

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta  
Katedra pedagogiky

## RIGORÓZNÍ PRÁCE

Návrh edukačních materiálů pro předmět základy radiofarmacie pro vyšší odborné školy zdravotnické s oborem diplomovaný farmaceutický asistent

Draft of educational materials for the subject basics of radiopharmacy for higher vocational medical schools with certified pharmaceutical assistant study program

Mgr. Pavel Novák, DiS., MBA

Vedoucí práce: PhDr. Jaroslava Hanušová, PhD.

Studijní program: Učitelství výchovy ke zdraví pro 2. stupeň základní školy a střední školy

Studijní obor: N VZ-CH

Odevzdáním této diplomové práce na téma Návrh edukačních materiálů pro předmět základy radiofarmacie pro vyšší odborné školy zdravotnické s oborem diplomovaný farmaceutický asistent potvrzují, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzují, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha 2024

Chtěl bych tímto poděkovat PhDr. Jaroslavě Hanušové, Ph.D. za její cenné rady, trpělivost a veškerý strávený čas při vedení této diplomové práce.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá tématem nukleární medicíny a radiofarmacie se zaměřením na vytvoření vhodných edukačních materiálů z této oblasti pro obor „diplomovaný farmaceutický asistent“. Teoretická část obsahuje popis oboru farmaceutického asistenta a základní informace o nukleární medicíně. Tyto poznatky vyúsťují ve stěžejní kapitole této práce, tedy radiofarmacii a přípravu radiofarmak. Praktická část se skládá ze dvou dotazníkových šetření. První úsek praktické části je tvořen dotazníkem zaměřením na učitele, kteří vyučují předměty se zaměřením na radiofarmacii pro obor „diplomovaný farmaceutický asistent“. Druhý úsek praktické části je tvořen dotazníkem u studentů posledního ročníku zmíněného oboru. Oba tyto dotazníky mají za úkol zjistit informace o pedagogické realitě předmětů zaměřených na radiofarmacii a současně získat návrhy na zlepšení úrovně výuky pro budoucí studenty. Zde bylo zjištěno, že pouze 28,6 % dotazovaných učitelů využívá i jiné formy výuky než pouze frontální výuku. Dále byl zjištěn fakt, že žádný z 56 dotazovaných studentů nemá v plánu pracovat v laboratoři přípravy radiofarmak. Na základě těchto zjištění bylo navrženo 13 edukačních materiálů, které budou poskytnuty, jak učitelům, tak zájemcům z řad studentů, což by mělo zkvalitnit budoucí výuku, zvýšit povědomí o daném oboru farmacie a podpořit zájem u jednotlivých farmaceutických asistentů, kteří mohou bez obav tuto zajímavou práci vyzkoušet.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Edukační materiály, Farmaceutický asistent, Nukleární medicína, Radiační ochrana, Radiofarmaka, Studijní materiály.

## **ABSTRACT**

The thesis addresses the topic of nuclear medicine and radiopharmacy, focusing on creating suitable educational materials in this field for the "Certified Pharmaceutical Assistant" study program. The theoretical part includes a description of the pharmaceutical assistant's role and basic information about nuclear medicine. These insights lead into the key chapter of this work, namely radiopharmacy and the preparation of radiopharmaceuticals. The empirical part of the thesis consists of two questionnaire surveys. The first section of the empirical part consists of a questionnaire aimed at teachers who teach subjects focused on radiopharmacy for the "Certified Pharmaceutical Assistant" study program. The second section of the empirical part consists of a questionnaire among students in their final year of the mentioned program. Both questionnaires aim to gather information on the pedagogical reality of subjects focused on radiopharmacy and simultaneously collect suggestions for improving teaching for future students. It was found that only 28,6 % of the surveyed teachers use teaching methods other than just frontal teaching. Furthermore, it was discovered that none of the 56 surveyed students plan to work in a radiopharmaceutical preparation laboratory. Based on these findings, 13 educational materials were proposed, which will be provided to both teachers and interested students, aiming to enhance future teaching, raise awareness of this particular field of pharmacy, and encourage interest among individual pharmaceutical assistants who can confidently try out this interesting work.

## **KEYWORDS**

Educational materials, Pharmaceutical assistant, Nuclear medicine, Radiation protection, Radiopharmaceuticals, Study materials.

## Obsah

Úvod .....	7
Teoretická část A .....	8
1 Farmaceutický asistent .....	8
1.1 Právní definice farmaceutického asistenta .....	8
1.2 Získání odborné způsobilosti k práci farmaceutického asistenta .....	9
1.3 Vzdělávání oboru diplomovaný farmaceutický asistent v oblasti základů radiofarmacie .....	13
2 Nukleární medicína.....	16
2.1 Obecná definice oboru nukleární medicína .....	16
2.2 Typy záření .....	18
2.3 Radioizotopy používané v nukleární medicíně .....	19
2.4 Aplikace nukleární medicíny.....	21
2.5 Základy radiační ochrany .....	26
2.6 Legislativní požadavky na pracoviště nukleární medicíny.....	34
3 Radiofarmaka.....	38
3.1 Obecná definice radiofarmak.....	38
3.2 Prostory pro přípravu radiofarmak .....	40
3.3 Obecné složení radiofarmak .....	47
3.4 Obecný postup přípravy radiofarmak .....	53
3.5 Průvodní list radiofarmaka .....	58
Praktická část B .....	61
4 Dotazník pro učitele.....	61
4.1 Cíl a výzkumné otázky dotazníku pro učitele .....	61
4.2 Metodika dotazníku pro učitele .....	62

4.3	Vyhodnocení odpovědí dotazníku pro učitele .....	63
4.4	Diskuze, komparace a zhodnocení dotazníku.....	88
5	Dotazník pro studenty.....	99
5.1	Cíl a výzkumné otázky dotazníku pro studenty .....	99
5.2	Metodika dotazníku pro učitele .....	100
5.3	Vyhodnocení odpovědí dotazníku pro studenty .....	101
5.4	Diskuze, komparace a zhodnocení dotazníku.....	113
6	Návrh edukačních materiálů pro předmět základy radiofarmacie.....	123
	Závěr.....	195
	Seznam použitých informačních zdrojů .....	197
	Seznam příloh.....	200
	Seznam obrázků.....	200
	Seznam tabulek.....	201
	Seznam grafů .....	203
	Přílohy .....	205

## Úvod

V této diplomové práci bych se rád věnoval tématu radiofarmacie a nukleární medicíny. K volbě tohoto tématu mě mimo jiné přivedlo studium didaktiky oboru Výchovy ke zdraví na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy a mé dosavadní zaměstnání, diplomovaný farmaceutický asistent pracující na oddělení přípravy radiofarmak v nemocniční lékárně.

Rozhodl jsem se vytvořit diplomovou práci, která dá čtenářům přehled oboru nukleární medicíny a základů radiofarmacie. Tento přehled by mohl motivovat farmaceutické asistenty k vyzkoušení práce na oddělení přípravy radiofarmak, která je oproti ostatním farmaceutickým disciplínám velmi odlišná a mnoho farmaceutických asistentů tato jinakost odradí.

Cílem této diplomové práce je vytvořit edukační materiály pro předmět základy radiofarmacie (základy radiologie, základy radiační ochrany) určený pro studenty oboru diplomovaný farmaceutický asistent, nebo pro jakékoliv zájemce z řad vystudovaných farmaceutických asistentů, kteří by měli zájem o vyzkoušení práce na oddělení přípravy radiofarmak.

V teoretické části je definován farmaceutický asistent a proces farmaceutického vzdělávání se zaměřením na radiofarmacii. Dále obsahuje přehled základních poznatků o nukleární medicíně. Tyto kapitoly slouží jako úvod k hlavnímu tématu diplomové práce, a to ke shrnutí základních informací o radiofarmacii, tedy části farmacie, která se zaměřuje na práci s otevřenými zářiči a jejich zapracováním do vhodné lékové formy splňující všechny nutné požadavky pro bezpečné podání pacientům.

Praktická část diplomové práce bude realizována pomocí dvou dotazníkových šetření, která přinesou data o pedagogické praxi výuky základů radiofarmacie na zdravotnických VOŠ. Aby byl náhled na tuto výuku kompletní, budou dotazníková šetření konstruována tak, aby zjistila dostatek informací, jak od učitelů předmětů zaměřených na radiofarmacii, tak od studentů, kteří tento předmět absolvovali. Závěrem praktické části bude návrh edukačních materiálů, které budou poskytnuty učitelům a zájemcům o vzdělávání v oblasti radiofarmacie a napomohou tak zkvalitnit výuku základů radiofarmacie určené pro diplomované farmaceutické asistenty.



## **Teoretická část A**

V teoretické části diplomové práce bude definován farmaceutický asistent s popisem požadavků a možností uplatnění v oblasti nukleární medicíny. V této kapitole bude dále věnována zvýšená pozornost na vzdělávací oblast přípravy radiofarmak a oboru nukleární medicíny určené pro farmaceutické asistenty. Následně bude v teoretické části rozvedena samotná medicínální oblast nukleární medicíny s důrazem na využití jednotlivých radiofarmak a základními informacemi o radiační ochraně pracovníků a pacientů. Závěr teoretické části bude obsahovat souhrnné informace o radiofarmakách se zaměřením na praktickou přípravu těchto léčivých přípravků.

### **1 Farmaceutický asistent**

V této kapitole bude obecně definován farmaceutický asistent, právní vymezení vykonávaných činností farmaceutického asistenta, popis požadovaného vzdělání farmaceutického asistenta a průběh daného studia. V oblasti vzdělávání bude zaměřeno na povinné a další volitelně rozšiřující vzdělávání v oblasti přípravy radiofarmak.

#### **1.1 Právní definice farmaceutického asistenta**

Právní definice farmaceutického asistenta vyplývá z vyhlášky č. 55/2011 Sb., *o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků*, kde je určeno, jaké činnosti může provádět bez odborného vedení, anebo pod odborným vedením [1].

Právní vymezení činností farmaceutického asistenta je možno rozdělit na obecné činnosti zdravotnického pracovníka a dále na specifické činnosti farmaceutického asistenta. Mezi základní činnosti zdravotnického pracovníka řadíme například poskytování zdravotní péče dle své odborné způsobilosti, provádění zápisů do zdravotní dokumentace pacienta, nebo motivování a edukace jednotlivce, rodiny, nebo skupiny osob v oblasti zdravého životního stylu. Výčet všech činností zdravotnického pracovníka je uveden v § 3 vyhlášky č. 55/2011 Sb., *o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků* [1].

Specifické činnosti farmaceutického asistenta jsou dále popsány v § 18, kde jsou uvedeny činnosti, které může provádět bez odborného dohledu v odstavci 1 tohoto paragrafu. Mezi těmito činnostmi je například vydávání léčivých přípravků, které nejsou vázány

na lékařský předpis, příprava individuálně připravovaných léčivých přípravků, včetně přípravy cytostatik a provádění kontroly léčivých a pomocných látek [1].

Následující odstavec je podstatný právě pro přípravu radiofarmak, protože je zde definováno, kdy může farmaceutický asistent pracovat s radiofarmaky. Obecně je to vždy pod odborným dohledem osoby s vyšší odbornou způsobilostí a za dodržování pokynů radiologického fyzika v oblasti radiační ochrany. Jedná se o přípravu a kontrolu radiofarmak, práci s generátory a další pomocné činnosti spojené s prací v laboratoři pro přípravu radiofarmak [1].

*“(2) Farmaceutický asistent může provádět pod odborným dohledem farmaceutického asistenta se specializovanou způsobilostí v oboru přípravy radiofarmak, farmaceuta nebo jiného odborně způsobilého pracovníka na základě indikace lékaře, farmaceuta nebo jiného odborně způsobilého zdravotnického pracovníka a v souladu s pokyny radiologického fyzika praktickou část lékařského ozáření, a to přípravu a kontrolu radiofarmak, včetně dalších činností souvisejících s jejich přípravou, zejména příjem a instalaci generátorů, likvidaci zbytků a dekontaminaci pracoviště.” [1]*

Proto, aby se farmaceutický asistent mohl stát specialistou pro přípravu radiofarmak, tedy osobou s vyšší odbornou způsobilostí v oblasti radiofarmak, musí splnit specializační vzdělávací program v oboru přípravy radiofarmak (podrobnější popis je součástí podkapitoly 1.3). Po splnění všech podmínek a úspěšném složení závěrečné zkoušky získává rozšířenou působnost dle stejné vyhlášky č. 55/2011 Sb., *o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků*, kde jsou v § 143 uvedeny činnosti, které může provádět bez odborného dohledu a bez indikace [1].

## **1.2 Získání odborné způsobilosti k práci farmaceutického asistenta**

Odbornou způsobilost k práci farmaceutického asistenta získá člověk v návaznosti na splnění podmínek vycházejících ze zákona č. 96/2004 Sb., *Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních)*. Zde jsou v § 19 jediné dvě možnosti, jak získat odbornou způsobilost k práci farmaceutického asistenta [2].

*“(1) Odborná způsobilost k výkonu povolání farmaceutického asistenta se získává absolvováním*

*a) nejméně tříletého studia v oboru diplomovaný farmaceutický asistent na vyšších zdravotnických školách, nebo*

*b) střední zdravotnické školy v oboru farmaceutický laborant, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005.” [2]*

Z těchto informací tedy vyplývá, že člověk, který se chce v současné době stát farmaceutickým asistentem, musí absolvovat nejméně tři roky studia na vyšší odborné škole zdravotnické v oboru diplomovaný farmaceutický asistent. Bod dva se týká pouze uznání studia, které již není možné od školního roku 2004/2005 absolvovat [2].

### **Možnosti studia oboru diplomovaný farmaceutický asistent**

Ze zákonného požadavku zmíněného výše je definováno, že zájemce o získání odborné způsobilosti k práci farmaceutického asistenta musí absolvovat studium na vyšší odborné škole zdravotnické, která má prezenční nebo kombinovanou formu studia pro obor diplomovaný farmaceutický asistent. Identifikační kód tohoto oboru je 53-43-N/11 [3].

Autor práce provedl analýzu nabídek oborů zdravotnických VOŠ v České republice. Z této analýzy zjistil, že v roce 2023/24 lze studovat tento obor v ČR na jedenácti vyšších odborných školách. Sedm těchto škol nabízí studium prezenční formou. Tyto školy poskytují tento vzdělávací obor každý rok. Tři vyšší odborné školy zdravotnické nabízejí formu prezentačního i kombinovaného studia. Kombinovaná forma studia je na zmíněných školách poskytována každý školní rok, případně pouze jedenkrát za několik let. Poslední vyšší odborná škola zdravotnická nabízí každý školní rok pouze kombinovanou formu studia.

V příloze č. 1 této práce je seznam všech vyšších zdravotnických škol s oborem diplomovaný farmaceutický asistent a dále jsou u těchto škol uvedeny formy poskytovaných studijních forem daného oboru.

Uchazeč o obor diplomovaný farmaceutický asistent, musí splnit několik požadavků. Musí být úspěšným absolventem libovolného středoškolského oboru ukončeného maturitní

zkouškou. Dále musí splňovat všechny zdravotní podmínky, které jsou uvedeny v nařízení vlády č. 211/2010 Sb., *o soustavě oborů vzdělání v základním, středním a vyšším odborném vzdělávání*. Posledním požadavkem je splnit specifika přijímacího řízení dané školy, které si vytváří konkrétní vyšší odborná škola [4].

### **Specifika studia oboru diplomovaný farmaceutický asistent**

Studijní program diplomovaný farmaceutický asistent musí splňovat požadavky, které vycházejí z vyhlášky č. 39/2005 Sb., kterou se stanoví minimální požadavky na studijní programy k získání odborné způsobilosti k výkonu nelékařského zdravotnického povolání. V této vyhlášce jsou v § 18 shrnuty všechny požadavky, které musí daný studijní obor na vyšší odborné škole splňovat [5].

Mezi těmito požadavky je například povinnost školy nabízet akreditovaný vzdělávací program, který musí mít nejkratší možnou dobu studia 3 roky s nejméně 700 hodinami praktického vyučování. Daná škola ve svém akreditovaném vzdělávacím programu nemá pevně zakotvené vzdělávací předměty, avšak musí splňovat požadavky dle třetího odstavce tohoto paragrafu, tedy vzdělat studenta v základních přírodovědných a lékařských oborech, farmaceutických a klinických oborech a dále v sociálních a dalších souvisejících oborech [5].

*“(3) Studium v programu uvedeném v odstavci 1 poskytuje znalosti a dovednosti stanovené v § 3 a dále obsahuje*

*a) teoretickou výuku poskytující znalosti*

*1. v základních přírodovědných a lékařských oborech, které umožní pochopit vzájemné působení léčivé látky a živého organismu, a to v anatomii, fyziologii, patologii, chemii, mikrobiologii, farmaceutické botanice, analýze léčiv, základech radiační ochrany,*

*2. ve farmaceutických a klinických oborech, a to v chemii léčiv, farmakologii, přípravě léčivých přípravků, farmakognozii, kontrole léčivých přípravků, zdravotnických prostředcích,*

*3. v sociálních a dalších souvisejících oborech, a to v základech psychologie, informatiky, statistiky a metodologie vědeckého výzkumu,” [5]*

V prvním bodu, tedy výčtu základních přírodovědných a lékařských oborů, jsou jako poslední vyjmenované právě základy radiační ochrany, které jsou pro zaměření této diplomové práce stěžejní [5].

V posledním bodu tohoto paragrafu jsou uvedeny požadavky na vyučování praktických dovedností a znalostí v různých okruzích farmacie. Je zde specifikován prostor, kde má docházet k výuce, přičemž pod pojem další zdravotnická zařízení můžeme zahrnout právě radiofarmaceutické laboratoře, které připravují radiofarmaka pro smluvená pracoviště nukleární medicíny. Je zde také specifikováno, že student je v době vykonávání odborné praxe v tomto pracovišti pod dohledem farmaceuta, farmaceutického asistenta, popřípadě specialisty v přípravě radiofarmak [5].

*“b) praktické vyučování poskytující dovednosti a znalosti v přípravě a kontrole léčivých přípravků připravovaných na lékařské předpisy i do zásoby, ve výdeji léčivých přípravků, jejichž výdej není vázán na lékařský předpis, ve výdeji a prodeji zdravotnických prostředků; praktické vyučování probíhá zejména v lékárnách, školních laboratořích a v dalších zdravotnických zařízeních provádějících přípravu léčiv pod dohledem farmaceuta, farmaceutického asistenta, popřípadě specialisty v přípravě radiofarmak.”[5]*

### **Možnosti uplatnění absolventa oboru diplomovaný farmaceutický asistent**

Absolvent oboru diplomovaný farmaceutický asistent může pracovat ve všech typech veřejných i nemocničních lékáren, kde může vydávat léčiva, která nejsou vázána na lékařský předpis, připravovat všechna léčiva na základě žadanek pro zdravotnická zařízení. Širokou paletu představují zdravotnické prostředky, které může spravovat ve všech typech zdravotnických zařízení, případně může vést prodejnu zdravotnických potřeb [3].

Dále může být zaměstnán na specializovaných pracovištích, kde je schopen zajišťovat přípravu individuálně připravovaných léčivých přípravků, přípravu sterilních léčivých přípravků, přípravu a úpravu cytostatických léčivých přípravků. Dále může aplikovat své znalosti v analytických laboratořích zajišťujících kontrolu léčiv. Absolventi oboru diplomovaný farmaceutický asistent se mohou uplatnit také v širokém spektru průmyslových oborů spojených s farmacií a chemickou výrobou [3].

Může si dále prohlubovat své znalosti ve vzdělávacích programech specializačního vzdělávání, které jsou zaměřeny na jednotlivá odvětví farmacie. Toto rozšiřující vzdělání je určeno přímo pro farmaceutické asistenty. Mezi tyto programy specializačního vzdělávání patří například program specifické lékárenské činnosti, dále prohloubení znalostí v oblasti zdravotnických prostředků, nebo právě příprava radiofarmak. Specializační program zaměřen na přípravu radiofarmak bude podrobněji popsán dále v podkapitole 1.3[6].

Absolvent samozřejmě může studovat další vysokoškolské studijní programy. V oblasti farmacie se jedná o pětileté studium farmacie na farmaceutických fakultách, případně různé chemicko-technologické studijní programy zaměřující se na průmysl a vývoj nových technologií a léčiv [3].

### **1.3 Vzdělávání oboru diplomovaný farmaceutický asistent v oblasti radiofarmacie**

V této části budou popsány dvě hlavní možnosti studia radiofarmacie, se kterými se musí, případně může, farmaceutický asistent setkat. Jedná se o povinný předmět, který souvisí s radiofarmaky, který je v různých formách zařazen na každé vyšší odborné škole zdravotnické v České republice. Ten, kdo má zájem, tak může dobrovolně studovat specializační vzdělání v oboru přípravy radiofarmak, které je určeno pro již vystudované farmaceutické asistenty, tedy po absolvování VOŠ.

#### **Popis povinného předmětu v oblasti radiofarmacie a analýza výskytu toho předmětu na VOŠ**

V této podkapitole bude výčet všech jednotlivých radiofarmaceutických předmětů, se kterými se student vyšších odborných škol zdravotnických může setkat. Oblast radiofarmak může být zahrnuta také do ostatních předmětů při daném studiu (například farmakologie, příprava léčiv, výdejní činnost, ...), avšak zde jsou uvedeny pouze předměty, které jsou přímo spojené s oblastí radiofarmacie a přípravou radiofarmak.

Po rozboru jednotlivých vzdělávacích plánů na všech jedenácti vyšších odborných zdravotnických školách s oborem diplomovaný farmaceutický asistent v České republice jsem získal informaci, že na každé z uvedených škol je jeden předmět specificky zaměřený

na oblast radiofarmacie. Na devíti školách je v rozsahu jednoho semestru a na dvou školách je rozdělen do dvou navazujících semestrů. Na všech školách je vždy uzavřen zápočtem.

Rozdílnost názvů jednotlivých předmětů je:

5x Základy radiofarmacie

5x Základy radiologie

1x Základy radiační ochrany

Přehled jednotlivých předmětů a jejich zařazení do příslušných vzdělávacích plánů je podrobně zapsáno v tabulce v příloze č. 2. Pro zjednodušení označení těchto předmětů budou v této práci označovány všechny uvedené předměty společným názvem základy radiofarmacie.

Bez ohledu na název předmětu vyučovaného na dané vyšší odborné škole by předmět měl edukovat studenta v základních oblastech radiofarmacie. Předmět by měl obsahovat úvod do oboru nukleární medicíny, možnosti využití nukleární medicíny při diagnostice a terapii, oblast efektivní radiační ochrany a zopakovat informace o radioaktivitě a typech radionuklidů. Důraz by měl být kladen na oblast radiofarmak, jejich rozdělení a zařazení do systému lékových forem se zaměřením na přípravu, úpravu a kontrolu [1].

Pro zájemce o získání hlubších poznatků z oblasti nukleární medicíny a radiofarmacie existuje pro absolventy VOŠ oboru diplomovaný farmaceutický asistent specializační vzdělávání v oboru přípravy radiofarmak, které je popsáno v následující podkapitole.

### **Popis vzdělávacího programu specializačního vzdělávání v oboru přípravy radiofarmak pro farmaceutické asistenty**

Rozšiřující a dobrovolnou možností vzdělání v oblasti přípravy radiofarmak je možnost absolvovat akreditovaný vzdělávací program specializačního vzdělávání v oboru přípravy radiofarmak, který je určen pro vystudované farmaceutické asistenty. Tento vzdělávací program je organizován Národním centrem ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů (NCO NZO) se sídlem v Brně [6].

Cílem specializačního vzdělávání v oboru přípravy radiofarmak je získání specializované způsobilosti specialista pro přípravu radiofarmak vycházející z § 143 vyhlášky č 55/2011

Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. V průběhu tohoto specializačního vzdělávacího programu získává farmaceutický asistent teoretické i praktické znalosti v oblasti radiofarmak a rozšířenou možnost samostatného rozhodování v souvisejících činnostech v rozsahu udělené aktuálně platnou legislativou, tedy aktuálně vyhláškou č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků [1].

Vzdělávací program je celkově složen z 560 hodin teoretického vzdělávání a praktické výuky z čehož praktická výuka tvoří nejméně 50 % celkového počtu hodin. Proto, aby mohl farmaceutický asistent získat tuto odbornost musí splňovat několik požadavků. Musí být přijat do daného specializačního programu, dále musí pracovat nejméně 1 rok s alespoň polovičním úvazkem na pracovišti nukleární medicíny, absolvovat teoretickou i praktickou výuku, získat stanovený počet kreditů z jednotlivých částí tohoto programu a úspěšně složit atestační zkoušku [6].

Teoretické vzdělávání a praktická výuka je rozdělena do pěti vzdělávacích modulů. Jedná se o těchto pět modulů.

- organizace a provoz farmaceutických pracovišť
- radioaktivita a ochrana před zářením
- příprava radiofarmak
- odborná praxe na pracovišti akreditovaného zařízení
- odborná písemná práce

Po splnění všech stanovených požadavků může student přistoupit k atestační zkoušce, která je nejčastěji skládá z teoretického písemného testu, který je doplněn o výpočty související s přípravou a předaplikační úpravou radiofarmaka a dále z ústní části, která se skládá z rozvedení tématu na odborně teoretické otázky z oblasti přípravy radiofarmak a dále z obhajoby zhotovené odborné písemné atestační práce [6].

Po splnění všech těchto požadavků se absolvent vzdělávacího programu specializačního vzdělávání stává plnohodnotným specialistou na přípravu radiofarmak a může provozovat všechny činnosti vycházející z § 143 vyhlášky č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků [1].



## **2 Nukleární medicína**

V této kapitole budou shrnuty základní poznatky o nukleární medicíně, využití diagnostických, případně terapeutických aplikací ve zdravotnictví. Důležitou částí nukleární medicíny je také využívání různých metod radiační ochrany, která musí být na těchto pracovištích přísně dodržována z důvodu zaručení bezpečnosti pro personál i pacienty. Dále v této kapitole budou shrnuty základní technické, věcné a personální požadavky na provoz pracoviště nukleární medicíny.

### **2.1 Obecná definice oboru nukleární medicína**

Nukleární medicína je lékařským oborem, který je založen na podávání radionuklidových zdrojů ionizujícího záření ve formě otevřených zářičů, které emitují různé formy záření, které jsou následně zachycovány pomocí vhodných detektorů. Pomocí těchto emitujících zářičů hodnotí fyziologické a patofyziologické procesy v těle, což napomáhá lékařům určit patologické ložisko nemoci. Další oblastí nukleární medicíny je aplikace radiofarmak, které slouží k terapii již diagnostikovaných patologií [7].

Nukleární medicína je zařazena do kategorie radiodiagnostických metod, tedy do stejné skupiny metod, jako například různá rentgenová vyšetření, ultrazvuková vyšetření, nebo vyšetření magnetickou rezonancí. Narozdíl od ostatních radiodiagnostických metod se v nukleární medicíně klade důraz na molekulární informaci, která popisuje daný patologický proces v daném místě, jaký má charakter a čím se odlišuje od normální tkáně, nebo orgánu. Ostatní radiodiagnostické metody se soustředí spíše na strukturální informace o tvaru, velikosti a uložení daných ložisek onemocnění, což společně s nukleární medicínou vytváří velmi přesné a pro pacienta přínosné poznatky o daných orgánech a jejich pochodech v organismu [8].

Z výše uvedeného vyplývá, že nukleární medicína se skládá ze dvou podstatných částí. Z převažující části diagnostické a doprovodné části terapeutické. Diagnostická vyšetření zobrazují, za pomoci vhodně zvolených radiofarmak, místa a chování jednotlivých orgánů, či celého lidského těla. Tyto získané informace vyhodnocuje a posuzuje lékař, specialista v nukleární medicíně, který se zaměřuje na míru patologického chování dané tkáně. Mimo prostou jednorázovou diagnostiku pacienta se lékař nukleární medicíny podílí

na dlouhodobém monitoringu pacienta a sleduje vývoj onemocnění a odpověď organismu na zvolenou léčbu. Těmito poznatky může navrhovat optimalizaci volby léčebných postupů, což může kladně ovlivnit zdravotní stav pacienta [8].

Diagnostické metody jsou děleny na dvě hlavní skupiny. První skupinou je jednofotonová emisní tomografie (SPECT – Single-Photon Emission Computed Tomography), která je historicky starší a využívají jednoho, nebo dvou detektorů, které se otáčejí kolem těla pacienta a zachytávají gama záření, které vychází z těla pacienta. Ze všech získaných obrazů (projekcí) se pomocí počítačových softwarů rekonstruuje trojrozměrný obraz distribuci dané radioaktivní látky. Pro tato vyšetření se využívají radiofarmaka obsahující gama zářič – nejčastěji radiofarmaka označená 99 metastabilním techneciem ( $^{99m}\text{Tc}$ ) [7].

Druhou skupinou diagnostických metod v nukleární medicíně je pozitronová emisní tomografie (PET – positron emission tomography). Pozitronový tomograf je skládá z až desítek tisíc drobných detektorů, které jsou uspořádány do prstenců, které obklopují pacienta. Při PET vyšetření se detektory nepohybují. Dané detektory zachytávají proudy fotonů, které vznikají po zániku pozitronů. Pozitrony jsou uvolňované z  $\beta^+$  zářičů, které jsou podány pacientovy a jsou vychytávány specificky v daných tkáních. Z daného principu vyšetření vyplývá, že pro PET vyšetření musí být využíváno radiofarmak značených pomocí  $\beta^+$  zářičů. Mezi nejčastěji využívaného zástupce radiofarmaka určeného pro PET vyšetření patří fluor ( $^{18}\text{F}$ ) navázan na deoxyglukózu. Tato sloučenina se označuje 18F-FDG – fludeoxyglukóza [7].

Oddělenou částí nukleární medicíny je část terapeutická, tedy léčebná. Dané léčebné metody spočívají v podávání radiofarmak, která slouží jako vnitřní zdroj záření, který narušuje a ničí patologicky vytvořenou tkáň v daném organismu. Dávka, která je podaná pacientovy je indikována na základě typu a objemu patologicky zasažené tkáně. Postup vlivu ionizujícího záření na patologické ložisky je obdobný jako v radioterapii, avšak s rozdílem toho, že dané radiofarmakum prochází nejčastěji metabolickou cestou přímo do daného ložiska, nebo jeho těsné blízkosti, což značně zefektivňuje ozáření daného patologického ložiska [8].

Mimo tyto metody, které jsou většinou prováděny *in vivo*, tedy přímou aplikací radiofarmak do těla pacienta existuje několik metod nukleární medicíny, které jsou prováděny *in vitro*, tedy radioimunoanalytické metody, které využívají radionuklidy ke stanovení koncentrace

látek v tělních tekutinách daného pacienta. V těchto metodách se pracuje nejčastěji se vzorky plazmy mimo tělo pacienta, což zaručuje značnou výhodu v tom, že pacient nepřichází vůbec do kontaktu s radioaktivní látkou, což snižuje radiační zátěž celého vyšetření na nulovou hodnotu [7].

K pochopení rozdělení nukleární medicíny je dále uvedena podkapitola obsahující základní informace o rozdílech jednotlivých typů záření.

## 2.2 Typy záření

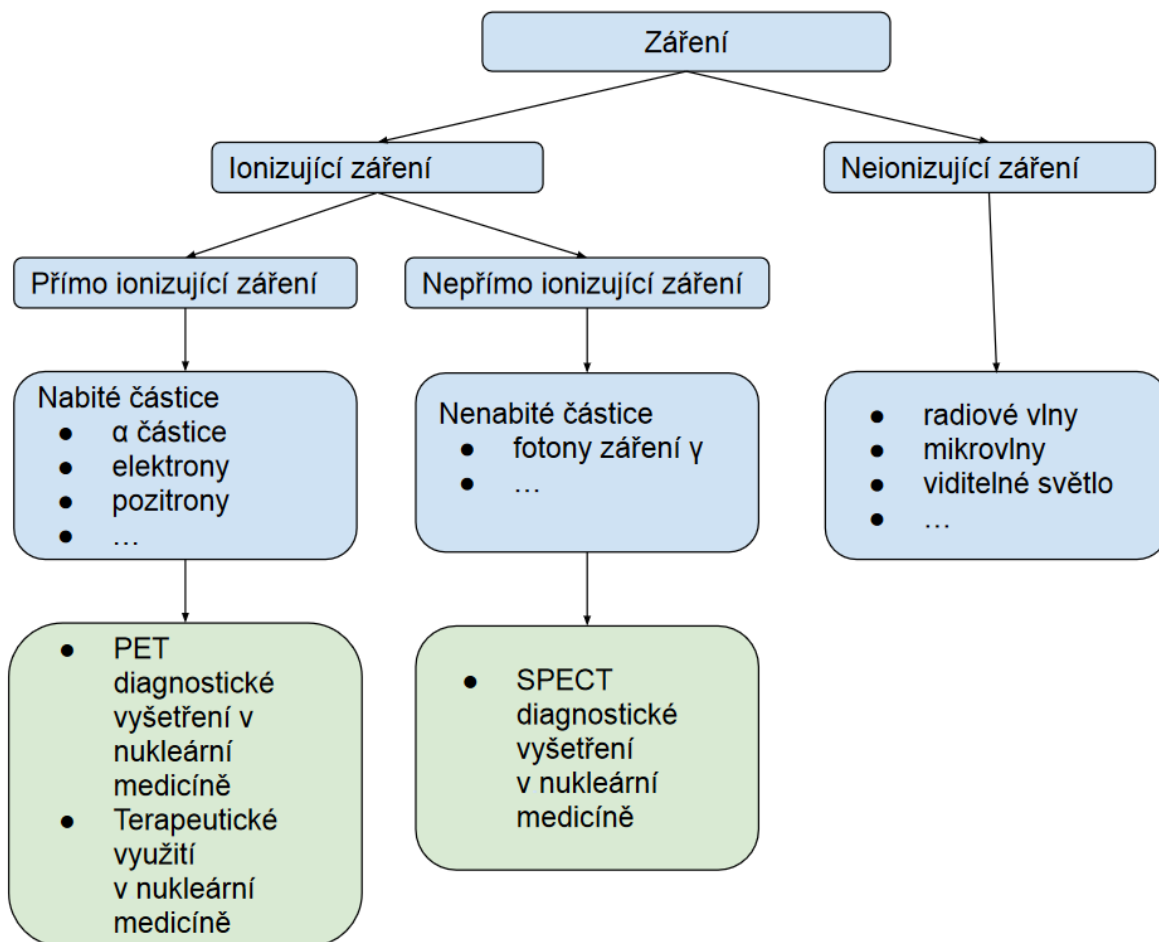
Záření lze považovat za specifickou formu energie, která se šíří prostorem. Podoba daného záření je buďto formou částic (korpuskulární charakter), nebo jako vlnění (elektromagnetický charakter). Příkladem částicového záření mohou být například  $\alpha$  částice, elektrony, pozitrony, neutrony a těžké ionty. Příkladem elektromagnetického záření může být záření  $\gamma$ , záření X, rádiové vlny, mikrovlny, viditelné světlo a další [8].

Záření je děleno na dvě hlavní skupiny. Neionizující záření a ionizující záření. V oblasti nukleární medicíny je využíváno ionizující záření, které má takovou energii, která má schopnost ionizovat atomy látky se kterými interaguje. Během ionizace dochází k ovlivnění jednoho vnějšího elektronu interagované látky, což ovlivní náboj daného atomu a tím může ovlivnit, či poškodit například ozářenou tkáň pacienta [8].

Ionizující záření je dále děleno na přímo ionizující záření, které vždy interaguje s látkou během své dráhy. Mají obecně kratší délku doletu a specifické ionizující účinky na tkáň. Mezi toto záření patří nabitě částice (částice  $\alpha$ , elektrony, pozitrony, ...). Těchto účinků se využívá při terapeutickém využívání radionuklidů v nukleární medicíně, nebo při diagnostických vyšetřeních v pozitronové emisní tomografii – PET [9].

Druhou skupinou je nepřímé ionizující záření, které má schopnosti ionizovat daný atom pouze s určitou pravděpodobností. Míra pravděpodobnosti ionizace závisí na energii a vlastnostech prostředí, kterým prochází. Mají obecně delší délku doletu a je zde popisováno pouze určité zeslabení po průchodu určité vrstvy látky. Do této skupiny jsou řazeny především fotony záření  $\gamma$ , které se v nukleární medicíně využívají při diagnostických vyšetřeních v jednofotonové emisní tomografii – SPECT [9].

Pro přehlednost jsou výše zmíněné poznatky o jednotlivých typech záření shrnuty v následujícím schématu (Obrázek 1).



Obrázek 1 Rozdělení a využití záření v nukleární medicíně

### 2.3 Radioizotopy používané v nukleární medicíně

Kromě již zmíněného technecia ( $^{99m}\text{Tc}$ ) a fluoru ( $^{18}\text{F}$ ), které jsou v nukleární medicíně využívány nejvíce, se setkáváme i s dalšími radioizotopy, které lze využít pro diagnostiku, či terapii pacienta. Všechny využívané prvky musí splňovat různé podmínky, které zajišťují bezpečné podání pacientovy a fungovat jako zářiče, které lze efektivně využít v daných postupech [10].

Pro SPECT diagnostiku je nutné, aby daný radioizotop vyzařoval dostatečné množství gama záření, které je následně zachyceno pomocí gamakamery a ze získaných dat a počítačových technologií jsme schopni efektivně zobrazit pacientům zdravotní stav. Kromě hodně

využívaného technecia ( $^{99m}\text{Tc}$ ) se v nukleární medicíně využívají radioizotopy india ( $^{111}\text{In}$ ), thallia ( $^{201}\text{Tl}$ ), kryptonu ( $^{81m}\text{Kr}$ ), jodu ( $^{123}\text{I}$  a  $^{131}\text{I}$ ), nebo v České republice aktuálně nedostupný izotop chromu ( $^{51}\text{Cr}$ ) [10].

Pro PET diagnostiku jsou využívány radioizotopy, které jsou především  $\beta^+$  zářiče. Pro toto záření je nutné využívat k tomu uzpůsobené kamery – pozitronové tomografy, které zachycují toto záření a obdobně jej přenášení pomocí počítačových technologií do trojrozměrného obrazu, který lze následně diagnostikovat. Kromě fluoru ( $^{18}\text{F}$ ) se využívají radioizotopy uhlíku ( $^{11}\text{C}$ ), dusíku ( $^{13}\text{N}$ ), kyslíku ( $^{15}\text{O}$ ), nebo gallia ( $^{67}\text{Ga}$ ) [7].

Pro terapeutické postupy v nukleární medicíně se využívají zářiče, které emitují záření o velké ionizační schopnosti a krátkým doletem částic, aby nedocházelo k rozsáhlému poškození organismu. Obvykle se využívají zářiče emitující převážně  $\beta^-$  záření, nebo  $\alpha$  záření. Mezi nejčastěji používané radioizotopy v nukleární medicíně s terapeutickou indikací podání patří izotopy jodu ( $^{131}\text{I}$ ), yttria ( $^{90}\text{Y}$ ), radia ( $^{223}\text{Ra}$ ), stroncia ( $^{89}\text{Sr}$ ), samaria ( $^{153}\text{Sm}$ ), lutecia ( $^{177}\text{Lu}$ ), erbia ( $^{169}\text{Er}$ ), nebo rhenia ( $^{186}\text{Re}$ ) [7].

Výše uvedené, některé historické a experimentálně využívané radioizotopy jsou vyznačeny barevně v následující periodické tabulce (Obrázek 2).

**Periodická tabulka zvýrazňující nejčastěji využívané prvky v nukleární medicíně**

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span> SPECT diagnostika	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FFDAB9; border: 1px solid black;"></span> SPECT diagnostika, nebo terapie
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black;"></span> PET diagnostika	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #F08080; border: 1px solid black;"></span> Terapie

Obrázek 2 Periodická tabulka zvýrazňující nejčastěji využívané prvky v nukleární medicíně

## 2.4 Aplikace nukleární medicíny

Značnou výhodou nukleární medicíny je široká škála mnoha vyšetření, která lze na pracovištích nukleární medicíny využít. Mezi nejčastěji vyšetřované soustavy patří radionuklidová vyšetření srdce, plic, ledvin, centrální nervové soustavy, gastrointestinálního traktu, kosterní soustavy, lymfatických cest a endokrinní soustavy. Nezastupitelná je také propojenost nukleární medicíny s onkologií, kdy se nukleární medicíny využívá při diagnostice a případně i léčbě nádorových onemocnění [7].

Následující části této kapitoly obsahují přehled nejčastěji využívaných diagnostických a terapeutických postupů v nukleární medicíně, které poskytnou náhled do široké palety metod nukleární medicíny. Jednotlivá vyšetření jsou rozdělena do jednotlivých podoborů, nebo tělních systémů. Seznam všech vyšetření je shrnut v příloze č. 3., který vychází z informací nalezených v odborné literatuře [7,8,9,10,12,13,14].

### Nukleární kardiologie

Nukleární kardiologie je založena na radionuklidových vyšetření kardiovaskulárního systému s důrazem na vyšetření srdce. Stěžejním vyšetřením je především regionální perfuze myokardu, kdy je pozorován průtok a zásobení srdečního svalu krví. Toto vyšetření lze provádět současně se zátěžovým testem, který zjišťuje informace o rezervě koronárního průtoku. Snížený průtok, případně rezervní průtok při zátěži, je nejčastěji způsoben zúženými koronárními cévami. Zátěž může být vyvolána buďto fyzickou zátěží, například během, nebo šlapáním na bicyklu, nebo vyvolána farmakologickou zátěží, která spočívá v podání léčiva nejčastěji s vazodilatačním účinkem. V některých případech lze provádět vyšetření bez zátěže, tedy pouze klidová perfuze myokardu. Vyšetřovacím radiofarmakem je buďto technecium ( $^{99m}\text{Tc}$ ) ve formě  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi (MIBI), nebo  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin anebo izotop chloridu thallia ( $^{201}\text{Tl}$ ) [7].

### Radionuklidová vyšetření plic

Metody nukleární medicíny lze efektivně využít při diagnostice plicních embolií. Jedná se o perfuzní scintigrafii plic, kdy podáním technecia ( $^{99m}\text{Tc}$ ) navázaného na makroalbumin ( $^{99m}\text{Tc}$ -makroalbumin) dochází k dočasné mikroembolizaci plicního řečiště a zobrazená distribuce tohoto radiofarmaka poté odpovídá regionální perfuzi plic.

K této mikroembolizaci dochází díky vhodné velikosti částic označeného makroalbuminu, které se pohybuje v rozmezí 10-50  $\mu\text{m}$ . Tam, kde dané radiofarmakum neprostoupí z důvodu neprokrvení plic, se daná část plic na získané sadě snímků nezobrazí. Takové snímky plic působí na ošetřujícího lékaře nehomogenně a necelistvě, což je jasnou indikací nedostatečného prokrvení nezobrazených částí plic [10].

Druhou velmi častou metodou zobrazení plic je ventilační scintigrafie plic, kdy dochází buďto k inhalaci aerosolu radiofarmakem značeným techneciem ( $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ ), nebo přímo radioaktivním generovaným plynným kryptonem ( $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ). Výhodou kryptonu ( $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ) je to, že poločas přeměny tohoto metastabilního radionuklidu je pouze 13 sekund, což značně snižuje radiační zátěž. Nevýhodou však je nutnost speciálního rubidio-kryptovaného generátoru ( $^{81}\text{Rb}/^{81\text{m}}\text{Kr}$ ), který má poměrně krátkou životnost [10].

### **Radionuklidová vyšetření v nefro-urologii**

Mezi dvě hlavní vyšetření ledvin patří dynamické a statické scintigrafie. Při dynamické scintigrafii se aplikované radiofarmakum vylučuje rychle a pod gamakamerou se pozoruje aktivní přenos daného radiofarmaka. Snímkování probíhá po delší dobu (30-60 minut), kdy se zaznamenává přesun radiofarmaka v čase a vyhodnocuje se především funkci parenchymu každé ledviny a dále evakuaci kalichopánvičkového systému. K tomuto vyšetření se nejčastěji využívá radiofarmakum značené techneciem ( $^{99\text{m}}\text{Tc-MAG3}$ ) [9].

Při statické scintigrafii ledvin se stanovuje funkční ledvinný parenchym. Toto radiofarmakum je fixováno v ledvinných tubulech po dobu několika hodin. Při tomto vyšetření dochází k aplikaci radiofarmaka, následné časové prodlevě, nežli dojde k navázání daného radiofarmaka (doporučená doba čekání je 2-3 hodiny) a poté k relativně krátkému statickému snímkování. K tomuto vyšetření se rovněž využívá radiofarmaka značeného techneciem ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ), avšak navázaného na vhodnější nosič ( $^{99\text{m}}\text{Tc-DMSA}$ ) [9].

### **Radionuklidová vyšetření v endokrinologii**

Mezi nejčastější diagnostická vyšetření v endokrinologii patří scintigrafické vyšetření rozložení funkční aktivity v parenchymu štítné žlázy. Lze takto diagnostikovat buďto pomocí radiofarmak značených čistým technecianem sodným ( $^{99\text{m}}\text{Tc} - \text{NaTcO}_4$ ),

nebo pomocí radioaktivních izotopů jódu. Jedná se o dva nejčastěji využívané jodové radioizotopy, tedy  $^{123}\text{I}$  a  $^{131}\text{I}$  [7].

Druhou velmi častou diagnostickou metodou je scintigrafie příštítných tělísek. Využívá se radiofarmaka značeného techneciem ( $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ ), které se vychytává jak ve štítné žláze, tak v příštítných tělískách. Po vychytání však dochází k relativně rychlému vyplavení ze štítné žlázy a aktivita pomocí daného radiofarmaka zůstává právě v příštítných tělískách, která lze díky tomuto biologickému pochodu zobrazit a diagnostikovat [7].

### **Radionuklidová vyšetření v neurologii**

Mezi příklady vyšetření v neurologii lze uvést využívání radiofarmak, která diagnostikují regionální prokrvení mozku, tedy mozkovou perfuzi. Tato metoda je indikována pacientům při diagnostice demence, temporální epilepsii, nebo jako průkaz mozkové smrti. Pro takovou diagnostiku je nutné využívat radiofarmaka lipofilního charakteru, která jsou schopna projít skrze hematoencefalickou bariéru. Mezi tato radiofarmaka jsou řazeny techneciem značené sloučeniny  $^{99\text{m}}\text{Tc-HM-PAO}$ , nebo  $^{99\text{m}}\text{Tc-bicisát}$  [10].

### **Radionuklidová vyšetření pro zobrazení lymfatických cest a uzlin**

Pro zobrazení lymfatických cest se využívá fyziologický proud lymfy, která s sebou z periferních částí těla odvádí aplikované radiofarmakum. Při těchto metodách se měří cesta transportu, rychlost transportu, případně městnání lymfy. Tyto metody se využívají nejčastěji u dolních končetin, ale lze využít i u horních končetin, či v jiných místech s otoky při podezření na problém v lymfatických cestách a uzlinách [10].

Za specifickou lymfoscintigrafií lze považovat detekce sentinelových uzlin. Za sentinelovou uzlinu se považuje ta, která přijímá lymfu nejkratší lymfatickou cestou od nádoru. Tímto přesunem lymfy se značně zvyšuje riziko vzniku metastáze. Po úspěšném označení uzliny se následně operačně odstraní a biopsicky vyšetří. Nejčastěji se s tímto vyšetřením lze setkat u označování uzlin při karcinomu prsů, nebo melanomů. K těmto vyšetřením se využívá radiofarmakum koloidního charakteru značené techneciem ( $^{99\text{m}}\text{Tc-koloid}$ ) [10].



### **Radionuklidová vyšetření kosterní soustavy**

Scintigrafická vyšetření kosterní soustavy se řadí mezi jedny z nejčastěji využívaných v nukleární medicíně. Senzitivita je u těchto metod na velmi vysoké úrovni, avšak nevýhodou je nemožnost specificky zobrazovat pouze část kosterní soustavy a prakticky vždy dojde k zobrazení celého lidského skeletu [9].

Hlavní indikací těchto vyšetření je diagnostika nádorových onemocnění, osteomyelitida (zánět kostní dřevě), artritida (zánět kloubu), zobrazení fraktur kostí, různá metabolická onemocnění, nebo zobrazování ortopedických protéz (nejčastěji zobrazení uvolňování totálních endoprotéz kyčelního, nebo kolenního kloubu) [9].

Z oblasti radiofarmak se využívají organicky vázané difosfonáty, které se váží na minerální složku kostí, což umožní zobrazení kosterní soustavy po 2,5-3 hodinách od žilní aplikace daného radiofarmaka. Tyto radiofarmaka jsou značena techneciem ( $^{99m}\text{Tc}$ ). Nejčastější difosfonáty jsou  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP,  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP,  $^{99m}\text{Tc}$ -HEDP [7].

Dalším typem zobrazení kosterní soustavy je zobrazení rozložení kostní dřevě, které je indikováno u některých hematologických, nebo onkologicky nemocných pacientů. K zobrazení se využívají radiofarmaka na bázi nano koloidních struktur ( $^{99m}\text{Tc}$ -koloid) [7].

### **Radionuklidová vyšetření zažívacího traktu**

Příkladem scintigrafického vyšetření zažívacího traktu je soubor vyšetření, kdy je perorálně podána relativně nízkou dávkou aktivity (15-40 MBq), která je navázaná na nevstřebatelné radiofarmakum značené techneciem ( $^{99m}\text{Tc}$ ), nejčastěji ve formě  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, nebo  $^{99m}\text{Tc}$ -koloid. Pomocí posunu radiofarmaka s potravou lze zaznamenávat postup záření v čase pomocí gamakamer. Nejčastěji se takto vyšetřuje defekty polykacího aktu, detekce výskytu gastroezofageálního refluxu (zkratka GER), případně stanovení poločasu evakuace obsahu žaludku. Výhodou těchto vyšetření je, že lze všechny provádět současně a díky dynamickému záznamu vyšetření nalézt daný problém v zažívacím traktu pacienta [9].

### **Radionuklidová vyšetření zánětlivých ložisek**

Pro stanovení místa zánětu v těle pacienta je možné využít několik radionuklidových postupů. Metodou za využití SPECT metod je například označení části leukocytů pacienta a poté zpětné vrácení do těla pacienta a následné snímkování gamakamerou a pozorováním

migrace označených bílých krvinek, které nám určují přesné místo daného zánětu. K označení bílých krvinek se využívá buďto technecium ( $^{99m}\text{Tc}$ ) navázané ve formě  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO, nebo indium ( $^{111}\text{In}$ ) ve formě  $^{111}\text{In}$ -oxinát [7].

Alternativou pro stanovení zánětu je využití PET vyšetření za pomoci  $^{18}\text{F}$ -FDG. Princip nalezení zánětu je pomocí skutečnosti, že zánět se projevuje, mimo jiné, také zvýšenou glykolýzou, tedy rozkladem glukózy. Do těla pacienta se vpraví fludeoxyglukóza, která obsahuje navázaný radioaktivní fluor ( $^{18}\text{F}$ ), který poté označuje dané místo zvýšené glykolýzy a tedy místa zánětu [7].

### **Radionuklidová vyšetření krve**

Radionuklidová vyšetření lze také využívat v hematologii, kdy pomocí různých zářičů a postupů můžeme například stanovit poločas přežití erytrocytů nebo trombocytů a lokalizovat místo jejich destrukce. Historicky se k těmto vyšetřením využíval radioaktivní chrom ( $^{51}\text{Cr}$ ), který není aktuálně dostupný a je nahrazen radioizotopem india ( $^{111}\text{In}$ ) ve formě  $^{111}\text{In}$ -oxinát [7].

Dalším vyšetřením je stanovení celkového objemu erytrocytů v lidském těle, kdy se pacientovi musí odebrat krev, z které se vyseparují erytrocyty, které se označují daným radioizotopem india ( $^{111}\text{In}$ -oxinát). Následně se po daném čase ze vzorku odebrané krve a pomocných výpočtů stanoví přibližný objem erytrocytů. Jedná se o metodu, kdy se nevyužívají žádné zobrazovací gamakamery, avšak vše závisí na práci farmaceutických asistentů a farmaceutů, kteří s danými vzorky krve pacienta pracují [8].

### **Terapeutické postupy v nukleární medicíně**

Nukleární medicína nabízí také různé terapeutické postupy, které jsou založeny na podání vhodného radioizotopu, který následně pomocí záření ovlivňuje požadovanou část těla pacienta. Některá radiofarmaka mohou být aplikovaná ambulantní formou návštěvy zdravotnického zařízení, avšak některé radionuklidy musí být aplikovaná na lůžkových odděleních nukleární medicíny, kterých se v České republice vyskytuje obecně méně nežli ambulantních [12].

Příkladem ambulantní terapie může být podání radioaktivní iodu ( $^{131}\text{I}$ ) ve formě  $^{131}\text{I}$ -MIBG (meta-iodbenzylguanidinium), který je indikován u několika specifických typů karcinomů štítné žlázy [13].

Nukleární medicína nabízí ambulantní paliativní léčbu bolesti způsobenou metastázemi na kosterní soustavě pacientů. Tlumení této bolesti je obecně velmi obtížné a nukleární medicína poskytuje využití zářičů, které na několik měsíců výrazně tlumí kosterní bolesti. V důsledku zvýšeného prokrvení a metabolických přeměn v prostorech metastatického ložiska dochází k akumulaci podaného radiofarmaka, které je radiofarmakem ozařováno a tím dochází k analgetickému efektu. Mezi radiofarmaka s touto indikací patří například samarium ( $^{153}\text{Sm}$ ) ve formě  $^{153}\text{Sm}$ -EDTMP, nebo stroncium ( $^{89}\text{Sr}$ ) ve formě chloridu [12].

Ve spolupráci s ortopedickými ambulancemi je možné provádět radiační synovektomií, tedy aplikací radiofarmak do prostorů kloubů, které jsou postiženy dlouhotrvajícím zánětem. Dle velikostí kloubu se využívá buďto yttrium ( $^{90}\text{Y}$ ), rhenium ( $^{186}\text{Rh}$ ), nebo erbium ( $^{169}\text{Er}$ ). Vhodné radiofarmakum se volí dle velikosti kloubu v závislosti na dosahu působení daného radioizotopu [12].

V moderních pracovištích nukleární medicíny s lůžkovou péčí je možné aplikovat radiofarmaka obsahující lutecium ( $^{177}\text{Lu}$ ) ve formě oxodotreotidu. Indikací této léčby jsou gastroenteropankreatické neuroendokrinní nádory (GEP-NET) [14].

Při diagnostických i terapeutických postupech v nukleární medicíně je nutné dodržovat zásady radiační ochrany, abychom ochránili pacienty a zaměstnance pracovišť nukleární medicíny. Z tohoto důvodu jsou v následující podkapitole shrnuty základní poznatky o radiační ochraně se zaměřením na aplikaci v prostředí pracoviště nukleární medicíny.

## **2.5 Základy radiační ochrany**

V této podkapitole budou souhrnně popsány účinky ionizujícího záření na člověka, dále obecné zásady práce s otevřenými ionizujícími zářiči a následně prvky radiační ochrany, které jsou specificky zaměřené na oblast nukleární medicíny.

### **Biologické účinky ionizujícího záření**

Radiační ochrana obecně popisuje dva základní typy biologických účinků na lidský organismus. Prvním typem biologických účinků na lidský organismus jsou deterministické

účinky, které se při překročení určité prahové dávky záření vyskytnou u ozářeného jedince vždy. Se zvyšující dávkou záření dochází k výskytu závažněji ohrožujících účinků na lidský organismus. K těmto účinkům lze zařadit například radiační dermatitidu (zánět kůže vyskytující se po ozáření), poškození embrya v těle ozářené ženy, dočasné, nebo trvalé ovlivnění plodnosti mužů i žen, nebo akutní nemoc z ozáření. Akutní nemoc z ozáření se dělí dle dané absorbované dávky. Mezi mírnější formy akutní nemoci z ozáření patří například zvracení, nauzea, nebo průjem. Při vystavení vysoké dávce ionizující záření může dojít až ke smrti ozářené osoby [15].

Druhým typem biologických účinků na lidský organismus jsou stochastické účinky, které nemají pevně stanovenou prahovou hranici ozáření, avšak se zvyšující se dávkou pouze dochází ke zvýšení pravděpodobnosti výskytu daných onemocnění. Se zvyšující dávkou nedochází ke zvýšení závažnosti onemocnění, ale pouze míra pravděpodobnosti výskytu. Mezi nejčastější onemocnění spojené se stochastickými účinky ionizujícího záření je výskyt zhoubných nádorů, nebo různé genetické změny [15].

Vhodně zvolenou a důsledně dodržovanou radiační ochranou se snažíme úplně eliminovat deterministické účinky a co nejvíce minimalizovat výskyt stochastických účinků u pracovníků, tak pacientů, kteří navštíví pracoviště nukleární medicíny [8].

### **Obecné zásady práce s ionizujícím zářením**

Obecná radiační ochrana je založena na třech základních typech ochran: ochrana vzdáleností od zdroje ionizujícího záření, ochrana časem expozice a ochrana vhodně zvoleným stíněním. Ochrana pomocí vzdáleností je založena na tom, že čím více je vzdálen od zdroje ionizujícího záření člen personálu, nebo pacient, tím nižší dávka vyzařované radiace ohrožuje danou osobu. Po aplikaci radiofarmaka pacientovi se sám pacient stává otevřeným zářičem, a proto je doporučeno personálu dodržovat maximální možnou vzdálenost od daného pacienta a vhodné je též dodržovat doporučené vzdálenosti mezi čekajícími pacienty, kteří jsou po aplikaci radiofarmaka [15].

Ochrana expozičním časem je založena na vystavení se radiačnímu záření co nejkratší možnou dobu, abychom snížili dávku, kterou je daný zaměstnanec ozářen. Také je snaha o omezení práce v těsné blízkosti pacienta na co nejkratší a nejnutenější dobu [15].

Ochrana vhodně zvoleným stíněním je používána v celém oboru nukleární medicíny. Nejčastěji dochází k odstínění gama záření, které je velmi efektivně odstíněno pomocí olověných plátů, které jsou zabudované do krytů lahviček radiofarmak, krytů stříkaček, nebo se využívají různé olovem stíněné boxy, které slouží k uchovávání radioaktivních odpadů. Pro odstínění beta záření se místo olova využívá silná vrstva plexiskla, které je pro tento typ záření vhodnější [15].

Literatura také udává tři základní principy radiační ochrany. Tyto principy jsou: princip zdůvodnění, optimalizace ochrany a aplikace dávkových limitů. Princip zdůvodnění je založen na faktu, že aplikace radiačních technologií má mít pro pacienta, nebo společnost, více užitku než škody. Princip optimalizace ochrany se soustředí na optimalizaci radiačních dávek, kterým jsou pacienti vystaveni. Dávka by měla být taková, aby zajistila dostatečně kvalitní informaci za použití co nejnižší dávky. Princip aplikace dávkových limitů je odvozen od rozdělení populace a pracovníků v prostředí s výskytem radiace do tříd nebezpečnosti. U těchto lidí následně dochází k individuální dozimetrii, zaznamenávání naměřených hodnot a v případě překročení povolených limitů dochází k dočasnému, nebo úplnému odstavení zaměstnance od zdrojů ionizujícího záření [16].

