ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Perfúzní scintigrafie plic

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor práce: **Lucie Horáčková**

Vedoucí práce: Ing. Jana Hudzietzová

Kladno 2016

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FACULTY OF BIOMEDICAL ENGINEERING

Department of Health Care Disciplines and Population Protection

Pulmonary Perfusion Scintigraphy

Bachelor Thesis

Study Programme: Specialization in Health Care

Branch of study: Radiology Assistant

Author: **Lucie Horáčková**

Thesis advisor: Ing. Jana Hudzietzová

Kladno 2016

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva | Akademický rok: 2015/2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Lucie Horáčková**
Obor: Radiologický asistent
Téma: **Perfúzní scintigrafie plic**
Téma anglicky: Pulmonary Perfusion Scintigraphy

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude popsat vyšetření plic pomocí scintigrafických metod používaných v nukleární medicíně. Práce bude zaměřena především na perfúzní vyšetření.
V teoretické části student popíše anatomii, fyziologii a patofyziologii plic, dále uvede rozdíl mezi perfúzním a ventilačním vyšetřením plic, indikace a kontraindikace daného vyšetření. Student rovněž stručně shrne průběh vyšetření, používaná radiofarmaka, přípravu pacienta a radiační ochranu pracovníků i pacientů.
Ve speciální části student zpracuje a vyhodnotí data o perfúzním vyšetření plic (četnost vyšetření za rok, věk a pohlaví pacientů a diagnózy, pro které je vyšetření indikováno) a rovněž porovná průběh daného vyšetření na vybraných pracovištích nukleární medicíny.

Seznam odborné literatury:

[1] KORANDA, Pavel, Nukleární medicína, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1. vyd., 2014, 201 s., ISBN 978-80-244-4031-6
[2] Šlampa, P., Petera, J. a kol., Radiační onkologie, Praha: Galén; Karolinum, 1.vyd, 2007, 457 s., ISBN 978-80-7262-469-0
[3] MYSLIVEČEK, Miroslav, Nukleární medicína, ed. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1. vyd., 2007, 131 s. s., ISBN ISBN 9788024417233

zadání platné do: 30.09.2017
Vedoucí: Ing. Jana Hudzietzová
Konzultant: MUDr. Lucie Lančová

..... vedoucí katedry / pracoviště

..... děkan

V Kladně dne 22.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Perfúzní scintigrafie plic vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně 18. 5. 2016 …..……..……..

Lucie Horáčková

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat Ing. Janě Hudzietzové za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Mé poděkování patří též MUDr. Lucii Lančové za spolupráci při konzultacích a věcné připomínky. Dále bych chtěla poděkovat oběma vybraným oddělením nukleární medicíny za pomoc při získávání údajů pro výzkumnou část bakalářské práce.

ABSTRAKT

Perfúzní scintigrafie plic je jednou z metod nukleární medicíny, která spolu s ventilační scintigrafií pomáhá diagnostikovat různá plicní onemocnění (plicní embolii, emfyzém, nádory atd.) a vrozené vady.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a speciální. V teoretické části jsou popsány základy anatomie, fyziologie a patofyziologie plic, nezbytné pro pochopení dané problematiky. Tato část se také věnuje definici vybraných pojmů, zobrazovacím metodám (především scintilační kameře a jednofotonové emisní výpočetní tomografii) využívající se pro scintigrafii plic. Dále se v první části práce popisuje scintigrafické vyšetření plic (perfúze a ventilace), je zde popsána příprava pacienta na vyšetření, indikace a kontraindikace. V závěru teoretické části je rozebrána radiační ochrana v nukleární medicíně.

Speciální část porovnává provedení perfúzního scintigrafického vyšetření plic ve vybrané krajské a fakultní nemocnici. Dále jsou ve speciální části zpracovány údaje o pacientech, kteří podstoupili perfúzní scintigrafii plic ve vybrané krajské a fakultní nemocnici. Následně jsou tato data graficky zpracována. V závěru práce je shrnutí celé problematiky a vyhodnocení získaných dat.

KLÍČOVÁ SLOVA

perfúzní plicní scintigrafie, planární scintigrafie, radiofarmakum, radiační ochrana

ABSTRACT

Perfusion lung scan using scintigraphy is one of the methods of nuclear medicine which along with a ventilation scan helps diagnose various lung diseases (pulmonary embolism, emphysema, tumors, etc.), and birth defects.

The thesis is divided into two parts – theoretical and special. The theoretical part describes the basics of anatomy, physiology and pathophysiology of the lung. This section also deals with the definition of key terms, imaging methods (especially scintillation cameras and single-photon emission computed tomography) used in the lung scan. It then describes the scan procedure (both perfusion and ventilation), the preparation of a patient for the scan, and indications and contraindications. The final chapter analyzes radiation protection in nuclear medicine.

The special section compares the performance of perfusion/ventilation lung scans in selected a regional hospital and a teaching hospital. The special part processes data from patients who underwent lung perfusion scintigraphy in the selected hospitals. Subsequently, this data is graphically processed. The thesis conclusion summarizes the whole field and evaluates the data obtained.

KEY WORDS

perfusion lung scan, planar scintigraphy, radio-pharmaceutical, radiation protection

OBSAH

1 ÚVOD 10
2 CÍL PRÁCE 11
3 TEORETICKÁ ČÁST 12
3.1 Anatomie plic 12
3.2 Fyziologie plic 14
3.3 Patofyziologie plic 16
3.3.1 Plicní edém 17
3.3.2 Plicní embolie 17
3.3.3 Emfyzém a atelektáza 17
3.3.4 Tumory 18
3.4 Z radionuklidu k radiofarmaku 18
3.4.1 Zdroje radionuklidů 19
3.4.2 Nejčastěji používaná radiofarmaka pro scintigrafii plic 22
3.5 Zobrazovací modality nukleární medicíny pro diagnostiku plic 23
3.5.1 Scintilační kamera 24
3.5.2 Jednofotonová emisní výpočetní tomografie 26
3.6 Princip scintigrafického vyšetření plic 27
3.6.1 Perfúzní plicní scintigrafie 27
3.6.2 Ventilační plicní scintigrafie 28
3.7 Radiační ochrana na pracovištích nukleární medicíny 30
3.7.1 Radiační ochrana pacientů 34
3.7.2 Radiační ochrana zdravotnického personálu 35
4 PRAKTICKÁ (SPECIÁLNÍ) ČÁST 37
4.1 Metodika 37
4.1.1 Vybraná pracoviště nukleární medicíny 37
4.1.2 Zkoumané parametry 38
4.1.3 Vyhodnocení výsledků 39
4.2 Výsledky 40
4.2.1 Krajská nemocnice 40
4.2.2 Fakultní nemocnice 43
4.2.3 Srovnání vybraných nemocnic 46
4.3 Diskuze 52

5 ZÁVĚR 52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 58
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK 61
SEZNAM OBRÁZKŮ 63
SEZNAM TABULEK 64
SEZNAM PŘÍLOH 65

1 ÚVOD

Nukleární medicína je samostatným lékařským oborem, který se zabývá diagnostikou a terapií pomocí radionuklidových zdrojů ionizujícího záření ve formě otevřených zářičů. Od jiných radiodiagnostických oborů se odlišuje schopností zobrazovat funkčnost orgánů pomocí emisního způsobu zobrazení.

Přístroje využívané v této části medicíny jsou čím dál více modernizovány. Začínaly pouhou planární scintigrafií, později se vyvíjely techniky SPECT (angl. Single photon emission computed tomography, jednofotonová emisní výpočetní tomografie) a PET (angl. Pozitron emission tomography, pozitronová emisní tomografie). V dnešní době jsou tyto technologie doplňovány o CT (angl. computed tomography, počítačová tomografie) nebo o MRI (angl. magnetic resonance imaging, magnetická rezonance), a touto kombinací vznikají tzv. hybridní přístroje.

Radiofarmaka v nukleární medicíně slouží nejen pro diagnostiku, ale i pro terapii. Při perfúzní scintigrafii plic se nejčastěji využívá radiofarmakum – makroagregát albuminu (MAA) značený radioaktivním techneciem. Dále se setkáváme s ventilačním vyšetřením plic, které provádíme dvěma způsoby – inhalací samostatných radioaktivních plynů (xenon a krypton) nebo aplikací aerosolových částeček značených techneciem.

Tématem bakalářské práce je perfúzní scintigrafie plic, která je jednou z nukleárně medicínských metod. Toto vyšetření spolu s ventilační scintigrafií má význam pro diagnostiku různých plicních onemocnění (plicní embolii, emfyzém, nádory atd.) a vrozených vad.

Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a speciální část. V teoretické části jsou popsány základy anatomie, fyziologie a patofyziologie plic, nezbytné pro pochopení dané problematiky. Tato část se také věnuje definici vybraných pojmů a zobrazovacím metodám (především scintilační kameře a jednofotonové emisní výpočetní tomografii) pro scintigrafii plic. Dále se v první části práce popisuje scintigrafické vyšetření plic (perfúze a ventilace), je zde uvedena příprava pacienta na vyšetření, indikace a kontraindikace. V závěru teoretické části je rozebrána radiační ochrana v nukleární medicíně.

Speciální část porovnává scintigrafické vyšetření plic, a to perfúzi, z hlediska provedení vyšetření ve vybrané krajské a fakultní nemocnici. Dále jsou ve speciální části zpracovány údaje o pacientech, kteří podstoupili perfúzní scintigrafii plic ve vybrané krajské a fakultní nemocnici. Tato data jsou graficky zpracována. V závěru práce je shrnutí celé problematiky a vyhodnocení získaných dat.

2 CÍL PRÁCE

Bakalářská práce má stanoveny dva cíle. Prvním z nich bude zpracování informací týkajících se vyšetření plic pomocí scintigrafických metod. Zejména se zaměřením na perfúzní plicní scintigrafii a částečně bude zmíněno i scintigrafické vyšetření ventilace plic.

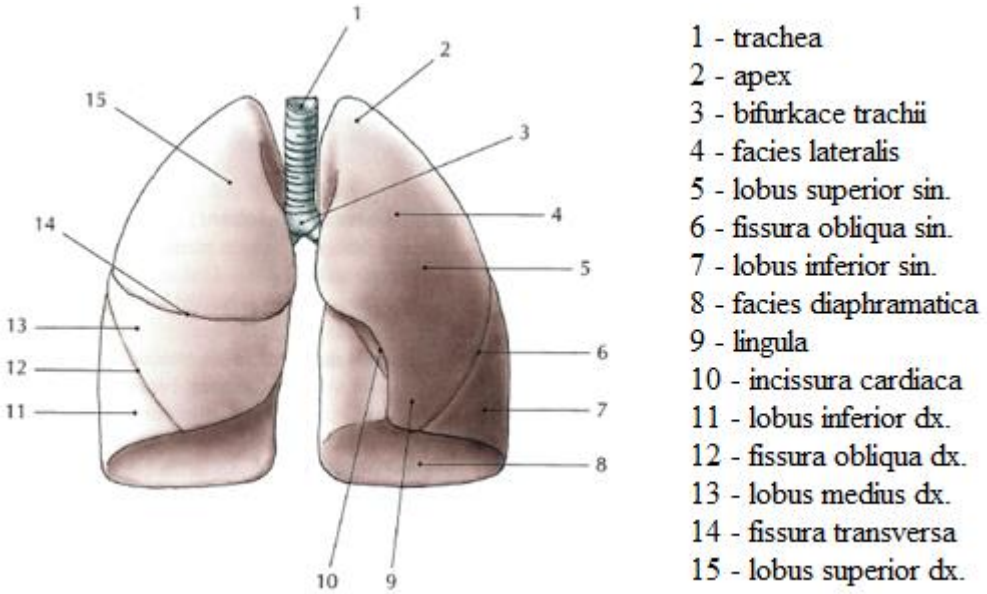
Naplnění prvního cíle je realizováno na základě rešerší odborné literatury. V bakalářské práci bude popsána základní anatomie, fyziologie a patofyziologie plic. Dále bude práce stručně shrnovat průběh perfúzního a ventilačního vyšetření plic a uvádět rozdíl mezi oběma metodami. Rovněž bude v práci uvedena příprava pacienta na vyšetření, indikace, kontraindikace, používaná radiofarmaka a zobrazovací přístroje vhodné pro daná vyšetření. V závěru teoretické části práce bude popsána radiační ochrana pacientů a pracovníků na pracovišti nukleární medicíny.

Druhým cílem bakalářské práce bude porovnat dvě vybrané nemocnice, krajskou a fakultní, na základě vybraných faktorů (četnost vyšetření, věk, hmotnost, pohlaví pacienta a diagnózy, pro které je vyšetření indikováno) za dostupné roky 2014 a 2015. Tento cíl bude plněn na základě zpracovaných údajů z nemocničního informačního systému o pacientech, kteří podstoupili perfúzní scintigrafii plic ve vybraných nemocnicích. Tyto parametry budou následně vyhodnoceny a graficky zpracovány.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Anatomie plic

Plíce (lat. pulmones) jsou párovým orgánem sloužícím k dýchání díky střídání nádechu (inspirum) a výdechu (expirum). Mají tvar komolého kužele, jsou měkké a pružné. Barva plic je u novorozence a v dětství růžová, s postupem času dochází vlivem vdechování nečistot k šednutí plic. Dělíme je na levou a pravou plíci (pulmo sinister et dexter). Jejich hmotnost je variabilní, průměrně se pohybuje okolo 750 g u muže a 640 g u ženy, přičemž pravá plíce je těžší. Pohled na plíce zpředu je ilustrován na Obrázku 1. (Čihák 2002, s. 197)

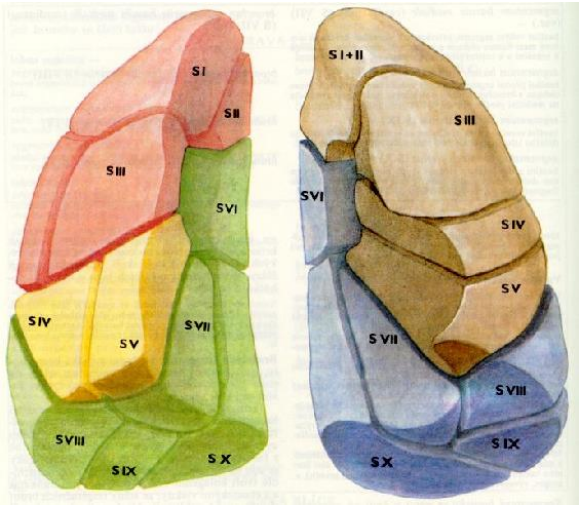


Obrázek 1 – Pohled na plíce zpředu (Naňka 2009, s. 182)

Plíce jsou uložené v pravé a levé pleurální dutině. Mezi těmito dutinami se nachází mezihrudí (mediastinum), ve kterém jsou uloženy některé orgány (např. jícen, srdce, průdušnice atd.), cévy a nervy. Mediastinum je vyplněno řídkým vazivem. (Čihák 2002, s. 192)

Povrch plic kryjí dvě blány – poplicnice a pohrudnice. Poplicnice (pleura visceralis) pokrývá celý povrch plic a je s ním srostlá. Poté postupně přechází v pohrudnici (pleura parietalis), jež vystýlá pohrudniční dutinu. Tyto blány jsou lesklé, průhledné a serózní. Štěrbinu, která se nachází mezi nimi, vyplňuje serózní tekutina, jež usnadňuje dýchací pohyby. (Čihák 2002, s. 208-209)

Obě plíce jsou rozděleny na laloky (lobi pulmonis). Pravá plíce (pulmo dexter) se skládá z horního, středního a dolního laloku (lobus superior, medius et inferior), kdežto levá plíce je tvořena pouze horním a dolním lalokem (lobus superior et inferior). Laloky se dále dělí na segmenty, které jsou základní makroskopickou stavební a funkční jednotkou. Dále můžeme laloky definovat také jako část plic, která je ventilována jedním lobárním bronchem a vyživována jednou větví plicní tepny. V pravé i levé plíci se nachází deset segmentů. Oba laloky jsou od sebe odděleny rýhami (fissurae). Rozdělení segmentů plic popisuje Obrázek 2. (Naňka 2009, s. 99)



Obrázek 2 – Rozdělení segmentů plic (Čihák 2002, s. 200)

Po bifurkaci průdušnice (trachea) vstupuje do plic pravá a levá průduška (bronchus dexter et sinister). Dále se postupně větví na průdušinky (bronchioli) a na jejich koncích navazují plicní sklípky (alveoli pulmonis), ve kterých probíhá vlastní výměna plynů. V těle najdeme 300 - 400 milionů plicních sklípků. Stěna alveolů je vystlána souvislou vrstvou buněk, jež jsou dvojího typu – membranosní a granulované (septální) pneumocyty, které produkují tzv. lining complex. Druhý typ buněk představují nepravidelné, ovoidní buňky, které jsou roztroušené mezi membranosní pneumocyty. Často se vyskytují ve skupinách 2 - 3 buněk na volném okraji septa mezi dvěma alveoly. Na vnitřní ploše plicních sklípků se nachází alveolární makrofágy tzv. prašné buňky, které mají čisticí funkci. Propojení sousedních alveolů zajišťují alveolární póly sloužící k vyrovnání tlaku v sousedních sklípcích. (Čihák 2002, s. 192)

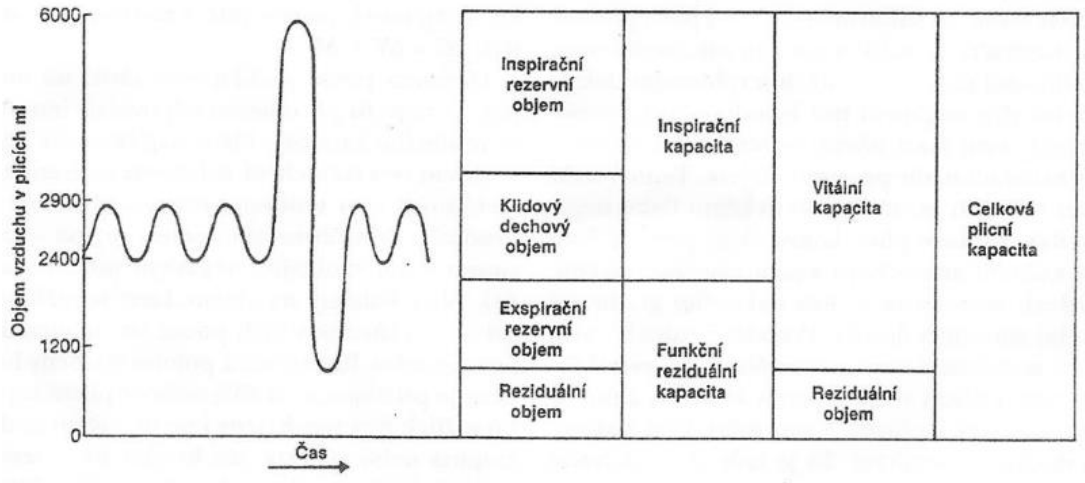
3.2 Fyziologie plic

Dýchací systém tvoří dýchací cesty a respirační oddíl plic, který slouží k výměně dýchacích plynů – kyslíku O_2 a oxidu uhličitého CO_2 a podílí se na obranném systému organismu, tvorbě hlasu atd. Správná funkce výměny plynů, tzv. obohacování krve kyslíkem a odevzdávání oxidu uhličitého, je nezbytná pro život. Pokud nedochází k okysličování tkání, nastává smrt po několika minutách. Dýchání je regulováno dýchacím centrem, které se nachází v prodloužené míše a je tvořené inspiračními a expiračními neurony.

