



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Nejčastější vyšetřovací metody v nukleární medicíně

Frequently Used Nuclear Medicine Procedures

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Andrea Petrášková

Vedoucí bakalářské práce: prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA

Kladno 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Petrášková** Jméno: **Andrea** Osobní číslo: **483280**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Nejčastější vyšetřovací metody v nukleární medicíně

Název bakalářské práce anglicky:

Frequently Used Nuclear Medicine Procedures

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce s názvem „Nejčastější vyšetřovací metody v nukleární medicíně“ pojednává o diagnostických principech nejčastějších vyšetřovacích metod, které využívají ionizující záření. Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou podrobně popsány vyšetřovací metody, kterých se využívá v nukleární přírůs, které celkové vyšetření může přinést pacientovi. V praktické části budou vyhodnocena data, získaná z oddělení nukleární medicíny o nejčastěji vyšetřovaných indikacích a bude sledován počet vyšetřovaných pacientů za rok, průměrné aplikované aktivity radiofarmak a další parametry.

Seznam doporučené literatury:

- [1] KORANDA, Pavel, Nukleární medicína, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, ISBN 978-80-244-4031-6
- [2] KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL, Nukleární medicína, ed. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K), V Praze: P3K, 2015, ISBN 978-80-87343-54-8
- [3] SEIDL, Zdeněk, Radiologie pro studium i praxi, ed. , Praha: Grada, 2012, ISBN 978-80-247-4108-6

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2021**


doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student(ka) bere na vědomí, že je povinen(a) vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Nejčastější vyšetřovací metody v nukleární medicíně vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 04.04.2021

.....
Andrea Petrášková

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří především panu prof. MUDr. Jozefu Rosinovi, Ph.D., MBA za odborné vedení, ochotu a hlavně trpělivost, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Markétě Novotné, MUDr. Kateřině Tábořské a Bc. Ivaně Kuníkové za jejich vstřícnost a pomoc při sběru dat z jejich oddělení potřebných k vypracování praktické části bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na nejčastěji používané vyšetřovací metody v nukleární medicíně.

Teoretická část zahrnuje stručný popis základních pojmů z nukleární medicíny, radiofarmak a přístrojové techniky. Hlavní část je věnována popisu nejčastějších vyšetření, jejich postupů, indikace k provedení vyšetření a možné interpretace získaných výsledků.

Praktická část zahrnuje analýzu dat pacientů vyšetřovaných na pracovištích nukleární medicíny Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, Fakultní nemocnice v Motole a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady od 01.01.2020 do 31.12.2020. Zaměřuje se na počet pacientů u jednotlivých vyšetření, jejich věků, pohlaví, nejčastějším indikacím a průměrné aplikované dávce radiofarmak.

Klíčová slova

Nukleární medicína; scintigrafie; diagnostika; scintigrafie skeletu; perfuzní scintigrafie myokardu; scintigrafie plic.

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the frequently used nuclear medicine procedures.

The theoretical part briefly describes essential concepts of nuclear medicine, radiopharmaceuticals and instrumentation. The main part is devoted to the description of the most common examinations, their procedures, indications for their use and possible interpretation of the obtained results.

The practical part includes the analysis of data of patients examined at the nuclear medicine department of the General University Hospital in Prague, the University Hospital in Motol and the University Hospital Královské Vinohrady from 01.01.2020 to 31.12.2020. It focuses on the number of patients for individual examinations, their age, sex, the most common indications and the average applied dose of radiopharmaceuticals.

Keywords

Nuclear medicine; scintigraphy; diagnostics; skeletal scintigraphy; myocardial perfusion imaging; lung scintigraphy.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	11
3	Přehled současného stavu.....	12
3.1	Nukleární medicína.....	12
3.1.1	Radiofarmaka.....	12
3.1.2	Poločas přeměny	13
3.1.3	Zdroje radionuklidů.....	13
3.1.3.1	Jaderné reaktory.....	13
3.1.4	Planární scintigrafie	14
3.1.5	SPECT.....	15
3.1.6	PET	16
3.1.7	Hybridní přístroje.....	17
3.1.8	Aktivita	17
3.2	Scintigrafie skeletu.....	17
3.2.1	Indikace.....	18
3.2.2	Provedení vyšetření statické scintigrafie skeletu.....	21
3.3	Nukleární kardiologie.....	21
3.3.1	Perfuzní scintigrafie myokardu.....	22
3.3.2	Indikace.....	23
3.3.3	Provedení vyšetření	23
3.4	Perfuzní a ventilační scintigrafie plic.....	26
3.4.1	Indikace.....	27
3.4.2	Provedení vyšetření	29

4	Metodika.....	31
5	Výsledky.....	32
5.1	Všeobecná fakultní nemocnice v Praze	32
5.1.1	Nejčastěji prováděná vyšetření v ÚNM VFN	32
5.1.2	¹⁸ F – Fluorodeoxyglukóza.....	34
5.1.3	Scintigrafie skeletu	35
5.1.4	Perfuzní scintigrafie myokardu.....	36
5.1.5	Perfuzní scintigrafie plic.....	37
5.1.6	Lymfoscintigrafie	38
5.2	Fakultní nemocnice v Motole.....	39
5.2.1	Scintigrafie skeletu	40
5.2.2	Dynamická scintigrafie ledvin.....	41
5.2.3	Scintigrafie sentinelové uzliny	42
5.2.4	Perfuzní scintigrafie plic.....	43
5.2.5	Lymfoscintigrafie	44
5.3	Fakultní nemocnice Královské Vinohrady	45
5.3.1	Scintigrafie skeletu	46
5.3.2	Perfuzní scintigrafie myokardu.....	47
5.3.3	Scintigrafie sentinelové uzliny	48
5.3.4	Perfuzní scintigrafie plic.....	49
5.3.5	Lymfoscintigrafie	50
5.4	Shrnutí.....	51
5.4.1	Pořadí vyšetření v jednotlivých nemocnicích	51

5.4.2	Porovnání nejčastěji vyšetřovaných roků narození u jednotlivých vyšetření.....	52
5.4.3	Porovnání zastoupení mužů a žen u jednotlivých vyšetření	52
6	Diskuze	54
7	Závěr	57
8	Seznam použitých zkratk.....	58
9	Seznam použité literatury	60
10	Seznam použitých obrázků	63
11	Seznam použitých tabulek.....	66

1 ÚVOD

Nukleární medicína je samostatný medicínský obor zabývající se diagnostickými i terapeutickými výkony za použití radioaktivních látek (otevřených zářičů). Díky své schopnosti poskytnout informace o metabolické aktivitě vyšetřovaného orgánu hraje nezastupitelnou roli v mnoha odvětvích medicíny, jako například v onkologii, kardiologii nebo endokrinologii.

Schopnost zobrazit metabolickou aktivitu orgánu umožňuje diagnostickým metodám nukleární medicíny zobrazit například nádory, metastázy, záněty či jiné patologické léze. Metabolické změny předcházejí často změny strukturální, a proto je možné detekovat rychleji například metastatická ložiska primárního nádoru, nebo různá traumatická postižení. Co nejrychlejší diagnostika je důležitá pro včasné nastavení vhodné terapie.

Terapeutické užití otevřených zářičů se uplatňují především při nádorových onemocněních. Patří sem například paliativní terapie kostních metastáz nebo terapie karcinomu štítné žlázy.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo zjistit a popsat nejčastěji využívané vyšetřovací metody v nukleární medicíně, určit nejčastější indikace k jejich provedení, porovnat věkové rozdíly a zastoupení mužů a žen. Sběr dat pro tuto bakalářskou práci probíhal ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze, Fakultní nemocnici v Motole a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. Všechna sbíraná data byla za rok 2020.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Nukleární medicína

Nukleární medicína je samostatný lékařský obor, zabývající se diagnostickými i terapeutickými aplikacemi, při kterých se využívá otevřených radionuklidových zářičů, emitujících ionizující záření.

Vyšetření v nukleární medicíně jsou takzvaná funkční. Jsou založeny na sledování metabolické aktivity vyšetřovaných orgánů a tkání. Pomocí aplikace vhodných radiofarmak je možné zjistit například metastatické postižení, hyperfunkci či hypofunkci vyšetřovaných orgánů, záněty apod. [1]

3.1.1 Radiofarmaka

Jako radiofarmaka označujeme chemické látky, které mohou být tvořeny buď samostatným radionuklidem nebo mohou současně obsahovat chemickou sloučeninu, na níž je daný radionuklid chemicky navázaný, která zaručuje jeho správnou kinetiku a distribuci v organismu. Radionuklid se ovšem může navázat i na biologicky aktivní látky, jako například pacientovi vlastní leukocyty. Radiofarmaka jsou pacientovi nejčastěji aplikována intravenózně, avšak může být také využito inhalace (^{81m}Kr) nebo aplikace perorální cestou (^{131}I). [1]

Po aplikaci radiofarmaka do těla pacienta je ionizující záření, které je z jeho těla emitováno, snímáno pomocí scintilačních detektorů, které jsou umístěny vně pacienta. Tyto metody, při nichž je zdrojem záření sám pacient, se nazývají emisní. Opačným příkladem by byly metody transmisní, při kterých je zdroj záření mimo tělo pacienta, jedná se například o radiodiagnostické metody využívající rentgenové záření, jako například CT. [2, 3]

3.1.2 Poločas přeměny

Celkové množství radioaktivní látky v těle je ovlivňováno fyzikálním poločasem přeměny, který označujeme T_f . Při každém poločasu přeměny radioaktivita klesá na polovinu. Poločas přeměny je definovaný jako podíl přirozeného logaritmu a přeměnové konstanty λ . Jednotkou je sekunda. [2]

$$T_f = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Dalším důležitým poločasem přeměny je biologický, T_b , který nám charakterizuje dobu, za kterou se z těla vyloučí polovina množství daného radionuklidu. [4]

$$T_b = \frac{\ln 2}{\lambda_b}$$

Na základě těchto dějů je možné následně určit efektivní poločas rozpadu, který nám určuje dobu, za kterou se sníží celková aktivita radionuklidu v organismu na polovinu. [3]

$$\frac{1}{T_{ef}} = \frac{1}{T_f} + \frac{1}{T_b}, \text{ a tedy } T_{ef} = \frac{T_f T_b}{T_f + T_b}$$

3.1.3 Zdroje radionuklidů

Radioaktivní atomy, používané pro účely nukleární medicíny se dají získat několika různými způsoby – v jaderných reaktorech, urychlovačích částic nebo v generátorech radionuklidů.

3.1.3.1 Jaderné reaktory

Jedním ze způsobů, jakým lze získávat radionuklidy je využití jaderných reaktorů, ve kterých jsou ozařována terčiková jádra neutronovým svazkem. Díky tomu, že neutrony nenesou žádný elektrický náboj, je pro ně možné interagovat

s jádrem. Nejčastější reakcí je radiační záchyt neutronu (n, γ). Nově vzniklé jádro tak bývá ve vzbuzeném stavu a při jeho deexcitaci je emitováno záření gama. Příkladem radionuklidů připravených touto cestou může být například ^{131}I nebo ^{99}Mo , který v nukleární medicíně slouží jako mateřský prvek v radionuklidových generátorech pro získání $^{99\text{m}}\text{Tc}$. [5, 6]

3.1.3.2 Urychlovače částic

Urychlovače částic (cyklotrony) slouží k výrobě pozitronových radionuklidů. Cyklotron využívá působení elektrického pole, které umožňuje urychlení částice (např. protonu), a zároveň kolmo směřujícího pole magnetického, které napomáhá zakřivení dráhy nabitě částice, která obíhá po spirále se zvětšujícím se poloměrem. Pomocí této metody se vyrábí pozitronové radionuklidy, například ^{18}F . Tato radiofarmaka se využívají při vyšetřeních na PET. [7]

3.1.3.3 Radionuklidové generátory

Radionuklidový generátor je zařízení, ve kterém dochází k přeměně mateřského radionuklidu na radionuklid dceřiný. Příkladem je molybden-techneciový generátor. ^{99}Mo je tady zastoupený jako mateřský radionuklid s poločasem přeměny 66 hodin. Při přeměně z ^{99}Mo vzniká $^{99\text{m}}\text{Tc}$ s poločasem přeměny 6 hodin, který je následně eluován fyziologickým roztokem ve formě technecistanu sodného. Tento proces je možné opakovat. Celková výdrž generátoru závisí na jeho počáteční aktivitě. Dalším příkladem pro radionuklidový generátor může být například ^{81}Rb - $^{81\text{m}}\text{Kr}$ generátor, který se využívá při ventilační scintigrafii plic. [7]

3.1.4 Planární scintigrafie

Planární scintigrafie je diagnostická metoda, při které je snímáno emitující záření γ scintilačními kamerami (gamakamerami), které jsou umístěny vně

pacienta. Z časového hlediska se rozděluje na dynamickou a statickou. Začátek snímání je závislý na rychlosti metabolické aktivity tkáně po aplikaci radiofarmaka. Při provedení statické scintigrafie, získáváme jednotlivé obrazy (scintigramy) zkoumaných částí těla, které mohou být pořízeny z různých úhlů (přední, zadní, šikmé nebo bočné) nebo se může jednat o tzv. celotělové scintigrafie, kdy je pacient ležící na stole kontinuálně posouván mezi detektory, za současného snímání v přední a zadní projekci. Tato metoda se využívá například u scintigrafie skeletu. [1, 2]

Dynamická scintigrafie představuje sérii za sebou rychle jdoucích statických obrazů, díky které jsme schopni pozorovat určitý děj v čase. Může se využívat například u dynamické scintigrafie ledvin. Dalším využitím je například evakuace žaludku či dynamická scintigrafie jícnu. [2,3]

3.1.5 SPECT

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) neboli jednofotonová emisní výpočetní tomografie, je jeden z typů tomografického snímání emitovaného záření. Při SPECT vyšetření se krokově otáčejí dva detektory kolem těla pacienta v 360° rotaci a dodávají tak výsledný 3D obraz distribuce radioaktivní látky ve zkoumané oblasti. Pro SPECT se využívají radiofarmaka s ^{99m}Tc , emitující gama záření s energií kolem 140 keV. [3]

K dosažení co nejkvalitnějšího výsledného obrazu nám slouží kolimátory. Jedná se o olověnou desku s otvory a septy, která nám filtruje fotony a propouští pouze ty, které letí v požadovaném směru. Zbylé fotony, jejichž dráha byla nevhodná pro diagnostiku daného orgánu, nebo tkáně, jsou pohlceny septy a nepodílejí se tak na výsledném obrazu. Kolimátory jsou umístěny na detektoru a je možné je měnit pro vybrané typy vyšetření. Existují nejrůznější typy, každý z nich je přizpůsoben k dosažení optimálního výsledku. Jedno z možných dělení

je například podle energie detekovaného záření – nízké energie (^{99m}Tc), střední energie (^{111}In) a vysoké energie (^{131}I). [3, 4]

3.1.6 PET

Pozitronová emisní tomografie (PET) se od metody SPECT liší v několika ohledech. Prvním rozdílem je, že PET je tvořena soustavou drobných detektorů (desítky tisíc), které jsou uspořádány do prstenců. Tyto detektory se okolo pacienta neotáčejí. Druhým rozdílem je způsob snímání. U SPECT se detekují jednotlivě emitované fotony, zatímco PET je založena na koincidenční detekci dvou fotonů, které vznikly anihilací. Pro PET se používají radiofarmaka β^+ , nejčastěji ^{18}F , které emitují pozitrony. Při interakci pozitronu s elektronem z elektronového obalu atomů, nacházejících se v těle pacienta dojde k anihilaci, a tak k zániku původních částic za vzniku dvou fotonů, každý s energií 511 keV, které jsou vyslány opačnými směry ve $180^\circ (\pm 0,25^\circ)$ a následně zachyceny na protilehlých detektorech. Při současné detekci dvou signálů se vytvoří přímka odezvi (Line Of Response) a na základě těchto přímek lze učit polohu místa emise. [4, 7]