### **Dozimetrie ionizujícího záření u radiačních pracovníků a pracoviště**

Proto, abychom dokázali zajistit bezpečné prostředí pro pacienty i členy personálu dochází k monitorování radiační kontaminace prostředí, zaznamenávání absorbovaných dávek jednotlivých zaměstnanců a kontrola hodnot s danými limity. Z převážné části se o monitorování pracoviště a personálu stará radiologický fyzik, dohlížející osoba s absolvovaným kurzem, nebo pověřený radiologický asistent [15].

Osobní monitorování jednotlivých zaměstnanců je založeno na vyhodnocování dat z osobních dozimetrů (detektorů ionizujícího záření), které zaměstnanci nosí dle předepsaných norem na svém těle. Radiační pracovníci v nukleární medicíně mají povinnost nosit prstové dozimetry, které nosí na dominantní ruce s čidlem zaměřeným směrem do dlaně. Tento dozimetr měří tzv. ekvivalentní dávky na prsty. Druhým dozimetrem, který jsou pracovníci s radiací povinni nosit jsou celotělové filmové dozimetry, které se nosí na levé straně hrudníku [15].

Ukázky prstových a filmových celotělových dozimetrů jsou zaznamenány na následujících fotografiích (Obrázek 3 a Obrázek 4).



Obrázek 3 Ukázka dvou různých filmových celotělových dozimetrů



Obrázek 4 Ukázka dvou různých prstových dozimetrů

Monitorování pracoviště je buďto kontinuální, nebo periodické měření radiačního znečištění pracoviště. Probíhá v každé místnosti kontrolovaného pásma (prostor s předpokladem nejvyššího výskytu radiace) a v přilehlých prostorách, kde se předpokládá případné

znečištění radiací. Každá zdravotnická pomůcka (tampony, podložky, jehly, kanyly, ...) je v nebezpečí znečištění radiofarmaky, a tedy potenciálním zdrojem ionizujícího záření. K monitorování jednotlivých místností slouží pevně připevněné dozimetrické sondy s centrálním vyhodnocováním získaných hodnot. Dále se při podezření na kontaminaci využívá přenosných dozimetrů pro měření povrchové kontaminace, které se přikládají k prostorům potenciálního znečištění. Na displeji těchto dozimetrů se poté ukáže hodnota dávkového ekvivalentu (nejčastěji v jednotkách  $\text{mSv/cm}^3$ ), který poté pracovník vyhodnotí, jestli se jedná o mírné znečištění, nebo takové znečištění, kde je potřeba využít metod dekontaminace [15].

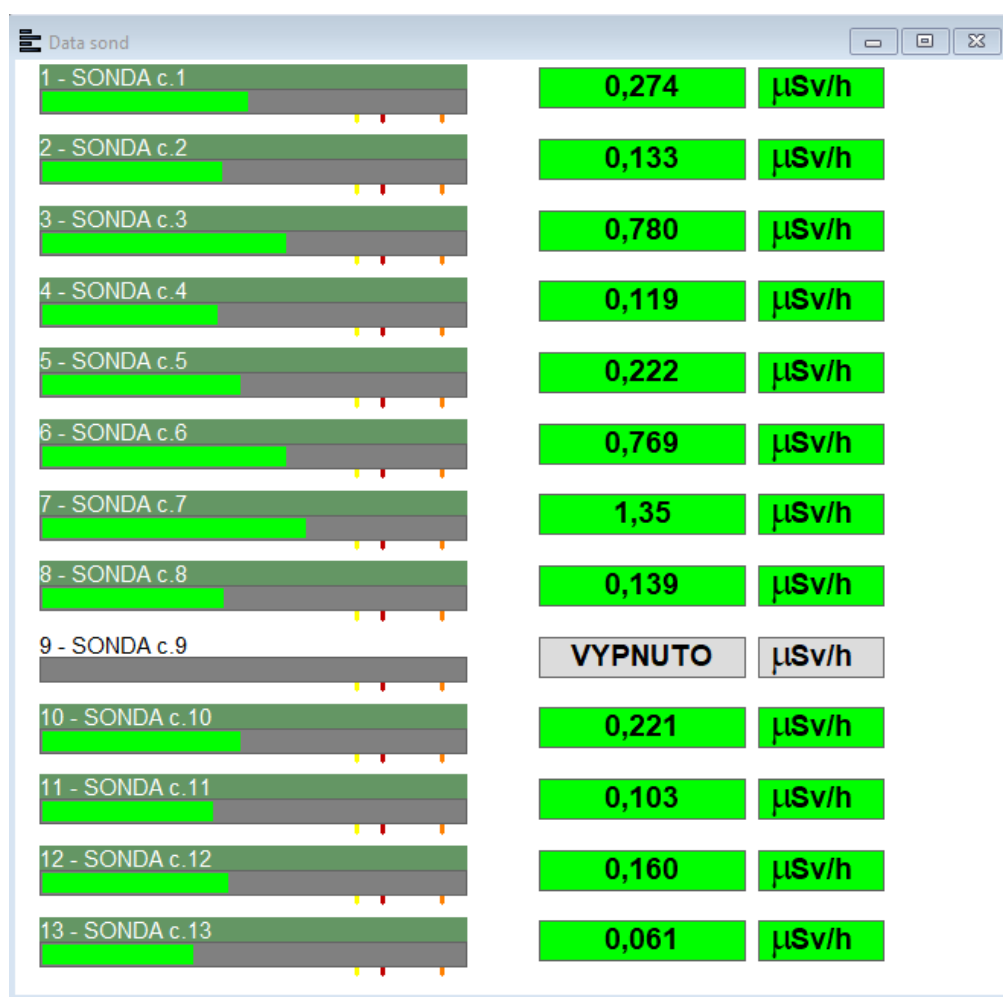
System monitorování prostředí je zachycen na následujících fotografiích (Obrázek 5 a Obrázek 6).

Na Obrázek 5 lze vidět jednu z možných sond, která zaznamenává hodnoty gama záření a naměřené hodnoty předává počítačovému programu pro vyhodnocení aktuálních dávek v daných prostorách pracoviště nukleární medicíny. Jeden z možných programů je k nahlédnutí na následující fotografii (Obrázek 6).



*Obrázek 5 Detekční sonda*





Obrázek 6 Počítačový program pro záznam aktuální radiační kontaminace v prostředí

### Radiační ochrana při přípravě radiofarmak

Při přípravě radiofarmak je nutné dbát na všechny požadavky pro sterilní přípravu léčiv (čistota třídy C v laboratoři, čistota třídy A v laminárním boxu, využívání jednorázových obleků při vstupu do laboratoře, ...), avšak současně se využívá i všech možností pro zajištění co největší radiační ochrany [8].

Stěžejní ochranou proti ionizujícímu záření je v radiofarmaceutické laboratoři využívání vhodné stínění, které absorbuje, případně dostatečně zeslabí, záření, které ohrožuje pracovníky v laboratoři. Využívá se především olova, které je zabudováno do nádob na přípravu radiofarmak, přepravních nádob, ochranné kryty na stříkačky, nebo dávkovací zařízení pro rozplňování připravených radiofarmak. Z důvodu velké koncentrace výskytu ionizujícího záření jsou také využívány laminární boxy, které obsahují velké množství olova,

keré značně zvyšují hmotnost laminárního boxu, která se pohybuje v řádech tun. S tímto hmotnostním příbytkem se musí pracovat při navrhování laboratoře [8].

V prostorách, kde je potřebné nahlížet do nádob s výskytem radiace, se využívají olověná skla, která značně snižují radiační zátěž pracovníků. Tato skla lze využít a zabudovat je do brýlí, která chrání oči personálu a tím výrazně snižují radiační zátěž v oblasti očí [8].

Jedinou významně technicky využívanou alternativou k olovu je wolfram, který má také velmi dobré stínící vlastnosti, avšak pořizovací cena wolframových krytů je značně vyšší, nežli u olověných stínění [8].

Ochranu vzdáleností je zajištěna pomocí využívání různých nástrojů, které zvýší vzdálenost mezi rukou připravujícího farmaceuta a daným zdrojem záření. Jedná se především o různé pinzety, peany, kleště a podávky. Tyto pomůcky zamezí přímému kontaktu ruky s lahvičkou radiofarmaka a tím značně sníží radiační zátěž na ruce [15].

Ochranu časem je aplikována pomocí co nejkratší možnou dobou práce s daným radiofarmakem. Při práci s radiofarmakem se pracuje svižně, avšak bez zbrklosti, aby nedocházelo ke zbytečné kontaminaci prostoru laminárního boxu, nebo oděvu personálu. Pakliže je vše potřebné v radiofarmaceutické laboratoři připravili, tak je nejvhodnější ochranou laboratoř opustit a tím snížit radiační zátěž pracovníka [15].

### **Likvidace radioaktivních odpadů z pracovišť nukleární medicíny**

Z důvodu aplikace otevřených zářičů do těla pacienta v podobě radiofarmak vzniká mnoho zdravotnického a technického materiálu, který je kontaminován zbytky radioizotopů, a tedy se stávají otevřeným zářičem se kterým musí personál zacházet s ohledem na radiační ochranu a správnou likvidaci radioaktivních odpadů. Jedná se například o lahvičky obsahující zbytky radiofarmak, injekční stříkačky a jehly, kanyly, rukavice a podložky. Všechny tyto kontaminované předměty jsou schraňovány do nepropustných nádob označených datem sběru kontaminovaného materiálu a typem radioizotopu. Shromažďovací nádoby jsou na pracovištích nukleární medicíny uloženy ve speciálních koších a nádobách se zabudovaným olovem. Při sběru radioaktivních odpadů nesmí docházet ke smísení různých radioizotopů z důvodu přehlednosti skladování a různých fyzikálních vlastností daných radioizotopů [8].

Radioaktivní odpady jsou následně shromažďovány v prostorách tomu určených, tzv. vymírací místnosti, kde dochází k přirozené radioaktivní přeměně a školený personál tyto odpady periodicky přeměřuje dozimetry a uskladňuje až do doby, než naměřené hodnoty nepřekračují stanovené uvolňovací úrovně a následně jsou tyto odpady likvidovány jako běžný nemocniční infekční odpad. Radionuklidové generátory (nejčastěji  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{81}\text{Rb}/^{81\text{m}}\text{Kr}$ ,  $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ , ...) se běžně nechávají periodicky odvážet dodavatelskou firmou, která zásobuje dané pracoviště nukleární medicíny. Na každém pracovišti nukleární medicíny musí být speciálně proškolená a určená osoba, která za nakládání a likvidaci s radioaktivními odpady nese zodpovědnost a zaznamenává potřebnou dokumentaci v oblasti radioaktivních odpadů [8].

Pro uzavření této kapitoly budou v následující podkapitole doplněny informace o legislativních požadavcích, které musí splňovat každé pracoviště nukleární medicíny v České republice.

## **2.6 Legislativní požadavky na pracoviště nukleární medicíny**

V této části budou popsány legislativně upravené technické a věcné požadavky na pracoviště nukleární medicíny a dále také požadavky na odborný personál takového pracoviště.

### **Technické a věcné požadavky na pracoviště nukleární medicíny**

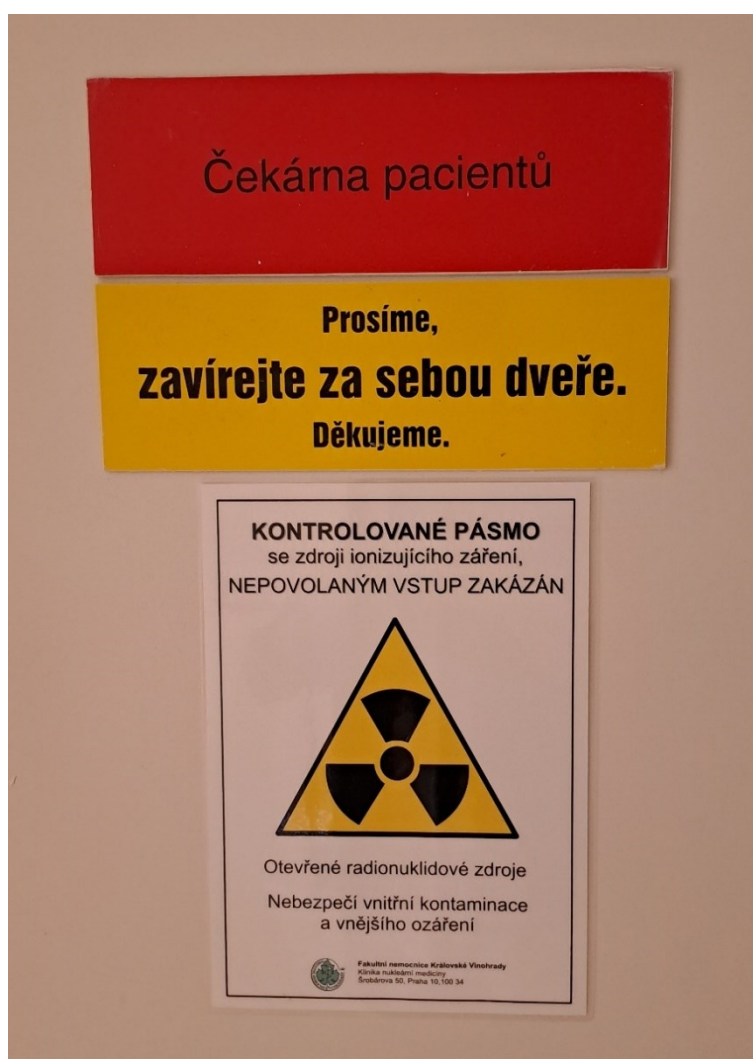
Požadavky na technické a věcné vybavení pracoviště nukleární medicíny vychází především z vyhlášky č. 92/2012 Sb., *o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče*. Pracoviště nukleární medicíny spadá ve většině případů do části, která udává požadavky na zdravotnické zařízení ambulantní péče dle přílohy č. 2 dané vyhlášky. V případě, že by dané pracoviště nukleární medicíny poskytovalo terapeutická vyšetření, kde je nutná hospitalizace pacienta, jedná se o zdravotnické zařízení lůžkové péče, které mají stanovené požadavky dle přílohy č. 4 dané vyhlášky [17].

Vyhlášky č. 92/2012 Sb., *o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče* udává společné požadavky na vybavení daného oddělení a následně specifické požadavky pro pracoviště nukleární medicíny. Příkladem těchto specifických požadavků může být přítomnost alespoň

jedné scintilační kamery SPECT, nebo PET, nebo některé z možných hybridních kamer, nejčastěji typu SPECT/CT, nebo PET/CT. Dále jsou v této vyhlášce uvedeny požadavky na rozmístění měřidel pro měření veličin a parametrů důležitých z hlediska radiační ochrany, místnost pro aplikaci radiofarmak a oddělenou čekárnu pro pacienty, kteří jsou po aplikaci radiofarmaka [17].

Mimo společné a specifické požadavky na technické a věcné vybavení daného oddělení musí pracoviště nukleární medicíny splňovat požadavky vycházející z vyhlášky č. 422/2016 Sb., *o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*, který například udává požadavek na vymezení kontrolovaného pásma, což je vymezený prostor se zvýšeným výskytem radiačního záření a každá osoba vstupující do tohoto prostoru musí být o této informaci informována a zaevidována. Jedná se především o zaměstnance, pacienty a doprovody pacientů, kteří doprovázejí pacienty do tohoto pásma. Vstup a výstup z tohoto pásma musí být řádně označený [18].

Na následující fotografii (Obrázek 7) je zachyceno označení dveří na pracovišti nukleární medicíny, které je umístěno v kontrolovaném pásmu.



Obrázek 7 Označení čekárny pacientů na pracovišti nukleární medicíny

### Personální požadavky na pracoviště nukleární medicíny

Požadavky na určité pracovní pozice a jejich vzdělání vycházejí z vyhlášky č. 99/2012 Sb., *o požadavcích na minimální personální zabezpečení zdravotních služeb*. Opět jsou zde rozdílné požadavky, podle toho, jestli se jedná o obvyklejší pracoviště nukleární medicíny, tedy o zdravotnické zařízení ambulantní péče, nebo o zdravotnické zařízení lůžkové péče [19].

Obecně musí na klinice nukleární medicíny pracovat lékaři se specializovanou způsobilostí v nukleární medicíně, lékaři se specializovanou způsobilostí v radiologii pro zajištění CT vyšetření u hybridních vyšetření. Dále radiologičtí asistenti, nebo všeobecné sestry se specializovanou, nebo zvláštní odbornou způsobilostí v oboru nukleární medicíny [19].

Kromě lékařů a zdravotníků se na pracovištích nukleární medicíny vyskytují vysokoškolsky vzdělaní radiologičtí fyzici a bioanalytici pro nukleární medicínu. Odborný personál je dále doplněn pomocným personálem z řad sanitářů a ošetřovatelů v návaznosti na velikosti daného oddělení [19].

Přípravu radiofarmak zajišťuje farmaceut, farmaceutický asistent nebo absolvent akreditovaného kvalifikačního kurzu s odbornou způsobilostí pro výrobu, přípravu a kontrolu léčiv, kteří pracují pod vedením farmaceuta s atestací v oboru radiofarmaka, který danou laboratoř odborně zaštiťuje a vykonává funkci odpovědné osoby za přípravu a zacházení s radiofarmaky v dané laboratoři [19].

### **3 Radiofarmaka**

V této kapitole budou shrnuty základní poznatky o radiofarmakách, tedy léčivech, bez kterých by nemohl existovat celý obor nukleární medicíny. Nejdříve bude uvedena obecná definice radiofarmak a požadavky, které musí daná laboratoř přípravy radiofarmak splňovat a obsahovat. Následně bude popsán obecné složení radiofarmak a příklady postupů, které jsou nutné pro správnou rekonstrukci daného radiofarmaka. Na tyto podkapitoly bude navazovat podkapitola zabývající se praktickou přípravou, která je základem pracovní náplně farmaceutů a farmaceutických asistentů na pracovištích nukleární medicíny. Závěrem bude popsán průvodní list radiofarmaka, který musí provázet zhotovené radiofarmaku na jeho cestě na oddělení nukleární medicíny.

#### **3.1 Obecná definice radiofarmak**

Radiofarmaka jsou definována jako léčivé přípravky, které obsahují radionuklid, který je zdrojem ionizujícího záření. Připravené radiofarmakum se následně aplikuje do organismu pacienta, nebo zvířete, k diagnostickým, či terapeutickým účelům [15].

Radiofarmaka jsou dodávána na oddělení přípravy radiofarmak buďto ve formě hromadně vyráběných radiofarmak, která daný farmaceut, nebo farmaceutický asistent, pouze kontroluje a vydává na oddělení nukleární medicíny. Tyto hromadně vyráběná radiofarmaka se využívají především u PET vyšetření. Druhou možností jsou individuálně připravovaná radiofarmaka, která se skládají z neaktivních kitů (kit = specifické označení lahvičky s nosičem), které se obohacují radionuklidem v době potřeby a zde farmaceut, či farmaceutický asistent, zodpovídá za správné připravení léčivého přípravku. Tato radiofarmaka jsou náročnější na přípravu a musí být důkladněji kontrolována. Využívají se především na pracovištích využívající SPECT vyšetření [15].

Z pohledu lékových forem můžeme radiofarmaka zařadit do různých skupin lékových forem dle způsobu podání pacientovi. Nejčastěji vyskytující se lékovou formou jsou parenterální přípravky. Tyto přípravky jsou nejčastěji ve formě injekcí obsahující maximálně několik mililitrů roztoku, koloidní disperze, či suspenze. Mezi parenterální lékové formy, tedy lékové formy podané jinou cestou než skrze trávicí trakt, patří nitrožilně a podkožně

podávané injekce. V případě potřeby lze většinu těchto injekčních roztoků naředit vhodným roztokem a vytvořit tak parenterální lékové formy o větším objemu [7].

Mezi méně zastoupené lékové formy se řadí perorální přípravky, které se pacientovy aplikují do zažívacího traktu ve formě roztoků, koloidních disperzí, suspenzí, emulzí či tuhých látek. Mezi tuhé lékové formy patří buďto podáním radiofarmaka v tekuté formě do potravy pacienta, nebo podáním tvrdé želatinové tobolky s obsahem daného radiofarmaka [7].

Poslední možností aplikace některých radiofarmak je zavedením do organismu pomocí inhalace. Tyto inhalační přípravky jsou buďto ve formě vzduchu obohaceného radioaktivním plynem, nebo vzduchem, který s sebou při inhalaci odnáší aerosol, který je vytvářen v nebulizátoru [7].

### **Požadavky na kvalitu radiofarmak**

Pro parenterální lékové formy jsou stanoveny základní požadavky, které musí být splněny, aby zaručili základní bezpečnost pro pacienta. Parenterální lékové formy musí být sterilní, apyrogenní (bez výskytu látek vyvolávajících horečnatou reakci) a netoxické. Sterilita, tedy absence choroboplodných zárodků, je zaručena přípravou radiofarmak za aseptických podmínek v laminárních boxech. Aseptické podmínky jsou takové, které zaručují přípravu bez přítomnosti mikroorganismů, které by následně ohrozili pacienta. Pro zaručení těchto podmínek jsou laminární boxy pro přípravu radiofarmak umístěny ve speciálně uzpůsobených laboratořích. Všechny přísady, které farmaceut, nebo farmaceutický asistent, používá při přípravě radiofarmaka musí být rovněž sterilní. Druhou fází zaručení sterility je správná aseptická aplikace parenterálního léčiva do těla pacienta, kterou provádí zdravotní sestra, radiologický asistent, nebo lékař [15].

Z důvodu obsahu radionuklidů se k radiofarmakům váže několik dalších požadavků pro zaručení kvality. Jedná je především o radionuklidovou čistotu, která deklaruje, že zdrojem záření je v daném radiofarmaku nejméně 99 % požadovaného radioaktivního radioizotopu. Ostatní nežádoucí radionuklidy jsou označovány jako kontaminanty. Nejčastěji se jedná o  $^{99}\text{Mo}$  v roztoku  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , nebo  $^{200}\text{Tl}$  v roztoku  $^{201}\text{Tl}$ . V případě, že by dané radiofarmakum obsahovalo vysoké množství kontaminantů v podobě jiných radioizotopů, tak by mohlo dojít ke zkreslení výsledků vyšetření daného pacienta, nebo zbytečné zvyšování radiační zátěže



pacienta během daného vyšetření. Tato radionuklidová čistota je měřena pomocí měření energetického spektra záření daného vzorku a zodpovídá za něj dodavatel daného generátoru, či připraveného radiofarmaka [9].

Druhou podstatnou částí specifických požadavků na radiofarmaka je radiochemická čistota, která udává podíl deklarované chemické sloučeniny na celkové aktivitě léčivého přípravku. Je založena na kontrole, jestli došlo ke správnému propojení radioizotopu a nosiče. Pakliže by z důvodu špatné přípravy přípravku nedošlo k řádnému propojení radioizotopu a nosiče, tak by vznikaly další chemické sloučeniny, které by opět zkreslovaly výsledek vyšetření a mohly zvyšovat radiační zátěž pacienta. Tato kontrola se provádí u každého připraveného radiofarmaka pomocí chromatografických metod. Získaná hodnota radiochemické čistoty se porovnává s požadavky uvedenými v souhrnu údajů o přípravku (SPC) u daného kitu v kapitole označené kontrola kvality. Tuto metodu provádí farmaceut, či farmaceutických asistent, a musí být provedena před podáním léčiva pacientovi [9].

### **3.2 Prostory pro přípravu radiofarmak**

Prostory, kde dochází k přípravě radiofarmak, se označují jako laboratoře přípravy radiofarmak a musejí splňovat několik požadavků. Dle vyhlášky č. 84/2008 Sb., *o správné lékařské praxi*, vycházejí požadavky na sterilitu daného přípravku. Příprava sterilních přípravků musí být prováděna v prostorech čistoty vzduchu A, který je umístěn v prostoru čistoty vzduchu C. Tyto prostory jsou následně definovány jako prostory, kde čistota vzduchu je definována maximální přípustný počtem částic o specifických velikostech. Například třída čistoty A může za klidu i provozu obsahovat maximálně 3520 částic o velikosti 0,5  $\mu\text{m}$  a nesmí obsahovat žádné větší částice. V praxi tyto nařízení určují to, že samotná příprava sterilního radiofarmaka se provádí v laminárních boxech, které zaručí třídu čistoty vzduchu A, a tyto laminární boxy jsou umístěny ve specifické laboratoři, která zaručí třídu čistoty vzduchu C [20].

Na následující fotografii (Obrázek 8) jsou zachyceny prostory pro přípravu radiofarmak.



*Obrázek 8 Laboratoř přípravy radiofarmak*

Na následující fotografii (Obrázek 9) je detail laminárního boxu pro přípravu radiofarmak.



*Obrázek 9 Laminární box pro přípravu radiofarmak*

Největším zdrojem kontaminace pomocí částic je personál, který vstupuje do dané laboratoře. Kontaminace personálem je především pravidelným odlučováním částic lidské pokožky, padáním vlasům, či vylučováním kapének obsahující různé tělní tekutiny. Aby byla zaručena co nejmenší kontaminace daného prostoru, je nutné, aby personál dodržoval všechny zásady pohybu v čistých prostorách a dodržoval zásady standardních operačních postupů, které obecně spočívají v převlékání při vstupu do laboratoře. Obvyklé oblečení radiofarmaceuta se skládá z celotělového obleku, rukavic, ochrany bot, čepce

a roušky, či respirátoru. Všechny tyto prvky obleků musí být sterilní, aby bylo zamezeno kontaminace daného prostoru. Před samotným oblékáním je nutné dodržovat hygienické standardy dané laboratoře a využívat mýdla a dezinfekce, která jsou stanovena hygienickým řádem dané laboratoře. Při převlékání je nutné zamezit mikrobiální a časticové kontaminaci všech vnějších částí sterilního obleku pomocí správného postupu oblékání, který je uveden v hygienickém řádu dané laboratoře přípravy radiofarmak [21].

Na následující fotografii (Obrázek 10) je ukázána jedna z možností sterilního oblečení radiofarmaceutů.



*Obrázek 10 Sterilní oblečení při přípravě radiofarmak*

Po ukončení prací v laboratoři přípravy radiofarmak se pro přesun zhotovených radiofarmaka využívá materiálová propust a personál odchází personální propustí. V této propusti pracovník postupně svlékne všechny části sterilního oblečení a umístí je do označeného skladovacího prostoru, kde musí být přeměřeny z důvodu možnosti radioaktivního znečištění. Po snížení radiačního znečištění dochází k likvidaci jednorázových částí oblečení a při využívání pratelných kombinéz musí dojít k vyprání a sušení v pračkách a sušičkách tomu určených. Následně musí dojít ke sterilizaci těchto obleků před opětovným použitím v čistých prostorách laboratoře [21].

Kromě výše uvedené fyzikální kontaminace pomocí částic je nutné dodržovat všechny zásady pro zamezení možné mikrobiologické kontaminace, které jsou zaručeny pomocí využívání sterilních pomůcek a dále chemickou kontaminaci, která je zaručena správnou manipulací s chemikáliemi, které se vyskytují v dané laboratoři [20].

Všechny tyto požadavky jsou periodicky kontrolovány pomocí validací prostor, kontrol sterilit přípravků, otisků a stěrů náhodně vybraných částí laboratoře a kontrola sterilita a kontaminace laminárních boxů [21].

Kromě těchto obecných požadavků na čisté prostory spadají laboratoře přípravy radiofarmaka dále pod vyhlášku č. 422/2016 Sb., *o radiační ochraně*, která zadává požadavky pro dodržení zásad práce s otevřenými zářiči, což v praxi znamená využívání vhodných forem stínění radioaktivního záření a dále vytváření a dodržování takových standardních operačních postupů, které chrání personál dané laboratoře [18].

Laboratoře pro přípravu radiofarmak se obvykle nacházejí v těsné blízkosti oddělení nukleární medicíny daného zdravotnického zařízení. Nízkou vzdáleností se zkracuje doba přesunu, což snižuje radiační zátěž pracovníků, kteří dané radiofarmakum přenášejí a současně se zkracuje doba mezi přípravou radiofarmaka a následnou aplikací pacientovi. Ideální situací je prostupné okno, které vede ze sterilních prostor laboratoře přípravy radiofarmak přímo do aplikační místnosti, kde sestra zkontroluje danou stříkačku a aplikuje ji pacientovi. Toto řešení však není na všech oddělení možné, a proto se musí připravené radiofarmakum přenášet za přísným podmínek radiační ochrany mezi laboratoří a aplikační místností [10].

## **Části laboratoře přípravy radiofarmak**

Velikost a části dané laboratoře se odvíjí od požadavků daného oddělení. Obecně ale laboratoř přípravy radiofarmak rozděluje na následující části. Mezi tyto části laboratoře patří personální propust, samostatné prostory laboratoře, materiálová propust a sklad radiofarmak a pomocných materiálů. Na konci této kapitoly jsou popsány obecné požadavky na laboratoř přípravy radiofarmak [10].

### **Personální propust**

Jedná se o jediný možný vstup personálu do dané laboratoře. Během průchodu tímto prostorem dochází k převlékání do sterilně připraveného oblečení a personál vstupuje z prostředí o čistotě vzduchu D do monitorovaného prostoru čistoty vzduchu C. Zaměstnanci dané laboratoře již musí dodržovat všechny postupy zamezující znečištění daného prostoru a následného ohrožení kvality zhotoveného léčivého přípravku [21].

### **Samotná laboratoř**

Prostory laboratoře jsou rozděleny na prostor určený k přípravě radiofarmak, tedy laminární box, který díky laminárnímu proudění čištěného vzduchu zaručuje čistotu vzduchu A, která je vhodná pro přípravu parenterálních přípravků. Dále se v laboratoři vyskytuje prostor pro kontrolu kvality zhotovených přípravků, kde nejčastěji dochází k chromatografickému měření vzorků ze zhotovených kitů. Tato oblast se skládá ze zásobníku chemikálií pro chromatografie a vyvíjecích kolon pro dané přípravky [10].

Pro nutnou administraci je potřeba zázemí, které se obvykle skládá z elektronického zařízení, které může daný zaměstnanec využít k zápisu zjištěných informací. Obvykle se jedná o omyvatelný tablet, či zabudovaný počítač, který je určen do čistých prostor [10].

Laboratoř přípravy radiofarmak musí obsahovat prostor, který je určený ke skladování radioaktivního odpadu, který vzniká při přípravě radiofarmak. Jedná se především o koše s olověným stíněním, které slouží k uchovávání stříkaček, jehel a dalších potenciálních zdrojů radiace, která by ohrožovala zaměstnance laboratoře [10].

Do laboratoře musí ústit úklidová místnost, která slouží k uchovávání sanitačních pomůcek ke každodenní sanitaci prostor. Z důvodu možné kontaminace prostor laboratoře není povoleno každodennímu pohybu sanitačních pomůcek skrz personální propust [21].

Pakliže laboratoř přípravy radiofarmak zpracovává a označuje také krevní elementy pacientů, je nutné, aby obsahovala další laminární box, který je přímo určen a vyhrazen pro práci s krví pacientů [21].

### **Materiálová propust**

Materiálová propust slouží k přechodu pomocných materiálů, zhotovených kitů a stříkaček mezi laboratoří a oddělením nukleární medicíny. Všechny materiály vcházející a vycházející z laboratoře musí projít danou materiálovou propustí. Materiálová propust buďto vychází na aplikační místnost, nebo do prostor, ze kterých se následně nutné zhotovené radiofarmakum přesunout na místo určené k aplikaci radiofarmaka [10].

### **Sklad radiofarmak a pomocných materiálů**

Pro skladování pomocného materiálu a radiofarmak je obvykle určena místnost, která se nenachází v čistých prostorech a pouze potřebné množství daných materiálů se přesouvá do laboratoře pomocí materiálové propusti. Pro skladování kitů, které neobsahují radioaktivní radioizotop, se musí dodržovat skladovací podmínky dle požadavků, které jsou uvedeny v souhrnu údajů o léčivém přípravku (SPC), kde jsou požadavky pro uchovávání kitů uvedeny. Obvykle se jedná o teplotu do 25 °C, nebo o uchovávání v chladu při 2-8 °C [10].

### **Obecné požadavky na laboratoř přípravy radiofarmak**

Laboratorní část a ostatní prostory, které architektonicky navazující na tuto část, musí být vybaveny plně omyvatelnými povrchy, které zaručí možnost sanitace daného prostoru. Povrchy jsou pokryty nerezovou ocelí, podlaha musí být pokryta bezspárovým PVC povrchem a steny musí být pokryté vhodným omyvatelným povrchem. Pro zabezpečení čistoty vzduchu je nutné mít zaručenou vhodnou vzduchotechniku, která zaručí filtraci vhněného vzduchu a následné výpustné čističe vzduchu, které zachytávají případné radioaktivní částice před únikem z laboratoře. V komplexu laboratoře přípravy radiofarmak musí být instalována havarijní sprcha, která slouží pro okamžitou očistu těla v případě větší radioaktivní kontaminace těla personálu [21].

Po úvodní definici a výčtu všech požadavků pro přípravu radiofarmak budeme dále pokračovat v podkapitole popisující obecné složení radiofarmak a postupy přípravy radiofarmak.

### **3.3 Obecné složení radiofarmak**

Radiofarmakum se obecně skládá ze dvou hlavních složek. První složkou je daný radionuklid, který emituje ionizující záření, které je zachyceno snímací kamerou, nebo má samotný terapeutický účinek. Druhou složkou je jeho chemická forma, případně biologicky aktivní nosič, který zaručí přesun daného radiofarmaka do daného orgánu, nebo bude docházet ke specifickému vylučování z organismu pacienta [10].

Příkladem může být  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP. Radionuklidem je  $^{99m}\text{Tc}$  (99-metastabilní technecium), které je navázáno na nosič oxidronát sodný (hydroxymethylenediphosphonát sodný), který se při přípravě radiofarmaka naváže na technecium a vytvoří  $^{99m}\text{Tc}$  oxidronát, který po intravenózní aplikaci zaručí, že se tato sloučenina zabuduje do hydroxyapatitových krystalů v kostech pacienta. Díky tomuto zabudování můžeme za pomoci gamakamery pozorovat kosterní soustavu pacienta a diagnostikovat její stav a případné patologické změny v čase [10].

#### **Výroba radionuklidů pro nukleární medicínu**

Všechny radionuklidy, které se využívají v nukleární medicíně jsou vyrobeny uměle pomocí různých technologických postupů. Prvním významným postupem je výroba radionuklidů v jaderných generátorech, která je buďto založena na ozáření terčového materiálu v reaktoru neutronovým svazkem, nebo izolací ze štěpných produktů z  $^{235}\text{U}$ . Výhodou těchto postupů v jaderných reaktorech je, že lze připravit velké množství radioaktivního materiálu a produkce je relativně levná. Tímto způsobem se připravuje především  $^{99}\text{Mo}$ , který se dále zpracovává do  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  generátorů využívaných pro SPECT vyšetření [7].

Druhou metodou je příprava radionuklidů za pomoci urychlovače nabitých částic (tzv. cyklotronu), který vytváří především pozitronové zářiče pro PET vyšetření. Nevýhodou je, že poločas rozpadu těchto radioizotopů je velmi krátký ( $T_{1/2} \text{ } ^{18}\text{F} = 110$  minut) a proto musí být daný cyklotron ve vhodné vzdálenosti od pracoviště nukleární medicíny. Některá pracoviště nukleární medicíny v České republice jsou vybavena vlastním



cyklotronem, který obsluhuje proškolený personál a připravují si daný radionuklid v době potřeby [11].

Pro získání některých radionuklidů se využívají radionuklidové generátory. Tyto generátory obsahují mateřský radionuklid, který má delší poločas rozpadu, který je schopen se ve vhodný okamžik přeměnit na dceřiný radionuklid s krátkým poločasem rozpadu a je využitelný pro vyšetření v nukleární medicíně [15].

Příkladem takového generátoru je molybden-techneciový generátor ( $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generátor), který se využívá na všech pracovištích se SPECT vyšetřením k získání  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . V generátoru je ve skleněné nádobě na vhodný nosič navázán  $^{99}\text{Mo}$ , který je získaný z jaderného generátoru a poločas rozpadu má 2,7 dne. Farmaceut, nebo farmaceutický asistent, proplachuje generátor fyziologickým roztokem (nebo jiným vhodným elučním činidlem) a získává z generátoru dceřiný radionuklid  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , který má poločas 6 hodin a je vhodný k dalšímu zpracování při přípravě radiofarmak. Celý generátor je stíněný silnou vrstvou olova a lze jej proplachovat (eluovat) až 2krát denně. Obvyklá doba expirace tohoto typu generátorů je 2 týdny, ale obvykle se musí generátor po týdnu nahradit novým z důvodu rozpadu matečného radionuklidu  $^{99}\text{Mo}$  obsaženého v generátoru [12].

Dalším typem generátoru je například rubidium-kryptonový generátor  $^{81}\text{Rb}/^{81\text{m}}\text{Kr}$ , který vytváří radioaktivní plyn obsahující  $^{81\text{m}}\text{Kr}$ , nebo germanium-galiový generátor ( $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ ), který se využívá v PET vyšetřeních [12].

### **Chemické formy a nosiče v nukleární medicíně**

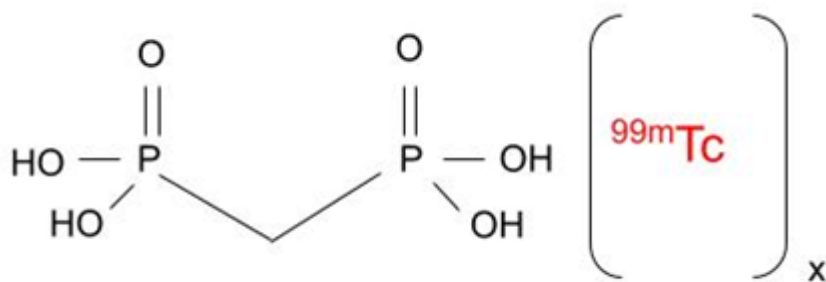
Správný transport v těle pacienta je zaručen pomocí jeho chemické formy, nebo nosiče. Nejjednodušší chemickou formou radiofarmak jsou různé ionty daných radionuklidů. Příkladem může být anion radionuklidu  $^{131}\text{I}^-$  ve sloučenině  $\text{Na}^{131}\text{I}$  (jodid sodný obsahující radioaktivní  $^{131}\text{I}$ ), nebo kation radionuklidu  $^{201}\text{Tl}^+$  ve sloučenině  $^{201}\text{TlCl}$  (chlorid thallný obsahující radioaktivní  $^{201}\text{Tl}$ ) [15].

Z  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  generátoru se získává  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  ve formě technecistanového iontu  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$  ve sloučenině  $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  (technecistan sodný obsahující radioaktivní  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) [15].

Ionty však zobrazují pouze některé části organismu, a proto se zapracovávají do různých anorganických, nebo organických molekul, nebo navazujeme na různé nosiče.

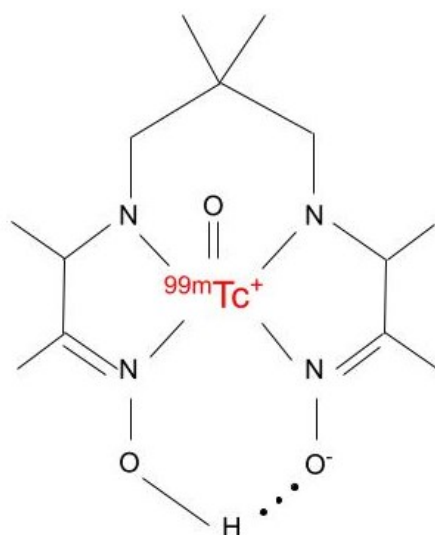
Tyto chemické látky a nosiče se nacházejí v hromadně vyráběných neaktivních kitech, které reagují a navazují na sebe radioaktivní izotopy [10].

Příkladem anorganické molekuly může být již zmíněný komplex  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP (Obrázek 11) složený z oxidronátu sodného (hydroxymethylenediphosphonát sodný) spojeného s  $^{99m}\text{Tc}$  v komplexní sloučenině, která je následně aplikována pacientovi [10].



Obrázek 11 Znárodnění molekuly  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP [10]

Příkladem větší organické molekuly může být navázání  $^{99m}\text{Tc}$  na organickou sloučeninu exametazim označovanou jako  $^{99m}\text{Tc}$ -exametazim (Obrázek 12), který je využívá pro vyšetřování různých poruch mozku [10].



Obrázek 12 Znárodnění molekuly  $^{99m}\text{Tc}$ -exametazim [10]

Příkladem chemicky rozsáhlého nosiče může být nanokoloid lidského albuminu, který je připraven z lidského sérového albuminu od dárců krve. Takto továrně zpracovaný

nanokoloid vypadá makroskopicky naprosto stejně, jako ostatní nosiče, tedy jako bílý, až nažloutlý prášek. Opět zde dochází k obohacení  $^{99m}\text{Tc}$  a následná aplikace pacientovy [22].

Hmotnosti jednotlivých nosičů v kitech, které slouží pro přípravu radiofarmak, jsou obecně velmi malé. Řádově se hmotnosti pohybují v rozmezí několika mg až několika desítek  $\mu\text{g}$ . Příkladem může být kit Stabilised Ceretec, obsahující 500 $\mu\text{g}$  nosiče examethazinu [10].

Kity pro přípravu radiofarmak kromě látek upravující chemickou strukturu radionuklidu, nebo nosičů, obsahují také další pomocné látky. Mezi tyto pomocné látky patří různé stabilizátory, redukční činidla, látky upravující izotonicitu, stabilizátory pH, protimikrobní látky, látky upravující objem a další [10].

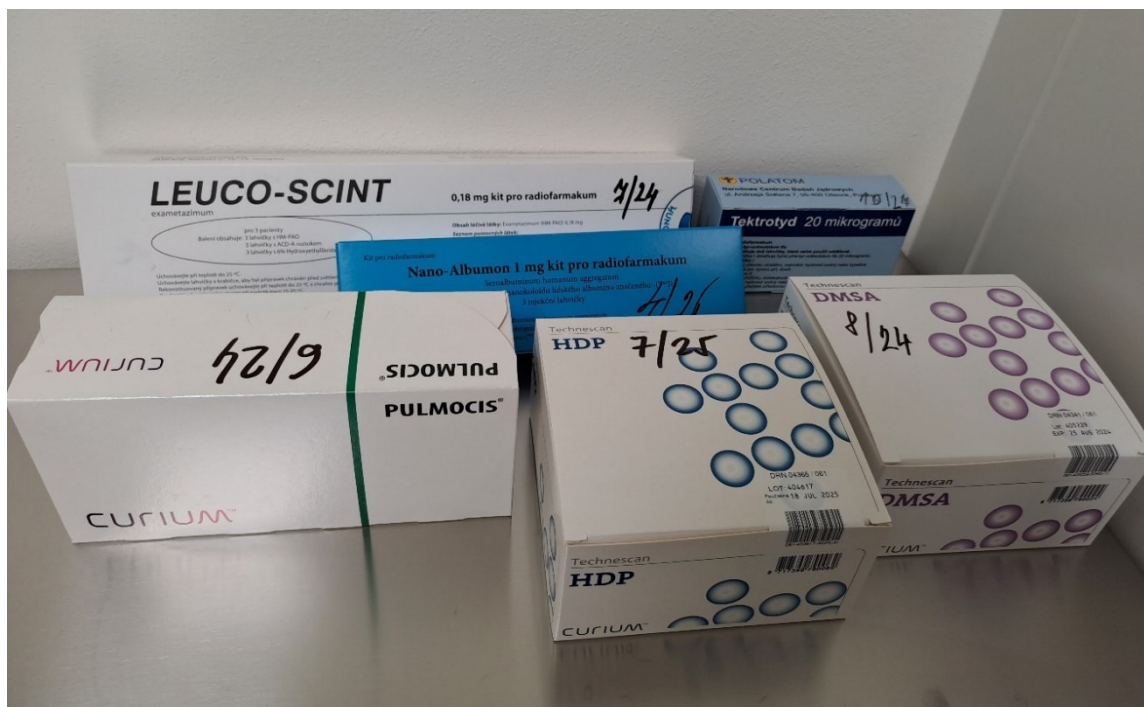
### **Osud radiofarmaka v těle pacienta**

Po aplikaci daného radiofarmaka dochází k různým specifickým procesům, které dané radiofarmakum přesouvají do určitých orgánů, nebo orgánových soustav. Každé radiofarmakum je charakterizováno těmito biologickými pochody, které přesouvají daný radionuklid do cílové části organismu. Během diagnostických vyšetření je možné buďto pozorovat metabolismus, nebo strukturu různých orgánů, či orgánových soustav. Při terapeutických postupech je zapotřebí, aby se co největší množství radiofarmaka po aplikaci dostalo do cílové oblasti a mohlo vhodně terapeuticky ovlivňovat danou část těla [7].

Mezi tyto specifické mechanismy patří například aktivní transport radiofarmaka, které působí jako přirozený metabolit daného orgánu. Pasivní transport se přesouvá do dané části organismu za pomoci krve, moči, likvorem, nebo vzduchem při inhalaci. Při prostupu lipofilních radiofarmak do mozku skrze hematoencefalickou membránu se využívá pasivní difuze. Makroagregáty albuminu mikroembolizují kapilární zásobení plíce a tím je dočasně blokují a daný radionuklid vykresluje sledované plíce jako obraz na detektorech gamakamer. Mezi další postupy patří například vazba radiofarmaka na různé specifické antigeny, specifické buněčné receptory, nebo některé buňky dané radiofarmaku přímo fagocytují [7].

Po tomto teoretickém úvodu následuje podkapitola zaměřující se na samotný postup přípravy radiofarmak, který je hlavní náplní radiofarmaceutů v laboratořích přípravy radiofarmak.

Na následujících fotografiích jsou zachyceny papírové sekundární obaly vybraných radiofarmak (Obrázek 13) a dále jsou dvě fotografie zachycující vybrané radiofarmaceutické kity (Obrázek 14 a Obrázek 15).



Obrázek 13 Sekundární papírové obaly radiofarmak



Obrázek 14 Kity pro přípravu radiofarmak



Obrázek 15 Kity pro přípravu radiofarmak II

### 3.4 Obecný postup přípravy radiofarmak

Příprava radiofarmak do požadované finální formy podléhá specifickým požadavkům pro práci s otevřenými zářiči. Základní požadavky pro správnou přípravu radiofarmak spadají pod vyhlášku č. 84/2008 Sb., *o správné lékařské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivy v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky*. Část třetí této vyhlášky se zaměřuje specificky na přípravu radiofarmak. Je rozdělena na několik paragrafů [20].

- § 23 - Zásady přípravy radiofarmak
- § 24 - Pracovní postupy
- § 25 - Označování radiofarmak
- § 26 - Dokumentace
- § 27 - Kontrola
- § 28 - Zvláštní ustanovení

Mimo tyto postupy musí farmaceut, nebo farmaceutický asistent využívat postupy, které jsou dány výrobcem daného radiofarmaka a jsou uvedeny ve standardních operačních postupech (SOP) dané lékárny, či kliniky nukleární medicíny [20].

#### Dělení radiofarmak dle náročnosti přípravy

Radiofarmaka lze rozdělit do čtyřech základních skupin dle náročnosti přípravy. První skupinou jsou radiofarmaka, která jsou dodána do laboratoře přípravy radiofarmak a jsou již kompletně připravena k použití. Jedná se především o radiofarmaka obsahující jiné nežli  $^{99m}\text{Tc}$  radioizotopy [23].

Příkladem může být například radiofarmakum *THALLOUS (Tl201) CHLORID INJECTION injekční roztok*, radiofarmakum, které obsahuje chlorid thallný ( $^{201}\text{Tl}$ ), který přichází ve formě již připraveného injekčního roztoku a farmaceut, či farmaceutický asistent, provede pouze základní kontrolu, přeměření a vytvoří průvodní list radiofarmaka. Následně se toto radiofarmakum již rovnou připravuje do jednotlivých stříkaček a aplikuje pacientům [24].

Druhou skupinou jsou kity pro přípravu radiofarmak, které jsou založené pouze na přidání vhodného množství aktivity a následné inkubace, než je možné dané radiofarmakum podat pacientovi. Do této skupiny spadá většina kitů sloužících pro přípravu radiofarmak

pro SPECT vyšetření. Příkladem může být například kit *PULMOCIS 2MG Kit pro radiofarmakum*, *SENTI-SCINT KIT 1mg, Kit pro radiofarmakum*, nebo *NANO-ALBUMON 1mg Kit pro radiofarmakum*, který má dále v textu rozpracovaný postup přípravy [23].

Třetí skupinou obtížnosti příprav jsou kity, které potřebují během přípravy zahřát obsah lahvičky. Zahřívání probíhá buďto na vodní lázni, nebo v topném bloku. Obvyklá doba ohřevu je po dobu 10-12 minut při 100-120 °C. Po ohřevu je nutné nechat roztok v lahvičce dostatečně dlouhou dobu ochladit buďto pomocí chladné vodní lázně, nebo chlazení pomocí teploty místnosti. Zapracování ohřevu do postupu přípravy radiofarmaka značně prodlouží dobu přípravy daného radiofarmaka, a proto je nutné začít s těmito druhy příprav s dostatečným předstihem, než přijde požadavek na přípravu dávek pro pacienta z oddělení nukleární medicíny. Mezi kity s přípravou za zvýšené teploty patří například *CARDIO-SPECT 0,5mg Kit pro radiofarmakum*, *TECHNESCAN MAG3 1mg Kit pro radiofarmakum*, nebo *TEKTROTYD 20mcg Kit pro radiofarmakum*, který má v následující podkapitole rozpracovaný postup [23].

Nejkomplikovanější radiofarmaka jsou taková, která vyžadují náročné laboratorní operace, které jsou v nukleární medicíně obvykle spjaty s prací s krevními deriváty pacientů [23].

Příkladem takového radiofarmaka s obtížnou přípravou je *LEUCO-SCINT 018 mg Kit pro radiofarmakum*, který se skládá z rekonstrukce radiofarmaka, které se musí přidávat za daných podmínek k separovaným bílým krvinkám, které jsou následně označeny radiofarmakem a vráceny pacientovi do organismu [25].

Všechny výše uvedené přípravy mohou být doplněny přidáváním různých stabilizátorů, rozpouštědel a pufrů, které je nutné přidat v daném množství, aby rekonstruované radiofarmakum plnilo svou funkci [23].

#### **Příklad základní přípravy radiofarmaka**

Jako příklad základní přípravy radiofarmak lze využít uvedený postup přípravy u léčiva *NANO-ALBUMON 1mg Kit pro radiofarmakum*. Jedná se o radiofarmakum pro vyšetřování lymfatického systému (lymfoscintigrafii), nebo pro vyšetřování kostní dřeně [22].

Pro zjištění postupu přípravy radiofarmaka se využívá *souhrn údajů o přípravku* daného léčiva. Dvanáctá část tohoto dokumentu je označena Návod na přípravu radiofarmaka. Tato část je složena z úvodní pasáže, která popisuje základní poučení o radiační ochraně, poučení o maximální době použitelnosti od rekonstrukce (6 hodin), maximální přidané aktivitě (maximálně 2,2 GBq), poučení o následné zlikvidování odpadu a poučení o nevyužívání porušeného balení radiofarmaka [22].

- “1. Lahvičku s lyofilizovanou směsí vložte do olověného kontejneru.*
- 2. Za aseptických podmínek přidejte do lahvičky injekční roztok technecistanu ( $^{99m}\text{Tc}$ ) sodného o objemu 1 - 3 ml a o maximální aktivitě 2,22 GBq, po vnitřní stěně lahvičky.*
- 3. Před odejmutím stříkačky odeberte stejné množství dusíku pro vyrovnání tlaku v lahvičce. (Nepoužívejte odvzdušňovací jehlu).*
- 4. Obsah lahvičky několikrát jemně promíchejte převrácením do rozpuštění lyofilizované směsi.*
- 5. Značení probíhá 20 minut při pokojové teplotě.*
- 6. Během značení obsah lahvičky několikrát jemně promíchejte převrácením.*
- 7. Účinnost značení přesahuje 95%.” [22]*

Bod č.1 popisuje základní radiační ochranu formou olověného kontejneru na lahvičku radiofarmaka. Od doby, kdy se přidá roztok technecistanu sodného do lahvičky kitu, tak je nutné mít lahvičku stále v olověném, nebo jiném vhodném, obalu. Bod č. 2 instruuje farmaceuta, nebo farmaceutického asistenta, o tom, že využívá injekční roztok  $^{99m}\text{Tc}$  a musí se rozhodnout, kolik ml daného radiofarmaka chce připravit, však nesmí přidat více jak 3 ml roztoku o větší aktivitě jak 2,22 GBq. Bod č. 3 popisuje nutnost vyrovnání tlaku z důvodu využívání skleněné lahvičky, která by byla po prostém přidání roztoku přetlakovaná a při zasunutí nové jehly mohla vystříknout část roztoku, což by jednak snížilo výtěžnost radiofarmaka, ale také ohrazilo osoby otevřeným zářičem ve formě kapek radiofarmaka. Bod č. 4 instruuje o řádném promíchání a rozpouštění lyofilizovaného prášku v přidaném roztoku technecistanu sodného. Bod č. 5 popisuje nutnost inkubace, která trvá 20 minut a není potřeba žádného externího zdroje zvýšené teploty a využívá se pouze laboratorní teploty místnosti. Tato doba inkubace je nutná, ale maximální možné množství technecia



bylo navázáno na nosič, tedy nanokoloid lidského albuminu. Bod č. 6 instruuje o nutnosti několikrát promíchání daný kit během doby inkubace, aby bylo zaručeno rozpuštění všech částí lyofilizovaného prášku, a tedy i následné navázání technecia. Bod č. 7 udává požadavek na výsledek chromatografického stanovení radiochemické čistoty. Přesný popis chromatografického stanovení je uveden dále v souhrnu údajů o přípravku [22].

### **Příklad komplexnější přípravy radiofarmaka**

Jako příklad komplexnější přípravy radiofarmak bude využito uvedeného postupu přípravy u léčiva TEKROTYD 20mcg Kit pro radiofarmakum. Jedná se o radiofarmakum pro vyšetřování neuroendokrinních nádorů s expresí somatostatinových receptorů [26].

Pro zjištění postupu přípravy radiofarmaka se využívá souhrn údajů o přípravku daného léčiva. Dvanáctá část tohoto dokumentu je označena Návod na přípravu radiofarmaka. Tato část je složena z úvodní pasáže, která popisuje základní poučení o dodržování aseptických podmínek přípravy, dále o radiační ochraně a poučení o nevyužívání porušeného balení radiofarmaka. Je zde také popsán fakt, že radiofarmakum se skládá ze dvou lahviček, které jsou oddělené různou barvou víček pro rychlejší orientaci při přípravě [26].

Druhá část je označena jako příprava injekce a obsahuje tento text:

*“1. Uzávěry obou lahviček vydezinfikujte vhodným alkoholovým tampónem a nechte na vzduchu oschnout.*

*2. Do lahvičky II pomocí sterilní stříkačky přidejte 1 ml vody pro injekci. 15 sekund lehce protřepávejte (i ve svislém směru), aby bylo zajištěno úplné rozpuštění.*

*3. 0,5 ml roztoku koligandu/pufry z lahvičky II natáhněte pomocí sterilní stříkačky do lahvičky I a stejnou stříkačkou odeberte stejné množství plynu, aby se vyrovnal tlak. Asi 30 sekund lehce protřepávejte (i ve svislém směru), aby bylo zajištěno úplné rozpuštění. Po natáhnutí roztoku z lahvičky II do lahvičky I je lahvičku II nutno zlikvidovat, aby nedošlo k záměně mezi lahvičkou I a II.*

*4. Lahvičku I umístěte do vhodného olověného stínění.*

*5. Do lahvičky I přidejte pomocí sterilní stříkačky opatřené stínícím krytem 1 ml roztoku*

*technecistanu-(99mTc) sodného (aktivita v rozsahu od 740 MBq do 1600 MBq) a vyrovnejte tlak. Lahvičku po dobu 10 minut zahřívajte v lázni z vařící vody nebo v ohřívacím bloku při 100 °C.*

*6. Lahvičku nechte vychladnout při pokojové teplotě (po dobu alespoň 30 minut). Neurychlujte chlazení, například lahvičku neochlazujte ve studené vodě.*

*7. V případě potřeby radiofarmakum naředte nejvýše 5 ml injekčního 0,9% roztoku chloridu sodného.*

*8. Lahvičku značeného přípravku uchovávejte při teplotě do 25 C. Použijte do 4 hodin od přípravy (počítáno od konce ohřevu).*

*9. Před podáním pacientovi je nutno zkontrolovat radiochemickou čistotu některou z níže uvedených metod. Poznámka: Je-li radiochemická čistota nižší než 90 %, radiofarmakum nepoužívejte.*

*10. Veškerý nepoužitý materiál a jeho obal zlikvidujte povoleným způsobem.” [26]*

Bod č. 1 popisuje nutnost dezinfekce obou pryžových zátek, které uzavírají jednotlivé lahvičky. Bod č. 2 instruuje farmaceuta, aby pomocí vody pro injekce naředil lahvičku II a dostatečně ji prostřepal pro zajištění úplného rozpuštění lyofilizátu a vytvoření potřebného pufru. Bod č. 3 popisuje přesun 0,5 ml vytvořeného pufru do lahvičky I, nutnost vyrovnání tlaku a následné protřepání, které opět zaručí úplné rozpuštění daného nosiče v pufru. Je zde zapsána poznámka o vhodnosti odstranění lahvičky se zbylým pufrem, protože by snadno mohlo dojít k záměně z důsledku velké podobnosti jednotlivých lahviček. Bod č. 4 je poučení o využití olověného kontejneru, který odstíní radioaktivní záření budoucího přidaného radionuklidu. Bod č. 5 instruuje farmaceuta k přidání 1 ml roztoku technecistanu sodného, který byl získán z molybden-techneciového generátoru a aktivita tohoto roztoku je 740–1600 MBq. Aktivitu určuje farmaceut v závislosti na množství zbylé aktivity a množstvím pacientů, pro kolik se tento kit připravuje. Farmaceut následně opět vyrovná tlak v lahvičce a vytvoří inkubační podmínky, které spočívají v ohřevu ve vařící lázni nebo v ohřívacím bloku při 100 °C po dobu 10 minut. Bod č. 6 poskytuje informace o ochlazování roztoku v lahvičce na pokojovou teplotu, která je doporučena po dobu alespoň 30 minut bez metod urychlující chlazení. Bod č. 7 je na uvážení připravujícího pacienta

a požadavkách oddělení, jestli chtějí mít danou injekci ve větším, či menším objemu. Bod. 8 je informací o podmínkách skladování připraveného radiofarmaka a době použitelnosti přípravku. Bod. 9 je požadavkem k provedení radiochemické čistoty s požadavkem na daný výsledek radiochemické čistoty. Poslední bod č. 10 je poučením o likvidaci nepoužitého materiálu [26].