Dýchací cesty dělíme na horní a dolní. K horním cestám patří nosní dutina (cavitas nasi), vedlejší nosní dutiny a hltan (pharynx). K dolním cestám dýchacím řadíme hrtan (larynx), průdušnici (trachea) a dvě průdušky (bronchi). Průdušinky (bronchioli) a plicní sklípky (alveoly) tvoří vlastní odstavce plic. (Dylevský 2009, s. 342-343)

Souhrou několika dějů dochází ke správné funkci dýchání. Těmito procesy jsou ventilace, distribuce, difúze a perfúze. Ventilace plic zajišťuje výměnu vzduchu mezi zevním a alveolárním vzduchem, k čemuž dochází pomocí distribuce, při které je vzduch veden dýchacím systémem až k plicním alveolům. Při difúzi nastává přenos O_2 a CO_2 přes alveolární membránu. A v poslední řadě dochází k perfúzi neboli k plicní cirkulaci, při níž jsou plyny přenášeny krevními cévami. (Rokyta a kol 2000, str. 84)

Spirometrie je metoda sloužící k posouzení ventilace, při které se měří některé plicní kapacity, statické a dynamické plicní objemy. Změny těchto údajů zaznamenává spirogram, záznamová křivka. Tabulka 1 uvádí některé hodnoty, které se měří spirometrií a Obrázek 3 přibližuje, jak vypadá spirogram. (Rokyta a kol 2000, str. 85-87)



Obrázek 3 – Spirogram (Pokorný a kol. 1995, s. 113)

Tabulka 1 – Plicní objemy a kapacity (převzato z Rokyta a kol 2000, str. 85-87)

Statické plicní kapacity			
	Zkratka	**Název**	**Definice**
1	VC	Vitální kapacita	objem vydechnutý s maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu
2	IC	Inspirační kapacita	objem rovný maximálnímu nádechu z polohy klidového výdechu, tzv. V_T + IRV
3	TLC	Celková kapacita plic	součet vitální kapacity plic a reziduálního objemu
Statické plicní objemy			
	Zkratka	**Název**	**Definice**
1	V_T	Dechový objem	objem po nádechu a výdechu při klidném dýchání
2	IRV	Inspirační rezervní objem	maximální objem, který může být ještě vdechnut po klidovém nádechu
3	ERV	Exspirační rezervní objem	maximální objem, který může být ještě vydechnut po klidovém nádechu
4	RV	Reziduální objem	objem, který v plicích zůstane po maximálním výdechu
Dynamické plicní objemy			
	Zkratka	**Název**	**Definice**
1	FRC	Funkční reziduální kapacita	objem vzduchu, který zůstává v plicích na konci klidového výdechu

Plíce mají tendenci smršťovat se. Z tohoto důvodu u nich pozorujeme jednu z jejich vlastností, kterou je elasticita. Jedná se o smrštivou (retrakční) sílu plic, tzv. elastický odpor plic. (Rokyta a kol. 2000, s. 89)

Dýchání je uskutečněno pomocí dvou procesů, nádechu a výdechu. Nádech je při klidovém dýchání dějem aktivním, při němž inspirační svaly po překonání retrakční síly plic vychylují plíce z rovnovážné polohy. Mezi hlavní inspirační svaly patří bránice a zevní mezižeberní svaly. Mezi pomocné svaly inspirační řadíme zdvihač hlavy (musculus sternocleidomastoideus) a některé skalenové svaly (musculi scaleni). Při nádechu dochází ke kontrakci bránice, která se pohybuje společně se žebry směrem nahoru a přitom se zvětšuje objem hrudníku. Při usilovném, extrémním dýchání jsou zapojeny i svaly mezižeberní a následně pomocné svaly. Po nádechu následuje výdech, který je již dějem pasivním, protože návrat bránice, žeber a hrudníku do původní polohy nastává pouze uvolněním retrakční síly plic. (Rokyta a kol. 2000, s. 87) Celý dechový cyklus, střídání nádechu s výdechem, se opakuje s klidovou frekvencí 15 - 20 dechů za minutu. (Pokorný a kol. 1995, s. 114)

Pro zajištění správných funkcí dýchacího systému je nezbytný průtok krve plícemi. Krevní zásobení plic je zajištěno funkčním a nutritivním oběhem. Funkční oběh, tzv. malý

oběh, je tvořen pravou a levou plicní tepnou (arteria pulmonalis dextra et sinistra), které se větví z plicního kmene (truncus pulmonalis) a umožňují výměnu dýchacích plynů mezi vzduchem a krví. Nutritivní oběh je realizován průduškovými (bronchiálními) tepnami, jež jsou součástí tzv. velkého systémového oběhu. Slouží k výživě, přivádí okysličenou krev zásobující stěnu bronchů, mízní uzliny, stěnu plic a poplicnici. Mezi oběma oběhy existují funkční spojení (anastomózy), která zajišťují proudění krve do alveolárních kapilár z bronchiálních větví aorty při obstrukci větví plicní tepny. (Dylevský 2009, s. 350)

Malým i velkým systémovým oběhem protéká stejný objem krve (u zdravého člověka se jedná o 5 - 6 l krve v klidu), kdežto nutritivním oběhem plic protéká velmi malý objem krve. (Pokorný a kol. 1995, s. 117-118)

Pro funkci plic je nutná současná ventilace i perfúze. Lze je hodnotit v plicích samostatně, ale i současně. Společně je hodnotíme pomocí veličiny zvané ventilačně perfúzní kvocient (V_A/Q), která znázorňuje poměr mezi celkovou ventilací a perfúzí. Za normálních podmínek nabývá průměrné hodnoty 0,8. Tato hodnota je velmi často ovlivňována hydrostatickým tlakem a dalšími faktory, mezi něž patří například hmotnost plic. Z tohoto důvodu není perfúze a ventilace ve všech oddílech plic rovnoměrná, liší se nejčastěji v oblastech bazí a vrcholu plic. Ve stoje je perfúze největší v bazálních oblastech plic a nejmenší v oblasti apexu plic. Vleže a na zádech dochází k vyrovnání rozdílu apexu a bazí plic. To samé platí i pro ventilaci. (Pokorný a kol. 1995, s. 118)

3.3 Patofyziologie plic

Problematika patofyziologie plic je velmi rozsáhlá, proto v této kapitole uvádím pouze vybraná onemocnění. Nejprve se zabývám poruchami plicní cirkulace, mezi které jsem zařadila plicní edém a plicní embolii. Dále se zabývám problematikou onemocnění vzdušnosti plic – emfyzém a atelektáza. V poslední řadě se zmiňuji o nádorech plic.

Nejčastějšími příznaky patologie plic jsou zrychlené dýchání (tachypnoe), zpomalené dýchaní (bradypnoe), dušnost – namáhavé a obtížné dýchání (dyspnoe), kašel, vlhký kašel provázený vykašláváním hlenovité sekretu (sputum), vykašlávání krve (hemoptýza až hemoptoe) a sípání (stridor). (Orel 2014, s. 126-127)

3.3.1 Plicní edém

Jedná se o těžký, život ohrožující stav, při kterém se v plicích hromadí krevní tekutina, jež se v nejtěžších případech může dostat až do horních cest dýchacích. Příčiny vzniku plicního edému lze rozdělit na srdeční (kardiogenní) a nesrdeční (nekardiogenní). Nejčastější příčinou tohoto onemocnění je levostranná srdeční nedostatečnost například při selhání levé srdeční komory. (Bártová 2015, s. 122)

3.3.2 Plicní embolie

Plicní embolie je onemocnění, při kterém dochází k zanesení, zneprůchodnění (obstrukci) plicní tepny (arteria pulmonalis) nebo její větve, a tím dochází k poruchám hemodynamiky a respirace. Nejčastěji se jedná o tromboembolickou obstrukci, při níž se plicní řečiště zanese krevní sraženinou (trombem) nebo utrženým úlomkem krevní sraženiny (embolem), který je přinesen krevním proudem. (Bártová 2015, s. 121-122) Zdrojem plicní embolie jsou nejčastěji trombózy hlubokých žil dolních končetin nebo pánve, které vznikají např. při delším omezení hybnosti, při obezitě, v těhotenství atd. (Teřl a kol. 2004, s. 201-204)

Embolie plic se dělí na akutní masivní plicní embolii, akutní submasivní plicní embolii, akutní malou plicní embolii, subakutní masivní plicní embolii a chronickou tromboembolickou plicní hypertenzi. Tato embolizace může být podle velikosti příčinou subsegmentárního segmentárního nebo lobárního perfúzního defektu, který může být vícečetný nebo oboustranný. (Teřl a kol. 2004, s. 201-204)

Diagnostickými metodami s největší průkazností plicní embolie jsou plicní angiografie, ventilačně-perfúzní plicní sken a vyšetření D-dimerů. Mezi další vhodná vyšetření patří výpočetní tomografická angiografie plic, rentgenové vyšetření hrudníku, které je pro diagnostiku nedostačující, duplexní sonografie žil dolních končetin, echokardiografie, elektrokardiografie, hemodynamické vyšetření krevních plynů a nukleární magnetická rezonance. (Teřl a kol. 2004, 203-204)

3.3.3 Emfyzém a atelektáza

Poruchy vzdušnosti plic se vyznačují abnormálním obsahem vzduchu v plicních sklípcích – zvýšením (plicní emfyzém) nebo snížením (atelektáza či kolaps) obsahu vzduchu.

Plicní emfyzém (rozedma plic) je definován trvale zvýšenou vzduchovou náplní v respiračních bronchiolech nebo v plicních sklípcích a destrukcí sept mezi alveoly. Zánikem

těchto přepážek dochází ke splývání alveol za vzniku tzv. bully (patologicky sloučené prostory sklípků o velikosti až několik cm).

Atelektáza je termín pro vrozenou nevzdušnost plíce, naopak při kolapsu hovoříme o získané plicní nevzdušnosti. Kolaps vzniká vstřebáním vzduchu z části plíce do krve. Ke vstřebávání dochází při zúžení nebo uzávěru bronchu cizím tělesem, nádorem nebo stlačením plíce výpotkem. (Stříteský 2001, s. 211-214)

3.3.4 Tumory

V plicích se mohou vyskytovat různé typy nádorů (papilomy, adenomy, karcinomy atd.). Nezhoubné (benigní) nádory plic jsou vzácné. Mnohem častěji se vyskytují zhoubné (maligní) nádory, které se dělí podle biologických vlastností a histologické stavby na dvě skupiny – malobuněčný a nemalobuněčný karcinom. Malobuněčný karcinom se vyznačuje rychlým růstem a tvořením metastáz, naopak nemalobuněčné karcinomy mají pomalejší růst a metastázy tvoří v pozdějším stádiu. (Šlampa a kol. 2007, s. 171-186)

Nejčastějším nádorem je bronchogenní karcinom. Jedná se o zhoubný nádor plic vycházející ze sliznice bronchů. Etiologie je neznámá, ale jsou zde definovány rizikové faktory, mezi které se řadí kouření (90 %), jež se uvádí jako hlavní příčina vzniku rakoviny plic. Dále se na vzniku rakoviny plic podílí expozice těžkými kovy a azbestem, koncentrace radonu z podloží v místě obydlí a významnou roli má i genetická výbava. Většina nemocných je diagnostikovaná v pokročilých inoperabilních stadiích, z čehož plyne špatná prognóza a vysoká letalita. (Musil a kol. 2005, s. 186-192)

3.4 Z radionuklidu k radiofarmaku

Radiofarmakum je jakýkoli léčivý přípravek obsahující jeden nebo více radionuklidů (radioaktivních izotopů) a farmakum (nosič), které může být anorganické i organické povahy (peptid, protein, krevní element, buňka atd.). Od ostatních léčiv se radiofarmakum liší přítomností radionuklidu. (Koranda a kol. 2014, s. 17)

Léčebná látka je podávána za účelem jak terapeutickým, tak diagnostickým. Farmakum s radioaktivní látkou se nejčastěji aplikuje do těla pacienta nitrožilně (intravenózně), požitím (ingescí) nebo vdechnutím (inhalací). Méně často se setkáváme s aplikací látky do páteřního kanálu (intrathekálně), do kloubu (intraartikulárně), do podkoží (subkutánně) nebo do kůže (intradermálně), eventuálně peritumorózně. Po podání pacientovi je farmakum distribuováno

v lidském těle (např. v orgánech, kostech, měkkých tkání atd.), kde dochází k emisi ionizujícího záření (IZ) z radiofarmaka, které se následně detekuje scintilačním detektorem gama kamery, SPECT přístrojem nebo PET přístrojem. Po vyšetření je zbytek radiofarmaka vyloučen z těla močí, potem nebo stolicí. (Hojcsková 2009)

3.4.1 Zdroje radionuklidů

Radionuklid je nuklid, který je schopný samovolné radioaktivní přeměny na jiný nuklid, a z tohoto důvodu je nestabilní. Každý radionuklid je charakterizovaný poločasem přeměny, tj. dobou, za kterou poklesne jeho aktivita na polovinu, druhem a energií ionizujícího záření.

V nukleární medicíně používáme radionuklidy, jež jsou člověkem vyrobeny uměle. Výroba radionuklidů se provádí v jaderných reaktorech, v urychlovačích (v cyklotronu) a v radionuklidových generátorech. (Mysliveček a kol. 2007, s. 11)

Prvními dvěma způsoby se budeme zabývat pouze okrajově, protože nejsou obsahem tématu této bakalářské práce. V jaderných reaktorech se vyrábí radionuklidy buď ozářením terčového materiálu v reaktoru neutronovým svazkem, nebo izolací ze štěpných produktů ^{235}U. Takto vznikají především radionuklidy ^{99}Mo, ^{131}I, ^{51}Cr a ^{32}P. Pomocí urychlovačů nabitých částic jsou vyráběny radionuklidy ^{111}In a dále ^{18}F, ^{11}C, ^{15}O a ^{13}N, což jsou pozitronové zářiče s krátkým poločasem rozpadu používané na PET pracovištích. V těchto zařízeních se ozařuje vhodný terčový materiál nejčastěji protony, deuterony a částicemi alfa, kvůli kterým je výroba radionuklidů tímto způsobem nákladnější. (Koranda a kol. 2014, s. 17)

Výroba radionuklidů pomocí radionuklidových generátorů

Radionuklidový generátor je zařízení, které obsahuje vázaný mateřský radionuklid s delším fyzikálním poločasem rozpadu, z něhož se opakovaně odděluje elucí dceřiný produkt. Tento nový radionuklid má již krátký poločas přeměny a využívá se k přípravě radiofarmak. Podle způsobu separace rozlišujeme generátory eluční (chromatografické), extrakční a sublimační. (Podzimek 2013, s. 156-157)

Takovýto generátor by měl být především jednoduchý, netoxický, chemicky a bakteriálně čistý (sterilní, nepyrogenní – nevyvolávající horečku). Mezi jeho další požadované vlastnosti patří jednoduchá obsluha a vhodné stínění, které chrání okolí před ionizujícím zářením. Měl by poskytovat maximální výtěžek stabilního dceřiného radionuklidu, jenž bude cenově dostupný a opakovatelně získatelný. (Lázníček a kol. 1998, s. 43-44)

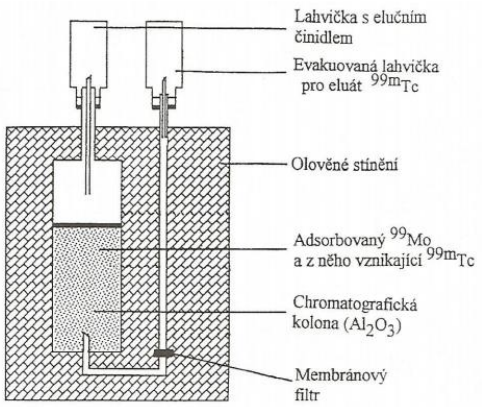
V současné době tato metoda získávání radionuklidů emitujících záření gama patří k nejdostupnějším. Výhodou těchto zařízení je možnost připravovat některá radiofarmaka přímo na pracovištích nukleární medicíny. Existuje celá řada generátorových systémů, z nichž některé jsou uvedeny v Tabulce 2. Pro tuto bakalářskou práci jsou podstatné dvě z těchto generátorových zařízení, molybden – techneciový generátor a rubidium – kryptonový generátor, které vyrábí radionuklidy, jež využíváme k přípravě radiofarmak pro scintigrafii plic, a proto se o nich zmiňuji níže.

Tabulka 2 – Vybrané radionuklidy využívané u radionuklidových generátorů (Podzimek 2013, s. 159)

Mateřský radionuklid	**$T_{1/2}$**	**Dceřiný radionuklid**	**$T_{1/2}$**	**E [keV]**
^{99}Mo	66 h	^{99m}Tc	6 h	144
^{81}Rb	4,6 h	^{81m}Kr	13 s	191
^{68}Ge	286 d	^{68}Ga	68 min	511
^{90}Sr	28 r	^{90}Y	64 h	546
^{113}Sn	115 d	^{113m}In	99,5 min	391

Nejrozšířenější radionuklidový generátor je ^{99}Mo – ^{99m}Tc, který je chromatografického typu. Generátor se skládá z chromatografické kolonky s vhodným sorbentem (oxid hlinitý – Al_2O_3), na němž je navázán radionuklid ^{99}Mo s poločasem přeměny 66 hodin (Obrázek 4). Při jeho přeměně vzniká ^{99m}Tc s poločasem rozpadu 6 hodin a s energií 144 keV jako technecistanový iont $^{99m}TcO_4^-$ (popř. jako technecistan sodný), který se z generátoru dostává do stíněné evakuované lahvičky promýváním sterilním fyziologickým roztokem. (Podzimek 2013, s. 156-157)

a)

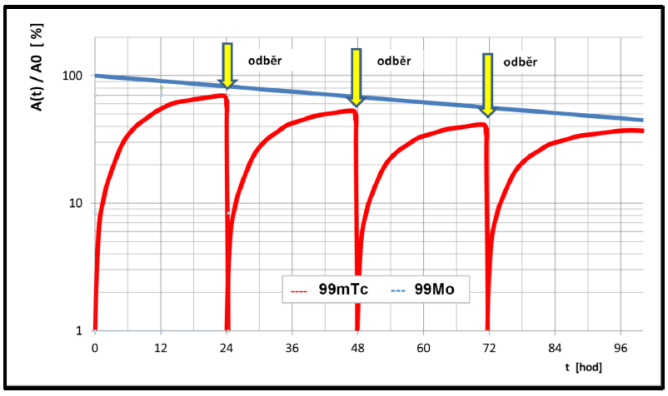


b)

Obrázek 4 – Generátor ^{99}Mo – ^{99m}Tc

a) Maketa generátoru ^{99}Mo – ^{99m}Tc (foto autor), b) Schématický průřez generátorem ^{99}Mo – ^{99m}Tc (Koranda 2014, s. 18)

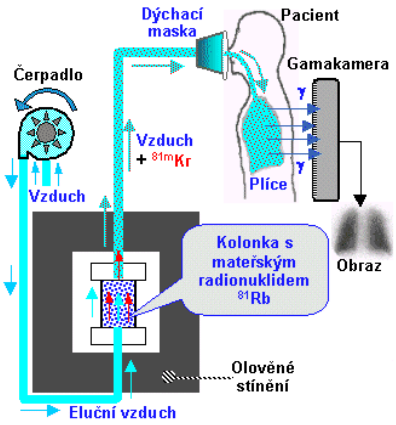
Tento typ generátoru má životnost týden, poté se musí vyměnit za nový. Eluci lze provádět vícekrát, nejčastěji jednou denně. Pro dosažení vysokého výtěžku by se mělo dbát na to, aby aktivita radionuklidu v generátoru byla maximální (Obrázku 5). (Koranda a kol. 2014, s. 18)



Obrázek 5 – Schéma odběrů techneciového generátoru (Podzimek 2013, s. 158)

Dalším velmi využívaným radioizotopovým generátorem je ^{81}Rb – ^{81m}Kr, který na oddělení nukleární medicíny slouží k vyšetření ventilace plic pomocí plynného radioaktivního kryptonu. (Koranda a kol. 2014, s. 18)

Obrázek 6 znázorňuje princip ^{81}Rb – ^{81m}Kr generátoru. Mateřský radionuklid rubidium ^{81}Rb s poločasem rozpadu 4,6 hodiny se nachází v pevné fázi v malé kolonce, která je stíněna olovem. (Biersack 2007, s. 118) Pomocí vzduchového čerpadla s regulovatelným výkonem vede proud elučního vzduchu. Mísením tohoto vzduchu s uvolňovaným dceřiným plynným kryptonem ^{81m}Kr s poločasem rozpadu 13 sekund dochází ke vdechování této směsi pomocí dýchací masky. Na dýchací masce se nachází směšovací ventil, jenž zajišťuje volné dýchání. Vydechovaný vzduch se odvádí do odstíněné nádoby, z které vychází již neradioaktivní vzduch. (Ulmann)



Obrázek 6 – Schéma principu ^{81}Rb – ^{81m}Kr generátoru (Ullmann)

Z důvodu velmi krátkého poločasu rozpadu radionuklidu ^{81m}Kr dochází k aplikaci radiofarmaka vdechováním přímo během vyšetření. Nevýhodou tohoto generátoru je velmi krátká doba použitelnosti, a to pouze 24 hodin. (Analogic s.r.o.)