U PET se uplatňuje tzv. elektronická kolimace, jejíž podstatou je zapojení do koincidenčního obvodu. Když bude tedy pacient obklopen více detektory, které jsou navzájem protilehlé, dosáhneme cílené detekce fotonů vzniklých anihilací. Díky tomu můžeme získat obraz bez použití klasických kolimátorů, jako je tomu u SPECT. Signál bude registrován pouze v případě, že oba fotony dopadnou současně v předem definované časové okně na obou detektorech. [4]

Můžou nastat tři typy koincidencí: pravé, rozptýlené a náhodné. Pravé (true) koincidence získáváme z jedné anihilace a tvoří výsledný obraz, rozptýlené (scattered) jsou výsledkem odchýlení alespoň jednoho fotonu Comptonovým rozptylem a u náhodných (random) se nám detekují dva fotony, které ale

pocházejí z rozdílných anihilací a jen náhodně spadly do stejného časového okna. [4]

3.1.7 Hybridní přístroje

Funkční vyšetření na nukleární medicíně nám poskytují informaci o aktuálním metabolismu vyšetřovaného orgánu. Tento výsledek někdy potřebuje pro správný diagnostický závěr ještě vyšetření, které se zabývá sledováním morfologického znázornění zobrazovaných struktur. Z toho důvodu se v některých případech využívá tzv. hybridních přístrojů, které jsou schopny nám dát fúzovat obrazy například ze SPECT a CT. Kromě jmenovaného SPECT/CT sem řadíme také PET/CT, nebo například PET/MRI. [8]

3.1.8 Aktivita

Radionuklidy jsou nestabilní atomy, jejich jádro podléhá samovolné přeměně za současného vyzáření ionizujícího záření. Aktivita je veličina, která charakterizuje počet přeměněných radioaktivních jader za jednotku času. Jednotkou této veličiny je becquerel (Bq). [7]

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

Pro praxi je však tato jednotka moc malá a používají se její násobky. Pro vyšetřovací metody na nukleární medicíně se nejčastěji aplikují radiofarmaka o aktivitě od stovek kBq až po stovky MBq. Aktivita klesá exponenciálně s časem, takže za jeden poločas klesne na polovinu, za dva poločasy na čtvrtinu atd. [7]

3.2 Scintigrafie skeletu

Scintigrafie skeletu patří mezi nejčastější vyšetření prováděné na odděleních nukleární medicíny. Na podkladě změn metabolismu kostní tkáně je možné

detekovat časná stádia nemocí a přehledně zobrazit celý skelet. Tato vyšetření dokážou odhalit patologie dřív, než by se zobrazily pomocí rentgenologických modalit. [3]

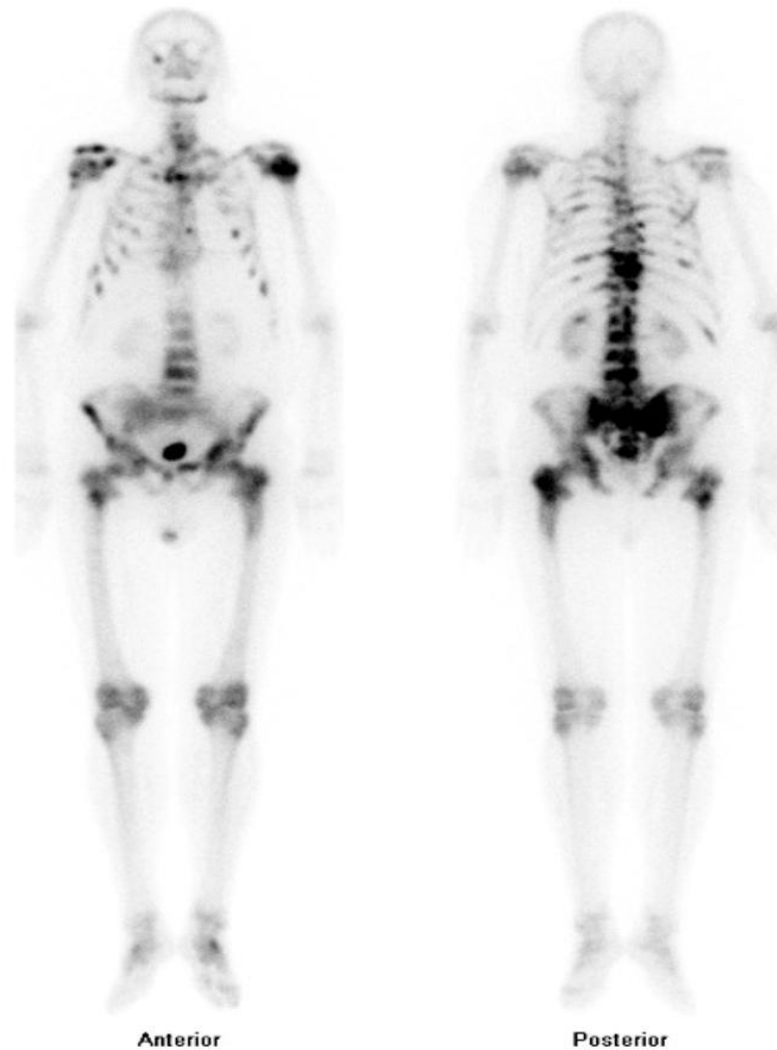
3.2.1 Indikace

Na scintigrafii skeletu dochází pacienti s různými indikacemi. Řadíme sem například nádorová onemocnění skeletu, fraktury, metabolické poruchy, onemocnění kloubů, nejasné kostní bolesti apod.

3.2.1.1 Nádorová onemocnění skeletu

Výhodou scintigrafie skeletu je, že metabolické změny, které jsme schopni detekovat, předcházejí změny strukturální, které by se projeví až za delší dobu. Je tedy možné začít s léčbou dříve a tím zlepšit prognózu onemocnění. Scintigrafie skeletu se nejčastěji indikuje se záměrem potvrzení či vyloučení generalizace primárního tumoru do kostí. Mezi nádory, které nejčastěji metastazují do kostí, patří například karcinomy prostaty, plic, prsu, ledvin či štítné žlázy. Většina metastáz se nachází v axiálním skeletu, zejména v oblastech, které jsou bohaté na červenou kostní dřeň. [1, 3]

Na scintigramech se patologické léze zobrazují jako místa se zvýšenou akumulací radiofarmaka (viz. obrázek 1). Současně se s případnými patologickými ložisky zobrazí také močový měchýř, jelikož je radiofarmakum z těla eliminováno močí. Skelet lze případně vyšetřit i na PET za pomoci ^{18}F -FDG. [1, 5]



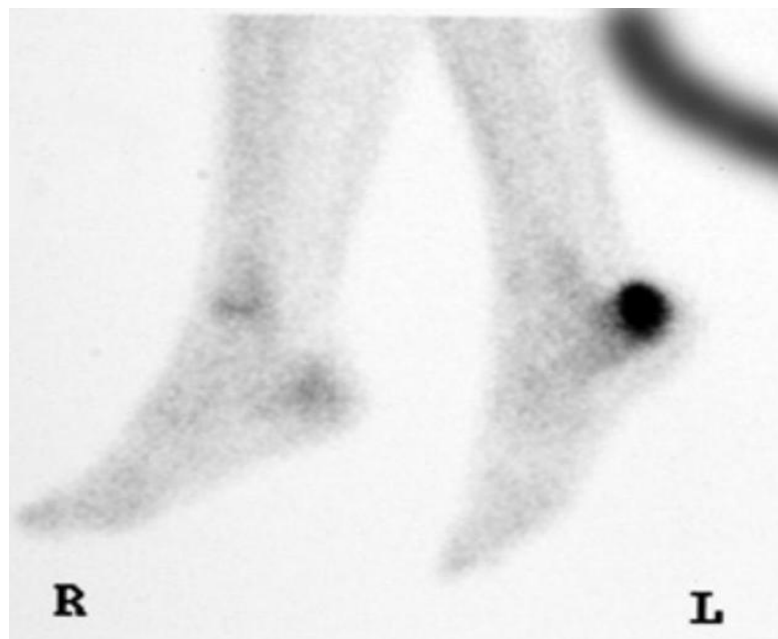
Obrázek 1 – celotělová (Whole Body – WB) scintigrafie skeletu – metastázy po nádoru prostaty [9]

Na scintigramu (viz. obrázek 1) je zobrazená celotělová scintigrafie skeletu dospělého muže s diagnostikovanou rakovinou prostaty. Je zde patrná zvýšená akumulace radiofarmaka na několika místech, zejména v oblasti axiálního skeletu, dále jsou patrná ložiska v ramenech nebo například v kalvě. Ložiska se zvýšenou akumulací radiofarmaka odpovídají v tomto případě metastatickému postižení, které bylo způsobeno primárním nádorem prostaty.

3.2.1.2 Fraktury

V běžných případech se fraktury a jiná traumata diagnostikují na radiodiagnostických odděleních pomocí skiagrafického vyšetření nebo CT. V

některých případech je však vhodné doplnit tato vyšetření kvůli nejednoznačným výsledkům o scintigrafické vyšetření. Takováto scintigrafická vyšetření mohou být indikována například u výkonných sportovců, u kterých kvůli dlouhotrvající námaze, může dojít ke vzniku tzv. stresové zlomeniny, kterou jsou nejčastěji postiženy dolní končetiny. Obvykle se projevují zhoršujícími se bolestmi s anamnézou minimálního nebo žádného traumatu se současnou korelací zvýšení fyzické aktivity. Na scintigramu je znázorněné zvýšené vychytávání radiofarmaka v oblasti levého kalkaneu (patní kosti), které indikuje stresovou zlomeninu (viz. obrázek 2). [5, 10]



Obrázek 2 - stresová zlomenina levé patní kosti [11]

3.2.1.3 Metabolické kostní poruchy

Mezi nejčastější metabolické kostní poruchy patří například osteoporóza a osteomalacie. Osteoporóza je charakteristická řídnutím tkáně, současným ubýváním organické matrix a minerálů. Kost se stává křehčí a je náchylnější k patologickým zlomeninám. V případě osteomalacie se jedná o poruchu mineralizace kostí. Nejčastější příčinou bývá nedostatek kalcitriolu. [12]

3.2.2 Provedení vyšetření statické scintigrafie skeletu

Pacient nemusí projít žádnou speciální přípravou, důležitá je dostatečná hydratace před vyšetřením, jelikož radiofarmakum se vylučuje močí. Před vyšetřením je vhodné podání chlorigenu (400 mg – dospělí) pro blokaci štítné žlázy. Po poučení pacienta o průběhu vyšetření a odebrání anamnézy lékařem, následuje intravenózní aplikace radiofarmaka ^{99m}Tc -difosfonátu. Dospělému člověku je aplikováno přibližně 500-800 MBq, u dětí se dávka přepočítává individuálně na základě jejich váhy. Vyšetření je zahájeno 2,5-4 hodiny po aplikaci, kvůli pomalejší metabolické aktivitě kostí, a celotělové vyšetření (Whole Body – WB) se snímá v přední a zadní projekci současně. [3]

U řady pacientů se může provádět i takzvaná třífázová scintigrafie skeletu, která zvyšuje specifitu vyšetření. Jedná se o kombinaci statické a dynamické scintigrafie. První fáze (perfuzní) je zahájena bezprostředně po podání radiofarmaka a jsou zaznamenávány rychlé sekvence obrazů. Tato fáze trvá 60-120 sekund. Ve druhé fázi (statické), označované jako blood pool, je zobrazený přechod radiofarmaka z krve do měkkých tkání a kostí. Statický snímek je proveden v rozmezí 5-10 minut od aplikace. Třetí fáze kostní (asi 2,5-4 hodiny po aplikaci) odpovídá klasické scintigrafii skeletu. [5]

3.3 Nukleární kardiologie

Nukleární kardiologie obsahuje několik typů vyšetření kardiovaskulárního systému. Jedná se o neinvazivní metody, poskytující funkční informace, kdy je možné kontrolovat například prokrvení myokardu, sledovat viabilitu myokardu apod. Dalším prospěchem těchto vyšetření může být zhodnocení závažnosti prodělaných infarktů a posouzení případných rizik dalších infarktů. Pomocí výsledných obrazů lze i diagnostikovat jiná závažná onemocnění, jako například ischemickou chorobu srdeční. Nejpoužívanější metodou, která spadá pod

nukleární kardiologii, je perfuzní scintigrafie myokardu. Dále sem patří například zobrazení glukozového metabolismu nebo vyšetření inervace myokardu. [13]

3.3.1 Perfuzní scintigrafie myokardu

Perfuzní scintigrafie myokardu je postavená na vychytávání radiofarmaka ve zdravých buňkách myokardu v závislosti na jeho prokrvení. Na výsledném skenu je tak možné porovnat oblasti správného prokrvení a případná místa, kde dochází k absenci vychytávání radiofarmaka. Tato místa mohou značit například oblast, která byla poškozena po prodělání infarktu myokardu nebo se jedná o části, které nejsou dostatečně zásobené krví. [14]

Při perfuzní scintigrafii myokardu se porovnávají dvě části: klidová a zátěžová. Klíčové je zde zjištění rezervy koronárního průtoku. U většiny pacientů s ischemickou chorobou srdeční je průtok krve koronárními tepnami v klidovém stavu normální i přes existující stenózy, a tak je zásobení myokardu dostatečné. Za těchto podmínek se distribuce zásobení, která je pozorovatelná na výsledném scintigramu, jeví jako homogenní. Nicméně v zátěžové fázi začnou být větší požadavky na spotřebu kyslíku, a tím i na prokrvení. Zúžené tepny zásobující myokard se již ale nemohou více dilatovat, a tak vzniká místo s nedostatečným zásobením. V takovém případě je možné pozorovat zdánlivě heterogenní distribuci s defektem nacházejícím se v oblasti, která je zásobena zúženou koronární tepnou. [3]

Zátěž může být provedena třemi způsoby: fyzická, farmakologická nebo kombinovaná zátěž. Optimálním vyšetřením je fyzická zátěž, která nejlépe odpovídá reálnému zatížení organismu. Fyzická zátěž bývá prováděna na bicyklovém ergometru za současné kontroly EKG a krevního tlaku. Pacientovi se postupně přidává zátěž a na vrcholu zátěže je mu podána radioaktivní látka.

Bohužel řada pacientů není schopna takovou fyzickou zátěž udržet, a proto se často provádí zátěž farmakologická, kdy se pacientovi podá látka s přímým vazodilatačním účinkem, která způsobí stejnou tělesnou reakci jako fyzická zátěž. Jedná se například o adenosin či dipyridamol. Poslední možností je zátěž kombinovaná, kdy se podle potřeby můžou zkombinovat zátěže fyzické a farmakologické. [5]

3.3.2 Indikace

Nejčastější indikací k vyšetření pacienta je ischemická choroba srdeční.