### **3.5 Průvodní list radiofarmaka**

Po každé přípravě radiofarmaka musí připravující osoba vyplnit průvodní list radiofarmaka neboli atest radiofarmaka, který obsahuje základní informace o zhotoveném radiofarmaku [23].

Základní informace v průvodním listu obsahují:

- název zhotoveného radiofarmaka
- chemickou formu radiofarmaka
- označení využitého radionuklidu
- šarži využitého generátoru radionuklidu, nebo jiného zdroje radionuklidu
- celkovou aktivitu zhotoveného radiofarmaka v době přípravy
- celkový objem radiofarmaka
- měrnou aktivitu zhotoveného radiofarmaka v době přípravy
- čas a datum ukončení přípravy radiofarmaka
- dobu použitelnosti daného radiofarmaka
- hodnotu radiochemické čistoty
- pořadové číslo dané přípravy v kalendářním roce
- identifikace laboratoře
- identifikace zaměstnance laboratoře, který dané radiofarmakum připravil [23]

Kromě těchto informací obsahuje daný průvodní list informace o pacientech, kterým je dané radiofarmakum určeno. Pacienti jsou identifikováni pomocí celého jména a příjmení, roku narození a váhy. Z váhy se následně v atestu vypočítá dávka, která je pro daného pacienta ideální a vychází z informací v souhrnu údajů o léčivém přípravku daného kitu. Při aplikaci radiofarmaka dětem, těhotným ženám, nebo pacientům se specifickými poruchami se musí

postupovat dle informací v souhrnu údajů o léčivém přípravku a obvyklá dávka je procentuálně snížena v návaznosti na ovlivňujících faktorech pacienta [23].

Tato hodnota ideální dávky je indikátorem pro osobu, která dávku pro jednotlivého pacienta připravuje. Dávku může připravovat buďto zaměstnanec laboratoře přípravy radiofarmak, nebo zaměstnanec daného oddělení nukleární medicíny, který má k tomu pověření. Připravená dávka, tedy obvykle stříkačka s injekčním roztokem, je vždy přeměřená a naměřená hodnota aktivity stříkačky je zapsána do průvodního listu s časem měření a následně do pacientovi karty, kde lze snadno dohledat, jaká dávka daného radiofarmaka byla pacientovi podána. Člen personálu, který radiofarmakum připravil musí přípravu stvrdit svým podpisem, aby byl zpětně dohledatelný [23].

Na následující fotografii (Obrázek 16) je k nahlédnutí vytvoření vzorový průvodní list zhotoveného radiofarmaka, který obsahuje všechny výše uvedené informace. Všechny osobní údaje pacientů jsou smyšlené.



FAKULTNÍ NEMOCNICE KRÁLOVSKÉ VINOHRADY  
ŠROBÁROVA 50, 100 34 PRAHA 10  
IČO 00064173  
Klinika radiologie a nukleární medicíny  
primariát nukleární medicína

K24/7 verze04

### Osvědčení o radioaktivní látce list radiofarmaka pro i.v. aplikaci

číslo

159

korekční faktor	celkový objem (ml)	celková aktivita (MBq)	měrná aktivita (MBq/ml)
0,899537083	5	5090	1018
radiofarmakum	<b>HDP</b>		
radionuklid	<sup>99m</sup> Tc		
chemická forma	HDP		
čas přípravy	7:05		
číslo šarže	404 617		
číslo generátoru	7460056-24		
stabilita	8 hodin		
radiochemická čistota	97,80%		

jméno	narozen/a	váha (kg)	počet aplikací	indikovaná aktivita/ aplikace (MBq)	aplikační objem/ aplikace (ml)	změřená aktivita před aplikací (MBq)	čas měření	dávku k aplikaci připravil
Havličková Petra	87	59	1	590	0,64	603	7:32	Bc. Pavel Novák, DiS.
Novotný Jan	71	101	1	1000	1,09	1020	7:31	Bc. Pavel Novák, DiS.
Schwarzová Petra	59	75	1	750	0,82	747	7:25	Bc. Pavel Novák, DiS.
Rábl Otakar	39	75	1	750	0,82	759	7:26	Bc. Pavel Novák, DiS.
Dolejší Aleš	90	112	1	1000	1,09	1030	7:40	Bc. Pavel Novák, DiS.
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			

vývoj měrné aktivity (MBq/ml) v čase

čas	7:35	8:05	8:35	9:05	9:35	10:05
měrná aktivita	960,99	907,17	856,37	808,41	763,14	720,4
čas	10:35	11:05	11:35	12:05	12:35	13:05
měrná aktivita	680,06	641,98	606,03	606,03	572,09	540,05

datum 25.03.2024 7:09

připravil:

Bc. Pavel Novák, DiS.

kontroloval:

Bc. Pavel Novák, DiS.

FAKULTNÍ NEMOCNICE  
KRÁLOVSKÉ VINOHRADY  
ŠROBÁROVA 50, 100 34 PRAHA 10  
LEKÁRNA  
Oddělení přípravy radiofarmak

Obrázek 16 Průvodní list radiofarmaka

## **Praktická část B**

Praktická část diplomové práce se skládá ze dvou kvantitativních výzkumů a návrhu edukačních materiálů. První kvantitativní výzkum se skládá z analýzy dotazníkového šetření, které se zaměřuje na učitele předmětů zaměřených na nukleární medicínu, které jsou určené pro zdravotnické VOŠ s oborem „diplomovaný farmaceutický asistent“. Druhý kvantitativní výzkum se skládá z vyhodnocení dotazníkového šetření, které se zaměřuje na studenty 3. ročníku oboru „diplomovaný farmaceutický asistent“.

Pro přehlednost jsou jednotlivá dotazníková šetření rozdělena a vyhodnocena samostatně. V úvodech obou dotazníků jsou popsány hlavní cíle, doprovodné dílčí cíle a metody průzkumu. Dále následuje vyhodnocení jednotlivých otázek průzkumu, které je doplněno pomocí grafů a tabulek. Z těchto výsledků dochází k ověření jednotlivých výzkumných otázek a celkovému zhodnocení dotazníku.

Poslední část praktické části se skládá z návrhů edukačních materiálů pro tyto zkoumané předměty.

### **4 Dotazník pro učitele**

V této části diplomové práce je zpracován dotazník určen pro učitele předmětů zaměřujících se na výuku nukleární medicíny a přípravy radiofarmak.

#### **4.1 Cíl a výzkumné otázky dotazníku pro učitele**

Cílem tohoto dotazníku je získat a vyhodnotit informace od učitelů, kteří vyučují předmět zaměřující se na výuku nukleární medicíny a přípravu radiofarmak.

##### **Hlavní cíl dotazníku pro učitele**

- Zjistit informace o zařazování rozmanitých forem výuky a využívání didaktických prostředků ve výuce předmětů zaměřujících se na nukleární medicínu.

##### **Hlavní výzkumná otázka dotazníku pro učitele**

- Do jaké míry oslovení vyučující zařazují rozmanité druhy forem výuky a jaké didaktické prostředky běžně využívají?

## **Dílčí cíle a dílčí výzkumné otázky dotazníku pro učitele**

- **Dílčí cíl č. 1 dotazníku pro učitele:** Získat data o profesním zázemí dotazovaných učitelů.
- **Dílčí výzkumná otázka č. 1 dotazníku pro učitele:** Jaké je profesní zázemí dotazovaných učitelů?
- **Dílčí cíl č. 2 dotazníku pro učitele:** Získat data o vztahu studentů k předmětu zaměřeného na nukleární medicínu od dotazovaných vyučujících
- **Dílčí výzkumná otázka č. 2 dotazníku pro učitele:** Jaký je dle vyučujících vztah studentů k předmětu zaměřeného na nukleární medicínu?

## **4.2 Metodika dotazníku pro učitele**

Pro praktickou část byla zvolena metoda dotazníkového šetření. Dotazníkové šetření probíhalo anonymně a probíhalo v období 22.10.2023 – 3.12.2023.

### **Dotazníkové šetření**

Dotazník probíhal online formou za využití programu Microsoft Forms. V pozvánce k vyplnění dotazníkového šetření bylo přiloženo představení autora dotazníku a vysvětlení důvodu dotazování. Dotazník se skládal ze třiceti čtyř otázek. Bylo využito uzavřených otázek s jednou možnou odpovědí, uzavřených otázek s možností více odpovědí a otevřených otázek. Některé otázky nebyly zobrazeny všem respondentům z důvodu předchozích odpovědí. Všechny otázky lze rozdělit do několika skupin. První skupina popisuje základní informace o dotazovaných učitelích a jejich profesním zázemí (1-7. otázka). Druhá skupina otázek zjišťuje informace o zájmu studentů o obor nukleární medicíny a přípravy radiofarmak (8.-11. otázka). Třetí skupina otázek získává informace o vlastní výuce v dotazovaných předmětech a materiálových prostředcích využívaných ve výuce (12.-31. otázka). Poslední skupina otázek zjišťuje zájem mezi učiteli o vytvořené výukové materiály pro podporu hodin zaměřených na nukleární medicínu a přípravu radiofarmak (32.-34. otázka). Nevyplněný dotazník je přiložen v příloze č. 4.

## **Charakteristika zkoumaného vzorku**

Zkoumaným vzorkem tohoto dotazníkové šetření byly učitelé a učitelky, které vyučují na zdravotnických VOŠ s oborem „diplomovaný farmaceutický asistent“ a vyučují předmět základy radiofarmacie, základy radiologie, nebo základy radiační ochrany.

Dotazník byl odeslán vedoucím oborů, či zástupcům VOŠ na všech vyšších odborných školách zdravotnických s oborem „diplomovaný farmaceutický asistent“. V úvodním emailu byla žádost o předání dotazníku vyučujícímu daného předmětu. Každý dotazovaný učitel byl poučen, že dotazník vyplňuje pouze jedenkrát.

Z tohoto dotazníkového šetření byly vyřazeni ostatní učitelé na těchto školách, učitelé těchto předmětů, kteří v současné době nevyučují a všichni ostatní zájemci, kteří by chtěli tento dotazník vyplnit.

Při vyhodnocování každý zodpovězený dotazník dostal přiřazené anonymizační číslo. Toto číslo bylo následně využito v průběhu vyhodnocování u těch otázek, kde bylo vhodné toto rozřazení využít.

## **4.3 Vyhodnocení odpovědí dotazníku pro učitele**

### **Návratnost**

Osloven byl vždy učitel zkoumaného předmětu (základy radiofarmacie, základy radiologie, nebo základy radiační ochrany) na každé z 11 zdravotnických VOŠ s oborem „diplomovaný farmaceutický asistent“. Celkem jsem získal 7 vyplněných dotazníků.

Celková návratnost je 63,63 %.

### **Otázka č. 1**

Jaké je Vaše vzdělání v oblasti učitelství?

N = 7



Tabulka 1 Stupeň dosaženého pedagogického vzdělání oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Magisterské nebo doktorské vzdělání	1	14,3
Bakalářské vzdělání	1	14,3
Středoškolské vzdělání	0	0,0
Pedagogický kurz celoživotního vzdělávání	3	42,9
Žádné	2	28,6
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovědělo 7 učitelů. Nejčastěji se vyskytující vzdělání v oblasti učitelství je pedagogický kurz celoživotního vzdělání (42,9 %), žádné pedagogické vzdělání nemají dva dotazovaní učitelé (28,6 %) a stejný počet odpovědí má magisterské nebo doktorské vzdělání a bakalářské vzdělání (14,3 %). Žádný z dotazovaných učitelů nemá středoškolské pedagogické vzdělání.

## Otázka č. 2

Jaké je Vaše vzdělání v oblasti farmacie?

N = 7

Tabulka 2 Stupeň dosaženého farmaceutického vzdělání oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Magisterské nebo doktorské vzdělání	3	42,9
Bakalářské vzdělání	0	0,0
Vyšší odborné vzdělání	0	0,0
Středoškolské vzdělání	1	14,3
Žádné	3	42,9
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovědělo 7 učitelů. Tři dotazovaní učitelé mají magisterské nebo doktorské vzdělání v oblasti farmacie (42,9 %) a jeden učitel středoškolské vzdělání (14,3 %). Tři učitelé vybraných předmětů nemají žádné vzdělání spojené s farmacií (42,9 %).

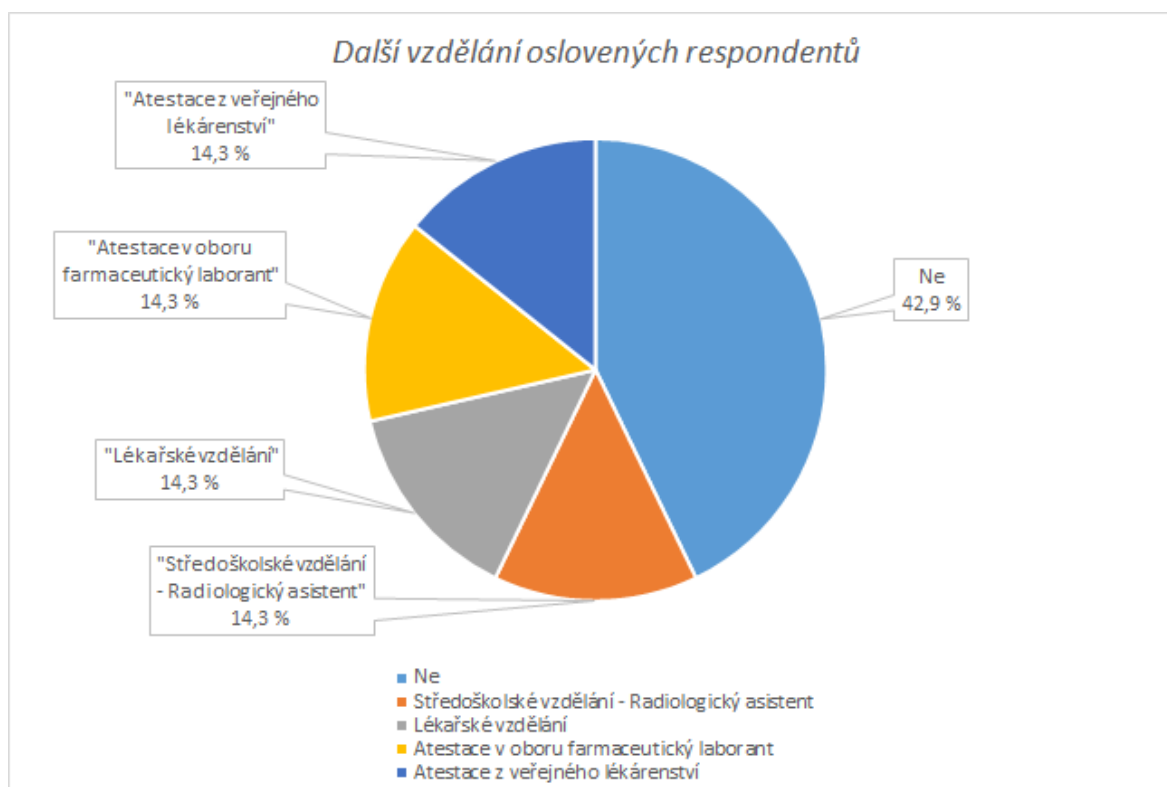
Žádný z dotazovaných učitelů nemá vyšší odborné, nebo bakalářské vzdělání v oblasti farmacie.

### Otázka č. 3

Máte jiné, nebo další vzdělání, než jste uvedl v předchozích otázkách?

N = 7

Odpovědi respondentů jsou doslovné přepisy odpovědí.



Graf 1 Další vzdělání oslovených respondentů

Na tuto otázku odpovědělo 7 učitelů. Tři z dotazovaných učitelů nemají jiné, nebo další vzdělání (42,9 %). Mezi ostatními vyučujícími se vyskytuje jednou člověk s lékařským vzděláním (14,3 %), jednou člověk se středoškolským vzděláním v oboru radiologický asistent (14,3 %), jednou středoškolská atestace v oboru farmaceutický asistent (14,3 %) a jednou nástavbová atestace ve veřejném lékárenství určená pro magistry a doktory farmacie (14,3 %).

#### Otázka č. 4

Jak dlouho se věnujete Vaší pedagogické činnosti? (bez ohledu na vyučovaný předmět a výši pedagogického úvazku)

N = 7

Tabulka 3 Délka pedagogické činnosti u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Tento rok začínám učit	0	0,0
1-2 roky	0	0,0
3-5 let	0	0,0
6-10 let	0	0,0
11 a více let	7	100,0
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovědělo 7 učitelů. Všichni z dotazovaných učitelů uvedli, že jejich pedagogická činnost trvá 11 a více let (100,0 %). Žádná jiná odpověď se v této otázce nevyskytla.

#### Otázka č. 5

Jak dlouho učíte předmět základy radiofarmacie (případně předmět základy radiologie, nebo základy radiační ochrany) určený pro obor diplomovaný farmaceutický asistent?

N = 7

Tabulka 4 Délka osobní pedagogické zkušenosti s předmětem základy radiofarmacie určený pro obor diplomovaný farmaceutický asistent oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Tento rok začínám učit	0	0,0
1-2 roky	1	14,3
3-5 let	2	28,6
6-10 let	1	14,3
11 a více let	3	42,9
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovědělo 7 učitelů. Nejvíce z odpovídajících učitelů učí vybraný předmět 11 a více let (42,9 %). Druhou nejvíce vyskytující odpovědí byla výuka daných předmětů po dobu 3-5 let (28,6 %). Jedenkrát se vyskytla odpověď 1-2 roky, až 6-10 let (14,3 %). Žádný z dotazovaných učitelů tento rok nezačal nově daný předmět vyučovat.

#### Otázka č. 6

Pracoval/a jste někdy na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku?

N = 7

Tabulka 5 Pracovní zkušenost na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	3	42,9
Ne	4	57,1
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovědělo 7 učitelů. Čtyři dotazovaní učitelé nikdy nepracovali na oddělení přípravy radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku (57,1 %). Tři vyučující alespoň krátkou dobu na některé z těchto pozic pracovali (42,9 %).

### Otázka č. 7

Jak dlouho jste pracoval na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku?

N = 3

*Tabulka 6 Délka pracovní zkušenosti na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku oslovených respondentů*

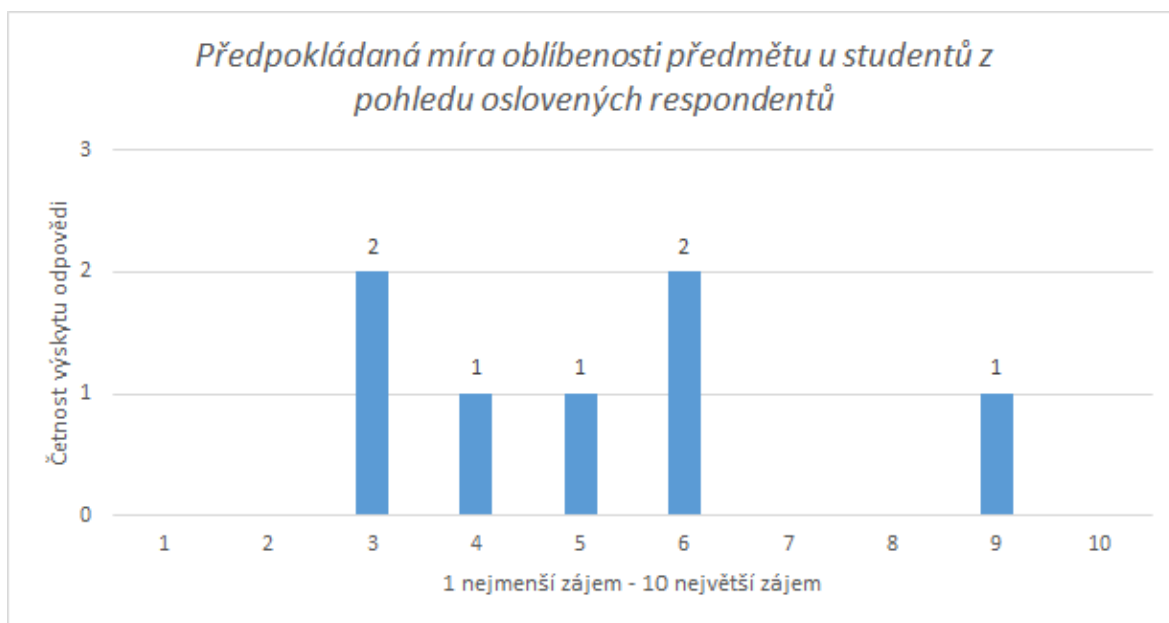
Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
0-2 roky	1	33,3
3-5 let	0	0,0
6-10 let	1	33,3
11 a více let	1	33,3
<b>Celkem</b>	<b>3</b>	<b>100,0</b>

Tato otázka byla určena pro respondenty, kteří odpověděli na otázku č. 6 odpovědí Ano, což znamená, že na tuto otázku odpověděli 3 učitelé. U odpovědí 0-2 roky, 6-10 let a 11 a více let se vždy vyskytla 1 odpověď (33,3 %). Nikdo z dotazovaných na jednom z těchto oddělení nepracoval v rozmezí 3-5 let.

### Otázka č. 8

Jak byste hodnotil/a na stupnici od 1-10 (1 nejmenší zájem, 10 největší zájem) průměrný zájem studentů o předmět, který vyučujete (základy radiofarmacie, základy radiologie, základy radiační ochrany)?

N = 7



*Graf 2 Předpokládaná míra oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu oslovených respondentů*

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. Se stejnou četností, tedy 2 hlasy, se vyskytují hodnoty 3 a 6 (28,6 %). Hodnoty 4, 5 a 9 se vyskytují s četností výskytu jednoho hlasu (14,3 %). Ostatní hodnoty zájmu se nevyskytly.

Průměrná hodnota vychází 5,14 a její hodnota je relativně zvýšená díky jednoho výskytu hodnoty 9.

### **Otázka č. 9**

Požádám Vás o krátké slovní zdůvodnění, z čeho posuzujete zájem o tento předmět u studentů, tedy proč jste vybral danou hodnotu u předchozí otázce.

N = 7

Tabulka 7 Slovní zdůvodnění míry oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu oslovených respondentů

Anonymizované pořadí odpovědí	Odpověď respondenta
1	“Někteří studenti zájem mají, ale většina ne. Není to většinu studentů důležitý předmět.”
2	“Zájem studentů posuzuji podle reakcí na prezentované materiály.”
3	“Studenti se spíše vidí na pracovní pozici v lékárně.”
4	“Vaše otázka je velmi zobecňující , v každé třídě je 10% aktivních 49% průměrných a 50% podprůměrnými studentů - zhruba o zde se odvíjí zájem o předmět”
5	“Není to profilový předmět”
6	“Studenti podle mého názoru nevidí přínos výuky pro budoucí praxi”
7	“Jsem vyučující předmětu Základy radiologie a radiační ochrany, který se vyučuje u všech nelékařských oborů, pro studenty jsou to úplně nové informace, mám předmět rozdělený na teorii a cvičení, kde je беру do provozu na všechny modalities, jak na Radiologické klinice, tak na Klinice nukleární medicíny a hlavně tato část je pro studenty zajímavá a z toho usuzuji, že pramení zájem o předmět.”

Na tuto otevřenou otázku odpovědělo 7 respondentů. Každý odpovídající učitel napsal odpověď nejméně v jedné větě. Většina odpovědí obsahuje poznámku o tom, že se pro studenty nejedná o důležitý předmět, nebo na to, že každá třída má různé složení jedinců se zájmem o tento předmět.

#### Otázka č. 10

Vedl/a jste, případně oponoval/a jste, v poslední 5 letech absolventskou práci na téma nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky, u studenta oboru diplomovaný farmaceutický asistent?

N = 7

Tabulka 8 Zkušenosti oslovených respondentů s vedením, případně oponování, absolventské práce v poslední 5 letech na téma nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky, u studentů oboru diplomovaný farmaceutický asistent

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	0	0,0
Ne	7	100,0
Celkem	7	100,0

Na tuto otázku odpovědělo 7 respondentů. Žádný z dotazovaných učitelů nevedl na uvedené téma svou absolventskou práci.

#### Otázka č. 11

Kolik jste těchto absolventských prací vedl/a, případně oponoval/a?

N = 0

Tato otázka byla určena pro respondenty, kteří odpověděli na otázku č. 10 odpovědí Ano. Jelikož se tato odpověď nevyskytla ani v jednom případě, tato otázka se žádnému respondentovi nezobrazila.

#### Otázka č. 12

Označte témata, se kterými seznamujete v rámci daného předmětu studenty?

N = 64



Tabulka 9 Témata, se kterými jsou studenti seznámeni v rámci zkoumaného předmětu

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Zákony vztahující se k nukleární medicíně</b>	7	10,9
<b>Biologické účinky ionizujícího záření</b>	7	10,9
<b>Radiační ochrana</b>	7	10,9
<b>Dozimetrie ionizujícího záření</b>	7	10,9
<b>Ostatní radiodiagnostické metody (CT, MR, ...)</b>	5	7,8
<b>Výpočty rozpadů radioizotopů</b>	1	1,6
<b>Práce s SPC (souhrn údajů o léčivém přípravku) kitů využívaných v nukleární medicíně</b>	3	4,7
<b>Obecnou strukturou pracoviště nukleární medicíny</b>	6	9,4
<b>Rozdíl v SPECT a PET pracovištích</b>	3	4,7
<b>Přehled využívaných radioizotopů ve SPECT a PET vyšetřeních</b>	4	6,3
<b>Přehledem diagnostických využití nukleární medicíny</b>	7	10,9
<b>Přehledem terapeutického využití nukleární medicíny</b>	6	9,4
<b>Jiné</b>	1	1,6
<b>Celkem</b>	64	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. V této tabulce jsou navrhnuté základní okruhy, které mohou dotazovaní učitelé zahrnout do své výuky. Každý učitel mohl označit neomezený počet odpovědí a případně využít možnosti volné odpovědi. Tito učitelé označili celkově 64 odpovědí. Následující vyhodnocení dat je seřazeno sestupně, od témat, která se vyskytují v odpovědích nejčastěji.

Všichni z dotazovaných učitelů vyučují kapitoly – zákony vztahující se k nukleární medicíně, biologické účinky ionizujícího záření, radiační ochranu, dozimetrii ionizujícího záření a přehled diagnostického využití nukleární medicíny. Většina dotazovaných učitelů (85,7 % z celkového počtu) vyučuje kapitoly – obecnou strukturu pracoviště nukleární medicíny a přehled terapeutického využití nukleární medicíny. Ostatní radiologické metody (CT, MR, ...) vyučuje pět dotazovaných učitelů (71,4 % z celkového počtu) a přehled

využívaných radioizotopů ve SPECT a PET vyšetřeních vyučují čtyři dotazovaní učitelé (57,1 % z celkového počtu). Méně než polovina dotázaných učitelů (42,9 % z celkového počtu) vyučuje kapitoly – práce s SPC (souhrn údajů o léčivém přípravku) kitů využívaných v nukleární medicíně a rozdíl ve SPECT a PET pracovištích. Pouze jeden z dotazovaných učitelů (14,3 % z celkového počtu) vyučuje výpočty rozpadů izotopů. V této otázce se vyskytla jednou volná odpověď, která obsahuje odpověď “radiofarmaka – příprava, použití, lékopisné požadavky”.

### Otázka č. 13

Nosíte do výuky studentům fyzické předměty z oblasti nukleární medicíny (např. dozimetry, olověná stínění, neaktivní kity, ...)?

N = 7

*Tabulka 10 Míra využívání fyzických předmětů z oblasti nukleární medicíny (např. dozimetry, olověná stínění, neaktivní kity, ...) ve výuce*

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	1	14,3
Ne	6	85,7
Celkem	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. Většina respondentů (85,7 %) nenesí do výuky fyzické předměty z oblasti nukleární medicíny. Pouze jeden z dotazovaných učitelů (14,3 %) nosí do výuky alespoň některé fyzické předměty. Tyto předměty jsou vypsány v následující otázce č. 14.

### Otázka č. 14

Požádám vás o vypsání fyzických předmětů z oblasti nukleární medicíny, které nosíte do hodin.

N = 1

Tato otázka byla určena pro respondenty, kteří odpověděli na otázku č. 13 odpovědí Ano. Takto odpověděl pouze jeden dotazovaný učitel, který vypsál svou odpověď takto “neaktivní kity, olověná stínění, dozimetry, atesty připravených radiofarmak, ...”.

Olověná stínění, dozimetry a atesty připravených radiofarmak lze považovat za velmi snadno získatelné a cenově nenáročné. Předpokládám, že vyučující, který by měl zájem tyto předměty ukazovat a požádal by kliniku nukleární medicíny a poskytnutí těchto materiálů, tak by je ve většině případů poskytly.

V oblasti vydání neaktivních kitů učiteli už je na hraně zákona, jelikož se předává léčivý přípravek, který není volně prodejný a předání expirovaného kitu, také není vhodné, jelikož by takový léčivý přípravek měl být zlikvidován dle platných směrnic.

### Otázka č. 15

Přijde vám užitečné společně se studenty fyzicky navštívit kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení?

N = 7

*Tabulka 11 Názor na užitečnost společné fyzické návštěvy kliniky nukleární medicíny, případně jiného radiodiagnostického úseku zdravotnického zařízení z pohledu oslovených respondentů*

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	7	100,0
Ne	0	0,0
Celkem	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. Všichni dotazovaní učitelé se shodli na tom, že je užitečné navštívit společně se studenty fyzicky navštívit kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení.

### Otázka č. 16

Navštěvujete v rámci Vašeho předmětu nějakou kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení?

N = 7

Tabulka 12 Míra reálného navštívování kliniky nukleární medicíny, případně jiného radiodiagnostického úseku zdravotnického zařízení, při výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	5	71,4
Ne	2	28,6
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tu otázku odpovídalo 7 učitelů. Přesto, že se všichni dotazovaní učitelů shodli na tom, že je užitečné navštívit fyzicky se studenty takové zdravotnické zařízení, tak dva respondenti uvedli (28,6 %), že tuto exkurzi se studenty nepodnikají. Důvod, proč reálně nenavštíví tyto kliniky se uveden v následující otázce č. 17.

Většina dotazovaných učitelů (71,4 %) uvedla, že tyto exkurze do zdravotnických zařízení se studenty podnikají.

#### Otázka č. 17

Z jakého důvodu v rámci Vašeho předmětu nenavštěvujete nějakou kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení?

N = 2

Tabulka 13 Důvod nezařazení návštěvy kliniky nukleární medicíny, případně jiného radiodiagnostického úseku zdravotnického zařízení, při výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ne – z důvodu náročné byrokracie ze strany školy	0	0,0
Ne – z důvodu náročné byrokracie ze strany zdravotnického zařízení	0	0,0
Ne – z důvodu absence spolupracujícího zdravotnického zařízení	0	0,0
Ne – z časových důvodů	1	50,0
Ne – bez udání důvodu	0	0,0
Jiné	1	50,0
<b>Celkem</b>	<b>2</b>	<b>100,0</b>

Tato otázka byla určena pro respondenty, kteří odpověděli na otázku č. 16 odpovědí Ne, což znamená, že na tuto otázku odpověděli dva učitelé. Odpověď prvního učitele (50,0 %) udává nenavštěvování zdravotnických zařízení z časových důvodů a druhý vyučující využil volnou odpověď, která obsahovala text “Velmi těžko zorganizovatelné pro 15 lidí a dělat to po 2 lidech je pro mne nerealizovatelné”. Zde vyučující nejspíše popisuje problematiku návštěvy studentů laboratoře přípravy radiofarmak, kde je nutné dodržovat přísná hygienická opatření a jedná se o značně prostorově limitované místnosti.

### Otázka č. 18

Provádíte se studenty praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně (snížení aktivity v čase, výpočty dávek pacientům, ...)?

N = 7

Tabulka 14 Míra zařazení praktických výpočtů z oblasti nukleární medicíny ve výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	1	14,3
Ne	6	85,7
Celkem	7	100,0

Na tu otázku odpovídalo 7 učitelů. Téměř všichni dotazovaní učitelé (85,7 %) nezahrnují praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně. Pouze jeden z dotazovaných učitelů (14,3 %) tuto kapitolu zahrnuje. Tento učitel pokračoval v doplnění odpovědi v následující otázce.

### Otázka č. 19

Jakou metodou provádíte se studenty praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně (snížení aktivity v čase, výpočty dávek pacientům, ...)?

N = 1

Tabulka 15 Metoda zařazení praktických výpočtů z oblasti nukleární medicíny ve výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Studenti aktivně počítají příklady vztahující se k nukleární medicíně	0	0,0
Pouze ukazují metody výpočtů bez praktického procvičování	1	100,0
Jiné	0	0,0
<b>Celkem</b>	<b>1</b>	<b>100,0</b>

Na tu odpovídal pouze jeden učitel, který u otázky č. 18 odpověděl, že zahrnuje do výuky zkoumaných předmětů praktické výpočty z oblasti nukleární medicíny. Dle získané odpovědi vyučující pouze ukazuje metody výpočtů, ale studenti je prakticky neprocvičují.

#### Otázka č. 20

Z jakého důvodu neprovádíte se studenty praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně (snížení aktivity v čase, výpočty dávek pacientům, ...)?

N = 6

Tabulka 16 Důvod nezařazení praktických výpočtů z oblasti nukleární medicíny ve výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Z časových důvodů	2	33,3
Nepřijde mi to důležité	1	16,7
Neprovádím – bez udání důvodu	1	16,7
Jiné	2	33,3
<b>Celkem</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>

Na tu odpovídalo šest učitelů, kteří u otázky č. 18 odpověděli, že nezahrnují do výuky zkoumaných předmětů praktické výpočty z oblasti nukleární medicíny. Tato otázka sloužila k získání důvodů, proč nezahrnují do obvyklé výuky praktické výpočty z oblasti nukleární medicíny. Dva dotazovaní učitelé (33,3 %) nezahrnují tuto kapitolu z časových důvodů, jeden z dotazovaných učitelů (16,7 %) nepovažuje tuto kapitolu za důležitou a další jeden dotazovaný učitel (16,7 %) neuvedl důvod vynechání této kapitoly.

V této otázce dva učitelé využili možnosti odpovědi Jiné a následně doplnili svou odpověď. První doplněná obsahovala text: "Je to předmětem studia atestace, v VOŠ to není v plánu výuky", kde se vyučující odkazuje na obsah plánu výuky u daného předmětu na VOŠ. Druhá odpověď obsahuje text: "Z 15 studentů jde 14 do řetězových lékáren – proto to považuji za zbytečné.", kde vyučující odkazuje na nepotřebnost těchto znalostí z důvodu nízkého využití těchto znalostí.

### Otázka č. 21

Využíváte při výuce videozáznamy z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení?

N = 7

*Tabulka 17 Míra zařazení videozáznamů z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení ve výuce u oslovených respondentů*

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	4	57,1
Ne	3	42,9
Celkem	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 7 vyučujících. Mírná nadpoloviční většina (57,1 %) využívá ve výuce různé videozáznamy z oblasti nukleární medicíny. Ostatní učitelé (42,9 %) takové videozáznamy nevyužívá. Učitelé, kteří využívají videozáznamy během výuky odpovídají následně na otázku č. 22 a ostatní učitelé na otázku č. 23. Obě skupiny učitelů následně pokračují u otázky č. 24.

### Otázka č. 22

Jak často využíváte při výuce videozáznamy z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení?

N = 4

Tabulka 18 Četnost využívání videozáznamů z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení ve výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Velmi často využívám různé videozáznamy (více než 3x za semestr)</b>	1	25,0
<b>Snažím se občasně zařadit využití videozáznamů (maximálně 3x za semestr)</b>	1	25,0
<b>Pouze, když zbyde čas</b>	2	50,0
<b>Jiné</b>	0	0,0
<b>Celkem</b>	4	100,0

Tato otázka byla určena pro respondenty, kteří odpověděli na otázku č. 21 odpovědí Ano, což znamená, že na tuto otázku odpověděli 4 učitelé. Polovina (50,0 %) využívá výuková videa pouze, když zbyde čas. Jeden vyučující (25,0 %) využívá výuková videa velmi často (více, než 3x za semestr) a poslední jeden učitel (25,0 %) se snaží občasně zařadit výuková videa do výuky (maximálně 3x za semestr). Nikdo z dotazovaných učitelů nevyužil jinou možnost odpovědi.

### **Otázka č. 23**

Z jakého důvodu nevyžíváte při výuce videozáznamy z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení?

N = 3



Tabulka 19 Důvod nevyužívání videozáznamů z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení ve výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Nemám vhodné videozáznamy k dispozici	1	33,3
Z časových důvodů	0	0,0
Nepřijde mi to důležité	0	0,0
Nevyužívám – bez udání důvodu	0	0,0
Jiné	2	66,7
<b>Celkem</b>	<b>3</b>	<b>100,0</b>

Tato otázka byla určena pro učitele, kteří odpověděli na otázku č. 21 odpovědí Ne, z čehož vyplývá, že na tuto otázku odpověděli 3 učitelé. Jeden z dotazovaných učitelů (33,3 %) nemá vhodné videozáznamy k dispozici a další dva vyučující (66,7 %) využili možnost volné odpovědi. První odpověď obsahuje text “Výuka probíhá půl semestru – nelze vše stihnout”, která se odkazuje na nedostatek času během výuky. Druhá volná odpověď obsahuje text “Chodíme přímo do provozu na dané kliniky”, což odkazuje na využití možnost navštívení dané kliniky a tím nahradit videozáznamy ve výuce.

#### Otázka č. 24

Využíváte při výuce pracovní listy?

N = 7

Tabulka 20 Míra využívání pracovních listů ve výuce oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	0	0,0
Ne	7	100,0
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo sedm učitelů. Všichni sdělili (100,0 %), že ve své výuce nevyužívají žádných pracovních listů.

Pro učitele, kteří odpověděli ano byla připravena následující otázka č. 25 a pro učitele, kteří odpověděli ne byla připravena otázka č. 26.

### Otázka č. 25

Kde jste získala/a pracovní listy, které využíváte při výuce?

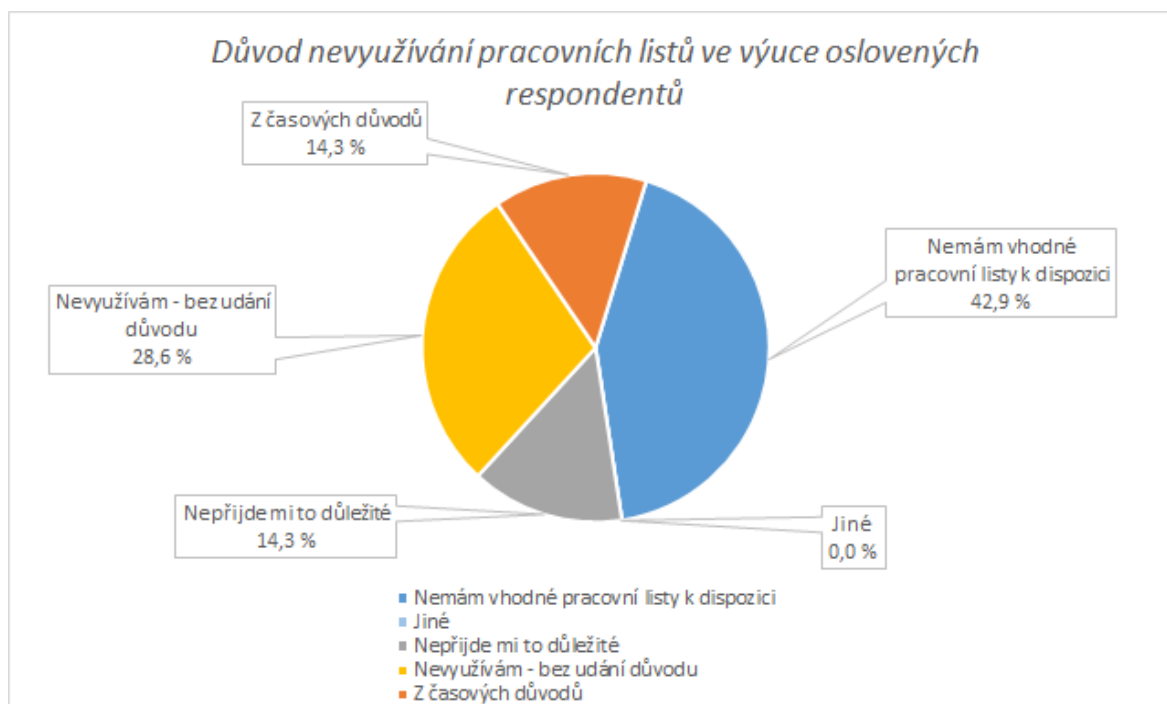
N = 0

Tato otázka byla určena pro respondenty, kteří odpověděli na otázku č. 24 odpovědí Ano. Jelikož se tato odpověď nevyskytla ani v jednom případě, tato otázky se žádnému respondentovi nezobrazila.

### Otázka č. 26

Z jakého důvodu nevyžíváte pracovní listy při výuce?

N = 7



Graf 3 Důvod nevyžívání pracovních listů ve výuce oslovených respondentů

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů, kteří v otázce č. 24 odpověděli, že nevyžívají pracovní listy. Tři učitelé (42,9 %) odpověděli, že nemají k dispozici vhodné pracovní listy, jeden z dotazovaných učitelů (14,3 %) nevyžívá tuto didaktickou pomůcku z časových důvodů a jeden dotazovaný učitel (14,3 %) nepovažuje využívání pracovních listů za důležité. Dva učitelé (28,6 %) neuvedli důvod nevyžívání pracovních listů.

### Otázka č. 27

Využíváte při vyučování těchto předmětů i jinou formu výuky, než frontální (jinou než učitel předávající informace)? (Pokud ano, prosím o uvedení příkladů)

N = 7

Odpovědi respondentů jsou doslovné přepisy odpovědí.

Tabulka 21 Metody výuky oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ne	4	57,1
Ano - "Případové studie, exkurze"	1	14,3
Ano - "Skupinová práce, práce s textem, badatelský přístup, kvízy"	1	14,3
Ano - "Pokoušel jsem se o to – studenti nejsou ochotni/schopni se na výuku připravovat"	1	14,3
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo sedm učitelů. Lehká nadpoloviční většina (57,1 %) využívá jinou než frontální formu výuky. Dva učitelé (28,6 %) popisují různé moderní didaktické formy a jeden učitel (14,3 %) popisuje negativní zkušenost s využíváním jiných než frontálních metod.

### Otázka č. 28

Využíváte ve výuce práci s odborným textem z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky (učebnice, skriptá, odborné články, ...)? (Pokud ano, prosím o uvedení příkladů)

N = 7

Odpovědi respondentů jsou doslovné přepisy odpovědí.

Tabulka 22 Míra využívání práce s odborným textem z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky ve výuce oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ne	4	57,1
Ano - “Základy radiologie pro radiologické asistenty”	1	14,3
Ano - “Rabišková: Technologie léků, webové stránky SÚJB, SÚRO, SZÚ”	1	14,3
Ano - “Skripta: Nukleární medicína, Radiologie pro studium i praxi a Medicínská biofyzika“	1	14,3
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. Nízká nadpoloviční většina (57,1 %) uvedla, že ve výuce nevyužívá žádné metody práce s odborným textem z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky. Tři dotazovaní učitelé uvedli, že využívají některé odborné texty. Jeden vyučující uvedl jednu knihu – “Základy radiologie pro radiologické asistenty” a druhý vyučující uvedl tři jednotlivé odborné publikace - “Nukleární medicíny, Radiologie pro studium a praxi a Medicínskou biofyziku”. Poslední učitel, který uvedl mimo publikaci “Technologie léků”, také odborné texty z webových stránek SÚJB (Státní ústav pro jadernou bezpečnost), SÚRO (Státní ústav radiační ochrany) a SZÚ (Státní zdravotní ústav).

#### Otázka č. 29

Využíváte ve výuce fotografické materiály z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky (fotografie laboratoří, pomůcek, strojů, ...)? (Pokud ano, prosím o uvedení příkladů)

N = 7

Odpovědi respondentů jsou doslovné přepisy odpovědí.

Tabulka 23 Míra využívání fotografických materiálů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky ve výuce oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Ne</b>	3	42,9
<b>Ano – Bez uvedení příkladů</b>	1	14,3
<b>Ano - “Obrázky přístrojů, snímků z jednotlivých vyšetřovacích metod, záznam echo”</b>	1	14,3
<b>Ano - “Sety výukových snímků“</b>	1	14,3
<b>Ano - “Plány pracoviště, fotografie pomůcek, laminárních boxů, jednorázových obleků pracovníků v laboratoři, ...”</b>	1	14,3
<b>Celkem</b>	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. Tři z dotazovaných učitelů (42,9 %) odpovědělo, že žádné fotografické materiály z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky nevyužívají. Čtyři vyučující (57,1 %) využívají výše uvedené fotografické materiály ve výuce.

### Otázka č. 30

Probíráte se studenty detailně jednotlivá vyšetření z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky? (Pokud ano, prosím o uvedení příkladů)

N = 7

Odpovědi respondentů jsou doslovné přepisy odpovědí.

Tabulka 24 Míra seznamování studentů s jednotlivými typy vyšetření z oblasti nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky ve výuce u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ne	2	28,6
Ano - "Jednotlivá vyšetření studenti vidí přímo v provozu"	1	14,3
Ano - "Prosté snímky, typové snímky fraktur, CT"	1	14,3
Ano - "RTG, CT, ultrazvuk, MR, NMR, PET, scintigrafie"	1	14,3
Ano - "PET, CT, MR, skiaskopie, skiografie, ultrazvuková vyšetření atd."	1	14,3
Ano - "Např. zátěžové vyšetření srdce, vyšetření ledvin, vyšetření kostí, ..."	1	14,3
<b>Celkem</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů. Pět učitelů (71,4 %) uvedlo různé příklady z oblasti nukleární medicíny nebo radiologie, případně kombinace obou oborů, která se studenty detailně probírají. Dva učitelé (28,6 %) uvedli, že detailně tyto typy vyšetření se studenty neprobírají.

### Otázka č. 31

Využíváte ve výuce snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky? (Pokud ano, prosím o uvedení příkladů)

N = 7

Tabulka 25 Míra využívání snímků z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky ve výuce oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Ne</b>	3	42,9
<b>Ano - Bez uvedení příkladů</b>	1	14,3
<b>Ano - “Ano v systému PAXS”</b>	1	14,3
<b>Ano - “Zlomeniny, patologie kloubů, plic, ledvin ...”</b>	1	14,3
<b>Ano - “Vyšetření srdce, ledvin, plic, kostí, ...”</b>	1	14,3
<b>Celkem</b>	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 7 vyučujících. Necelá polovina (42,9 %) uvedlo, že žádné snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky se studenty nevyužívá. Jeden vyučující (14,3 %) neuvedl příklady snímků vyšetření, další vyučující uvedl (14,3 %), že využívá systém PAXS (PACS – Picture archiving and communication system – System pro archivaci a komunikaci snímků). Třetí pozitivně odpovídající učitel (14,3 %) uvedl příklady patologie různých částí těla a poslední vyučující (14,3 %) uvedl vyšetření z oblasti nukleární medicíny.

### Otázka č. 32

Měl/a byste zájem o zpracované edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu?

N = 7

Tabulka 26 Zájem o zpracované edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu u oslovených respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Ano</b>	7	100,0
<b>Ne</b>	0	0,0
<b>Celkem</b>	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo sedm učitelů. Všichni sdělili (100,0 %), že by měli zájem o zpracované edukační materiály, které mohou využít ve výuce zkoumaného předmětu.

### Otázka č. 33

Kdybyste si mohl/a vybrat, které zpracované edukační materiály by nejvíce obohatily vaše hodiny předmětů zaměřených na nukleární medicínu? (možnost odpovědět až tři odpovědi)

N = 16

Tabulka 27 Zájem oslovených respondentů o jednotlivé zpracované edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Zpracované radiofarmaceutické výpočty	1	6,3
Edukační videozáznamy z nukleární medicíny	4	25,0
Vypracované pracovní listy	3	18,8
Připravené odborné texty	3	18,8
Fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny	3	18,8
Snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny	2	12,5
Žádné, vše potřebné mám do výuky připravené	0	0,0
Jiné	0	0,0
<b>Celkem</b>	<b>16</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 7 učitelů a každý z odpovídajících učitelů měl možnost označit až 3 okruhy materiálů, které by nejvíce obohatily jejich výuku.

Celkem bylo získáno 16 odpovědí. Nejčastěji se vyskytovala odpověď se zájmem o edukační videozáznamy z nukleární medicíny (25,0 % z celkového počtu odpovědí).

S druhou největší četností se vyskytly tři odpovědi se stejnou shodou tři hlasů (každá s 18,8 % z celkového počtu odpovědí) - vypracované pracovní listy, připravené odborné texty a fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny. S dvěma hlasy (12,5 %) se vyskytla odpověď se zájmem o snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny a s jedním hlasem (6,3 %) se vyskytla odpověď zaměřená na zpracované radiofarmaceutické výpočty.



Nikdo nevyužil možnost, že žádné materiály nepotřebuje, protože vše potřebné má do výuky připravené a nikdo nevyužil možnost volné odpovědi.

#### **Otázka č. 34**

Měl/a byste zájem o zaslání vytvořených edukačních materiálů z oblasti nukleární medicíny a radiodiagnostiky? (Pokud ano, prosím o uvedení e-mailu)

N = 7

*Tabulka 28 Zájem učitelů o zaslání vytvořených edukačních materiálů z oblasti nukleární medicíny a radiodiagnostiky*

<b>Odpověď</b>	<b>Počet</b>	<b>Vyjádřeno v %</b>
<b>Ano</b>	7	100,0
<b>Ne</b>	0	0,0
<b>Celkem</b>	7	100,0

Na tuto otázku odpovídalo sedm dotazovaných učitelů a všichni vyplnili své e-mailové adresy na které jim budou zaslány vytvořené edukační materiály.

## **4.4 Diskuze, komparace a zhodnocení dotazníku**

### **Diskuze**

#### **Hlavní cíl dotazníku pro učitele**

Zjistit informace o zařazování rozmanitých forem výuky a využívání didaktických prostředků ve výuce předmětů zaměřujících se na nukleární medicínu.

#### **Hlavní výzkumná otázka dotazníku pro učitele**

Do jaké míry oslovení vyučující zařazují rozmanité druhy forem výuky a jaké didaktické prostředky běžně využívají?

Pro vyhodnocení hlavní výzkumné otázky dotazníku jsou použita data získaná z odpovědí na osm jednotlivých otázek (č. 13, 16, 21, 24, 27, 28, 29 a 31). Všechny tyto otázky zkoumají, jakou formu výuky dotazovaní učitelé využívají a také zda využívají různé didaktické nástroje pro výuku a opakování učiva.

Následující tabulka vytváří souhrnný náhled na odpovědi daných učitelů v těchto otázkách.

Tabulka 29 Rozbor otázek pro zodpovězení hlavní výzkumné otázky

	Odpověď respondenta č.						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Otázka č. 13 - Využívání fyzických předmětů ve výuce</b>	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne
<b>Otázka č. 16 - Navštěvování zdravotnických zařízení</b>	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano
<b>Otázka č. 21 - Využívání videozáznamů</b>	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne
<b>Otázka č. 24 - Využívání pracovních listů</b>	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
<b>Otázka č. 27 - Využívání rozmanité formy výuky</b>	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne
<b>Otázka č. 28 - Využívání odborných textů</b>	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano
<b>Otázka č. 29 - Využívání fotografických materiálů</b>	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne
<b>Otázka č. 31 - Využívání snímků z vyšetření pacientů</b>	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
<b>Procentuální výskyt kladných odpovědí u daného respondenta</b>	<b>62,5 %</b>	<b>50,0 %</b>	<b>50,0 %</b>	<b>25,0 %</b>	<b>12,5 %</b>	<b>50,0 %</b>	<b>37,5 %</b>

Z této tabulky lze vyvodit několik poznatků. Průměrná hodnota procentuálního výskytu kladných odpovědí na využívání uvedených didaktických forem a didaktických nástrojů je 41,1 %. Nejvyšší procentuální výskyt využívání různých didaktických forem a nástrojů uvedl respondent č. 1, který z uvedené nabídky využívá ve své výuce 62,5 % nabízených

možností. Naopak nejnižší výskyt využívání didaktických forem a nástrojů uvedl respondent č. 5, který využívá pouze 12,5 % z nabízených možností.

Z uvedených odpovědí lze vyčíst, že 57,1 % dotazovaných učitelů používá 50,0 a více % z dané nabídky didaktických forem a nástrojů. Pouze 28,6 % dotazovaných učitelů odpovědělo tak, že využívají 25,0 a méně % z dané nabídky didaktických forem a nástrojů.

Nejmenší četnost kladné odpovědi vykazuje otázka č. 24, která se zabývala využíváním pracovních listů (0,0 % výskytu) a dále se stejnou četností otázka č. 13 zaměřená na využívání fyzických předmětů ve výuce. Nízkou míru kladných responzí vykazuje také otázka č. 27 zaměřená na využívání různých forem výuky (28,6 % výskytu). S největší četností kladné odpovědi je otázka č. 16 zabývající se realizací návštěv zdravotnických zařízení (71,4 % výskytu).

Souhrnnou analýzou odpovědí byla prozkoumána a vyhodnocena hlavní výzkumná otázka.

### **Dílčí cíl č. 1 dotazníku pro učitele**

Získat data o profesním zázemí dotazovaných učitelů.

### **Dílčí výzkumná otázka č. 1 dotazníku pro učitele**

Jaké je profesní zázemí dotazovaných učitelů?

Pro vyhodnocení této výzkumné otázky budeme vycházet z výsledků sedmi otázek realizovaného dotazníkového šetření (č. 1, 2, 3, 4, 5, 6 a 7).

Následující tabulka přibližuje zastoupení jednotlivých odpovědí u anonymizovaných respondentů. Z dotazníku bylo zjištěno, že 71,4 % dotazovaných učitelů má alespoň určitou formu pedagogického vzdělání. Každý z dotazovaných učitelů má nejméně pedagogické, nebo farmaceutické vzdělání. Respondent č. 2 nemá rozsáhlé pedagogické vzdělání, avšak je současně lékařem (bohužel nesdělil své lékařské zaměření) a respondent č. 7 také nemá rozsáhlé pedagogické vzdělání, avšak má středoškolské vzdělání v oboru radiologický asistent, které je úzce spjato s nukleární medicínou.

V následujících otázce č. 4 je popsána délka pedagogické zkušenosti daných respondentů a v návazné otázce č. 5 je popsána délka zkušenosti s výukou předmětu základy radiofarmacie (nebo obdobného předmětu na dané škole). Z vyhodnocení otázky č. 4 bylo zjištěno,

že každý dotazovaný učitel má zkušenost s výukou 11 a více let. Z vyhodnocení otázky č. 5, která se zaměřuje na specifickou délku praxe s předmětem základy radiofarmacie (nebo obdobným předmětem na dané škole), můžeme vyčíst, že více než polovina dotazovaných (57,2 %) má zkušenost s výukou tohoto předmětu nejméně 6 a více let a pouze jeden respondent (14,3 %) má zkušenost s výukou tohoto předmětu v délce období 1 až 2 let.

V následujících dvou otázkách č. 6 a 7 odpověděli respondenti na pracovní zkušenosti v oblasti na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku. Otázka č. 6 zjišťuje, jestli respondenti na takovém pracovišti ve své praxi pracovali a následující otázka č. 7 zjišťuje u kladně odpovídajících respondentů délku pracovní zkušenosti na takovém pracovišti.

Z analýzy získaných odpovědí lze určit, že 57,1 % vyučujících nemá pracovní zkušenost s prací na daných zdravotnických pracovištích. Ti vyučují, kteří v historii pracovali na daných pracovištích, disponují různě dlouhou dobou praxe na těchto pozicích. Mezi dotazovanými učiteli se vyskytuje zástupce se zkušeností o době 0-2 let práce, dále jeden zaměstnanec s délkou praxe 6-10 let a poslední zaměstnanec, který byl na pracovišti zaměřeném na radiofarmacii zaměstnán 11 nebo více let.

Z těchto získaných výsledků lze vyvodit, že profesní zázemí dotazovaných učitelů je velmi různorodé a vyskytují se mezi těmito učiteli i lékárníci, lékaři, farmaceutičtí asistenti, nebo radiologičtí asistenti.

Těmito výsledky byla prozkoumána a vyhodnocena první dílčí výzkumná otázka.

Tabulka 30 Tabulka porovnání odpovědí otázek č. 1, 2, 3, 4, 5, 6 a 7

Číslo anonymizovaného respondenta	Vzdělání respondenta v oblasti učitelství	Vzdělání respondenta v oblasti farmacie	Další vzdělání	Délka celkové pedagogické praxe	Délka pedagogické praxe s daným předmětem	Pracovní zkušenost na oddělení přípravy radiofarmak	Délka této pracovní zkušenosti
1	Žádné	Magisterské nebo doktorské vzdělání	Ne	11 a více let	11 a více let	Ano	6-10 let
5	Žádné	Magisterské nebo doktorské vzdělání	Atestace z veřejného lékárenství	11 a více let	11 a více let	Ano	0-2 roky
7	Pedagogický kurz celoživotního vzdělávání	Žádné	SŠ – Radiologický asistent	11 a více let	11 a více let	Ano	11 a více let
4	Pedagogický kurz celoživotního vzdělávání	Magisterské nebo doktorské vzdělání	Ne	11 a více let	6-10 let	Ne	0 let
2	Pedagogický kurz celoživotního vzdělávání	Žádné	MUDr.	11 a více let	3-5 let	Ne	0 let

Číslo anonymizovaného respondenta	Vzdělání respondenta v oblasti učitelství	Vzdělání respondenta v oblasti farmacie	Další vzdělání	Délka celkové pedagogické praxe	Délka pedagogické praxe s daným předmětem	Pracovní zkušenost na oddělení přípravy radiofarmak	Délka této pracovní zkušenosti
3	Bakalářské vzdělání	Středoškolské vzdělání	Atestace v oboru farmaceutický laborant	11 a více let	3-5 let	Ne	0 let
6	Magisterské nebo doktorské vzdělání	Žádné	Ne	11 a více let	1-2 roky	Ne	0 let

### **Dílčí cíl č. 2 dotazníku pro učitele**

Získat data o vztahu studentů k předmětu zaměřeného na nukleární medicínu od dotazovaných vyučujících

### **Dílčí výzkumná otázka č. 2 dotazníku pro učitele**

Jaký je dle vyučujících vztah studentů k předmětu zaměřeného na nukleární medicínu?

Pro vyhodnocení této výzkumné otázky budeme vycházet z výsledků čtyř otázek (č. 8, 9, 10 a 11).

Otázka č. 8 získala od respondentů jednotlivé hodnoty, která popisují zájem o předmět u studentů oboru diplomovaný farmaceutický asistent. Získaná průměrná hodnota předpokládaného zájmu u studentů na stupnici 1-10 (1 nejmenší zájem, 10 největší zájem) je 5,14. Tato hodnota se dá považovat za průměrnou, což by se dalo u studentů tohoto oboru a těchto zkoumaných předmětů předpokládat.