3.4.2 Nejčastěji používaná radiofarmaka pro scintigrafii plic

Mezi časté druhy scintigrafické diagnostiky v nukleární medicíně patří vyšetření plicní perfúze a plicní ventilace. (Ulmann) Těchto metod využíváme k posouzení rovnoměrnosti distribuce radiofarmaka, a tím je možné dále stanovit diagnózu.

K vyšetření perfúze plic se používá makroagregát albuminu (MAA) značený radioaktivním techneciem (^{99m}Tc), naopak k vyšetření ventilace lze využít dvojího způsobu. První metoda, se kterou se setkáváme při vyšetření ventilace, je inhalace samostatných radioaktivních plynů – xenon (^{133}Xe) a krypton (^{81m}Kr). V druhém případě se aplikují aerosolové částečky značené ^{99m}Tc. (Teřl a kol. 2004, s. 69)

^{99m}Tc – makroagregát lidského albuminu (^{99m}Tc – MAA)

Stejně jako albuminové mikrosféry se toto radiofarmakum využívá k perfúzní plicní scintigrafii. Do těla pacienta se intravenózně aplikuje přibližně 200 - 300 tisíc částic o velikosti 5 - 100 μm (většina z nich má velikost 10 - 30 μm) v závislosti na věku. Dospělému člověku se může aplikovat maximálně 700 tisíc částic, ročnímu dítěti maximálně 165 tisíc částic a novorozenci pouze 50 tisíc částic. Dochází k zachycení částic v prekapilárách a kapilárách plic (97 %), a tím k velmi malé plicní embolizaci (bez kapilár). (Lázníček a kol. 1998, s. 75)

Po několika hodinách se částice albuminu enzymaticky či mechanicky štěpí na menší fragmenty, které již projdou kapilárním řečištěm a jsou z cirkulace vychytávány v retikuloendoteliálním systému. Poločas rozpadu částic albuminu v plicích je 4 - 8 hodin. (Koranda a kol. 2014, s. 84)

^{99m}Tc – DTPA

DTPA neboli dietylentriaminopentaoctová kyselina, která je značená techneciem, se využívá k přípravě kapalného aerosolu (existují i aerosoly pevné fáze). K přípravě dochází pomocí ultrazvukových nebo tryskových nebulizátorů. Kapalný aerosol slouží k vyšetření ventilace plic a k tzv. epiteliální propustnosti. Kapky o velikosti 0,1 - 2 μm jsou inhalovány společně se vzduchem a vychytávány v plicních alveolech. (Koranda a kol. 2014, s. 84-85)

V dnešní době se tato látka využívá v případě, když na pracovišti není k dispozici ^{81m}Kr.

^{81m}Kr – Krypton

Jedná se o inertní plyn, který má velmi krátký poločas rozpadu (13 s). Získává se z ^{81}Rb – ^{81m}Kr generátoru. Tento generátor je umístěn ve stíněném mobilním vozíku s řídící jednotkou přímo ve vyšetřovací místnosti. Z generátoru se uvolněný ^{81m}Kr inhalací dostává do plic pacienta a registruje se detektorem gamakamery. Nevýhodou tohoto generátoru je omezení jeho použitelnosti pouze na jediný den z důvodu poločasu rozpadu (4,6 h) a jeho vysoké ceny při vyšetření menšího počtu pacientů. Z těchto důvodů není možné zajistit toto radiofarmakum trvale na pracovišti nukleární medicíny a je nahrazováno tekutými aerosoly (^{99m}Tc – DTPA). Současné provedení ventilační a perfúzní scintigrafie patří mezi jeho výhody. (Koranda a kol. 2014, s. 85)

^{133}Xe – Xenon

Vzácný plyn ^{133}Xe je dalším plynem, který se využívá pro vyšetření plicní ventilace. Pomocí dynamické ventilační plicní scintigrafie lze získat další informace o parametrech alveolární ventilace. Nevýhodou je vyžadování speciálního zařízení na vstup a výstup pro vychytávání radioaktivního xenonu. (Kupka a kol. 2015, s. 59)

Pomocí tohoto plynu se vyšetření v České republice neprovádí, protože jeho dostupnost v Evropě není dostatečná.

3.5 Zobrazovací modality nukleární medicíny pro diagnostiku plic

Zobrazovací metody nukleární medicíny jsou založeny na principu detekce záření gama. Základní metodou nukleární medicíny pro diagnostiku plic je scintigrafie. Tou se rozumí získávání obrazu distribuce radiofarmaka pomocí scintilační kamery.

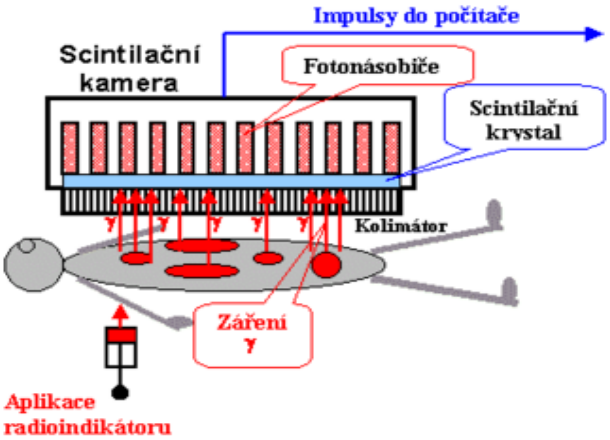
Scintigrafie podává informaci o funkci orgánu či tkáně, tím se liší od skiagrafie, která nám poskytuje anatomickou strukturální informaci. Scintigrafii lze rozdělit podle dvou základních hledisek, a to z časového a z prostorového. Z hlediska časového se dělí na statickou a dynamickou scintigrafii. Statická scintigrafie je charakterizovaná jedním nebo několika scintigrafickými obrazy vyšetřované oblasti bez ohledu na čas. Ty jsou snímány z různých projekcí – předozadní (AP), zadopřední (PA), bočné levé a pravé (LL, RL) projekce, šikmé projekce levé a pravé, které můžeme dělit na přední a zadní (LAO, RAO, LPO a RPO). Dynamická scintigrafie se vyznačuje sérií snímků vyšetřované oblasti, jež se snímají v čase, zajímá nás především dynamika dějů a jejich kvantifikace. Z prostorového hlediska

se scintigrafie rozděluje na planární, která výsledný obraz zobrazuje v dvojrozměrné rovině, a na tomografickou poskytující trojrozměrné zobrazení. Mezi tomografické metody patří SPECT a PET. Základním typem scintigrafického zobrazení je obraz statický a planární. (Ullmann)

Mezi základní zobrazovací přístroje v nukleární medicíně řadíme scintilační kameru pro planární scintigrafii nebo pro SPECT, pozitronový tomograf pro PET a hybridní tomograf, který spojuje SPECT či PET s morfologickou zobrazovací modalitou (CT nebo MRI). Tato bakalářská práce se níže bude zabývat pouze scintilační kamerou a SPECT, neboť tyto zobrazovací modality patří mezi nejčastěji používané přístroje pro perfúzní vyšetření plic. (Kupka a kol. 2015, s. 27)

3.5.1 Scintilační kamera

Scintilační kamera neboli gamakamera je nejjednodušším základním zobrazovacím přístrojem v nukleární medicíně sloužící k provádění planární scintigrafie a SPECT. Gamakamera se skládá z ochranného krytu a detekčního systému, do kterého řadíme kolimátor, scintilační krystal, fotonásobiče, a dále z elektronického vyhodnocovacího zařízení, který přijímá signál z fotonásobiče. (Ferda a kol. 2015, s. 24-25) Obrázek 7 znázorňuje schéma gamakamery.

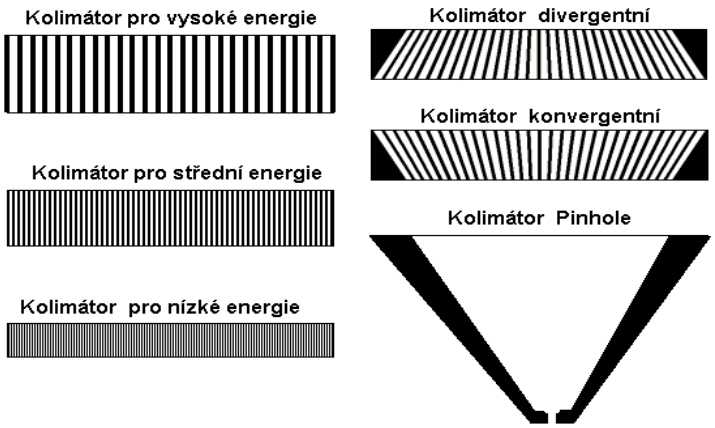


Obrázek 7 – Obecné schéma scintigrafického vyšetření na scintilační kameře (Ullmann)

Kolimátor

Kolimátor je olovněná deska obsahující velké množství otvorů, které propouštějí pouze fotony gama dopadající kolmo na detektor. Existují různé sady kolimátorů, které se nasazují podle potřeby a jsou přikládány ke každé scintilační kameře. Kolimátory dělíme na dvě skupiny (Obrázek 8). První skupinou jsou kolimátory s paralelními otvory, do kterých patří kolimátory

rozdělené podle energie fotonů použitého radionuklidu (nízké energie, střední energie a vysokoenergetické) a podle jejich citlivosti (schopnost propustit gama fotony do scintilačního krystalu) a prostorového rozlišení (schopnost rozlišit dva blízko umístěné bodové zdroje záření). Druhá kategorie je charakterizována kolimátory se speciální geometrií, řadí se do ní kolimátor typu pinhole, tzv. jednoděrový kolimátor. Dále zde patří fokusované kolimátory se sbíhajícími (konvergentními) a rozbíhajícími (divergentními) se otvory směřujícími do ohniska, jež umožňují zmenšení nebo naopak zvětšení obrazu. Speciálním konvergentním kolimátorem je typ fan beam, který je konvergentní pouze v transverzálním směru, ve směru axiálním jsou otvory paralelní. Nejpoužívanějším je kolimátor pro nízké energie s vysokým polohovým rozlišením. (Kupka a kol. 2015, s. 27-28)



Obrázek 8 – Rozdělení kolimátorů scintilačních kamer (Ullmann)

Scintilační krystal

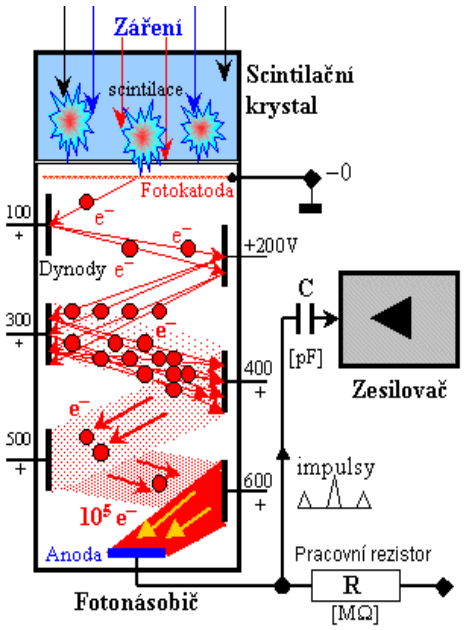
Jedná se o průhlednou desku, která je vyrobena z jodidu sodného aktivovaného thaliem – NaI(Tl). Slouží ke konverzi fotonů gama na fotony viditelného světla. Na scintilační krystal jsou přilepeny fotonásobiče speciálním průhledným gelem zajišťujícím kvalitní přenos signálu. (Kupka a kol. 2015, s. 28)

Fotonásobiče

Jsou to elektronické součástky, kterých je v jednom detektoru několik desítek. Fotonásobiče slouží ke konverzi scintilačního světla na elektrický signál a k jeho zesílení, aby jej bylo možné zpracovat. Skládá se z fotokatody, soustavy dynod a anody.

Světelné fotony vzniklé ve scintilačním krystalu následně dopadají na fotokatodu, na které dochází ke konverzi na elektrony. Jednotlivé elektrony dopadají na další elektrody (dynody), které jsou uspořádány kaskádovitě. Na každé dynodě se uvolňují další sekundární elektrony, a tím vzniká stále silnější proud elektronů. Tento proces je ukončen sebráním

veškerých elektronů na anodě, kde následně vzniká elektrický impuls dále přecházející do elektronické aparatury (Obrázek 9). (Kupka a kol. 2015, s. 28-29)



Obrázek 9 – Schéma fotonásobiče (Ullmann)

3.5.2 Jednofotonová emisní výpočetní tomografie

Jednofotonová emisní výpočetní tomografie je jednou ze dvou tomografických metod v nukleární medicíně. Druhá metoda se nazývá pozitronová emisní tomografie, která není pro scintigrafii plic příliš využívaná, z tohoto důvodu není tato metoda dále rozváděná. (Ferda a kol. 2015, s. 26-27)

Metoda SPECT je v některých případech doplňujícím vyšetřením při planární scintigrafii na scintilační kameře. SPECT aparatura se skládá nejčastěji z dvoudetektorové (dvouhlavé) kamery s lůžkem. Detektory jsou konstruovány stejně jako u planární scintigrafie, přičemž se otáčí okolo pacienta dvěma způsoby – plynule (kontinuálně) nebo krokově (tzv. step by step). Při pohybu se snímají jednotlivé planární projekce v definovaných úhlech. Výsledkem snímání (akvizice) je tedy sada planárních projekcí, které se dále rekonstruují v počítači. V současnosti se nejčastěji využívají dva základní typy matematické rekonstrukce – filtrovaná zpětná projekce a iterativní metoda rekonstrukce, jež je využívána častěji. Výsledkem těchto rekonstrukcí je sada transaxiálních řezů zvolené vyšetřované oblasti, z nichž se dá dotvořit trojrozměrný obraz. (Koranda a kol. 2014, s. 29-31)

3.6 Princip scintigrafického vyšetření plic

Metody nukleární medicíny v klinické pneumologii, poskytují informace o distribuci plicní ventilace a kapilární plicní perfúze, dále o plicní permeabilitě (o stavu epiteliální membrány) a o funkci řasinkového epitelu (mukocilární clearance). Některé z dalších metod jsou významným přínosem při prokazování nitrohrudní infekce a nitrohrudní malignity.

Tato bakalářská práce je zaměřena na vyšetření perfúzní plicní scintigrafie a okrajově se zabývá ventilační plicní scintigrafií.

3.6.1 Perfúzní plicní scintigrafie

Vyšetření slouží k zobrazení perfundovaného plicního parenchymu na podkladě mikroembolizace plicních kapilár.

Indikace a kontraindikace

Mezi hlavní indikaci patří diagnostika plicní embolizace do plicní tepny (arteria pulmonalis). Mezi méně časté indikace je zařazeno posouzení plicní funkce – perfúze (např. v rámci předtransplantačního programu), rozlišení jednotlivých forem plicní hypertenze (primární a sekundární) a průkaz pravo-levého zkratu u vrozených srdečních vad. (Koranda a kol. 2014, s. 85)

Absolutní kontraindikací je přecitlivělost na lidský sérumalbumin a jeho preparáty. Relativní kontraindikací je gravidita a laktace. Vyšetření se u těhotných žen provádí pouze z vitálních indikací a za aplikace pouze nezbytného množství aktivity radiofarmaka, přičemž je doporučeno přerušit kojení na dobu 12 hodin. (Vlček a kol. 2010, s. 88)

Příprava pacienta

Vyšetření nevyžaduje žádnou speciální přípravu. Pacient by měl mít zhotoven RTG snímek plic pro lékaře, který hodnotí scintigrafii plic.

Průběh vyšetření

Lékař na oddělení nukleární medicíny se rozhodne o indikaci vyšetření po předložení žádanky a sepsání zdravotní anamnézy o pacientovi. Následně je pacient poučen o průběhu a významu vyšetření, a poté podepíše souhlas s aplikací radiofarmaka. Později pacient přichází do vyšetřovny, kde se uloží minimálně po dobu 5 minut na lůžko. Lékařem nebo zdravotní sestrou je vyšetřenému vleže aplikováno intravenózně radiofarmakum – makroagregát albuminu značeného radioaktivním techneciem. Před samotnou aplikací je nutné stříkačku

s radiofarmakem protřepat a při aplikaci neaspirovat krev do jehly. Při planárním zobrazení se pacientovi aplikuje maximálně 200 MBq a při tomografickém zobrazení až 300 MBq aktivity u dospělých pacientů. V případě dětských pacientů je nutné přepočítat aplikovanou aktivitu s ohledem na hmotnost a tabulky EANM (European Association of Nuclear Medicine). Po aplikaci látky pacient leží v klidu na lůžku ještě jednu minutu. Následně je pacient vyšetřován vleže na zádech, nohy má nasměrované ke gantry a ruce má uloženy za hlavou, popřípadě připažené podél těla. (MZČR 2011, Věštník č. 9/2011, s. 144-146)

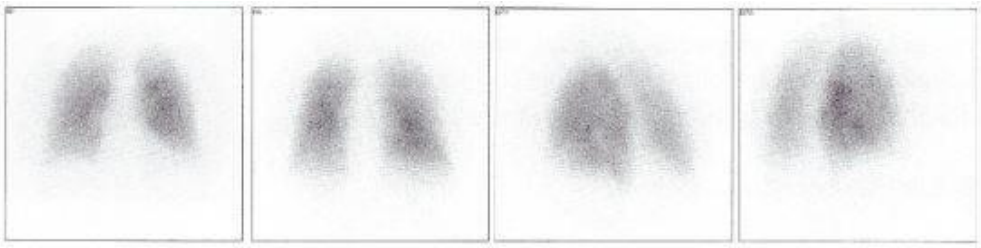
Akvizice může začít ihned po aplikaci radiofarmaka, kterou provádí zdravotní sestra nebo radiologický asistent podle pokynů lékaře. Při snímání je prováděno 4 - 8 projekcí (AP, PA, LL, RL, LAO, RAO, LPO a RPO) a popřípadě i SPECT. Při akvizici je použit kolimátor pro nízké energie. (MRS č. 14/I KNME, s. 4-5)

Pacient by po vyšetření měl zvýšit příjem tekutin, jenž urychlí vyloučení radiofarmaka z těla ven.

Zpracování a vyhodnocení vyšetření

Zpracování a vyhodnocení vyšetření provádí lékař na vyhodnocovací stanici. Výsledkem vyšetření je série scintigramů zobrazujících plicní perfúzi (Obrázek 10).

Abnormality perfúzního schématu nejsou specifické a samy o sobě neumožňují jednoznačné etiologické zhodnocení. Z tohoto důvodu je nutné při posuzování plicních perfúzních scintigramů posoudit i RTG snímek plic, případně výsledek ventilační plicní scintigrafie. (Kupka a kol. 2015, s. 58-59)



Obrázek 10 – Fyziologický nález perfúze (Kupka a kol. 2015, s. 60)

3.6.2 Ventilační plicní scintigrafie

Vyšetření slouží k zobrazení ventilovaného plicního parenchymu.