3.3.2.1 Ischemická choroba srdeční (ICHS)

Perfuzní scintigrafie myokardu může hrát roli při diferenciální diagnostice bolesti na hrudi k vyloučení či případnému potvrzení ischemické choroby srdeční. Provádí se také při screeningu u pacientů, kteří jsou řazeni do rizikových skupin, co se týče ICHS. Při zjištění stenózy je nutná stratifikace rizika a posouzení její závažnosti. [3]

3.3.3 Provedení vyšetření

Pokud pacient podstupuje zátěžovou perfuzní scintigrafii myokardu, měl by přijít nalačno a 24 hodin před vyšetřením by neměl pít žádné kofeinové nápoje a čaje. Podle pokynů lékaře musí také vysadit určité léky, které by mohly negativně ovlivňovat vyšetření (betablokátory, nitráty). [5]

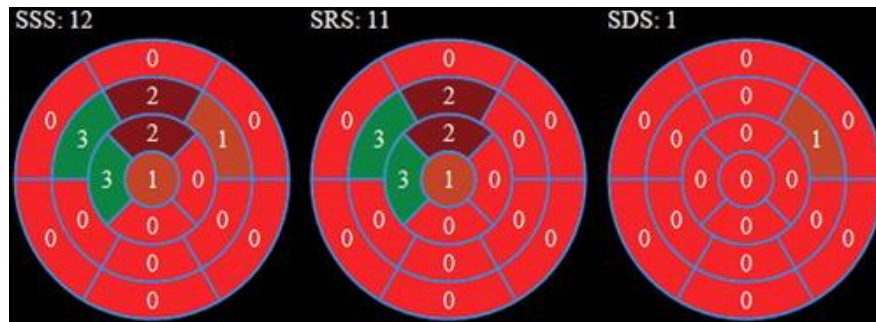
Existují dva přístupy, jakými toto vyšetření lze provést, jako jednodenní nebo dvoudenní protokol. Při jednodenním protokolu se provádí jak klidová, tak i zátěžová část v jeden den s odstupem cca 5 hodin. Při dvoudenním se každý den provede jedno. V současnosti jsou v praxi užívány dva typy radiofarmak – látky značené ^{99m}Tc (^{99m}Tc -MIBI nebo ^{99m}Tc -tetrofosmin) anebo případně ^{201}Tl -thallium. Pro ^{99m}Tc značené preparáty platí, že je nutné podat dvě samostatné injekce pro

zátěžové a klidové vyšetření. Při dvoudenním protokolu se jedná o rozestup minimálně 24 hodin a u jednodenního protokolu se pohybujeme s odstupem 3–4 hodiny. Při podání ^{99m}MIBI je pacientovi aplikováno 600–900 MBq na vrcholu zátěže. Samotné snímání začíná přibližně 30 minut po ukončení zátěžového testu a po aplikaci v klidu začíná snímání za déle než 45 minut. Snímání je prováděno na SPECT, kdy je pacient položen na záda s rukami nad hlavou. Detektory svírají 90 ° a rotují po dráze 180 °. Při snímání je pacient napojen na EKG a je používána technika nazývaná gated SPECT, který dovoluje současně vyšetřit perfuzi myokardu a zároveň i funkce levé komory srdeční, což umožňuje lepší interpretaci výsledků. [3]

Pro posouzení stavu srdce se používají následně vytvořené polární mapy, které zobrazují jednotlivé řezy srdcem. Pomocí nich je možné určit rozsah a závažnost případných perfuzních defektů. Výsledky získané pomocí scintigrafie jsou obvykle trojího typu: normální perfuze, reverzibilní defekt, kam patří například ischemie a fixní defekt, u kterého se může jednat například o jizvu po infarktu nebo o hibernující myokard. Reverzibilní a fixní defekt se v polárních mapách rozlišují na základě výskytu v klidové a zátěžové části. Reverzibilní defekt se zobrazí pouze v zátěžové části, zatímco fixní defekt můžeme pozorovat jak v zátěži, tak i v klidu. [15]

Polární mapy se hodnotí podle určitého systému, kdy levou komoru rozdělíme do 17 segmentů, přičemž střed mapy odpovídá apexu a okraje bázi srdeční. Každému segmentu je podle jeho perfuze přiřazeno číslo od 0-4, kde hodnota 0 odpovídá normální perfuzi, čísla 1-3 značí určité poškození a 4 znamená žádnou perfuzi. Součtem těchto jednotlivých hodnot dostáváme tzv. sumační skóre. Podle toho, jestli hodnotíme perfuzi v klidu nebo v zátěži se tato skóre označují jako sumační zátěžové skóre (SSS – Summed Stress Score) a sumační klidové skóre (SRS – Summed Rest Score). Čím vyšší skóre dostaneme

po výsledném součtu, tím horší je prognóza. Následně můžeme ještě zjistit sumační rozdílové skóre (SDS – Summed Difference Score) odečtením SRS od SSS, kterým můžeme porovnat rozdíly mezi zátěžovým a klidovým testem (viz. obrázek 3) a tím posoudit případnou míru reverzibility. [15]

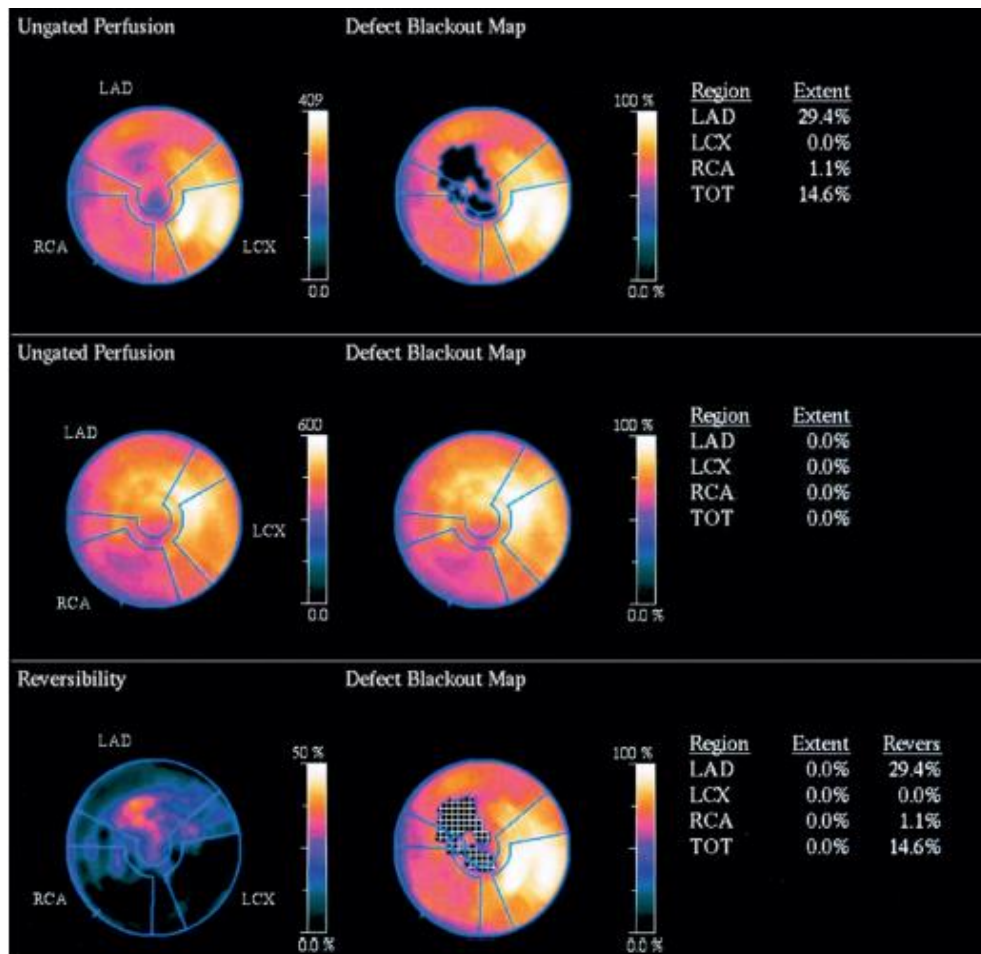


Obrázek 3 - sumační skóre [16]

Struktura polární mapy je rozdělena podle hlavních větví koronárního řečiště (viz. obrázek 4) na:

- LAD (left anterior descending coronary artery) neboli ramus interventricularis anterior levé koronární tepny;
- LCX (left circumflex coronary artery) neboli ramus circumflexus levé koronární tepny;
- RCA (right coronary artery) - pravá koronární tepna.

V prvním úseku je znázorněná zátěžová část vyšetření, kde můžeme pozorovat výpadek v prokrvení (černá barva) a celkové poškození myokardu levé komory odpovídá 14,6 % (na mapě označené jako TOT = total). Druhá část je klidová, která vykazuje normální nález. Třetí část je označená jako reversibility, jedná se o kvantifikaci rozdílu mezi zátěžovým a klidovým testem. [5]



Obrázek 4 – polární mapa [5]

3.4 Perfuzní a ventilační scintigrafie plic

Vyšetření plic na oddělení nukleární medicíny se dá dělit na vyšetření perfuzní a vyšetření ventilační. Pomocí těchto vyšetření lze zhodnotit krevní zásobení plic, distribuci plicní ventilace, odhalit plicní embolii či různé typy zánětů, malignit apod. Ventilační scintigrafie plic se většinou provádí současně s perfuzní scintigrafií, čímž je možné zvýšit specifitu perfuzní scintigrafie. Metody je možné provést současně díky tomu, že použité radionuklidy pro perfuzi a ventilaci mají rozdílné energie, které umí postprocessing následně odlišit. Scintigrafickému vyšetření by měl vždy předcházet rentgen hrudníku, aby se vyloučily ostatní možné příčiny defektů plicní perfuze jako například atelektáza. [17, 18]

3.4.1 Indikace

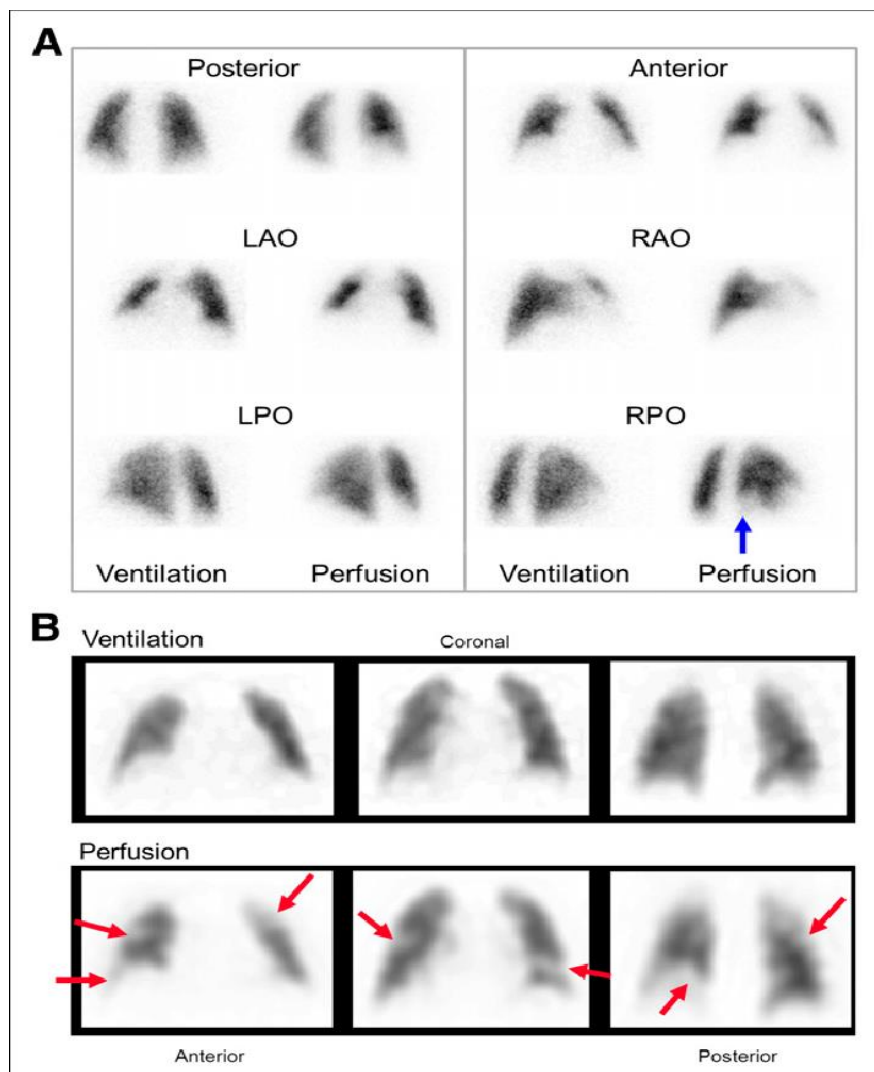
Scintigrafická vyšetření plic nám mohou být nápomocná při diagnostice značného počtu různých onemocnění.

3.4.1.1 Plicní embolie

Embolizace a. pulmonalis je nejčastější indikací k provedení scintigrafického vyšetření plic. V současné době je možné také detekovat embolizaci a. pulmonalis pomocí CT angiografického vyšetření. Oboje má své výhody i nevýhody. Výhodou plicní scintigrafie je její větší senzitivita, možnost vyšetření pacientů s alergií na jodové kontrastní látky či renální insuficiencí. CT angiografie je lépe dostupná a je možné současně detekovat i jiné patologické stavy, například aneurysma hrudní aorty. [3]

Při podezření na plicní embolii se indikuje buďto perfuzní scintigrafie plic nebo kombinace obou vyšetření. Při současném vyšetření perfuzní i ventilační scintigrafie je možné pozorovat dva jevy – PV (angl. V/Q) match nebo mismatch. Mismatch nastává v případě, že na perfuzních a ventilačních scintigramech pozorujeme rozdílné defekty. Příkladem je právě plicní embolie, kdy je možné pozorovat výpadek na perfuzních scintigramech, zatímco ventilační scintigramu jsou bez defektu. [19]

Tento případ je znázorněný na scintigramu (viz. obrázek 5). V příkladu A je modrou šipkou znázorněný jeden defekt v perfuzní scintigrafii, ventilační scintigrafie je však bez defektu. Případ byl označen jako střední pravděpodobnost plicní embolie. V příkladu B můžeme pozorovat několik přítomných defektů v perfuzi, které jsou znázorněny červenými šipkami. Pacient trpěl rozsáhlou hlubokou žilní trombózou. Match je naopak stav, kdy jsou defekty při perfuzi a ventilaci shodné, to je typické například u chronické obstrukční plicní nemoci. [19, 20]



Obrázek 5 – Mismatch [20]

LAO (Left Anterior Oblique), LPO (Left Posterior Oblique) – levé šikmé projekce

RAO (Right Anterior Oblique), RPO (Right Posterior Oblique) – pravé šikmé projekce

3.4.1.2 Obstrukční onemocnění

Mezi obstrukční onemocnění, které má za následky mimo jiné třeba redukcí alveolární ventilace, můžeme řadit například chronickou obstrukční plicní nemoc, která zahrnuje postižení typu emfyzém, chronickou bronchitidu nebo například exacerbaci astmatu. Při pokročilejších stavech se mohou objevit i následné poruchy perfuze jakožto následek hypoxické vazokonstrikce. [5]

3.4.2 Provedení vyšetření

Pacient nemusí projít žádnou speciální přípravou. Je naaplikován i.v. radiofarmakem vleže na zádech, aby se radiofarmakum vychytalo homogenně a nedošlo k ovlivnění perfuze plic gravitací. V horizontální poloze je totiž průtok krve plicemi rozložen rovnoměrně a jsou tak snáze rozpoznatelná patologická ložiska sníženého průtoku. [21]

Jako radiofarmakum se používá ^{99m}Tc -MAA (makroagregát albuminu) s aktivitou 100 MBq, v případě SPECT 150 MBq. Toto radiofarmakum v sobě obsahuje částice o velikosti 10-30 μm , přičemž průměr plicních kapilár činí přibližně 7-10 μm . Tato velikost zajišťuje, že po intravenózní aplikaci, se tyto částice zachytí v kapilárách a dočasně je tak embolizují. Avšak k embolizaci dojde zhruba jen u 0,1 % kapilár, proto se nemusíme obávat značnějšího vzestupu tlaku v plicnici či jiných komplikací. Optimální počet částic, které se aplikují pacientovi, je okolo 300 000. Částičky makroalbuminu se následně v intervalu 4-6 hodin rozštěpí, a tím se opět krevní řečiště zprůchodní. Je-li to nutné, lze počet částic redukovat, v případě, že pacient trpí plicní hypertenzí. [5]

Před samotnou aplikací radiofarmaka pacientovi musí být obsah stříkačky promíchán, a to z důvodu, aby došlo k homogenizaci suspenze. Následně při samotné aplikaci je důležité, aby krev nebyla aspirována do stříkačky, protože to může mít za následek vznik sraženin a znehodnocení radiofarmaka. Snímáme ve 4-8 základních projekcích (přední, zadní, bočné a šikmé). [22]

Při ventilační scintigrafii plic se používá nejčastěji radioaktivní plyn ^{81m}Kr s poločasem přeměny 13 sekund, který se získává z generátoru, jehož mateřským radionuklidem je ^{81}Rb . Krátký poločas přeměny zajišťuje nízkou radiační zátěž, jak pro pacienta, tak i pro personál. Pacient vdechuje radioaktivní látku za současného snímání ze stejných projekcí jako u perfuzní scintigrafie. Nevýhodou

těchto generátorů je, že poločas přeměny ^{91}Rb je pouze 4,6 hodiny, takže vydrží pouze na jednu směnu. Celé snímání při ventilační scintigrafii trvá pár minut. Další možností jsou také aerosoly – nejčastěji $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$. Jeho výhodou je jeho každodenní dostupnost na pracovišti. [3]

4 METODIKA

Data pro tuto bakalářskou práci byla sbírána zpětně z vyšetření provedených od 01.01.2020 do 31.12.2020 na pracovištích nukleární medicíny ve Všeobecné Fakultní nemocnici v Praze, Fakultní nemocnici v Motole a Fakultní nemocnici Královské Vinohrady.