Data získaná z odpovědí na otázku č. 9 popisují smíšené pocity vyučujících v jejich názorech na vztah studentů ke zkoumanému předmětu. Většina oslovených učitelů vyzdvihuje fakt, že nejedná o profilový předmět a také o to, že většina studentů je pasivních nebo nevidí dostatečné propojení s obvyklou lékárenskou praxí. To, že se nejedná o profilový předmět, je samozřejmé, především kvůli celkovému zaměření studovaného oboru farmaceutického asistenta. Další zmíněné fenomény, například pasivita studentů nebo nedostatečné propojení vědomostí, by se daly spíše přisuzovat nevyhovujícím didaktickým metodám, popřípadě špatně zvolené didaktické formě výuky.

Následující dvě otázky (č. 10 a 11) popisují nepřímo vztah studentů k dané oblasti farmacie. V otázce č. 10 všichni dotazovaní učitelé uvedli, že za posledních 5 let nevedli ani jedinou absolventskou práci u studenta oboru diplomovaný farmaceutický asistent. Student VOŠ by samozřejmě nemusel psát absolventskou práci v tomto oboru přímo pod vedením daného učitele, a proto je v otázce zdůrazněná také část, jestli alespoň oponovali takovou práci. Na otázku oponentury současně všichni učitelé uvedli, že za posledních 5 let také neoponovali ani jednu absolventskou práci od studenta oboru diplomovaný farmaceutický asistent na téma nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky.

Na otázku č. 10 navazuje otázka č. 11, která měla zjistit u respondentů přesný počet vedených nebo oponovaných absolventských prací, avšak tato otázka nebyla využita u žádného účastníka výzkumu, neboť žádný z učitelů nevedl výskyt dané absolventské práce.

Z těchto dvou výsledků lze vyčíst, že určitý zájem se mezi studenty může vyskytovat, avšak u žádného studenta na dotazovaných sedmi VOŠ se v posledních pěti letech neprojevil dostatečný zájem o obor nukleární medicíny, aby se dobrovolně zavázal k napsání a obhájení své absolventské práce na toto téma.

Následující tabulka obsahuje doslovné přepisy respondentů z otázky č. 8, následně vzestupně seřazené hodnoty na stupnici oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu dotazovaných učitelů vycházející z otázky č. 9. Sloupec vycházející z odpovědí na otázky č. 10 a 11 nebyl zařazen z důvodu, že u všech respondentů byla odpověď, že nevedl ani jednu absolventskou práci na téma nukleární medicíny u studenta oboru diplomovaný farmaceutický asistent v období posledních 5 let.

Těmito výsledky byla prozkoumána a vyhodnocena druhá dílčí výzkumná otázka.



Tabulka 31 Tabulka shrnutí dat o předpokládané oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu dotazovaných vyučujících

Anonymizované pořadí odpovědí	Odpověď respondenta	Hodnota na stupnici
1	“Někteří studenti zájem mají, ale většina ne. Není to většinu studentů důležitý předmět.”	3
6	“Studenti podle mého názoru nevidí přínos výuky pro budoucí praxi”	3
3	“Studenti se spíše vidí na pracovní pozici v lékárně.”	4
2	“Zájem studentů posuzuji podle reakcí na prezentované materiály.”	5
4	“Vaše otázka je velmi zobecňující, v každé třídě je 10% aktivních 49% průměrných a 50% podprůměrnými studentů - zhruba o zde se odvíjí zájem o předmět”	6
5	“Není to profilový předmět”	6
7	“Jsem vyučující předmětu Základy radiologie a radiační ochrany, který se vyučuje u všech nelékařských oborů, pro studenty jsou to úplně nové informace, mám předmět rozdělený na teorii a cvičení, kde je beru do provozu na všechny modality, jak na Radiologické klinice, tak na Klinice nukleární medicíny a hlavně tato část je pro studenty zajímavá a z toho usuzuji, že pramení zájem o předmět.”	9

### Komparace dat získaných z dotazníku pro učitele

Pro komparaci bylo vybráno porovnání četnosti využívání různých didaktických forem výuky a didaktických nástrojů v návaznosti na úroveň pedagogického vzdělání dotazovaných učitelů.

Nejdříve dojde k rozřazení učitelů do tří skupin dle úrovně pedagogického vzdělání pomocí odpovědí v otázce č. 1. Následně využijeme data z tabulky, která byla využita při vyhodnocování hlavní výzkumné otázky.

Skupiny dle úrovně pedagogického vzdělání rozdělíme na učitele bez pedagogického vzdělání, dále na učitele s pedagogickým kurzem celoživotního vzdělávání a následně na učitele s bakalářským, magisterským, nebo doktorským stupněm pedagogického vzdělání. K jednotlivým respondentům zařazeným do skupin bude přiřazen procentuální výskyt kladných odpovědí na jednotlivé didaktické formy a didaktické nástroje.

Tabulka 32 Tabulka komparace dat z dotazníkového šetření

Úroveň pedagogického vzdělání	Číslo anonymizovaného respondenta	Procentuální výskytu kladných odpovědí v otázce využívání didaktických forem a nástrojů
Žádné pedagogické vzdělání	1	62,5 %
	5	12,5 %
Pedagogický kurz celoživotního vzdělávání	2	50,0 %
	4	25,0 %
	7	37,5 %
Bakalářské, magisterské, nebo doktorské vzdělání	3	50,0 %
	6	50,0 %

Průměrná hodnota procentuálního výskytu kladných odpovědí na využívání didaktických forem a nástrojů u skupiny učitelů bez pedagogického vzdělání odpovídá 37,5 %. Stejnému průměru nabývá skupina s pedagogickým kurzem celoživotního vzdělávání, tedy 37,5 %. Průměrná hodnota u bakalářsky, magistersky, nebo doktorský vzdělaných pedagogů je 50,0 %, která odpovídá získaným hodnotám obou těchto učitelů.

Zajímavou hodnotou je učitel pod číslem 1, který nemá žádné pedagogické vzdělání, avšak jeho výsledek v přehledu využívaných forem a nástrojů je nejvyšší.

Obecně by se dalo předpokládat, že více didaktických forem a nástrojů budou využívat učitelé s vyšším pedagogickým vzděláním, což tyto výsledky v průměru podporují, avšak zde se jedná pouze o velmi omezený vzorek specificky zaměřených učitelů.

### **Zhodnocení dotazníku**

Toto dotazníkové šetření pomohlo nahlédnout do pedagogické reality výuky zkoumaných předmětů na vyšších odborných školách zdravotnických s oborem diplomovaný farmaceutický asistent. Z těchto 11 škol, které se na území České republiky celkově nacházejí, bylo získáno 7 odpovědí, což znamenalo 63,6 % všech zástupců, kterých se toto dotazníkové šetření týkalo. Jedná se o velmi malý vzorek respondentů, avšak je nutno vzít limitující faktor velmi omezeného počtu škol.

Z dotazníkového šetření lze vidět, že vzorek těchto učitelů je velmi pestrý a například z hlediska vzdělání má každý učitel rozdílné odborné zaměření. Každý z těchto učitelů má dlouholetou zkušenost s výukou, takže lze předpokládat, že každý z nich má již určitý systém výuky zkoumaného předmětu. Věřím, že vytvořené didaktické materiály obohatí výuku těchto předmětů a pomohou jak učitelům s jednodušším předáváním znalostí, tak studentům, pro které bude jednodušší pochopit tento zajímavý obor farmacie a medicíny.

## 5 Dotazník pro studenty

V této části diplomové práce je zpracován dotazník určen pro studenty 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent, který se zaměřuje na plány studentů po ukončení studia a dále na zkušenosti se studiem předmětů zabývajících se nukleární medicínou a přípravou radiofarmak.

### 5.1 Cíl a výzkumné otázky dotazníku pro studenty

Cílem tohoto dotazníku je získat a vyhodnotit informace od studentů oboru diplomovaný farmaceutický asistent, kteří jsou aktuálně ve 3. ročníku, a tedy semestr od ukončení jejich studia tohoto oboru.

#### Hlavní cíl dotazníku pro studenty

- Zjistit informace o spokojenosti studentů s absolvovaným předmětem zaměřeným na nukleární medicínu a zmapovat edukační materiály, které by z pohledu studentů nejvíce obohatily výuku zkoumaného předmětu.

#### Hlavní výzkumná otázka dotazníku pro studenty

- Do jaké míry jsou studenti spokojeni s absolvovaným předmětem zaměřeným na nukleární medicínu a které edukační materiály by nejvíce ocenili při výuce tohoto předmětu?

#### Dílčí cíle a dílčí výzkumné otázky dotazníku pro studenty

- **Dílčí cíl č. 1 dotazníku pro studenty:** Získat data o studijním zázemí a budoucí studijní plány dotazovaných studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent.
- **Dílčí výzkumná otázka č. 1 dotazníku pro studenty:** Jaké je studijní zázemí a budoucí studijní plány dotazovaných studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent?
- **Dílčí cíl č. 2 dotazníku pro studenty:** Získat data o předpokládané pracovní budoucnosti studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent.
- **Dílčí výzkumná otázka č. 2 dotazníku pro studenty:** Jaká je předpokládaná pracovní budoucnost studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent?

## **5.2 Metodika dotazníku pro učitele**

Pro praktickou část byla zvolena metoda dotazníkového šetření. Dotazníkové šetření probíhalo anonymně a probíhalo v období 20.2.2024 – 14.3.2024.

### **Dotazníkové šetření**

Dotazník probíhal online formou za využití programu Microsoft Forms. V pozvánce k vyplnění dotazníkového šetření bylo přiloženo představení autora dotazníku a vysvětlení důvodu dotazování. Dotazník se skládal ze sedmnácti otázek. Bylo využito uzavřených otázek s jednou možnou odpovědí, uzavřených otázek s možností více odpovědí a otázek s otevřenou možností odpovědi. Některé otázky nebyly zobrazeny všem respondentům z důvodu předchozích odpovědí. Všechny otázky lze rozdělit do několika skupin. První skupina otázek popisuje základní informace o respondentech (1-2. otázka). Druhá skupina otázek zjišťuje informace o studijním zázemí a případnými plány dalšího studia u těchto respondentů (3.-6. otázka). Třetí skupina otázek získává informace o pracovních plánech po dokončení studia tohoto oboru (7.-11. otázka). Poslední skupina otázek zjišťuje informace o spokojenosti dotazovaných studentů s absolvovaným předmětem zaměřeným na nukleární medicínu, návrhy na zlepšení daného předmětu a dávají možnost zanechat e-mailovou adresu v případě zájmu o vytvořené edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu a přípravu radiofarmak (12.-17. otázka). Nevyplněný dotazník je přiložen pod přílohou č. 5.

### **Charakteristika zkoumaného vzorku**

Zkoumaným vzorkem tohoto dotazníkového šetření byly zvoleni studenti 3. ročníku zdravotnických VOŠ s oborem diplomovaný farmaceutický asistent. Dotazník byl odeslán vedoucím oborů, či zástupcům VOŠ na všech vyšších odborných školách zdravotnických s oborem diplomovaný farmaceutický asistent. Celkem se jednalo o oslovení zástupců 11 zdravotnických VOŠ. V úvodním emailu byla žádost o předání dotazníku studentům daného oboru a ročníku. Každý dotazovaný student byl poučen, že dotazník vyplňuje pouze jedenkrát. Z tohoto dotazníkového šetření byly vyřazeni studenti jiných ročníků tohoto oboru na oslovených školách, studenti jiných oborů na těchto školách a všichni ostatní zájemci, kteří by chtěli tento dotazník vyplnit.

### 5.3 Vyhodnocení odpovědí dotazníku pro studenty

#### Návratnost

Oslovení studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent proběhlo skrze vedoucí oboru na dané VOŠ, nebo zástupce dané VOŠ. Osloveno bylo všech 11 zdravotnických VOŠ se zkoumaným studijním oborem. Z 5 dotazovaných VOŠ odpověděli zástupci školy, že dotazník přeposílají studentům. Ostatní VOŠ aktivně nereagovali na žádost o přeposlání a dotazník s žádostí jim byl odeslán dvakrát v období dvou týdnů.

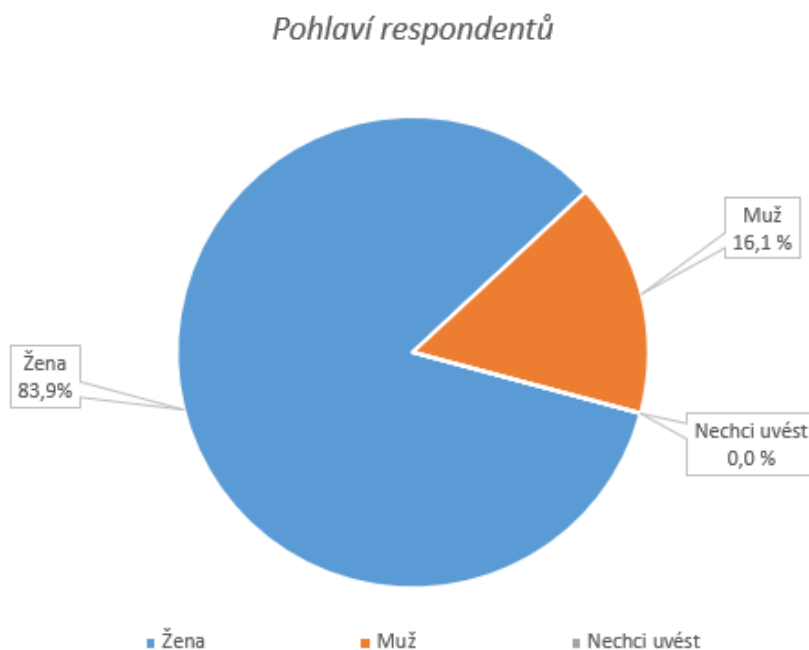
Celkem jsem získal a zpracoval 56 vyplněných dotazníků od zkoumaného vzorku studentů.

Z důvodu neznámého množství studentů jednotlivých škol nelze přesně určit přesné procento návratnosti vyplněných dotazníků.

#### Otázka č. 1

Jaké je vaše pohlaví?

N = 56



*Graf 4 Pohlaví respondentů*

Na tuto otázku odpovídalo 56 studentů. Z dotazovaného vzorku respondentů je 47 žen (83,9 %). Ve vzorku se nachází pouze 9 mužů (16,1 %). Žádný z respondentů nevyužil možnost neuvedení svého pohlaví.

### Otázka č. 2

Jaká je Vaše forma studia?

N = 56

Tabulka 33 Forma studia respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Prezenční studium</b>	47	83,9
<b>Kombinované studium</b>	9	16,1
<b>Celkem</b>	56	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 56 studentů. Výrazná většina respondentů (83,9 %) studuje formu oboru diplomovaný farmaceutický asistent prezenční formou studia. Zbývá část respondentů (16,1 %) studuje tento obor kombinovanou formou studia.

### Otázka č. 3

Studoval/a jste před VOŠ oborem “diplomovaný farmaceutický asistent” jinou vysokou, nebo vyšší odbornou školu?

N = 56

Tabulka 34 Předchozí zkušenosti se studiem VŠ, nebo VOŠ

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Ano</b>	28	50,0
<b>Ne</b>	28	50,0
<b>Celkem</b>	56	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 56 respondentů. V této otázce byl počet respondentů přesně rozdělen na polovinu, kdy jedna polovina (50,0 %) nemá zkušenost s předchozím studiem VŠ, nebo VOŠ a druhá polovina (50,0 %) respondentů tuto zkušenost před studiem oboru

“diplomovaný farmaceutický asistent” má. Na studenty s touto zkušeností byla směřována následující otázka č. 4.

#### Otázka č. 4

Dostudoval/a jste úspěšně studovaný vysokoškolský obor, nebo obor vyšší odborné školy? (Pokud ano, požádám vás o název dostudovaného oboru)

N = 28

Odpovědi respondentů jsou doslovné přepisy odpovědí.

Tabulka 35 Úspěšně ukončená studia VŠ, nebo VOŠ respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ne	25	89,2
“Diplomovaný zdravotní laborant”	1	3,6
“Bc. - Všeobecná sestra”	1	3,6
“Stále studuji”	1	3,6
<b>Celkem</b>	<b>28</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 28 respondentů. Jedná se o respondenty, kteří odpověděli v otázce č. 3, že mají osobní zkušenost s předchozím studiem na VŠ, nebo VOŠ. Téměř všichni respondenti (89,2 %) uvedli, že studovaný obor VŠ, nebo VOŠ, nedostudovali. Jeden respondent (3,6 %) uvedl, že má vystudovaný obor “Diplomovaný zdravotnický laborant”, což je VOŠ obor. Další student (3,6 %) uvedl, že úspěšně dostudoval bakalářský obor “Všeobecný sestra”, což je vysokoškolský bakalářský obor. Poslední respondent uvedl, že stále souběžně studuje další studijní program, avšak neuvedl, o jaký typ školy, či obor se jedná.

#### Otázka č. 5

Plánujete po dostudování VOŠ oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” studovat další vzdělávací program na VOŠ, VŠ?

N = 56



Tabulka 36 Plány budoucího studia respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	18	32,1
Ne	38	67,9
<b>Celkem</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo všech 56 respondentů. Většina (67,9 %) respondentů uvedla, že po dostudování VOŠ oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” již neplánují dále studovat. Ostatní studenti (32,1 %) uvedli, že mají zájem o další studium na VŠ, nebo VOŠ. Na respondenty, kteří zvolili odpověď “ano” se zaměřuje následující otázka č. 6.

### Otázka č. 6

Plánujete, že by další vzdělávací program souvisel s chemií, nebo farmacií?

N = 18

Tabulka 37 Zaměření oboru plánovaného studia respondentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	12	66,7
Ne	6	33,3
<b>Celkem</b>	<b>18</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 18 respondentů. Jednalo se o respondenty, kteří uvedli, že mají zájem pokračovat v dalších studiích. Těmto studentům byla položena otázka na specifikaci uvažovaného vzdělávacího programu. Dvě třetiny respondentů (66,7 %) uvedly, že chtějí, aby jejich následující vzdělávací obor souvisel s chemií, či farmacií. Jedna třetina respondentů (33,3 %) uvedla, že nechtějí, aby budoucí studovaný vzdělávací program souvisel s chemií, či farmacií.

### Otázka č. 7

Plánujete po dostudování oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” nastoupit do jakéhokoliv pracovního provozu?

N = 56

Tabulka 38 Zájem studentů začít pracovat po dokončení studia VOŠ

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	51	91,1
Ne	5	8,9
<b>Celkem</b>	<b>56</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 56 respondentů. Téměř všichni respondenti (91,1 %) uvedli, že po dostudování VOŠ oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” se mají v plánu zařadit do jakéhokoli pracovního provozu. Pouze 5 respondentů (8,9 %) uvedlo, že po dostudování aktuálně studované VOŠ neplánují plné zařazení do pracovního provozu.

#### Otázka č. 8

Plánujete po dostudování oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” nastoupit do pracovního provozu v lékárně?

N = 51

Tabulka 39 Zájem studentů začít pracovat po dokončení studia VOŠ v lékárně

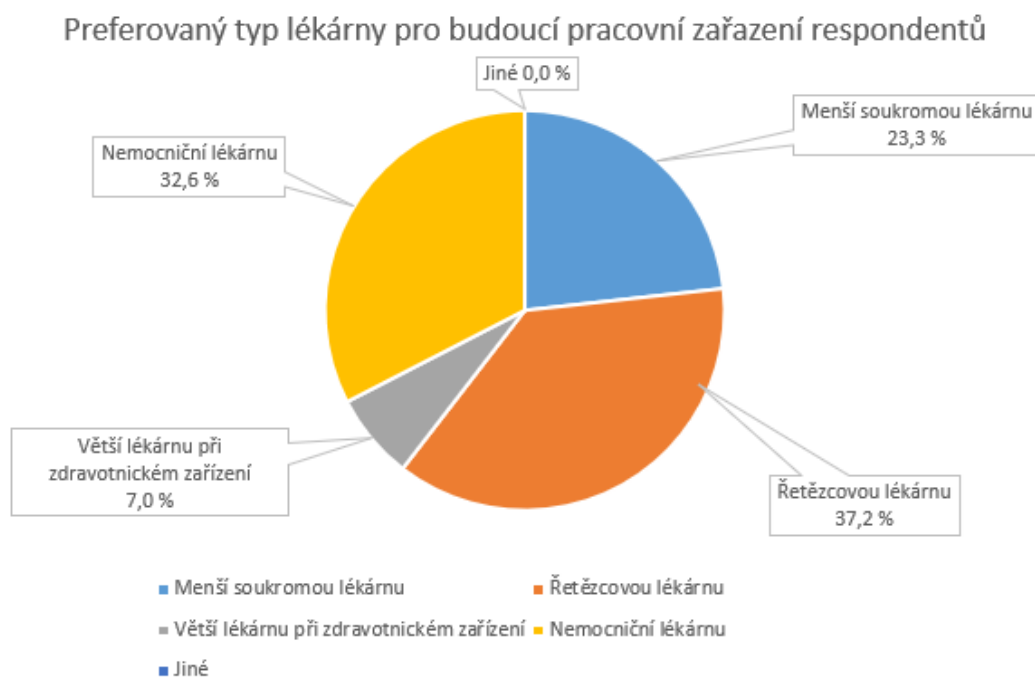
Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	43	84,3
Ne	8	15,7
<b>Celkem</b>	<b>51</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 51 respondentů. Jednalo se pouze o respondenty, kteří u otázky č. 7 poznamenali, že se chtějí zařadit do jakéhokoli pracovního provozu po dostudování oboru “diplomovaný farmaceutický asistent”, který právě studují. Většina respondentů (84,3 %) označila, že mají v plánu začít pracovat v lékárně. Zájem o jiný pracovní obor uvedlo 8 respondentů (15,7 %), kteří nemají zájem o práci v lékárně.

#### Otázka č. 9

Který typ lékárny byste preferoval/a pro své budoucí zaměstnání?

N = 43



*Graf 5 Preferovaný typ lékárny pro budoucí pracovní zařazení respondentů*

Na tuto otázku odpovídalo 43 respondentů. Jednalo se o respondenty, kteří v otázce č. 8 uvedli, že chtějí po dostudování VOŠ začít pracovat a mají zájem o práci v lékárně. Největší zájem u respondentů je o řetězcové lékárny (37,2 %), které preferuje 16 respondentů. Na druhém místě v zájmu jsou nemocniční lékárny, kde chce pracovat 14 respondentů (32,6 %). O menší soukromé lékárny má zájem 10 respondentů (23,3 %) a nejmenší zájem je o větší lékárny při zdravotnickém zařízení, které preferují 3 respondenti (7,0 %). Žádný dotazovaný student nezvolil volnou možnost odpovědi.

### **Otázka č. 10**

Dokážete si představit, že by se Vaše pracovní náplň odehrávala především v lékárenské laboratoři? (např. galenická laboratoř přípravy léčiv, laboratoř přípravy sterilních lékových forem, laboratoř přípravy cytostatik, laboratoř přípravy radiofarmak, analytické laboratoři kontroly léčiv, ...)

N = 43

Tabulka 40 Zájem respondentů o práci v lékárenských laboratořích

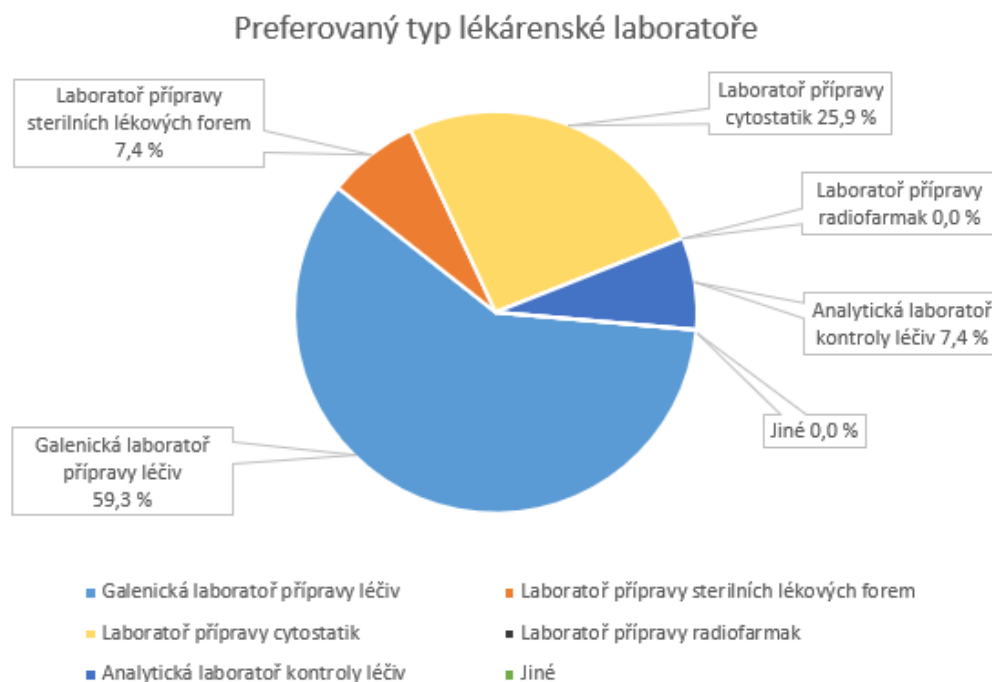
Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	27	62,8
Ne	16	37,2
<b>Celkem</b>	<b>43</b>	<b>100,0</b>

Na tuto otázku odpovídalo 43 respondentů, kteří u otázky č. 8 poznamenali, že mají zájem o pracovní pozici v lékárně. Nadpoloviční většina studentů (62,8 %) uvedla, si dokáží představit, že by většina jejich pracovní náplně odehrávala v lékárenské laboratoři. Pro tyto respondenty byla vytvořen následující otázka č. 11, která specifikuje preferovanou lékárenskou laboratoř. Ostatních 16 respondentů (37,2 %) uvedlo, že by o převažující práci v laboratoři neměli zájem.

#### Otázka č. 11

Která z těchto lékárenských laboratoří Vám přijde nejvíce zajímavá a nejvíce by se shodovala s představou Vaší budoucí práce v lékárně?

N = 27



Graf 6 Preferovaný typ lékárenské laboratoře

Na tuto otázku odpovídalo 27 respondentů, kteří v otázce č. 10 uvedli, že by si dokázali představit jako převažující náplň práce v lékárenské laboratoři. Největší zájem je o galenickou laboratoř přípravy léčiv, kterou by zvolilo 16 respondentů (59,3 %). Druhou v pořadí je laboratoř přípravy cytostatik, která byla zvolena 7 studenty (25,9 %). Laboratoř přípravy sterilních lékových forem a analytickou laboratoř kontroly léčiv by si zvolilo stejně respondentů, tedy po dvou v každém typu laboratoře (7,4 %). Žádný z dotazovaných studentů nevyužil odpověď laboratoř přípravy radiofarmak a nikdo také nevyužil možnost volné odpovědi.

### Otázka č. 12

Během Vašeho studia jste absolvoval/a předmět základy radiologie, základy radiofarmacie, nebo základy radiační ochrany. Na stupni 1-10 uveďte, jak pro Vás byl tento předmět zajímavý. (1 velmi nezajímavý předmět - 10 velmi zajímavý předmět)

N = 56



*Graf 7 Míra zajímavosti zkoumaného předmětu*

Na tuto otázku odpovídalo všech 56 respondentů. Nejvyšší četnost se vyskytla u hodnoty zajímavosti 4 (23,2 %). Druhá nejčastější četnost se vyskytovala u hodnoty 3 a 5 (16,1 %). Další v četnosti pořadí byla označována hodnota 7 (14,3 %), hodnota 6 (10,7 %) a hodnota

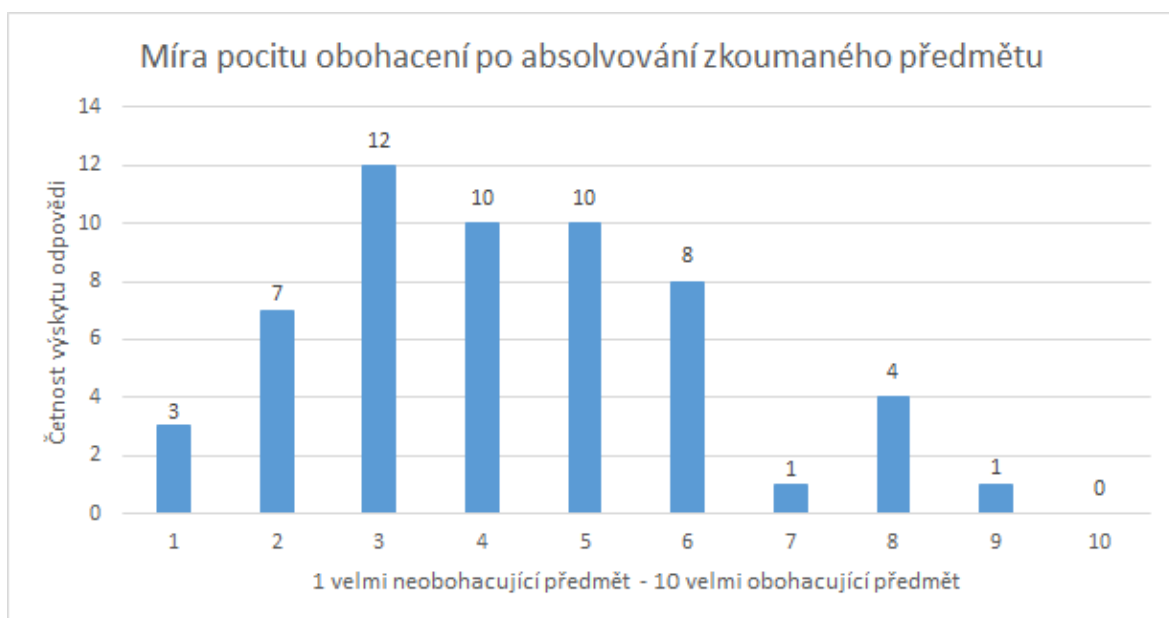
2 (8,9 %). Hodnoty 1 a 8 byly využity dvakrát (3,6 %) a pouze jedenkrát byla využita hodnota 9 a 10 (1,8 %).

Medián získaných hodnot je roven hodnotě 4 a průměrná hodnota získaných hodnota 4,70.

### Otázka č. 13

Během Vašeho studia jste absolvoval/a předmět základy radiologie, základy radiofarmacie, nebo základy radiační ochrany. Na stupni 1-10 uveďte, jak pro Vás byl tento předmět obohacující. (1 velmi nebohacující předmět - 10 velmi obohacující předmět)

N = 56



Graf 8 Míra pocitu obohacení po absolvování zkoumaného předmětu

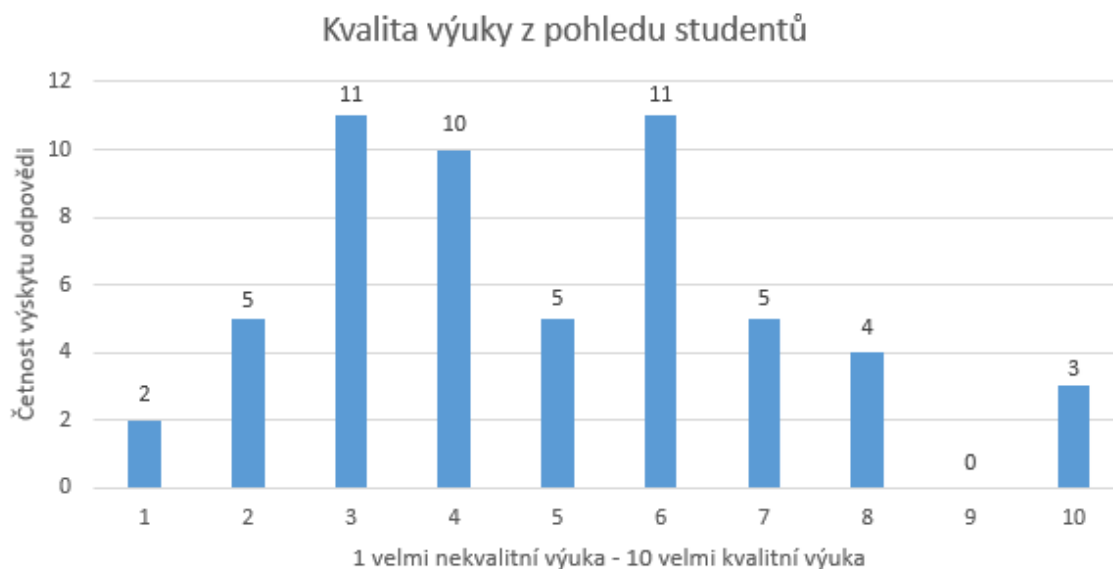
Na tuto otázku odpovídalo všech 56 respondentů. Nejčastěji se vyskytla odpověď s hodnotou 3 (21,4 %). Dále se se stejnou četností vyskytla odpověď s hodnotou 4 a 5 (17,9 %), následně hodnota 6 (14,3 %) a hodnota 2 (12,5 %). Méně využili respondenti odpověď s hodnotou 8 (7,1 %), hodnotou 1 (5,4 %) a odpověď s hodnotami 7 a 9 byla každý využita pouze jedenkrát (1,8 %). Nikdo nevyužil možnost využití odpověď s hodnotou 10.

Medián získaných hodnot je roven hodnotě 4 a průměrná hodnota získaných hodnot je 4,27.

### Otázka č. 14

Ohodnoťte kvalitu výuky tohoto předmětu na stupnici 1-10. (1 velmi nekvalitní výuka - 10 velmi kvalitní výuka)

N = 56



*Graf 9 Kvalita výuky z pohledu studentů*

Na tuto otázku odpovídalo všech 56 respondentů. Odpovědi s hodnotou 3 a 6 mají stejný nejčastější výskyt (19,6 %) a odpověď s hodnotou 4 má o jeden hlas méně (17,9 %). Ostatní odpovědi se vyskytují méně často a to tak, že odpovědi s hodnotami 2, 5 a 7 mají stejný výskyt (8,9 %). Dále se vyskytuje odpověď s hodnotou 8 (7,1 %), hodnotou 10 (5,4 %) a hodnotou 1 (3,6 %). Nikdo nevyužil možnost odpovědi s hodnou 9.

Medián získaných hodnot je roven hodnotě 4,5 a průměrná hodnota získaných hodnot je 4,88.

### Otázka č. 15

Kdybyste si mohl/a vybrat, které edukační materiály by nejvíce obohatily hodiny předmětu základy radiologie, základy radiofarmacie, nebo základy radiační ochrany? (možnost více odpovědí)

N=189

Tabulka 41 Edukační materiály, které by obohatily výuku z pohledu studentů

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Zpracované radiofarmaceutické výpočty	7	3,7
Edukační videozáznamy z nukleární medicíny	28	14,8
Vypracované pracovní listy	17	9,0
Připravené odborné texty	13	6,9
Fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny	37	19,6
Snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny	39	20,6
Exkurze na oddělení nukleární medicíny	41	21,7
Žádné, výuka mi přišla takto v pořádku	7	3,7
Jiné	0	0,0
<b>Celkem</b>	<b>189</b>	<b>100,0</b>

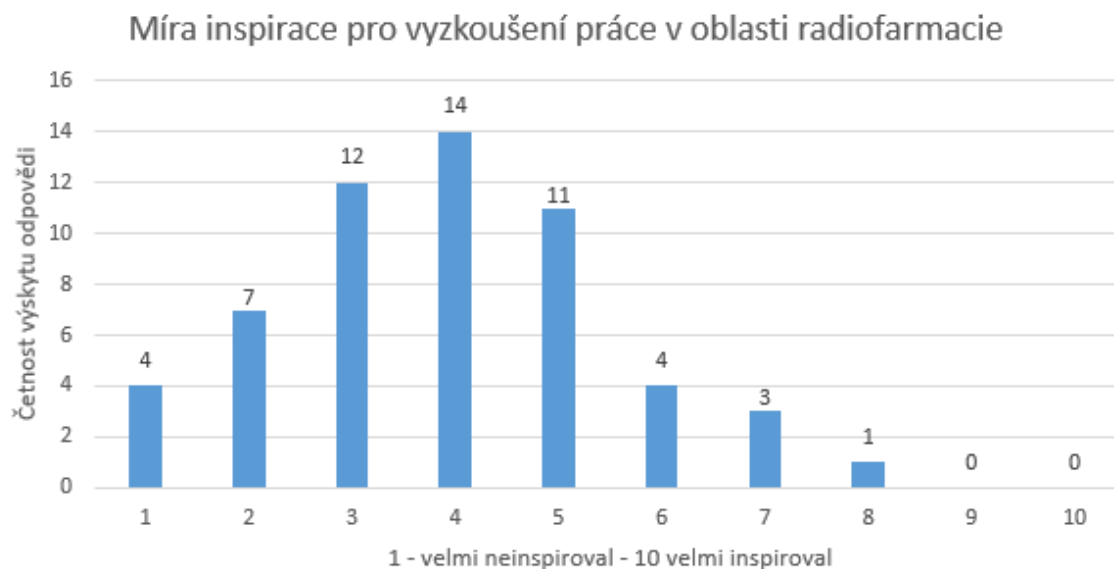
Na tuto otázku odpovídalo 56 respondentů a celkem označili 189 odpovědí. Největší zájem studentů je o exkurze na oddělení nukleární medicíny, které využilo 41 respondentů (73,2 % respondentů s četností 21,7 % z celkového množství odpovědí). Velmi podobné množství studentů projevilo zájem o snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny (69,6 % respondentů s četností 20,6 % z celkového množství odpovědí) a dále o fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny (66,1 % respondentů s četností 19,6 % z celkového množství odpovědí). O edukační videozáznamy z nukleární medicíny by mělo zájem 28 studentů (50,0 % respondentů s četností 14,8 % z celkového množství odpovědí) a 17 studentů by považovali za obohacení výuky zpracované pracovní listy (30,4 % respondentů s četností 9,0 % z celkového množství odpovědí). Připravené odborné texty by ocenilo 13 studentů (23,2 % respondentů s četností 6,9 % z celkového množství odpovědí) a z oblasti edukačních materiálů by pouze 7 studentů označilo za obohacení výuky zpracované radiofarmaceutické výpočty (12,5 % respondentů s četností 3,7 % z celkového množství odpovědí). Nic by na výuce neměnilo 7 respondentů (12,5 %). Žádný z respondentů nevyužil možnost otevřené odpovědi.



### Otázka č. 16

Na kolik Vás inspiroval tento předmět k vyzkoušení práce na oddělení přípravy radiofarmak? Ohodnoťte míru inspirace na stupnici 1-10. (1 - velmi neinspiroval - 10 velmi inspiroval)

N=56



Graf 10 Míra inspirace pro vyzkoušení práce v oblasti radiofarmacie

Na tuto otázku odpovídalo 56 respondentů. Nejčastěji se vyskytla odpověď s hodnotou 4 (25,0 %), dále s hodnotou 3 (21,4 %) a následně s hodnotou 5 (19,6 %). S menším výskytem studenti využili odpověď s hodnotou 2 (12,5 %) a dále se stejným počtem odpovědí se vyskytla odpověď s hodnotou 1 a 6 (7,1 %). Druhá nejnížší četnost odpovědí se vyskytla u odpovědi s hodnotou 7 (5,6 %) a jeden respondent využil odpověď s hodnotou 8 (1,8 %). Žádný z respondentů nevyužil odpověď s hodnotou 9 a 10.

Medián získaných hodnot je roven hodnotě 4 a průměrná hodnota získaných hodnot je 3,89.

### Otázka č. 17

Výsledkem této diplomové práce budou vytvořené edukační materiály z oblasti nukleární medicíny a radiologie pro studenty oboru diplomovaný farmaceutický asistent.

Měl/a byste zájem o získání těchto materiálů? Pokud ano, vyplňte kontaktní e-mailovou adresu.

N=56

Tabulka 42 Zájem studentů o zaslání vytvořených edukačních materiálů z oblasti nukleární medicíny a radiodiagnostiky

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
Ano	11	19,6
Ne	45	80,4
Celkem	56	100,0

Na tuto otázku odpovídalo 56 respondentů. E-mail pro budoucí získání vytvořených materiálů zanechalo 11 respondentů (19,6 %) a zbylí respondenti (80,4 %) neprojeví aktivní zájem o edukační materiály.

## 5.4 Diskuze, komparace a zhodnocení dotazníku

### Diskuze

#### Hlavní cíl dotazníku pro studenty

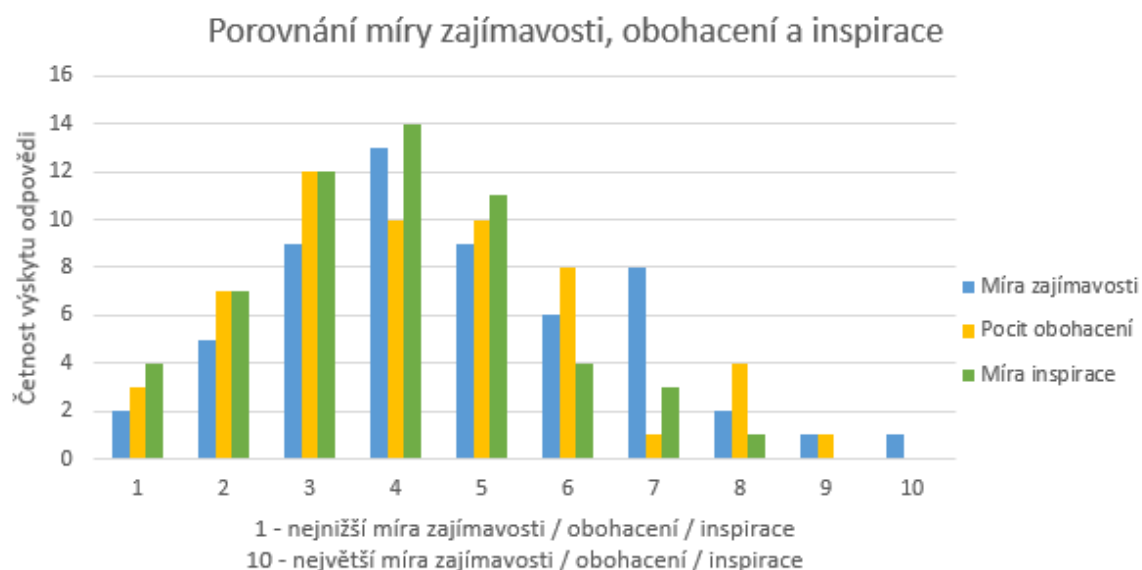
Zjistit informace o spokojenosti studentů s absolvovaným předmětem zaměřeným na nukleární medicínu a zmapovat edukační materiály, které by z pohledu studentů nejvíce obohatily výuku zkoumaného předmětu.

#### Hlavní výzkumná otázka dotazníku pro studenty

Do jaké míry jsou studenti spokojeni s absolvovaným předmětem zaměřeným na nukleární medicínu a které edukační materiály by nejvíce ocenili při výuce tohoto předmětu?

Pro vyhodnocení hlavní výzkumné otázky budeme vycházet z 5 otázek (č. 12, 13, 14, 15 a 16). Nejdříve se zaměříme na porovnání výsledků otázek zabývajících se mírou zaujetí a motivace k vyzkoušení daného odvětví farmacie. K těmto výsledkům dojdeme pomocí porovnání 3 otázek (č. 12, 13 a 16). Tyto otázky se zaměřují na míru zajímavosti daného předmětu (otázka č. 12), dále míru obohacení pomocí daného předmětu (otázka č. 13) a jestli dané studenty zkoumaný předmět inspiroval k vyzkoušení práce na oddělení nukleární medicíny (otázka č. 16).

Jednotlivá data jsou souhrnně zaznamenána v následujícím porovnávacím grafu.



*Graf 11 Porovnání míry zajímavosti, obohacení a inspirace*

Při porovnání jednotlivých dat lze vidět, že nejlépe je na tom míra zajímavosti daného předmětu, která má průměrnou hodnotu odpovědi 4,70 jako u jediné otázky se vyskytuje odpověď s hodnotou 10. Druhá v pořadí je míra obohacení, která má průměrnou hodnotu 4,27. Z porovnání těchto dvou hodnot lze usoudit, že studenti chápou radiofarmacii jako zajímavý předmět, avšak málo obohacující, což bude nejspíše vycházet z nízkého propojení s ostatními oblastmi farmacie a relativně nízké využitelnosti zjištěných informací v porovnání s jinými předměty, které jsou v budoucím povolání farmaceutického asistenta využitelnější.

Míra inspirace pro vyzkoušení práce v odvětví radiofarmacie získala od respondentů nejnižší průměrnou hodnotu odpovědi 3,89 a ani jeden respondent nevyužil možnost odpovědi s hodnotou 9, nebo 10. Lze předpokládat, že i přes snahu učitelů zkoumaného předmětu se nedokázala vzbudit velká míra inspirace pro vyzkoušení daného oboru radiofarmacie. Lze předpokládat, že budoucí absolventi přicházeli na VOŠ oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” se záměrem pracovat ve veřejné části lékárny, případně v některé typické lékárenské laboratoři a takto specializovanou činnost nejspíše původně nevyhledávali, nebo ani při začátku studia nevěděli, že takový obor farmacie vůbec existuje z důvodu relativně vysoké specifičnosti tohoto oboru.

Abychom analyzovali i druhou polovinu výzkumné otázky, tak se zaměříme také na to, jak byli respondenti spokojeni s kvalitou výuky (otázka č. 14) a současně se podíváme na výsledky otázky zaměřující se na edukační materiály, které by z pohledu dotazovaných studentů nejvíce obohatily výuku daného předmětu (otázka č. 15).

Obecnou kvalitu výuky hodnotili dotazovaní studenti v otázce č. 14. Zde vycházela data, která ukazovala značně rozdílné názory na výuku daného předmětu. Průměrná hodnota odpovědi popisující kvalitu výuky z pohledu studentů je 4,88. V odpovědích se vyskytovaly jak odpovědi s hodnotou 1, či 2 (společně ve 12,5 % případů), které naznačovaly velmi nekvalitní výuku, tak 8 až 10 (společně také ve 12,5 % případů, které popisují kvalitu výuky jako velmi kvalitní. Tyto názory na výuku jsou rozdílné především kvůli skutečnosti, že jsou všichni studenti VOŠ v ČR vyhodnocováni společně a také lze předpokládat, že každý student má jiné preference výuky.

Z návrhů edukačních materiálů, které by studenti zařadili do výuku pro její zlepšení, studenti vybrali především odpověď popisující exkurzi na oddělení nukleární medicíny (73,2 % respondentů), dále snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny (69,6 % respondentů) a fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny (66,1 % respondentů). Z těchto výsledků lze vyzorovat, že značné skupině studentů chybí propojení teoretického předmětu o přípravě radiofarmak s realitou práce na pracovištích nukleární medicíny. Bez tohoto propojení, například formou exkurze na oddělení nukleární medicíny, nebo ukázek výsledků práce radiofarmaceutů ve formě anonymizovaných snímků pacientů, nelze předpokládat, že studenti budou plně motivováni se v budoucnu zaměřit na práci v radiofarmaceutické laboratoři.

Těmito výsledky byla prozkoumána a vyhodnocena hlavní výzkumná otázka.

### **Dílčí cíl č. 1 dotazníku pro studenty**

Získat data o studijním zázemí a budoucí studijní plány dotazovaných studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent.

### **Dílčí výzkumná otázka č. 1 dotazníku pro studenty**

Jaké je studijní zázemí a budoucí studijní plány dotazovaných studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent?

Pro vyhodnocení první dílčí výzkumné otázky dotazníku jsou použita data získaná z odpovědí na čtyři jednotlivých otázek (č. 3, 4, 5 a 6).

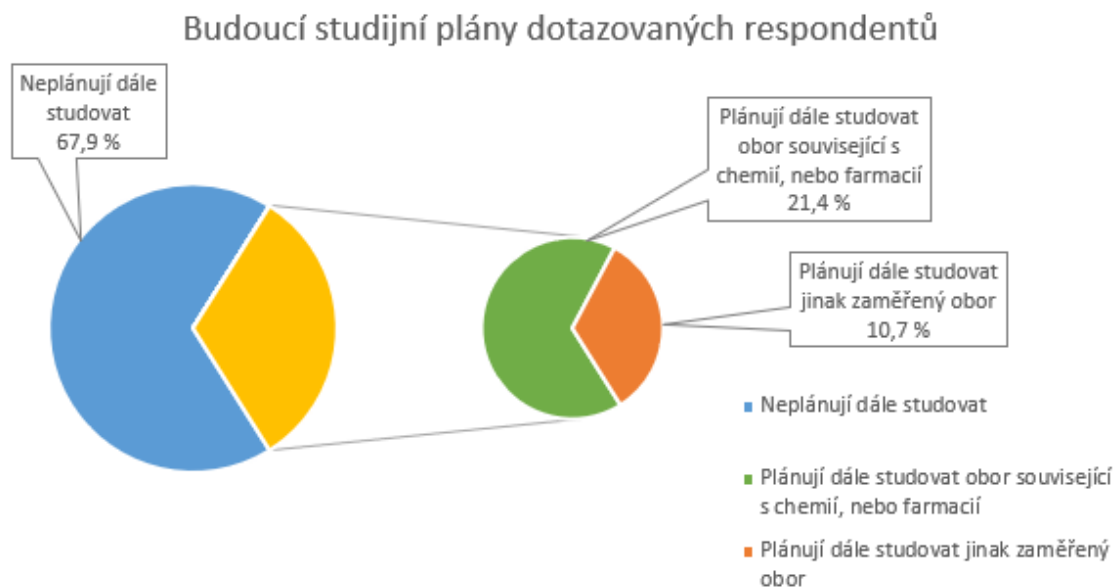
Nejdříve se zaměříme na historii studií dotazovaných studentů. Pro toto budeme vycházet z odpovědí dvou otázek (č. 3 a 4). Při spojení výsledků těchto dvou otázek dojde k vytvoření souhrnné tabulky, která popisuje zkušenosti studentů na VŠ, nebo VOŠ.

*Tabulka 43 Zkušenosti respondentů s předchozím studium VŠ, nebo VOŠ*

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Nemá zkušenosti se studiem</b>	28	50,0
<b>Má zkušenosti se studiem – nedostudoval</b>	25	44,6
<b>Má zkušenosti se studiem – stále studuje</b>	1	1,8
<b>Má zkušenosti se studiem – dostudoval VŠ</b>	1	1,8
<b>Má zkušenosti se studiem – dostudoval VOŠ</b>	1	1,8
<b>Celkem</b>	56	100,0

Do této otázky byly zahrnuty odpovědi 56 respondentů. Z této tabulky lze vyčíst, že 28 respondentů (50,0 %) nikdy v historii nestudovali VŠ, nebo jinou VOŠ a dalších 25 respondentů (44,6 %) v minulosti neúspěšně studovalo VŠ, nebo VOŠ. Pouze 1 respondent (1,8 %) mají již dostudovaný VŠ obor a další jeden respondent (1,8 %) má dostudovaný VOŠ obor. V odpovědích se vyskytl případ, kdy student současně studuje dotazovaný obor a další studium na VŠ, nebo VOŠ, bez udání specifikace oboru. Z těchto dat lze vyčíst, že v době dotazování má pouze 3,6 % studentů dostudován jiný obor VŠ, nebo VOŠ a zbylí respondenty (96,4 %) jsou aktuálně bez jiného ukončeného terciárního vzdělání.

Pro vyhodnocení druhé poloviny první dílčí výzkumné otázky budeme vycházet z odpovědí na dvě otázky (č. 5 a 6). Při spojení výsledků těchto dvou otázek dojde k vytvoření souhrnného grafu, který znázorňuje budoucí studijní plány dotazovaných respondentů.



*Graf 12 Budoucí studijní plány dotazovaných respondentů*

Do tohoto grafu byly zahrnuty odpovědi všech 56 respondentů. Graf znázorňuje fakt, že 38 respondentů (67,9 % z celkového počtu respondentů) již nemá ambice k dalšímu studiu na VŠ, nebo VOŠ. Zbýlých 18 respondentů (32,1 % z celkového počtu respondentů) má zájem o vyzkoušení dalšího studia na VŠ, nebo VOŠ.

Ze vzorku zájemců o další studium chce 12 respondentů (66,7 % ze zájemců o další studium a 21,4 % z celkového počtu respondentů) pokračovat ve studiu chemie, nebo farmacie a 6 respondentů (33,3 % zájemců o další studium a 10,7 % z celkového počtu respondentů) chce studovat jinak zaměřený obor VŠ, nebo VOŠ.

Těmito výsledky byla prozkoumána a vyhodnocena první dílčí výzkumná otázka.

### **Dílčí cíl č. 2 dotazníku pro studenty**

Získat data o předpokládané pracovní budoucnosti studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent.

### **Dílčí výzkumná otázka č. 2 dotazníku pro studenty**

Jaká je předpokládaná pracovní budoucnost studentů 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent?

Pro vyhodnocení druhé dílčí otázky budeme vycházet z výsledků 5 otázek (č. 7, 8, 9, 10 a 11). První dvě otázky (č. 7 a 8) se zaměřují, jestli chtějí dotazovaní studenti nastoupit do jakéhokoliv pracovního provozu a následně se dotazuje na zaměstnání, které přímo souvisí s lékárnou. Otázka č. 9 navazuje na práci v lékárně a zjišťuje informace o preferovaném specifickém typu lékárny, kde by budoucí absolventi rádi začali pracovat. Poslední dvě otázky (č. 10 a 11) se zaměřují na zájemce o práci v lékárně a jejich případné zaměření budoucí práce v lékárenské laboratoři.

Následující tabulka se bude zaměřovat na to, kolik studentů chce začít pracovat a jaký je jejich preferovaný specifický typ lékárny. Pro vytvoření přehledu budeme vycházet ze tří otázek (č. 7, 8 a 9).

*Tabulka 44 Zájem respondentů o práci v jednotlivých typech lékáren*

<b>Odpověď</b>	<b>Počet</b>	<b>Vyjádřeno v %</b>
<b>Nechtější aktuálně začít pracovat</b>	5	8,9
<b>Nechtější aktuálně začít pracovat v lékárně</b>	8	14,3
<b>Chtějí pracovat v řetězcové lékárně</b>	16	28,6
<b>Chtějí pracovat v nemocniční lékárně</b>	14	25,0
<b>Chtějí pracovat v menší soukromé lékárně</b>	10	17,9
<b>Chtějí pracovat ve větší lékárně při zdravotnickém zařízení</b>	3	5,3
<b>Celkem</b>	56	100,0

Ke zpracování této tabulky bylo využito dat od 56 respondentů. Z celkového vzorku můžeme pozorovat, že v blízké době chce v lékárně začít pracovat pouze 43 studentů (76,8 %). Ostatní buďto nechtějí zatím začít pracovat vůbec (8,9 %), nebo chtějí pracovat mimo lékárnou (14,3 %). Mezi dotazovanými zájemci o práci v lékárně jsou v popředí řetězcové lékárny (28,6 %) a nemocniční lékárny (25,0 %). Menší zájem je o práci v menších soukromých lékárnách (17,9 %) a dotazovaní zájemci mají nejmenší zájem o práci ve větších lékárnách při zdravotnickém zařízení (5,3 %).

Následující tabulka se zaměří na to, jaké lékárenské laboratoře jsou dotazovanými studenty preferovány v porovnání s celkovým množstvím respondentů. Pro zpracování dat vycházíme ze 4 otázek (č. 7, 8, 10 a 11).

*Tabulka 45 Zájem respondentů o práci v jednotlivých typech lékárenských laboratoří*

Odpověď	Počet	Vyjádřeno v %
<b>Nechtější aktuálně začít pracovat</b>	5	8,9
<b>Nechtější aktuálně začít pracovat v lékárně</b>	8	14,3
<b>Nechtější pracovat většinu pracovní doby v lékárenské laboratoři</b>	16	28,6
<b>Galenická laboratoř přípravy léčiv</b>	16	28,6
<b>Laboratoř přípravy sterilních lékových forem</b>	2	3,6
<b>Laboratoř přípravy cytostatik</b>	7	12,5
<b>Laboratoř přípravy radiofarmak</b>	0	0,0
<b>Analytická laboratoř kontroly léčiv</b>	2	3,6
<b>Celkem</b>	56	100,0

K vyhodnocení souhrnné tabulky byly zahrnuty odpovědi 56 respondentů. Z výše uvedených dat lze odvodit, že 29 respondentů (51,8 %) si aktuálně nedokáží představit, že by jejich budoucí pracovní náplň spočívala v práci v lékárenské laboratoři. Ostatních 27 respondentů (48,2 %) uvedlo, že si dokáží představit, že by se většina jejich budoucí práce odehrávala v lékárenské laboratoři. Z celkového vzorku 56 respondentů jich 16 (28,6 %) uvedlo, že by si dokázali představit zaměstnání v galenické laboratoři přípravy léčiv. Mezi druhou nejpreferovanější laboratoř studenti označili laboratoř přípravy cytostatik, kterou zvolilo 7 respondentů (12,5 %). Laboratoř přípravy sterilních lékových forem zvolili 2 respondenti (3,6 %) a další dva studenti (3,6 %) by nejvíce ocenili práci v analytické laboratoři kontroly léčiv. Žádný z dotazovaných studentů nezvolil laboratoř přípravy radiofarmak jako nejvíce preferovanou pro své budoucí zaměstnání.

Těmito výsledky byla prozkoumána a vyhodnocena druhá dílčí výzkumná otázka.



### **Komparace dat získaných z dotazníku pro studenty**

Pro komparaci dat jsem zvolil vliv preferovaného typu lékárny na informaci o možné převažující pracovní době v lékárenské laboratoři.

Pro zhodnocení budeme vycházet ze dvou otázek (č. 9 a 10). Pro vyhodnocení požadovaných dat je nutné jednotlivě vyselektovat respondenty, kteří odpovídali na otázku č. 9. Tito respondenti v dané otázce odpovídají na to, jaký typ lékárny by preferovali pro svoje budoucí zaměstnání. Aby se k této otázce dopracovali, bylo nutné, aby kladně odpověděli na otázku č. 7 a 8. Pomocí této selekce se celkový vzorek zmenšil z 56 respondentů na 43 dále zkoumaných studentů. U těchto studentů se budou následně porovnávat, jestli odpovídali na otázku č. 10 kladně, nebo záporně. Tato otázka rozděluje studenty na dvě skupiny podle toho, jestli by si dokázali představit, že by se většina jejich pracovní doby odehrávala v lékárenské laboratoři, nebo ne.

Zjištěná data jsou shrnuta v následující tabulce.