Indikace a kontraindikace

Mezi hlavní indikaci patří podezření na plicní embolizaci do plicní tepny jako doplněk k perfúzní scintigrafii plic ke zvýšení její specificity. Mezi další časté indikace je zařazeno

podezření na poruchu průchodnosti periferních dýchacích cest a ztrátu vzdušnosti alveolů. Dále se mezi opakované indikace zařazuje posouzení plicní funkce – ventilace. (Kupka a kol. 2015, s. 59-60)

Absolutní kontraindikace není známa. Relativní kontraindikací je gravidita a laktace. Vyšetření se u těhotných provádí pouze z vitálních indikací a při aplikaci pouze nezbytného množství aktivity radiofarmaka. Dále je doporučeno odsát mléko z prsu a omezit blízký kontakt kojence s matkou minimálně na 5 hodin po vyšetření z důvodu rizika zevního ozáření. (Vlček a kol. 2010, s. 94)

Příprava pacienta

Vyšetření nevyžaduje žádnou speciální přípravu.

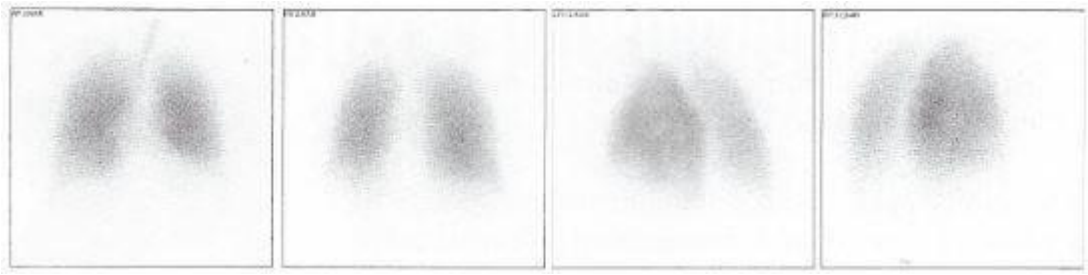
Průběh vyšetření

Po získání osobních dat o pacientovi a na základě přiložené žádanky lékař rozhodne o indikaci vyšetření. Pacient je poučen o průběhu a významu vyšetření, následně podepíše souhlas s aplikací radiofarmaka. Později pacient přichází do vyšetřovny, kde se uloží na lůžko, je vyšetřován vleže na zádech, nohy má uloženy směrem ke gantry, ruce má položeny za hlavou, přičemž jednou rukou si může případně přidržovat hadici s náustkem (vložen mezi rty a zuby, přičemž jazykem nesmí ucpat otvor, kterým vdechuje plyn) nebo maskou (Obrázek 11). Dále je pacientovi nasazen nosní klips. Pacient poté vdechuje radioaktivní plyn ^{81m}Kr po celou dobu snímání scintilační kamerou. Akvizice je prováděna ve 4 - 8 projekcích (AP, PA, LL, RL, LAO, RAO, LPO a RPO). Při akvizici je použit kolimátor pro nízké energie. (MZČR 2011, Věštník č. 9/2011, s. 146-149)

Obrázek 11 – Hadice s náustkem (autor)

Zpracování a vyhodnocení vyšetření

Zpracování a vyhodnocení vyšetření provádí lékař na vyhodnocovací stanici. Výsledkem vyšetření je série scintigramů zobrazující plicní ventilaci (Obrázek 12).



Obrázek 12 – Fyziologický nález ventilace (Kupka a kol. 2015, s. 60)

3.7 Radiační ochrana na pracovištích nukleární medicíny

Radiační ochrana na pracovištích nukleární medicíny podléhá legislativním předpisům, které se týkají práce s ionizujícím zářením. Prvním předpisem je zákon č. 18/1997 Sb., v platném znění, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření tzv. atomový zákon, a druhým je vyhláška č. 307/2002 Sb., v platném znění, o požadavcích na zajištění radiační ochrany. Dále se můžeme setkat s vyhláškou č. 318/2002 Sb., v platném znění, o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.

Cílem radiační ochrany je zabránit vzniku deterministických účinků ionizujícího záření a udržet stochastické účinky na přijatelné úrovni pro jednotlivce i celé obyvatelstvo. (Hušák a kol. 2009, s. 41)

Radiační ochrana je založena na čtyřech základních principech – princip zdůvodnění (navrhovaná činnost vedoucí k ozáření musí být zdůvodněna a přínos ozáření musí být vždy větší než jeho následky), princip optimalizace ochrany (ztotožňováno s principem ALARA – tak nízké, jak je rozumně dosažitelné), princip aplikace dávkových limitů (viz níže) a princip zajištění zdroje ionizujícího záření (zdroj ionizujícího záření (ZIZ) je nutné zabezpečit proti zneužití nebo odcizení neoprávněnou osobou). (Podzimek 2013, s. 293-306)

Na základě vyhlášky SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost) č. 307/2002 o radiační ochraně, §18 - 23 rozlišujeme dávkové limity na základní, odvozené a zvláštní. Základní limity jsou závaznými kvantitativními ukazateli pro celkové ozáření z radiační činnosti na rozdíl od odvozených limitů, které jsou definovány jako pomocné kvantitativní ukazatele a jsou vyjádřeny měřitelnými veličinami.

Překročení základních limitů není za předvídatelných podmínek přípustné. Základní limity pro pracovníky se vztahují na osoby, jež jsou vystaveny expozici během vykonávání pracovní činnosti. Dále rozlišujeme limity pro učně a studenty ve věku 15 - 18 let, kteří konají

na pracovišti odbornou praxi. Ostatní radiační činnosti jako např. ozáření z přírodních zdrojů, havarijní ozáření a další, jsou zařazeny mezi obecné limity pro obyvatelstvo. Srovnání tohoto rozdělení charakterizuje Tabulka 3.

Tabulka 3 – Základní limity (Podzimek 2013, s. 300)

Dávkový limit	**Efektivní dávka ***	**Roční ekvivalentní dávka**		
		oční čočka	**1 cm^2 kůže**	**ruce, nohy ****
obyvatelstvo	1 mSv / 1 rok	15 mSv	50 mSv	–
radiační pracovníci	50 mSv / 1 rok 100 mSv / 5 let	150 mSv	500 mSv	500 mSv
studenti a učni (15 - 18 let)	6 mSv / 1 rok	50 mSv	150 mSv	150 mSv

*) součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření
**) ruce od prstů až po předloktí, nohy od chodidel a po kotníky

Ekvivalentní dávka H_T je součin radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni pro ionizující záření D_{TR}. Pro hodnocení ozáření celého těla se zavedla veličina efektivní dávka E, která je definovaná jako součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních či orgánech vážených tkáňovým váhovým faktorem w_T. (Sabol a kol. 2013, s. 97-109)

Odvozené limity jsou definovány pro zevní a vnitřní ozáření. Limity pro zevní ozáření se stanovují pomocí veličiny osobní dávkový ekvivalent, který je definován jako součin dávky v daném bodě ve tkáni a bezrozměrného modifikujícího jakostního činitele v tomto bodě. K monitorování osob je určen osobní dávkový ekvivalent $H_p(d)$, což je dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v měkké tkáni v určité hloubce. Pro ozáření oka se stanovuje hloubka 3 mm. Dále pro nepronikavé záření a ozáření kůže a končetin se uvažuje hloubka 0,07 mm, při němž nesmí hodnota překročit 500 mSv za kalendářní rok. A v poslední řadě se definuje osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm pro pronikavé záření, kdy osobní dávkový ekvivalent nesmí překročit hodnotu 20 mSv za kalendářní rok. Limity pro vnitřní ozáření jsou vztahovány pro příjem radionuklidů požitím (ingesce) a vdechnutím (inhalace) radiačním pracovníkem. Hodnota zmiňovaného limitu je podíl 20 mSv a konverzního faktoru pro příjem daného radionuklidu buď požitím, nebo vdechnutím radiačním pracovníkem. (Podzimek 2013, s. 301-303)

Zvláštní limity jsou stanoveny pro ozáření dobrovolníků při péči o pacienty, návštěv docházející za pacienty – nesmí dojít k překročení 1 mSv u osob do 18 let a 5 mSv u ostatních. S tímto ozářením se nejvíce setkáváme na pracovištích nukleární medicíny, kde je pacientům aplikován radionuklid přímo do těla, a tudíž se zdrojem záření stává sám pacient. Pokud na takovémto pracovišti je zaměstnaná těhotná žena, musí se upravit pracovní podmínky tak, aby ozáření plodu po zbývající dobu těhotenství nepřekročilo 1 mSv. Dále rozlišujeme ozáření radiačních pracovníků jednorázových a krátkodobých výjimečných pracích s IZ. U této skupiny se ozáření omezuje tak, aby efektivní dávka nepřekročila z opakovaných výjimečných ozáření 500 mSv za pět za sebou jdoucích kalendářních let. Vždy by se mělo toto ozáření vztahovat pouze na malý počet pracovníků, kteří musí být zařazeni do kategorie A, jsou dostatečně poučeni a tyto práce vykonávají dobrovolně. (vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně)

Limitům ozáření nepodléhá tzv. lékařské a havarijní ozáření. Lékařské ozáření se řídí pravidlem, při kterém musí být vždy přínos konkrétního vyšetření větší než riziko spojené s tímto ozářením. (Koranda a kol. 2014, s. 46). Při diagnostickém vyšetření v nukleární medicíně aplikujeme pouze nezbytné množství radiofarmaka, jež zaručuje dostatečnou diagnostickou informaci při co nejmenší radiační zátěži pacienta. Při terapeutických aplikacích radiofarmak podáváme aktivitu v rozsahu nezbytném k dosažení požadovaného účinku, přičemž ozáření ostatních tkání má být tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout bez omezení léčby. (vyhláška SÚJB č. 307/2002 o radiační ochraně). Havarijní ozáření zasahujících fyzických osob nesmí překročit desetinásobek limitů stanovených pro ozáření radiačních pracovníků, pokud nejde o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje radiační mimořádné situace s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Tyto osoby se musí zásahu účastnit dobrovolně. (Česká republika, zákon č. 18/1997 Sb.)

Podle míry ozáření ionizujícím zářením rozdělujeme radiologické pracovníky do dvou kategorií. Do kategorie A patří pracovníci, u nichž by mohlo dojít k překročení efektivní dávky větší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávky větší než tři desetiny ozáření pro radiační pracovníky pro oční čočku, končetiny a kůži (tzn. pro čočku 50 mSv/rok, pro 1 cm^2 kůže 150 mSv/rok a pro končetiny 150 mSv/rok). Do kategorie B řadíme ostatní radiační pracovníky, u kterých je riziko ozáření menší, ovšem větší než je obecný limit pro obyvatelstvo. Každý pracovník kategorie A i B musí být monitorován pomocí osobního dozimetru nošeného na referenčním místě (levá horní část hrudníku). (Podzimek 2013, s. 301) Dále je doporučeno

monitorování pomocí prstového dozimetru u profesí, u nichž se předpokládá, že by v průběhu pracovních činností mohlo dojít ke zvýšenému ozáření končetin. (Hušák a kol 2005, s. 36)

Dalšími pojmy v radiační ochraně jsou otevřený a uzavřený zářič. Uzavřený radionuklidový zářič je zářič, jehož zapouzdření nebo ochranný překryv zabezpečuje a zároveň vylučuje za předvídatelných podmínek únik radionuklidů. Ve smyslu vyhlášky č. 307/2002 Sb. otevřený radionuklidový zářič nesplňuje podmínky uzavřeného radionuklidového zářiče. Na pracovištích nukleární medicíny se používají otevřené zářiče ve formě radioaktivních roztoků, suspenzí, aerosolů, plynů apod.

Pracoviště nukleární medicíny (NM) jsou v České republice zařazena do třech kategorií podle vykonávaných činností (popisuje Tabulka 4).

Tabulka 4 – Přehled kategorií pracovišť ve zdravotnických zařízeních (převzato z Hušák a kol. 2009, s. 51)

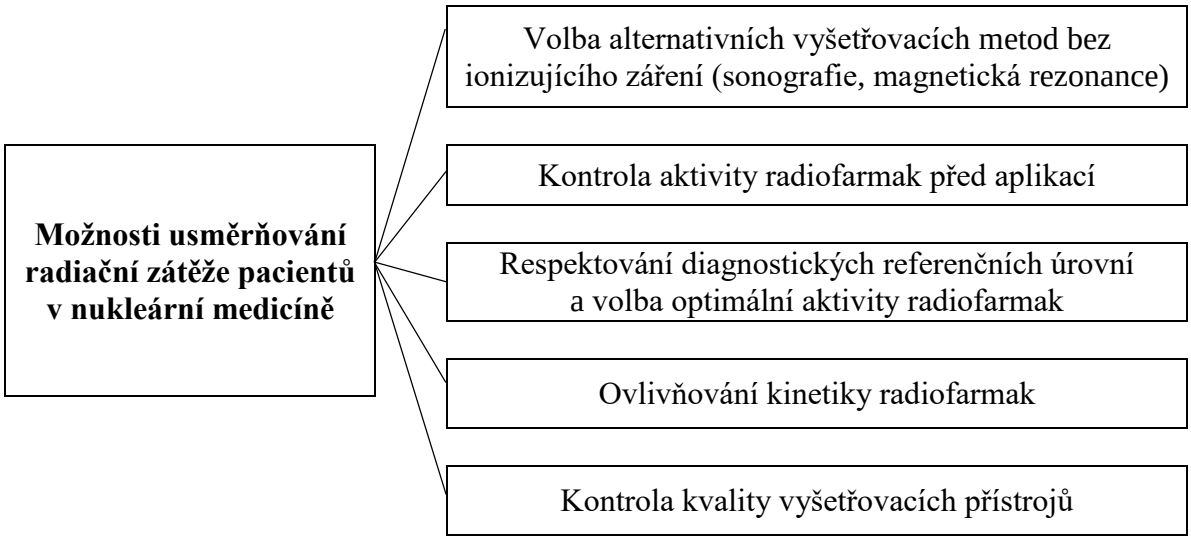
Kategorie pracovišť	**Zdroje**	**Používaná zařízení nebo metody**	**Obor**
I. kategorie	jednoduché	kostní denzitometr	radiodiagnostika
		zubní rentgen	radiodiagnostika
		provádění tesů RIA	diagnostika v NM
II. kategorie	jednoduché	různá rentgenová zařízení, CT	radiodiagnostika, radioterapie
		radionuklidové generátory	diagnostika v NM
III. kategorie	významné	urychlovače	radioterapie
		ozařovače s uzavřenými zářiči	radioterapie
		otevřené zářiče (^{131}I)	radionuklidová terapie v NM

Většina pracovišť NM patří do II. kategorie. Do I. kategorie patří pracoviště používající radionuklidy o nízké aktivitě, zejména oddělení radioimunoanalytických metod (RIA). Pracoviště II. kategorie jsou charakterizována nakládáním s jednoduchými zdroji ionizujícího záření – radionuklidovými generátory. Do poslední skupiny pracovišť, tzv. do III. kategorie, jsou řazena lůžková oddělení NM, která provádí aplikaci radionuklidů o vysoké aktivitě a provádí práci s významnými zdroji IZ. (Koranda a kol. 2014, s. 47) Pro přehlednost bych měla uvést, že existuje pracoviště IV. kategorie, do které se řadí jaderná zařízení, uložiště radioaktivního odpadu a sklad vyhořelého jaderného paliva. (Hušák a kol. 2009, s. 49-51) S tímto úzce souvisí vymezení kontrolovaného pásma, jež se vymezuje v místech, kde by mohla efektivní dávka pracovníků překročit 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávky by byly vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, končetiny a kůži. Dále se vymezuje sledované pásmo tam, kde by mohlo ozáření pracovišť překročit obecné limity. (vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně)

3.7.1 Radiační ochrana pacientů

Lékařské ozáření nepodléhá limitům radiační ochrany, ale o to víc je důležité, aby byl dodržován princip zdůvodnění a optimalizace. Vždy by se mělo volit vhodné množství aplikované aktivity radiofarmaka podané pacientovi. Optimalizaci aplikované aktivity u jednotlivých vyšetření umožňuje diagnostická referenční úroveň (DRÚ), tzv. hodnota platná pro model referenčního dospělého člověka o hmotnosti 70 kg. Tato hodnota by neměla být při použití standardních postupů a správné praxi překročena. V případě pacientů s hmotností větší nebo menší než 70 kg se odpovídajícím způsobem upravuje aplikovaná aktivita. Pro děti DRÚ v nukleární medicíně stanoveny nejsou, ale aplikovaná aktivita se přepočítává v závislosti na jejich hmotnosti podle doporučení EANM. (EANM)

Radiační zátěž u pacientů v NM se usměrňuje několika způsoby (Obrázek 13). V prvé řadě je třeba zvážit, zda lze vyšetření provést jinou zobrazovací metodou bez použití ionizujícího záření (např. MR), která nepředstavuje žádné riziko spojené s ozářením. Pokud je však nutno indikovat některé z vyšetření nukleární medicíny, měla by se respektovat DRÚ a kontrolovat množství aktivity radiofarmaka před podáním pacientovi. Dále přispívá ke snížení radiační zátěže kvalita vyšetřovacích přístrojů (např. použitím kvalitnějších kolimátorů nebo lepším rozlišením detektorů, a díky tomu lze pacientovi aplikovat menší množství aktivity a zároveň získat kvalitnější snímky). Další metodou, pomocí níž lze snížit radiační zátěž pacienta, je ovlivnění kinetiky radiofarmaka – zabráněním přísunu radiofarmaka do určitého orgánu (např. blokace štítné žlázy) nebo zrychlení vylučovaní podané látky z organismu (např. dostatečnou hydratací nebo projímadly). (Mysliveček a kol. 2007, s. 64-71)



Obrázek 13 – Snížení radiační zátěže pacienta na pracovištích nukleární medicíny (Mysliveček a kol. 2007, s. 71)

3.7.2 Radiační ochrana zdravotnického personálu

Na pracovištích nukleární medicíny se využívají látky ve formě otevřených zářičů, proto je nutné dodržovat zásady radiační ochrany před zevním (externím) zářením, ale i vnitřním ozářením tzv. vnitřní kontaminací. (Hušák a kol. 2009, s. 96)

Ochrana před vnějším ozářením

Pracovníci se před externím ozářením na pracovištích nukleární medicíny chrání třemi způsoby, mezi které patří ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Radiační zátěž pracovníků pochází z různých zdrojů externího záření, mezi které patří příprava radiofarmak a jejich vlastní aplikace, dále manipulace s pacienty, jimž byla tato látka aplikována a kteří, jsou zdrojem emitovaného záření. (Hušák a kol. 2009, s. 97)

Pro zvýšení efektivity radiační ochrany by se měly v praxi využívat nejlépe dvě nebo tři metody ochrany. (Koranda a kol. 2014, s. 51)

Ochrana časem

Možnosti snižování času potřebného k práci se zdroji IZ jsou různé. Patří mezi ně školení a zlepšování dovedností pracovníka, vhodná organizace práce, s čímž úzce souvisí střídání pracovníků na pracovištích, dále zkrácení pobytu se zdrojem, tedy i s pacientem, na dobu nezbytně nutnou. (Podzimek 2013, s. 306) Jedna z dalších možností pro ochranu časem je využití automatické aplikační a rozplňovací stanice radiofarmaka, které zkrátí čas manipulace s radiofarmakem. (Hudzietzová 2014, s. 318-322)

Je důležité nezapomínat na to, že ozáření pracovníka se zvyšuje s dobou pobytu u zdroje záření, viz níže uvedený vzorec.

$$D = \dot{D} \cdot \Delta t$$

kde D je absorbovaná dávka, $\dot{D}$ je dávkový příkon a Δt je čas.