Data o počtech vyšetřených pacientů, jejich věků, pohlaví a indikací byla získána z provozních deníků a z výpisů zdravotní pojišťovny. Druhy vyšetření a počty pacientů, kteří byli vyšetřeni, jsem sepsala do jednotlivých tabulek a vypočítala jejich procentuální zastoupení z celkového počtu vyšetřených lidí na daném pracovišti. Pomocí programu Microsoft Excel byla data týkající se věků a pohlaví pacientů zpracována do jednotlivých grafů.

5 VÝSLEDKY

5.1 Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

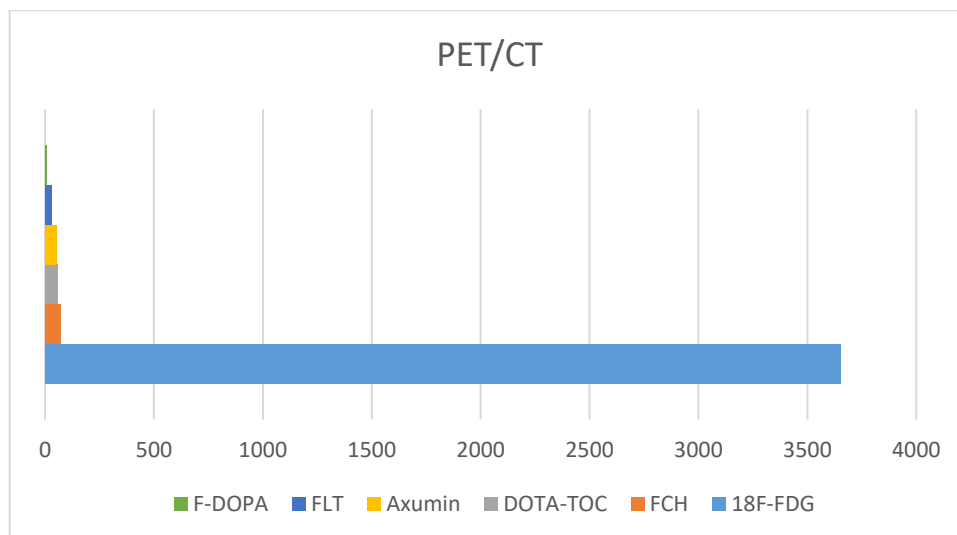
Ústav nukleární medicíny VFN je opatřen pěti scintilačními kamerami a PET/CT. Celkový počet vyšetřených pacientů za rok 2020 na klinickém oddělení ÚNM VFN je 8519.

5.1.1 Nejčastěji prováděná vyšetření v ÚNM VFN

Tabulka 1 – Vyšetření prováděná v ÚNM VFN na PET/CT

NÁZEV VYŠETŘENÍ	POČET PACIENTŮ	PROCENTUÁLNÍ ZASTOUPENÍ
Fluorodeoxyglukóza (¹⁸ F-FDG)	3654	94,30 %
Fluorocholine (FCH)	72	1,86 %
Edotreotid (DOTA-TOC)	57	1,47 %
Fluciklovin (Axumin)	53	1,37 %
Fluoro-L-thymidin (FLT)	32	0,82 %
Fluorodopa (F-DOPA)	7	0,18 %

Celkový počet pacientů vyšetřených na PET/CT odpovídá 3875, což tvoří 45,49 % ze všech provedených vyšetření v ÚNM VFN. 3654 pacientů vyšetřených na PET/CT byli vyšetřeni za použití ¹⁸F-FDG, která se hromadí v metabolicky aktivních buňkách (tumory, záněty). Toto zastoupení tvoří 94,30 %. Zbylých 5,70 % odpovídá ostatním radiofarmakům, která mají převážně onkologická využití.



Obrázek 6 - Vyšetření na PET/CT

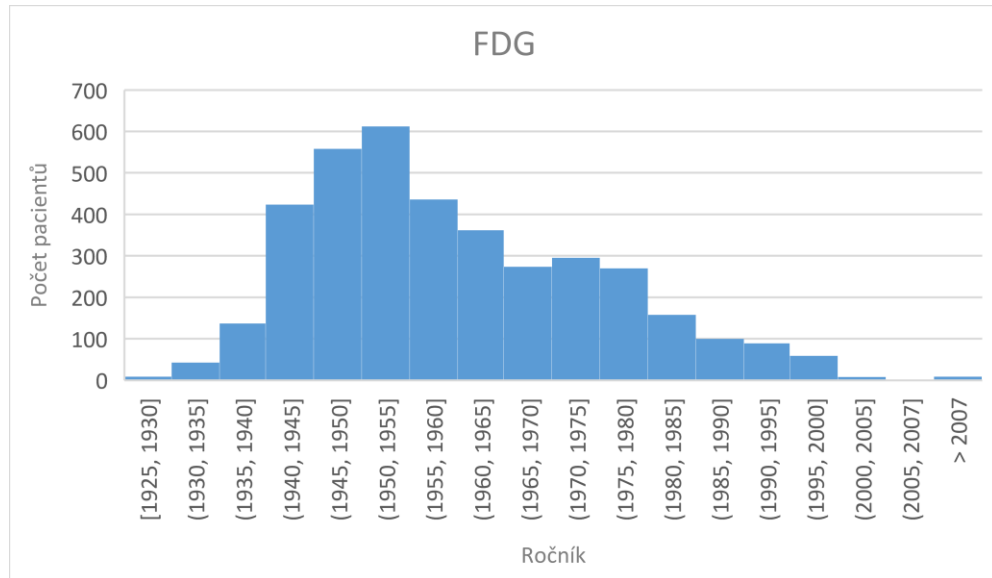
Počet lidí, kteří byli vyšetřeni na scintilačních kamerách, odpovídá 4644.

Tabulka 2 – Nejčastější vyšetření v ÚNM VFN prováděná na scintilačních kamerách

NÁZEV VYŠETŘENÍ	POČET PACIENTŮ	PROCENTUÁLNÍ ZASTOUPENÍ
Scintigrafie skeletu	973	20,95 %
Perfuzní scintigrafie myokardu	894	19,25 %
Perfuzní scintigrafie plic	516	11,11 %
Lymfoscintigrafie	318	6,85

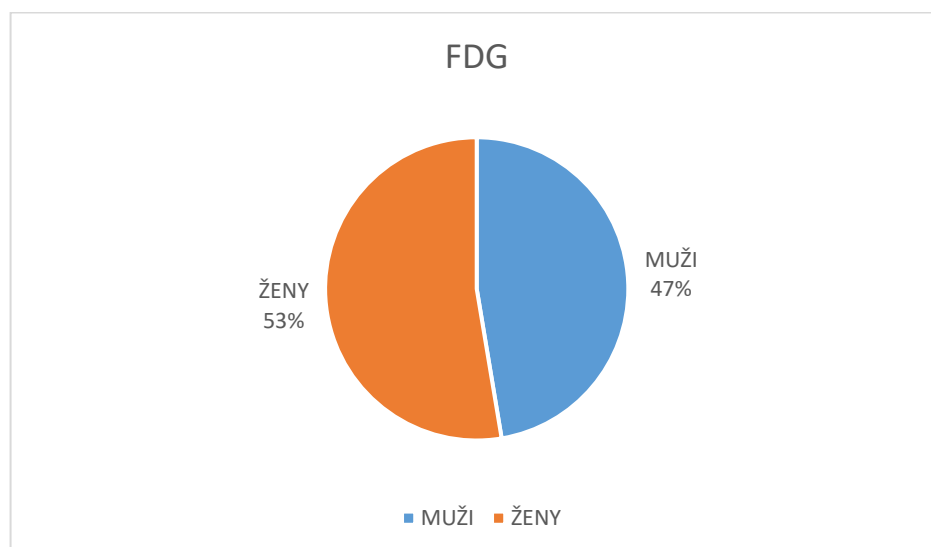
5.1.2 ^{18}F – Fluorodeoxyglukóza

5.1.2.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození pomocí ^{18}F – Fluorodeoxyglukózy



Obrázek 7 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u ^{18}F -Fluorodeoxyglukózy

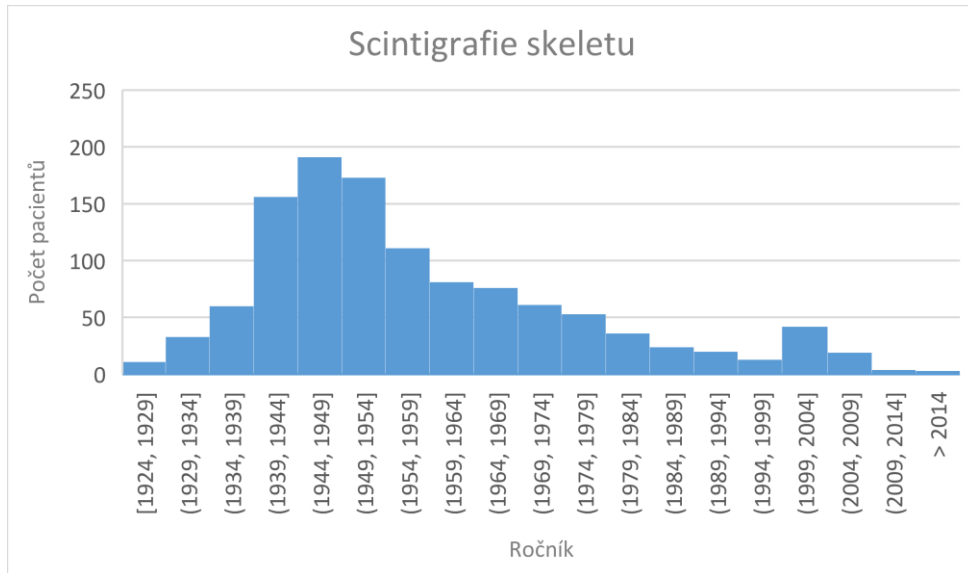
5.1.2.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u ^{18}F -Fluorodeoxyglukózy



Obrázek 8 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u ^{18}F -Fluorodeoxyglukózy

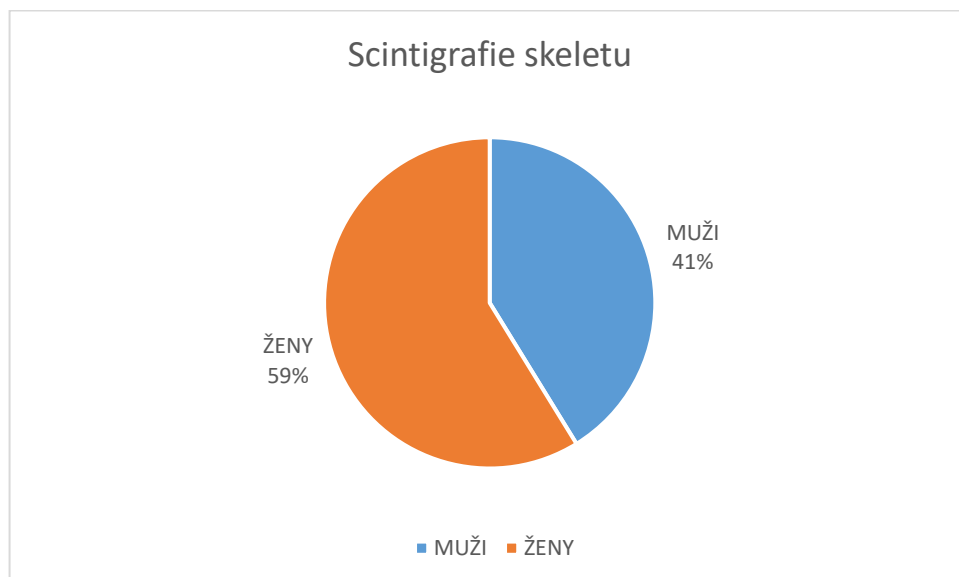
5.1.3 Scintigrafie skeletu

5.1.3.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu



Obrázek 9 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu

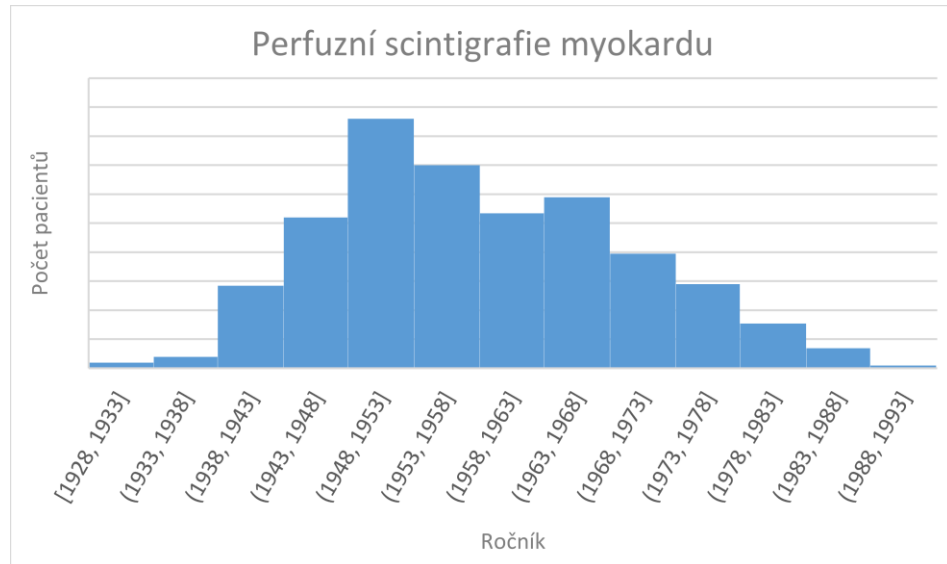
5.1.3.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu



Obrázek 10 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu

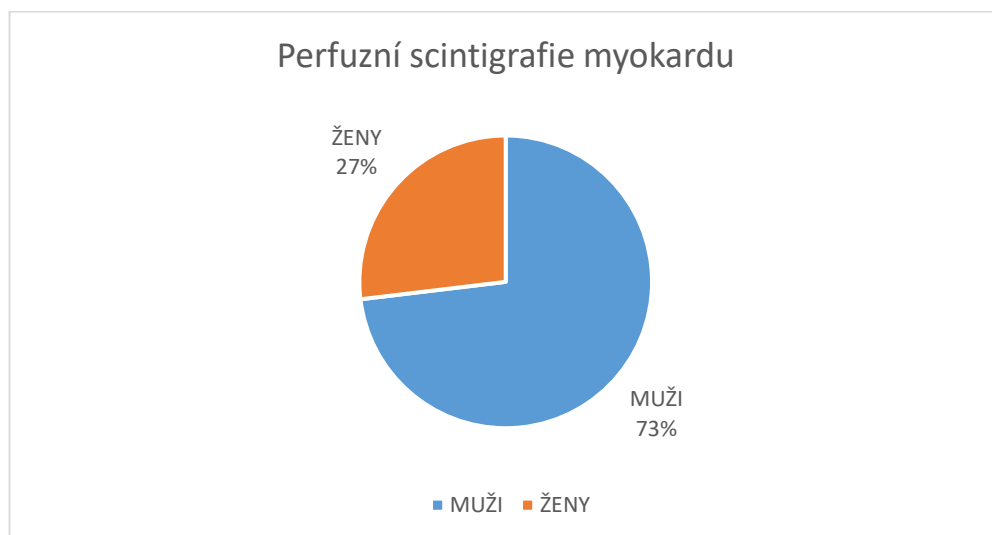
5.1.4 Perfuzní scintigrafie myokardu

5.1.4.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie myokardu



Obrázek 11 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie myokardu

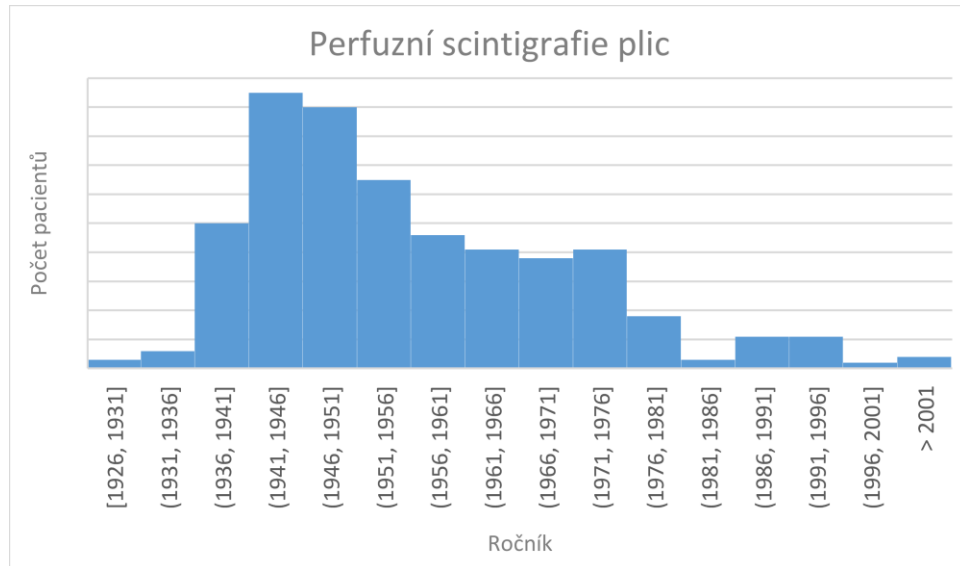
5.1.4.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie myokardu



Obrázek 12 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie myokardu

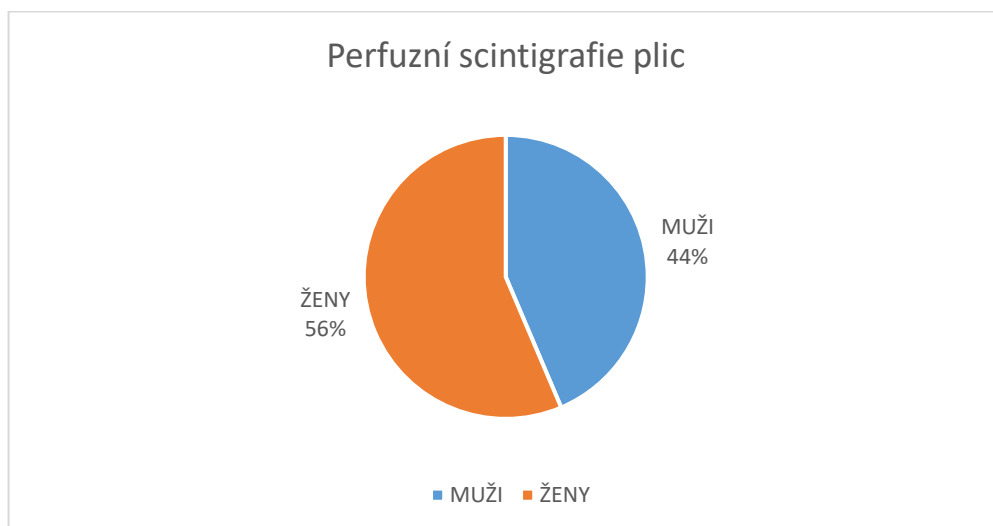
5.1.5 Perfuzní scintigrafie plic

5.1.5.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic



Obrázek 13 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic

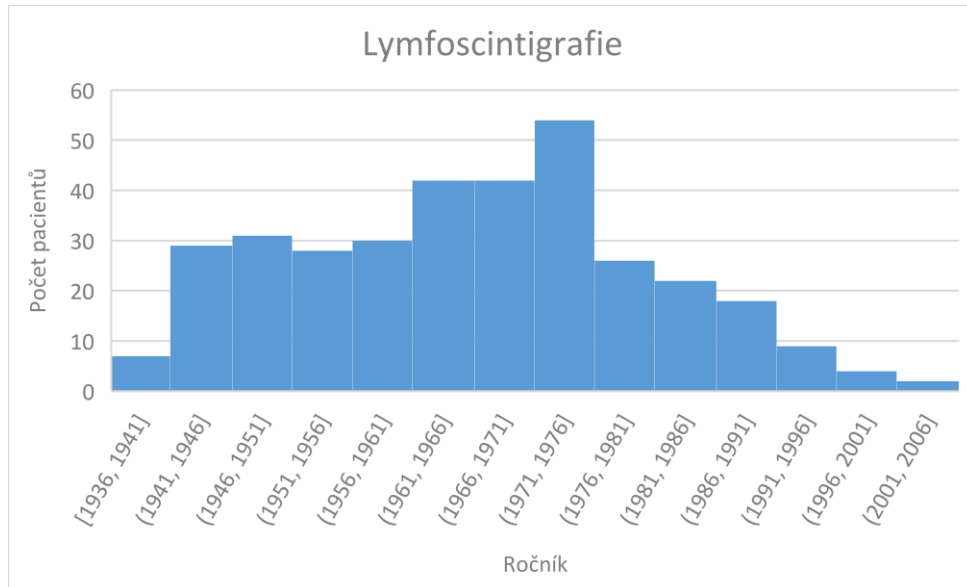
5.1.5.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic



Obrázek 14 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic

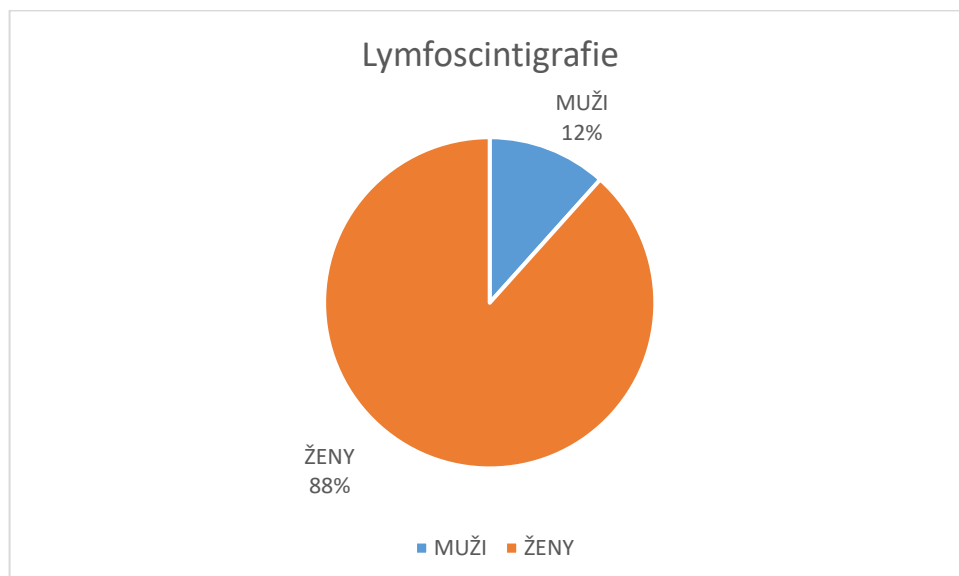
5.1.6 Lymfoscintigrafie

5.1.6.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie



Obrázek 15 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie

5.1.6.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie



Obrázek 16 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie

5.2 Fakultní nemocnice v Motole

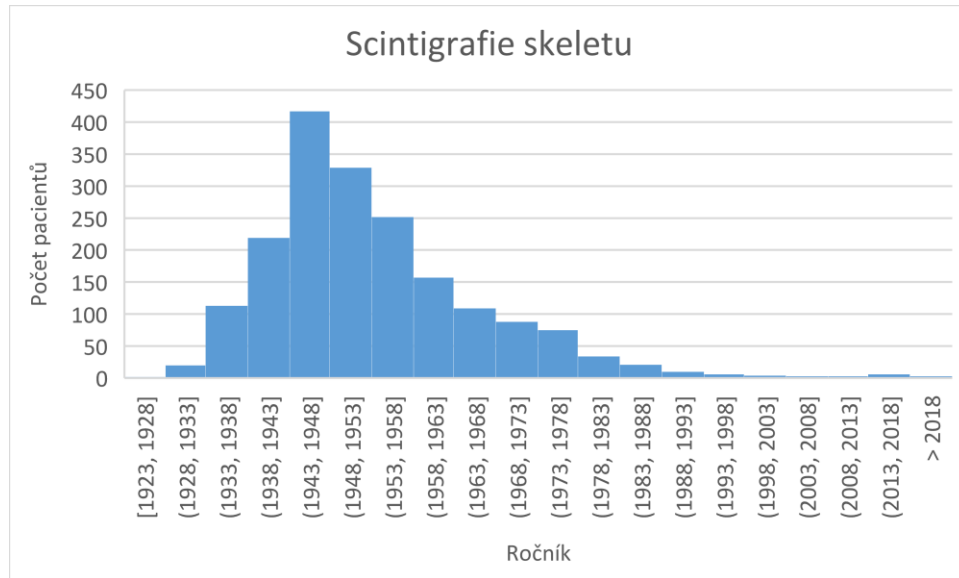
Pracoviště nukleární medicíny v FNM je vybavena třemi scintilačními kamerami. Celkový počet vyšetřených pacientů za rok 2020 na oddělení nukleární medicíny v Motole je 2651.

Tabulka 3 – Nejčastěji provedená vyšetření ve FNM

NÁZEV VYŠETŘENÍ	POČET PACIENTŮ	PROCENTUÁLNÍ ZASTOUPENÍ
Scintigrafie skeletu	1109	41,83 %
Dynamická scintigrafie ledvin	219	8,26 %
Scintigrafie sentinelové uzliny	188	7,09 %
Perfuzní scintigrafie plic	126	4,75 %
Lymfoscintigrafie	124	4,68 %

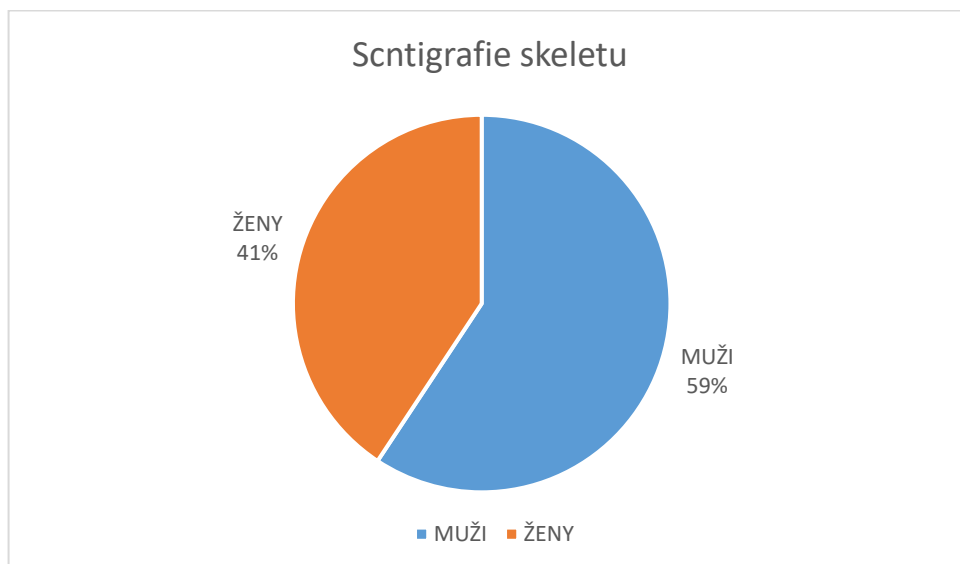
5.2.1 Scintigrafie skeletu

5.2.1.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu



Obrázek 17 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu

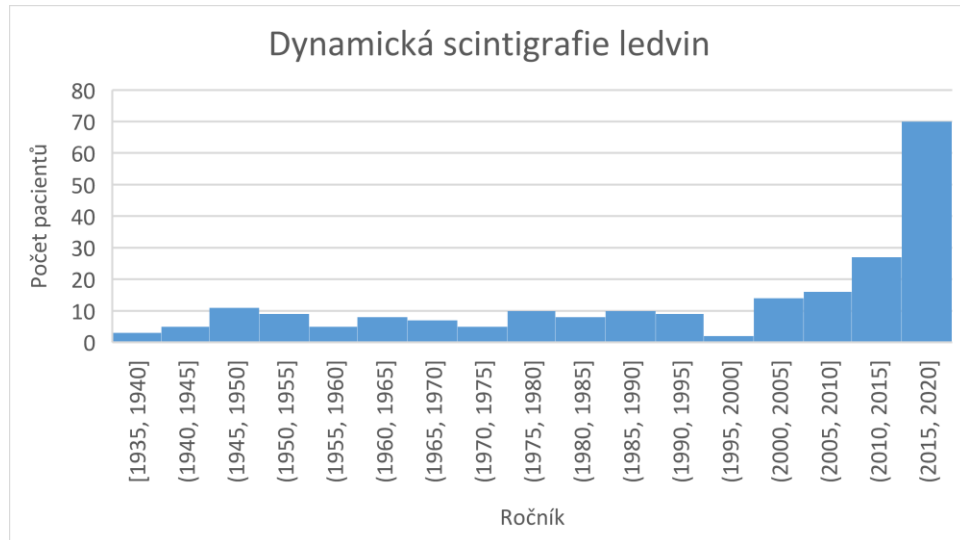
5.2.1.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu



Obrázek 18 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu

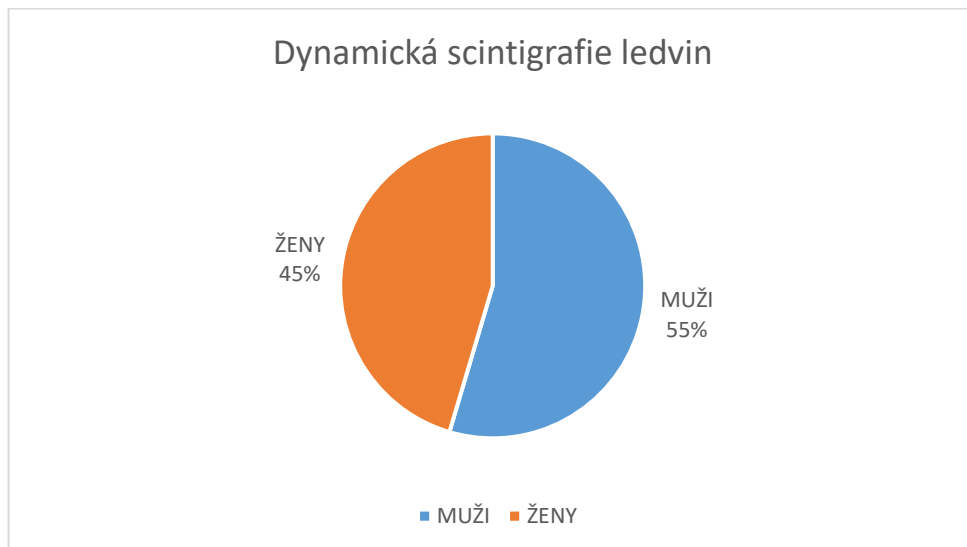
5.2.2 Dynamická scintigrafie ledvin

5.2.2.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u dynamické scintigrafie ledvin



Obrázek 19 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u dynamické scintigrafie ledvin

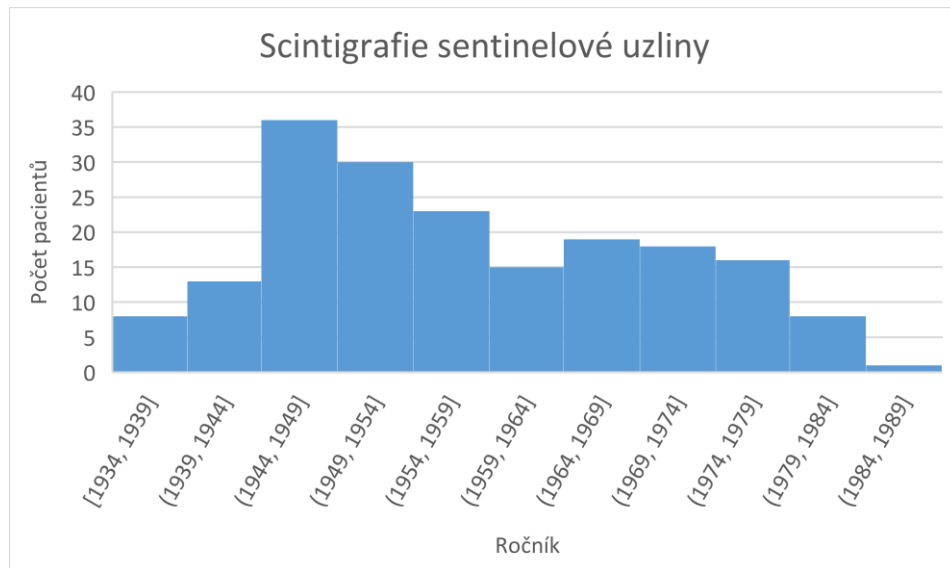
5.2.2.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u dynamické scintigrafie ledvin



Obrázek 20 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u dynamické scintigrafie ledvin

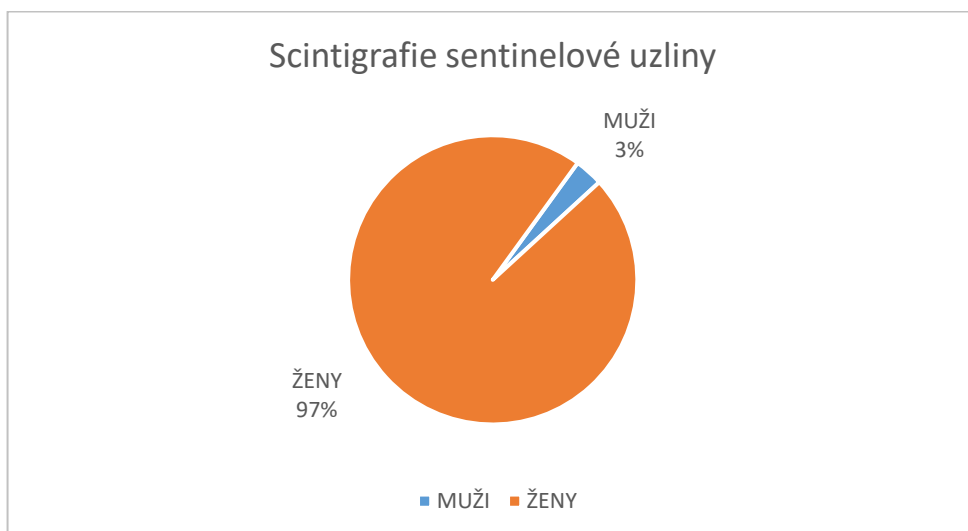
5.2.3 Scintigrafie sentinelové uzliny

5.2.3.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie sentinelové uzliny



Obrázek 21 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie sentinelové uzliny

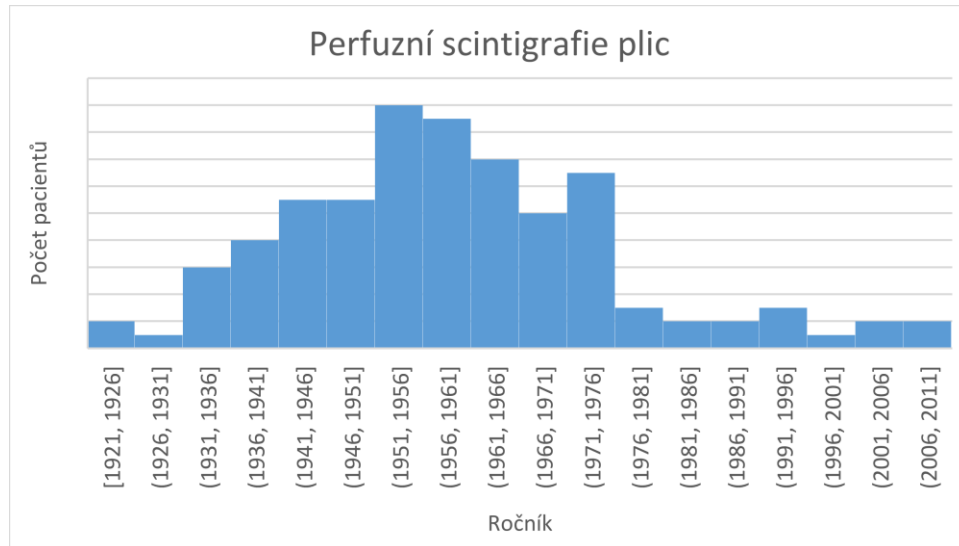
5.2.3.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie sentinelové uzliny



Obrázek 22 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie sentinelové uzliny

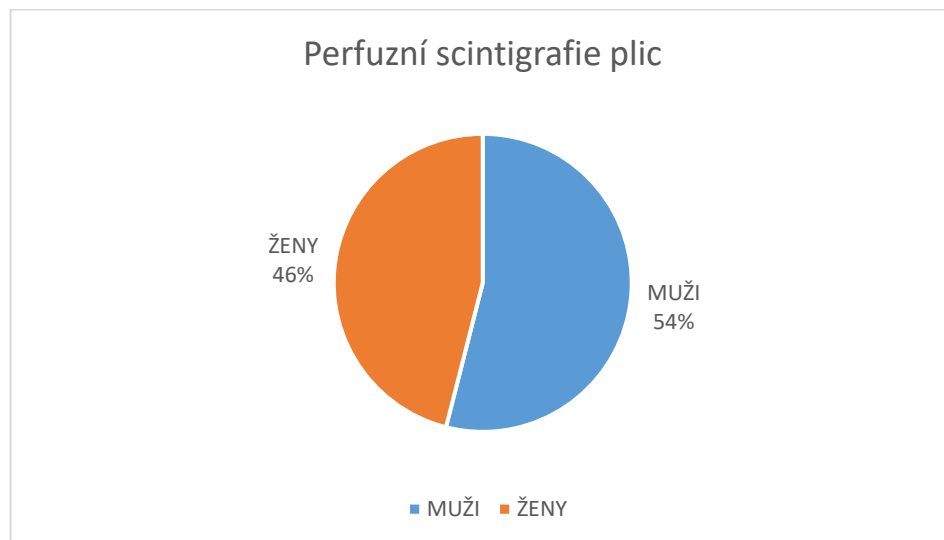
5.2.4 Perfuzní scintigrafie plic

5.2.4.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic



Obrázek 23 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic

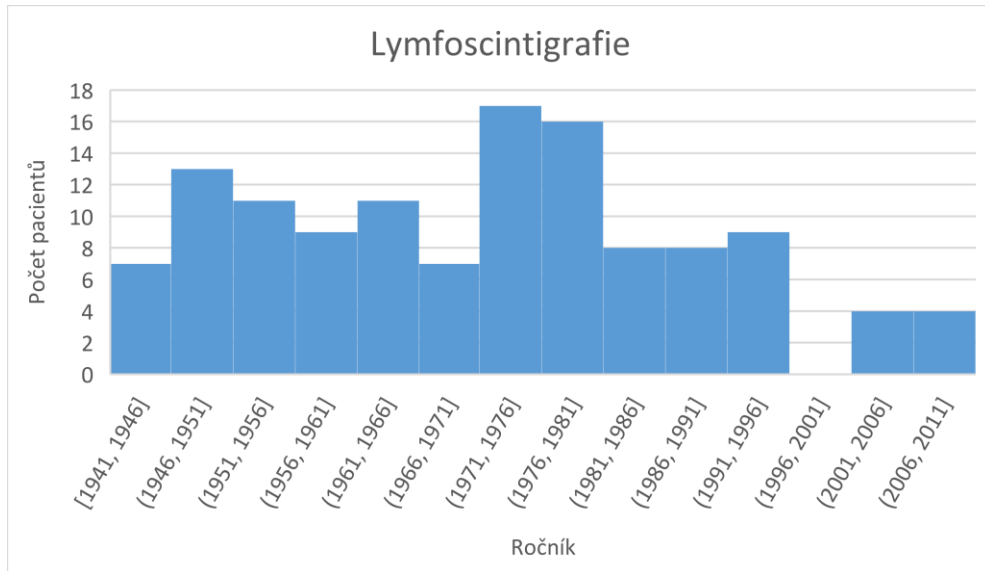
5.2.4.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic



Obrázek 24 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic

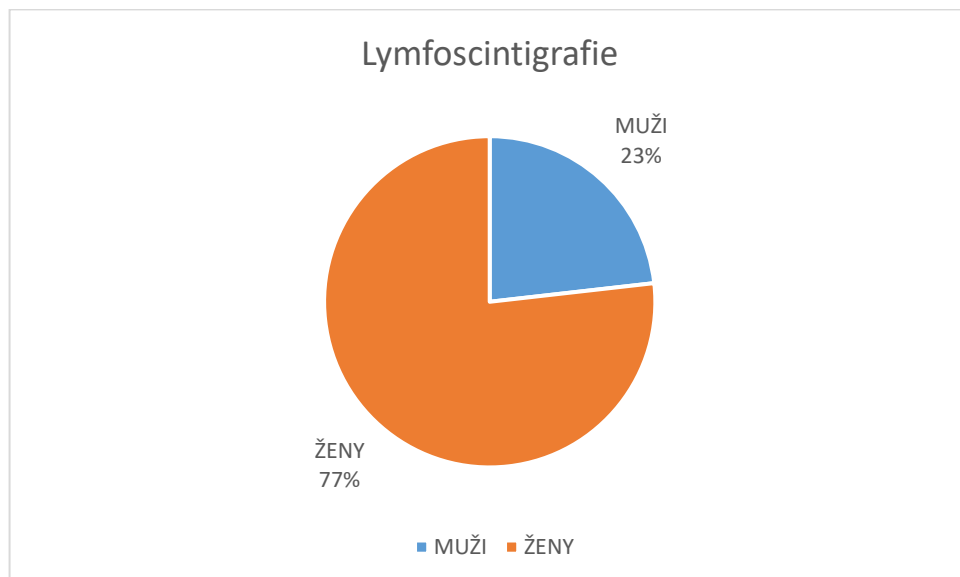
5.2.5 Lymfoscintigrafie

5.2.5.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie



Obrázek 25 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie

5.2.5.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie



Obrázek 26 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie

5.3 Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

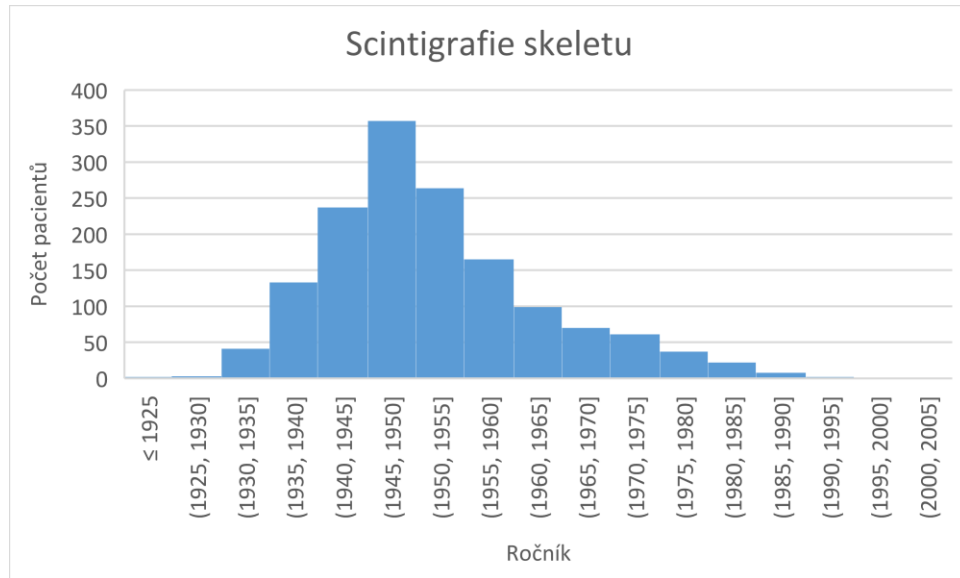
Klinika nukleární medicíny ve FNKV má k dispozici dvě scintilační kamery. Celkový počet vyšetřených pacientů za rok 2020 ve FNKV na klinice nukleární medicíny je 3809.

