

RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM PRO ZÍSKÁNÍ SPECIALIZOVANÉ ZPŮSOBILOSTI

v oboru

RADIOLOGICKÁ FYZIKA V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ

1. Cíl specializačního vzdělávání

Cílem vzdělávacího programu pro specializační vzdělávání v oboru Radiologická fyzika v nukleární medicíně dle nařízení vlády č. 463/2004 Sb. je získání specializované způsobilosti osvojením potřebných teoretických znalostí a praktických dovedností v oblasti radiologické fyziky umožňujících samostatný výkon specializovaných činností na pracovištích nukleární medicíny. Za výkon povolání radiologického fyzika v nukleární medicíně se považuje činnost dle § 25 odst. 1 zákona č. 96/2004 Sb.

2. Podmínky specializačního vzdělávání

2.1 Vstupní podmínky

Podmínkou pro zařazení do specializačního vzdělávání v oboru Radiologická fyzika v nukleární medicíně je získání odborné způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání radiologického fyzika.

2.2 Průběžné podmínky

Specializační vzdělávání se uskutečňuje při výkonu povolání formou celodenní přípravy v rozsahu odpovídajícím stanovené týdenní pracovní době.

V průběhu specializačního studia je nutný výkon zdravotnického povolání v příslušném oboru specializace minimálně 1 rok z období posledních 6 let v rozsahu minimálně poloviny stanovené týdenní pracovní doby nebo minimálně 2 roky výkonu povolání z období posledních 6 let v rozsahu minimálně pětiny stanovené týdenní pracovní doby od data přihlášení se k atestační zkoušce.

Celková délka specializačního vzdělávání je **24 měsíců**, z toho:

2.2.1 povinná praxe v oboru – 24 měsíců

z toho:

- 1 měsíc* na hlavním akreditovaném pracovišti nukleární medicíny,
- 23 měsíců* na oddělení nukleární medicíny nebo na oddělení radiologické fyziky a radiační ochrany v nemocnicích, v nichž je oddělení nukleární medicíny pod

vedením radiologického fyzika způsobilého k výkonu povolání bez odborného dohledu.

2.2.2 povinná doplňková praxe

1 týden na akreditovaném pracovišti radiodiagnostiky /radiologie a zobrazovacích metod – oddělení radiologické fyziky

1 týden na akreditovaném pracovišti radioterapie / radiační onkologie – oddělení radiologické fyziky

2.2.3 účast na vzdělávacích aktivitách

- povinný kurz *Neodkladná první pomoc* 2 dny 4 kredity
- povinný seminář *Základy zdravotnické legislativy* 1 den 2 kredity
- povinná specializační stáž *Fyzika a technika v nukleární medicíně* na akreditovaném pracovišti 1 týden 10 kreditů
- povinné kurzy – *absolvování* minimálně 4 kurzů z níže uvedených:
 - *Nové rekonstrukční algoritmy a další matematické metody v nukleární medicíně* 1 den 2 kredity
 - *Aplikace kombinovaných zobrazovacích metod v nukleární medicíně* 1 den 2 kredity
 - *Radionuklidová terapie otevřenými zářiči* 1 den 2 kredity
 - *Metody odhadu radiační zátěže pacientů v nukleární medicíně* 1 den 2 kredity
 - *Metody odhadu radiační zátěže pracovníků a osob přicházejících do styku s pacienty při diagnostických a léčebných postupech* 1 den 2 kredity
 - *Klinická radiobiologie se zaměřením na nukleární medicínu* 1 den 2 kredity
- doporučené další školicí a odborné akce se zaměřením na problematiku oboru a obory příbuzné pořádané IPVZ, ČLS JEP, ČSFM a dalšími společnostmi.

2.3 Výstupní podmínky

Účastník specializačního vzdělávání musí získat minimálně *60 kreditů* ročně (za semestr specializačního vzdělávání se započítává 25 kreditů při splnění požadavků vymezených logbookem), které mu umožní přistoupit k atestační zkoušce.

3. Obsah specializačního vzdělávání

3.1 Znalosti a dovednosti osvojené v průběhu specializačního studia

3.1.1 Obecná část

- Poznání základních principů zdravotnické etiky – orientace v lékařských oborech – základní poznatky z fyziologie a anatomie v rozsahu nutném z hlediska dané profese – základní znalosti vyšetřovacích a léčebných metod v nukleární medicíně v rozsahu nutném pro danou profesi.
- Výpočetní technika a základy statistiky v rozsahu přiměřeném dané profesi.
- Právní předpisy pro práci s ionizujícím zářením, zvláště s otevřenými zářiči.
- Zásady první pomoci při nehodách a úrazech.
- Organizace a systém zdravotní péče v ČR.