Ochrana vzdáleností

Ochrana vzdálenosti je založena na skutečnosti, že dávka resp. dávkový příkon záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje, viz níže uvedený vzorec.

$$\dot{D} = \Gamma \cdot \frac{A}{l^2}$$

kde $\dot{D}$ je absorbovaná dávka, Γ je kermová konstanta, A je aktivita a l je vzdálenost.

Vždy by se měla dodržovat největší možná vzdálenost od zdroje. V případě potřeby je možno použití speciálních pomůcek, jako jsou pinzety (peány), kleště a dálkové manipulátory. Dále k této ochraně přispívá i vhodné uspořádání pracoviště. (Podzimek 2013, s. 306-307)

Ochrana stíněním

Při této metodě využíváme adekvátního stínícího materiálu, který je pro každý druh záření jiný. Tato vhodná stínící vrstva zeslabuje svazek záření a vkládá se mezi zdroj záření a pracovníka. V nukleární medicíně se dále může stínit zdroj záření přímo tím, že je vsunut do olovněného ochranného krytu (v případě injekční stříkačky s radiofarmakem) nebo kontejneru. (Koranda a kol. 2014, s. 50)

K odstínění záření alfa se používá lehkého materiálu, jako je papír a plast, velmi tenké vrstvy v řádu mm. Ke stínění beta záření se využívá materiál, kterým je například plexisklo, hliník, wolfram nebo olovo o tloušťce několik mm. Gama a RTG záření se stíní vrstvou materiálu o vysokém nukleonovém čísle a o vysoké hustotě. Mezi tyto materiály patří olovo, wolfram, železo, barytový beton, aj. K odstínění neutronového záření je nejprve potřeba využít materiál (voda), který slouží ke zpomalení neutronů, následně použít vrstvu s absorbátorem (kadmium či bor) a jako poslední vrstvu zvolit materiál, jenž je vhodný ke stínění záření gama. (Podzimek 2013, s. 307-308)

V nukleární medicíně se setkáváme při podávání radiofarmaka při diagnostických vyšetřeních s gama a beta plus radioaktivní přeměnou, při terapiích s beta mínus přeměnou (výjimečně i s alfa přeměnou).

Ochrana před vnitřním ozářením

Mezi vnitřní ozáření řadíme tzv. vnitřní kontaminaci. Vnitřní kontaminace může vzniknout požitím nebo vdechnutím radioaktivní látky, ale také průnikem přes pokožku. Z tohoto důvodu je na pracovištích NM nutné dodržování radiohygienických zásad. V kontrolovaném pásmu je zakázáno jíst a pít. Na druhou stranu je nutné používat ochranné pomůcky (gumové rukavice, ochranné brýle a oděvy), stínící pomůcky (olovněná pouzdra a kontejnery aj.), manipulační pomůcky (kleště, pinzety, dálkové manipulátory atd.). Všechny práce s radiofarmaky by se měly provádět v digestořích či na podložních tácech.

Z hlediska kontaminace je důležitá kontrola pracovního místa a v případě, že je zjištěna kontaminace, jsou následně provedeny patřičné kroky pro dekontaminaci (dekontaminování povrchů, nástrojů, ochranných pomůcek, rukou a osob). (Podzimek 2013, s. 310)

4 PRAKTICKÁ (SPECIÁLNÍ) ČÁST

4.1 Metodika

Ve speciální části bakalářské práce jsem zpracovala data o pacientech, kteří byli vyšetřeni ve vybrané krajské a fakultní nemocnici, kde podstoupili perfúzní scintigrafii plic za dostupné roky 2014 a 2015. V práci jsem neuvedla žádné údaje, které by mohly vést k identifikaci pacienta. Veškeré informace o pacientech jsem získala z nemocničního informačního systému vybrané krajské a fakultní nemocnice.

Sledovanými faktory v obou vybraných nemocnicích byly četnost vyšetření, věk a pohlaví vyšetřených pacientů, dále indikace k vyšetření, popřípadě diagnóza, pro niž je vyšetření indikováno.

4.1.1 Vybraná pracoviště nukleární medicíny

Pro porovnání dat jsem si vybrala dvě nemocnice – krajskou a fakultní. V obou nemocnicích jsem absolvovala v rámci studia odbornou praxi na oddělení nukleární medicíny. Dalším důvodem bylo porovnání menšího a většího počtu vyšetřených pacientů ve vybraných nemocničních zařízeních.

Krajská nemocnice

Prvním zvoleným pracovištěm bylo oddělení nukleární medicíny v krajské nemocnici, které bylo v nedávné době modernizováno. Pracoviště disponuje jednou planární scintilační kamerou, jednou dvouhlavou gamakamerou a jednou hybridní SPECT/CT gamakamerou. Na tomto oddělení se provádí nejčastěji scintigrafie skeletu, sentinelové uzliny, dále klidová a zátěžová scintigrafie myokardu, statická a dynamická scintigrafie ledvin a perfúzní scintigrafie plic. Pracoviště má pouze diagnostickou část pro dospělé.

Fakultní nemocnice

Ve fakultní nemocnici se oddělení nukleární medicíny specializuje na diagnostiku i terapii (především štítné žlázy). Na tomto pracovišti se provádí i další vyšetření, mezi která patří scintigrafie skeletu, příštítných tělísek, klidová a zátěžová scintigrafie myokardu, statická a dynamická scintigrafie ledvin, perfúzní a ventilační scintigrafie plic, scintigrafie trávicího traktu atd. Oddělení nukleární medicíny je rozděleno na diagnostickou a lůžkovou část pro dospělé a pro děti. Diagnostická část pracoviště vlastní jednu dvouhlavou gamakameru a dvě hybridní SPECT/CT scintilační kamery.

Porovnání průběhu vyšetření ve vybrané krajské a fakultní nemocnici

Ve vybrané krajské nemocnici podstupují pacienti pouze vyšetření perfúzní plicní scintigrafii za použití tří přístrojů (planární scintigrafická kamera, SPECT gamakamera a SPECT/CT gamakamery). Planární scintigrafickou kameru v současné době využívají pouze ve výjimečných případech z důvodu zastaralosti zařízení. Při tomto vyšetření je pacientovi aplikováno radiofarmakum o aktivitě 200 MBq bez rozlišení, zda se jedná o statické vyšetření nebo SPECT vyšetření.

Ve vybrané fakultní nemocnici se provádí vyšetření jak perfúzní plicní scintigrafie, tak i ventilační perfúzní scintigrafie. Toto oddělení nukleární medicíny disponuje SPECT gamakamerou a SPECT/CT gamakamerou. Při statické perfúzní scintigrafii je pacientovi aplikováno radiofarmakum o aktivitě 100 MBq, kdežto při SPECT vyšetření se aplikuje pacientovi radiofarmakum o aktivitě 150 MBq.

V obou nemocničních zařízeních se postup provedení vyšetření a polohování pacienta výrazně neliší.

4.1.2 Zkoumané parametry

V bakalářské práci jsem zvolila několik parametrů, na jejichž základě jsem provedla porovnání zpracovaných dat ve dvou vybraných nemocničních zařízeních.

Počet vyšetření

Tento faktor jsem zařadila do bakalářské práce z důvodu celkového zobrazení četnosti vyšetření. Pro přehlednost jsem tyto údaje z dostupných let 2014 a 2015 roztřídila po jednotlivých měsících.

Věk pacientů

Parametr věku jsem zvolila s cílem ukázat souvislost mezi počtem vyšetření perfúzní scintigrafie plic a věkem vyšetřeného pacienta. Hledala jsem nejčastější věkovou hranici pacientů, kteří podstupují toto vyšetření. Z celkového sledovaného vzorku jsem také zjistila, kolik pacientů je mladší 20 let a naopak, kolik vyšetřených osob je starší 90 let, a zda se mezi pacienty vyskytují i děti, tedy osoby mladší 18 let.

Pacienty jsem rozdělila do skupin, které byly rozvrženy v intervalu od 0 (respektive 1 měsíc) do 100 let po deseti letech, abych získala objektivnější přehled o věku vyšetřených osob.

Pohlaví pacientů

Četnost v daném vzorku jsem sledovala i z hlediska pohlaví. Tento parametr jsem si zvolila z důvodu celkového náhledu na to, zda toto vyšetření podstupují častěji ženy nebo muži.

Váha pacientů

Informaci ohledně hmotnosti pacientů jsem si zvolila z důvodu sledování závislosti zdravotních problémů vedoucích k indikaci perfúzní scintigrafie plic na celkové kondici pacienta, především jeho sklonu k obezitě. Sledované osoby jsem rozdělila do tří sledovaných skupin – všechny vyšetřené osoby, pouze ženy a pouze muži.

Tyto jednotlivé skupiny jsem dále rozčlenila podle hmotnosti v rozsahu od 0 (respektive 1 kg) do 140 kg po deseti kilogramech, abych zjistila rozložení počtu pacientů podle hmotnosti.

Diagnózy

Ve vybrané krajské nemocnici jsem zpracovala jednotlivé diagnózy, protože zde bylo méně vyšetřených pacientů než ve fakultní nemocnici. Všechny diagnózy vyskytující se ve vybrané krajské nemocnici vedly k hlavní indikaci perfúzní plicní scintigrafie, kterou je podezření na plicní embolii. Pro zjednodušení jsem diagnózy vyskytující se 4 a vícekrát zařadila do samostatných kategorií a zbylé jsem zařadila do jedné kategorie, jež jsem označila pojmem „ostatní“.

Ve vybrané fakultní nemocnici jsem všechny diagnózy roztřídila do 4 skupin podle toho, o kterou indikaci perfúzní plicní scintigrafie se jednalo, a to z důvodu velmi různorodých diagnóz. Skupiny jsem rozdělila na podezření na plicní embolii, na posouzení plicní funkce (např. v rámci předtransplantačního programu), na vrozené vady a na ostatní diagnózy (např. tumory, chronická obstruktivní plicní nemoc a jiná onemocnění plic). Z těchto čtyř skupin indikací jsem se podrobněji zaměřila na nejčastější indikaci perfúzní plicní scintigrafie (podezření na plicní embolii), protože mě zajímalo, zdali se u vyšetřených pacientů plicní embolie potvrdí nebo vyloučí.

Přehled všech diagnóz, které se vyskytly v mém průzkumu, jsou k nalezení v příloze (Příloha 1). V uvedeném přehledu se nachází kód a název diagnózy.

4.1.3 Vyhodnocení výsledků

Analýzu jsem provedla na základě údajů zpracovaných z nemocničního informačního systému vybrané krajské a fakultní nemocnice. Tyto údaje jsem následně vyhodnotila a dále

zpracovala v programu Microsoft Excel pomocí tabulek a grafů, jež jsou doloženy ve speciální části práce. K sestavení tabulek jsem využívala matematické a statistické funkce, jako například funkci suma, četnosti, maximum, minimum, aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

4.2 Výsledky

V této kapitole praktické části bakalářské práce jsem shrnula a stručně popsala všechny zpracované údaje z nemocničního informačního systému vybrané krajské a fakultní nemocnice do jednotlivých tabulek a grafů. Zjištěné hodnoty jsem rozčlenila do tří podkapitol – výsledky v krajské nemocnici, výsledky ve fakultní nemocnici a následné porovnání zjištěných hodnot z obou vybraných nemocničních zařízení.

4.2.1 Krajská nemocnice

Počet vyšetření

Prvním zkoumaným faktorem v bakalářské práci byla četnost vyšetření. Za dostupné období dvou let (2014 a 2015) bylo celkově v tomto nemocničním zařízení vyšetřeno 113 pacientů. V roce 2014 bylo provedeno vyšetření u 64 pacientů a v následujícím roce podstoupilo perfúzní scintigrafii plic 49 sledovaných osob. Pro přehlednost jsem data roztřídila do roků 2014 a 2015 a ty následně do jednotlivých měsíců (Tabulka 5).

Tabulka 5 – Počet vyšetření ve vybrané krajské nemocnici za rok 2014 a 2015 (autor)

	Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	**Celkem**	**Celkem za roky 2014, 2015**
Počet vyšetření	**2014**	8	9	5	8	3	3	4	6	4	4	4	6	**64**	**113**
	2015	7	4	5	3	0	9	4	5	8	0	2	2	**49**	

Věk pacientů

Tabulka 6 shrnuje celkové věkové zastoupení vyšetřených pacientů ve vybrané krajské nemocnici. Největší počet pacientů, kteří podstoupili perfúzní vyšetření plic, se vyskytoval v rozmezí věku od 40 do 90 let. Pacienti ve věku od 70 do 80 let patřili mezi nejčastější vyšetřenou skupinu osob. Z celkového počtu sledovaných osob byli dva pacienti mladší 20 let (tyto osoby rovněž spadaly do kategorie mladší 18 let) a tři pacienti starší 90 let.

Tabulka 6 – Věkové zastoupení pacientů ve vybrané krajské nemocnici (autor)

Kategorie věku	Celkový počet žen a mužů
do 10	0
do 20	2
do 30	4
do 40	4
do 50	15
do 60	13
do 70	27
do 80	30
do 90	15
do 100	3

Nejnižší zjištěný věk u žen byl 17 let, u mužů 32 let a zároveň maximální věk u pacientek činil 93 let, u pacientů 95 let. Průměrná věková hranice žen se činila 64,5 ± 19,3 let a u mužů 63,8 ± 13,5 let (Tabulka 7).

Tabulka 7 – Minimální, maximální a průměrný věk pacientů v krajské nemocnici (autor)

Pohlaví	VĚK [roky]		
	Minimum	Maximum	Průměrná hodnota a směrodatná odchylka
Ženy	17	93	64,5 ± 19,3
Muži	32	95	63,8 ± 13,5

Pohlaví pacientů

Dalším vybraným parametrem, jenž byl v bakalářské práci sledován, bylo pohlaví pacientů. V tomto nemocničním zařízení podstoupilo vyšetření 71 žen a 42 mužů (Tabulka 8).

Tabulka 8 – Pohlaví pacientů ve vybrané krajské nemocnici (autor)

Pohlaví	Počet
Žena	71
Muž	42

Váha pacientů

V následující tabulce 9 je znázorněna hmotnost vyšetřených pacientů. Z celkového počtu sledovaných osob byla v největším počtu zastoupena hmotnost v rozmezí od 60 do 90 kg. Váha nad 100 kg se vyskytovala u 12 pacientů. Do tabulky jsem nezařadila skupiny s hmotností od 0 kg do 40 kg, protože se v těchto kategoriích nevyskytovaly žádné vyšetřené osoby.

V případě zaměření pouze na skupinu žen jsem zjistila, že nejvíce pacientek se pohybovalo v rozmezí váhy od 60 do 90 kg a nad 100 kg vážily pouze 4 vyšetřené ženy.

Ve skupině mužů se nejčastěji hmotnost vyskytovala v rozsahu od 70 do 100 kg a hmotnost větší než 100 kg jsem zjistila u 8 pacientů (Tabulka 9).

Tabulka 9 – Hmotnost pacientů ve vybrané krajské nemocnici (autor)

Kategorie váhy	Celkový počet žen a mužů	Počet žen	Počet mužů
do 50	2	1	1
do 60	13	12	1
do 70	24	19	5
do 80	23	15	8
do 90	25	15	10
do 100	14	5	9
do 110	8	3	5
do 120	2	1	1
do 130	1	0	1
do 140	1	0	1

Nejmenší hmotnost u žen činila 48 kg, u mužů 50 kg, zároveň maximální váha u pacientek byla 120 kg, u pacientů 140 kg. Průměrná hmotnost u žen byla 75,5 ± 14,9 kg, kdežto u mužů se průměrná hmotnost pohybovala okolo 88,3 ± 17,4 kg (Tabulka 10).

Tabulka 10 – Minimální, maximální a průměrná hmotnost pacientů v krajské nemocnici (autor)

Pohlaví	VÁHA [kg]		
	Minimum	Maximum	Průměrná hodnota a směrodatná odchylka
Ženy	48	120	75,5 ± 14,9
Muži	50	140	88,3 ± 17,4

Diagnózy

Tabulka 11 znázorňuje přehled diagnóz ve vybrané krajské nemocnici. V naší studii bylo nejčastěji scintigrafické vyšetření plic provedeno z důvodu diagnózy R060 – dušnost (30 pacientů), dále kvůli diagnóze I269 – plicní embolie bez akutního cor pulmonale (15 pacientů) a jako třetí z nejčastějších diagnóz byla stanovena diagnóza R074 – bolest na hrudi nespecifická (NS) (11 pacientů). V malém zastoupení se vyskytovaly diagnózy I500 – městnavé selhání srdce, I259 – chronická ischemická choroba srdeční NS, J449 – chronická obstruktivní plicní nemoc NS a R55 – mdloba, synkopa až kolaps. U 37 vyšetřených osob jsem označila jejich diagnózu pod pojmem „ostatní“ (viz poznámka pod Tabulkou 11)

Tabulka 11 – Diagnózy pacientů ve vybrané krajské nemocnici (autor)

Kód diagnózy	Název diagnózy	Počet
I259	Chronická ischemická choroba srdeční NS	5
I269	Plicní embolie bez akutního cor pulmonale	15
I500	Městnavé selhání srdce	6
J449	Chronická obstruktivní plicní nemoc NS	5
R55	Mdloba - synkopa a zhroucení - kolaps	4
R060	Dušnost - dyspnoe	30
R074	Bolest na hrudi NS	11
–	Ostatní **	37

***Poznámka: Do kategorie „ostatní" se řadily diagnózy – C20, C340, C504, C900, I200, I208, I214, I260, I420, I480, I481, I484, I489, I499, I501, I788, I800, I808, I828 J189, J42, J90, J988, K460, R002, R061, R068, R073, Z039 (názvy viz Příloha 1)*

4.2.2 Fakultní nemocnice

Počet vyšetření

Ve fakultní nemocnici bylo za oba dostupné roky vyšetřeno 370 pacientů. Celkem v roce 2014 podstoupilo vyšetření 199 sledovaných osob a v následujícím roce bylo provedeno vyšetření u 171 pacientů. Pro přehlednost jsem údaje z roků 2014 a 2015 roztřídila do kategorií po jednotlivých měsících (Tabulka 12).

Tabulka 12 – Počet vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici za roky 2014 a 2015 (autor)

	Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	**Celkem**	**Celkem za roky 2014, 2015**
Počet vyšetření	**2014**	8	18	16	24	14	21	17	14	19	24	12	12	**199**	**370**
	2015	16	11	13	15	18	26	9	11	17	17	16	2	**171**	

Věk pacientů

Následující Tabulka 13 znázorňuje věkové rozložení vyšetřených pacientů ve vybrané fakultní nemocnici. Největší četnost sledovaných osob, kterým bylo provedeno scintigrafické vyšetření plic, se nacházela ve věku od 40 do 80 let, přičemž nejčastější vyšetřená skupina pacientů byla v rozmezí věku od 60 do 70 let. Z celkového počtu sledovaných osob v této části studie bylo 41 vyšetřených pacientů s věkem do 20 let (z čehož 31 osob bylo mladší 18 let) a 5 pacientů s věkem nad 90 let.

Tabulka 13 – Věkové zastoupení pacientů ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

Kategorie věku	Celkový počet žen a mužů
do 10	13
do 20	28
do 30	16
do 40	17
do 50	35
do 60	63
do 70	124
do 80	39
do 90	30
do 100	5

Nejnižší věková hranice u pacientek činila 6 let, u pacientů 4 roky a nejvyšší věková hranice u žen byla 91 let, u mužů 93 let. Průměrný věk žen se vyskytoval okolo hodnoty 56,1 ± 19,9 let a u mužů průměrný věk byl 55,9 ± 21,3 let (Tabulka 14).

