarmakum ^{99m}Tc koloid síry, ^{99m}Tc-MAA (makroagregát ľudského albumínu) a ^{99m}Tc-DTPA (dietylén-triamín-pentaacetát vápenato-trisodný). V štúdiu, ktorá sledovala účinnosť značenia vajíčok, ktoré sú súčasťou štandardnej stravy, sa za najvhodnejšie pre sledovanie evakuácie žalúdka ukázala aplikácia ^{99m}Tc-MAA, ktorá má až 99% účinnosť značenia. Dynamika vyprázdňovania žalúdka sa hodnotí vizuálne a prostredníctvom krivky. Pri hodnotení výsledkov vyšetrenia je dôležité sa zamerať na polčas vyprázdňovania rádioaktívne značenej stravy a retenciu stravy po 4 hodinách. Aj keď sa odporúča GES vykonávať po dobu 4 hodín, mnoho pracovísk realizuje vyšetrenie len po dobu 60-120 minút, pričom retencia značeného jedla viac ako 10% po 4 hodinách predstavuje diagnostické kritérium evakuačnej poruchy žalúdka. GES sa vykonáva u pacientov s podozrením na gastroparézu, ktorí majú príznaky ako bolesť, nevoľnosť, nadúvanie a vracanie. Dôležité je zistiť, či dané symptómy sa týkajú tkanivových abnormalít alebo funkčných porúch. Získané výsledky vyšetrenia umožnia lekárovi naplánovať vhodnú liečbu a zvýšiť kvalitu života pacienta.

Napriek tomu, že v posledných rokoch boli navrhnuté nové metódy v diagnostike gastroparézy, pri ktorých nedochádza k expozícií pacienta ionizujúcim žiarením, je GES stále považovaná za jedinú spoľahlivú a overenú metódu v jej diagnostike.

Práce lékaře na lůžkovém oddělení kliniky NM

Dědečková Z.¹

¹*Klinika Nukleární medicíny a Endokrinologie 2. LF UK a FN Motol, Praha*

Na lůžkovém oddělení Kliniky nukleární medicíny a endokrinologie Fakultní nemocnice Motol se léčí převážně pacienti s karcinomy štítné žlázy, kteří absolvovali totální chirurgické odstranění štítné žlázy a jsou předběžně indikováni k doléčení radiojodem. Od toho se odvíjí hlavní práce personálu, tedy také lékařů.

O pacienty se staráme komplexně, provádíme základní screeningová vyšetření - laboratorní vyšetření, RTG hrudníku, ultrasonografii krku a samozřejmě i diagnostickou scintigrafii. Po úplném diagnostickém zhodnocení pacienta se indikuje nebo neindikuje podání konkrétní dávky radiojodu. Po terapii se provádí poterapeutická scintigrafie, která je zásadní při rozhodování o dalším postupu léčby.

Práce lékaře nezahrnuje jenom vyhodnocování vyšetření a popis diagnostických či poterapeutických snímků, ale také komunikaci s pacientem. Jedná se zpravidla o onkologické pacienty převážně v mladém věku. Správná interpretace výsledků a dalšího postupu je proto delikátní záležitostí, zejména pro ty pacienty, kteří musí léčbu absolvovat opakovaně nebo jsou indikováni k dalšímu chirurgickému výkonu.

Začátky s nukleární medicínou

Kielar T.¹, Mancová K.¹

¹ Radioizotopové pracoviště, Institut klinické a experimentální medicíny, Vídeňská 1958/9, Praha, 140 00, Česká republika

Poster dokumentuje, s čím vším se může mladý lékař setkat na Klinickém oddělení Radioizotopového pracoviště Institutu klinické a experimentální medicíny v prvních měsících své profesní dráhy.

Nástup do zaměstnání je pro čerstvého absolventa medicíny velmi často skokem do neznáma. A v nukleární medicíně to platí dvojnásob. Není proto jistě od věci nahlédnout pod pokličku tohoto tajemného lékařského oboru, který hraje významnou roli v diagnostice či terapii mnoha onemocnění, se kterými se lze ve 21. století běžně setkat. Široké spektrum vyšetření, jedinečné vlastnosti radiofarmak používaných k funkčnímu zobrazování tělních systémů a moderní technické zázemí, to vše patří k nukleární medicíně současnosti.