3.1.2 Speciální část

Teoretické znalosti:

- Fyzika a detekce záření (fyzikální vlastnosti radionuklidů, radiofarmaka, interakce záření s prostředím, detekce ionizujícího záření, scintilační spektrometrie záření gama, spektrometrické přístroje pro měření záření gama, měření záření beta a kapalné scintilátory, statistický rozptyl a celková chyba měření, kontrola kvality a správné funkce přístrojů, měření radioaktivity in vitro, měření radioaktivity in vivo).
- Scintigrafie (podstata scintigrafie, scintilační kamery, tomografické kamery SPECT a PET, hybridní systémy SPECT/CT, PET/CT, kontrola kvality a fantomová scintigrafická měření, fyzikální zákonitosti planárního a tomografického zobrazování, vztah scintigrafie k jiným zobrazovacím metodám v radiologii, kontrola kvality scintigrafického zobrazování).
- Počítačové zpracování dat v nukleární medicíně (výpočetní technika, počítačové zpracování radionuklidových měření, počítačová analýza scintigrafických studií). Statistické metody, základy medicínské informatiky.
- Radiační ochrana (základní veličiny a metody dozimetrie, radiační zátěž pacientů z radiofarmak při diagnostickém a léčebném použití, biologické účinky ionizujícího záření a radiační riziko, předpisy - Atomový zákon č. 18/1997 Sb. a prováděcí vyhlášky ve znění pozdějších předpisů - limity a lékařské ozáření, uspořádání pracovišť a způsoby ochrany pracovníků před zářením, programy monitorování a zabezpečení jakosti aj., uchovávání a likvidace odpadů znečištěných radionuklidy, jak vést školení pro radiační pracovníky bez odborné způsobilosti pro činnosti v oblasti radiační ochrany, dokumentace na pracovištích a požadavky SÚJB při inspekcích).

Podrobnější specifikace požadovaných teoretických znalostí je uvedena v příloze 1.

Praktické dovednosti:

Výčet požadovaných praktických dovedností je uveden v příloze a v logbooku.

4. Hodnocení specializačního vzdělávání

a) **Průběžné hodnocení školitelem** – podle studijního plánu ve čtvrtletních intervalech s písemným záznamem o průběhu osvojovaných praktických dovedností v logbooku; záznamy do průkazu odbornosti o průběhu specializačního vzdělávání, doporučení pro další období a potřebné individuální záznamy.

b) Předpoklad přístupu k atestační zkoušce

- absolvování stanovené praxe a její záznam v průkazu odbornosti,
- absolvování povinných školicích akcí – záznam v průkazu odbornosti,
- získání požadovaných praktických dovedností doložených a potvrzených školitelem v logbooku,
- úspěšné absolvování písemného testu na závěr specializačního kurzu,
- předložení a obhajoba písemného projektu na zadané téma (určí školitel, event. školicí pracoviště) nebo předložení vlastní publikace z oboru specializace,
- získání oprávnění zvláštní odborné způsobilosti k řízení prací se zdroji ionizujícího záření a vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany dle zákona č. 18/1997 Sb. v platném znění, a to v rozsahu zahrnujícím soustavný dohled při práci se zdroji ionizujícího záření, řízení prací na pracovištích se zdroji ionizujícího záření.

5. Charakteristika činností, pro které absolvent specializačního vzdělávání získal způsobilost

Absolvent specializačního vzdělávání zakončeného atestační zkouškou získává specializovanou způsobilost k výkonu zdravotnického povolání radiologický fyzik v oboru radiologická fyzika v nukleární medicíně. Označení příslušné odbornosti stanovené nařízením vlády č. 463/2004 Sb. je „klinický radiologický fyzik pro nukleární medicínu“.

Činnosti radiologického fyzika se specializovanou způsobilostí v nukleární medicíně jsou stanoveny § 25 odst. (3) zákona č. 96/2004 Sb. a § 23, § 117 a § 120 vyhlášky č. 424/2004 Sb.

6. Seznam doporučené literatury

1. DENDY, P.P., HEATON, B.: *Physics for Diagnostic Radiology*. Second Ed., Institute of Physics Publishing, Bristol, 1999.
2. DIENSTBIER, Z. (ed.): *Diagnostika metodami nukleární medicíny*. Avicenum Praha, 1989.
3. Doporučení SÚJB: *Systém zabezpečení jakosti na pracovištích nukleární medicíny - přístrojová technika*. Zbraslav, Ústav jaderných informací, 1999.
4. *Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny*. Praha, SÚJB 2000.