Tabulka 14 – Minimální, maximální a průměrný věk osob ve fakultní nemocnici (autor)

Pohlaví	VĚK [roky]		
	Minimum	Maximum	Průměrná hodnota a směrodatná odchylka
Ženy	6	91	56,1 ± 19,9
Muži	4	93	55,9 ± 21,3

Pohlaví pacientů

Následný parametr, který byl ve fakultní nemocnici sledován, bylo pohlaví. Na tomto oddělení nukleární medicíny bylo vyšetřeno 183 žen a 187 mužů (Tabulka 15)

Tabulka 15 – Pohlaví pacientů ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

Pohlaví	Počet
Žena	183
Muž	187

Váha pacientů

Dalším zkoumaným parametrem v tomto nemocničním zařízení byla hmotnost, kterou shrnuje Tabulka 16. Nejvíce vyšetřených pacientů vážilo v rozmezí od 50 kg do 100 kg. Hmotnost větší než 100 kg mělo 35 ze všech sledovaných pacientů.

Tabulka 16 – Hmotnost pacientů ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

Kategorie váhy	Celkový počet žen a mužů	Počet žen	Počet mužů
do 10	0	0	0
do 20	4	2	2
do 30	7	2	5
do 40	12	8	4
do 50	25	18	7
do 60	46	28	18
do 70	52	32	20
do 80	75	42	33
do 90	74	28	46
do 100	40	11	29
do 110	18	7	11
do 120	12	2	10
do 130	5	3	2
do 140	0	0	0

V případě zaměření pouze na kategorii žen se, u převážné většiny pacientek vyskytovala váha v rozmezí od 70 kg do 80 kg a hmotnost větší než 100 kg mělo 12 vyšetřených žen. V kategorii mužů se nejčastěji pohybovala hmotnost v rozsahu od 80 do 90 kg a nad 100 kg vážilo 23 pacientů (Tabulka 16).

Nejmenší hmotnost byla u žen 17 kg, u mužů 19 kg a maximální váha u pacientek činila 126 kg, u pacientů 129 kg. Průměrná váha žen byla 70,5 ± 19,8 kg a u mužů se průměrná hmotnost pohybovala okolo 79 ± 21,5 kg (Tabulka 17).

Tabulka 17 – Minimální, maximální a průměrná hmotnost osob ve fakultní nemocnici (autor)

Pohlaví	VÁHA [kg]		
	Minimum	Maximum	Průměrná hodnota a směrodatná odchylka
Ženy	17	126	70,5 ± 19,8
Muži	19	129	79 ± 21,5

Diagnózy

Ve vybrané fakultní nemocnici jsem všechny diagnózy pro zjednodušení roztřídila do 4 skupin podle typu indikace perfúzní plicní scintigrafie. Mezi nejčastější indikace scintigrafického vyšetření perfúze plic v tomto nemocničním zařízení se řadilo podezření na plicní embolii a posouzení plicní funkce. Z celkového počtu vyšetření sledovaných osob byla nejčastější indikace podezření na plicní embolii (169 pacientů). Druhou nejčastější

indikací vyšetření bylo posouzení plicní funkce (133 pacientů). V malém počtu zastoupení se vyskytovaly vrozené vady (29 pacientů) (Tabulka 18).

Tabulka 18 – Indikace vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

Typ indikace	Počet
posouzení plicní funkce	133
podezření na plicní embolii	169
vrozená vada	29
ostatní **	39

*** Poznámka: Do kategorie „ostatní“ spadaly diagnózy – C341, C342, C349, E108, E840, E841, I10, I802, J180, J189, J441, J449, J848, J948, J960, J988, R068 (názvy viz Příloha 1)*

V poslední části své bakalářské práce jsem se zaměřila na hlavní indikaci perfúzní plicní scintigrafie (plicní embolie) u pacientů, kteří podstoupili toto vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici. Na základě zjištěných informací z nemocničního informačního systému (závěr vyšetření) jsem vyhodnotila, zda byla plicní embolie pomocí perfúzní plicní scintigrafie potvrzena, vyloučena nebo ji nebylo možné zcela vyloučit (Tabulka 19). Sledovaný vzorek čítal 169 pacientů s podezřením na plicní embolii.

Z celkového počtu vyšetřených pacientů, kteří měli podezření na plicní embolii, bylo toto onemocnění potvrzeno pouze u 34 sledovaných osob, u 115 pacientů nedošlo k potvrzení. Pouze ve 20 případech nebyla perfúzní scintigrafie plic dostatečným vyšetřením k potvrzení nebo vyloučení plicní embolie (Tabulka 19).

Tabulka 19 – Potvrzení plicní embolie ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

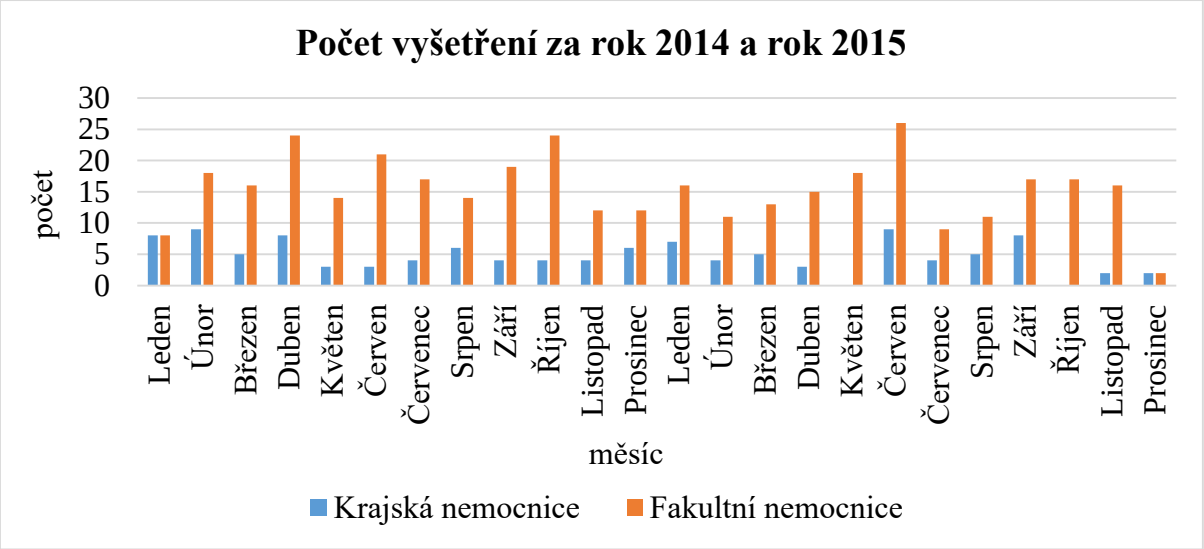
Plicní embolie	Počet
potvrzení	34
nepotvrzení	115
nelze zcela vyloučit	20

4.2.3 Srovnání vybraných nemocnic

V této kapitole jsem porovnávala a stručně popsala všechny zpracované údaje z informačního nemocničního systému vybrané krajské a fakultní nemocnice pomocí jednotlivých grafů.

Počet vyšetření

Jako první jsem porovnávala četnost vyšetření ve vybrané krajské nemocnici s vybranou fakultní nemocnicí za dostupné roky 2014 a 2015. Pro přehlednost jsem data roztřídila do kategorií po jednotlivých měsících za oba roky (Obrázek 14).

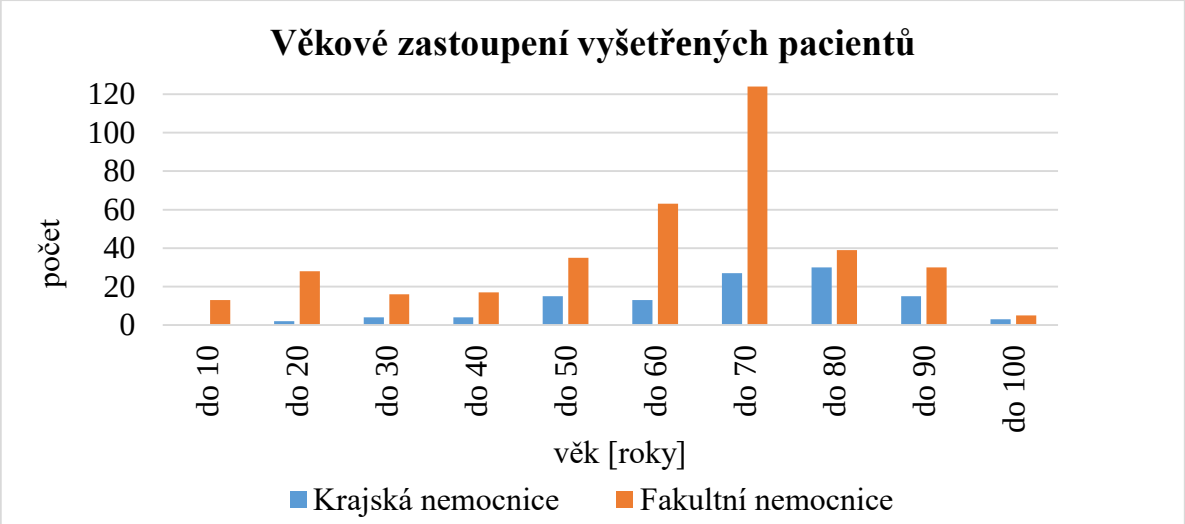


Obrázek 14 – Četnost vyšetření za roky 2014 a 2015 (autor)

Ve vybrané krajské nemocnici podstoupilo vyšetření 113 pacientů (64 pacientů za rok 2014 a 49 osob za rok 2015), a ve vybrané fakultní nemocnici bylo provedeno 370 vyšetření (199 pacientů za rok 2014 a 171 osob za rok 2015). (Obrázek 14).

Věk pacientů

Obrázek 15 ilustruje věkové rozložení pacientů, kteří podstoupili vyšetření perfúzní scintigrafie plic. Nejčastější skupina pacientů, jež podstoupila perfúzní plicní scintigrafii v obou vybraných nemocnicích, se pohybovala ve věku od 50 do 90 let.

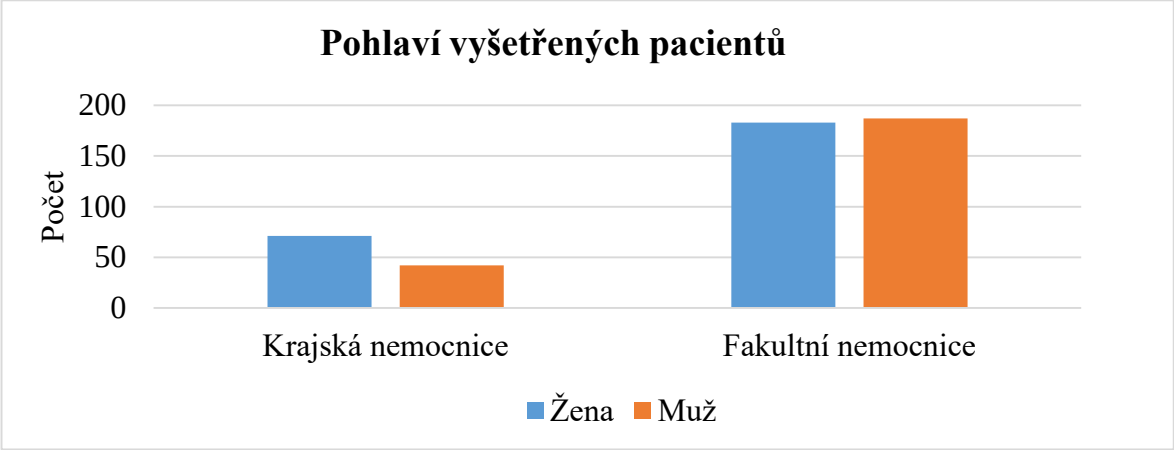


Obrázek 15 – Věkové zastoupení vyšetřených pacientů (autor)

V případě detailnějšího zaměření na jednotlivé kategorie věku jsem zjistila, že ve vybraném krajském nemocničním zařízení se nejčastěji vyskytovali pacienti v rozmezí věku od 70 do 80 let (26,5 %), přičemž průměrný věk pacientů byl 64,2 ± 17,3 let. Ve vybrané fakultní nemocnici se věková hranice pacientů snížila, vyšetření zde bylo provedeno nejčastěji pacientům ve věku od 60 do 70 let (33,5 %), přičemž průměrný věk činil 56 ± 20,6 let. Ve vybrané krajské nemocnici byli vyšetřeni pouze 2 pacienti mladší 20 let (1,8 %), z toho oba byli rovněž mladší 18 let, kdežto ve vybrané fakultní nemocnici bylo diagnostikováno 41 pacientů do 20 let (11,1 %), z toho bylo 31 osob mladší 18 let (8,4 %). Věk nad 90 let měli 3 pacienti (2,7 %) ve vybrané krajské nemocnici, naopak ve vybrané fakultní nemocnici se jednalo o 5 pacientů (1,4 %) s tímto věkem.

Pohlaví pacientů

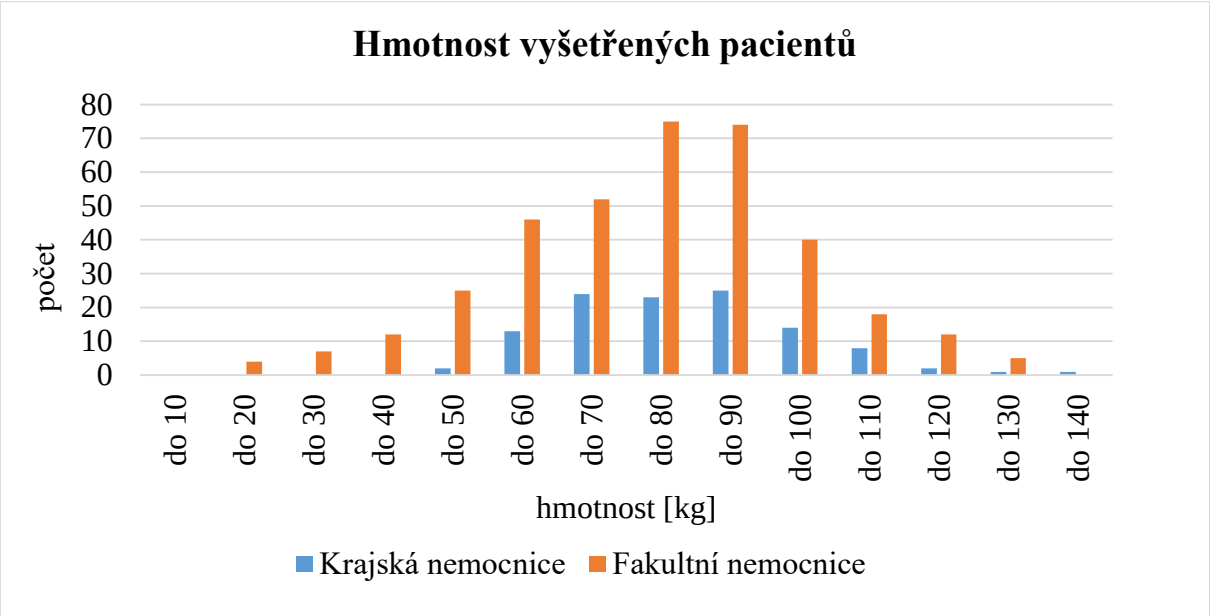
Jako další parametr jsem porovnávala pohlaví pacientů (Obrázek 16). Ve vybrané krajské nemocnici bylo vyšetřeno 71 žen, které převažovaly nad 42 muži o 69 %, kdežto ve vybrané fakultní nemocnici byl počet vyšetření, při němž se vyšetřovali muži a ženy, vyrovnaný.



Obrázek 16 – Pohlaví vyšetřených pacientů (autor)

Váha pacientů

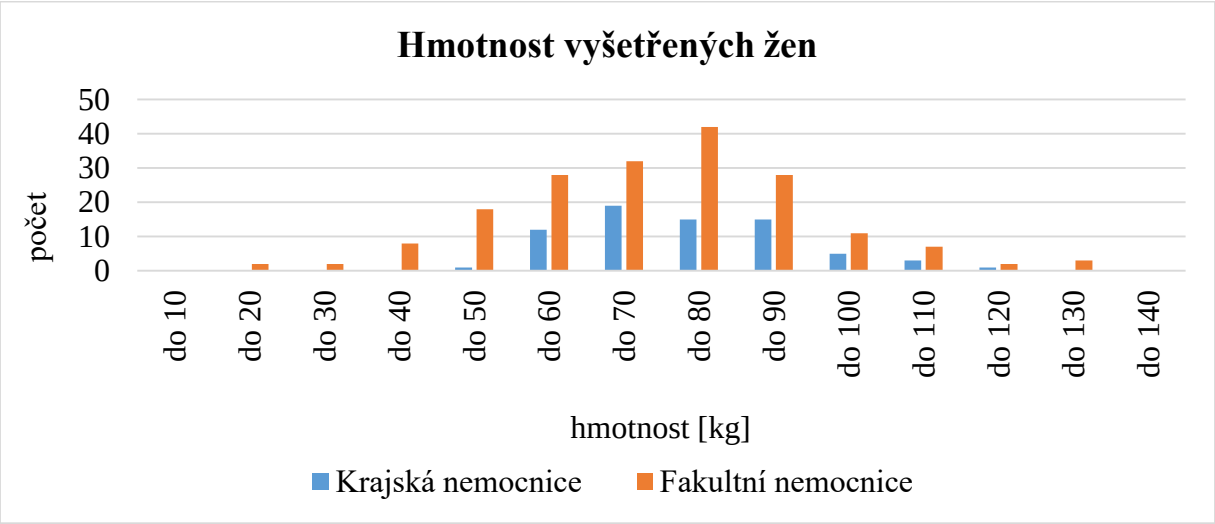
V další části práce jsem porovnávala hmotnost vyšetřených pacientů (Obrázek 17). Největší počet pacientů ve vybrané krajské nemocnici mělo váhu v rozmezí od 60 do 90 kg (63,7 %), přičemž průměrná váha zde byla okolo 80,3 ± 17 kg. Naopak ve vybrané fakultní nemocnici se vyskytovala nejčastěji skupina pacientů s hmotností v rozsahu od 50 do 100 kg (77,6 %), přičemž průměrná váha v tomto nemocničním zařízení činila 74,8 ± 21 kg. Pacienti s váhou nad 100 kg se vyskytovali v malém množství v obou vybraných nemocnicích (méně jak 11 %).



Obrázek 17 – Hmotnost vyšetřených pacientů (autor)

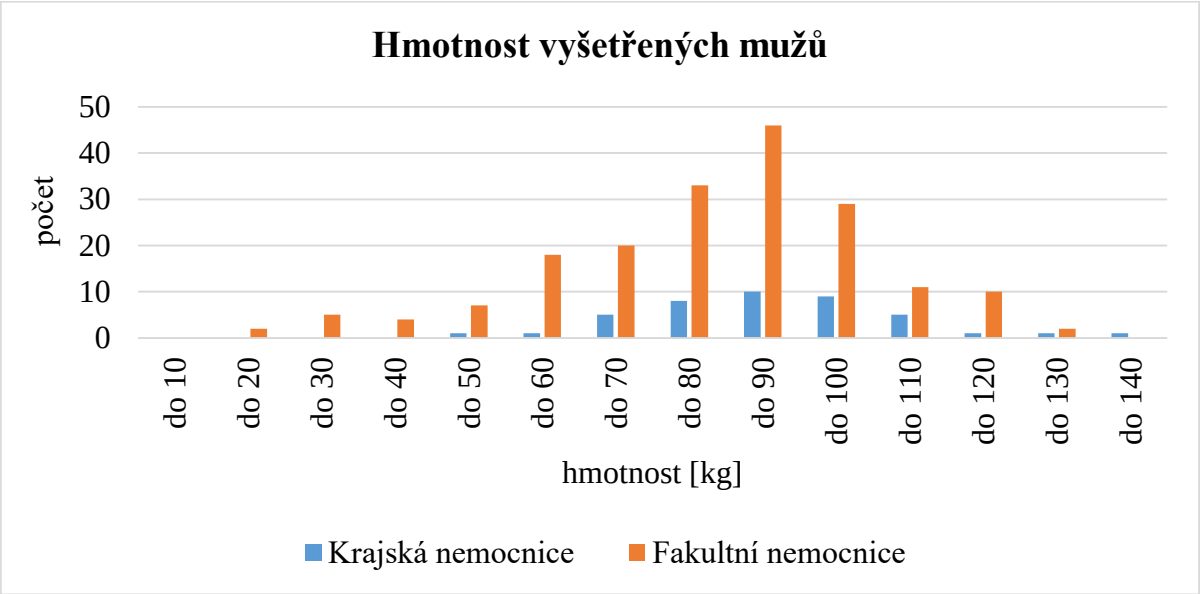
Dále jsem se v této části studie zabývala porovnáním hmotností pacientů v závislosti na jejich pohlaví. Hmotnost vyšetřených žen jsem znázornila v Obrázku 18 a vyšetřených mužů v Obrázku 19.