Tabulka 46 Porovnání preferovaného typu lékárny s prací v lékárenské laboratoři

Specifický typ lékárny (otázka č. 9)	Spokojenost s převažující prací v lékárenské laboratoři (otázka č. 10)	Počet	Poměr výsledků v otázce č. 10 vyjádřen v %
Menší soukromá lékárna	Ano	4	40,0
Menší soukromá lékárna	Ne	6	60,0
Nemocniční lékárna	Ano	13	92,9
Nemocniční lékárna	Ne	1	7,1
Řetězcová lékárna	Ano	7	43,8
Řetězcová lékárna	Ne	9	56,2
Větší lékárna při zdravotnickém zařízení	Ano	3	100,0
Větší lékárna při zdravotnickém zařízení	Ne	0	0,0
<b>Celkem</b>	Ano + Ne	43	100,0

Z výše uvedených dat lze pozorovat fakt, že zájemci o práci v nemocniční lékárně mají vyšší tendence k práci v lékárenských laboratořích (v poměru 92,9 %), narozdíl od respondentů s preferencí v menších soukromých lékárnách (v poměru 40,0 %) a řetězcových lékárnách (43,8 %).

Větší lékárny při zdravotnickém zařízení byly vyřazeny z důvodu velmi malého vzorku respondentů preferující tento typ lékárny. Tato informace je také zdůvodnitelná tím, že nemocniční lékárny poskytují nejširší možnost uplatnění v různých typech lékárenských laboratořích, narozdíl od ostatních typů lékáren, které tyto možnosti nemají.

## **Zhodnocení dotazníku**

Toto dotazníkové šetření pomohlo nahlédnout do budoucích plánů studentů třetího ročníku oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” a také zhodnotit absolvovanou výuku předmětů zaměřených na nukleární medicínu. Ze všech 11 zdravotnických VOŠ se zkoumaným oborem, které se na území České republiky celkově nacházejí, bylo získáno 56 odpovědí, které byly následně analyzovány. Jedná se o relativně malý vzorek respondentů, avšak je nutno vzít v potaz limitující faktor, že VOŠ nejsou tak zaplněné studenty, především z důvodu, že se nejedná o vysokoškolské vzdělání, které má obecně vyšší prestiž a také o značně nízký počet absolventů z důvodu náročného studia.

Ze vzorku respondentů bylo zjištěno, že studenti, kteří chtějí začít pracovat po dokončení VOŠ, se v 84,3 % případů chtějí pracovní realizovat v lékárnách různého typu. Ve zkoumaném vzorku se také nachází 32,1 % zájemců, kteří po úspěšném dokončení VOŠ chtějí zkusit dále studovat na VŠ, nebo VOŠ. Z těchto zájemců o další studium chce 66,7 % studentů dále studovat chemii, či farmacii.

Dotazníkové šetření také zjišťovalo názor respondentů na výuku předmětu zaměřeného na výuku předmětů zaměřených na nukleární medicínu a radiofarmacii. Nelze předpokládat, že studenti tohoto oboru budou projevovat velký zájem o oblast radiofarmacie a nukleární medicíny z důvodu velké specifčnosti tohoto oboru a celkové obecné neznalosti, že nukleární medicíny je propojena s farmacií. I přes tyto ovlivňující faktory, studenti hodnotili výuku tohoto předmětu jako relativně zajímavou a obohacující. Samotná kvalita výuky byla zhodnocena jako relativně neutrální a studenti nejvíce projevili zájem o exkurze na oddělení nukleární medicíny, fotografie z vyšetřování pacientů a fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny.

Abych podpořil kvalitu výuky těchto předmětů pro obor “diplomovaný farmaceutický asistent” na zdravotnických VOŠ, tak budou dále přiloženy různé edukační materiály, které budou volně k dispozici, jak pro učitele daných předmětů, tak i pro studenty a zájemce o vzdělání v této specifické oblasti farmacie.

## 6 Návrh edukačních materiálů pro předmět základy radiofarmacie

V této části diplomové práce jsou zpracovány edukační materiály pro předmět základy radiofarmacie pro studenty oboru „diplomovaný farmaceutický asistent“. Tyto materiály vycházejí z požadavků a návrhů pro zlepšení výuky z pohledu učitelů těchto předmětů, tak studentů oboru „diplomovaný farmaceutický asistent“.

Celkem bylo zhotoveno 13 edukačních materiálů, které mohou učitelé, či studenti, využít při studiu radiofarmacie, nukleární medicíny a radiologie.

1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka
2. Pracovní list – Vyhledávání přípravy radiofarmaka v SPC
3. Pracovní list – Vyhledávání v tabulce “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně”
4. Pracovní list – Výpočty – Aplikované množství radiofarmaka
5. Pracovní list – Výpočty – Poločas rozpadu
6. Pracovní list – Výpočty – Výpočet dávky pro pacienta
7. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v českém jazyce
8. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v anglickém jazyce
9. Pracovní list – Jednotlivé obory radiologie
10. Sada snímků z předmětů a materiálů z oblasti nukleární medicíny
11. Sada snímků vyšetření z oblasti nukleární medicíny
12. Sada snímků vyšetření z oblasti radiologie
13. Sada fyzických předmětů k odeslání pro učitele předmětů z oblasti nukleární medicíny

Pracovní listy č. 1-3 se zaměřují na práci s texty, které je nutné zpracovat před začátkem příprav radiofarmak a jedná se tedy o základní dovednost farmaceutického asistenta na oddělení přípravy radiofarmak.

Pracovní listy č. 4-6 se zaměřují na základní radiofarmaceutické výpočty, které využívají farmaceutičtí asistenti při přípravě radiofarmak a současně při přípravě jednotlivých dávek radiofarmak pro pacienty nukleární medicíny.

Pracovní listy č. 7-8 se skládají ze dvou odborných článků, které jsou volně dostupné a mohou je učitelé těchto předmětů využít. Jedná se o jeden pracovní list k odbornému článku v českém jazyce a jeden pracovní list k odbornému článku v anglickém jazyce.

Pracovní list č. 9 vytváří přehled jednotlivých oborů radiologie, které na některých zmíněných VOŠ je zařazen do výuky základů radiofarmacie.

Sady snímků č. 10-12 slouží k seznámení studentů s reálnými předměty a výsledky vyšetření zmíněných oborů. Sada snímků č. 10 (příloha č. 6) je zaměřuje na snímky, které souvisejí především s radiofarmacií a přípravou radiofarmak. Sada snímků č. 11 (příloha č. 7) je zaměřena na diagnostické metody nukleární medicíny. Závěrečná sada snímků č. 12 (příloha č. 8) je zaměřena na diagnostické metody různých oborů radiologie.

Všechny fotografie v sadě snímků č. 10 byly pořízeny autorem na oddělení přípravy radiofarmak ústavní lékárny Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a sady č. 11 a 12 jsou složeny ze zcela anonymizovaných a zpětně nedohledatelných snímků pacientů Fakultní nemocnice Královské Vinohrady vybraných autorem.

Sada fyzických předmětů č. 13 (příloha č. 9) se skládá ze seznamu předmětů, které budou nabídnuty učitelům VOŠ s oborem „diplomovaný farmaceutický asistent“. Tyto předměty pomohou propojit teoretické vzdělávání ve školních třídách s reálnou praxí na odděleních přípravy radiofarmak.

Fakt, jestli tyto edukační materiály bude chtít daný vyučující využít, záleží na jeho rozhodnutí a není nutné využít během výuky všechny vytvořené edukační materiály. Jedná se o paletu připravených edukačních materiálů, které mohou zkvalitnit výuky zkoumaných předmětů a tím zvýšit zájem studentů o tento jedinečný obor farmacie. Předložené edukační materiály mohou sloužit jako inspirace pro oslovené učitele, kteří si mohou následně vytvořit obdobné pracovní listy, které budou splňovat jejich představy a promítat jejich požadavky ve výuce.

Tyto edukační materiály mohou sloužit i jakýmkoliv zájemcům o obor radiofarmacie, nebo začínajícím pracovníkům na oddělení přípravy radiofarmak, kteří si chtějí upevnit znalosti a dovednosti z oblasti přípravy radiofarmak.

V následující části jsou uvedené jednotlivé pracovní listy. Pracovní list se skládají z úvodní listu, který obsahuje základní informace o daném pracovním listu a informacích o využití ve výuce. Následuje zadání pracovního listu a poslední je návrh správného řešení daného pracovního listu.

## **1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka**

### **Základní informace o pracovním listu – Vyhledávání v SPC radiofarmaka**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Název tematického celku:

- Radiofarmaka

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Pracovní list dává možnost aplikovat obecně získané informace o radiofarmakách a dokumentu SPC (Souhrn údajů o léčivém přípravku) na reálných léčivých přípravcích.

Název hodiny:

- Práce se souhrnem údajů o léčivém přípravku u vybraných radiofarmak

Časová dotace:

- 45 minut při využití dvou zadání
- 90 minut při využití čtyřech zadání

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně

Vstupní požadavky pro studenta:

- Obecné znalosti o léčivých přípravcích, obecné znalosti o radiofarmakách, obecné znalosti o SPC, schopnost vyhledat informace v SPC

Klíčové pojmy:

- Radiofarmakum, SPC, terapeutické a diagnostické indikace radiofarmak, dávka podaného radiofarmaka, podmínky uchovávání radiofarmak, nežádoucí a vedlejší účinky radiofarmak, příprava radiofarmak

Obecný cíl:

- Získání nových informací o radiofarmakách a zlepšení dovednosti ve vyhledávání v doprovodném textu radiofarmaka a jiných léčivých přípravků

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání a upevňování nových informací pomocí aktivního vyhledávání v SPC

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti ve vyhledávání v SPC a může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při vyplňování jednoho pracovního listu je přibližně 15 minut
- Společná zhodnocení správnosti nalezených informací s vyučujícím je přibližně 5 minut

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení.



## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Zadání 1

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Pulmocis

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: Pulmocis 2 mg kit pro radiofarmaka

1. K jakým terapeutickým indikacím je daný připravený kit určen?
2. K jakým diagnostickým indikacím je daný připravený kit určen?
3. Může být dané radiofarmakum podané pediatrické populaci?
4. Po jak dlouhé době dochází ke snímkování po aplikaci daného radiofarmaka?
5. Jak dlouho dobu po aplikaci radiofarmaka je u pacienta omezená schopnost řídit vozidlo a ovládat stroje?
6. Jaký je biologický a fyzický poločas daného radiofarmaka?
7. Za jaké teploty se má daný kit uchovávat?
8. Jaká je doba použitelnosti kitu po rekonstrukci radionuklidem?
9. Jaké je minimální a maximální množství přidané aktivity (v MBq) při rekonstrukci kitu?
10. Jak dlouhá je doba třepání během přípravy a následné inkubace daného radiofarmaka?

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Zadání 2

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Technescan DTPA

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: Technescan DTPA 20,8 mg kit pro radiofarmakum

1. Jak se nazývá účinná látka daného kitu?
2. Jaký radionuklid se využívá k značení daného radiofarmaka?
3. Jaké jsou indikované cesty podání pro dané radiofarmakum?
4. Jakého zařízení se využívá pro zajištění inhalace daného radiofarmaka?
5. Při perorálním podání se podává radiofarmakum samostatně, nebo s dalším nosičem?
6. Za jaké teploty se má daný kit uchovávat?
7. Jaká je doba použitelnosti kitu po rekonstrukci radionuklidem?
8. Jaké je maximální množství přidané aktivity (v GBq) při rekonstrukci kitu?
9. Je u tohoto kitu jednoznačně stanoven finální objem připraveného radiofarmaka?
10. Jak dlouhá je doba inkubace tohoto radiofarmaka?

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Zadání 3

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Senti-Scint

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: Senti-Scint kit

1. Jak se nazývá účinná látka daného kitu?
2. Jaký je obsah (v mg) účinné látky v jednom kitu?
3. K jakým terapeutickým indikacím je daný připravený kit určen?
4. K jakým diagnostickým indikacím je daný připravený kit určen?
5. Jaká je obvyklá subkutánní dávka a kolik se těchto dávek obvykle aplikuje jednomu pacientovi?
6. Za jaké teploty se má daný kit uchovávat?
7. Jaká je doba použitelnosti kitu po rekonstrukci radionuklidem?
8. Jaké je minimální a maximální množství přidané aktivity (v MBq) při rekonstrukci kitu?
9. Je u tohoto kitu jednoznačně stanoven finální objem připraveného radiofarmaka?
10. Jak dlouhá je doba inkubace tohoto radiofarmaka?

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Zadání 4

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – DaTSCAN

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: DaTSCAN

1. Jak se nazývá účinná látka daného kitu?
2. Jaký radionuklid je obsažen v tomto injekčním roztoku?
3. Jaká je standardní měrná aktivita toho radiofarmaka (v MBq/ml)?
4. Jaká je indikace tohoto radiofarmaka?
5. Jaké je minimální a maximální podaná dávka (v MBq)?
6. Před aplikací tohoto radiofarmaka je nutné podat pacientovy léčivý přípravek se specifickým blokujícím účinkem. O blokaci jakého orgánu se jedná a jakou léčivou látku k tomu můžeme například využít?
7. Lze aplikovat toto radiofarmakum u dítěte ve věku 9 let?
8. Lze tento přípravek využít u těhotných žen?
9. Jak rychle probíhá vylučování daného radiofarmaka organismem?
10. Jaká je doba použitelnosti od času kalibrace u jednotlivých velikostí balení?

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Správné řešení 1

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Pulmocis

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: Pulmocis 2 mg kit pro radiofarmaka

1. K jakým terapeutickým indikacím je daný připravený kit určen?  
Léčivý přípravek je určen pouze k diagnostickým účelům.
2. K jakým diagnostickým indikacím je daný připravený kit určen?  
Léčivý přípravek je určen k diagnostice nebo vyloučení plicní embolie u pacientů se symptomy plicní embolie a pro sledování vývoje plicní embolie. Dále pro diagnostiku a kvantifikaci plicních pravolevých zkratů.  
Dále také jako alternativa k dopplerovské ultrasonografii pro radionuklidovou venografii dolních končetin v kombinaci se scintigrafií plicní perfuze u pacientů s podezřením na hlubokou žilní trombózu dolní končetiny a plicní embolii.
3. Může být dané radiofarmakum podané pediatrické populaci?  
Lze využít u pediatrické populace po přepočtu pomocí tabulky v SPC.
4. Po jak dlouhé době dochází ke snímkování po aplikaci daného radiofarmaka?  
Okamžitě po intravenózní aplikaci.
5. Jak dlouho dobu po aplikaci radiofarmaka je u pacienta omezená schopnost řídit vozidlo a ovládat stroje?  
Považuje se za nepravděpodobné, že by podání tohoto léčivého přípravku ovlivnilo schopnost řídit motorové vozidlo, nebo ovládat stroje.
6. Jaký je biologický a fyzický poločas daného radiofarmaka?  
Biologický poločas je 2-8 hodin a fyziologický poločas 6,02 hodiny.
7. Za jaké teploty se má daný kit uchovávat?  
Neoznačený kit se uchovává při teplotě 2-8 °C a rekonstruovaný kit při teplotě do 25 °C
8. Jaká je doba použitelnosti kitu po rekonstrukci radionuklidem?  
Rekonstruovaný kit má použitelnost 8 hodin.
9. Jaké je minimální a maximální množství přidané aktivity (v MBq) při rekonstrukci kitu?  
Minimální přidaná aktivita je 400 MBq a maximální 3700 MBq.
10. Jak dlouhá je doba třepání během přípravy a následné inkubace daného radiofarmaka?  
Doba třepání jsou 2 minuty a doba inkubace 15 minut.

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Správné řešení 2

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Technescan DTPA

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: Technescan DTPA 20,8 mg kit pro radiofarmakum

1. Jak se nazývá účinná látka daného kitu?  
Účinná látka tohoto kitu se nazývá kyselina pentetová.
2. Jaký radionuklid se využívá k značení daného radiofarmaka?  
Využívá se  $^{99m}\text{Tc}$ .
3. Jaké jsou indikované cesty podání pro dané radiofarmakum?  
Intravenózní podání, inhalační podání a perorální podání.
4. Jakého zařízení se využívá pro zajištění inhalace daného radiofarmaka?  
Nebulizer vytvářející aerosol.
5. Při perorálním podání se podává radiofarmakum samostatně, nebo s dalším nosičem?  
Perorálně se podává s kapalným nosičem o objemu 30-240 ml (např. mléko)
6. Za jaké teploty se má daný kit uchovávat?  
Neoznačený kit se uchovává při teplotě do 25 °C
7. Jaká je doba použitelnosti kitu po rekonstrukci radionuklidem?  
Rekonstruovaný kit má použitelnost 8 hodin.
8. Jaké je maximální množství přidané aktivity (v GBq) při rekonstrukci kitu?  
Maximálně lze přidat 11,1 GBq  $^{99m}\text{Tc}$
9. Je u tohoto kitu jednoznačně stanoven finální objem připraveného radiofarmaka?  
Finální objem rekonstruovaného radiofarmaka je 2-10 ml.
10. Jak dlouhá je doba inkubace tohoto radiofarmaka?  
Inkubace tohoto radiofarmaka je 15-30 minut.

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Správné řešení 3

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Senti-Scint

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: Senti-Scint kit

1. Jak se nazývá účinná látka daného kitu?  
Účinná látka se nazývá lidský sérový albumin ve formě nanokoloidu.
2. Jaký je obsah (v mg) účinné látky v jednom kitu?  
Obsah účinné látky je 1 mg.
3. K jakým terapeutickým indikacím je daný připravený kit určen?  
Léčivý přípravek je určen pouze k diagnostickým účelům.
4. K jakým diagnostickým indikacím je daný připravený kit určen?  
Rekonstruované radiofarmakum slouží ke scintigrafickému zobrazení karcinomu prsu, nebo maligních melanomů.
5. Jaká je obvyklá subkutánní dávka a kolik se těchto dávek obvykle aplikuje jednomu pacientovi?  
Jednotlivá dávka je 10-15 MBq a obvykle se aplikuje 3-5 dávek v okolí léze.
6. Za jaké teploty se má daný kit uchovávat?  
Neoznačený kit se uchovává při teplotě 2-25 °C.
7. Jaká je doba použitelnosti kitu po rekonstrukci radionuklidem?  
Rekonstruovaný kit má použitelnost 6 hodin.
8. Jaké je minimální a maximální množství přidané aktivity (v MBq) při rekonstrukci kitu?  
Minimální přidaná aktivita je 185 MBq a maximální 2 GBq.
9. Je u tohoto kitu jednoznačně stanoven finální objem připraveného radiofarmaka?  
Finální objem rekonstruovaného radiofarmaka je 1-3 ml.
10. Jak dlouhá je doba inkubace tohoto radiofarmaka?  
Inkubace tohoto radiofarmaka je 20 minut.

## 1. Pracovní list – Vyhledávání v SPC radiofarmaka – Správné řešení 4

### Vyhledávání v SPC radiofarmaka – DaTSCAN

Ke splnění tohoto pracovního listu využijte aktuální Souhrn údajů o přípravku (SPC) určených radiofarmaceutických kitů a pomocí tohoto dokumentu dohledejte požadované informace.

Název kitu: DaTSCAN

1. Jak se nazývá účinná látka daného kitu?  
Účinná látka se nazývá **ioflupan**.
2. Jaký radionuklid je obsažen v tomto injekčním roztoku?  
Jedná se o radionuklid <sup>123</sup>I.
3. Jaká je standardní měrná aktivita toho radiofarmaka (v MBq/ml)?  
Standardní měrná aktivita je **74MBq/1ml**
4. Jaká je indikace tohoto radiofarmaka?  
Diagnostika nemocí s parkinsonským syndromem, rozlišení pravděpodobné demence s Lewyho tělísky a Alzheimerovy choroby u dospělých pacientů.
5. Jaké je minimální a maximální podaná dávka (v MBq)?  
Minimální podaná dávka je **111 MBq** a maximální **185 MBq**.
6. Před aplikací tohoto radiofarmaka je nutné podat pacientovy léčivý přípravek se specifickým blokujícím účinkem. O blokaci jakého orgánu se jedná a jakou léčivou látku k tomu můžeme například využít?  
Jedná se o blokaci štítné žlázy pomocí např. **120 mg jodidu draselného 1–4 hodiny před aplikací radiofarmaka**.
7. Lze aplikovat toto radiofarmakum u dítěte ve věku 9 let?  
Nelze, nejsou dostatečné informace v pediatrické populaci.
8. Lze tento přípravek využít u těhotných žen?  
Nelze z důvodu vysoké absorbované dávky radiace plodu
9. Jak rychle probíhá vylučování daného radiofarmaka organismem?  
Za 48 hodin po injekci je asi 60 % podané aktivity vyloučeno močí, dle výpočtu přibližně 14 % stolicí.
10. Jaká je doba použitelnosti od času kalibrace u jednotlivých velikostí balení?  
2,5ml balení – 7 hodin od času kalibrace uvedeného na štítku  
5ml balení – 20 hodin od času kalibrace uvedeného na štítku



## **2. Pracovní list – Vyhledávání přípravy radiofarmaka v SPC**

### **Základní informace o pracovním listu – Vyhledávání přípravy radiofarmaka v SPC**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmaka

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Pracovní list dává možnost aplikovat obecně získané informace o přípravě radiofarmak a dohledávání informací v dokumentu SPC (Souhrn údajů o léčivém přípravku) na reálných léčivých přípravcích.

Název hodiny:

- Práce se souhrnem údajů o léčivém přípravku u vybraných radiofarmak

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně

Vstupní požadavky pro studenta:

- Obecné znalosti o léčivých přípravcích, obecné znalosti o radiofarmakách, obecné znalosti o SPC, schopnost vyhledat informace v SPC, základní znalosti o přípravě radiofarmak

Klíčové pojmy:

- Radiofarmakum, SPC, aktivita, objem připravovaného radiofarmaka, doba inkubace radiofarmaka, podmínky inkubace radiofarmaka

Obecný cíl:

- Získání nových informací o přípravě radiofarmak a zlepšení dovednosti ve vyhledávání v doprovodném textu radiofarmaka a jiných léčivých přípravků

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání a upevňování nových informací o přípravě radiofarmak pomocí aktivního vyhledávání v SPC

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti ve vyhledávání v SPC, upevnění znalostí o přípravě radiofarmak a vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při vyplňování jednoho pracovního listu je přibližně 35 minut
- Společná zhodnocení správnosti nalezených informací s vyučujícím je přibližně 5 minut

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení.

## **2. Pracovní list – Vyhledávání přípravy radiofarmaka v SPC – Zadání**

Příprava radiofarmak je hlavní náplní práce radiofarmaceuta. Příprava jednotlivých radiofarmaka vychází především ze souhrnu údajů o léčivém přípravku (SPC). Pomocí stránek Státního ústavu pro kontrolu léčiv dohledejte SPC následujících radiofarmak:

**TechneScan HDP**  
**TechneScan DMSA**  
**Brain-Spect kit**  
**Scintimun**  
**Technescan MAG3**

V těchto dokumentech dohledejte informace o přípravě radiofarmaka a poznamenejte hlavní body přípravy.

Především se zaměřte na:

- Množství přidané aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  (minimální a maximální)
- Objem připravovaného radiofarmaka (minimální a maximální)
- Dobu a podmínky inkubace radiofarmaka

## 2. Pracovní list – Vyhledávání přípravy radiofarmaka v SPC – Správné řešení

Příprava radiofarmak je hlavní náplní práce radiofarmaceuta. Příprava jednotlivých radiofarmaka vychází především ze souhrnu údajů o léčivém přípravku (SPC). Pomocí stránek Státního ústavu pro kontrolu léčiv dohledejte SPC následujících radiofarmak:

**TechneScan HDP**  
**TechneScan DMSA**  
**Brain-Spect kit**  
**Scintimun**  
**Technescan MAG3**

V těchto dokumentech dohledejte informace o přípravě radiofarmaka a poznamenejte hlavní body přípravy.

Především se zaměřte na:

- Množství přidané aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  (minimální a maximální)
- Objem připravovaného radiofarmaka (minimální a maximální)
- Dobu a podmínky inkubace radiofarmaka

### **TechneScan HDP**

- Maximálně 14 GBq.
- 3-10 ml
- 30 sekund třepání za pokojové teploty

### **TechneScan DMSA**

- 1200–3700 MBq.
- 1-5 ml
- 15 minut při pokojové teploty

### **Brain-Spect kit**

- 0,37 – 2,22 GBq.
- 5 ml
- 10 minut při pokojové teploty

### **Scintimun**

- 400-1800 MBq.
- 3-8 ml
- 10 minut při pokojové teploty

### **Technescan MAG3**

- Maximálně 2960 MBq.
- 10 ml
- 10 minut při teplotě 120°C.

### **3. Pracovní list – Vyhledávání v tabulce “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně”**

#### **Základní informace o pracovním listu – Vyhledávání v tabulce “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně”**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmaka

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Pracovní list dává možnost aplikovat obecně získané informace o radiofarmakách a různých radionuklidech využívaných v nukleární medicíně a ovlivnění radiofarmaka pomocí využití různé chemické formy daného radiofarmaka.

Název hodiny:

- Práce s tabulkou “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně”.

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Obecné znalosti o léčivých přípravcích, obecné znalosti o radiofarmakách, obecné znalosti o radionuklidech a jejich chemických formách, obecné znalosti o diagnostických a terapeutických využití nukleární medicíny.

Klíčové pojmy:

- Radiofarmakum, radionuklid, terapeutická indikace, diagnostická indikace, chemická forma radiofarmaka, aplikovaná aktivita radiofarmaka.

Obecný cíl:

- Získání nových informací o terapeutickém a diagnostickém využití radiofarmak v nukleární medicíně.

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání a upevňování nových informací o terapeutickém a diagnostickém využití radiofarmak v nukleární medicíně.

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti ve vyhledávání v tabulce “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně“ a vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při vyplňování obou částí pracovního listu je přibližně 30 minut
- Společná zhodnocení správnosti nalezených informací s vyučujícím je přibližně 10 minut

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení.

### 3. Pracovní list – Vyhledávání v tabulce “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně” – Zadání

K zjištění informací k vyplnění tohoto pracovního listu složené ze dvou cvičení využijte přiloženou tabulku, která se nachází dále nebo vycházejte přímo z přílohy č. 22 Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně vyhlášky č. 422/2016 Sb., *Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*.

1. Vyhledejte, jaký radionuklid, v jaké chemické formě a v jaké obvyklé dávce se využívá pro:

Typ vyšetření	Radionuklid	Látka, chemická forma	Aktivita aplikovaná při jednom vyšetření (MBq)
Planární scintigrafie ledvin			
Planární ventilační scintigrafie plic			
Nepřímá radionuklidová cystografie močového měchýře			
Evakuace žaludku			
Dynamická scintigrafie ledvin			
Radionuklidová venografie cév jedné končetiny			
Planární scintigrafie sleziny			
Planární perfuzní scintigrafie plic			

2. Vyhledejte indikaci a v jaké dávce slouží tyto radionuklidy v uvedené chemické formě

- $^{131}\text{I}$  – Hippuran

○

○

- $^{81\text{m}}\text{Kr}$  – plyn

○

- $^{111}\text{In}$  – leukocyty

○

- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  – fosfáty

○

- $^{59}\text{Fe}$  – železitý citrát

○

- $^{18}\text{F}$  – FDG

○

○

- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  – IDA deriváty

○

- $^{111}\text{In}$  – DTPA

○

- $^{67}\text{Ga}$  – citrát

○

○

- $^{123}\text{I}$  – MIBG

○



“Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně”

Vyšetření		Radio-nuklid	Látka, chemická forma	Aktivita aplikovaná při jednom vyšetření (MBq)	
orgán, systém, onemocnění	druh vyšetření, skupina				
kosti	scintigrafie (celotělová, třířázová, SPECT <sup>1)</sup> )	Tc-99m	fosfáty, fosfonáty	800	
kostní dřeň	scintigrafie (celotělová, SPECT)	Tc-99m	nanokoloidy	550	
mozek	scintigrafie	dynamická	Tc-99m	TcO <sub>4</sub> , DTPA	600
		statická, planární	Tc-99m	TcO <sub>4</sub> , DTPA	600
		SPECT	Tc-99m	TcO <sub>4</sub> , DTPA, HMPAO, ECD	800
		receptory	I-123	Ioflupan, IBZM	200
		akumulace glukózy	F-18	FDG	400
	cisternografie	In-111	DTPA	40	
		Yb-169	EDTA	40	
štítná žláza	akumulační test		I-131	jodid	0,5
	scintigrafie	planární	Tc-99m	TcO <sub>4</sub>	200
			Tc-99m	MIBI, DMSA (V)	400
			I-123	jodid	20
			I-131	jodid	7*)
			Tl-201	chlorid	80
		Tc-99m	MIBI, DMSA (V)	800	
	celotělová při karcinomu štítné žlázy	I-131	jodid	185	
Tl-201	chlorid	100			
přítušná tělíska	scintigrafie	planární	Tc-99m	TcO <sub>4</sub>	200
			Tc-99m	MIBI	800
			Tl-201	chlorid	80
plice	scintigrafie ventilační	planární	Tc-99m	aerosol, technegas	1 000**)
			Kr-81m	plyn	6 000***)
	scintigrafie perfuzní	planární	Tc-99m	MAA, mikrosféry	200
			SPECT	Tc-99m	MAA, mikrosféry
srdce	perfúze myokardu	SPECT	Tc-99m	MIBI, tetrofosmin	900****)
		SPECT	Tl-201	chlorid	110
		SPECT (reinjekce)	Tl-201	chlorid	40
	metabolické zobrazování PET <sup>2)</sup> (viabilita)	F-18	FDG	500	
	radionuklidová ventrikulografie	Tc-99m	erytrocyty	800	
	scintigrafie prvního průtoku	Tc-99m	TcO <sub>4</sub> , DTPA	900	
	adrenergní inverze	I-123	MIBG	400	
lymfatický systém	radionuklidová lymfografie	Tc-99m	nanokoloid	150	
	detekce sentinelových uzlin	Tc-99m	nanokoloid	150	
cévy	radionuklidová venografie (jedna končetina)	Tc-99m	MAA	200	
		Tc-99m	DTPA	300	
	radionuklidová angiografie	Tc-99m	erytrocyty, TcO <sub>4</sub> , DTPA, HSA	800	
	scintigrafická detekce trombu	Tc-99m	tromboocyty	500	
krev	objem krve a složek		Tc-99m	HSA	80
			I-131	HSA	6
			Cr-51	erytrocyty	6
	přežívání a lokalizace destrukce krevních elementů		Cr-51	erytrocyty, tromboocyty	6
			In-111	tromboocyty	10
			Fe-59	Fe(III) citrát	3
slezina	scintigrafie	planární	Tc-99m	alterované erytrocyty	100
		SPECT	Tc-99m	alterované erytrocyty	200
hepatobiliární systém	scintigrafie	planární	Tc-99m	koloidy	150
		SPECT	Tc-99m	koloidy	300
		dynamická	Tc-99m	IDA deriváty	250

Vyšetření		Radio-nuklid	Látka, chemická forma	Aktivita aplikovaná při jednom vyšetření (MBq)	
orgán, systém, onemocnění	druh vyšetření, skupina				
gastrointestinální trakt	scintigrafie slinných žláz	Tc-99m	TcO <sub>4</sub>	100	
	motilita jícnu	Tc-99m	koloidy	70	
	gastroesofageální reflux	Tc-99m	koloidy	50	
	evakuace žaludku	Tc-99m	koloidy	60	
	scintigrafie Meckelova divertiklu	Tc-99m	TcO <sub>4</sub>	500	
	scintigrafie krváčení do GIT <sup>3)</sup>	Tc-99m	erythrocyty	700	
	stanovení ztrát krve a bílkovin v GIT		Cr-51	erythrocyty	4
			I-125	HSA	6
			I-131	HSA	6
Schillingův test		Co-57	monocyanocobalamin	1	
		Co-58	monocyanocobalamin	1	
ledviny	renografie prostá	I-131	hippuran	1	
	scintigrafie	planární	Tc-99m	DMSA (III), glukonát	150
		SPECT	Tc-99m	DMSA (III), glukonát	250
		dynamická	Tc-99m	DTPA, MAG3, EC	250
		s hodnocením perfuze	Tc-99m	DTPA, MAG3, EC	500
	stanovení EPPL <sup>4)</sup> , GFR <sup>5)</sup>		Tc-99m	MAG3, DTPA	20
			I-131	hippuran	0,5
		Cr-51	EDTA	3	
močový měchýř	radionuklidová cystografie	přímá	Tc-99m	DTPA, TcO <sub>4</sub>	50
		nepřímá	Tc-99m	MAG3	200
varlata, šourček	scintigrafie	Tc-99m	TcO <sub>4</sub>	600	
nádory	scintigrafie (planární, SPECT)	Tc-99m	MIBI, depreotid, protilátky	800	
		In-111	protilátky, pentetreotid	190	
		Ga-67	citrát	300	
		Tl-201	chlorid	100	
		I-123	MIBG	400	
		F-18	FDG	750	
	scintimamografie (planární, SPECT)	Tc-99m	MIBI, tetrafosmin, fosfonáty	800	
záněty	scintigrafie (planární, SPECT)	Tc-99m	leukocyty, HIG	600	
		Tc-99m	protilátky	800	
		In-111	leukocyty	30	
		Ga-67	citrát	150	

#### Vysvětlivky:

- \*) jen před terapii I-131
- \*\*) aktivita v nebulizátoru; předpokládá se, že méně než desetina se deponuje v plicích
- \*\*\*) pro jednu aplikaci
- \*\*\*\*) aktivita pro jednu aplikaci v rámci dvoudenního protokolu
- \*\*\*\*\*) sumární hodnota pro jednodenní protokol
- 1) SPECT jedno-fotonová emisní výpočetní tomografie,
- 2) PET pozitronová emisní tomografie
- 3) GIT gastrointestinální trakt, trávicí ústrojí,
- 4) EPPL efektivní průtok plazmy ledvinami,
- 5) GFR glomerulární filtrace.

### 3. Pracovní list – Vyhledávání v tabulce “Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně” – Správné řešení

K zjištění informací k vyplnění tohoto pracovního listu složené ze dvou cvičení využijte přiloženou tabulku, která se nachází dále nebo vycházejte přímo z přílohy č. 22 Národní diagnostické referenční úrovně pro diagnostická vyšetření dospělých v nukleární medicíně vyhlášky č. 422/2016 Sb., *Vyhláška o radiční ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*.

1. Vyhledejte, jaký radionuklid, v jaké chemické formě a v jaké obvyklé dávce se využívá pro:

Typ vyšetření	Radionuklid	Látka, chemická forma	Aktivita aplikovaná při jednom vyšetření (MBq)
Planární scintigrafie ledvin	$^{99m}\text{Tc}$	DMSA – glukonát	150 MBq
Planární ventilační scintigrafie plic	$^{99m}\text{Tc}$	Aerosol, technegas	1000 MBq
	$^{81m}\text{Kr}$	Plyn	6000 MBq
Nepřímá radionuklidová cystografie močového měchýře	$^{99m}\text{Tc}$	MAG 3	200 MBq
Evakuace žaludku	$^{99m}\text{Tc}$	Koloidy	60 MBq
Dynamická scintigrafie ledvin	$^{99m}\text{Tc}$	DTPA, MAG3, EC	250 MBq
Radionuklidová venografie cév jedné končetiny	$^{99m}\text{Tc}$	MAA	200 MBq
	$^{99m}\text{Tc}$	DTPA	300 MBq
Planární scintigrafie sleziny	$^{99m}\text{Tc}$	Alterované erytrocyty	100 MBq
Planární perfuzní scintigrafie plic	$^{99m}\text{Tc}$	MAA, mikrosféry	200 MBq

2. Vyhledejte indikaci a v jaké dávce slouží tyto radionuklidy v uvedené chemické formě

- $^{131}\text{I}$  – Hippuran
  - Prostá renografie – 1 MBq
  - Stanovení EPPL, GFR – 0,5 MBq
- $^{81\text{m}}\text{Kr}$  – plyn
  - Planární ventilační scintigrafie plic - 6000 MBq
- $^{111}\text{In}$  – leukocyty
  - Planární a SPECT scintigrafie zánětů – 600 MBq
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  – fosfáty
  - Celotělová, třífázová a SPECT scintigrafie kostí – 800 MBq
- $^{59}\text{Fe}$  – železitý citrát
  - Ferokinetika v krvi – 3 MBq
- $^{18}\text{F}$  – FDG
  - Metabolické zobrazení PET viability srdce – 500 MBq
  - Planární a SPECT scintigrafie nádorů – 750 MBq
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$  – IDA deriváty
  - Dynamická scintigrafie hepatobiliárního systému – 250 MBq
- $^{111}\text{In}$  – DTPA
  - Cisternografie mozku – 40 MBq
- $^{67}\text{Ga}$  – citrát
  - Planární a SPECT scintigrafie nádorů – 300 MBq
  - Planární a SPECT scintigrafie zánětů – 150 MBq
- $^{123}\text{I}$  – MIBG
  - Adrenergní inervace srdce – 400 MBq

#### **4. Pracovní list – Výpočty – Aplikované množství radiofarmaka**

##### **Základní informace o pracovním listu – Výpočty – Aplikované množství radiofarmaka**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmaceutické výpočty

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Jedná se o pracovní list, který slouží k upevnění a vyzkoušení praktických výpočtů z oblasti radiofarmacie, které jsou standardem na oddělení přípravy radiofarmak.

Název hodiny:

- Radiofarmaceutické výpočty

Časová dotace:

- 30 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Znalosti a dovednosti v oblasti základních matematických dovedností (násobení, dělení, přímá úměra, ...), základní znalosti z oblasti radiofarmaceutických výpočtů, pochopení principu přepočtu obsahu nosiče v objemu radiofarmaka, pochopení principu přípravy dávky radiofarmaka pro pacienta z vyrobeného kitu.

Klíčové pojmy:

- Nosič, objem radiofarmaka, aktivita, celková aktivita, příprava dávky pro pacienta

Obecný cíl:

- Upevnění znalostí a dovedností v oblasti radiofarmaceutických výpočtů a přípravy dávky radiofarmaka pro pacienta

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání znalostí a dovedností v oblasti radiofarmaceutických výpočtů a přípravy dávky radiofarmaka pro pacienta
- Kompetence k řešení problémů – pochopení problematické úlohy a následné navržení výpočtu a samotný výpočet, který získá odpověď na požadovanou hmotnost radiofarmaka

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti a upevnování znalostí o radiofarmaceutických výpočtech. Vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při návrhu řešení a realizace samotného výpočtu všech příkladů v pracovním listu je přibližně 20 minut.
- Společná zhodnocení správnosti výpočtů je přibližně 5 minut

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a žáci si poznamenávají případné nedostatky.
- Vyučující může vyzvat studenta k dobrovolnému zápisu výpočtu na tabuli a vysvětlení ostatním spolužákům, jak k danému výsledku došel.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení, avšak pouze k praktickému vyzkoušení radiofarmaceutických výpočtů.

#### 4. Pracovní list – Výpočty – Aplikované množství radiofarmaka – Zadání

Kit Technescan-HDP obsahující 3 mg dinatrii oxidronas byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 7,5 GBq v celkovém objemu 6 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 950 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

Příklad řešení:

3 mg dinatrii oxidronas ..... 7 500 MBq

x mg dinatrii oxidronas ..... 950 MBq

$$x = (3 \cdot 950) / 7\,500$$

$$x = 0,38 \text{ mg dinatrii oxidronas}$$

Pacientovi v této dávce bylo aplikováno 0,38 mg dinatrii oxidronas značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

Alternativní možnost výpočtu:

6 ml ..... 7 500 MBq

x ml ..... 950 MBq

$$= 0,76 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \quad & 6 \text{ ml} \dots\dots\dots 3 \text{ mg} \\ & 0,76 \text{ ml} \dots\dots\dots x \text{ mg} \\ & = 0,38 \text{ mg} \end{aligned}$$

Pacient získal aplikováno 0,38 mg dinatrii oxidronas značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

Kit Stabilised Ceretec obsahující 500 $\mu\text{g}$  exametazonu byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 1,11 GBq v celkovém objemu 7 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 560 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

Kit Pulmocis obsahující 2 mg albuminum humanum macroaggregatum byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 3,4 GBq v celkovém objemu 8 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 150 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

Kit Technescan-Sestamibi obsahující 1 mg cuprotetramibi tetrafluoroboras byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 10,5 GBq v objemu 7 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 900 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

Kit Technescan-DMSA obsahující 1,2 mg succimerum byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 1,9 GBq v objemu 5 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 110 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

#### 4. Pracovní list – Výpočty – Aplikované množství radiofarmaka – Správné řešení

Kit Technescan-HDP obsahující 3 mg dinatrii oxidronas byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 7,5 GBq v celkovém objemu 6 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 950 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

Příklad řešení:

3 mg dinatrii oxidronas ..... 7 500 MBq

x mg dinatrii oxidronas ..... 950 MBq

$$x = (3 \cdot 950) / 7\,500$$

$$x = 0,38 \text{ mg dinatrii oxidronas}$$

Pacientovi v této dávce bylo aplikováno 0,38 mg dinatrii oxidronas značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

Alternativní možnost výpočtu:

6 ml ..... 7 500 MBq

x ml ..... 950 MBq

= 0,76 ml

-> 6 ml ..... 3 mg

0,76 ml ..... x mg

= 0,38 mg

Pacient získal aplikováno 0,38 mg dinatrii oxidronas značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

Kit Stabilised Ceretec obsahující 500  $\mu\text{g}$  exametazonu byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 1,11 GBq v celkovém objemu 7 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 560 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

500  $\mu\text{g}$  exametazonu ..... 1 110 MBq

x  $\mu\text{g}$  exametazonu ..... 560 MBq

$$x = (500 \cdot 560) / 1\,110$$

$$x = 252 \mu\text{g exametazonu}$$

Pacientovi v této dávce bylo aplikováno 252  $\mu\text{g}$  exametazonu značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

Kit Pulmocis obsahující 2 mg albuminum humanum macroaggregatum byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 3,4 GBq v celkovém objemu 8 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 150 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

2 mg albuminum humanum macroaggregatum ..... 3 400 MBq

x mg albuminum humanum macroaggregatum ..... 150 MBq

$$x = (2 \cdot 150) / 3\,400$$

$$x = 0,09 \text{ mg albuminum humanum macroaggregatum}$$

Pacientovi v této dávce bylo aplikováno 0,09 mg albuminum humanum macroaggregatum značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .



Kit Technescan-Sestamibi obsahující 1 mg cuprotetramibi tetrafluoroboras byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 10,5 GBq v objemu 7 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 900 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

1 mg cuprotetramibi tetrafluoroboras ..... 10 500 MBq

x mg cuprotetramibi tetrafluoroboras ..... 900 MBq

$$x = (1 \cdot 900) / 10\,500$$

$$x = 0,09 \text{ mg cuprotetramibi tetrafluoroboras}$$

Pacientovi v této dávce bylo aplikováno 0,09 mg cuprotetramibi tetrafluoroboras značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

Kit Technescan-DMSA obsahující 1,2 mg succimerum byl označen  $^{99m}\text{Tc}$  o aktivitě 1,9 GBq v objemu 5 ml.

Pacient dostal aplikovanou dávku 110 MBq bezprostředně po přípravě.

Jaká hmotnost značeného radiofarmaka byla aplikována pacientovi?

1,2 mg succimerum ..... 1 900 MBq

x mg succimerum ..... 110 MBq

$$x = (1,2 \cdot 110) / 1\,900$$

$$x = 0,07 \text{ mg succimerum}$$

Pacientovi v této dávce bylo aplikováno 0,07 mg succimerum značeného  $^{99m}\text{Tc}$ .

## **5. Pracovní list – Výpočty – Poločas rozpadu**

### **Základní informace o pracovním listu – Výpočty – Poločas rozpadu**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmaceutické výpočty

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Jedná se o pracovní list, který slouží k upevnění a vyzkoušení praktických výpočtů z oblasti radiofarmacie, které jsou standardem na oddělení přípravy radiofarmak.

Název hodiny:

- Radiofarmaceutické výpočty

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Znalosti a dovednosti v oblasti základních matematických dovedností (násobení, dělení, ...), základní znalosti z oblasti radiofarmaceutických výpočtů, schopnost vyhledat hodnoty poločasu rozpadu v příložené tabulce, pochopení principu radioaktivního rozpadu v čase

Klíčové pojmy:

- Eluce, generátor, objem radiofarmaka, aktivita radiofarmaka, celková aktivita, snížení aktivity v čase

Obecný cíl:

- Upevnění znalostí a dovedností v oblasti radiofarmaceutických výpočtů v oblasti snížení aktivity v závislosti na poločasu rozpadu a daném čase.

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání znalostí a dovedností v oblasti radiofarmaceutických výpočtů
- Kompetence k řešení problémů – pochopení problematické úlohy a následné navržení výpočtu a samotný výpočet, který získá odpověď na požadovanou otázku radioaktivního rozpadu

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti a upevňování znalostí o radiofarmaceutických výpočtech. Vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při návrhu řešení a realizace samotného výpočtu všech příkladů v pracovním listu je přibližně 30 minut.
- Společná zhodnocení správnosti výpočtů je přibližně 10 minut

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Vyučující může vyzvat studenta k dobrovolnému zápisu výpočtu na tabuli a vysvětlení ostatním spolužákům, jak k danému výsledku došel.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení, avšak pouze k praktickému vyzkoušení radiofarmaceutických výpočtů.

## 5. Pracovní list – Výpočty – Poločas rozpadu – Zadání

Ve 12:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 12,5 GBq v 5 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 16:00, 20:00 a v 23:30, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát.

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

12:00 = 12,5 GBq v 5 ml

16:00 = od 12:00 je rozdíl 4 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 4 hodinách klesne na 63,0 %.

Výpočet:  $12,5 \cdot 0,63 = 7,875$  GBq

V 16:00 bude aktivita eluce rovna 7,875 GBq v 5 ml.

20:00 = od 12:00 je rozdíl 8 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 8 hodinách klesne na 39,7 %.

Výpočet:  $12,5 \cdot 0,397 = 4,963$  GBq

V 20:00 bude aktivita eluce rovna 4,963 GBq v 5 ml.

23:30 = od 12:00 je rozdíl 11,5 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 8 hodinách klesne na 26,4 %.

Výpočet:  $12,5 \cdot 0,264 = 3,3$  GBq

V 23:30 bude aktivita eluce rovna 3,3 GBq v 5 ml.

V 8:00 jsme připravili kit Technecistan-DMSA o aktivitě 2100 MBq v 5 ml.

Jaká bude aktivita zbytku kitu ve 12:00, pakliže jsme po přípravě využili 2 ml kitu?

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

V 6:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 50,7 GBq v 14 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 6:30, 7:15, 8:30 a ve 12:00, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát?

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

V 7:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 30,9 GBq v 10 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 8:15 a ve 12:45, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát?

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

V 7:30 jsme připravili kit Technecistan-MAG3 o aktivitě 2900 MBq v 10 ml.  
Jaká bude aktivita zbytku kitu na konci expirace, pakliže jsme využili  $\frac{3}{4}$  kitu? Expirace připraveného kitu je 8 hodin od ukončení přípravy.  
Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

V 6:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 51,9 GBq v 14 ml.  
Jaká bude aktivita eluce v 8:15 a ve 12:00, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát? Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

**5. Pracovní list – Výpočty – Poločas rozpadu – Tabulka procentuální poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$ .**

**Tabulka procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$**

Hodiny	Minuty			
	0	15	30	45
0	100	97,2	94,4	91,7
1	89,1	86,6	84,1	81,7
2	79,4	77,1	74,9	72,7
3	70,7	68,7	66,7	64,8
4	63,0	61,2	59,5	57,8
5	56,1	54,5	53,0	51,5
6	50,0	48,6	47,2	45,9
7	44,5	43,3	42,0	40,8
8	39,7	38,5	37,5	36,4
9	35,4	34,3	33,4	32,4
10	31,5	30,6	29,7	28,9
11	28,1	27,3	26,4	25,7
12	25,0	24,3	23,6	22,9

Zdroj:

KUBINYI, Jozef; SABOL, Jozef a VONDRÁK, Andrej. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.

## 5. Pracovní list – Výpočty – Poločas rozpadu – Správné řešení

Ve 12:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 12,5 GBq v 5 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 16:00, 20:00 a v 23:30, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát.

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

12:00 = 12,5 GBq v 5 ml

16:00 = od 12:00 je rozdíl 4 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 4 hodinách klesne na 63,0 %.

Výpočet:  $12,5 \cdot 0,63 = 7,875$  GBq

V 16:00 bude aktivita eluce rovna 7,875 GBq v 5 ml.

20:00 = od 12:00 je rozdíl 8 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 8 hodinách klesne na 39,7 %.

Výpočet:  $12,5 \cdot 0,397 = 4,963$  GBq

V 20:00 bude aktivita eluce rovna 4,963 GBq v 5 ml.

23:30 = od 12:00 je rozdíl 11,5 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 8 hodinách klesne na 26,4 %.

Výpočet:  $12,5 \cdot 0,264 = 3,3$  GBq

V 23:30 bude aktivita eluce rovna 3,3 GBq v 5 ml.

V 8:00 jsme připravili kit Technecistan-DMSA o aktivitě 2100 MBq v 5 ml.

Jaká bude aktivita zbytku kitu ve 12:00, pakliže jsme po přípravě využili 2 ml kitu?

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

8:00 = 2,1 GBq v 5 ml

12:00 = od 8:00 je rozdíl 4 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 4 hodinách klesne na 63,0 %

Výpočet:  $2,1 \cdot 0,63 = 1,323$  GBq

V 12:00 bude aktivita neodebrané kitu rovna 1,323 GBq, avšak jsme po přípravě využili 2ml kitu na přípravu dávky pro pacienta, což znamená, že v lahvičce zbyly pouze  $\frac{3}{5}$  obsahu lahvičky, a tedy musíme i zbylou aktivitu snížit na  $\frac{3}{5}$ .

$1,323 \cdot \frac{3}{5} = 0,794$  GBq

V 12:00 zbydou v lahvičce 3 ml radiofarmaka o aktivitě 0,794 GBq.

V 6:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 50,7 GBq v 14 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 6:30, 7:15, 8:30 a ve 12:00, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát?

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

6:00 = 50,7 GBq v 14 ml

6:30 = od 6:00 je rozdíl 0,5 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po půl hodině klesne na 94,4 %.

Výpočet:  $50,7 \cdot 0,944 = 47,86$  GBq

V 6:30 bude aktivita eluce rovna 47,86 GBq v 14 ml.

7:15 = od 6:00 je rozdíl 1,25 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1,25 hodinách klesne na 86,6 %.

Výpočet:  $50,7 \cdot 0,866 = 43,91$  GBq

V 7:15 bude aktivita eluce rovna 43,91 GBq v 14 ml.

8:30 = od 6:00 je rozdíl 2,5 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 2,5 hodinách klesne na 74,9 %.

Výpočet:  $50,7 \cdot 0,749 = 37,97$  GBq

V 8:30 bude aktivita eluce rovna 37,97 GBq v 14 ml.

12:00 = od 6:00 je rozdíl 6 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 6 hodinách klesne na 50,0 %.

Výpočet:  $50,7 \cdot 0,5 = 25,35$  GBq

V 12:00 bude aktivita eluce rovna 25,35 GBq v 14 ml.

V 7:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 30,9 GBq v 10 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 8:15 a ve 12:45, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát?

Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

7:00 = 30,9 GBq v 10 ml

8:15 = od 7:00 je rozdíl 1,25 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po půl hodině klesne na 86,6 %.

Výpočet:  $30,9 \cdot 0,866 = 26,76$  GBq

V 8:15 bude aktivita eluce rovna 26,76 GBq v 10 ml.

12:45 = od 7:00 je rozdíl 5,75 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 5,75 hodinách klesne na 51,5 %.

Výpočet:  $30,9 \cdot 0,515 = 15,91$  GBq

V 12:45 bude aktivita eluce rovna 15,91 GBq v 10 ml.



V 7:30 jsme připravili kit Technecistan-MAG3 o aktivitě 2900 MBq v 10 ml.  
Jaká bude aktivita zbytku kitu na konci expirace, pakliže jsme využili  $\frac{3}{4}$  kitu? Expirace připraveného kitu je 8 hodin od ukončení přípravy.  
Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

7:30 = 2 900 GBq v 10 ml

Po odebrání  $\frac{3}{4}$  kitu dojde ke snížení aktivity i objemu na  $\frac{1}{4}$ .

7:30 =  $2\,900 \cdot 0,25 = 725$  MBq

7:30 =  $10 \cdot 0,25 = 2,5$  ml

Po odebrání  $\frac{3}{4}$  kitu => 7:30 = 725 MBq v 2,5 ml

Expirace je rovna 8 hodinám od ukončení přípravy, což je rozdíl 8 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 8 hodinách klesne na 39,7 %.

Výpočet:  $725 \cdot 0,397 = 288$  MBq

Po 8 hodinách a odebrání  $\frac{3}{4}$  kitu bude aktivita zbytku radiofarmaka rovna 288 MBq v 2,5 ml.

V 6:00 jsme provedli eluci molybden-techneciového generátoru a získali eluát  $^{99m}\text{Tc}$  o celkové aktivitě 51,9 GBq v 14 ml.

Jaká bude aktivita eluce v 8:15 a ve 12:00, pakliže z dané eluce neodebereme žádný eluát? Pro daný výpočet využijte tabulku časového rozpadu  $^{99m}\text{Tc}$ .

Příklad řešení:

6:00 = 51,9 GBq v 14 ml

8:15 = od 6:00 je rozdíl 2,25 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 2,25 hodině klesne na 77,1 %.

Výpočet:  $51,9 \cdot 0,771 = 40,02$  GBq

V 8:15 bude aktivita eluce rovna 40,02 GBq v 14 ml.

12:00 = od 6:00 je rozdíl 6 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 6 hodinách klesne na 50,0 %.

Výpočet:  $51,9 \cdot 0,5 = 25,95$  GBq

V 12:00 bude aktivita eluce rovna 25,95 GBq v 14 ml.

## **6. Pracovní list – Výpočty – Výpočet dávky pro pacienta**

### **Základní informace o pracovním listu – Výpočty – Výpočet dávky pro pacienta**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmaceutické výpočty

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Jedná se o pracovní list, který slouží k upevnění a vyzkoušení praktických výpočtů z oblasti radiofarmacie, které jsou standardem na oddělení přípravy radiofarmak.

Název hodiny:

- Radiofarmaceutické výpočty

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Znalosti a dovednosti v oblasti základních matematických dovedností (násobení, dělení, ...), základní znalosti z oblasti radiofarmaceutických výpočtů, schopnost vyhledat hodnoty poločasu rozpadu v příložené tabulce, pochopení principu radioaktivního rozpadu v čase, pochopení rozdílu celkové aktivity a měrné aktivity, pochopení principu přípravy dávky radiofarmaka pro daného pacienta.

Klíčové pojmy:

- Příprava kitu, objem radiofarmaka, aktivita radiofarmaka, celková aktivita, měrná aktivita, snížení aktivity v čase.

Obecný cíl:

- Upevnění znalostí a dovedností v oblasti radiofarmaceutických výpočtů v oblasti snížení aktivity v závislosti na poločasu rozpadu a daném čase a příprava dávky radiofarmaka pro daného pacienta v závislosti na čase.

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání znalostí a dovedností v oblasti radiofarmaceutických výpočtů
- Kompetence k řešení problémů – pochopení problematické úlohy a následné navržení výpočtu a samotný výpočet, který získá odpověď na požadovanou otázku radioaktivního rozpadu a přípravy dávky radiofarmaka pro daného pacienta

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti a upevnování znalostí o radiofarmaceutických výpočtech. Vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při návrhu řešení a realizace samotného výpočtu všech příkladů v pracovním listu je přibližně 30 minut.
- Společná zhodnocení správnosti výpočtů je přibližně 10 minut

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Vyučující může vyzvat studenta k dobrovolnému zápisu výpočtu na tabuli a vysvětlení ostatním spolužákům, jak k danému výsledku došel.

- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení, avšak pouze k praktickému vyzkoušení radiofarmaceutických výpočtů.

## 6. Pracovní list – Výpočty – Výpočet dávky pro pacienta – Zadání

V 8:00 jsme připravili kit Senti-scint o aktivitě 976 MBq ve 3 ml.

V 9:15 chceme připravit dávku o aktivitě 120 MBq.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky pro daného pacienta?

Příklad řešení:

8:00 = 976 MBq ve 3 ml

**9:15** = od 8:00 se jedná rozdíl 1 hodiny a 15 minut -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1 hodině a 15 minutách klesne na 86,6 %.

Výpočet:  $976 \cdot 0,866 = 845 \text{ MBq}$

V 9:15 bude aktivita radiofarmaka rovna 845 MBq v 3 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$\text{měrná aktivita} = \frac{\text{celková aktivita}}{\text{celkový objem}}$$

$845 / 3 = 282 \text{ MBq/ml}$

V 9:15 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 282 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce:

$$\text{požadovaný objem} = \frac{\text{požadovaná aktivita}}{\text{měrná aktivita}}$$

$120 / 282 = 0,426 \text{ ml}$

Abychom připravili v 9:15 připravili stříkačku o aktivitě 120 MBq musíme natáhnout 0,426 ml daného radiofarmaka.

V 7:30 jsme připravili kit Nano-albumon o aktivitě 1,95 GBq v 3 ml.

V 8:30 chceme připravit dávku o aktivitě 75 MBq.

Stejnou dávku chceme připravit z tohoto kitu v 12:30.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky v 8:30 a v 12:30 pro dané pacienty?

Ve 12:00 jsme připravili kit Technescan-HDP o aktivitě 7500 MBq v 8 ml.

V 13:30 chceme připravit dávku o aktivitě 650 MBq.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky pro daného pacienta?

V 6:30 jsme připravili kit Technescan-MAG3 o aktivitě 2 000 MBq v 10 ml.

V 12:45 chceme připravit dávku o aktivitě 170 MBq.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky pro daného pacienta?

V 6:30 jsme připravili kit Technescan-Sestamibi o aktivitě 9,87 GBq v 6 ml.

V 7:45 chceme připravit dávku o aktivitě 890 MBq.

Stejnou dávku chceme připravit z tohoto kitu v 12:00.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky v 7:45 a v 12:00 pro dané pacienty?

V 7:15 jsme připravili kit Technescan-DTPA o aktivitě 315 MBq v 8 ml.

V 8:15 chceme připravit dávku o aktivitě 40 MBq.

Stejnou dávku chceme připravit z tohoto kitu v 12:15.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky v 8:15 a v 12:15 pro dané pacienty?

## 6. Pracovní list – Výpočty – Výpočet dávky pro pacienta – Správné řešení

V 8:00 jsme připravili kit Senti-scint o aktivitě 976 MBq ve 3 ml.

V 9:15 chceme připravit dávku o aktivitě 120 MBq.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky pro daného pacienta?

Příklad řešení:

8:00 = 976 MBq ve 3 ml

**9:15** = od 8:00 se jedná rozdíl 1 hodiny a 15 minut -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1 hodině a 15 minutách klesne na 86,6 %.