Nukleární medicína patří k relativně mladým medicínským oborům. Je specifická svým zaměřením na funkční stav orgánů, a to například srdce, plic či ledvin. Významně se rovněž uplatňuje u onkologických diagnóz. Různorodost indikací i vývoj nových radiofarmak dávají nukleární medicíně velký potenciál také do budoucna. Mladým lékařům nabízí obor zajímavou a perspektivní práci, proto rozhodně stojí za to si tuto specializaci zvolit.

Nukleární medicína očima mladých lékařů

Mancová K.¹, Kielar T.¹

¹Radioizotopové pracoviště, Institut klinické a experimentální medicíny, Vídeňská 1958/9, Praha, 140 00, Česká republika

Přednáška je zaměřena na popis profesních začátků mladých lékařů nastoupivších na Klinické oddělení Radioizotopového pracoviště Institutu klinické a experimentální medicíny.

Nukleární medicína má v lékařství své významné místo, jak v diagnostice, tak v terapii. V širší společnosti zde ale není příliš známá a dokonce budoucí lékaři se s tímto oborem poprvé setkají často až během studia a to – ve srovnání s jinými vyučovanými předměty - jen krátce a okrajově.

Přednáška je věnována tomu, jak se může medik a později absolvent lékařské fakulty při volbě budoucí specializace dostat od klasického „chirurgie-nebo-interna“ k nukleární medicíně a jaká je cesta specializačním vzděláváním. Také zkušenostem mladého lékaře z prvních měsíců na radioizotopovém pracovišti včetně popisu tamního typického pracovního dne.

Tento příspěvek tedy stručně představí časné profesní zkušenosti mladých lékařů v oboru nukleární medicíny, motivace pro výběr tohoto povolání a proces získávání specializované způsobilosti.

Scintigrafická diagnostika febrilních stavů nejasného původu

Plištilová N.¹, Červenková Z.², Pospíchal J.², Lierová A.¹

¹ Oddělení radiologie a ² Oddělení urgentní medicíny, Katedra klinických oborů, Fakulta zdravotnických studií, Univerzita Pardubice, Pardubice

Tělesná teplota zdravého člověka kolísá mezi 36–37 °C. Horečka je teplota vyšší než 38 °C. Febrilní stav neznámého původu (FSNP) je teplota vyšší než 38,3 °C trvající více než tři týdny, bez vysvětlení intenzivním vyšetřovacím procesem. Příčinou mohou být např. infekce, malignity či zánětlivá onemocnění. Diagnostika etiologie FSNP může být i v dnešní době komplikovaná. Z používaných zobrazovacích modalit mohou být přínosné metody nukleární medicíny (NM). Naše práce se zaměřuje na diagnostiku FSNP a využití dvou nejčastějších metod při diagnostice: pozitronová emisní tomografie (PET) s ¹⁸F-fluorodeoxyglukózou (¹⁸F-FDG) a ⁶⁷Ga scintigrafie. K lokalizaci zdroje FSNP pomocí NM se v současnosti převážně používá moderní metoda PET s ¹⁸F-FDG, popřípadě je možné využít také a již spíše sporadicky ⁶⁷Ga citrát.

Použité aktivované leukocyty a lymfocyty mají zvýšenou glykolýzu, takže ¹⁸F-FDG vysoce akumulují, neboli zobrazují metabolismus glukózy v místě zánětu. ¹⁸F je pozitronový zářič a jeho poločas rozpadu je 109 minut. Pro vyšetření je charakteristická zvýšená akumulace ¹⁸F-FDG. Aplikace radiofarmaka probíhá i.v. aktivitou 370 MBq. ¹⁸F-FDG se v těle akumuluje velice rychle již během několika minut. V průběhu 35 minut je zhruba 95 % farmaka zcela navázáno. Vyšetření probíhá za 45–60 minut po aplikaci.