5. DÖRSCHER et al.: *Physics of Radiation Protection*. Ashford, Nuclear Technology Publishing, 1995.
6. DOWSETT, D.J., KENNY, P.A., JOHNSTON, R.E.: *The Physics of Diagnostic Imaging*. Chapman and Hall Medical, London, 1998.
7. HENDEE, W. R., RITENOUR, E. R.: *Medical Imaging Physics*, Fourth Edition, New York, Wiley-Liss 2002.
8. HENKIN, R.E. et al. (Eds.): *Nuclear Medicine*. St. Louis - Baltimore, Mosby, 1996.
9. HUŠÁK, V.: *Dozimetrie a ochrana před zářením v nukleární medicíně*. Institut pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků, Brno, 1987.
10. HUŠÁK, V., PAŠKOVÁ, Z.: *Radiační ochrana v nukleární medicíně*. In: *Principy a praxe radiační ochrany*. Kolektiv autorů (Ed. V. Klener). Praha, SÚJB 2000.
11. HUŠÁK, V., MYSLIVEČEK, KORANDA, P. a spol.: *Fyzikální základy planárního a tomografického zobrazování v nukleární medicíně*. Čes. Radiol. 55(1), 2001, 47-58.
12. HUŠÁK, V., PTÁČEK J., MYSLIVEČEK M., KLEINBAUER, K.: *Radiační zátěž a radiační ochrana pacienta v diagnostické nukleární medicíně*. Zpracováno za finanční podpory SÚJB Praha 2004 (publikaci je možné získat zdarma na SÚJB nebo u vedoucího autora).
13. HUŠÁK, V., PTÁČEK, J., MYSLIVEČEK, M.: *Radiační ochrana pracovníků a obyvatelstva při léčbě radiofarmaky značenými otevřeným zářičem ytrem-90*. Čes. Radiol. 59 (4), 2005, 229 – 235.
14. CHANDRA, R.: *Nuclear Medicine Physics - The Basics*. (Fifth Edition), Williams and Wilkins, Baltimore, 1998.
15. KOLEKTIV AUTORŮ: *Nukleární medicína*. (učební text) Ústav nukleární medicíny 1. LF UK a VFN, Gentiana, Praha, 2000.
16. MARTIN, C. J., SUTTON, D. G. (Eds.): *Practical Radiation Protection in Health Care*. Oxford, Oxford University Press 2002.
17. MYSLIVEČEK, M., HUŠÁK, V., KORANDA P.: *Nukleární medicína I*. UP Olomouc, 1995.
18. CHERRY, S. R., SORENSON, J.A., PHELPS, M.E.: *Physics in Nuclear Medicine*. Third Edition, Philadelphia, Saunders (An Imprint of Elsevier Science) 2003.
19. WILSON, M.A. et al. (Eds.): *Textbook of Nuclear Medicine*. Lippincott-Raven Publishers Philadelphia, 1998.
20. Zákon č. 18 *O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření z r. 1997, ve znění pozdějších předpisů*.
21. Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb. a další související vyhlášky SÚJB.

Časopisy

European Journal of Nuclear Medicine
Journal of Nuclear Medicine
Journal of Nuclear Medicine Technology
Medical Physics
Physics in Medicine and Biology
Nuclear Medicine Communications
Česká radiologie
Praktická radiologie

Příloha 1

A. Fyzikální vlastnosti a detekce záření

1. Fyzikální vlastnosti radionuklidů

Fyzikální charakteristiky nejčastěji používaných radionuklidů v nukleární medicíně. Radionuklidové generátory. Způsoby výroby radionuklidů.

2. Interakce záření s prostředím

Interakce záření alfa a beta s prostředím - ionizace, pronikavost (dolet) záření ve vzduchu a látkovém prostředí. Interakce záření gama - fotoefekt, Comptonův rozptyl, tvoření elektron-positronových párů. Absorpce záření v látkách - problematika stínění.

3. Detekce ionizujícího záření

Ionizační komory - princip činnosti, měřiče aktivity se studnovou ionizační komorou (kalibrátory). Geiger-Müllerovy detektory - princip činnosti, parametry (účinnost, mrtvá doba), konstrukce GM trubic pro záření beta a gama, využití GM trubic v přístrojích pro ochrannou dozimetrii. Fotografická detekce ionizujícího záření - filmová dozimetrie. Termoluminiscenční dozimetrie.