Výpočet:  $976 \cdot 0,866 = 845 \text{ MBq}$

V 9:15 bude aktivita radiofarmaka rovna 845 MBq v 3 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$\text{měrná aktivita} = \frac{\text{celková aktivita}}{\text{celkový objem}}$$

$845 / 3 = 282 \text{ MBq/ml}$

V 9:15 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 282 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce:

$$\text{požadovaný objem} = \frac{\text{požadovaná aktivita}}{\text{měrná aktivita}}$$

$120 / 282 = 0,426 \text{ ml}$

Abychom připravili v 9:15 připravili stříkačku o aktivitě 120 MBq musíme natáhnout 0,426 ml daného radiofarmaka.

V 7:30 jsme připravili kit Nano-albumon o aktivitě 1,95 GBq v 3 ml.

V 8:30 chceme připravit dávku o aktivitě 75 MBq.

Stejnou dávku chceme připravit z tohoto kitu v 12:30.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky v 8:30 a v 12:30 pro dané pacienty?

Příklad řešení:

7:30 = 1 950 MBq ve 3 ml

**8:30** = od 7:30 se jedná rozdíl 1 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1 hodině klesne na 89,1 %.

Výpočet:  $1\,950 \cdot 0,891 = 1\,738 \text{ MBq}$

V 8:30 bude aktivita radiofarmaka rovna 1 738 MBq v 3 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$1\,738 / 3 = 579 \text{ MBq/ml}$

V 8:30 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 549 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$$75 / 549 = 0,137 \text{ ml}$$

Abychom připravili v 8:30 připravili stříkačku o aktivitě 75 MBq musíme natáhnout 0,137 ml daného radiofarmaka.

**12:30** = od 7:30 se jedná rozdíl 5 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 5 hodinách klesne na 56,1 %.

$$\text{Výpočet: } 1\,950 \cdot 0,561 = 1\,094 \text{ MBq}$$

V 12:30 bude aktivita radiofarmaka rovna 1 094 MBq v 3 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$1\,094 / 3 = 365 \text{ MBq/ml}$$

V 12:30 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 365 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$$75 / 365 = 0,206 \text{ ml}$$

Abychom připravili v 12:30 připravili stříkačku o aktivitě 75 MBq musíme natáhnout 0,206 ml daného radiofarmaka.

Ve 12:00 jsme připravili kit Technescan-HDP o aktivitě 7500 MBq v 8 ml.

V 13:30 chceme připravit dávku o aktivitě 650 MBq.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky pro daného pacienta?

Příklad řešení:

$$12:00 = 7\,500 \text{ MBq ve } 8 \text{ ml}$$

**13:30** = od 12:00 se jedná rozdíl 1,5 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1,5 hodině klesne na 84,1 %.

$$\text{Výpočet: } 7\,500 \cdot 0,841 = 6\,308 \text{ MBq}$$

V 13:30 bude aktivita radiofarmaka rovna 6 308 MBq v 8 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$6\,308 / 8 = 789 \text{ MBq/ml}$$

V 13:30 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 789 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$$650 / 789 = 0,824 \text{ ml}$$

Abychom připravili v 13:30 připravili stříkačku o aktivitě 650 MBq musíme natáhnout 0,824 ml daného radiofarmaka.



V 6:30 jsme připravili kit Technescan-MAG3 o aktivitě 2 000 MBq v 10 ml.

V 12:45 chceme připravit dávku o aktivitě 170 MBq.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky pro daného pacienta?

Příklad řešení:

6:30 = 2 000 MBq ve 10 ml

**12:45** = od 6:30 se jedná rozdíl 6,25 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 6,25 hodinách klesne na 48,6 %.

Výpočet:  $2\,000 \cdot 0,486 = 972$  MBq

V 12:45 bude aktivita radiofarmaka rovna 972 MBq v 10 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$972 / 10 = 97$  MBq/ml

V 12:45 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 97 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$170 / 97 = 1,753$  ml

Abychom připravili v 12:45 připravili stříkačku o aktivitě 170 MBq musíme natáhnout 1,753 ml daného radiofarmaka.

V 6:30 jsme připravili kit Technescan-Sestamibi o aktivitě 9,87 GBq v 6 ml.

V 7:45 chceme připravit dávku o aktivitě 890 MBq.

Stejnou dávku chceme připravit z tohoto kitu v 12:00.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky v 7:45 a v 12:00 pro dané pacienty?

Příklad řešení:

6:30 = 9 870 MBq ve 6 ml

**7:45** = od 6:30 se jedná rozdíl 1,25 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1 hodině a 15 minutách klesne na 86,6 %.

Výpočet:  $9\,870 \cdot 0,866 = 8\,547$  MBq

V 7:45 bude aktivita radiofarmaka rovna 8 547 MBq v 6 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$8\,547 / 6 = 1425$  MBq/ml

V 7:45 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 1425 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$890 / 1425 = 0,625$  ml

Abychom připravili v 7:45 připravili stříkačku o aktivitě 890 MBq musíme natáhnout 0,625 ml daného radiofarmaka.

**12:00** = od 6:30 se jedná rozdíl 5,5 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 5,5 hodinách klesne na 53,0 %.

Výpočet:  $9\,870 \cdot 0,53 = 5\,231$  MBq

V 12:00 bude aktivita radiofarmaka rovna 5 231 MBq v 6 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$5\,231 / 6 = 872 \text{ MBq/ml}$$

V 12:00 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 872 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$$890 / 872 = 1,021 \text{ ml}$$

Abychom připravili v 12:00 připravili stříkačku o aktivitě 890 MBq musíme natáhnout 1,021 ml daného radiofarmaka.

V 7:15 jsme připravili kit Technescan-DTPA o aktivitě 315 MBq v 8 ml.

V 8:15 chceme připravit dávku o aktivitě 40 MBq.

Stejnou dávku chceme připravit z tohoto kitu v 12:15.

Jaký objem radiofarmaka připravíme do stříkačky v 8:15 a v 12:15 pro dané pacienty?

Příklad řešení:

$$7:15 = 315 \text{ MBq ve } 8 \text{ ml}$$

**8:15** = od 7:15 se jedná rozdíl 1 hodiny -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 1 hodině klesne na 89,1 %.

$$\text{Výpočet: } 315 \cdot 0,891 = 281 \text{ MBq}$$

V 8:15 bude aktivita radiofarmaka rovna 281 MBq v 8 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$281 / 8 = 35 \text{ MBq/ml}$$

V 8:15 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 35 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$$40 / 35 = 1,143 \text{ ml}$$

Abychom připravili v 8:15 připravili stříkačku o aktivitě 40 MBq musíme natáhnout 1,143 ml daného radiofarmaka.

**12:15** = od 7:15 se jedná rozdíl 5 hodin -> nahlédneme do tabulky procentuálního poklesu aktivity  $^{99m}\text{Tc}$  a zjistíme, že aktivita po 5,5 hodinách klesne na 56,1 %.

$$\text{Výpočet: } 315 \cdot 0,561 = 177 \text{ MBq}$$

V 12:15 bude aktivita radiofarmaka rovna 177 MBq v 8 ml.

Pro následující výpočet je vhodné využít měrnou aktivitu v 1 ml. Lehce přepočítáme vydělením celkové aktivity v daný moment celkovým objemem.

$$177 / 8 = 22 \text{ MBq/ml}$$

V 12:15 bude měrná aktivita radiofarmaka rovna 22 MBq/ml.

Přepočítáme požadovaný objem pomocí měrné aktivity dle vzorce.

$$40 / 22 = 1,818 \text{ ml}$$

Abychom připravili v 12:15 připravili stříkačku o aktivitě 40 MBq musíme natáhnout 1,818 ml daného radiofarmaka.

## **7. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v českém jazyce**

### **Základní informace o pracovním listu – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v českém jazyce**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmaka

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Obsah hodiny je složen ze samostatné práce s pracovním listem, který se zabývá radiofarmaky a následně technologií a přípravou radiofarmak, což je pro studijní obor diplomovaný farmaceutický asistent stěžejní částí tohoto tematického celku.

Název hodiny:

- Technologie a příprava radiofarmak

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně, případně ve dvojicích.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Obecné znalosti o léčivých přípravcích, úvodní znalosti o radiofarmakách, úvodní znalosti o radionuklidech a jejich chemických formách, úvodní znalosti

o zobrazovacích metodách, úvodní znalosti o generátorech radionuklidů v nukleární medicíně, technologie přípravy želatinových tobolek, základní znalosti o inhalačních léčivých přípravcích, základní znalosti o parenterálních léčivých přípravcích.

Klíčové pojmy:

- Radiofarmakum, radionuklid, chemická forma radiofarmaka, aktivita radiofarmaka, zobrazovací metody (CT, MR, SPECT, PET), poločas rozpadu, léková forma, požadavky na parenterální lékové formy, státní kontrolní ústavy, kit.

Obecný cíl:

- Získání nových informací o radiofarmakách a technologii a přípravě radiofarmak. Upevnění těchto znalostí, které již byly získány v předchozí výuce.

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání a upevňování nových informací o radiofarmakách a technologii a přípravě radiofarmak.
- Kompetence komunikativní – na základě dříve získaných znalostí a nových znalostí z odborného textu popsat některé principy v oblasti technologii a přípravě radiofarmak

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti ve vyhledávání v odborném textu a vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při vyplňování pracovního listu je přibližně 30 minut
- Společná zhodnocení správnosti nalezených informací s vyučujícím je přibližně 10 minut

#### Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení, avšak by mohla k získání hodnocení sloužit.

## 7. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v českém jazyce –

### Zadání

Tento pracovní list se skládá z otázek, na které lze odpovědět pomocí textu z “Technologie a příprava radiofarmak na odděleních nukleární medicíny”, který je volně dostupný na stránkách Solen Medical Education – Praktické lékařství.

Tento článek byl zařazen v 3. čísle Farmacie pro praxi – Praktické lékařství 2021.

Odkaz pro stažení dokumentu: [https://www.farmaciepropraxi.cz/artkey/lek-202103-0007\\_techologie\\_a\\_priprava\\_radiofarmak\\_na\\_oddelenich\\_nuklearni\\_mediciny.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dradiofarmaka%26sfrom%3D0%26spage%3D30](https://www.farmaciepropraxi.cz/artkey/lek-202103-0007_techologie_a_priprava_radiofarmak_na_oddelenich_nuklearni_mediciny.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dradiofarmaka%26sfrom%3D0%26spage%3D30)

Potřebné stránky (strana 171-174, 3. čísla Praktického lékařství 2021) pro zodpovězení vytvořených otázek jsou uvedené dále.

### Zadání

Pomocí následujícího článku odpovězte na následující otázky.

1. Popište, co je to radionuklid.
2. Čím je doprovázena přeměna radionuklidu v jiný radionuklid?
3. Popište, čím je rozdílná nukleární medicíny od klinické diagnostické radiologie.
4. Co je to technika hybridního zobrazení? Uveďte a popište příklad takového vyšetření.
5. V jaké chemické formě se může vyskytovat radionuklid?
6. Může být radionuklid navázán na nosič?
7. Popište rozdíl mezi měrnou aktivitou a celkovou aktivitou.
8. Kde se nejčastěji vyrábějí radiofarmaka s krátkým poločasem rozpadu? Popište důvod, proč tomu tak je.
9. Popište dva základní principy přípravy inhalačních radiofarmak.
10. Popište nejčastěji využívanou perorální lékovou formu pro podání radiofarmaka.
11. Při parenterálním podání radiofarmak ve formě pravých roztoků musí radiofarmaka splňovat tři základní požadavky na parenterální přípravky. Vyjmenujte tyto tři požadavky a zaznamenejte, jak těchto požadavků docílíme.
12. Co jsou to tzv. kitová radiofarmaka? Krátce je popište.
13. Která dva státní ústavy dohlíží na správný chod radiofarmaceutické laboratoře? Uveďte zkratky i celé názvy těchto úřadů.

## 7. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v českém jazyce – Technologie a příprava radiofarmak na oddělení nukleární medicíny

FARMACEUTICKÁ TECHNOLOGIE

TECHNOLOGIE A PŘÍPRAVA RADIOFARMAK NA ODDĚLENÍCH NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

### Technologie a příprava radiofarmak na odděleních nukleární medicíny

Andrej Kováčik<sup>1</sup>, Barbora Vraníková<sup>1</sup>, Kateřina Žilková<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra farmaceutické technologie, Farmaceutická fakulta UK v Hradci Králové

<sup>2</sup>Oddělení nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Hradec Králové

Radiofarmaceutické přípravky (radiofarmaka) představují zvláštní skupinu léčivých přípravků nacházejících uplatnění zejména v diagnostice různých onemocnění, přičemž jejich aktivita je dána obsahem minimálně jednoho radioaktivního izotopu. Cílem tohoto článku je popsat způsoby získávání radionuklidů vhodných pro použití v nukleární medicíně, dále popsat možné cesty podání radiofarmak a v neposlední řadě také představit přípravu sterilních radiofarmaceutických přípravků na odděleních nukleární medicíny.

**Klíčová slova:** radiofarmakum, radioaktivita, nukleární medicína, sterilní příprava, diagnostika.

#### Technology and preparation of radiopharmaceutical preparations at the departments of nuclear medicine

Radiopharmaceuticals represent a unique group of pharmaceutical preparations. They contain at least one radioactive isotope carrying the desired effect, and, therefore, radiopharmaceuticals are used mainly in diagnostics. This article aims to describe the methods used to obtain radionuclides suitable for nuclear medicine, to define the possible administration routes of radiopharmaceuticals, and to introduce the preparation of sterile radiopharmaceuticals at departments of nuclear medicine.

**Key words:** radiopharmaceutical preparation, radioactivity, nuclear medicine, aseptic preparation, diagnostics.

Radiofarmaka (z latinského *radius* – paprsek a řeckého *pharmakon* – léčivo) nebo také radiofarmaceutické přípravky jsou specifické léčivé přípravky určené pro použití v oboru nukleární medicíny, a to zejména pro určení diagnózy zpravidla závažných onemocnění. Radiofarmaceutické přípravky vždy obsahují jeden nebo více včleněných radioaktivních izotopů určitého prvku, tzv. radionuklidů. Radionuklid je označení pro nestabilní kombinaci definovaného počtu protonů a neutronů v jádře, která má tendenci se samovolně přeměnit (rozpadat) na další nuklidy. Tento exponenciální rozpad je charakterizován poločasem přeměny vyjadřujícím dobu, za kterou aktivita radionuklidu klesne na polovinu počáteční hodnoty. Tato přeměna na jiné radionuklidy je doprovázena uvolněným zářením, které může být v podobě kladně nabitých iontů helia (záření  $\alpha$ ), pozitronů (záření  $\beta^+$ ), záporně nabitých

elektronů – negatronů (záření  $\beta^-$ ) nebo elektromagnetického záření, které je výsledkem deexcitace vzbuzených stavů dceřiného jádra radionuklidu (záření  $\gamma$ ) (1–4).

Na rozdíl od klinické diagnostické radiologie (rtg, ultrazvuk nebo magnetická rezonance), které jsou využívány především jako techniky pro zobrazení anatomie tkání a orgánů, radiofarmaka v nukleární medicíně slouží převážně ke sledování činnosti orgánů pacienta. Jinými slovy je po podání radiofarmaka zaznamenávána distribuce radiofarmaceutického přípravku v těle nemocného, na rozdíl od výše uvedených radiologických metod, kdy zdroj záření je umístěn mimo tělo pacienta (např. rentgenka) a k vyšetření se využívá prozařování (transmise) tkání. Po podání pacientovi je radiofarmakum distribuováno v těle a vznikající ionizační záření (např. emise záření  $\gamma$ ) prochází od vyšetřované tkáně k povrchu těla pacienta,

nad kterým je detekováno pomocí snímacího zařízení (např.  $\gamma$ -kamery) (2, 3).

Radiofarmaceutické přípravky s  $\gamma$ -radionuklidy v nukleární medicíně nacházejí využití v technice známé jako SPECT zobrazení (angl. *single photon emission computed tomography*), pozitronová radiofarmaka jsou zase používána v modernějším zobrazení PET (z angl. *positron emission tomography*). V dnešní nukleární medicíně se nejčastěji využívá technika hybridního zobrazení, tedy kombinace výše zmíněných technik s technikou výpočetní tomografie (z angl. *computed tomography*; CT) nebo magnetickou rezonancí (angl. *magnetic resonance*; MR), tj. techniky SPECT/CT, PET/CT nebo PET/MR v jedné hybridní kameře. Díky těmto kombinacím lze lokalizovat místa změn metabolismu a zároveň získat anatomický pohled na sledovanou tkáň. Radiofarmaka nacházejí uplatnění zejména při sledování metabolické

KORRESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA: PharmDr. Andrej Kováčik, Ph.D., kovacka@faf.cuni.cz  
Katedra farmaceutické technologie, Farmaceutická fakulta UK v Hradci Králové  
Heyrovského 1 203, 500 05 Hradec Králové

Cit. zkr: Prakt. lékař. 2021; 17(3): 171–174  
Článek přijat redakcí: 7. 6. 2021  
Článek přijat k publikaci: 5. 8. 2021

## 1 FARMACEUTICKÁ TECHNOLOGIE

TECHNOLOGIE A PŘÍPRAVA RADIOFARMAK NA ODDĚLENÍCH NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

aktivity novotvarů (nádorů) nebo stavů nádorových antigenů. Nezastupitelné místo mají také v paliativní léčbě a léčbě nádorových onemocnění. Pomocí radiofarmak lze dosáhnout cílené distribuce a kumulace léčiva v chorobné tkáni, což vede k následné likvidaci ložiska ionizujícím zářením radionuklidu (5–7).

Radionuklid může být ve formě samostatného atomu ( $^{133}\text{Xe}$ -xenon), molekuly ( $^{15}\text{O}$ - $\text{O}_2$ -molekulární kyslík), iontu ( $^{131}\text{I}$ -jodid,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -technecistan) nebo je vázán na různé látky (tzv. nosiče neboli ligandy), jako jsou např. molekuly, peptidy, protilátky, krevní elementy či buňky, jež určují mechanismus distribuce. Typ spojení s organickou látkou může být kovalentní (2- $^{18}\text{F}$ -fluor-2-deoxy-D-glukóza) nebo koordinačně kovalentní (tzv. chelatace), kdy nuklid může být inkorporován či adsorbován na organický neradioaktivní nosič (oxinát zinečnatý značený  $^{111}\text{In}$ -indiem) (8).

### Aktivita radionuklidů a radiofarmak

Aktivita radionuklidu je fyzikální veličina charakterizující intenzitu jeho radioaktivní přeměny. Jednotkou aktivity je Bq (becquerel), tedy kvantitativní vyjádření jedné přeměny radionuklidu za sekundu. Z praktického hlediska se však aktivita radionuklidů vyjadřuje jako hmotnostní, objemová, popřípadě molární aktivita [Bq/g, Bq/ml nebo Bq/mol]. Hmotnostní aktivita, známá také jako specifická nebo měrná, popisuje aktivitu radionuklidů vztahenou na jednotku hmotnosti prvku nebo sloučeniny s radionuklidem. V případě radiofarmak se nejčastěji používá objemová aktivita vztahená na jednotku objemu radiofarmaka (Bq/l, resp. Bq/ml, přičemž v praxi se nejčastěji vyjadřuje jako MBq/ml) a dále celková aktivita, která představuje aktivitu radionuklidu vztahenou na určitou jednotku, např. lahvičku, tobolečku, ampuli, generátor atd. (6).

Radiofarmaka mají zvláštní postavení mezi ostatními léčivými přípravky, jelikož jejich účinek, na rozdíl od klasických léčiv, je dán délkou poločasu přeměny jednotlivých radionuklidů. Z tohoto důvodu lze radiofarmaka rozdělit na přípravky s dlouhým poločasem (týdny, dny), které lze hromadně vyrábět, a dále přípravky s krátkým poločasem přeměny (hodiny, minuty, sekundy). Ty mají přirozeně krátkou dobu použitelnosti, a proto se nejčastěji připravují individuálně na odděleních nukleární medicíny (8, 9).

### Výroba (generování) radionuklidů

Radionuklidy je možné získat z vyhoteleného jaderného paliva, častěji se však k výrobě radionuklidů využívá jaderný reaktor, díky němuž lze materiál ozařovat tokem neutronů. Jaderné reaktory slouží k výrobě radionuklidů s dlouhým poločasem přeměny, např.  $^{131}\text{I}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Mo}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{59}\text{Fe}$  nebo také  $^{133}\text{Xe}$ . Dalším zdrojem radionuklidů jsou tzv. cyklotrony, tedy zařízení pracující na principu reakce urychlených nabitých částic v uzavřeném systému. Cyklotrony jsou využívány nejen ke generování radionuklidů do hromadně vyráběných radiofarmak, ale také k výrobě tzv. ultrakrátkodobých radionuklidů nacházejících své uplatnění v produkci pozitronů (1, 6).

Posledním typem výrobníků jsou generátory radionuklidů označované také jako sekundární zdroje radionuklidů. Tyto zdroje oddělují dceřiné radionuklidy vzniknuvší přeměnou tzv. mateřských radionuklidů. Výhodou tohoto uzavřeného systému je možnost získat a okamžitě použít radionuklidy s krátkým poločasem přeměny. Generátory radionuklidů, jako je např. generátor  $^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  umožňující získávání dceřiného technecia přeměnou mateřského molybdenu, nachází nezastupitelné místo v individuální přípravě radiofarmak v nemocnicích. Podle zvolené separační operace pro oddělení mateřského a dceřiného radionuklidu bylo vyvinuto několik druhů komerčně vyráběných  $^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  generátorů, jako jsou extrakční, sublimační či chromatografický (eluční). Mezi nejčastěji používaný  $^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  generátor v nukleární medicíně patří eluční typ (6).

### Lékové formy a cesty podání radiofarmak

#### Inhalační podání

K inhalačně podávaným radiofarmaceutickým přípravkům lze zařadit aerodisperzní lékové formy. Jedná se o pravé nebo koloidní roztoky určené k podání pacientům pomocí upravených ultrazvukových inhalátorů, ve kterých se před inhalací disperguje odpovídající radiofarmakum. Druhým typem inhalačního podání je vdechování radioaktivního plynu, který se získává např. promýváním generátoru ( $^{81}\text{Rb}$ - $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ) inhalovaným vzduchem. Pacient tak vdechuje vzduch obohacený o aktivní atomy

kryptonu, které vznikly přeměnou rubidia a ve formě plynu se smísily se vzduchem (6, 8).

#### Perorální podání

Pro perorální podání radiofarmak lze využít pravé roztoky, které musí splňovat standardní požadavky kladené na perorální kapalně lékové formy. Radionuklidové částice se v tomto případě dostávají do tkáně pomocí prosté difuze přes biologické membrány, pasivním (lipofilní nosiče radionuklidů) nebo také aktivním transportem, např.  $^{201}\text{TlCl}$  pomocí Na/K-ATP pumpy v srdečním svalu. Mezi podávané kapalně lékové formy patří mimo jiné roztoky se značným kyanokobalaminem ( $^{57}\text{Co}$  nebo  $^{58}\text{Co}$ ), tedy vitamínem B<sub>12</sub>, používané např. v diagnostice megaloblastové anémie. Častější využití však nacházejí tobolečky, které mají shodnou technologii výroby s klasickými tvrdými želatinovými tobolečkami. Pro rozpuštění radioaktivní složky se obvykle využívá ethanolu jako technické pomocné látky; vzniklý roztok se nanáší na vnitřní povrch tobolečky a následným odpařením alkoholu zde vzniká souvislý film. Tobolečky jsou poté plněny neradioaktivními plnivy, jako jsou např. laktóza-monohydrát, deriváty celulózy apod. Nejklasiktějším příkladem perorální lékové formy radiofarmaceutického přípravku jsou tobolečky s obsahem  $^{131}\text{I}$ -natriumjodidu sloužící k léčbě nádorů štítné žlázy nebo terapii příliš vysoké aktivity štítné žlázy, např. Gravesova-Basedowovy choroby (8).

#### Parenterální podání

K nejčastěji podávaným parenterálním lékovým formám radiofarmak patří injekce, zpravidla v podobě pravých roztoků. Tyto přípravky na bázi vody pro injekci musí splňovat všechny požadavky kladené na parenterální přípravky; jsou tedy sterilní, izotonické a izoosmotické. Toho se docílí díky látkám upravujícím osmotický tlak (zejména chlorid sodný), volbě vhodné přísady upravující pH (především fosfátový a citrátový pufr) a přípravou za aseptických podmínek, popřípadě optimální sterilizační metodou. Vedle pravých roztoků lze injekčně dále podat koloidní roztoky nebo také suspenzní formy obsahující dispergované radionuklidové částice s průměrem větším, než je průměr krevních kapilár, kde jsou částice zachyceny (např. v plících). Příkladem takovýchto radiofarmak může být denaturační získaný lidský albumin značený

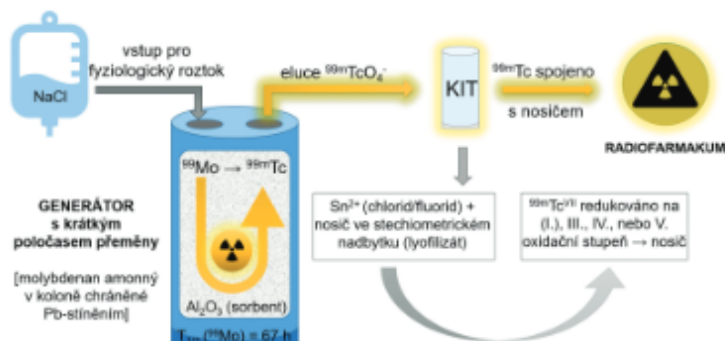


$^{99m}\text{Tc}$  nebo také krevní elementy (autologní erytrocyty, leukocyty či trombocyty) značené  $^{99m}\text{Tc}$ , popřípadě  $^{111}\text{In}$  (5).

Významné postavení v rámci injekčně podávaných radiofarmak mají přípravky se značným pozitronovým radionuklidem fluoru- $^{18}\text{F}$ , jehož poločas přeměny na stabilní kyslík (za současného vyzáření pozitronů a zářením gama) je přibližně 110 minut. Tento radionuklid je nejčastěji vázán v analogu cukru glukózy. Radiofarmakum 2-deoxy-2- $^{18}\text{F}$ -fluor-D-glukóza, zkráceně  $^{18}\text{F}$ -FDG, nachází uplatnění při zobrazování patologických ložisek s intenzivním metabolismem glukózy. Slouží především k diferenciální diagnostice maligních a benigních tkání, sledování průběhu a výsledků léčby zejména u nádorů a k včasnému odhalení recidiv. Dalším příkladem intravenózně podávaného radiofarmaka je  $^{18}\text{F}$ -fluorid sodný používaný pro topografickou analýzu regionálních změn ve skeletu a pro *in vivo* určení celkového metabolického obratu v kostním systému. Intravenózní radiofarmakum na bázi  $^{18}\text{F}$ -fluodeoxythymidinu je vhodné pro diagnostiku rychle se množící nádorové mozkové či plicní tkáně (10).

Drtivou většinu klinicky používaných parenterálně podávaných radiofarmak tvoří tzv. kitová radiofarmaka. Kit lze definovat jako neradioaktivní přípravek určený k rekonstituci nebo spojení s radionuklidem. Je vyráběn hromadně v podobě injekčních lahviček s propichovací zátkou (pryžovým septem) k opakovanému aseptickému odběru. Lahvička je tvořena lyofilizovaným ligandem, redukčním činidlem (např. chloridem/fluoridem cínatým) a dalšími pomocnými látkami. Značení kitů probíhá za pomoci generátorů radionuklidů, nejčastěji  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ . Generátor má podobu přenosné nádoby s olověným stíněním, která obsahuje kolonu na bázi oxidu hlinitého s adsorbovaným molybdenem amonným. Napojením zásobního fyziologického roztoku na generátor se spouští eluce (vymývání) vzniklého dceřiného radionuklidu technecia. Kapalina vytéká do evakuované lahvičky, čímž se získá sterilní roztok  $^{99m}\text{Tc}$ -technecianu sodného vhodného ke značení nosiče (ligandu). Poté se z lahvičky odebere požadovaný objem v odpovídající aktivitě a eluát je poté přidán do kitu. V kitu se rozpouští lyofilizované součásti, zejména

Obr. 1. Schematické znázornění přípravy kitových radiofarmak za pomoci generátoru radionuklidů



Obr. 2. Schematické znázornění přípravy radiofarmak na odděleních nukleární medicíny



redukční činidlo, jehož úlohou je chemická přeměna radionuklidu do takového oxidačního stupně, aby mohlo dojít k navázání nuklidu na nosič a vzniklo plnohodnotné radiofarmakum. Zjednodušený popis přípravy kitového radiofarmaka zobrazuje obrázek 1. Techneciem- $^{99m}\text{Tc}$  značená radiofarmaka mají široké diagnostické spektrum. Lze je použít na zobrazení skeletu, vyšetření ledvin, mozku, plic, srdce a dalších orgánů (11).

### Příprava radiofarmak na odděleních nukleární medicíny

Příprava radiofarmak pro jednotlivé pacienty probíhá nejčastěji na odděleních nukleární medicíny nebo ve specializovaném prostoru lékárny, pokud tato splňuje věcné a technické požadavky pro přípravu radiofarmak. Takovéto zařízení musí schválit Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB), který uděluje pracovišti povolení pro nakládání se zdroji ionizujícího záření. Pracoviště oprávněné k přípravě radiofarmak musí splňovat požadavky atomového zákona na radiohygienická opatření. Tato opatření zahrnují kategorizaci radiofarmak a jednotlivých pracovišť, měření a detekci radioaktivity, postup při příjmu radioaktivních látek/přípravků, likvidaci radioaktivního odpadu a v neposlední řadě také havarijní plán. Dále

musí pracoviště dodržovat pokyny Státního ústavu pro kontrolu léčiv (SÚKL) a řídit se požadavky zákona o léčivech a platného Českého lékopisu. Na oddělení nukleární medicíny připravují radiofarmaka zpravidla farmaceuti nebo také vysokoškolská odborníci se specializací v přípravě radiofarmak (12, 13). Proces přípravy radiofarmaka na oddělení nukleární medicíny popisuje obrázek 2.

Operace bezprostředně spjaté s přípravou radiofarmaka (např. plnění kitů technecianem) vyžadují intenzivní trénink přípravy a měly by být optimálně jednoduché a rychlé. Přípravující pracuje v čistých prostorech, jejichž vybavení odpovídá požadavkům na technické a věcné vybavení laboratoří zdravotnických zařízení. Pro přípravu sterilních léčivých přípravků v lékárnách a dalších zdravotnických zařízeních byl vypracován dokument LEK-17 (14). Přípravující osoba pracuje v podmínkách aseptické přípravy s využitím laminárních boxů (třída čistoty A). Ty většínou pracují na principu podtlaku vzduchu, tj. vzduch je z boxu odsáván a není recirkulován, na rozdíl od aseptické přípravy neradioaktivních přípravků využívající přetlak v boxech.

Osoba, která je odpovědná za přípravu radiofarmaka, vypočítá dávky pro jednotlivá podání, upraví objemovou aktivitu a nakonec

## 1 FARMACEUTICKÁ TECHNOLOGIE

TECHNOLOGIE A PŘÍPRAVA RADIOFARMAK NA ODDĚLENÍCH NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

radiofarmakum zhotoví a provede kontrolu. Kontrola hotového přípravku je velmi důležitá, jelikož byl připraven zcela nový léčivý přípravek. Radiofarmakum musí kvalitativně odpovídat požadavkům Českého lékopisu. Zásadní je také kontrola radiochemické čistoty, tedy kvantitativní zhodnocení navázání radionuklidu na nosič, která se nejčastěji provádí pomocí chromatografických metod. Ověření aseptických postupů a aseptického prostředí se kontroluje mikrobiologickým monitoringem daným dokumentem LEK-17 (14). V neposlední řadě se také odebrají vzorky radiofarmaka na kontrolu sterility léčiv

vého přípravku (7, 11). Signatura přípravku musí obsahovat datum přípravy a aktivitu vztahenou k danému datu a času. Každé připravené radiofarmakum je opatřeno průvodním listem, který obsahuje název radiofarmaka, chemický symbol radionuklidu, dále celkovou aktivitu, objem v mililitrech, způsob podání a další náležitosti podobné informacím uvedeným na signatuře připravovaných léčivých přípravků (12).

### Závěr

Příprava radiofarmak v České republice v současné době probíhá na 46 pracoviš-

tích nukleární medicíny. Jejich zhotovování je natolik specifické, že vyžaduje speciální přístrojové vybavení i řádně proškolené pracovníky. Příprava těchto individuálně připravovaných léčivých přípravků spadá dle platné legislativy do rukou zdravotnických pracovníků se specializovanou způsobilostí. Cílem této práce bylo přiblížit specifika přípravy v nukleární medicíně nezastupitelných léčivých přípravků, a zvýšit tak povědomí, že příprava radiofarmak spadá do rukou farmaceutů a farmaceutických asistentů.

### LITERATURA

1. Zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů.
2. Tichý L. Vyšetřovací metoda – PET/CT. *Med. Pro Praxi*. 2009; 6(1): 46–49.
3. Bejchavský O, Fenclová P. Hybridní zobrazování výpočetní a pozitronovou emisní tomografií. *Int. Med. Pro Praxi*. 2004; 2: 61–63.
4. Maecke HR. Radiolabelled Peptides in Nuclear Oncology: Influence of Peptide Structure and Labeling Strategy on Pharmacology. In: Bogdanov AA, Licha K (ed.). *Molecular Imaging*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.
5. Kupka K, Kubinyi J, Šámal M. Nukleární kardiologie. In: Urbánek J (ed.). *Nukleární medicína*. Praha: GSK, 2000.

6. Komárek P, Rabáňková M. *Technologie léků: galénika*. Praha: Galén, 2006.
7. Český lékopis 2017. *Pharmacopoea Bohemica MMXVII* (Ph. B. MMXVII). 1. díl. Evropská část. Praha: Grada Publishing, 2017.
8. Komárek P. Radiofarmaka v nemocniční praxi. *Prakt. Léč.* 2006; 2(5): 231–235.
9. Mysliveček M, Kamíněk M, Koranda P, Husák V. *Nukleární medicína – 1. díl*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007.
10. Pacák J, Černý M. Decylyfluoroglutosa, mezikv ve vývoji pozitronové emisní tomografie (historie jednoho výzkumu). *Chem. Listy*. 2002; 96: 1784–1788.

11. Guidelines on Good Radiopharmacy Practices for Radiopharmaceuticals (GRPP). *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003; 30: 63–72.
12. Vyhláška č. 84/2008 Sb., o správné lékařské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivy v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízeních vydávajících léčivé přípravky.
13. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.
14. LEK 17 (Příprava sterilních přípravků v lékárně a zdravotnických zařízeních): Státní ústav pro kontrolu léčiv dostupné z: [www.sukl.cz](http://www.sukl.cz)

## 7. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v českém jazyce – Správné řešení

Tento pracovní list se skládá z otázek, na které lze odpovědět pomocí textu z “Technologie a příprava radiofarmak na odděleních nukleární medicíny”, který je volně dostupný na stránkách Solen Medical Education – Praktické lékařství.

Tento článek byl zařazen v 3. čísle Farmacie pro praxi – Praktické lékařství 2021.

Odkaz pro stažení dokumentu: [https://www.farmaciepropraxi.cz/artkey/lek-202103-0007\\_technologie\\_a\\_priprava\\_radiofarmak\\_na\\_oddelenich\\_nuklearni\\_mediciny.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dradiofarmaka%26sfrom%3D0%26spage%3D30](https://www.farmaciepropraxi.cz/artkey/lek-202103-0007_technologie_a_priprava_radiofarmak_na_oddelenich_nuklearni_mediciny.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dradiofarmaka%26sfrom%3D0%26spage%3D30)

Potřebné stránky (strana 171-174, 3. čísla Praktického lékařství 2021) pro zodpovězení vytvořených otázek jsou uvedené dále.

### Zadání

Pomocí následujícího článku odpovězte na následující otázky.

1. Popište, co je to radionuklid.

Radionuklid je označení pro nestabilní kombinaci definovaného počtu protonů a neutronů v jádře, která má tendenci se samovolně přeměnit (rozpadat) na další nuklidy.

2. Čím je doprovázena přeměna radionuklidu v jiný radionuklid?

Tato přeměna na jiné radionuklidy je doprovázena uvolněným zářením, které může být v podobě kladně nabitých iontů helia (záření  $\alpha$ ), pozitronů (záření  $\beta^+$ ), záporně nabitých elektronů – negatronů (záření  $\beta^-$ ) nebo elektromagnetického záření, které je výsledkem deexcitace vzbuzených stavů dceřiného jádra radionuklidu (záření  $\gamma$ ).

3. Popište, čím je rozdílná nukleární medicíny od klinické diagnostické radiologie.

Klinická radiologie slouží především k zobrazení anatomie tkání a orgánů a zářič se nachází mimo tělo pacienta, který prozařuje pacienta, na rozdíl od nukleární medicíny, která slouží převážně ke sledování činnosti orgánů a zářič se nachází v těle pacienta, který z pacienta vyzářuje.

4. Co je to technika hybridního zobrazení? Uveďte a popište příklad takového vyšetření.

Technika hybridního zobrazení je založena na kombinaci výše technik nukleární medicíny (SPECT, nebo PET) s technikou výpočetní tomografie, nebo magnetickou rezonancí. Jedná se o techniky SPECT/CT, SPECT/MR, PET/CT nebo PET/MR v jedné hybridní kameře. Což znamená, že pomocí jednoho zařízení proběhnou dva typy vyšetření.

5. V jaké chemické formě se může vyskytovat radionuklid?

Radionuklid se může vyskytovat ve formě samostatného atomu, molekuly, iontu, nebo vázaný na různé nosiče, či ligandy.

6. Může být radionuklid navázán na nosič?

Ano, může být. Například na molekulu, peptid, protilátku, krevní element či buňku.

7. Popište rozdíl mezi měrnou aktivitou a celkovou aktivitou.

Měrná aktivita popisuje aktivitu radionuklidu vztaženou na jednotku hmotnosti, u radiofarmak spíše na jednotku objemu. Příkladem je Bq/l, MBq/ml, GBq/ml. Celková aktivita popisuje aktivitu radionuklidu vztaženou na určitou jednotku, např. celková aktivita v dané lahvičce, v tobolce, v ampuli, nebo generátoru.

8. Kde se nejčastěji vyrábějí radiofarmaka s krátkým poločasem rozpadu? Popište důvod, proč tomu tak je.

Radiofarmaka s krátkým poločasem rozpadu, a tedy i krátkou použitelností se připravují přímo na odděleních nukleární medicíny. Příkladem může být příprava  $^{81m}\text{Kr}$  (s poločasem rozpadu 13 sekund), který se připravuje z rubidium-kryptonového generátoru. Důvodem

přípravy v čas potřeby je právě velmi krátký poločas rozpadu, který by nestačil na převoz farmaka z továrny.

9. Popište dva základní principy přípravy inhalačních radiofarmak.

Pravé nebo koloidní roztoky určené k podání pacientům pomocí upravených ultrazvukových inhalátorů, ve kterých se před inhalací disperguje odpovídající radiofarmakum.

Druhým typem inhalačního podání je vdechování radioaktivního plynu, který se získává např. promýváním generátoru inhalovaným vzduchem. Pacient tak vdechuje vzduch obohacený o aktivní atomy kryptonu, které vznikly přeměnou rubidia a ve formě plynu se smísily se vzduchem.

10. Popište nejčastěji využívanou perorální lékovou formu pro podání radiofarmaka.

Nejčastěji perorální léková forma jsou tobolky, které mají shodnou technologii výroby s klasickými tvrdými želatinovými tobolkami. Pro rozpuštění radioaktivní složky se obvykle využívá ethanolu jako technické pomocné látky a vzniklý roztok se nanáší na vnitřní povrch tobolky a následným odpařením alkoholu zde vzniká souvislý film. Tobolky jsou poté plněny neradioaktivními plnivy, jako jsou např. laktóza-monohydrát, deriváty celulózy apod.

11. Při parenterálním podání radiofarmak ve formě pravých roztoků musí radiofarmaka splňovat tři základní požadavky na parenterální přípravky.

Vyjmenujte tyto tři požadavky a zaznamenejte, jak těchto požadavků docílíme.

Sterilita přípravku – docílená sterilní přípravou v laminárním boxu za aseptických podmínek

Izotonicita přípravku – docílená látkami k úpravě osmotického tlaku – např. chloridem sodným

Izobazicitu přípravku – docílena vhodnými látkami k úpravě pH – např. fosfátovým a citrátovým pufrům

12. Co jsou to tzv. kitová radiofarmaka? Krátce je popište.

Kit lze definovat jako neradioaktivní přípravek určený k rekonstituci nebo spojení s radionuklidem. Je vyráběn hromadně v podobě injekčních lahviček s propichovací zátkou (pryžovým septem) k opakovanému aseptickému odběru. Lahvička je tvořena lyofilizovaným ligandem, redukčním činidlem (např. chloridem/fluoridem cínatým) a dalšími pomocnými látkami. K obsahu kitu se přidává nejčastěji  $^{99m}\text{Tc}$  v požadovaném objemu.

13. Která dva státní ústavy dohlížejí na správný chod radiofarmaceutické laboratoře?

Uvedte zkratky i celé názvy těchto úřadů.

SÚKL – Státní ústav pro kontrolu léčiv

SÚJB – Státní ústav pro jadernou bezpečnost

## **8. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v anglickém jazyce**

### **Základní informace o pracovním listu – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v anglickém jazyce**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiofarmacie

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Obsah hodiny je složen ze samostatné práce s pracovním listem, který se zabývá radiofarmacií, radiofarmaky, radioaktivním rozpadem, jednotkami radioaktivity a základy radiační ochrany. Všechny tyto části nukleární medicíny jsou pro studijní obor diplomovaný farmaceutický asistent stěžejní částí studia.

Název hodiny:

- Radiofarmacie a radiační ochrana

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a jednotlivci pracují samostatně, případně ve dvojicích.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Dovednost zpracovat anglicky psaný odborný text, úvodní znalosti o radiofarmacii a radiofarmakách, úvodní znalosti o radionuklidech, úvodní znalosti o radiaktivním záření, úvodní znalosti o poločasu rozpadu, základní principy radiační ochrany.

Klíčové pojmy:

- Radiofarmacie, Radiofarmakum, radionuklid, aktivita radiofarmaka, Becquerel a Curie, poločas rozpadu, radiační ochrana, principy radiační ochrany, principy snížení radiační zátěže.

Obecný cíl:

- Rozšíření a získání nových informací o radiofarmacii, radiofarmakách a radiační ochraně. Upevnění těchto znalostí, které již byly získány v předchozí výuce.

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání a upevňování nových informací o radiofarmacii, radiofarmakách a radiační ochraně.
- Kompetence komunikativní – na základě dříve získaných znalostí a nových znalostí z odborného textu popsat některé požadované informace a principy. Současně pracovat s anglickým odborným textem a vhodně překládat odborné termíny.

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti ve vyhledávání v odborném textu a vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva. Současně dochází k rozvoji práce s odborným textem v cizím jazyce.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut
- Předpokládaný čas strávený při vyplňování pracovního listu je přibližně 30 minut
- Společná zhodnocení správnosti nalezených informací s vyučujícím je přibližně 10 minut

#### Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení, avšak by mohla k získání hodnocení sloužit.

## 8. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v anglickém jazyce

### – Zadání

Tento pracovní list se skládá z otázek, na které lze odpovědět pomocí části textu z "The Radiopharmacy - A Technologist's Guide", který je volně dostupný na stránkách EANM (European Association of Nuclear Medicine).

Odkaz pro stažení dokumentu: <https://www.eanm.org/publications/technologists-guide/the-radiopharmacy/>

Potřebné stránky (strana 6-8) pro zodpovězení vytvořených otázek jsou uvedené dále.

### Zadání

Pomocí následujícího článku v anglickém jazyce odpovzte na následující otázky.

1. Čím se obecně zabývá radiofarmacie?
2. K čemu slouží radiofarmaka?
3. Jaký je farmakologický účinek radiofarmak?
4. Co způsobuje v terapeutických radiofarmakách daný terapeutický účinek?
5. Kolik různých radionuklidů se využívá v nukleární medicíně?
6. Jaké typy záření by mělo vyzařovat diagnostické radiofarmakum?
7. Existuje typ záření, které u diagnostických radiofarmak nechceme?
8. Krátce popište alfa zářiče a k čemu se využívají.
9. Které dvě jednotky se využívají při popisu radioaktivity? Jak jsou tyto jednotky definované?
10. Co je to poločas rozpadu? K čemu dojde během tohoto času?
11. Vyjmenujte a krátce popište tři základní principy radiační ochrany.
12. Vyjmenujte a krátce popište tři základní principy pro snížení radiační zátěži při práci s radiofarmaky.



8. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v anglickém jazyce  
– „The Radiopharmacy – A Technologist’s Guide“ str. 6-8

## Chapter 1 – Radiopharmacy Technology

Brit Farstad

### Radiopharmacy

Radiopharmacy encompasses studies related to the pharmaceutical, chemical, physical, biochemical, and biological aspects of radiopharmaceuticals. Radiopharmacy comprises a rational understanding of the design, preparation and quality control of radiopharmaceuticals, the relationship between the physiochemical and biological properties of radiopharmaceuticals and their clinical application, as well as radiopharmaceuticals chemistry and issues related to the management, selection, storage, dispensing, and proper use of radiopharmaceuticals.

### Characteristics of radiopharmaceuticals

A radiopharmaceutical is a pharmaceutical that, when ready for use, incorporates one or more radionuclides (radioactive isotopes). Radiopharmaceuticals are used for diagnosis or therapeutic treatment of human diseases; hence nearly 95% of radiopharmaceuticals are used for diagnostic purposes, while the rest is used for therapy.

Radiopharmaceuticals usually have no pharmacologic effects, as they are used in tracer quantities. There is no dose-response relationship in this case, which thus differs significantly from conventional drugs.

Radiation is an inherent characteristic of all radiopharmaceuticals, and patients always receive an unavoidable radiation dose. In the case of therapeutic radiopharmaceuticals, radiation is what produces the therapeutic effect.

A radiopharmaceutical can be as simple as a radioactive element such as  $^{133}\text{Xe}$ , a simple salt such as  $^{131}\text{I-NaI}$ , or a labelled compound such as  $^{131}\text{I}$ -iodinated proteins and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -labeled compounds.

Usually, radiopharmaceuticals contain at least two major components:

- A radionuclide that provides the desired radiation characteristics.
- A chemical compound with structural or chemical properties that determine the *in vivo* distribution and physiological behaviour of the radiopharmaceutical.

Radiopharmaceuticals should have several specific characteristics that are a combination of the properties of the radionuclide used as the label and of the final radiopharmaceutical molecule itself.

### Decay of radionuclides

Radionuclides are unstable nuclei that are stabilised upon radioactive decay. Approximately 3000 nuclides have been discovered so far; most of these are unstable, but only about 30 of these are routinely used in nuclear medicine. Most of these are artificial radionuclides, which may be produced by irradiation in nuclear reactors, cyclotrons, or large linear accelerators.

A radionuclide may decay by emitting different types of ionising radiation: alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), positron ( $\beta^+$ ) and gamma ( $\gamma$ ) radiation.

Depending on the radiation characteristics of the radionuclide, the radiopharmaceutical is used either for diagnosis or for therapy. Diagnostic radiopharmaceuticals should decay by gamma emission or positron emission, and never emit alpha particles or even beta particles. On the other hand, therapeutic radiopharmaceuticals should decay by particulate decay (alpha or beta) since the intended effect is in fact radiation damage to specific cells.

Gamma radiation is characterised as electromagnetic radiation. When used in diagnostic radiopharmaceuticals, the finally produced gamma rays should be powerful enough to be detected outside the body of the patient. The ideal energy for conventional (SPECT) nuclear medicine equipment is around 150 keV. Normally, these radiopharmaceuticals are in such small quantities that the radiation dose received by the patient can be compared to that of a simple radiology investigation.

Alpha decay is characterised by the emission of an alpha particle from the nucleus. This particle is a helium ion containing two protons and two neutrons. In beta decay a negatively charged particle with the same charge and mass as an electron is emitted. Alpha emitters, which are monoenergetic and have a very short range in matter due to their mass, thus leaving much of its energy on a very small area (only a few cell diameters), are used only for therapeutic purposes. Their clinical use is very limited, and they are mainly used for research purposes, or still are in early phase clinical trials.

Neutron rich radionuclides disintegrate by beta ( $\beta^-$ ) decay. Beta emitters represent different energy levels, and have different range in matter (40 – 100 $\mu$ m) depending on their energy. Beta emitting radionuclides are also used in radiopharmaceuticals mainly for therapeutic purposes.

Positron ( $\beta^+$ ) decay occurs in proton rich nuclei. The range of a positron is very short in matter. At the end of the path of  $\beta^+$ -particles, positrons combine with electrons and are thus annihilated, giving rise to two photons of 511 keV that are emitted in opposite directions. Positron emitters are used to label radiopharmaceuticals for diagnostic purposes by imaging.

#### Radioactivity units

Radioactivity is expressed in Becquerels (Bq) as the SI-unit. One Becquerel is defined as one disintegration per second (dps). Normally, activities used in radiopharmacy are in the range of megabecquerels (MBq) or gigabecquerels (GBq). There is a non-SI-unit for radioactivity called Curie (Ci), which is used in some occasions. One Ci represents the disintegration of one g of radium. The equivalence between the Bq and the Ci is as follows:

$$1 \text{ Bq} = 2,7 \times 10^{11} \text{ Ci}$$

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$$

Every radionuclide is characterised by a half-life, which is defined as the time required to reduce its initial activity to one half. It is usually denoted by  $t_{1/2}$  and is unique for a given radionuclide.



### Principles of radiation protection

Production, transportation and use of radiopharmaceuticals, as radioactive products, are governed by regulatory agencies dealing with radiation protection and nuclear safety. Only licensed personnel in an authorised facility are authorised to handle and use radiopharmaceuticals.

The general principles of **radiation protection** are:

- **Justification:** All procedures involving radioactive material must be justified.
- **Optimisation:** The radiation exposure to any individual should be as low as reasonably achievable. This principle is the widely known ALARA concept (as low as reasonably achievable).
- **Limitation:** The radiation dose received by the personnel handling radioactive material will never exceed the legally established dose limits.

When planning facilities and procedures for handling of radioactive materials according to the ALARA principle, it is important to keep in mind the basic principles for **reduction of radiation doses:**

- **Time:** The shorter the time of exposure to radiation, the lower the dose to the operator.
- **Distance:** The radiation dose decreases with a factor equal to the square root of the distance from the radiation source. The operator's distance from the source can be increased by using forceps, tongs, or manipulators in handling the radioactive material.
- **Shielding:** The radiation dose can be reduced by placing shielding material between the source and the operator. For protection against gamma radiation, walls made of heavy concrete or lead bricks are used. For transport containers, material such as tungsten may be used for higher energy gamma irradiation radionuclides, giving a higher shielding per weight unit when compared to lead.

### Formulation and production of radiopharmaceuticals

When designing a radiopharmaceutical, one should have in mind the potential hazard the product may have to the patient. The goal must be to have a maximum amount of photons with a minimum radiation exposure of the patient.

## 8. Pracovní list – Odborný článek z oblasti nukleární medicíny v anglickém jazyce – Správné řešení

Tento pracovní list se skládá z otázek, na které lze odpovědět pomocí části textu z "The Radiopharmacy - A Technologist's Guide", který je volně dostupný na stránkách EANM (European Association of Nuclear Medicine).

Odkaz pro stažení dokumentu: <https://www.eanm.org/publications/technologists-guide/the-radiopharmacy/>

Potřebné stránky (strana 6-8) pro zodpovězení vytvořených otázek jsou uvedené dále.

### Zadání

Pomocí následujícího článku v anglickém jazyce odpovězte na následující otázky.

#### 1. Čím se obecně zabývá radiofarmacie?

Radiofarmacie je obor, který se zabývá farmaceutickými, chemickými, fyzikálními, biochemickými a biologickými aspekty radiofarmak. Dále se zabývá přípravou a kontrolou kvality radiofarmak.

#### 2. K čemu slouží radiofarmaka?

Radiofarmaka slouží k diagnostice, nebo terapii onemocnění. Téměř většina (95 %) radiofarmak se využívá k diagnostice.

#### 3. Jaký je farmakologický účinek radiofarmak?

Radiofarmaka obecně nemají žádný farmakologický účinek na lidské tělo.

#### 4. Co způsobuje v terapeutických radiofarmakách daný terapeutický účinek?

Terapeutický účinek radiofarmak je založen na radiačním ozáření dané tkáně.

#### 5. Kolik různých radionuklidů se využívá v nukleární medicíně?

Obecně se využívá okolo 30 radionuklidů, které jsou vhodné pro nukleární medicínu.

#### 6. Jaké typy záření by mělo vyzařovat diagnostické radiofarmakum?

Diagnostické radiofarmakum by mělo vyzařovat buďto gama záření ( $\gamma$  záření), nebo pozitronové záření ( $\beta^+$  záření).

#### 7. Existuje typ záření, které u diagnostických radiofarmak nechceme?

Diagnostické radiofarmakum by nikdy nemělo vyzařovat alfa záření ( $\alpha$  záření) a beta záření ( $\beta^-$  záření).

#### 8. Krátce popište alfa zářiče a k čemu se využívají.

Alfa záření je charakterizováno vyzářením alfa částic, složené ze dvou protonů a dvou neutronů. Alfa záření má velmi krátkou vzdálenost doletu o vysoké energii, a proto se využívá pro terapeutické účely.

#### 9. Které dvě jednotky se využívají při popisu radioaktivity? Jak jsou tyto jednotky definované?

Bq = Becquerel je definovaný jako jeden rozpad za sekundu.

Ci = Curie je definován jako rozpad jednoho gramu radia.

#### 10. Co je to poločas rozpadu? K čemu dojde během tohoto času?

Poločas rozpadu je takový čas, který odpovídá snížení původní aktivity na polovinu.

Tento čas je vždy definovaný pro každý radioizotop zvláště.

#### 11. Vyjmenujte a krátce popište tři základní principy radiační ochrany.

Odůvodnění – všechny aktivity, které člověk provádí v okolí radioaktivního zdroje musí být smysluplné a odůvodněné.

Optimalizace – všechno vystavení člověka radiaci by mělo být tak malé, jak jen to je v rozumných mezích možné

Limitace – všechno vystavení záření by nemělo přesahovat stanovené dávkové limity.

12. Vyjmenujte a krátce popište tři základní principy pro snížení radiační zátěži při práci s radiofarmaky.

Čas – čím kratší je čas vystavení radiaci, tím je to pro člověka lepší

Vzdálenost – čím větší je vzdálenost od zdroje radiačního záření, tím je to pro člověka lepší

Stínění – pokud je to možné, využíváme vhodné stínění (pro gama záření se jedná o silnou vrstvu betonu, nebo dostatečně silnou vrstvu olova), které výrazně pohlcuje záření a tím snižuje radiační zátěž.

## **9. Pracovní list – Jednotlivé obory radiologie**

### **Základní informace o pracovním listu – Jednotlivé obory radiologie**

Název vyučovacího předmětu:

- Základy radiofarmacie, Základy radiologie, Základy radiační ochrany

Název tematického celku:

- Radiologické diagnostické metody

Obor vzdělávání:

- VOŠ – Diplomovaný farmaceutický asistent

Vazba obsahu hodiny na téma:

- Obsah hodiny je složen ze samostatné práce s pracovním listem, který se zabývá jednotlivými obory radiologie.

Název hodiny:

- Jednotlivé obory radiologie

Časová dotace:

- 45 minut

Ročník:

- 1.-3. ročník VOŠ – dle umístění předmětu v učebním plánu oboru na dané škole.

Počet studentů:

- Do aktivity se zapojuje celá studijní skupina a studenti pracují ve dvojicích.

Vstupní požadavky pro studenta:

- Dovednost zpracovat různé odborné texty, úvodní znalosti o radiodiagnostice, úvodní znalosti jednotlivých znalostí radiologie, rozdíl mezi nukleární medicínou a radioterapií,

Klíčové pojmy:

- Radiologie, diagnostika, terapie, rentgen, skiografie, počítačová tomografie, skiaskopie, mamografie, angiografie, sonografie, radioterapie, intervenční radiologie.

Obecný cíl:

- Rozšíření a získání nových informací o jednotlivých oblastech radiologie a schopnost rozpoznat a odůvodnit rozdíly jednotlivých radiologických vyšetření. Upevnění těchto znalostí, které již byly získány v předchozí výuce.

Rozvoj kompetencí studentů:

- Kompetence k učení – získávání a upevňování nových informací o jednotlivých oborech radiologie.
- Kompetence komunikativní – na základě dříve získaných znalostí a nových znalostí z relevantních zdrojů zjistit základní informace a rozdíly jednotlivých vyšetření. Současně pracovat se slovníkem zdravotnických pojmů, které student doposud neznal.

Očekávaný výstup studentů:

- Vyplněný pracovní list, který sloužil k procvičení dovednosti ve vyhledávání v relevantních zdrojích informací. Vyplněný pracovní list může sloužit k dalšímu studiu a opakování učiva.

Předpokládaná délka práce s pracovním listem:

- Úvodní předání zadání je přibližně 5 minut.
- Předpokládaný čas strávený při vyplňování pracovního listu je přibližně 30 minut.
- Společná zhodnocení nalezených informací s vyučujícím je přibližně 10 minut.

Hodnocení:

- Po vyplnění pracovního listu dochází ke společnému celotřídnímu vyhodnocení správnosti odpovědí a studenti si poznamenávají případné nedostatky.
- Práce není primárně určena k získávání kvantitativnímu hodnocení.

## **9. Pracovní list – Jednotlivé obory radiologie – Zadání**

Radiologie je lékařským oborem, kdy se využívají různé formy ionizujícího a neionizujícího záření. Tyto formy záření se využívají diagnostická vyšetření a terapeutické postupy.

Obecně tedy můžeme rozdělit radiologii na radiodiagnostiku, radioterapii a nově rozvíjející se oblast intervenční radiologie.

Pro vytvoření vlastního studijního materiálu jste získali tento pracovní list, který obsahuje nápisy hlavních oblastí radiologie.

Vaším úkolem je za pomoci odborné literatury, nebo vhodných internetových zdrojů, dohledat základní informace k uvedeným oblastem radiologie.

Mezi vhodné informace k poznamenání patří krátká definice dané oblasti, jednoduchý popis principu vyšetření, využívané zkratky uvedených oblastí a příklady lékařského využití dané oblasti radiologie.

### **Radiodiagnostika**

#### **Rentgenová vyšetření**

Skiografie

Výpočetní tomografie

Skioskopie

Mamografie

Angiografie



**Ultrazvuková vyšetření**  
Sonografie

**Magnetická vyšetření**  
Magnetická rezonance

**Radioterapie**

**Intervenční radiologie**

## 9. Pracovní list – Jednotlivé obory radiologie – Správné řešení

Radiologie je lékařským oborem, kdy se využívají různé formy ionizujícího a neionizujícího záření. Tyto formy záření se využívají diagnostická vyšetření a terapeutické postupy. Obecně tedy můžeme rozdělit radiologii na radiodiagnostiku, radioterapii a nově rozvíjející se oblast intervenční radiologie.