Avšak v případě nedostupnosti moderních metod, je ⁶⁷Ga scintigrafie vhodnou využitelnou metodou. Aplikace radiofarmaka probíhá i.v. aktivitou 170 MBq. Mechanismy jeho zvýšené akumulace v oblastech zánětu nejsou zcela přesně známy, jsou patrně multifaktoriální. V krevním oběhu se ⁶⁷Ga váže na transferin a intracelulárně v leukocytech pravděpodobně na laktoferin. V místě zánětu, kde se nenachází železo, samy infekční patogeny vytváří siderofory, na které se ⁶⁷Ga fixuje podobně jako na ionty železa. Fyziologická akumulace ⁶⁷Ga je v játrech, střevech, kostní dřeni a ledvinách. Radiofarmakum se z těla vylučuje močí a stolicí, za 24 hodin se vyloučí 10–20 % ($T_{1/2} = 78$ hodin). Nedostatkem této metody je dlouhá doba vyšetření (od aplikace až po 48 hodinách), nízká obrazová kvalita a vysoká radiační zátěž pro pacienta.

Pro urychlení eliminace radiofarmak z organismu se podávají laxativa. Pacientům je doporučen zvýšený příjem tekutin a po dobu radioaktivního rozpadu není doporučeno se přibližovat k malým dětem a těhotným. Zvýšená akumulace může prokázat nejen infekční příčinu FSNP, ale i např. sarkoidózu či lymfomové onemocnění.

FSNP představují diagnostickou výzvu. Metody NM mají v jejich diagnostice důležité místo. Správná diagnostika může zásadně ovlivnit volbu léčebné strategie a osud pacienta.

Systémová léčba kostních metastáz u pacientů s karcinomem prostaty ^{223}Ra dichloridem

Zilvarová Š.¹, Červenková Z.², Pospíchal J.², Lierová A.¹

¹ Oddělení radiologie a ² Oddělení urgentní medicíny, Katedra klinických oborů, Fakulta zdravotnických studií, Univerzita Pardubice, Pardubice

Karcinom prostaty je světově druhým nejčastějším maligním onemocněním u mužů. V České republice tvoří zhruba 4 % z celkového počtu nádorových onemocnění. Karcinom prostaty nejčastěji metastazuje do lymfatických uzlin a skeletu. Kostní metastázy mohou být symptomatické (bolest, fraktury) a také zásadně ovlivňují kvalitu života pacientů. V pokročilém stádiu se u 90 % pacientů rozvíjí osteoplastické metastázy.

Naše práce se zaměřuje na popis cílené léčby kostních metastáz, založené na principu aplikace radionuklidů, které dokáží sledovat stejné metabolické dráhy jako vápník.

Terapie karcinomu prostaty je v současnosti multimodalitní. V našem případě se věnujeme alternativní léčebné metodě cílené na pacienty s metastatickým kastročně rezistentním karcinomem prostaty, se symptomatickými metastázami skeletu, bez známých viscerálních metastáz, jejichž onemocnění progreduje po nejméně dvou předchozích liniích systémové léčby. Mezi nejčastěji používané radionuklidy pro tuto léčbu patří právě ^{223}Ra dichlorid, který nese obchodní název Xofigo® (Bayer, Leverkusen, Německo). Xofigo® je čirý, izotonický, bezbarvý injekční roztok s hodnotou pH mezi 6,0 až 8,0 o aktivitě 1100 kBq/ml. Pacientovi se podává terapeutická aktivita 55 kBq/kg tělesné hmotnosti ve čtyřtydenních intervalech. Celkem je podáváno 6 cyklů.

Aktuálně zveřejněná klinická studie (ERA-223), která byla provedena u 921 randomizovaných pacientů v rozmezí věku 49–90 let, prokázala, že podání léčivého přípravku Xofigo® má analgetický účinek na bolest kostí působenou metastázami skeletu a vede k prodloužení délky přežití pacientů.

Systémová léčba kostních metastáz pomocí radionuklidů všeobecně, se jeví jako velmi účinná metoda ať už pro úplné vyléčení pacienta, nebo jako léčba paliativní. Tato paliativní léčba je nedílnou součástí multimodalitní terapie karcinomu prostaty. Léčba pomocí právě ^{223}Ra dichloridu (Xofigo®) vede tedy v některých případech k vyléčení kostních metastáz, ale zejména však prokazatelně dokáže udržet kvalitu života pacienta na velmi dobré úrovni po značnou dobu.

Vystavovatelé a sponzoři