4. Scintilační spektrometrie záření gama

Scintilátory - interakce fotonového záření a vznik scintilací, druhy scintilátorů a jejich vlastnosti. Fotonásobiče - princip činnosti, konstrukce. Detekční jednotky (sondy) pro záření gama - konstrukce scintilačních krystalů, planární (ploché) a studnové krystaly, optický kontakt s fotonásobičem. Scintilační spektra radionuklidů - vznik a struktura scintilačního spektra, energetická rozlišovací schopnost, účinnost měření, citlivost, pozadí, časová rozlišovací schopnost (mrtvá doba), její měření a korekce na mrtvou dobu.

5. Spektrometrické přístroje pro měření záření gama

Zdroj VN pro napájení scintilačních sond - nastavení vysokého napětí. Zesilovač impulsů. Analyzátor impulsů - princip činnosti, integrální a diferenciální měření. Optimalizace nastavení parametrů a spektrometrického režimu. Čítač impulsů a nastavení měřicího času a počtu impulsů. Výstup a prezentace výsledků - integrátor, zapisovač, tiskárna, spojení s počítačem. Spektrometry s polovodičovými detektory a jejich použití.

6. Měření záření beta a kapalné scintilátory

Detekce záření beta GM trubicemi a pevnými (plastickými) scintilátory. Kapalné scintilátory - princip činnosti, výhody a nevýhody, chemiluminiscence, zhášení a jeho korekce, konstrukce přístrojů. Použití kapalných scintilátorů pro měření ^{14}C , ^3H a dalších zářičů beta.

7. Statistický rozptyl a chyby měření

Stochastický charakter radioaktivní přeměny (rozpadu) a emise záření - statistické fluktuace, statistická chyba měření a možnosti jejího ovlivnění. Vliv pozadí, mrtvé doby a nestability přístroje - jejich minimalizace a korekce. Celková chyba měření - statistická chyba a chyba způsobená jinými vlivy. Přesnost a reprodukovatelnost stanovení výsledku.

8. Kontrola kvality a správné funkce spektrometrických přístrojů

Měření energetické rozlišovací schopnosti a mrtvé doby. Kontrola pozadí a spektrometrické stability - stabilita krátkodobá a dlouhodobá, systém měření a sledování stability polohy fotopíku.

9. Měření radioaktivity vzorků (in vitro)

Geometrie měření: 4π - geometrie, polohová a objemová závislost účinnosti měření, absorpce a samoabsorpce záření. Nastavení detekční aparatury. Automaty pro měření sérií vzorků. Vícedetektorové systémy - konstrukce, spektrometrické nastavení, korekce rozdílné účinnosti detektorů, standardizace, kontrola funkce. Hybridní systémy. Výhody vícedetektorových systémů ve srovnání s jednodetektorovými přístroji.

10. Měření radioaktivity v organismu (in vivo)

Celotělová a lokální měření. Kolimace. Absorpce záření v tkáni, vliv rozptýleného záření a potlačení jeho detekce. Statická a dynamická vyšetření - principy a technická realizace, vliv mrtvé doby, výhody a nevýhody oproti dynamické scintigrafii. Metody pro kvantitativní měření objemové aktivity radiofarmaka ve tkáni.

B. Scintigrafické zobrazování

1. Podstata scintigrafie

Základní principy scintigrafického zobrazení. Scintigrafie planární a tomografická. Scintigrafie statická a dynamická. Dříve užívané pohybové scintigrafy a jejich nedostatky ve srovnání se scintilačními kamerami.

2. Scintilační kamery planární

Princip činnosti Angerovy kamery. Kolimátory - konstrukce (kolimátory paralelní, divergentní, konvergentní a jednoděrové), energetické vlastnosti, citlivost (účinnost), prostorové rozlišení, zásady optimální volby kolimátorů pro jednotlivá vyšetření. Vnitřní rozlišení detektoru a celková rozlišovací schopnost kamery. Mrtvá doba scintilační kamery. Homogenita zorného pole - příčiny nehomogenity, kontrola a korekce nehomogenity. Spektrometrické nastavení scintilační kamery a jeho vliv na kvalitu obrazu. Analogové obrazy - perzistentní osciloskop, fotografování analogových obrazů, expozice a kontrast, hustota impulzů a vliv statistických fluktuací. Digitalizace dat, připojení kamery k počítači.

3. Tomografické kamery SPECT

Základní principy tomografického zobrazení. SPECT - princip činnosti jednofotonové emisní tomografie, optimální nastavení akvizice, volba rekonstrukce tomografických obrazů (filtrovaná zpětná projekce, iterativní rekonstrukce), výhody a úskalí. Tomografické parametry SPECT systému (prostorová rozlišovací schopnost, citlivost, homogenita aj.) a jejich měření. Systémy SPECT/CT a jejich výhody.