Pro vytvoření vlastního studijního materiálu jste získali tento pracovní list, který obsahuje nápisy hlavních oblastí radiologie.

Vaším úkolem je za pomoci odborné literatury, nebo vhodných internetových zdrojů, dohledat základní informace k uvedeným oblastem radiologie.

Mezi vhodné informace k poznamenání patří krátká definice dané oblasti, jednoduchý popis principu vyšetření, využívané zkratky uvedených oblastí a příklady lékařského využití dané oblasti radiologie.

### Radiodiagnostika

#### Rentgenová vyšetření

##### Skiografie

Zkratka – RTG. Skiografie je statická zobrazovací metoda, která využívá RTG paprsků. Při snímkování prochází svazek záření vyšetřovanou oblastí, absorbuje se v závislosti na složení vyšetřovaných tkání. Tkáně, které absorbují více záření vytvářejí na snímku zastínění, tkáně méně absorbující záření projasnění. Výsledkem je Jde dvourozměrné zobrazení trojrozměrné části lidského těla.

##### Výpočetní tomografie

Zkratka CT ("computed tomography"). Výpočetní tomografie je vyšetřovací metoda, která využívá RTG paprsků. Tím, že rentgenka (zdroj rentgenového záření) obíhá v kruzích kolem pacienta, umožňuje podrobné zobrazení jednotlivých částí těla v tenkých vrstvách. Využívá se při diagnostice široké škály chorob i pro vedení některých speciálních léčebných výkonů. Velký význam má v urgentní a akutní medicíně. Vyšetření je přesné, rychlé a jednoduché. Pojem "tomografie" znamená zobrazování v řezech.

##### Skioskopie

Skioskopie je dynamická metoda umožňující sledovat zobrazované děje a orgány v čase a jejich záznam. Skioskopické vyšetření GIT (gastrointestinálního traktu) je rentgenové vyšetření hltnu, jícnu, žaludku, dvanáctníku, tenkého střeva, tlustého střeva nebo konečníku. Princip vyšetření je založen na schopnosti rentgenového záření pronikat tkání lidského těla a dle vlastností jednotlivých tkání se specificky zeslabovat. K zobrazení orgánů slouží podaná kontrastní látka. Výsledkem je obraz zachycený na detektoru přístroje, který následně uloží do digitálního archivu ke zpětnému zhlédnutí a vyhodnocení.

##### Mamografie

Mamografie (MG) je základní diagnostickou metodou u žen s příznaky onemocnění prsu. Je také vhodnou metodou pro screeningová vyšetření, tedy pro vyhledávání časných stádií různých nádorů v populaci žen bez příznaků onemocnění. Mamografie je obecně vhodná pro ženy, které jsou starší 40 let. V případě podezřelého či nejasného nálezu v prsu na primárním na mamografu, je vhodné opět vyšetřit pacientku na ultrazvuku nebo na magnetické rezonanci.

## Angiografie

Angiografie (AG) je rentgenové vyšetření cév. Za normálních okolností nejsou cévy na rentgenovém snímku zobrazeny, proto je nutné podáním kontrastní látky do cévního řečiště. Následným snímkováním dostaneme podrobné obrázky tepen případně žil vyšetřované oblasti. Angiografie má vysoké rozlišení a umožňuje zacílit zvolená místa, kde dokáže dynamicky zobrazit plnění tepen a žil. Pomocí tohoto vyšetření se zjistí informace o průběhu tepen a žil, dále jejich dělení či spojování.

## Ultrazvuková vyšetření

### Sonografie

Sonografie neboli diagnostický ultrazvuk (UZ) je efektivní neinvazivní zobrazovací metoda, která využívá ultrazvukového vlnění s vysokou frekvencí pro anatomické zobrazení tkání a orgánů ve vyšetřované oblasti lidského těla. Jedná se o bezpečnou diagnostickou metodu. Dopplerovské ultrazvukové vyšetření navíc umožňuje kvalitativně i kvantitativně posoudit nálezy na cévním řečišti, především zhodnotit přítomnost uzávěrů cév či posoudit stupeň jejich zúžení.

## Magnetická vyšetření

### Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MR) je zobrazovací metoda, která využívá k zobrazení jednotlivých tkání měření změn magnetických momentů atomových jader vodíku. Obecně lze říci, že MR je nejcitlivější metodou pro posouzení morfologie a patologie měkkých tkání. Mezi tyto tkáně patří například mozek, mícha, svaly, šlachy a klouby. Využívá se však i na zobrazení dalších orgánů lidského těla. Běžný MR přístroj je uzavřený válcovitý magnet, v němž musí pacient klidně ležet. Během vyšetření přístroj vydává hlasité zvuky.

## Radioterapie

Radioterapie, stejně jako nukleární medicína, užívá k léčbě ionizující záření. Cílem této léčby je poškození nádorových buněk. toto poškození buněk buďto buňky přímo zničí, nebo je poškodí natolik, že nejsou schopny dalšího množení. Buňky zdravých tkání, které se nacházejí v okolí nádoru, jsou zářením zasaženy rovněž, na rozdíl od buněk nádorových jsou však schopné zotavení. Léčba zářením se snaží ozářit nádor maximální možnou dávkou, avšak současně ozářit zdravou tkáň co nejméně. K tomuto cíli vede využití moderní techniky jak při plánování léčby (např. CT, MR, ...), tak při jejím provádění a při kontrolách v jejím průběhu. Během léčby zářením není léčený člověk sám zdrojem záření, narozdíl od nukleární medicíny.

## Intervenční radiologie

Intervenční radiologie je založena na miniinvazivním vstupem (nejčastěji vpichem) do tepny nebo žíly příslušné oblasti pod kontrolou rentgenu či ultrazvuku. Pomocí těchto metod je prováděna diagnostika a v její přímé návaznosti i možný terapeutický výkon. Některé procedury se tak dají provést ambulantně či během krátké hospitalizace. Existuje také nevaskulární intervenční radiologie, která je prováděna vpichem mimo cévní řečiště, které je opět sledováno rentgenem či ultrazvukem. Takto lze vyšetřovat například části gastrointestinálního traktu, abscesy, ledviny, nebo tumory.

## **Závěr**

Diplomová práce měla za cíl souhrn základních informací o profesi farmaceutického asistenta a jeho vzdělání a dále vytvořit přehled informací o oboru nukleární medicíny s důrazem na radiofarmacii a přípravu radiofarmak. Hlavním výstupem bylo vyhodnocení dvou dotazníkových šetření, které měly za úkol zjistit odpovědi na hlavní výzkumné otázky těchto dotazníků a následně vytvoření edukačních materiálů zaměřených na radiofarmacii.

Prvním cíle bylo zjistit informace o zařazování rozmanitých forem výuky a využívání didaktických prostředků ve výuce předmětů zaměřujících se na nukleární medicínu. Zde bylo například zjištěno, že pouze 28,6 % dotazovaných učitelů využívá i jiné formy výuky než pouze prostou frontální výuku. Žádný z dotazovaných učitelů například nevedl, že během výuky používá pracovní listy a pouze 42,9 % učitelů využívá při výuce práci s odborným textem. Velmi dobré zjištění bylo, že 85,7 % učitelů zajišťuje exkurze na oddělení nukleární medicíny, kde studenti reálně vidí práci farmaceutických asistentů přímo v provozu daného zdravotnického zařízení.

Druhým dotazníkovým šetřením se získaly informace od studentů posledního ročníku VOŠ oboru „diplomovaný farmaceutický asistent“. Hlavním výzkumným cílem bylo zjistit informace o spokojenosti studentů s absolvovaným předmětem zaměřeným na nukleární medicínu a zmapovat edukační materiály, které by z pohledu studentů nejvíce obohatily výuku zkoumaného předmětu. Studenti předmět zaměřený na nukleární medicínu hodnotí jako relativně zajímavý, avšak nedostatečně inspirující k tomu, aby měli zájem o práci na oddělení přípravy radiofarmak. Z návrhů edukačních materiálů, které by dle studentů nejvíce obohatily výuku studenti mají největší zájem o exkurze na oddělení nukleární medicíny, dále o snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny a fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny.

Závěr praktické části se skládá z 13 edukačních materiálů, které mohou nabídnout jiné formy práce studentů při výuce základů radiofarmacie než pouhé pasivní poslouchání frontální výuku. Jedná se o různé pracovní listy, které se zaměřují na práci s texty, odbornými články a specifickými radiofarmaceutickými výpočty. Mimo jiné se zde nachází sady snímků, které se skládají z celkem 62 snímků z oblasti nukleární medicíny a radiologie, které lze využít jako ilustraci při vyučování, nebo je zařadit do různých aktivizačních metod.

Z mého pohledu jsem všechny podstatné informace v diplomové práci zpracoval dle vytvořených předpokladů a získal odpovědi na všechny hlavní a dílčí výzkumné cíle dotazníkových šetření. Vytvořil jsem základní paletu edukačních materiálů, která může sloužit jako odrazový můstek pro učitele, kteří se bojí využívat různé výukové formy, které aktivizují studenty a pomohu jim více pochopit principy a smysl radiofarmacie a nukleární medicíny. Věřím, že informace, které jsem získal při zpracovávání diplomové práce, budu čteně využívat při svém zaměstnání v pozici farmaceutického asistenta i v pozici učitele.

## Seznam použitých informačních zdrojů

1. Vyhláška č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků
2. Zákon č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních)
3. Informační systém o uplatnění absolventů škol na trhu práce | Infoabsolvent.cz. [online] [cit. 25.2.2024]. Dostupné z: [www.infoabsolvent.cz](http://www.infoabsolvent.cz)
4. Nařízení vlády č. 211/2010 Sb., o soustavě oborů vzdělání v základním, středním a vyšším odborném vzdělávání
5. Vyhláška č. 39/2005 Sb., kterou se stanoví minimální požadavky na studijní programy k získání odborné způsobilosti k výkonu nelékařského zdravotnického povolání
6. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů [online] [cit. 25.2.2024]. Dostupné z: [www.nconzo.cz/cs/](http://www.nconzo.cz/cs/)
7. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
8. KUBINYI, Jozef; SABOL, Jozef a VONDRÁK, Andrej. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.
9. KUPKA, Karel; KUBINYI, Jozef a ŠÁMAL, Martin. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.
10. SMITH, B. T. (Ed.). *Nuclear pharmacy: Concepts and applications in nuclear pharmacy* (1st ed.). Pharmaceutical Press, 2010. ISBN 978-0-85369-866-1.
11. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
12. URBÁNEK, Jan et al. *Nukleární medicína – učební texty*. 3. přepracované vydání. VS Praha: Gentiana Jilemnice, 2000. ISBN 80-902133-9-1

13. VLČEK, Petr. *Praktická cvičení z nukleární medicíny*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1819-7.
14. Lutathera – Souhrn údajů o přípravku. *www.sukl.cz*. [online] [citace: 5.3.2024] Dostupné z: [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/detail-reg/0222514](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/detail-reg/0222514)
15. ŠABATA, Ladislav. *Nukleární medicína – technické základy: přístrojová a výpočetní technika v nukleární medicíně, základy radiofarmak a specifika radiační ochrany v nukleární medicíně*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2019. ISBN 978-80-7394-734-7.
16. SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.
17. Vyhláška č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče.
18. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.
19. Vyhláška č. 99/2012 Sb., o požadavcích na minimální personální zabezpečení zdravotních služeb.
20. Vyhláška č. 84/2008 Sb., o správné lékařské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivy v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky
21. SÚKL – LEK-17 - Příprava sterilních léčivých přípravků v lékárně a zdravotnických zařízeních [online] [cit. 22.3.2024]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/lekarny/lek-17>
22. NANO-ALBUMON – Souhrn údajů o přípravku. *www.sukl.cz*. [online] [citace: 22.3.2024] Dostupné z: [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/detail-reg/0013306](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/detail-reg/0013306)
23. BALLINGER, J. R. et al. *The Radiopharmacy – A Technologist's Guide*. European Association of Nuclear Medicine, 2008. [online] [citace: 22.3.2024] Dostupné z: <https://www.eanm.org/publications/technologists-guide/the-radiopharmacy/>
24. THALLOUS (TL201) CHLORIDE INJECTION – Souhrn údajů o přípravku. *www.sukl.cz*. [online] [citace: 22.3.2024] Dostupné z: [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/detail-reg/0066391](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/detail-reg/0066391)

25. LEUCO-SCINT – Souhrn údajů o přípravku. *www.sukl.cz*. [online] [citace: 22.3.2024] Dostupné z: [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/detail-reg/0013307](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/detail-reg/0013307)
26. TEKTROTYD – Souhrn údajů o přípravku. *www.sukl.cz*. [online] [citace: 22.3.2024] Dostupné z: [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/detail-reg/0115800](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/detail-reg/0115800)

### **Seznam zdrojů obrázků**

- Obrázek 1-10: zdroj autor
- Obrázek 11-12: SMITH, B. T. (Ed.). *Nuclear pharmacy: Concepts and applications in nuclear pharmacy* (1st ed.). Pharmaceutical Press, 2010. ISBN 978-0-85369-866-1.
- Obrázek 13-16: zdroj autor



## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Přehled vyšších odborných škol s oborem diplomovaný farmaceutický asistent a přehled forem nabízených studií

Příloha č. 2 – Přehled předmětů se zaměřením na nukleární medicínu na vyšších odborných školách s oborem diplomovaný farmaceutický asistent

Příloha č. 3 – Přehled jednotlivých typů vyšetření v nukleární medicíně

Příloha č. 4 - Dotazník pro učitele předmětu základy radiofarmacie

Příloha č. 5 – Dotazník pro studenty

Příloha č. 6 – Sada fotografií předmětů a materiálů z oblasti nukleární medicíny

Příloha č. 7 – Sada snímků vyšetření z oblasti nukleární medicíny

Příloha č. 8 – Sada snímků vyšetření z oblasti radiologie

Příloha č. 9 – Sada fyzických předmětů k odeslání pro učitele předmětů z oblasti nukleární medicíny

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozdělení a využití záření v nukleární medicíně .....	19
Obrázek 2 Periodická tabulka zvýrazňující nejčastěji využívané prvky v nukleární medicíně .....	20
Obrázek 3 Ukázka dvou různých filmových celotělových dozimetrů .....	29
Obrázek 4 Ukázka dvou různých prsových dozimetrů.....	29
Obrázek 5 Detekční sonda .....	31
Obrázek 6 Počítačový program pro záznam aktuální radiační kontaminace v prostředí ....	32
Obrázek 7 Označení čekárny pacientů na pracovišti nukleární medicíny.....	36
Obrázek 8 Laboratoř přípravy radiofarmak.....	41
Obrázek 9 Laminární box pro přípravu radiofarmak.....	42
Obrázek 10 Sterilní oblečení při přípravě radiofarmak.....	43
Obrázek 11 Znázornění molekuly $^{99m}\text{Tc-HDP}$ [10].....	49
Obrázek 12 Znázornění molekuly $^{99m}\text{Tc-examethazim}$ [10].....	49

Obrázek 13 Sekundární papírové obaly radiofarmak .....	51
Obrázek 14 Kity pro přípravu radiofarmak .....	52
Obrázek 15 Kity pro přípravu radiofarmak II .....	52
Obrázek 16 Průvodní list radiofarmaka .....	60

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Stupeň dosaženého pedagogického vzdělání oslovených respondentů .....	64
Tabulka 2 Stupeň dosaženého farmaceutického vzdělání oslovených respondentů .....	64
Tabulka 3 Délka pedagogické činnosti u oslovených respondentů .....	66
Tabulka 4 Délka osobní pedagogické zkušenosti s předmětem základy radiofarmacie určený pro obor diplomovaný farmaceutický asistent oslovených respondentů .....	67
Tabulka 5 Pracovní zkušenost na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku oslovených respondentů .....	67
Tabulka 6 Délka pracovní zkušenosti na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku oslovených respondentů .....	68
Tabulka 7 Slovní zdůvodnění míry oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu oslovených respondentů .....	70
Tabulka 8 Zkušenosti oslovených respondentů s vedením, případně oponování, absolventské práce v poslední 5 letech na téma nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky, u studentů oboru diplomovaný farmaceutický asistent .....	71
Tabulka 9 Témata, se kterými jsou studenti seznámeni v rámci zkoumaného předmětu ...	72
Tabulka 10 Míra využívání fyzických předmětů z oblasti nukleární medicíny (např. dozimetry, olověná stínění, neaktivní kity, ...) ve výuce .....	73
Tabulka 11 Názor na užitečnost společné fyzické návštěvy kliniky nukleární medicíny, případně jiného radiodiagnostického úseku zdravotnického zařízení z pohledu oslovených respondentů .....	74
Tabulka 12 Míra reálného navštěvování kliniky nukleární medicíny, případně jiného radiodiagnostického úseku zdravotnického zařízení, při výuce u oslovených respondentů	75

Tabulka 13 Důvod nezařazení návštěvy kliniky nukleární medicíny, případně jiného radiodiagnostického úseku zdravotnického zařízení, při výuce u oslovených respondentů	75
Tabulka 14 Míra zařazení praktických výpočtů z oblasti nukleární medicíny ve výuce u oslovených respondentů .....	76
Tabulka 15 Metoda zařazení praktických výpočtů z oblasti nukleární medicíny ve výuce u oslovených respondentů .....	77
Tabulka 16 Důvod nezařazení praktických výpočtů z oblasti nukleární medicíny ve výuce u oslovených respondentů .....	77
Tabulka 17 Míra zařazení videozáznamů z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení ve výuce u oslovených respondentů .	78
Tabulka 18 Četnost využívání videozáznamů z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení ve výuce u oslovených respondentů .	79
Tabulka 19 Důvod nevyužívání videozáznamů z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení ve výuce u oslovených respondentů.....	80
Tabulka 20 Míra využívání pracovních listů ve výuce oslovených respondentů.....	80
Tabulka 21 Metody výuky oslovených respondentů.....	82
Tabulka 22 Míra využívání práce s odborným textem z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky ve výuce oslovených respondentů .....	83
Tabulka 23 Míra využívání fotografických materiálů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky ve výuce oslovených respondentů .....	84
Tabulka 24 Míra seznamování studentů s jednotlivými typy vyšetření z oblasti nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky ve výuce u oslovených respondentů.....	85
Tabulka 25 Míra využívání snímků z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky ve výuce oslovených respondentů .....	86
Tabulka 26 Zájem o zpracované edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu u oslovených respondentů .....	86
Tabulka 27 Zájem oslovených respondentů o jednotlivé zpracované edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu .....	87
Tabulka 28 Zájem učitelů o zaslání vytvořených edukačních materiálů z oblasti nukleární medicíny a radiodiagnostiky.....	88

Tabulka 29 Rozbor otázek pro zodpovězení hlavní výzkumné otázky .....	89
Tabulka 30 Tabulka porovnání odpovědí otázek č. 1, 2, 3, 4, 5, 6 a 7 .....	92
Tabulka 31 Tabulka shrnutí dat o předpokládané oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu dotazovaných vyučujících .....	96
Tabulka 32 Tabulka komparace dat z dotazníkového šetření.....	97
Tabulka 33 Forma studia respondentů .....	102
Tabulka 34 Předchozí zkušenosti se studiem VŠ, nebo VOŠ .....	102
Tabulka 35 Úspěšně ukončená studia VŠ, nebo VOŠ respondentů .....	103
Tabulka 36 Plány budoucího studia respondentů .....	104
Tabulka 37 Zaměření oboru plánovaného studia respondentů .....	104
Tabulka 38 Zájem studentů začít pracovat po dokončení studia VOŠ.....	105
Tabulka 39 Zájem studentů začít pracovat po dokončení studia VOŠ v lékárně .....	105
Tabulka 40 Zájem respondentů o práci v lékařských laboratořích .....	107
Tabulka 41 Edukační materiály, které by obohatily výuku z pohledu studentů .....	111
Tabulka 42 Zájem studentů o zaslání vytvořených edukačních materiálů z oblasti nukleární medicíny a radiodiagnostiky.....	113
Tabulka 43 Zkušenosti respondentů s předchozím studiem VŠ, nebo VOŠ.....	116
Tabulka 44 Zájem respondentů o práci v jednotlivých typech lékáren .....	118
Tabulka 45 Zájem respondentů o práci v jednotlivých typech lékařských laboratoří... ..	119
Tabulka 46 Porovnání preferovaného typu lékárny s prací v lékařské laboratoři .....	121

## **Seznam grafů**

Graf 1 Další vzdělání oslovených respondentů .....	65
Graf 2 Předpokládaná míra oblíbenosti předmětu u studentů z pohledu oslovených respondentů.....	69
Graf 3 Důvod nevyužívání pracovních listů ve výuce oslovených respondentů.....	81
Graf 4 Pohlaví respondentů .....	101
Graf 5 Preferovaný typ lékárny pro budoucí pracovní zařazení respondentů .....	106
Graf 6 Preferovaný typ lékařské laboratoře .....	107
Graf 7 Míra zajímavosti zkoumaného předmětu .....	108
Graf 8 Míra pocitu obohacení po absolvování zkoumaného předmětu.....	109

Graf 9 Kvalita výuky z pohledu studentů.....	110
Graf 10 Míra inspirace pro vyzkoušení práce v oblasti radiofarmacie.....	112
Graf 11 Porovnání míry zajímavosti, obohacení a inspirace.....	114
Graf 12 Budoucí studijní plány dotazovaných respondentů.....	117

## Přílohy

### Příloha č. 1 – Přehled vyšších odborných škol s oborem diplomovaný farmaceutický asistent a přehled forem nabízených studií

<b>Umístění školy</b>	<b>Denní studium</b>	<b>Kombinované studium</b>
<b>Brno</b>	3 roky – denní	
<b>Hradec Králové</b>	3 roky – denní	
<b>Jihlava</b>	3 roky – denní	3 roky – kombinované
<b>Karlovy Vary</b>	3 roky – denní	
<b>Kolín</b>	3 roky – denní	
<b>Olomouc</b>	3 roky – denní	
<b>Ostrava</b>	3 roky – denní	3 roky – kombinované
<b>Plzeň</b>	3 roky – denní	
<b>Praha 1</b>	3 roky – denní	
<b>Praha východ</b>		3 roky – kombinované
<b>Ústí nad Labem</b>	3 roky – denní	3 roky – kombinované (otevřeno 1x za 3 roky)

**Příloha č. 2 – Přehled předmětů se zaměřením na nukleární medicínu na vyšších odborných školách s oborem diplomovaný farmaceutický asistent**

<b>Umístění školy</b>	<b>Název předmětu</b>	<b>1.semestr</b>	<b>3. semestr</b>	<b>4. semestr</b>
<b>Brno</b>	Základy radiofarmacie	---	1/0 Z	---
<b>Hradec Králové</b>	Základy radiologie	---	1/0 Z	---
<b>Jihlava</b>	Základy radiologie	---	1/0 Z	0/1 Z
<b>Karlovy Vary</b>	Základy radiofarmacie	---	1/0 Z	---
<b>Kolín</b>	Základy radiologie	---	1/0 Z	0/1 Z
<b>Olomouc</b>	Základy radiační ochrany	1/0 Z	---	---
<b>Ostrava</b>	Základy radiofarmacie	---	1/0 Z	---
<b>Plzeň</b>	Základy radiofarmacie	---	1/0 Z	---
<b>Praha 1</b>	Základy radiofarmacie	---	1/0 Z	---
<b>Praha východ</b>	Základy radiologie	---	---	0/1 Z
<b>Ústí nad Labem</b>	Základy radiologie	---	1/0 Z	---

**Příloha č. 3 – Přehled jednotlivých typů vyšetření v nukleární medicíně**

<b>Lékařský obor / Tělní systém</b>	<b>Typ vyšetření</b>	<b>Vyšetřovací látka – forma látky</b>
<b>Nukleární kardiologie</b>	<b>Perfuze a funkce myokardu</b>	<sup>99m</sup> Tc-MIBI / <sup>99m</sup> Tc-Tetrofosmin / <sup>201</sup> Tl
	<b>Ventrikulografie</b>	<sup>99m</sup> Tc-Technecistan
	<b>Angiokardiografie</b>	<sup>99m</sup> Tc c-DTPA
	<b>Glukózový metabolismus</b>	<sup>18</sup> F-FDG
	<b>Adrenergní inervace myokardu</b>	<sup>123</sup> I-MIBG
<b>Radionuklidová vyšetření plic</b>	<b>Perfuzní scintigrafie plic</b>	<sup>99m</sup> Tc-MAA
	<b>Ventilační vyšetření plic</b>	<sup>99m</sup> Tc-DTPA / <sup>81m</sup> Kr
	<b>Diagnostika zánětu plic</b>	<sup>67</sup> Ga-citrát
	<b>Diagnostika tumorů plic</b>	<sup>18</sup> F-FDG
<b>Radionuklidová vyšetření v nefro- urologii</b>	<b>Dynamická scintigrafie ledvin</b>	<sup>99m</sup> Tc-MAG3 / <sup>99m</sup> Tc- DTPA
	<b>Diuretická nefrografie</b>	<sup>99m</sup> Tc-MAG3 / <sup>99m</sup> Tc- DTPA
	<b>Diagnostika renovaskulární hypertenze dynamickou scintografií ledvin s podáním ACE inhibitoru</b>	<sup>99m</sup> Tc-MAG3 / <sup>99m</sup> Tc- DTPA
	<b>Statická scintigrafie ledvin</b>	<sup>99m</sup> Tc-DTPA
	<b>Radionuklidová přímá cystografie</b>	<sup>99m</sup> Tc-DTPA
	<b>Scintigrafie skrota</b>	<sup>99m</sup> Tc-DTPA
	<b>Měření celkové funkce pomocí vzorkových clearančních studií</b>	<sup>123</sup> I / <sup>131</sup> I-OIH
<b>Radionuklidová vyšetření v endokrinologii</b>	<b>Scintigrafie štítné žlázy</b>	<sup>99m</sup> Tc-Technecistan / <sup>131</sup> I / <sup>99m</sup> Tc-MIBI / <sup>99m</sup> Tc-DMSA / <sup>111</sup> In-pentetreotid / <sup>123</sup> I - MIBG / <sup>131</sup> I-MIBG
	<b>Scintigrafie příštítných tělísek</b>	<sup>99m</sup> Tc-MIBI / <sup>18</sup> F- fluorocholin
<b>Radionuklidová vyšetření v neurologii</b>	<b>Perfuzní scintigrafie mozku</b>	<sup>99m</sup> Tc-HMPAO / <sup>99m</sup> Tc-ECD



	<b>Mozková smrt</b>	$^{99m}\text{Tc-HMPAO}$ / $^{99m}\text{Tc-ECD}$
	<b>Detekce epileptogenního ložiska</b>	$^{99m}\text{Tc-HMPAO}$ / $^{99m}\text{Tc-ECD}$ / $^{18}\text{F-FDG}$
	<b>Diagnostika extrapyramidových poruch hybnosti</b>	$^{123}\text{I-IBZM}$ / $^{123}\text{I-ioflupan}$
	<b>Diferenciální diagnostika demencí</b>	$^{18}\text{F-FDG}$
	<b>Detekce tumorů mozku</b>	$^{18}\text{F-FDG}$ / $^{111}\text{In-pentetreotid}$
	<b>Radionuklidová cisternografie</b>	$^{111}\text{In-DTPA}$
	<b>Diagnostika likvorey</b>	$^{111}\text{In-DTPA}$
<b>Radionuklidová vyšetření pro zobrazení lymfatických cest a uzlin</b>	<b>Detekce sentinelových uzlin</b>	$^{99m}\text{Tc-nanokoloid}$
	<b>Lymfoscintigrafie</b>	$^{99m}\text{Tc-nanokoloid}$
	<b>Radionavigování biopsie sentinelových lymfatických uzlin (melanou, prsu, , ...)</b>	$^{99m}\text{Tc-nanokoloid}$
<b>Scintigrafie kosterní soustavy</b>	<b>Scintigrafie skeletu</b>	$^{99m}\text{Tc-polyfosfát}$ / $^{99m}\text{Tc-difosfonát (HDP/MDP)}$
	<b>Rozložení kosterní přestavby</b>	$^{18}\text{F-FDG}$
	<b>Primární a sekundární nádory skeletu</b>	$^{18}\text{F-FDG}$
	<b>Scintigrafické vyšetření neuroblastomu</b>	$^{123}\text{I-MIBG}$ / $^{131}\text{I-MIBG}$
	<b>Scintigrafie artitických ložisek</b>	$^{18}\text{F-FDG}$
	<b>Metabolická kosterní onemocnění</b>	$^{99m}\text{Tc-difosfonát}$
<b>Radionuklidová vyšetření zažívacího traktu</b>	<b>Dynamická scintigrafie polykacího aktu</b>	$^{99m}\text{Tc-DTPA}$ / $^{99m}\text{Tc-koloid}$
	<b>Dynamická scintigrafie k detekci gastroezofageálního refluxu</b>	$^{99m}\text{Tc-DTPA}$
	<b>Scintigrafické vyšetření evakuace žaludku</b>	$^{99m}\text{Tc-DTPA}$ / $^{99m}\text{Tc-koloid}$
	<b>Scintigrafické stanovení lokalizace krvácení do GIT</b>	$^{99m}\text{Tc-Technecistan}$
	<b>Průkaz ektopické žaludeční sliznice v Meckelově divertiklu</b>	$^{99m}\text{Tc} - \text{Technecistan}$
	<b>Scintigrafie zánětlivých procesů v GIT</b>	<b>Leukocyty - <math>^{99m}\text{Tc-HMPAO}</math> / <math>^{99m}\text{Tc-MoAb}</math></b>

	<b>Scintigrafie tumorů GIT</b>	$^{18}\text{F}$ -FDG / $^{18}\text{F}$ -cholin / $^{111}\text{In}$ -pentetretid / $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-TOC / $^{68}\text{Ga}$
	<b>Statická scintigrafie jater</b>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -koloid
	<b>Dynamická hepatobiliární scintigrafie</b>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -IDA
<b>Radionuklidová vyšetření zánětlivých ložisek</b>	<b>Scintigrafie zánětu</b>	$^{67}\text{Ga}$ -citrát / $^{18}\text{F}$ -FDG
	<b>Scintigrafie zánětu – značení leukocytů in vitro</b>	Leukocyty - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO / $^{111}\text{In}$ -oxin
	<b>Scintigrafie zánětu – značení leukocytů in vivo</b>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -besilesomab
<b>Radionuklidová vyšetření krve</b>	<b>Zobrazení kostní dřeně</b>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -koloid
	<b>Scintigrafie sleziny</b>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -koloid
	<b>Stanovení objemu cirkulující krve</b>	$^{111}\text{In}$ -oxinát
	<b>Stanovení objemu erytrocytů</b>	$^{111}\text{In}$ -oxinát
	<b>Stanovení doby přežití trombocytů a určení lokalizace jejich destrukce</b>	$^{51}\text{Cr}$
<b>Radionuklidová diagnostika nádorů</b>	<b>Zobrazování nádorů založené na nespecifických mechanismech</b>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI / $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA / $^{18}\text{F}$ -FDG / $^{123}\text{I}$ -MIBG
	<b>Zobrazení specifického metabolického procesu</b>	$^{131}\text{I}$ -jodid / $^{123}\text{I}$ -MIBG / $^{18}\text{F}$ -FDG
	<b>Zobrazení nádorových receptorů a antigenů</b>	$^{111}\text{In}$ -pentetretid / $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HYNIC-TOC / $^{68}\text{Ga}$ -DOTA-TOC
	<b>Pozitronová emisní tomografie v onkologické diagnostice</b>	$^{18}\text{F}$ -FDG / $^{18}\text{F}$ -cholin / $^{18}\text{F}$ -FLT / $^{18}\text{F}$ -DOPA / $^{18}\text{F}$ -fluorid / $^{11}\text{C}$ -Methionin
<b>Terapeutické postupy v nukleární medicíně</b>	<b>Terapie benigních onemocnění štítné žlázy</b>	$^{131}\text{I}$ -MIBG
	<b>Paliativní léčba kostních metastáz</b>	$^{89}\text{Sr}$ / $^{186}\text{Re}$ / $^{153}\text{Sm}$
	<b>Paliativní terapie kostních metastáz karcinomu prostaty</b>	$^{223}\text{Ra}$
	<b>Radionuklidová synovektomie</b>	$^{90}\text{Y}$ / $^{186}\text{Re}$ / $^{169}\text{Er}$
	<b>Léčba karcinomu prostaty</b>	$^{177}\text{Lu}$ -PMSA

#### **Příloha č. 4 – Dotazník pro učitele předmětu základy radiofarmacie**

Dobrý den,

jmenuji se Pavel Novák a jsem studentem Pedagogické fakulty UK. Rád bych Vás požádal o vyplnění dotazníku týkajícího se výuky předmětů zaměřených na nukleární medicínu (základy radiofarmacie, základy radiologie a základy radiační ochrany) určeného pro obor diplomovaný farmaceutický asistent na VOŠ. Dotazník se vyplňuje za danou VOŠ pouze jednou a je určen pouze pro vyučující výše uvedených předmětů.

Dotazník je anonymní a jeho výsledky budou použity pro účely mé diplomové práce.

V případě zájmu Vám poskytnu vytvořené edukační materiály pro tyto předměty, které jsou hlavním výsledkem diplomové práce.

Děkuji za vyplnění,

Bc. Pavel Novák, DiS.

Otázka č. 1 - Jaké je Vaše vzdělání v oblasti učitelství?

- Magisterské nebo doktorské vzdělání
- Bakalářské vzdělání
- Středoškolské vzdělání
- Pedagogický kurz celoživotního vzdělávání
- Žádné

Otázka č. 2 - Jaké je Vaše vzdělání v oblasti farmacie?

- Magisterské nebo doktorské vzdělání
- Bakalářské vzdělání
- Vyšší odborné vzdělání
- Středoškolské vzdělání
- Žádné

Otázka č. 3 - Máte jiné, nebo další vzdělání, než jste uvedl v předchozích otázkách?

- Ano – popište jaké ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č. 4 - Jak dlouho se věnujete Vaší pedagogické činnosti? (bez ohledu na vyučovaný předmět a výši pedagogického úvazku)

Tento rok začínám učit

- 1-2 roky
- 3-5 let
- 6-10 let
- 11 a více let

Otázka č. 5 - Jak dlouho učíte předmět základy radiofarmacie (případně předmět základy radiologie, nebo základy radiační ochrany) určený pro obor diplomovaný farmaceutický asistent?

- Tento rok začínám učit tento předmět poprvé
- 1-2 roky
- 3-5 let
- 6-10 let
- 11 a více let

Otázka č. 6 - Pracoval/a jste někdy na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku?

- Ano (pokračuje k otázce č. 7)
- Ne (pokračuje k otázce č. 8)

Otázka č. 7 - Jak dlouho jste pracoval na oddělení příprav radiofarmak, případně na jiné pozici na oddělení nukleární medicíny, nebo jiném radiodiagnostickém úseku?

- 0-2 roky
- 3-5 let
- 6-10 let
- 11 a více let

Otázka č. 8 - Jak byste hodnotil/a na stupnici od 1-10 (1 nejmenší zájem, 10 největší zájem) průměrný zájem studentů o předmět, který vyučujete (základy radiofarmacie, základy radiologie, základy radiační ochrany)?

- Stupnice 1–10

Otázka č. 9 - Požádám Vás o krátké slovní zdůvodnění, z čeho posuzujete zájem o tento předmět u studentů, tedy proč jste vybral danou hodnotu u předchozí otázky.

- Volná odpověď ...

Otázka č. 10 - Vedl/a jste, případně oponoval/a jste, v poslední 5 letech absolventskou práci na téma nukleární medicíny, nebo radiodiagnostiky, u studenta oboru diplomovaný farmaceutický asistent?

- Ano (pokračuje k otázce č. 11)
- Ne (pokračuje k otázce č. 12)

Otázka č. 11 - Kolik jste těchto absolventských prací vedl/a, případně oponoval/a?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 a více

Otázka č. 12 - Označte témata, se kterými seznamujete v rámci daného předmětu studenty?

- Zákony vztahující se k nukleární medicíně
- Biologické účinky ionizujícího záření
- Radiační ochrana
- Dozimetrie ionizujícího záření
- Ostatní radiodiagnostické metody (CT, MR, ...)
- Výpočty rozpadů radioizotopů
- Práce s SPC (souhrn údajů o léčivém přípravku) kitů využívaných v nukleární medicíně
- Obecnou strukturou pracoviště nukleární medicíny

- Rozdíl v SPECT a PET pracovištích
- Přehled využívaných radioizotopů ve SPECT a PET vyšetřeních
- Přehledem diagnostických využití nukleární medicíny
- Přehledem terapeutického využití nukleární medicíny
- Další – uveďte příklady - ... (volná odpověď)

Otázka č. 13 - Nosíte do výuky studentům fyzické předměty z oblasti nukleární medicíny (např. dozimetry, olověná stínění, neaktivní kity, ...)?

- Ano (pokračuje k otázce č. 14)
- Ne (pokračuje k otázce č. 15)

Otázka č. 14 - Požádám vás o vypsání fyzických předmětů z oblasti nukleární medicíny, které nosíte do hodin.

- Volná odpověď ...

Otázka č. 15- Přijde vám užitečné společně se studenty fyzicky navštívit kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení?

- Ano (pokračuje k otázce č. 16)
- Ne (pokračuje k otázce č. 18)

Otázka č. 16 - Navštěvujete v rámci Vašeho předmětu nějakou kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení?

- Ano (pokračuje k otázce č. 18)
- Ne (pokračuje k otázce č. 17)

Otázka č. 17 – Z jakého důvodu v rámci Vašeho předmětu nenavštěvujete nějakou kliniku nukleární medicíny, případně jiný radiodiagnostický úsek zdravotnického zařízení?

- Ne – z důvodu náročné byrokracie ze strany školy
- Ne – z důvodu náročné byrokracie ze strany zdravotnického zařízení
- Ne – z důvodu absence spolupracujícího zdravotnického zařízení
- Ne – z časových důvodů
- Ne – z jiného důvodu – uveďte důvod - ... (volná odpověď)

- Ne – bez udání důvodu

Otázka č. 18 - Provádíte se studenty praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně (snížení aktivity v čase, výpočty dávek pacientům, ...)?

- Ano (pokračuje k otázce č. 19 a následně k otázce č. 21)
- Ne (pokračuje k otázce č. 20 a následně k otázce č. 21)

Otázka č. 19 - Jakou metodou provádíte se studenty praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně (snížení aktivity v čase, výpočty dávek pacientům, ...)?

- Studenti aktivně počítají příklady vztahující se k nukleární medicíně
- Pouze ukazují metody výpočtů bez praktického procvičování
- Jinou metodou – uveďte příklad ... (volná odpověď)

Otázka č. 20 - Z jakého důvodu neprovádíte se studenty praktické výpočty, které se využívají v nukleární medicíně (snížení aktivity v čase, výpočty dávek pacientům, ...)?

- Z časových důvodů
- Nepřijde mi to důležité
- Neprovádím – bez udání důvodu
- Ne – z jiného důvodu – uveďte důvod - ... (volná odpověď)

Otázka č. 21 - Využíváte při výuce videozáznamy z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení?

- Ano (pokračuje k otázce č. 22 a následně k otázce č. 24)
- Ne (pokračuje k otázce č. 23 a následně k otázce č. 24)

Otázka č. 22 - Jak často využíváte při výuce videozáznamy z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení?

- Velmi často využívám různé videozáznamy (více než 3x za semestr)
- Snažím se občasně zařadit využití videozáznamů (maximálně 3x za semestr)
- Pouze, když zbyde čas
- Jiná odpověď ... (volná odpověď)

Otázka č. 23 - Z jakého důvodu nevyžíváte při výuce videozáznamy z klinik nukleární medicíny, případně z jiných radiodiagnostických úseků zdravotnických zařízení?

- Nemám vhodné videozáznamy k dispozici
- Z časových důvodů
- Nepřijde mi to důležité
- Nevyžívám – bez udání důvodu
- Jiná odpověď ... (volná odpověď)

Otázka č. 24 - Využíváte při výuce pracovní listy?

- Ano (pokračuje k otázce č. 25 a následně k otázce č. 27)
- Ne (pokračuje k otázce č. 26 a následně k otázce č. 27)

Otázka č. 25 - Kde jste získala/a pracovní listy, které využíváte při výuce?

- Převážně jsem je sám/sama vyrobila
- Využívám pracovní listy z odborných publikací
- Stáhl/a z internetu
- Získal/a jsem je z jiných zdrojů ... (volná odpověď)

Otázka č. 26 - Z jakého důvodu nevyžíváte pracovní listy při výuce?

- Nemám vhodné pracovní listy k dispozici
- Z časových důvodů
- Nepřijde mi to důležité
- Nevyžívám – bez udání důvodu
- Nevyžívám – z jiného důvodu ... (volná odpověď)

Otázka č. 27 - Využíváte při vyučování těchto předmětů i jinou formu výuky, než frontální? (Jinou než učitel předávající informace) (Pokud ano, prosím o uvedení příkladů)

- Ano – popište jakou ... (volná odpověď)
- Ne



Otázka č.28 - Využíváte ve výuce práci s odborným textem z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky (učebnice, skripta, odborné články, ...)?

- Ano – popište jaké ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č.28 - Využíváte ve výuce práci s odborným textem z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky (učebnice, skripta, odborné články, ...)?

- Ano – například ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č.29 - Využíváte ve výuce fotografické materiály z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky? (Fotografie laboratoří, pomůcek, strojů, ...)

- Ano – popište jaké ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č.30 - Probíráte se studenty detailně jednotlivá vyšetření z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky?

- Ano – popište jaké ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č.31 - Využíváte ve výuce snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny nebo radiodiagnostiky?

- Ano – popište jaké ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č.32 - Měl/a byste zájem o zpracované edukační materiály zaměřené na nukleární medicínu?

- Ano (pokračuje k otázce č. 33 a následně k otázce č. 34)
- Ne (ukončení dotazníku)

Otázka č.33 - Kdybyste si mohl/a vybrat, které zpracované edukační materiály by nejvíce obohatily vaše hodiny předmětů zaměřených na nukleární medicínu? (možnost odpovědět až tří odpovědí)

- Zpracované radiofarmaceutické výpočty
- Edukační videozáznamy z nukleární medicíny
- Vypracované pracovní listy
- Připravené odborné texty
- Fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny
- Snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny
- Jiné - uveďte příklad - ... (volná odpověď)
- Žádné, vše potřebné mám do výuky připravené

Otázka č.34

Měl/a byste zájem o zaslání vytvořených edukačních materiálů z oblasti nukleární medicíny a radiodiagnostiky?

- Ano – možnost vyplnit e-mailovou adresu ... (volná odpověď)
- Ne

Děkuji Vám za vyplnění dotazníku.

V případě zájmu o zpracované edukační materiály odešlu na uvedenou e-mailovou adresu v první polovině roku 2024.

## **Příloha č. 5 – Dotazník pro studenty**

Dobrý den,

jmenuji se Pavel Novák a jsem studentem Pedagogické fakulty UK. Požádal bych Vás o vyplnění krátkého dotazníku, který slouží k získání informací o Vašich studijních zkušenostech, plánech po dokončení studia VOŠ a několik otázek na téma absolvovaného předmětu z oblasti nukleární medicíny. Dotazník se vyplňuje za každého studenta pouze jednou a je určen pouze pro studenty 3. ročníku oboru diplomovaný farmaceutický asistent.

Dotazník je anonymní a jeho výsledky budou použity pro účely mé diplomové práce.

V případě zájmu Vám poskytnu vytvořené edukační materiály z oblasti nukleární medicíny a radiologie, které jsou hlavním výsledkem diplomové práce.

Děkuji za vyplnění,

Bc. Pavel Novák, DiS.

Otázka č. 1

Jaké je vaše pohlaví?

- Žena
- Muž
- Nechci uvést

Otázka č. 2

Jaká je Vaše forma studia

- Prezenční studium
- Kombinované studium

Otázka č. 3

Studoval/a jste před VOŠ oborem “diplomovaný farmaceutický asistent” jinou vysokou, nebo vyšší odbornou školu?

- Ano (pokračuje k otázce č. 4)
- Ne (pokračuje k otázce č. 5)

Otázka č. 4

Dostudoval/a jste úspěšně studovaný vysokoškolský obor, nebo obor vyšší odborné školy?

(Pokud ano, požádám vás o název dostudovaného oboru)

- Ano - ... (volná odpověď)
- Ne

Otázka č. 5

Plánujete po dostudování VOŠ oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” studovat další vzdělávací program na VOŠ, VŠ?

- Ano (pokračuje k otázce č. 6)
- Ne (pokračuje k otázce č. 7)

Otázka č. 6

Plánujete, že by další vzdělávací program souvisel s chemií, nebo farmacií?

- Ano
- Ne

Otázka č. 7

Plánujete po dostudování oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” nastoupit do jakéhokoliv pracovního provozu?

- Ano (pokračuje k otázce č. 8)
- Ne (pokračuje k otázce č. 12)

Otázka č. 8

Plánujete po dostudování oboru “diplomovaný farmaceutický asistent” nastoupit do pracovního provozu v lékárně?

- Ano (pokračuje k otázce č. 9 a následně k otázce č. 10)
- Ne (pokračuje k otázce č. 12)

Otázka č. 9

Který typ lékárny byste preferoval/a pro své budoucí zaměstnání?

- Menší soukromou lékárnu
- Řetězcovou lékárnu
- Větší lékárnu při zdravotnickém zařízení
- Nemocniční lékárnu
- Jiný ... (volná odpověď)

Otázka č. 10

Dokážete si představit, že by se Vaše pracovní náplň odehrávala především v lékárenské laboratoři? (např. galenická laboratoř přípravy léčiv, laboratoř přípravy sterilních lékových forem, laboratoř přípravy cytostatik, laboratoř přípravy radiofarmak, analytické laboratoři kontroly léčiv, ...)

- Ano (pokračuje k otázce č. 11)
- Ne (pokračuje k otázce č. 12)

Otázka č. 11

Která z těchto lékárenských laboratoří Vám přijde nejvíce zajímavá a nejvíce by se shodovala s představou Vaší budoucí práce v lékárně?

- Galenická laboratoř přípravy léčiv
- Laboratoř přípravy sterilních lékových forem
- Laboratoř přípravy cytostatik
- Laboratoř přípravy radiofarmak
- Analytická laboratoř kontroly léčiv
- Jiná ... (otevřená odpověď)

Otázka č. 12

Během Vašeho studia jste absolvoval/a předmět základy radiologie, základy radiofarmacie, nebo základy radiační ochrany. Na stupni 1-10 uveďte, jak pro Vás byl tento předmět zajímavý? (1 velmi nezajímavý předmět - 10 velmi zajímavý předmět)

- Stupnice 1-10

Otázka č. 13

Během Vašeho studia jste absolvoval/a předmět základy radiologie, základy radiofarmacie, nebo základy radiační ochrany. Na stupni 1-10 uveďte, jak pro Vás byl tento předmět obohacující? (1 velmi neobohacující předmět - 10 velmi obohacující předmět)

- Stupnice 1-10

Otázka č. 14

Ohodnoťte kvalitu výuky tohoto předmětu na stupnici 1-10. (1 velmi nekvalitní výuka - 10 velmi kvalitní výuka)

- Stupnice 1-10

Otázka č.15

Kdybyste si mohl/a vybrat, které edukační materiály by nejvíce obohatily hodiny předmětu základy radiologie, základy radiofarmacie, nebo základy radiační ochrany? (možnost více odpovědí)

- Zpracované radiofarmaceutické výpočty
- Edukační videozáznamy z nukleární medicíny
- Vypracované pracovní listy
- Připravené odborné texty
- Fotografie materiálů a předmětů z oblasti nukleární medicíny
- Snímky z vyšetření pacientů z oblasti nukleární medicíny
- Exkurze na oddělení nukleární medicíny
- Jiné – uveďte příklad - ... (volná odpověď)
- Žádné, výuka mi přišla takto v pořádku

Otázka č. 16

Na kolik Vás inspiroval tento předmět k vyzkoušení práce na oddělení přípravy radiofarmak? Ohodnoťte míru inspirace na stupnici 1-10. (1 - velmi neinspiroval - 10 velmi inspiroval)

- Stupnice 1-10

Otázka č. 17

Výsledkem této diplomové práce budou vytvořené edukační materiály z oblasti nukleární medicíny a radiologie pro studenty oboru diplomovaný farmaceutický asistent. Měl/a byste zájem o získání těchto materiálů? Pokud ano, vyplňte kontaktní e-mailovou adresu.

- Ano - ... (volná odpověď)
- Ne

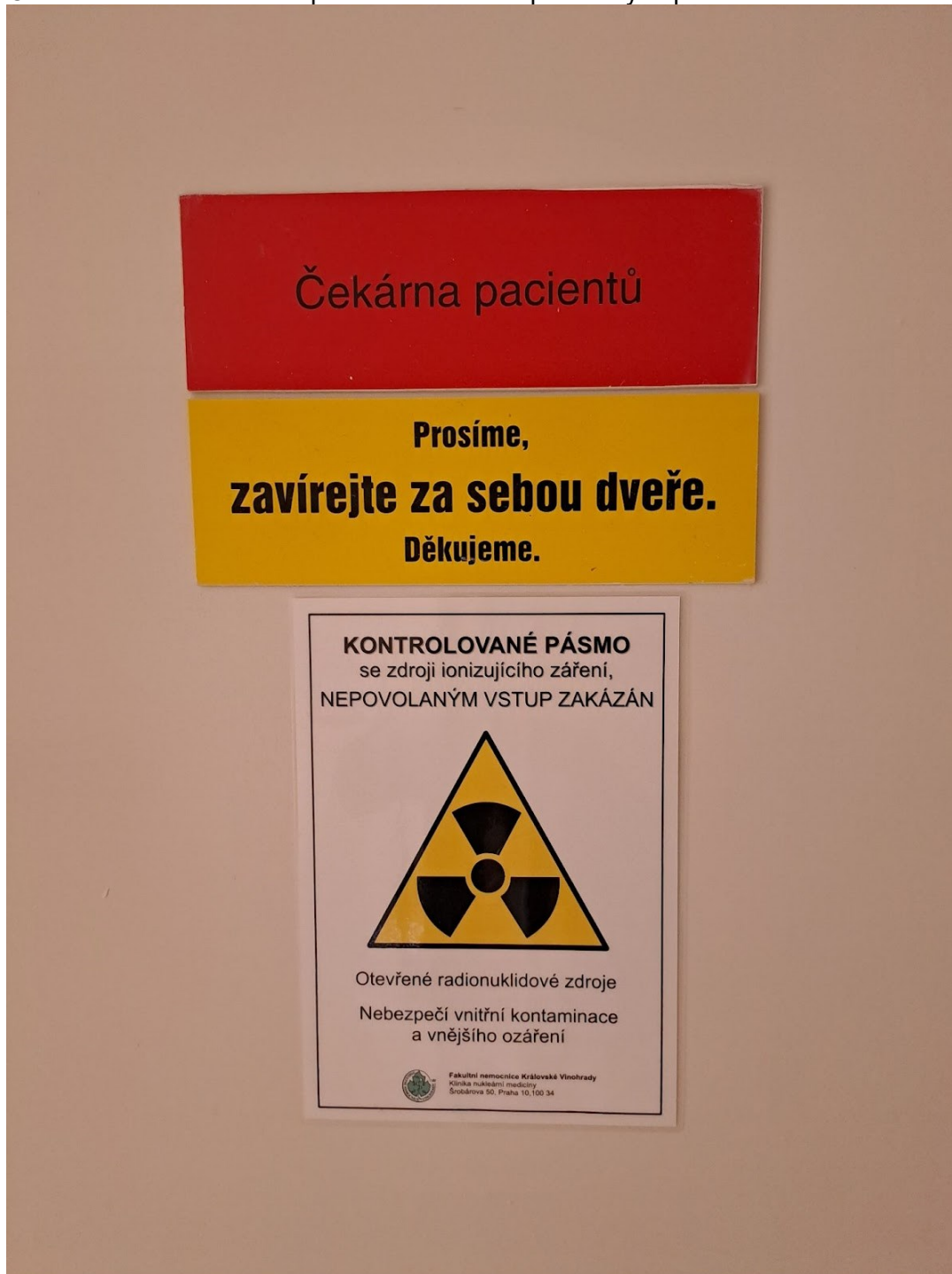
Děkuji Vám za vyplnění dotazníku.

V případě zájmu o zpracované edukační materiály odešlu na uvedenou e-mailovou adresu v první polovině roku 2024.

## Příloha č. 6 – Sada fotografií předmětů a materiálů z oblasti nukleární medicíny

Všechny fotografie byly pořízeny autorem diplomové práce.

Označení kontrolovaného pásma v čekárně aplikovaných pacientů

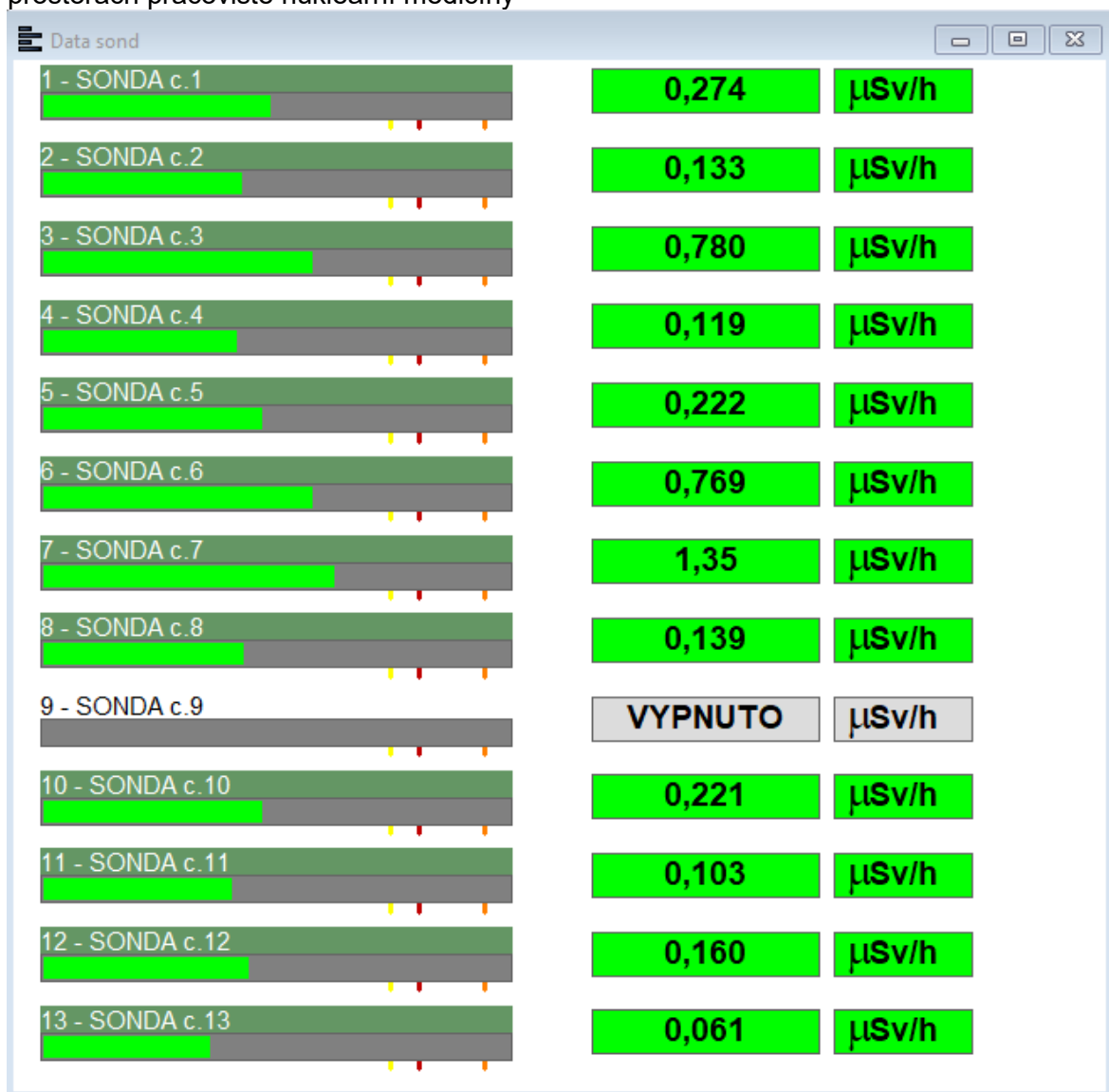




Detekční sonda mapující radiační znečištění prostředí



Počítačové vyhodnocení detekčních sond mapujících radiační znečištění prostředí v prostorách pracoviště nukleární medicíny



Tělové dozimetry monitorující pohlcené záření zaměstnance na oddělení nukleární medicíny



Prstové dozimetry monitorující pohlcené záření na ruku zaměstnance na oddělení nukleární medicíny



Masivní olověné koše ke skladování radioaktivního odpadu



Přestupní okna materiálové propusti



Laminární box pro přípravy radiofarmak



Laboratoř přípravy radiofarmak



Laminární box pro přípravu radiofarmak

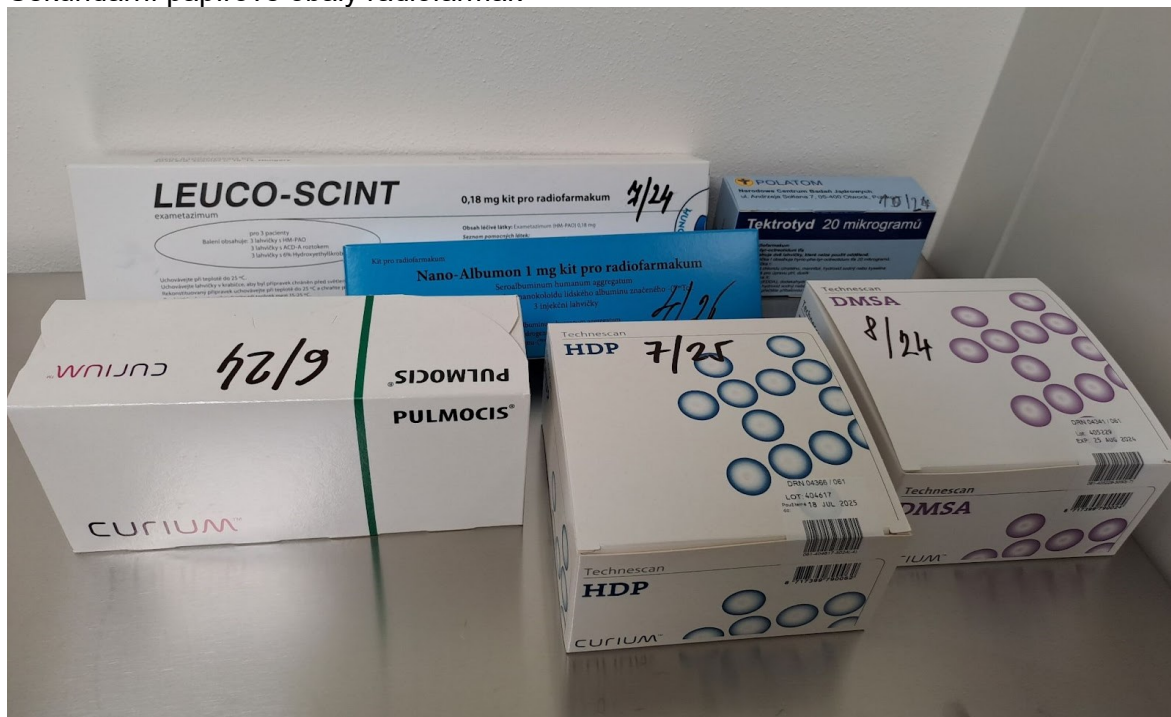




Sterilní oblečení při přípravě radiofarmak



## Sekundární papírové obaly radiofarmak



## Kity pro přípravu radiofarmak





Průvodní list radiofarmaka

K24/7 verze04



FAKULTNÍ NEMOCNICE KRÁLOVSKÉ VINOHRADY  
 ŠROBÁROVA 50, 100 34 PRAHA 10  
 IČO 00064173  
 Klinika radiologie a nukleární medicíny  
 primariát nukleární medicína

Osvědčení o radioaktivní látce  
 list radiofarmaka pro i.v. aplikaci

číslo 159

korekční faktor	celkový objem (ml)	celková aktivita (MBq)	měrná aktivita (MBq/ml)
0,899537083	5	5090	1018
radiofarmakum	<b>HDP</b>		
radionuklid	<sup>99m</sup> Tc		
chemická forma	HDP		
čas přípravy	7:05		
číslo šarže	404 617		
číslo generátoru	7460056-24		
stabilita	8 hodin		
radiochemická čistota	97,80%		

jméno	narozen/a	váha (kg)	počet aplikací	indikovaná aktivita/aplikace (MBq)	aplační objem/aplikace (ml)	změněná aktivita před aplikací (MBq)	čas měření	dávku k aplikaci připravil
Havličková Petra	87	59	1	590	0,64	603	7:32	Bc. Pavel Novák, DiS.
Novotný Jan	71	101	1	1000	1,09	1020	7:31	Bc. Pavel Novák, DiS.
Schwarzová Petra	59	75	1	750	0,82	747	7:25	Bc. Pavel Novák, DiS.
Rábl Otakar	39	75	1	750	0,82	759	7:26	Bc. Pavel Novák, DiS.
Dolejší Aleš	90	112	1	1000	1,09	1030	7:40	Bc. Pavel Novák, DiS.
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			
			1	500	0,55			

vývoj měrné aktivity (MBq/ml) v čase

čas	7:35	8:05	8:35	9:05	9:35	10:05
měrná aktivita	960,99	907,17	856,37	808,41	763,14	720,4
čas	10:35	11:05	11:35	12:05	12:35	13:05
měrná aktivita	680,06	641,98	606,03	606,03	572,09	540,05

datum 25.03.2024 7:09 připravil:

Bc. Pavel Novák, DiS.

kontroloval:

Bc. Pavel Novák, DiS.