Z Obrázku 18 je patrné, že nejčastěji se vyskytovala váha žen v rozmezí od 50 do 90 kg v obou vybraných nemocničních zařízeních. Při detailnějším zaměření na jednotlivé nemocnice se ve vybrané krajské nemocnici nejčastěji vyskytovala kategorie váhy do 70 kg (16,8 %), přičemž průměrná hmotnost byla 75,5 ± 15 kg. Naopak ve vybrané fakultní nemocnici se nacházela nejčastěji kategorie váhy do 80 kg (11,4 %), přičemž průměrná hmotnost činila 70,5 ± 19,8 kg. Pacientky s váhou nad 100 kg se v obou vybraných nemocnicích vyskytují v méně jak 4 % z celkového sledovaného vzorku.



Obrázek 18 – Hmotnost vyšetřených žen (autor)

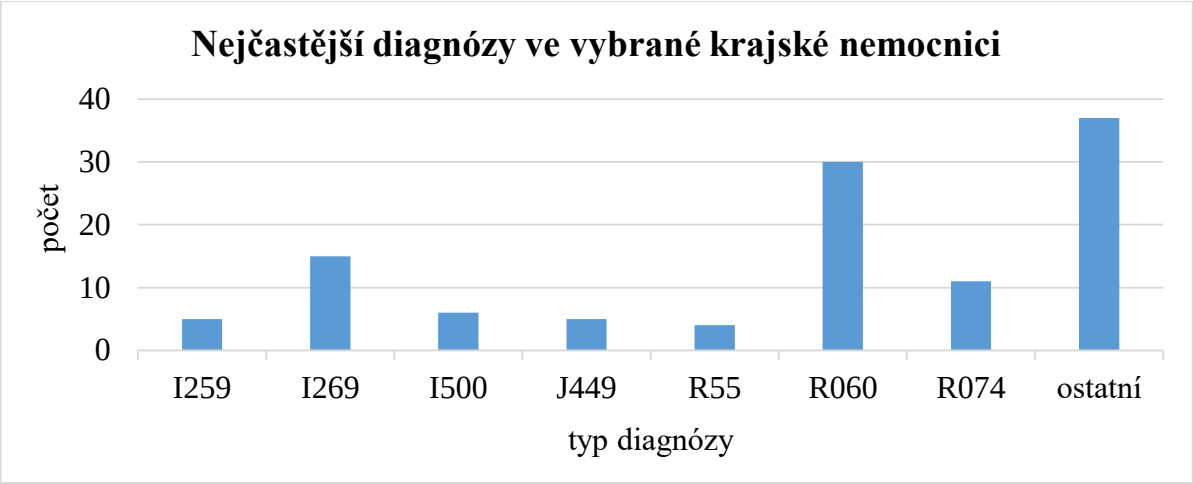
Obrázek 19 znázorňuje hmotnost u mužů, kde se nejčastěji vyskytovali pacienti s váhou v rozmezí od 80 kg do 100 kg v obou vybraných nemocnicích. Ve vybrané krajské nemocnici jsem nejčastěji nalézala kategorii hmotnosti do 90 kg (8,8 %) u vyšetřených mužů, ale obě přidružené kategorie jsou v těsné blízkosti, přičemž průměrná váha zde byla 88,3 ± 17,4 kg. Ve vybrané fakultní nemocnici jsem nalezla nejčastěji kategorii hmotnosti do 90 kg (12,4 %), přičemž průměrná váha byla 79 ± 21,5 kg. Pacienti s váhou nad 100 kg se v obou vybraných nemocničních zařízení vyskytovali maximálně v 7 % sledovaného vzorku.



Obrázek 19 – Hmotnost vyšetřených mužů (autor)

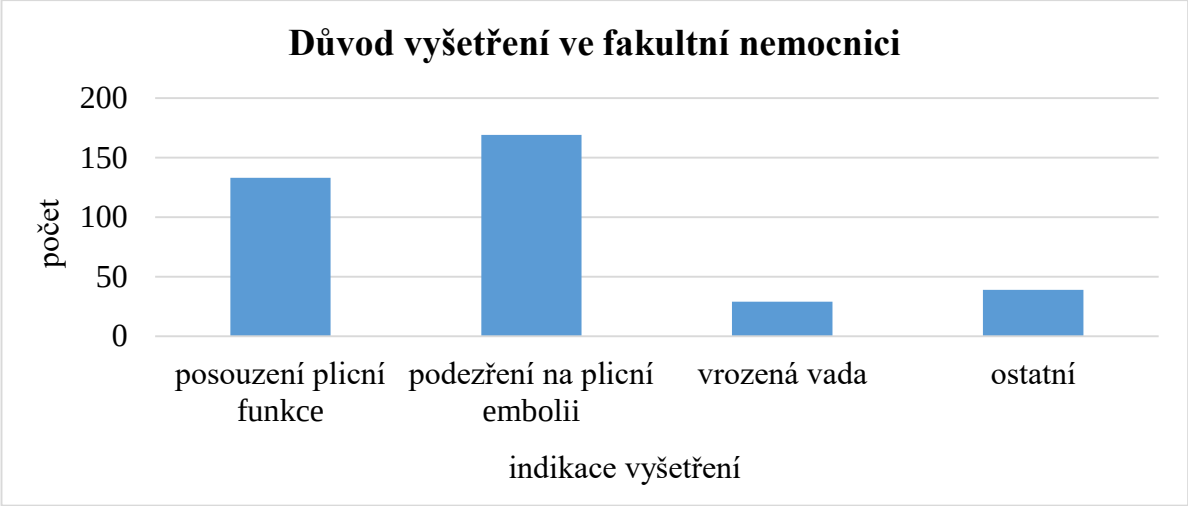
Diagnózy

Ve vybrané krajské nemocnici jsem se zaměřila na porovnávání četnosti výskytu jednotlivých diagnóz. Z obrázku 20 vyplývá, že scintigrafické vyšetření perfúze plic bylo provedeno z důvodu různých diagnóz stanovených u vyšetřených pacientů. S největší četností výskytu byla zjištěna diagnóza R060 – dušnost (26,5 %), následně diagnóza I269 – plicní embolie bez akutního cor pulmonale (13,3 %) a jako třetí byla stanovena diagnóza R074 – bolest na hrudi NS (9,7 %). V nejmenším zastoupení (méně jak 5,5 %) se vyskytovaly diagnózy I500 – městnavé selhání srdce, I259 – chronická ischemická choroba srdeční NS, J449 – chronická obstruktivní plicní nemoc NS a R55 – mdloba, synkopa až kolaps. Do diagnózy „ostatní“ byly obsaženy zbylé diagnózy s minimální četností vyšetřených pacientů (32,7 %).



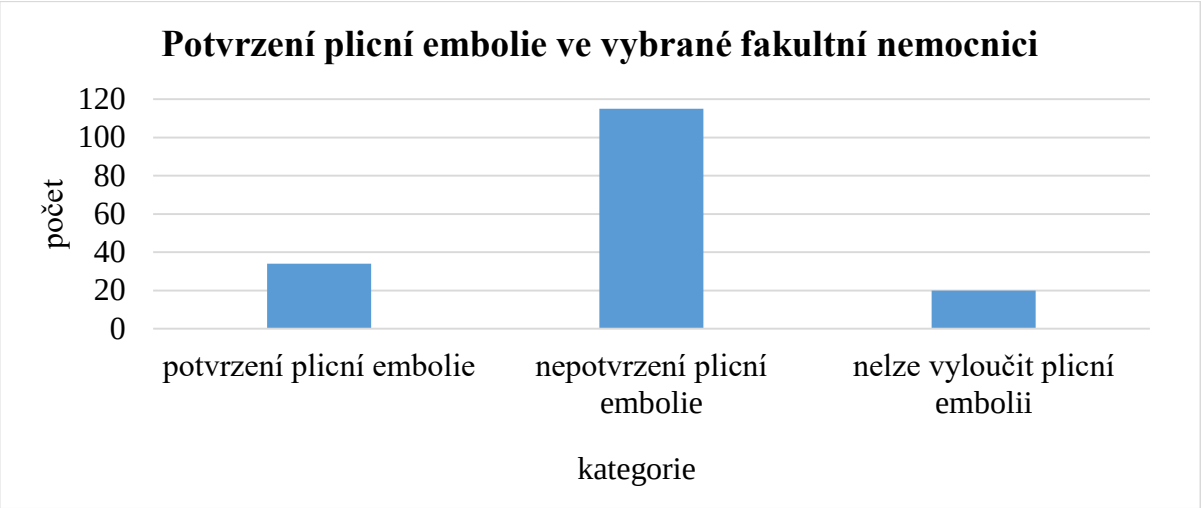
Obrázek 20 – Diagnózy ve vybrané krajské nemocnici (autor)

Ve vybrané fakultní nemocnici jsem si pro zjednodušení veškeré diagnózy roztřídila do 4 skupin podle indikací perfúzní plicní scintigrafie (Obrázek 21). Podezření na plicní embolii bylo nejčastější indikací (45,7 %) scintigrafického vyšetření perfúze plic, další nejvíce vyskytovaným důvodem vyšetření bylo posouzení plicní funkce (35,9 %) a nejméně zjištěnou indikací byly vrozené vady (7,8 %).



Obrázek 21 – Indikace vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

V další kroku jsem se zabývala nejčastěji vyskytovanou indikací (podezření na plicní embolii) perfúzní plicní scintigrafie, zda byla v mém sledovaném vzorku (169 pacientů) potvrzena nebo vyloučena. Plicní embolie se potvrdila pouze u 34 pacientů (20,1 %), u 115 vyšetřených osob (68 %) se toto onemocnění nepotvrdilo a u 20 pacientů (11,8 %) se nedala plicní embolii vyloučit (Obrázek 22).



Obrázek 22 – Potvrzení plicní embolie ve vybrané fakultní nemocnici (autor)

4.3 Diskuze

Praktická část bakalářské práce byla zaměřena na zpracování dat z nemocničního informačního systému vybrané krajské a fakultní nemocnice a na porovnávání zpracovaných údajů mezi oběma vybranými nemocničními zařízeními. Z dostupných informací o pacientech, kteří podstoupili perfúzní plicní scintigrafii, jsem zpracovala údaje za roky 2014 a 2015. Do sledovaných faktorů jsem zařadila četnost vyšetření, pohlaví, věk, hmotnost vyšetřených pacientů, jejich diagnózy a indikace vyšetření. Dále jsem se zaměřila na nejvíce opakovanou indikaci perfúzní plicní scintigrafie – podezření na plicní embolii, protože se jedná o hlavní indikaci tohoto vyšetření. Především jsem se zajímala o konečné výsledky, zda byla indikace potvrzena nebo vyloučena.

Prvním zkoumaným faktorem byly četnosti vyšetření za roky 2014 a 2015 ve vybrané krajské a fakultní nemocnici. Ve vybraném krajském nemocničním zařízení bylo celkově vyšetřeno 113 pacientů (64 pacientů za rok 2014 a 49 osob za rok 2015) a ve vybrané fakultní nemocnici podstoupilo vyšetření 370 pacientů (199 pacientů za rok 2014 a 171 osob za rok 2015). Rozdělení vyšetření po jednotlivých měsících ilustruje, že počty vyšetřených osob během jednotlivých měsíců rostou a opět klesají a ze dvou dostupných let nelze vypozorovat žádnou výraznou závislost. Ve vybrané krajské nemocnici se v měsíci květnu roku 2015 žádní pacienti nevyšetřovali z důvodu modernizace oddělení nukleární medicíny, na kterém byl provoz omezen pouze na nejnutnější vyšetření. Počet vyšetřených osob je závislý na celkovém počtu výskytu onemocnění a na rozhodnutí lékaře odeslat pacienta na dané vyšetření na oddělení nukleární medicíny. Rozdíl počtu vyšetření v obou nemocnicích je dán

velikostí regionu, jež musí dané nemocniční zařízení pokrýt, a počtem obyvatel žijící v této oblasti. Počet provedených vyšetření závisí také na technickém vybavení a personálním zajištění daného oddělení v nemocničním zařízení.

V druhém případě jsem hodnotila věkové rozložení pacientů, jimž bylo provedeno vyšetření perfúzní scintigrafie plic. Zjistila jsem, že nejvíce pacientů podstupující dané vyšetření se řadilo do skupiny v rozpětí věku od 50 do 90 let, což vyplývá i z průměrného věku pacienta. Jedná se o pacienty s vyšší věkovou hranicí, u kterých se pravděpodobně častěji vyskytují různá onemocnění včetně plicních chorob. Naopak mladší pacienti ve věkové hranici do 20 let se v mnou analyzovaném souboru pacientů vyskytují spíše ojediněle. Obě vybrané nemocnice se od sebe odlišují četností vyšetřených dětí, a to z důvodu, že ve vybrané krajské nemocnici se perfúzní plicní scintigrafie u dětí neprovádí na rozdíl od vybrané fakultní nemocnice, která léčí dětské pacienty převážně z důvodu vrozených vad.

Dalším faktorem, který jsem zkoumala, bylo pohlaví pacientů. Zde mohu pouze konstatovat, že ve vybrané krajské nemocnici bylo vyšetřeno 71 žen, jež převažovaly nad 42 muži o 69 %, kdežto ve vybrané fakultní nemocnici byl počet vyšetřených mužů a žen vyrovnaný.

Následným hodnoceným prvkem byla hmotnost vyšetřených pacientů. Tímto průzkumem jsem zjistila, že nejvíce pacientů mělo hmotnost v rozmezí od 60 kg do 90 kg v obou vybraných nemocničních zařízeních, což může být z důvodu vyššího věkového zastoupení pacientů ve sledovaném vzorku celé práce. Průměrná váha sledovaných pacientů činí ve vybrané krajské nemocnici 80,3 ± 17 kg a ve vybrané fakultní nemocnici 74,8 ± 21 kg. Z těchto výsledků můžu říci, že průměrná váha ve vybrané fakultní nemocnici je menší oproti vybrané krajské nemocnici, a to z důvodu, že ve vybrané fakultní nemocnici se vyšetřují také děti, u kterých se předpokládá menší hmotnost.

Z důvodu přehlednosti a objektivnosti jsem dále zkoumala váhu pacientů v závislosti na jejich pohlaví. U žen se nejčastěji vyskytovala váha od 50 kg do 90 kg v obou vybraných nemocničních zařízeních, což odpovídá optimální hmotnosti až mírné nadváze žen. U mužského pohlaví se nejčastěji vyšetřovaly osoby s hmotností od 80 kg do 100 kg v obou vybraných nemocnicích, která odpovídá optimální hmotnosti mužů. Z důvodu nedostupnosti informací o tělesné výšce vyšetřených pacientů jsem nemohla vypočítat BMI (Body mass index), který vyjadřuje hmotnost v závislosti na tělesné výšce pacienta. BMI rozděluje osoby do 4 základních kategorií – podváha, normální váha, nadváha a obezita. Nelze tedy

ze získaných dat jednoznačně usoudit, zda souvisí výskyt onemocnění plic s případnými problémy s nadváhou pacientů. Z obecného pohledu na hmotnost v závislosti na pohlaví, můžu konstatovat, že hmotnost žen bývá menší než u mužů. To potvrzují i mnou zjištěná data, kde průměrná hmotnost žen byla 72 ± 18,6 kg a průměrná hmotnost mužů činila 81 ± 21,1 kg.

Následně jsem se věnovala diagnózám a indikacím vyšetření ve vybraných nemocničních zařízení. V prvním případě jsem zkoumala diagnózy ve vybrané krajské nemocnici. Z průzkumu vyplývá, že pacienti nejčastěji přicházeli na scintigrafické vyšetření plic s diagnózou dušnost (26,5 %), která bývá příznakem i mnohem závažnějších onemocnění (nádory, záněty plic atd.). Z předešlých studií mé práce vyplývá, že nejčastěji podstupovali vyšetření pacienti s vyšší věkovou hranicí, následně i s pravděpodobností mírné nadváhy. Z tohoto důvodu si myslím, že je tato diagnóza dána i celkovým fyzickým stavem jedince. Dále se vyskytovala diagnóza plicní embolie bez akutního cor pulmonale (13,3 %). Jako další častá diagnóza byla stanovena bolest na hrudi NS (9,7 %), jež je příznakem i pro další onemocnění (např. plicní embolie, angina pectoris, infarkt myokardu atd.). V nejmenším zastoupení, v němž každá diagnóza měla 5,5 % a méně, se vyskytovaly 4 diagnózy (I500, I259, J449 a R55), které se nejčastěji objevují u starších lidí. V mé studii tato onemocnění mělo 20 vyšetřených pacientů, ze kterých 13 osob bylo ve věku starší 70 let (65 %).

V druhém případě, ve kterém jsem zkoumala diagnózy ve vybrané fakultní nemocnici, jsem pro zjednodušení roztřídila veškeré diagnózy do 4 skupin (posouzení plicní funkce, podezření na plicní embolii, vrozené vady a ostatní), podle toho, o kterou indikaci daného vyšetření se jednalo. Nejčastější indikací bylo podezření na plicní embolii (45,7 %), druhou častou indikací, jež se vyskytovala v mé studii, bylo vyšetření z důvodu posouzení plicní funkce (35,9 %). Dále jsem měla v práci zařazenou skupinu pacientů, která byla označena souhrnným pojmem „ostatní“ (10,5 %). U skupiny „ostatní“ není možné detailněji tuto kategorii zkoumat z důvodu velké různorodosti obsažených diagnóz. V poslední skupině byly zařazeny vrozené vady (7,8 %), jež jsou dány vyšetřením dětí s průměrným věkem 14,7 ± 6 let. Z dosažených výsledků je patrné, že celkový průměrný věk pacientů se odráží i na nejčastější indikaci vyšetření, kterou je podezření na plicní embolii. Na druhou stranu, nejméně procentuálně zastoupená vyšetření jsou vrozené vady pacientů. Zde můžeme předpokládat, že tato nemoc není tak častým jevem a bývá většinou zjištěna u dětí, čemuž odpovídá počet dětských pacientů ve sledovaném vzorku.