Tomografické kamery PET a PET/CT

Pozitronová emisní tomografie (PET). Princip koincidenční detekce anihilačního záření. Detektory a systémy PET. Prostorová rozlišovací schopnost a vlivy na její hodnotu (vliv detektoru, fyziky pozitronu, tloušťky krystalů, vzorkování a rekonstrukčních filtrů), citlivost. Typy událostí při koincidenční detekci anihilačního záření. Akvizice dat 2D a 3D. Korekce dat na náhodné koincidence, rozptýlené záření a zeslabení. Absolutní kvantifikace PET obrazů. Výhody spojení PET a CT v jednom přístroji. Parametry CT přístrojů.

Fyzikální zákonitosti planárního a tomografického zobrazování

Veličiny popisující zobrazovaný objekt a jeho obraz. Parametry zobrazovacího systému ovlivňující obraz. Vliv prostorového rozlišení na kontrast obrazu. Vliv velikosti a hloubky uložení léze na její detekovatelnost. Vliv statistického rozptylu na detekovatelnost lézí. Vztah mezi kontrastem obrazu a kontrastem objektu při planárním a tomografickém zobrazování. Porovnání kontrastu obrazu a šumu při planárním a SPECT zobrazování. Vliv vztahu mezi hustotou impulzů, rozlišením detektoru a jeho citlivostí na kvalitu obrazu.

4. Kontrola kvality planárních a tomografických kamer, fantomová scintigrafická měření

Homogenita zorného pole kamery - měření s bodovým zářičem a plošným zdrojem, stanovení nehomogenity, kontrola stability zorného pole. Rozlišení kamery - vnitřní a celkové rozlišení, měření s bodovým a čárovým zdrojem. Stanovení měřítka zobrazení. Mrtvá doba - mrtvá doba kamery a efektivní mrtvá doba systému kamera+počítač, měření metodou dvouzvorkovou, vícezvorkovou a metodou kontinuální změny aktivity. Kategorie fantomů (pro měření detekčních parametrů a pro simulaci klinických vyšetření). Fantomy pro statickou scintigrafii (štítné žlázy, jater, ...), a dynamická vyšetření (např. srdeční), účel fantomových měření.

5. Vztah scintigrafie a ostatních zobrazovacích metod

Společné vlastnosti a rozdíly mezi zobrazováním v nukleární medicíně, rentgenovým zobrazením konvenčním a CT, sonografií a nukleární magnetickou rezonancí. Výhody, nevýhody a komplementarita jednotlivých metod.

C. Počítačové zpracování dat v nukleární medicíně

1. Výpočetní technika

Základní principy činnosti počítače. Druhy a kategorie počítačů. Hardware a software. Periferní zařízení - magnetická pásková a disková paměť, displej, tiskárna, přenos dat mezi přístrojem a počítačem, síť. Programové vybavení - operační systém, programovací jazyky. Základy práce s personálními počítači.

2. Počítačové zpracování nescintigrafických měření

Počítačová registrace výsledků z jedno- a vícedetektorových měřičů vzorků. Základní principy vyhodnocování RIA. Stanovení glomerulární filtrace vzorkovou metodou. Stanovení poločasu přežívání erytrocytů a jejich orgánové sekvence.

3. Počítačové zpracování scintigrafických studií

Vlastnosti vyhodnocovacích zařízení pro scintigrafii. Střádání scintigrafických studií - digitalizace obrazu, matice pro střádání, měřítko zobrazení („zoom“), předvolby času a impulsů. Zadávání údajů o scintigrafických studiích. Střádání dynamických studií - předvolba snímkové frekvence, grupování snímků, spuštění a ukončení studie. Synchronizace scintigrafických studií se signály EKG, vylučování anomálních srdečních cyklů. Zpracování scintigrafického obrazu - jasová a barevná modulace, zvětšování a zmenšování obrazů, vyhlazování obrazu (filtry, výhody a úskalí), skládání a aritmetické operace s obrazy, vyznačování zájmových oblastí (ROI) na obraze a stanovení poměrů lokálních aktivit, korekce na homogenitu zorného pole kamery. Základní zpracování dynamických studií - zobrazení sekvencí snímků, skládání snímků, konstrukce křivek časového průběhu radioaktivity v ROI, korekce na mrtvou dobu systému kamera-počítač. Zobrazení a základní matematické zpracování křivek - vyhlazování, stanovení plochy pod křivkou, derivace a integrace, prokládání funkcí metodou nejmenších čtverců (lineární a exponenciální funkce - jejich význam). Parametrické obrazy - princip konstrukce lokálně parametrických obrazů, použití pro funkční scintigrafické studie, Fourierovská fázová analýza (obrazy fáze a amplitudy, jejich hodnocení, lokální kvantifikace). Komplexní programy - zásady tvorby a použití komplexních programů, ruční a automatické zpracování, prezentace obrazů, kvantitativních výsledků a jejich interpretace, vizuální hodnocení a vkládání slovních údajů. Základní principy komplexního počítačového zpracování některých typických scintigrafických studií - ventrikulografie, radiokardiografie, scintigrafie myokardu, dynamické scintigrafie ledvin, perfúze mozku.