FAKULTNÍ NEMOCNICE  
 KRÁLOVSKÉ VINOHRADY  
 ŠROBÁROVA 50, 100 34 PRAHA 10  
 LÉKÁRNA  
 Oddělení přípravy radiofarmak

Olověné kontejnery pro skladování lahviček radioaktivních radiofarmak



## Olověné kontejnery pro skladování lahviček radioaktivních radiofarmak



Stíněné zařízení pro přípravu dávek radiofarmak



Stíněné zařízení pro přípravu dávek radiofarmak II





Transportní box pro přepravu radiofarmak



Transportní box pro přepravu radiofarmak II



Ochranné olověné kryty na stříkačky



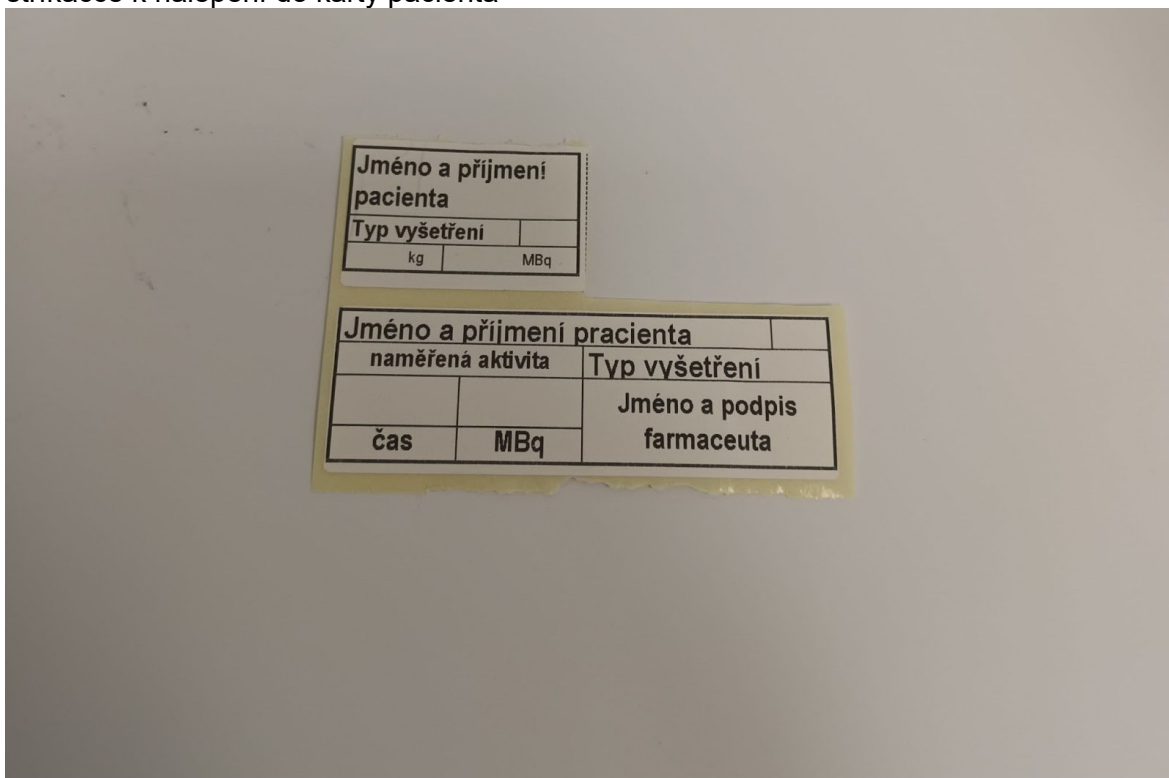
Ochranné olověné kryty nasazené na stříkačkách



Kniha přípravy radiofarmak zaznamenávající každou přípravu radiofarmaka v dané laboratoři

Převzal	Poznámka	Datum	Radionuklid	Název přípravku (chemická forma)	Měrná aktivita	Objem	Čistková aktivita	Odběratel	Kodové číslo	Připravil	Převzal	Poznámka
349		18.10.22	<sup>99m</sup> Tc	Cardio-L	1690439	5ml	941439	-k- 981	8554444-20	M. Noem	15926154	
20704				Pulmocis	365439	5ml	2190439	-k- 982	-k-	M. Noem	20153A	
20801			<sup>99m</sup> Tc	HDP	102439	5ml	1220439	-k- 983	-k-	M. Noem	394834	
369		21.10.22	<sup>99m</sup> Tc	Cardio-spect	1514439	4ml	10620439	-k- 984	-k-	M. Noem	16220404	
185AT				Leubi-scut	224439	5ml	683439	-k- 985	-k-	M. Noem	16220404	
188AT				Pulmocis	153439	5ml	2120439	-k- 986	-k-	M. Noem	20153A	
DA		19.10.22	<sup>99m</sup> Tc	HDP	113439	5ml	6320439	-k- 987	-k-	M. Noem	394834	
2000			<sup>99m</sup> Tc	Cardio-spect	141439	5ml	9120439	-k- 988	-k-	M. Noem	16220404	
2000				Leubi-scut	460439	5ml	100439	-k- 989	-k-	M. Noem	16220404	
2000			<sup>99m</sup> Tc	Pulmocis	390439	5ml	2540439	-k- 990	-k-	M. Noem	20153A	
34		20.10.22	<sup>99m</sup> Tc	Leubi-scut	110439	5ml	1120439	-k- 991	-k-	M. Noem	16220404	
20401				havo-alkon	443439	5ml	2530439	-k- 992	-k-	M. Noem	16220404	
DA				MSP	212439	5ml	1120439	-k- 993	-k-	M. Noem	394834	
274				Scandium	620439	5ml	1120439	-k- 994	-k-	M. Noem	20153A	
0402				Pulmocis	323439	5ml	2360439	-k- 995	-k-	M. Noem	20153A	
				Brain-spect	236439	5ml	1120439	-k- 996	-k-	M. Noem	16220404	
				Perichinast	420439	0,1ml	42439	-k- 997	-k-	M. Noem	16220404	
				Perichinast	320439	0,1ml	32439	-k- 998	-k-	M. Noem	16220404	
				Perichinast	12439	1ml	12439	-k- 999	-k-	M. Noem	16220404	
		21.10.22	<sup>99m</sup> Tc	HDP	255439	5ml	5430439	-k- 1000	-k-	M. Noem	394834	

Nalepovací štítky označující stříkačku pacienta a nalepovací štítek s informacemi o dané stříkačce k nalepení do karty pacienta



# Molybden-techneciový generátor



Rubidium-kryptonový generátor ( $^{81}\text{Rb}/^{81\text{m}}\text{Kr}$  generátor)



**Příloha č. 7 – Sada snímků vyšetření z oblasti nukleární medicíny**

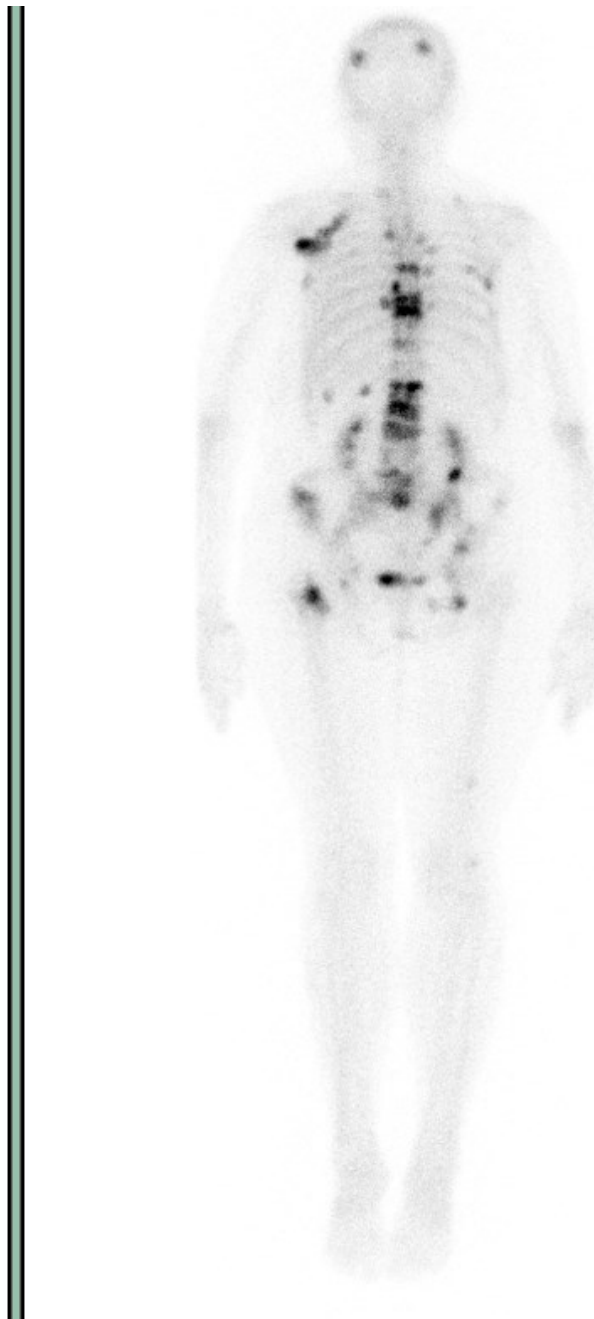
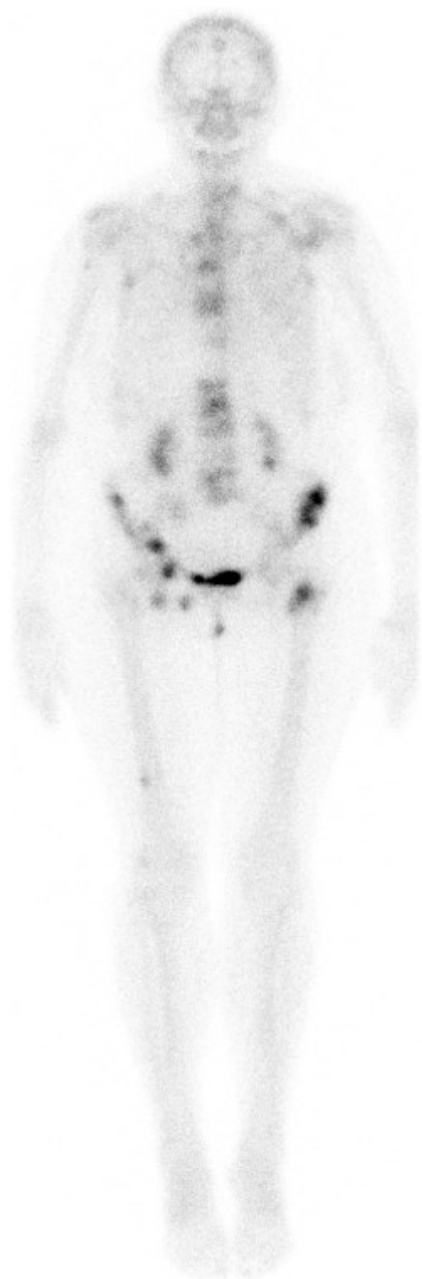
**Radionuklidové vyšetření kosterní soustavy**

Statická scintigrafie kosterní soustavy  
Skelet zdravého pacienta značený  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP





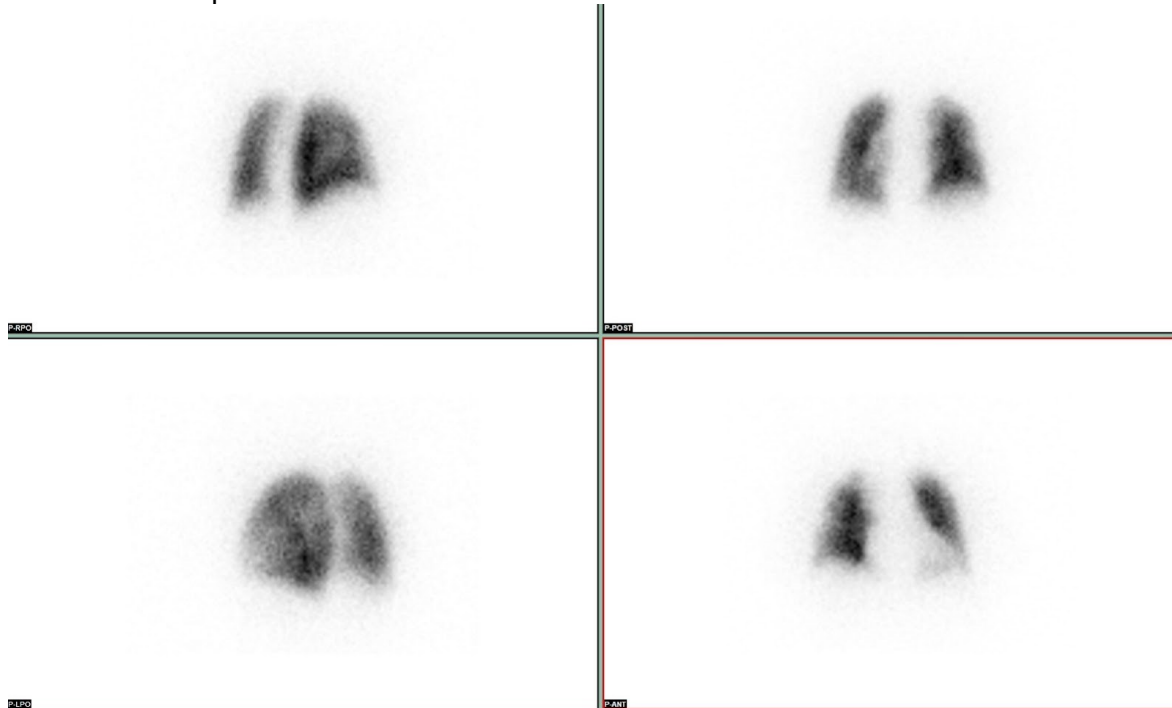
Statická scintigrafie kosterní soustavy  
Skelet pacienta s metastázemi značený  $^{99m}\text{Tc}$ -HDP



## Radionuklidové vyšetření plic

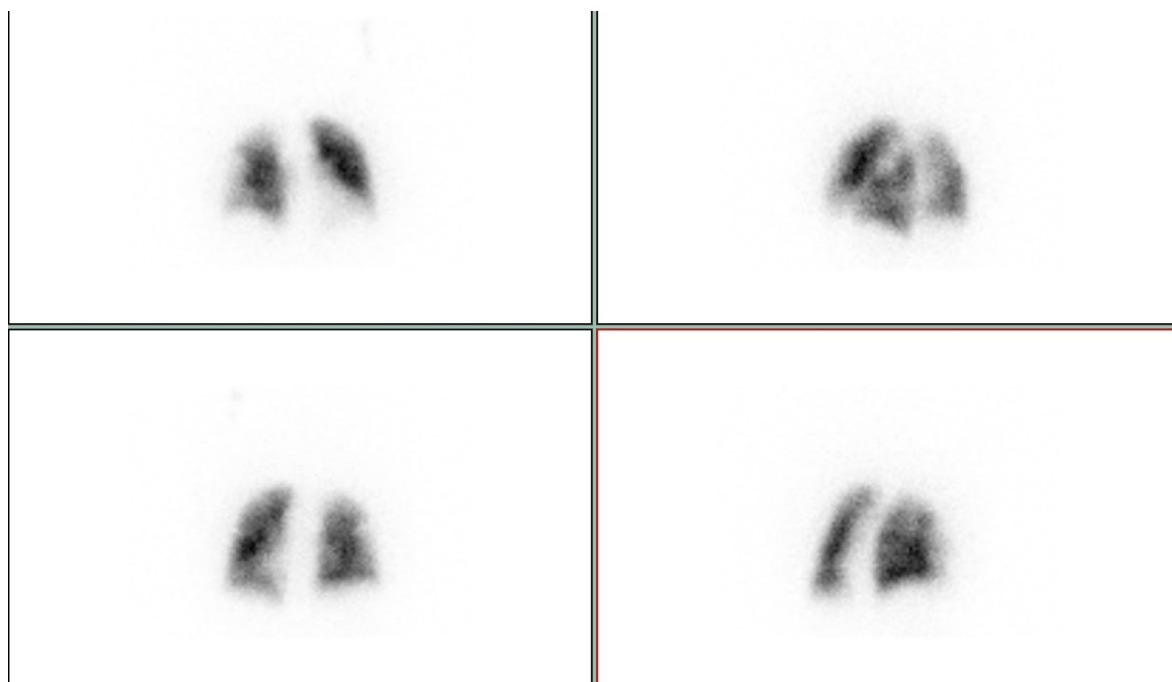
Perfuzní scintigrafie plic

Plíce zdravého pacienta označen  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA



Perfuzní scintigrafie plic

Plíce pacienta s plicní embolizací označen  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA



## Radionuklidové vyšetření v nefro-urologii

Statická scintigrafie ledvin

Ledviny zdravého pacienta označeny  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA



Statická scintigrafie ledvin

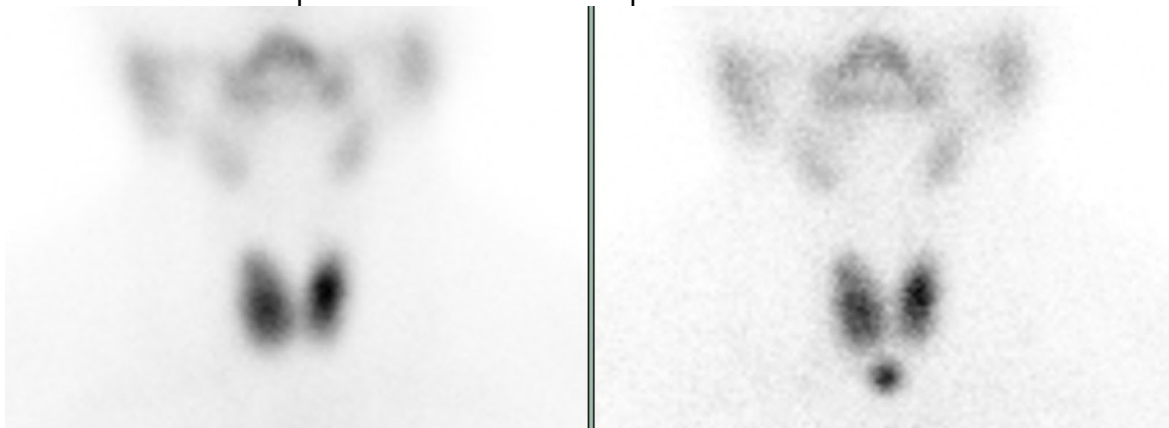
Ledviny pacienta s nehomogenním parenchymem označeny  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA



## Radionuklidové vyšetření v endokrinologii

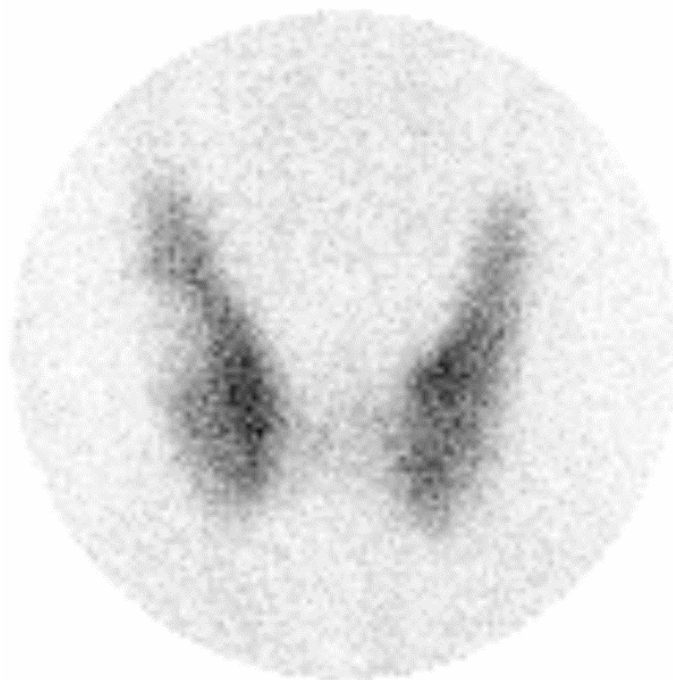
Statická scintigrafie štítné žlázy

Štítná žláza zdravého pacienta označena  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnátem



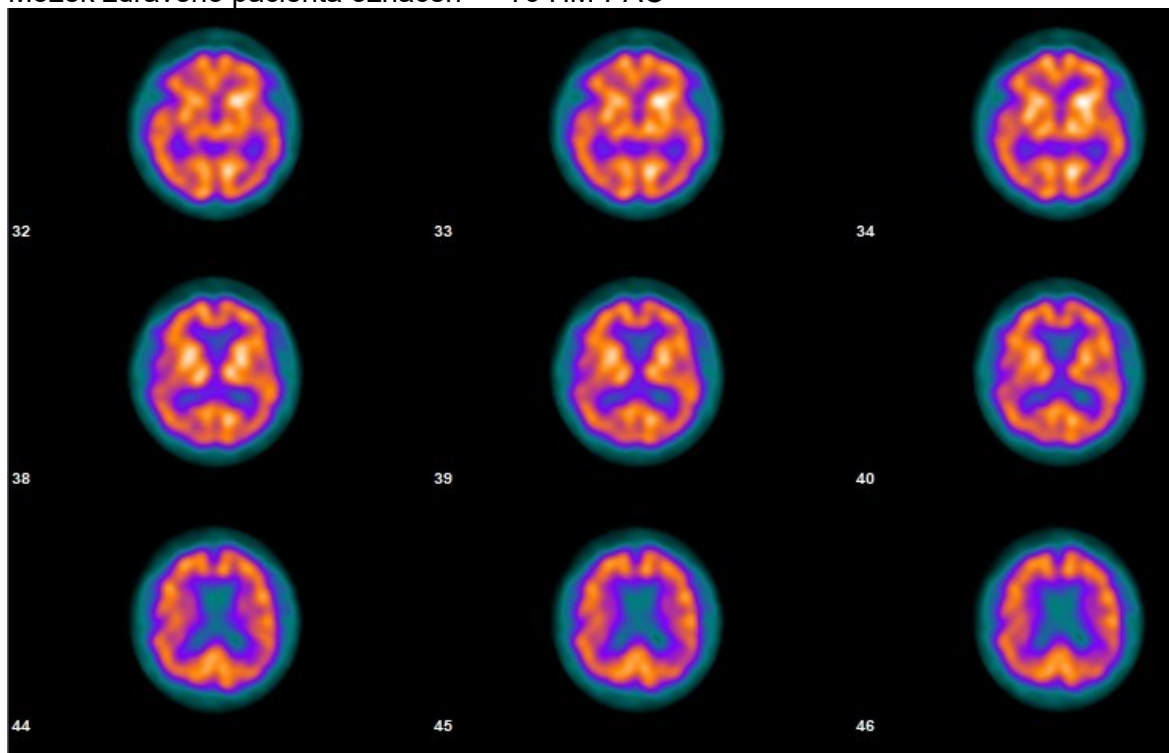
Statická scintigrafie štítné žlázy

Štítná žláza pacienta s nespecifickým nálezem označena  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnátem

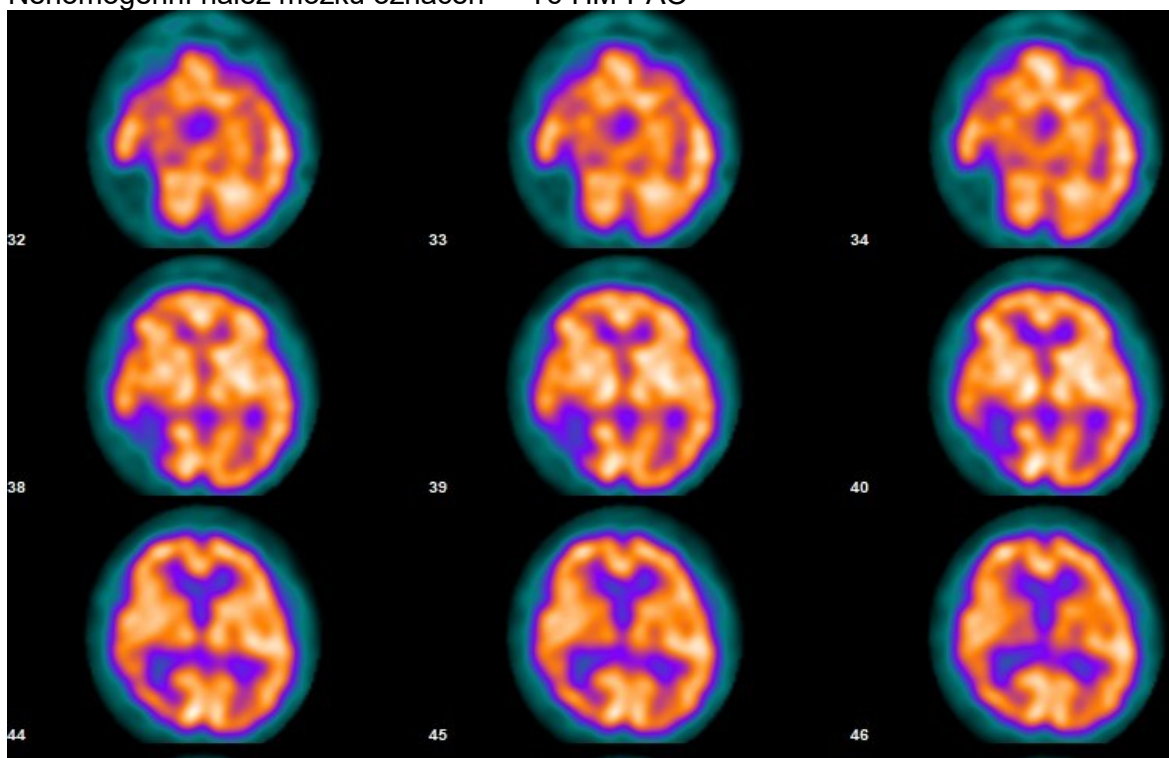


## Radionuklidové vyšetření v neurologii

Statická scintigrafie perfuze mozku  
Mozek zdravého pacienta označen  $^{99m}\text{Tc}$ -HM-PAO



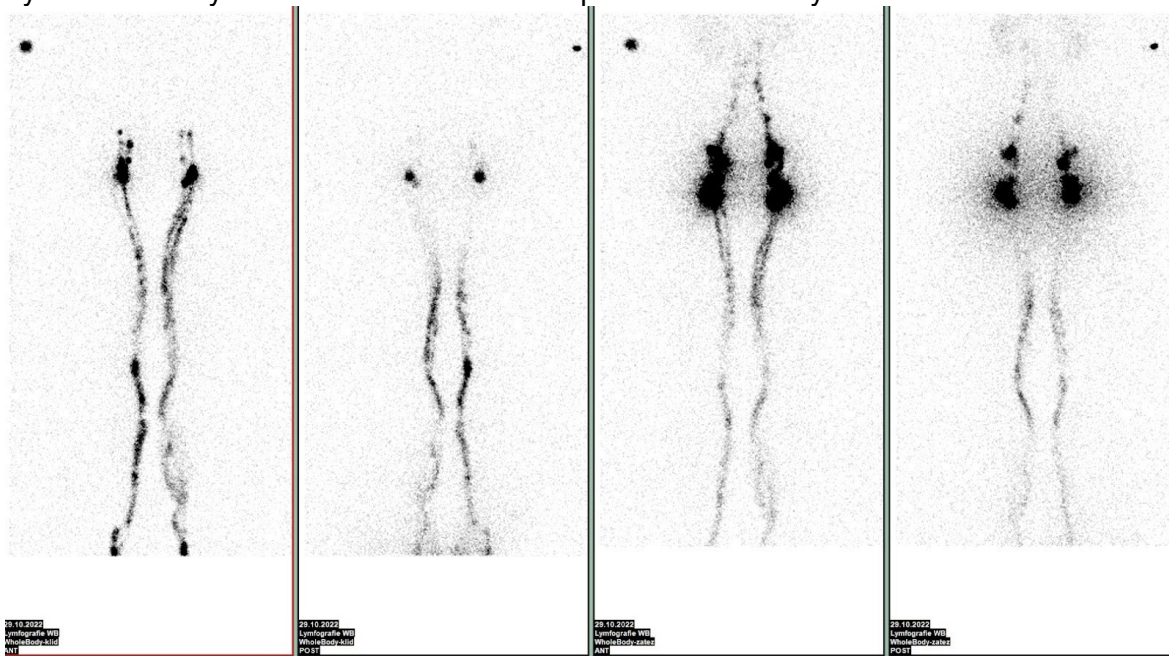
Statická scintigrafie perfuze mozku  
Nehomogenní nález mozku označen  $^{99m}\text{Tc}$ -HM-PAO



## Radionuklidové vyšetření lymfatických cest a uzlin – Lymfoscintigrafie

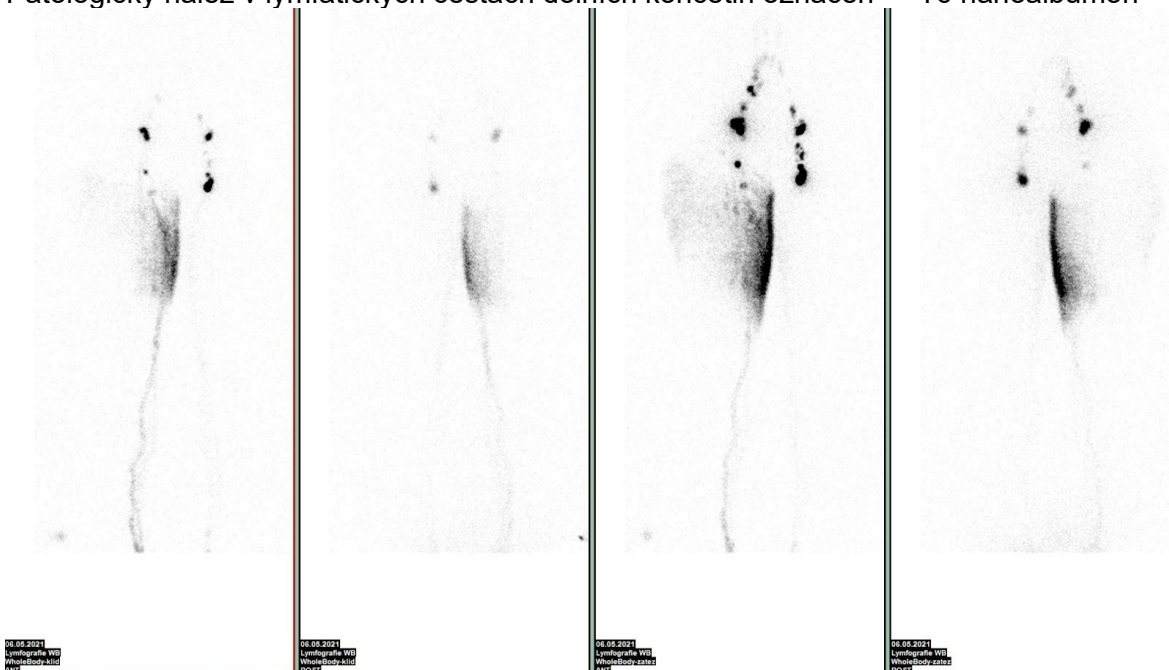
Statická scintigrafie lymfatických cest

Lymfatické cesty dolních končetin zdravého pacienta označeny  $^{99m}\text{Tc}$ -nanoalbumon



Statická scintigrafie lymfatických cest

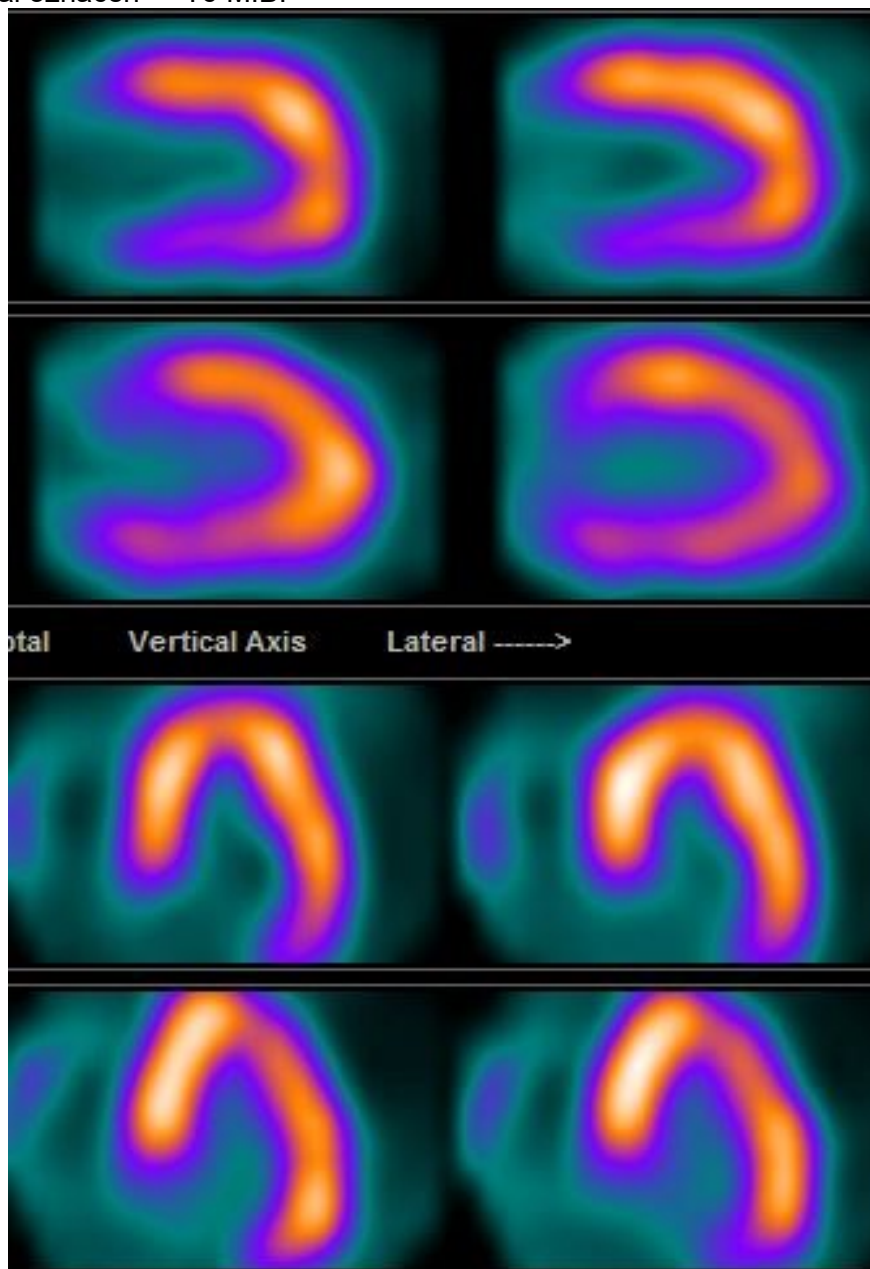
Patologický nález v lymfatických cestách dolních končetin označen  $^{99m}\text{Tc}$ -nanoalbumon



## Radionuklidové vyšetření v kardiologii

Statické snímky srdce

Srdeční sval označen  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$



**Příloha č. 8 - Sada snímků vyšetření z oblasti radiologie**

**Zobrazení tkání pomocí skiagrafických RTG snímků**

RTG – hrudník, který obsahuje prvky pro stabilizaci páteře





RTG - malík pravé ruky po luxaci



RTG – Transfixace KI dráty malíku pravé ruky po luxaci



RTG – Dlahová osteosyntéza po fraktuře pravého zápěstí



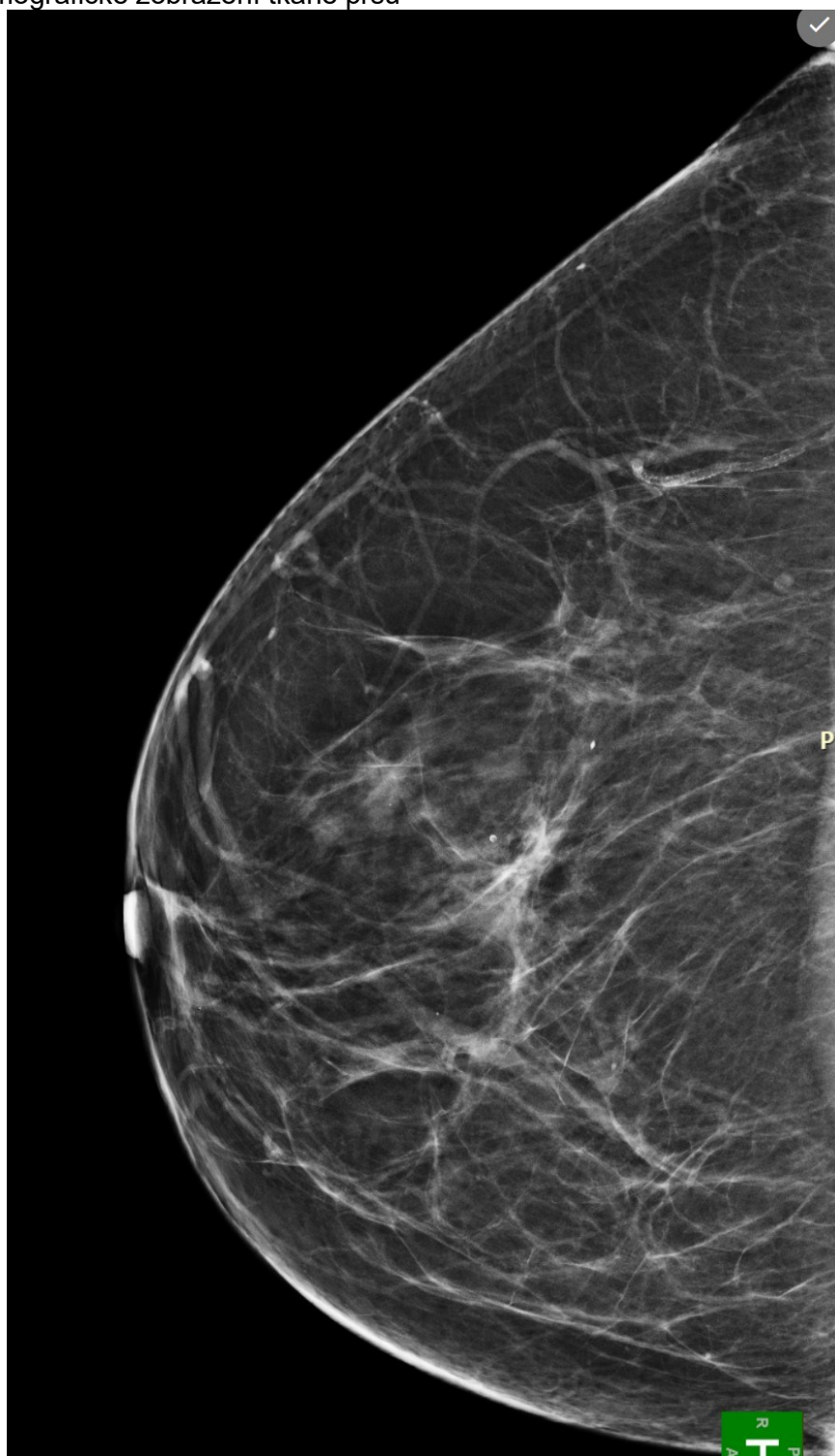
RTG – Páteř



RTG – Levé rameno s nádorem v levé lopatce



RTG – Mamografické zobrazení tkáně prsu

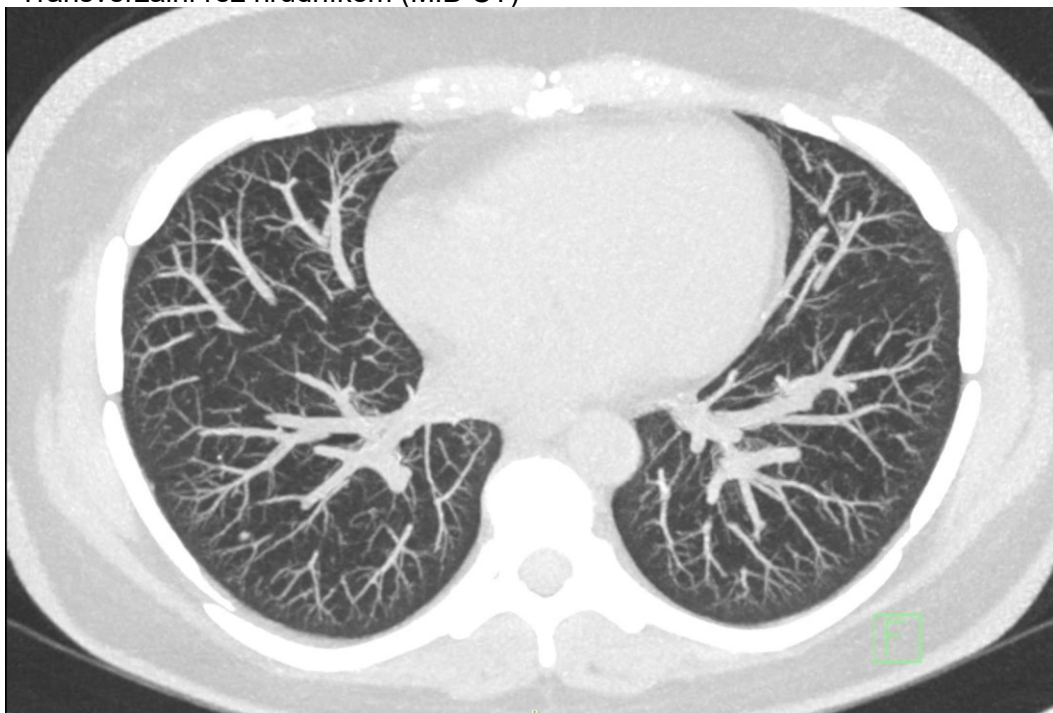


RTG – Mamografické zobrazení tkáně prsu

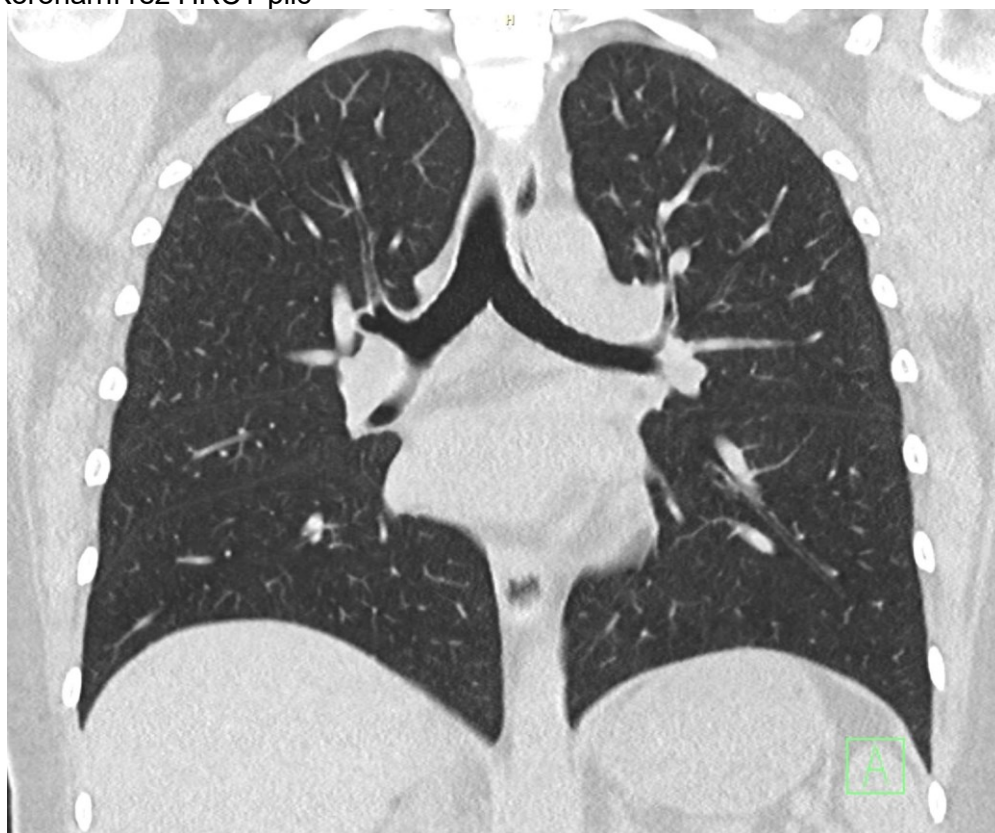


## Zobrazení tkání pomocí výpočetní tomografie (CT)

CT – Transverzální řez hrudníkem (MIB CT)



CT – Koronární řez HRCT plic





CT – Sagitální řez hrudníku



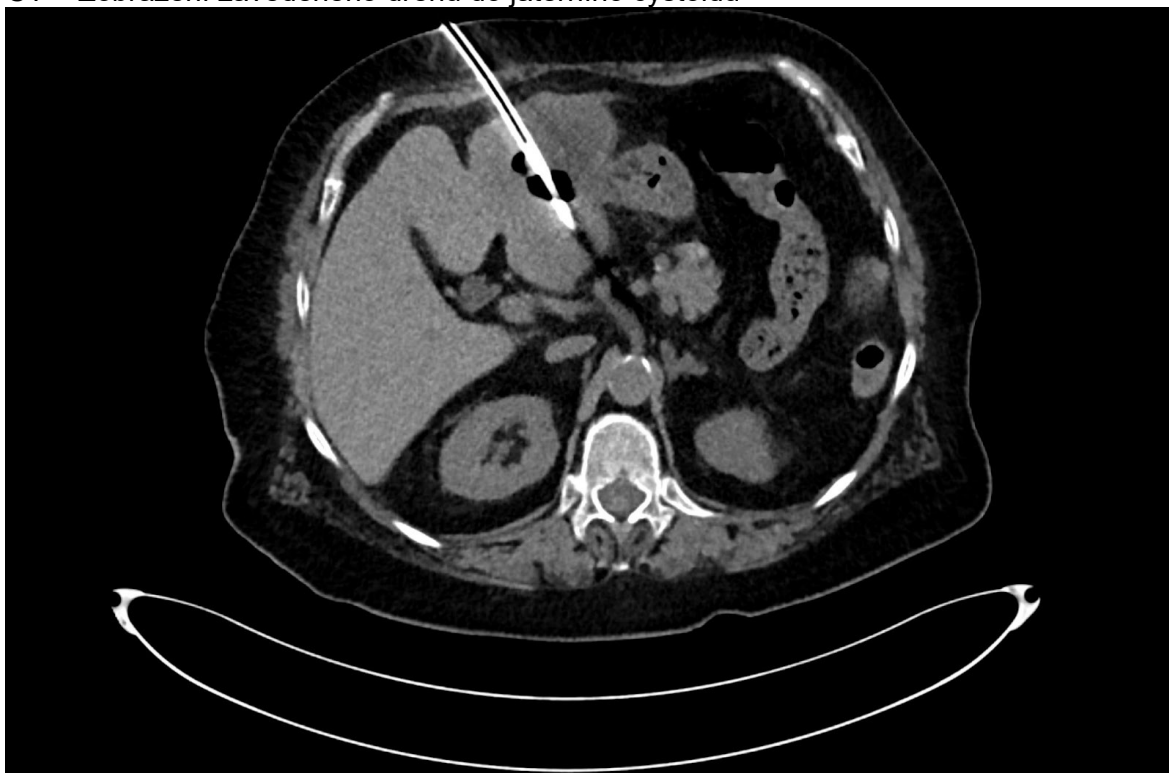
CT – Zobrazení trupu se zdravou ledvinou



CT – Zobrazení trupu se světlobuněčným karcinomem pravé ledviny



CT – Zobrazení zavedeného drénu do jaterního cystoidu



CT – Zobrazení mozku



CT – 3D rekonstrukce zápěstí



CT – Angiografické zobrazení pomocí CT

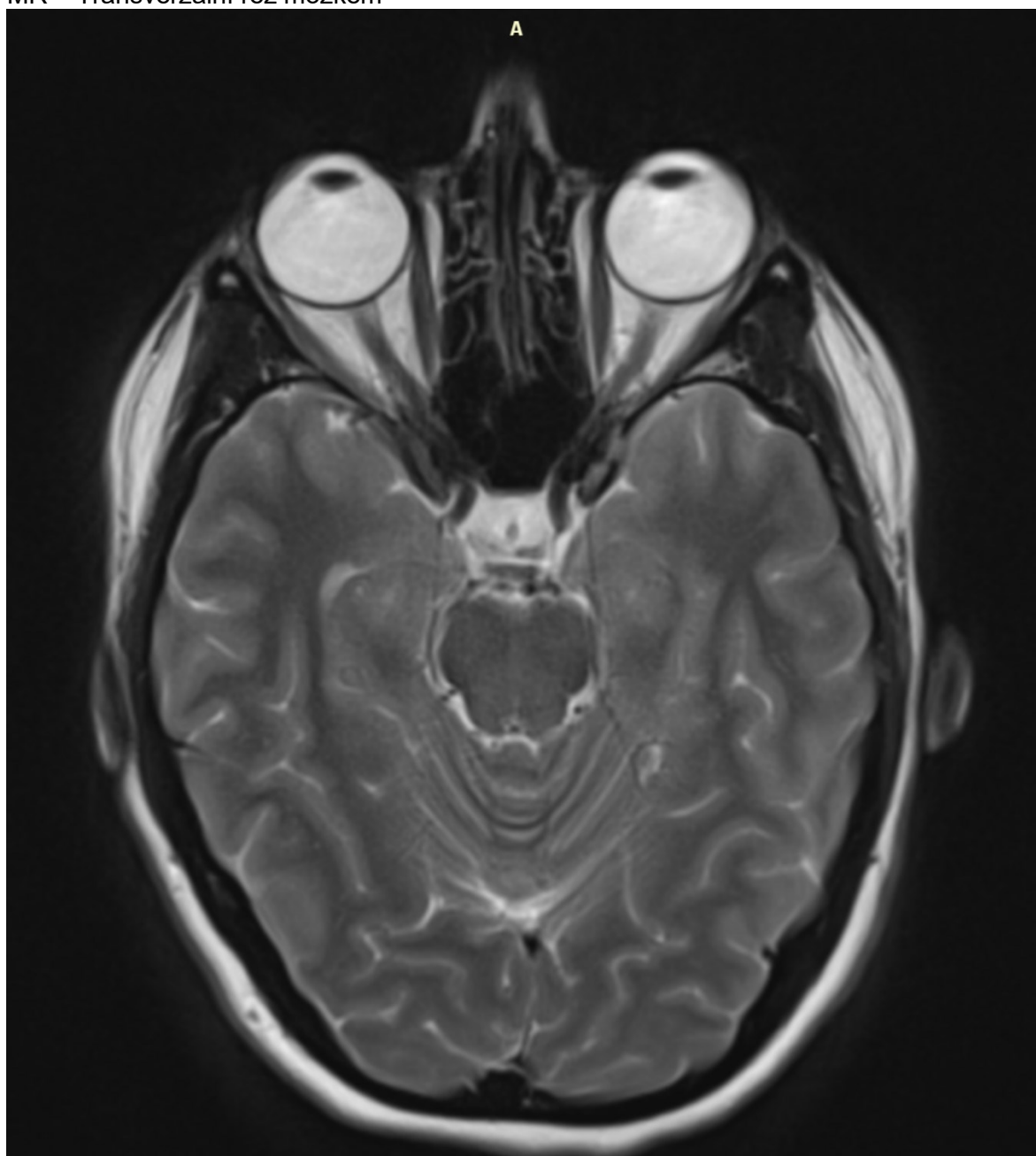


## Zobrazení tkání pomocí magnetické rezonance

MR – Angiografické zobrazení pomocí MR



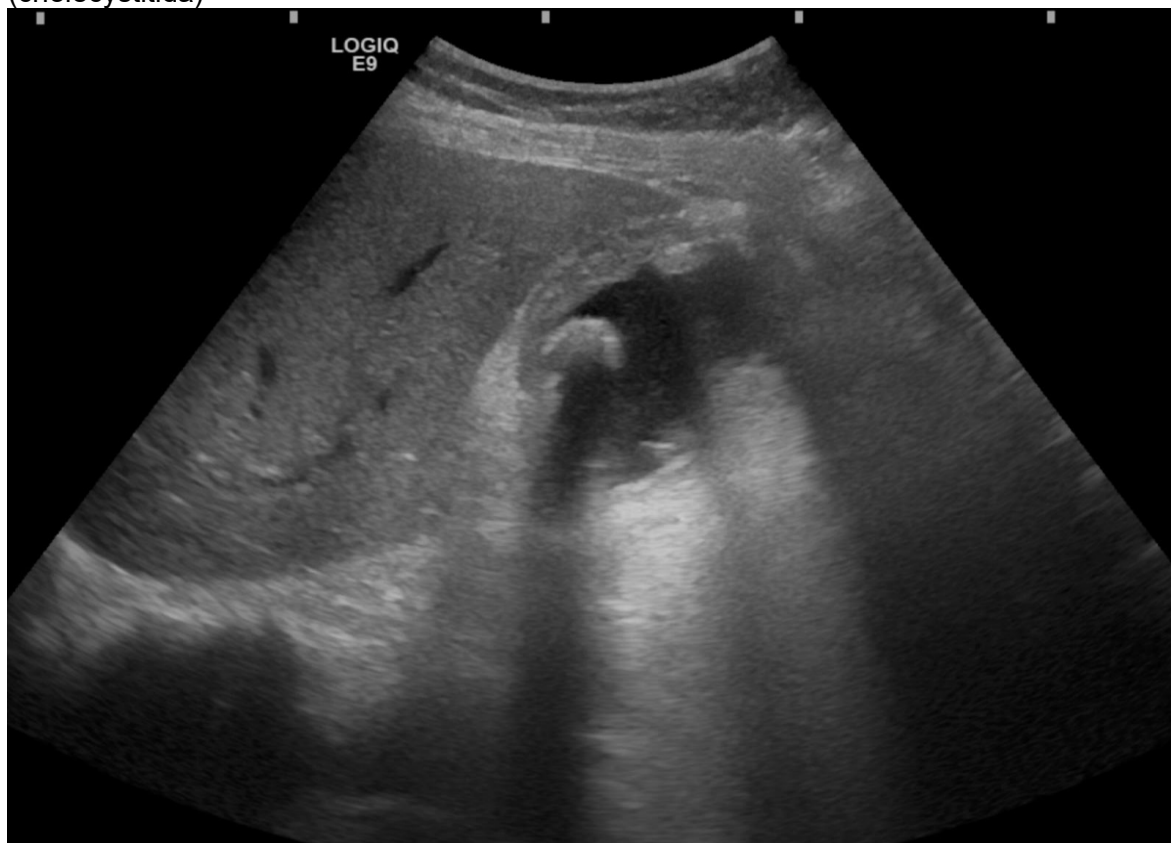
MR – Transverzální řez mozkiem





## Zobrazení tkání pomocí ultrazvuku

UZ – Žlučník obsahující žlučové kameny (cholecystolitiáza) a zánět žlučníku (cholecystitida)



UZ – Pooperační hematoza po odstranění žlučníku



UZ – Echokardiografie srdce



## **Příloha č. 9 – Sada fyzických předmětů k odeslání pro učitele předmětů z oblasti nukleární medicíny**

Tyto edukační sady předmětů budou po obhájení diplomové práce zdarma nabídnuté na jednotlivé zdravotnické VOŠ s oborem “diplomovaný farmaceutický asistent”. Pakliže daná VOŠ projeví zájem o tyto předměty, tak obdrží zdarma tyto předměty pro ukázkou fyzických předmětů z oblasti nukleární medicíny.

Tyto sady budou obsahovat:

- Olověné stínění lahvíček pro přípravu a přepravu radiofarmak
- Sekundární papírové obaly radiofarmak
- Štítky pro označení zhotovených radiofarmak
- Eluční lahvíčky pro přípravu radiofarmak
- Vytvořený ukázkový průvodní list radiofarmaka
- Reklamní ukázky katalogů a nabídek produktů jednotlivých firem dodávající radiofarmaka v České republice