V poslední části své speciální práce jsem se zaměřila na indikaci – podezření na plicní embolii. Zkoumala jsem, zda pacientům, kteří postoupili toto vyšetření z důvodu podezření

na plicní embolii, se daná indikace potvrdila nebo vyloučila. Z mého sledovaného vzorku (169 pacientů) mohu konstatovat, že u převážné většiny vyšetřených jedinců (68 %) se plicní embolie nepotvrdila, u 34 pacientů došlo k potvrzení tohoto onemocnění (20,1 %) a u 20 pacientů (11,8 %) nešlo pouze tímto vyšetřením plicní embolii vyloučit. V některých případech vyšetření je perfúzní plicní scintigrafie doplněna o ventilační plicní scintigrafii, a to buď inhalací ^{81m}Kr, nebo intravenózní aplikací ^{99m}Tc – DTPA, podle denní dostupnosti radiofarmaka na pracovišti nukleární medicíny z důvodu zpřesnění výsledku vyšetření. Z celkového počtu potvrzených případů (34 pacientů) na podezření plicní embolie, bylo zastoupeno 16 žen a 18 mužů, kde průměrný věk pacientek byl 63,6 ± 17,2 let a pacientů 62,3 ± 22,8 let. Z důvodu nedostupnosti celkové anamnézy jednotlivých pacientů, ve které bych zjistila rizikové faktory vzniku plicní embolie (imobilizace po operacích a úrazech, užívání hormonální antikoncepce, dědičné i získané poruchy srážlivosti krve atd.), jsem nemohla zhodnotit, čím je toto onemocnění způsobeno, a zda pohlaví nebo věk pacienta ovlivňuje tento faktor.

V obou vybraných nemocničních zařízeních se vyšetření perfúzní plicní scintigrafie nijak výrazně neliší, pouze např. v množství aplikované aktivity, typem přístroje (planární scintilační kamera, SPECT gamakamera, SPECT/CT gamakamera) a jeho parametry. Dále ve vybrané krajské nemocnici vedou diagnózy především k indikaci podezření na plicní embolii a ve vybrané fakultní nemocnici jsou důvody vyšetření rozmanitější (podezření na plicní embolii, posouzení plicní funkce, vrozené vady atd.). Vybraná fakultní nemocnice se od vybrané krajské nemocnice liší vyšetřením dětských pacientů. Ve vybrané fakultní nemocnici se provádí jak perfúzní plicní scintigrafie, tak i ventilační plicní scintigrafie, naopak ve vybrané krajské nemocnici provádí pouze scintigrafie vyšetření perfúze plic.

Během mé odborné praxe v rámci studia, která probíhala na vybraných pracovištích nukleární medicíny, jsem měla možnost získat zkušenosti s celkovým průběhem vyšetření perfúzní plicní scintigrafie (od objednání pacienta na oddělení až po ukončení celého vyšetření). Při porovnávání obou vybraných nemocničních zařízení v jejich postupech objednávání pacientů na dané vyšetření a průběhu vyšetření, jsem nezjistila žádné výrazné odlišnosti. Obě vybrané nemocnice mají plánovaná vyšetření, mezi která se prolínají akutní vyšetření, jež jsou požadována jinými odděleními. Samotná příprava pacienta na vyšetření se v obou nemocničních zařízeních neliší. V případě aplikace radiofarmak můžeme nalézt odlišnosti. Liší se osobou, která aplikuje radiofarmakum pacientovi a množstvím aplikovaného radiofarmaka. Ve vybrané krajské nemocnici radiofarmakum o aktivitě 200 MBq aplikuje lékař, kdežto

ve vybrané fakultní nemocnici aplikaci radiofarmaka o aktivitě 100 - 150 MBq provádí lékař nebo radiologický asistent. V obou vybraných nemocničních zařízeních radiologický asistent zodpovídá za správné polohování pacienta a následné provedení akvizice dle pokynů lékaře. Výsledné scintigramy vyhodnocuje samotný lékař.

Každá nemocnice má pro činnost na nukleárním oddělení vydané pracovní postupy, které vycházejí z Věštníku ministerstva zdravotnictví České republiky (MZČR 2011, Věštník č. 2/2016, s. 253-254). Z tohoto důvodu i metodické postupy stanovené v obou vybraných nemocničních zařízeních se výrazně neliší. Oba dokumenty ve vybraných nemocnicích obsahují indikace, kontraindikace, radiofarmakum potřebné k danému vyšetření, pomůcky, přípravu pacienta na vyšetření, samotný průběh vyšetření a radiační zátěž pacienta.

5 ZÁVĚR

Vyšetření perfúzní plicní scintigrafie se provádí v krajské i fakultní nemocnici. Pacientům se při něm aplikuje nitrožilně radiofarmakum a následně se pomocí přístrojové techniky zobrazuje rozložení radiofarmaka v plicích.

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabývala anatomií, fyziologií a patofyziologií plic, vybranými pojmy této problematiky, průběhem perfúzního a ventilační vyšetření plic a radiační ochranou pracovníků a pacientů.

V praktické části bakalářské práce bylo cílem vyhodnotit zpracované údaje z nemocničního informačního systému o pacientech, kteří podstoupili perfúzní plicní scintigrafii ve vybrané krajské a fakultní nemocnici, a porovnání celkového postupu tohoto vyšetření v obou vybraných nemocničních zařízeních.

Ze zpracovaných dat za dostupné roky 2014 a 2015 jsem zjistila, že bylo vyšetřeno 113 pacientů (71 žen a 42 mužů) ve vybrané krajské nemocnici a 370 pacientů (183 žen a 187 mužů) ve vybrané fakultní nemocnici. Průměrný věk pacientů ve vybrané krajské nemocnici byl 64,2 ± 17,3 let (průměrný věk u žen byl 64,5 ± 19,3 let, kdežto průměrný věk u mužů činil 63,8 ± 13,5 let) a ve vybrané fakultní nemocnici průměrný věk činil 56 ± 20,6 let (průměrný věk u žen byl 56,1 ± 19,9 let, naopak průměrný věk u mužů byl 55,9 ± 21,3 let). Průměrná hmotnost vyšetřených osob byla ve vybrané krajské nemocnici 80,3 ± 17 kg (průměrná hmotnost u žen činila 75,5 ± 14,9 kg, naopak průměrná hmotnost u mužů byla 88,3 ± 17,4 kg), kdežto průměrná hmotnost ve vybrané fakultní nemocnici byla 74,8 ± 21 kg (průměrná váha u žen činila 70,5 ± 19,8 kg, naopak průměrná váha u mužů byla 79 ± 21 kg).

V obou vybraných nemocnicích provádějí perfúzní plicní scintigrafii nejčastěji z důvodu podezření na plicní embolii a ve vybrané fakultní nemocnici může být toto vyšetření doplněno o další vyšetření – ventilační plicní scintigrafii, z důvodu zpřesnění výsledku vyšetření.

Metodické postupy u provádění perfúzní plicní scintigrafie ve vybraných nemocnicích se z velké části neliší. Drobné odlišnosti jsem pozorovala pouze např. u množství aplikované aktivity radiofarmaka, u aplikujícího pracovníka nebo druhem používaného přístroje.

Všechny cíle bakalářské práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANALOGIC s.r.o. *Příbalový leták Radionuklidový generátor $^{81}Rb/^{81m}Kr$.*[online]. [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: https://pribalovy-letak.info/radionuklidovy-generator-81rb-81mkr

BÁRTOVÁ, Jarmila. *Přehled patologie*. 1. vyd. V Praze: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum, 2015, 191 s. ISBN 978-80-246-2745-8.

BIERSACK, H. *Clinical nuclear medicine*. New York: Springer, c2007. 548 s. ISBN 978-3-540-28025-5.

ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 18/1997 Sb., v platném znění, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření*. [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/zakony/Atomovy_zakon_20150107.pdf

ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie 2*. 2. vyd. Praha: Grada, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-x.

DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.

EANM, *Dosage card – Multiple of Baseline Activity*. [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: http://www.eanm.org/docs/EANM_Dosage_Card_040214.pdf

HOJCSKOVÁ, Pavlína. *Radiofarmaka*. [online]. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: http://www.pet-spect.fbmi.cvut.cz/spect/index.php/radiofarmaka.html

HUDZIETZOVÁ, Jana et al., 2014. Radiační zátěž rukou pracovníků během přípravy a aplikace radiofarmak značených radionuklidem 18F. *Česká radiologie.* Roč. 68, č. 4, s. 318-322. ISSN 1210-7883.

HUŠÁK, Václav, PTÁČEK, Jaroslav, 2005. *Přehled a hodnocení profesionální radiační zátěže a ochranných opatření v nukleární medicíně v České republice v roce 2003, Zpráva pro SÚJB Praha podle smlouvy u objednavatele 164/04/05*. Olomouc

HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015, 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.

KNME. *Místní radiologické standardy*. Praha: Klinika nukleární medicíny a endokrinologie ve FN v Motole., 2010. Číslo 14, 15, 52.

KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. ISBN 978-802-4440-316.

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, 2007, 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína (učební text)*. 6. vyd. Praha: P3K, 2015, 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.

LÁZNÍČEK, Milan a Pavel KOMÁREK. *Základy radiofarmacie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1998, 106 s. ISBN 80-7184-781-x.

MUSIL, Jaromír, František PETŘÍK a Martin TREFNÝ. *Pneumologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2005, 248 s. ISBN 80-246-0993-2.

MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 131 s. ISBN 978-80-244-1723-3.

MZČR. *Věštník č. 9/2011*. 2011 [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/legislativa/dokumenty/vestnik-c9/2011_5340_2162_11.html

MZČR. *Věštník č. 2/2016.* 2016 [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c2/2016_11347_3442_11.html

NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2. vyd. Praha: Galén, c2009, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.

OREL, Miroslav. *Somatopatologie: nauka o nemocech těla*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 192 s. ISBN 978-80-247-4714-9.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2013, 334 s. ISBN 978-80-01-05319-5.

POKORNÝ, Jaroslav. *Přehled fyziologie člověka*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1995, 162 s. ISBN 80-7184-165-x.

ROKYTA, Richard. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. 1. vyd. Praha: ISV, 2000, 359 s. ISBN 80-85866-45-5.

STŘÍTESKÝ, Jan. *Patologie*. 1. vyd. Olomouc, 2001. 338 s. ISBN 80-86297-06-3.

SÚJB. *Vyhláška 307/2002 Sb., v platném znění, o radiační ochraně*. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z:http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/7_307_2002_Sb.pdf

ŠLAMPA, Pavel a Jiří PETERA. *Radiační onkologie*. Praha: Galén, c2007. ISBN 978-80-7262-469-0.

TEŘL, Milan, Gabriela KRÁKOROVÁ a Miloš PEŠEK. *Plicní lékařství*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004. 218 s. ISBN 80-246-0820-0.

ULLMANN, Vojtěch. Scintigrafie. *AstroNuklFyzika* [online]. [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm

VLČEK, Petr. *Praktická cvičení z nukleární medicíny*. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1819-7.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

aj.	a jiné
AP	předozadní projekce
ALARA	as low as reasonable achievable – tak nízko, jak je rozumně dosažitelné
angl.	Anglicky
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
BMI	body mass index
CO_2	oxid uhličitý
CT	počítačová tomografie
č.	číslo
DRÚ	diagnostické referenční úroveň
DTPA	dietylentriaminopentaoctová kyselina
EANM	Evropská společnost nukleární medicíny
IZ	ionizující záření
keV	kiloelektronvolt
kol.	kolektiv autorů
Kr	krypton
LAO	levá přední šikmá projekce
lat.	latinsky
LL	levá boční projekce
LPO	levá zadní šikmá projekce
MAA	makroagregát lidského sérového albuminu
MBq	megabecquerel
MRI	magnetická rezonance
např.	například
NM	nukleární medicína
NS	nespecifický
O_2	kyslík
PA	zadopřední projekce
PET	Pozitronová emisní tomografie
popř.	popřípadě
RAO	pravá přední šikmá projekce

Rb	rubidium
RIA	radioimunoanalýza
RL	pravá boční projekce
RPO	pravá zadní šikmá projekce
s.	strana
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
$T_{1/2}$	poločas přeměny
Tc	technecium
tj.	to jest
tzv.	takzvaně
Xe	xenon
ZIZ	zdroj ionizujícího záření

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Pohled na plíce zpředu 12
Obrázek 2 Rozdělení segmentů plic 13
Obrázek 3 Spirogram 14
Obrázek 4 Generátor ^{99}Mo – ^{99m}Tc 20
Obrázek 5 Schéma odběrů techneciového generátoru 21
Obrázek 6 Schéma principu ^{81}Rb – ^{81m}Kr generátoru 21
Obrázek 7 Obecné schéma scintigrafického vyšetření na scintilační kameře 24
Obrázek 8 Rozdělení kolimátorů scintilačních kamer 25
Obrázek 9 Schéma fotonásobiče 26
Obrázek 10 Fyziologický nález perfúze 28
Obrázek 11 Hadice s náustkem 29
Obrázek 12 Fyziologický nález ventilace 30
Obrázek 13 Snížení radiační zátěže pacienta na pracovištích nukleární medicíny 34
Obrázek 14 Četnost vyšetření za roky 2014 a 2015 47
Obrázek 15 Věkové zastoupení vyšetřených pacientů 47
Obrázek 16 Pohlaví vyšetřených pacientů 48
Obrázek 17 Hmotnost vyšetřených pacientů 49
Obrázek 18 Hmotnost vyšetřených žen 49
Obrázek 19 Hmotnost vyšetřených mužů 50
Obrázek 20 Diagnózy ve vybrané krajské nemocnici 51
Obrázek 21 Indikace vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici 51
Obrázek 22 Potvrzení plicní embolie ve vybrané fakultní nemocnici 52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Plicní objemy a kapacity 15
Tabulka 2 Vybrané radionuklidy využívané u radionuklidových generátorů 20
Tabulka 3 Základní limity 31
Tabulka 4 Přehled kategorií pracovišť ve zdravotnických zařízeních 33
Tabulka 5 Počet vyšetření ve vybrané krajské nemocnici za rok 2014 a 2015 40
Tabulka 6 Věkové zastoupení pacientů ve vybrané krajské nemocnici 41
Tabulka 7 Minimální, maximální a průměrný věk pacientů v krajské nemocnici 41
Tabulka 8 Pohlaví pacientů ve vybrané krajské nemocnici 41
Tabulka 9 Hmotnost pacientů ve vybrané krajské nemocnici 42
Tabulka 10 Minimální, maximální a průměrná hmotnost pacientů v krajské nemocnici 42
Tabulka 11 Diagnózy pacientů ve vybrané krajské nemocnici 43
Tabulka 12 Počet vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici za roky 2014 a 2015 43
Tabulka 13 Věkové zastoupení pacientů ve vybrané fakultní nemocnici 44
Tabulka 14 Minimální, maximální a průměrný věk osob ve fakultní nemocnici 44
Tabulka 15 Pohlaví pacientů ve vybrané fakultní nemocnici 44
Tabulka 16 Hmotnost pacientů ve vybrané fakultní nemocnici 45
Tabulka 17 Minimální, maximální a průměrná hmotnost osob ve fakultní nemocnici 45
Tabulka 18 Indikace vyšetření ve vybrané fakultní nemocnici 46
Tabulka 19 Potvrzení plicní embolie ve vybrané fakultní nemocnici 46

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Přehled diagnóz objevující se v celém výzkumu vyšetřených pacientů (autor) 66

Příloha 1 – Přehled diagnóz objevující se v celém výzkumu vyšetřených pacientů (autor)

Přehled diagnóz		
Pořadí	**Kód diagnózy**	**Název diagnózy**
1	C20	Zhoubný novotvar konečníku
2	C340	Zhoubný novotvar průdušky
3	C349	Zhoubný novotvar průduška a plíce NS
4	C504	Zhoubný novotvar horního zevního kvadrantu prsu
5	C509	Zhoubný novotvar prs NS
6	C541	Zhoubný novotvar těla děložního - sliznice (endometrium)
7	C900	Mnohočetný myelom
8	D381	Novotvary nejistého nebo neznámého chování průdušnice, průduška a plíce
9	D862	Sarkoidóza plic se sarkoidózou mízních uzlin
10	E107	Diabetes mellitus 1. stupně s mnohočetnými komplikacemi
11	E108	Diabetes mellitus 1. stupně s neurčenými komplikacemi
12	E119	Diabetes mellitus 2. stupně bez komplikací
13	E840	Cystická fibróza s plicními projevy
14	E841	Cystická fibróza se střevními projevy
15	E849	Cystická fibróza NS
16	I10	Esenciální (primární) hypertenze
17	I119	Hypertenzní nemoc srdce bez (městnavého) srdečního selhání
18	I200	Nestabilní angina pectoris
19	I208	Jiné formy anginy pectoris
20	I209	Angina pectoris NS
21	I214	Akutní subendokardiální infarkt myokardu
22	I259	Chronická ischemická choroba srdeční NS
23	I260	Plicní embolie s akutním cor pulmonale
24	I269	Plicní embolie bez akutního cor pulmonale
25	I272	Jiné sekundární plicní hypertenze
26	I340	Nerevmatické onemocnění - insuficience dvojcípé chlopně
27	I420	Dilatovaná kardiomyopatie
28	I440	Atrioventrikulární blokáda, prvého stupně
29	I480	Paroxyzmální fibrilace síní
30	I481	Přetrvávající fibrilace síní
31	I484	Atypický flutter síní
32	I489	Fibrilace a flutter síní
33	I499	Srdeční arytmie NS
34	I500	Městnavé selhání srdce
35	I501	Selhání levé komory
36	I639	Mozkový infarkt NS
37	I788	Jiné nemoci vlásečnic
38	I779	Onemocnění tepen a tepének NS

39	I800	Flebitida a tromboflebitida povrchových cév dolní končetiny
40	I802	Flebitida a tromboflebitida jiných hlubokých cév dolních končetin
41	I808	Flebitida a tromboflebitida jiných lokalizací
42	I828	Embolie a trombóza jiných určených žil
43	I829	Embolie a trombóza neurčené žíly
44	J180	Bronchopneumonie NS
45	J188	Jiná pneumonie, původce NS
46	J189	Pneumonie NS
47	J42	Neurčená chronická bronchitida
48	J440	Chronická obstruktivní plicní nemoc s akutní infekcí dolní části dýchacího ústrojí
49	J441	Chronická obstruktivní plicní nemoc s akutní exacerbací NS
50	J448	Jiná určená chronická obstruktivní plicní nemoc
51	J449	Chronická obstruktivní plicní nemoc NS
52	J459	Astma NS
53	J670	Farmářské plíce
54	J841	Jiné intersticiální plicní nemoci s fibrózou
55	J848	Jiné určené intersticiální plicní nemoci
56	J849	Intersticiální plicní nemoc NS
57	J90	Pohrudniční výpotek, nezařazený jinde
58	J984	Jiná onemocnění plic
59	J988	Jiná určená onemocnění dýchací soustavy
60	J989	Onemocnění dýchací soustavy NS
61	K460	Neurčená břišní kýla s neprůchodností bez gangrény
62	K721	Chronické selhání jater
63	K754	Autoimunitní hepatitida
64	K808	Jiná cholelitiáza
65	M321	Systémový lupus erythematodes s postižením orgánů a systémů
66	M511	Onemocnění lumbálních a jiných meziobratlových plotének s radikulopatií
67	Q200	Společný arteriální truncus
68	Q203	Ventrikuloarteriální diskordance
69	Q205	Atrioventrikulární diskordance
70	Q213	Fallotova tetralogie
71	Q214	Defekt aortopulmonálního septa
72	Q220	Atrézie pulmonální chlopně
73	Q251	Koarktace aorty
74	Q254	Jiné vrozené vady aorty
75	Q256	Stenóza plicní tepny
76	Q257	Jiné vrozené vady plicní tepny
77	Q262	Totálně anomální napojení plicních žil
78	R002	Palpitace
79	R042	Hemoptýza

80	R05	Kašel
81	R060	Dušnost - dyspnoe
82	R061	Stridor
83	R068	Jiné a neurčené nepravidelnosti dýchání
84	R073	Jiná bolest hrudi
85	R074	Bolest na hrudi NS
86	R104	Jiná a neurčená břišní bolest
87	R55	Mdloba - synkopa a zhroucení - kolaps
88	Z039	Pozorování pro podezření na nemoc nebo patologický stav NS
89	Z942	Transplantovaná plíce – plicní transplantát