4. Filtry a filtrace

Podstata filtrace, účel, filtrace prostorová a časová, obrazů a křivek, vyhlazování, fokusace a rekonstrukce obrazů. Filtrace v prostorové oblasti – vyhlazování, konvoluce, váhová matice. Filtrace ve frekvenční oblasti. Fourierovská transformace, frekvenční spektrum amplitud

harmonických funkcí, násobení filtrem, Zpětná Fouriřovská transformace, Nyquistova frekvence. Filtrace u zpětné projekce SPECT, princip rekonstrukce a vznik hvězdicových (star) artefaktů, aplikace filtru ramp a potlačení „starfektu“, vyhlazující filtry „low pass“, filtry fokusační a kombinované, formfaktory filtrů a obecné zásady pro používání filtrů.

D. Radiační ochrana

1. Základní veličiny dozimetrie a radiační ochrany

Veličiny a jednotky dozimetrie ionizujícího záření a radiační ochrany. Fluence, kerma, absorbovaná dávka, střední tkáňová dávka, ekvivalentní dávka, efektivní dávka, dávkový ekvivalent - jejich definice a jednotky. Jakostní faktor, radiační váhový faktor a tkáňový váhový faktor.

2. Stanovení radiační zátěže pacientů z radiofarmak

Metoda výpočtu MIRD. Absorbovaná dávka v orgánech těla a efektivní dávka. Fantomy referenčního člověka a dětí. Orgány zdrojové a terčové, biokinetika radiofarmak a její modely, stanovení kumulované aktivity, konstanty S a dávky v orgánu nebo tkáni. Tabulky ICRP, stavení radiační zátěže v klinické praxi. Rozdělení radiofarmak podle výše efektivní dávky do tříd v diagnostické nukleární medicíně. Porovnání efektivních dávek z nejdůležitějších vyšetření v diagnostické nukleární medicíně s efektivními dávkami v radiodiagnostice. Radiační zátěž pacienta při vyšetřeních systémy SPECT/CT a PET/CT. Stanovení radiační zátěže pacientů při léčbě radiofarmaky.

3. Stanovení radiační zátěže pracovníků se zdroji záření

Odhad radiační zátěže z externího záření na základě fyzikálních a operačních veličin. Fantomy, konverzní faktory tabelované v publikacích ICRU a ICRP. Výpočet zevní expozice zářením gama na základě veličin zdroje (aktivity a kermové konstanty). Měření dávky a dávkového příkonu z vnějšího záření. Kalibrace monitorů prostředí a osobních dozimetrů. Odhad absorbované dávky v kůži při povrchové kontaminaci radionuklidy. Odhad radiační zátěže (efektivní dávky a dávky v orgánech) při vnitřní kontaminaci. Měření vnitřní kontaminace.

4. Biologické účinky ionizujícího záření a radiační riziko

Biologické účinky ionizujícího záření na buňky, tkáň a celé tělo. Mechanismus účinku, porovnání s neionizujícím zářením. Deterministické účinky a jejich charakteristiky. Stochastické účinky a jejich charakteristiky. Výskyt těchto účinků při diagnostických a terapeutických postupech v lékařství využívajících ionizujícího záření. Stanovení radiačního rizika pro dospělé, děti a zárodek/plod. Porovnání radiačního rizika diagnostiky pomocí radiofarmak s neradiačními riziky jiných lidských činností a riziky v životním prostředí. Přijatelnost rizika.

5. Klasifikace zdrojů, kategorizace pracovišť a limity

Obečné podmínky pro vykonávání činností vedoucích k ozáření - principy zdůvodnění, optimalizace a nepřekročení limitů. Klasifikace zdrojů ionizujícího záření, kategorizace pracovišť. Optimalizace radiační ochrany. Limity pro omezování ozáření – obecné limity, limity pro radiační pracovníky, limity odvozené (pro zevní ozáření a vnitřní kontaminaci), omezování ozáření ve zvláštních případech.

6. Podmínky bezpečného provozu pracovišť se zdroji záření

Soustavný dohled nad radiační ochranou. Úloha dohlížející osoby. Lékařský dohled. Sledované pásmo a kontrolované pásmo se zaměřením na pracoviště s otevřenými zářiči. Zvláštní podmínky bezpečného provozu pracovišť s otevřenými zářiči. Způsoby ochrany pracovníků před zevním zářením a vnitřní kontaminací. Jednoduché výpočty stínících opatření. Osobní ochranné prostředky a ochranné pracovní pomůcky při jednotlivých pracovních úkonech.

7. Lékařské ozáření

Odůvodnění lékařského ozáření. Optimalizace se zaměřením na nukleární medicínu, diagnostické referenční úrovně. Volba aplikované aktivity při vyšetřování dospělých a dětí. Podmínky, za kterých lze aplikovat radiofarmaka těhotným a kojícím ženám. Léčebné aplikace radiofarmak a propouštění pacientů z nemocnice, radiační ochrana obyvatelstva. Požadavky na pracovníky a další podmínky pro lékařské ozáření. Radiační ochrana pacienta v nukleární medicíně. Postupy ke snížení radiační zátěže pacientů.

8. Monitorování na pracovišti nukleární medicíny

Program monitorování na pracovištích nukleární medicíny. Monitorování pracoviště - měření dávkového příkonu a povrchové kontaminace, směrné úrovně pro radioaktivní kontaminaci povrchů. Osobní monitorování. Monitorování výpusť. Nakládání s odpady znečištěnými radionuklidy, uvádění do životního prostředí, uvolňovací úrovně.

9. Vnitřní havarijní plán

Požadavky na vnitřní havarijní plán pracoviště nukleární medicíny. Radiační nehody, mimořádné události a jejich závažnost. Dokladování havarijní připravenosti a její ověřování. Zásahové postupy a zásahové instrukce pro případ mimořádných událostí. Zdravotnická pomoc při radiačních nehodách. Oznamování mimořádných událostí.

10. Program zabezpečení jakosti

Systém jakosti. Kvalita a radiační ochrana. Principy systému jakosti. Položky důležité z hlediska radiační ochrany v nukleární medicíně – procesy (činnosti), osoby, vybavení, systémy.

11. Dokumentace na pracovištích a požadavky SÚJB při inspekcích

Dokumentace vedená na pracovištích se zdroji ionizujícího záření. Požadavky SÚJB při inspekcích na pracovištích nukleární medicíny.

Příloha 2

Praktické dovednosti požadované při atestační zkoušce v oboru Radiologická fyzika v nukleární medicíně

Praktická dovednost č.	Praktické dovednosti členěné do tematických modulů	Počet úspěšných provedení dané praktické dovednosti
1	Měřiče aktivity	
1.1	Stanovení krátkodobé stability, výpočet variačního koeficientu	2
1.2	Kalibrace pomocí etalonů s deklarovanou aktivitou	2
1.3	Měření linearity odezvy přístroje v závislosti na aktivitě zdroje; stanovení rozmezí aktivit, pro které lze daný měřič aktivity použít	3
1.4	Stanovení závislosti odezvy přístroje na geometrii měření (pro různé druhy penicilínky, stříkačky o různém objemu, apod.)	pro jednotlivé nádoby 1x
2	Spektrometrické soupravy pro <i>in-vivo</i> metody	
2.1	Energetická kalibrace soupravy	3
2.2	Stanovení krátkodobé stability, výpočet variačního koeficientu	2
2.3	Stanovení energetické rozlišovací schopnosti	2
2.4	Určení citlivosti spektrometru pro různé radionuklidy	2
2.5	Stanovení závislosti odezvy přístroje na aktivitě zdroje; stanovení rozmezí aktivit, pro které lze danou spektrometrickou soupravu použít; stanovení časové rozlišovací schopnosti	3
2.6	Stanovení závislosti odezvy přístroje na geometrii měření	2
3	Vícetektorové systémy pro měření <i>in-vitro</i>	
3.1	Stanovení krátkodobé stability, výpočet variačního koeficientu	2
3.2	Porovnání relativní citlivosti jednotlivých detektorů	2
4	Kalibrace <i>in-vivo</i> detektorů	
4.1	Stanovení krátkodobé stability, výpočet variačního koeficientu	2
4.2	Měření citlivosti pro ^3H , ^{14}C	2
4.3	Ověření vlivu zhášení v závislosti na koncentraci roztoku	3
5	Měření scintilační kamery v planárním režimu	
5.1	Kalibrace fotonásobičů ("tuning" kamery)	2 (počet je pro 1 detektor)
5.2	Kalibrace mapy citlivosti	2 (počet je pro 1 detektor)
5.3	Integrální a diferenciální vnitřní homogenita (pomocí bodového zdroje)	2 (počet je pro 1 detektor)
5.4	Integrální a diferenciální systémová homogenita (pomocí plošného zdroje)	2 (počet je pro 1 detektor)

5.5	Vnitřní polohová rozlišovací schopnost pomocí čárového fantomu (kvantitativně, vizuálně)	2x kvantitativně, 2x vizuálně
5.6	Systémová polohová rozlišovací schopnost pomocí čárového fantomu (kvantitativně, vizuálně)	2x kvantitativně, 2x vizuálně
5.7	Linearita pomocí čárového fantomu (kvantitativně, vizuálně)	2x kvantitativně, 2x vizuálně
5.8	Citlivost detektoru s kolimátorem	3 (1x pro jednotlivý kolimátor)
5.9	Energetická rozlišovací schopnost	2
5.10	Polohová rozlišovací schopnost při celotělovém snímku	2
5.11	Víceokénková prostorová registrace	2
5.12	Měřítka zobrazení (mm/pixel)	2
5.13	Měření dostatečného stínění detektoru	2
5.14	Měření odezvy kamery na aktivitu zdroje, stanovení mrtvé doby	3
6	Měření SPECT kamery	
6.1	Centrum rotace	3
6.2	Tomografická prostorová rozlišovací schopnost	3
6.3	Tomografická homogenita	3
6.4	Provedení vizuální komplexní kontroly kvality SPECT kamery pomocí fantomu (např. Jaszczak)	3
7	Měření PET kamery	
7.1	Normalizace	2
7.2	Citlivost	2
7.3	Homogenita	2
7.4	Prostorové rozlišení	2
7.5	Náhodné koincidence	2
7.6	Rozptýlené koincidence	2
7.7	Provedení vizuální komplexní kontroly kvality PET kamery pomocí fantomu (např. Jaszczak)	2
8	Rekonstrukce, artefakty	
8.1	Filtrovaná zpětná projekce, iterativní rekonstrukce	počet zprac. studií - 10
8.2	Volba vhodného rekonstrukčního filtru	počet zprac. studií - 20
8.3	Rozpoznání artefaktů v datech a určení příčiny vzniku	20
8.4	Provedení a posouzení kvality korekce na zeslabení	10
8.5	Provedení korekce na rozptyl	10

9	Počítačové zpracování studií	počet zpracovaných studií ve spolupráci s lékařem
9.1	Vyznačování zájmových oblastí	5 (pro každý typ vyšetření)
9.2	Vyšetření vylučovacího systému (statická a dynamická studie ledvin, kvantifikace)	10
9.3	Vyšetření srdce (perfuze myokardu, radionuklidová ventrikulografie)	30
9.4	Vyšetření mozku (perfuze mozku, fúze snímků s NMR)	20
9.5	Vyšetření gastrointestinálního traktu (polykacího aktu, esofageálního refluxu apod..)	10
9.6	Vyšetření kostního systému (třífázová scintigrafie kostí)	5
9.7	Vyšetření dýchacího systému (perfuze plic)	5
9.8	Akumulační test štítné žlázy	5
10	Dozimetrie	
10.1	Výpočet aplikované aktivity pro dospělé osobu a pro děti dle národních standardů	2
10.2	Stanovení typické efektivní dávky pro různé typy vyšetření na základě výpočetních programů nebo tabelovaných konverzních koeficientů	10
10.3	Odhad efektivní dávky pro plod pro různé typy vyšetření	5
10.4	Odhad efektivní dávky pro děti a dospělé osoby žijící v jedné domácnosti s osobou vyšetřenou radiofarmakem (pro různé typy vyšetření)	5
11	Radiační ochrana	
11.1	Kalibrace měřidla příkonu dávkového ekvivalentu a monitorovacího systému pomocí radionuklidů o známé aktivitě	2
11.2	Volba vhodného detektoru a jeho parametrů pro měření různých situací v radiační ochraně (osobní monitorování, plošné zamoření, monitorovací systém apod.)	1
11.3	Návrh vhodné ochranné techniky (stínění, čas, vzdálenost) pro personál při různých typech vyšetření, přípravy a aplikace radiofarmaka, orientační výpočet stínění	2
11.4	Postup při dekontaminaci po radiační nehodě	2