Tabulka 4 – Nejčastěji prováděná vyšetření ve FNKV

NÁZEV VYŠETŘENÍ	POČET PACIENTŮ	PROCENTUÁLNÍ ZASTOUPENÍ
Scintigrafie skeletu	1502	39,43 %
Perfuzní scintigrafie myokardu	531	13,90 %
Scintigrafie sentinelové uzliny	331	8,69 %
Perfuzní scintigrafie plic	320	8,40 %
Lymfoscintigrafie	169	4,44 %

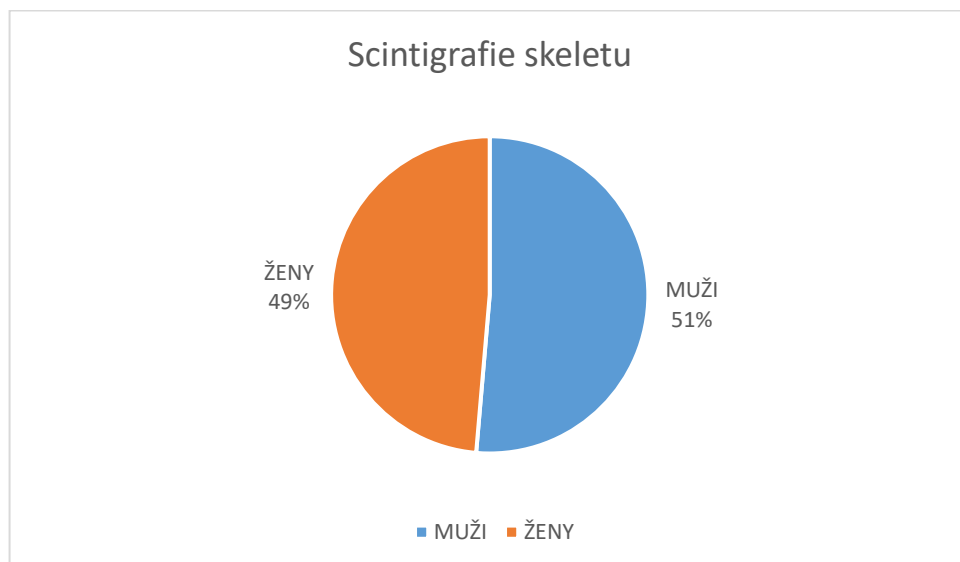
5.3.1 Scintigrafie skeletu

5.3.1.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu



Obrázek 27 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu

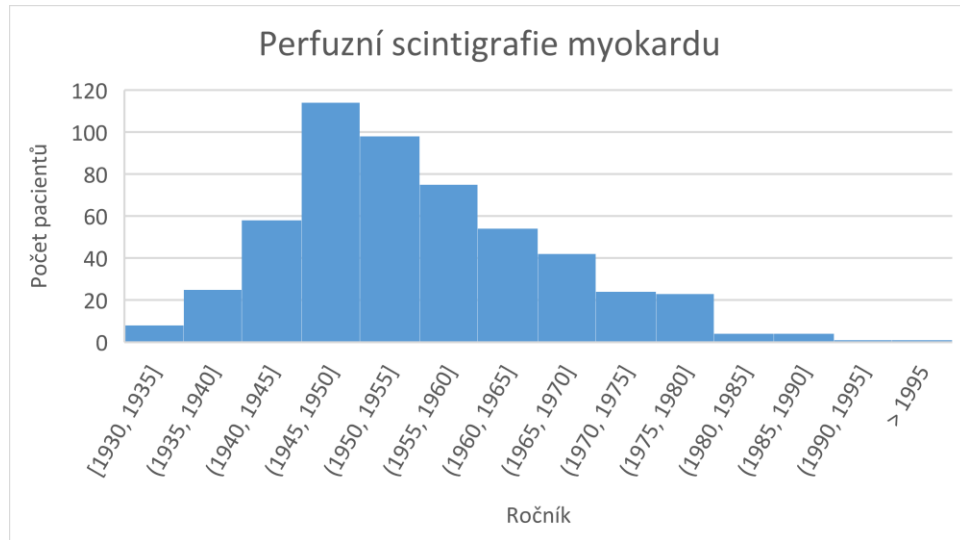
5.3.1.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu



Obrázek 28 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu

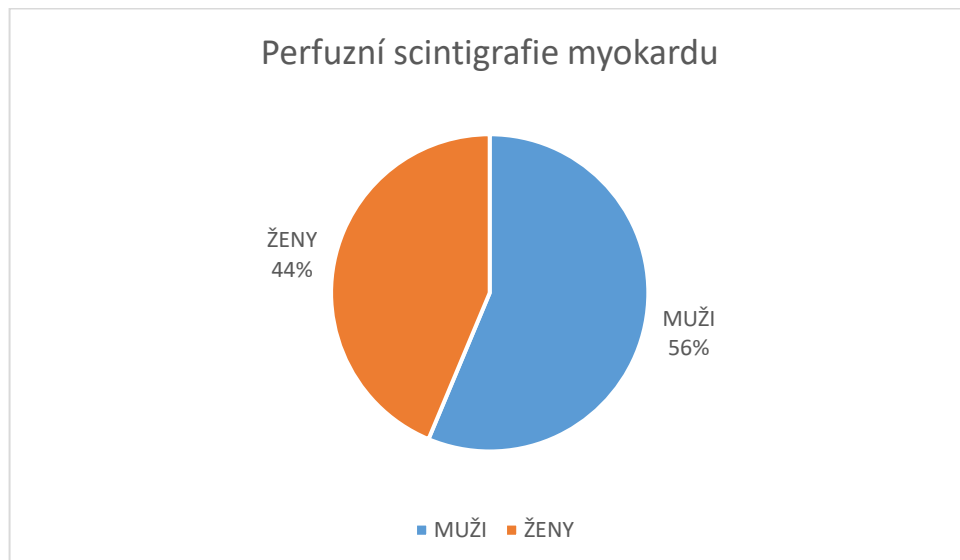
5.3.2 Perfuzní scintigrafie myokardu

5.3.2.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie myokardu



Obrázek 29 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie myokardu

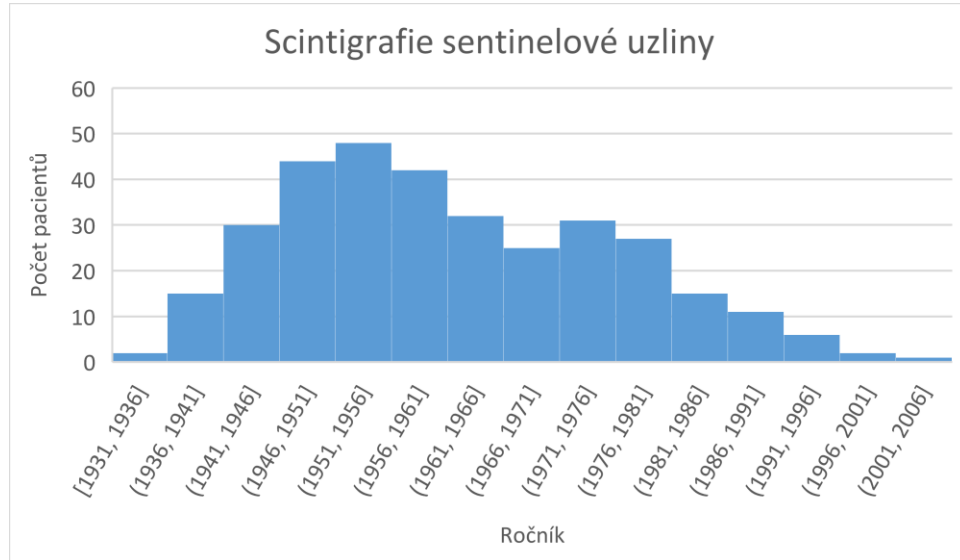
5.3.2.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie myokardu



Obrázek 30 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie myokardu

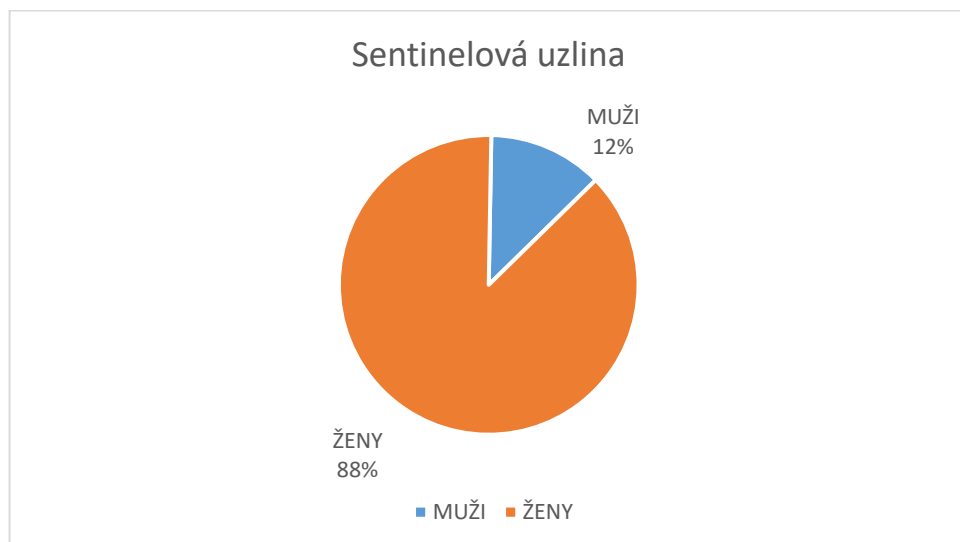
5.3.3 Scintigrafie sentinelové uzliny

5.3.3.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie sentinelové uzliny



Obrázek 31 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie sentinelové uzliny

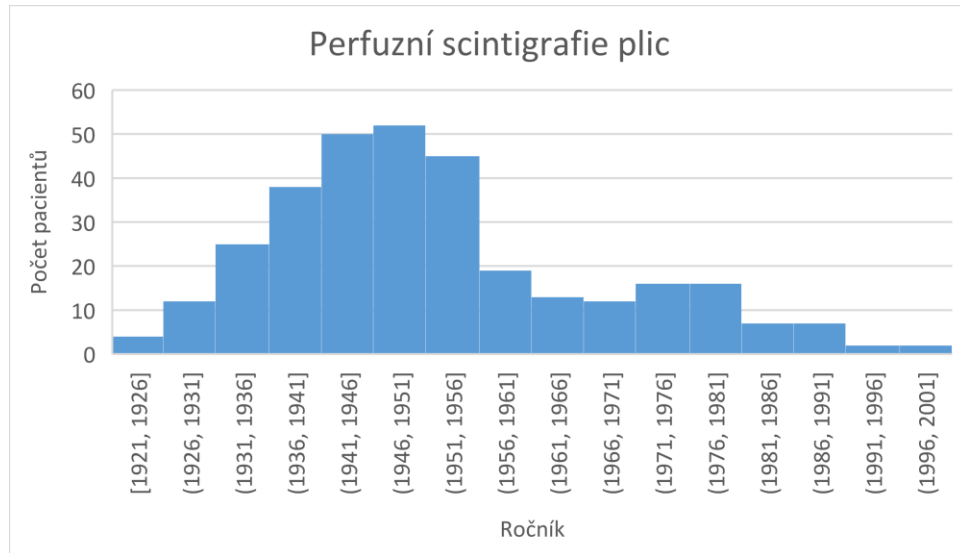
5.3.3.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie sentinelové uzliny



Obrázek 32 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie sentinelové uzliny

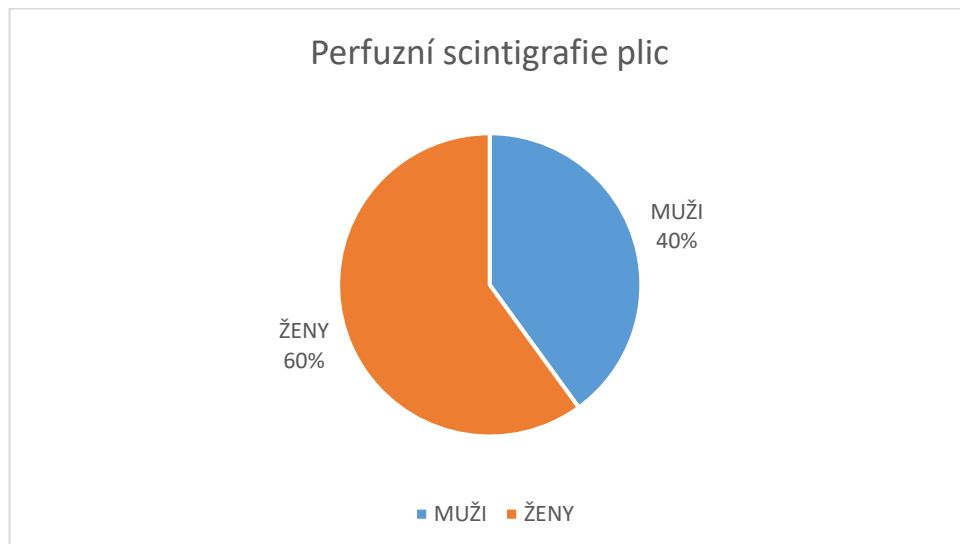
5.3.4 Perfuzní scintigrafie plic

5.3.4.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic



Obrázek 33 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic

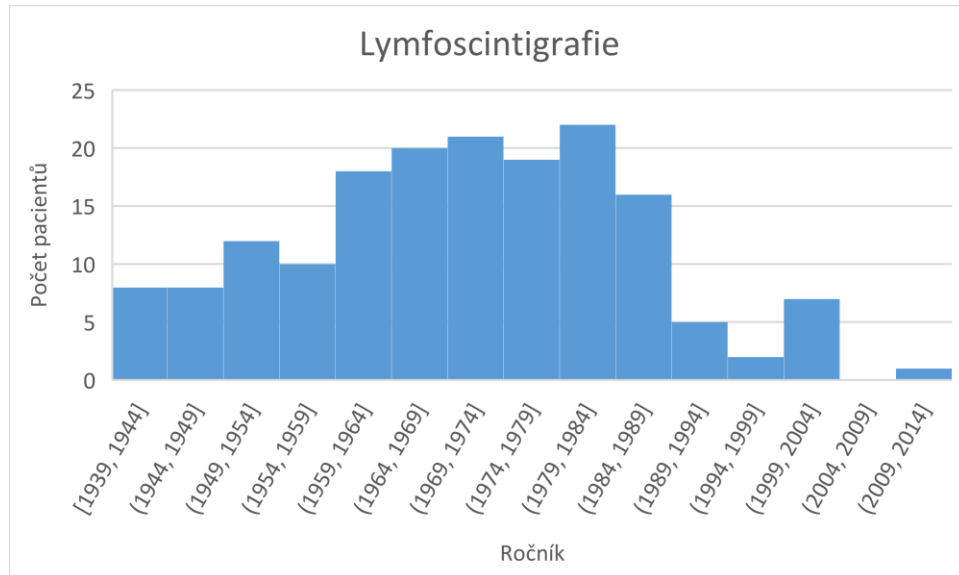
5.3.4.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic



Obrázek 34 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic

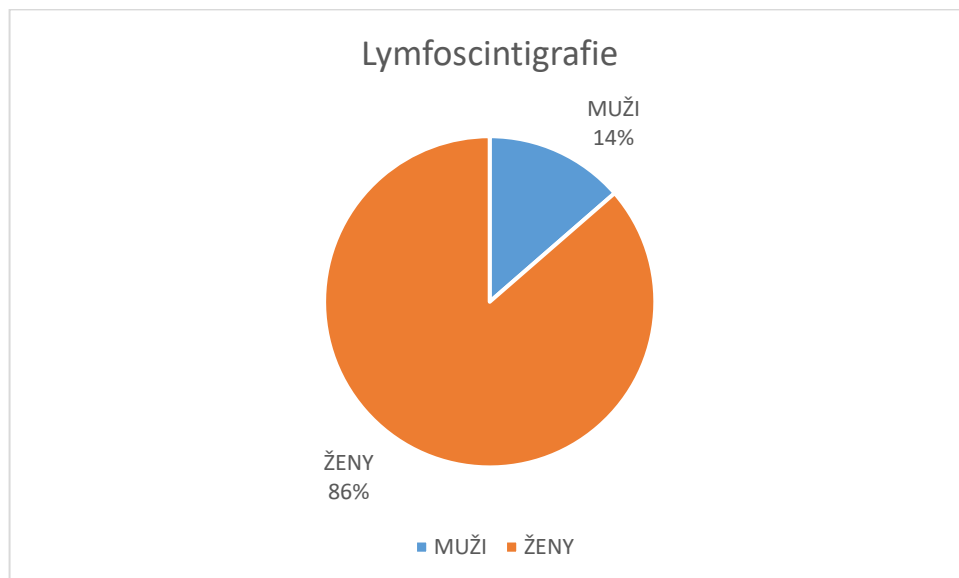
5.3.5 Lymfoscintigrafie

5.3.5.1 Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie



Obrázek 35 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie

5.3.5.2 Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie



Obrázek 36 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie

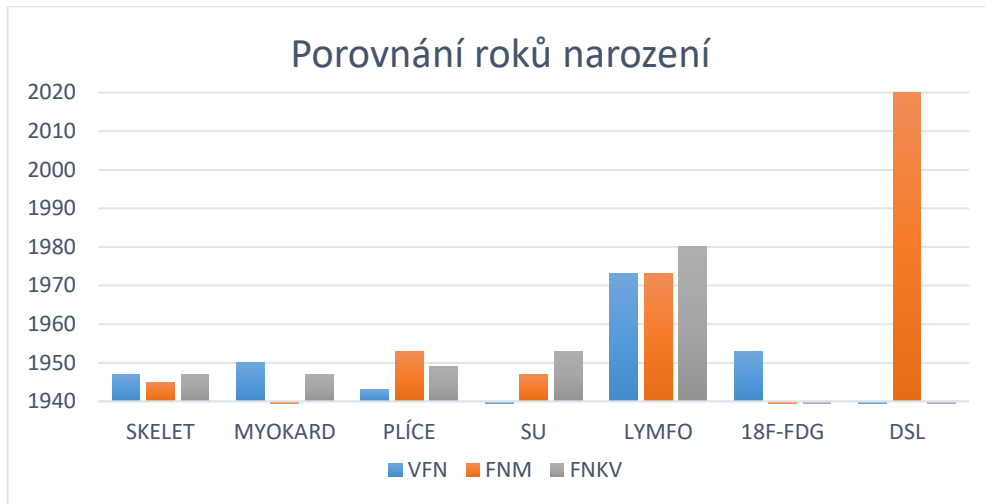
5.4 Shrnutí

5.4.1 Pořadí vyšetření v jednotlivých nemocnicích

Tabulka 5 – Pořadí vyšetření v jednotlivých nemocnicích

	VFN	FNM	FNKV
1.	Scintigrafie skeletu	Scintigrafie skeletu	Scintigrafie skeletu
2.	Perfuzní scintigrafie myokardu	Dynamická scintigrafie ledvin	Perfuzní scintigrafie myokardu
3.	Perfuzní scintigrafie plic	Scintigrafie sentinelové uzliny	Scintigrafie sentinelové uzliny
4.	Lymfoscintigrafie	Perfuzní scintigrafie plic	Perfuzní scintigrafie plic
5.	Scintigrafie štítné žlázy	Lymfoscintigrafie	Lymfoscintigrafie

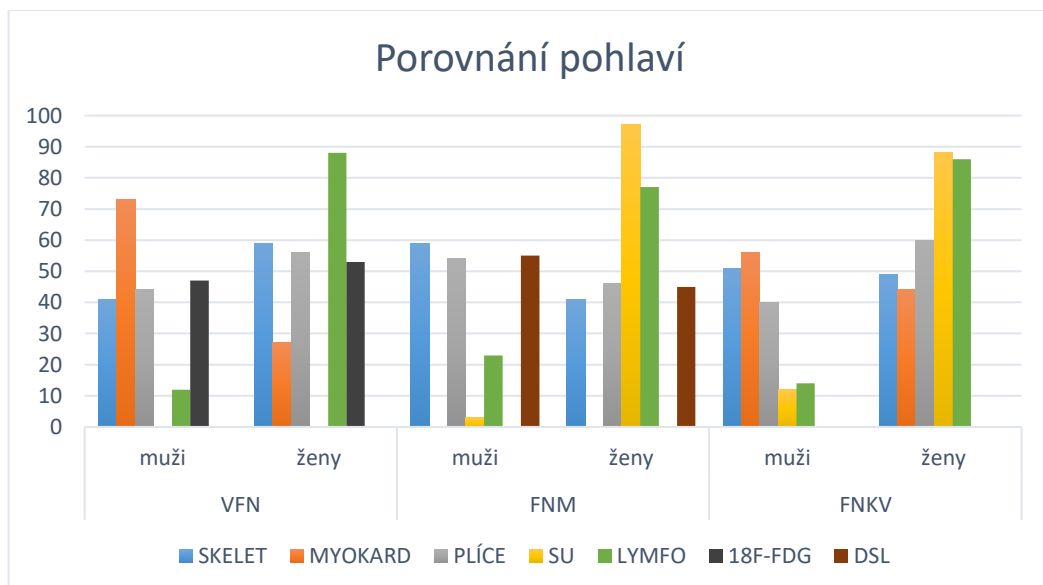
5.4.2 Porovnání nejčastěji vyšetřovaných roků narození u jednotlivých vyšetření



Obrázek 37 – Porovnání nejčastěji vyšetřovaných roků narození u jednotlivých vyšetření

SKELET – scintigrafie skeletu; MYOKARD – perfuzní scintigrafie myokardu; PLÍCE – perfuzní scintigrafie plic; SU – sentinelová uzlina; LYMFYO – lymfoscintigrafie; 18F-FDG – fluorodeoxyglukóza; DSL – dynamická scintigrafie ledvin

5.4.3 Porovnání zastoupení mužů a žen u jednotlivých vyšetření



Obrázek 38 – Porovnání zastoupení mužů a žen u jednotlivých vyšetření

*SKELET – scintigrafie skeletu; MYOKARD – perfuzní scintigrafie myokardu;
PLÍCE – perfuzní scintigrafie plic; SU – sentinelová uzlina; LYMFO –
lymfoscintigrafie; 18F-FDG – fluorodeoxyglukóza; DSL – dynamická scintigrafie ledvin*

6 DISKUZE

Bakalářská práce popisuje nejčastější vyšetřovací metody, které jsou prováděny na pracovištích nukleární medicíny. V teoretické části jsou popsány základní pojmy z nukleární medicíny a je uvedený popis postupů prováděných vyšetření, indikace k jejich použití a možné výsledky, ke kterým lze dojít po provedení daného vyšetření. Všechna data byla sbírána za rok 2020.

Ve **Všeobecné fakultní nemocnici** v Praze se nejčastěji provádí vyšetření pomocí beta zářiče ^{18}F FDG, pomocí gama zářičů pak scintigrafie skeletu, perfuzní scintigrafie myokardu, perfuzní scintigrafie plic a lymfoscintigrafie.

Nejčastěji prováděná vyšetření ve **Fakultní nemocnici v Motole** byla scintigrafie skeletu, dynamická scintigrafie ledvin, scintigrafie sentinelové uzliny, perfuzní scintigrafie plic a lymfoscintigrafie.

Ve **Fakultní nemocnici Královské Vinohrady** byly nejvíce zastoupené vyšetření scintigrafie skeletu, perfuzní scintigrafie myokardu, scintigrafie sentinelové uzliny, perfuzní scintigrafie plic a lymfoscintigrafie.

Vyšetření pomocí FDG ve VFN podstoupilo 3654 lidí. Celkově toto vyšetření tvoří 42,89 % ze všech provedených vyšetření a zároveň 94,30 % ze všech provedených vyšetření na přístroji PET/CT. Z celkového počtu bylo 47 % mužů a 53 % žen. Ročníky, které byly nejčastěji vyšetřovány, se pohybovali v rozmezí 1945–1955. Mezi indikace, které měly největší zastoupení, patří indikace onkologické. Časté zastoupení měly například zhoubné nádory dýchacího a trávicího ústrojí, dále zhoubné novotvary prsu nebo lymfomy, které zahrnovaly například klasický Hodgkinův lymfom nodulárně sklerotický, folikulární lymfomy, B-buněčný lymfom z velkých buněk apod. Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka byla 349 MBq.

Nejčastější vyšetřovací metodou, která byla na prvním místě u všech zkoumaných nemocnic, byla scintigrafie skeletu. Ve VFN tato metoda tvořila 20,95 % všech vyšetření, ve FNM 41,83 % a ve FNKV 39,43 %. Při porovnání zastoupení mužů a žen můžeme pozorovat, že se jedná o poměrně rovnoměrné rozložení. Pro ženy byla obecně nejčastější indikace zjišťování metastatického šíření u zhoubného nádoru prsu. U mužů se jednalo především o sledování metastáz u zhoubného novotvaru prostaty. Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka pro scintigrafii skeletu se pohybovala mezi 710-730 MBq.

Další vyšetření, které se vyskytovalo ve vysokém počtu, byla perfuzní scintigrafie myokardu. Ve VFN toto vyšetření tvořilo 19,25 % a v FNKV 13,90 %. Muži měli častější zastoupení než ženy, ve VFN tvořili až 73 % a v FNKV 56 %. Nejčastěji vyšetřovaní pacienti byli narozeni kolem roku 1950. Indikace k provedení vyšetření zahrnovaly esenciální (primární) hypertenzi, chronickou ischemickou chorobu srdeční či bolesti na hrudi. Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka byla 730-750 MBq.

Na dalším místě byla perfuzní scintigrafie plic. Ve VFN zastupovala 11,11 %, ve FNM 4,75 % a ve FNKV 8,40 %. Zastoupení mezi muži a ženami bylo poměrně vyvážené. Nejvíce vyšetřované ročníky odpovídaly rokům narození 1945-1950. Mezi dominující indikace k provedení perfuzní scintigrafii plic byla chronická ischemická choroba srdeční, plicní embolie bez akutního cor pulmonale, esenciální (primární) hypertenze nebo dušnost. Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka byla kolem 100 MBq.

Scintigrafie sentinelové uzliny byla jedna z dalších často užívaných metod. Ve FNM představovala 7,09 % a ve FNKV 8,69 %. Při tomto vyšetření byly vyšetřovány převážně jenom ženy, muži byli vyšetřováni jen ojediněle. Nejčastěji byli vyšetřováni lidé narození kolem roku 1950. Pro toto vyšetření bylo více

častých indikací, patřil tam například zhoubný melanom různých částí těla, zhoubný nádor prsu nebo třeba zhoubný novotvar hrdla děložního a endometria. Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka byla 20 MBq.

Lymfoscintigrafie dělala ve VFN 6,85 %, ve FNM 4,68 % a ve FNKV 4,44 %. Při porovnání zastoupení mužů a žen je patrné, že ženy tvoří dominantní část u tohoto vyšetření. Nejčastěji byli vyšetřováni pacienti, kteří se narodili v letech 1970–1980. Jednoznačně nejběžnější indikace k provedení scintigrafie sentinelové uzliny byla lymfedém, ale objevovaly se i další, například žilní městky dolních končetin bez vředu nebo zánětu či lokalizovaný edém. Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka byla 100 MBq.

Dynamická scintigrafie ledvin ve FNM tvořila 8,26 % celkového počtu. 55 % zastupovali muži a 45 % ženy. Rozmezí nejčastěji vyšetřovaných ročníků bylo 2015-2020. Jelikož se jedná o převážně dětské pacienty, převládaly tady především vrozené poruchy, jako například vrozená hydronefróza, vrozený megaloureter nebo vrozený veziko-uretero-renální reflux. U starších pacientů se jednalo například o hydronefrózy jiného typu (s obstrukcí pelviureterického spojení nebo se strikturou ureteru). Průměrná aplikovaná dávka radiofarmaka byla 64 MBq. Tato dávka je poměrně menší než za normálních okolností, jelikož pro dospělého člověka by měla být aplikována dávka kolem 100 MBq. Důvodem k takovému poklesu je právě vysoké zastoupení dětských pacientů, u kterých se aplikovaná dávka přepočítává individuálně na základě jejich hmotnosti podle tabulky EANM (European Association of Nuclear Medicine).

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce měla popsat nejčastěji užívané vyšetřovací metody v nukleární medicíně. Při porovnání různých nemocnic bylo možné pozorovat, že některá vyšetření se provádějí často na všech pracovištích, příkladem je například scintigrafie skeletu, která byla na prvním místě na všech pracovištích.

Rozdíly mezi jednotlivými pracovišti mohou být vysvětleny zaměřením daných nemocnic. Například Fakultní nemocnice v Motole se specializuje na dětské pacienty, a to může být důvodem, proč je na jejich pracovišti druhým nejvyužívanějším vyšetřením dynamická scintigrafie ledvin s majoritním zastoupením dětských pacientů.

Rozdíly v počtech pacientů byly v některých případech velice malé a je pravděpodobné, že počty vyšetřených pacientů za rok 2020 byly ovlivněny pandemickou situací.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CT	Computed Tomography (výpočetní tomografie)
DSL	Dynamická scintigrafie ledvin
EANM	European Association of Nuclear Medicine
EKG	Elektrokardiogram
FNKV	Fakultní nemocnice Královské Vinohrady
FNM	Fakultní nemocnice v Motole
ICHS	Ischemická choroba srdeční
KeV	Kiloelektronvolt
MRI	Magnetic Resonance Imaging
PV	Perfuze Ventilace
PET	Positron Emission Tomography
SDS	Summed Difference Score
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography
SRS	Summed Rest Score
SSS	Summed Stress Score
SU	Sentinelová uzlina

ÚNM Ústav nukleární medicíny

VFN Všeobecná fakultní nemocnice

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] SEIDL, Zdeněk, Andrea BURGETOVÁ a Eva HOFFMANOVÁ. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012, 368 s. ISBN 978-80-247-4108-6.

[2] ROSINA, Jozef Biofyzika: Pro zdravotnické a biomedicínské obory. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3.

[3] KORANDA, Pavel a kol. Nukleární medicína. Olomouc: UP, 2014, 204 s. ISBN 978-80-244-4031-6.

[4] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. Lékařská biofyzika a přístrojová technika. Brno: Neptun, 2001. ISBN 80-902-8961-4

[5] KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína. 2. Praha: P3K, 2015, 161 s. ISBN 978-80-87343-60-9.

[6] ULLMANN, Vojtěch. Radionuklidy: Výroba umělých radionuklidů. *AstroNuklFyzika* [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm

[7] PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření*. ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05319-5.

[8] RAMANNA, Lalitha. Hybrid Imaging: The Best of Both Worlds. *Itn* [online]. 2012 [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: www.itnonline.com/article/hybrid-imaging-best-both-worlds

[9] ANSELMINI, Carlos Eduardo. Skeletal metastases. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: radiopaedia.org/cases/skeletal-metastases-1

[10] HACKING, Craig a Frank GAILLARD. Stress fracture. *Radiopaedia* [online]. 2020 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/articles/stress-fracture-2?lang=us>

[11] HUNTER, John. Calcaneal stress fracture. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: radiopaedia.org/cases/calcaneal-stress-fracture-3?lang=us

[12] NAVRÁTIL, Leoš. *Vnitřní lékařství: pro nelékařské zdravotnické obory*. 2. Praha: Grada, 2017. ISBN 978-80-271-0210-5.

[13] Nuclear Cardiology. *Weill Cornell Medicine* [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: cardiology.weillcornell.org/clinical-services/nuclear-cardiology

[14] Myocardial Perfusion Scan, Stress. *Johns Hopkins Medicine* [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/myocardial-perfusion-scan-stress

[15] KAMÍNEK, Milan, Lang OTTO, Hušák VÁCLAV a Mysliveček MIROSLAV. *Atlas nukleární kardiologie: Atlas of nuclear cardiology : hodnocení myokardiální perfuze, funkce a viability u pacientů se suspektní nebo známou ischemickou chorobou srdeční*. Praha: Agentura Pankrác, 2003. ISBN 80-867-8100-3.

[16] DVORAK, Ryan A. a Richard K. J. BROWN. Interpretation of SPECT/CT Myocardial Perfusion Images: Common Artifacts and Quality Control Techniques. In: *RadioGraphics* [online]. RSNA, 2011 [cit. 2021-01-16]. Dostupné z: pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.317115090

[17] DENG, Francis a Natalie LAWRENCE. *V/Q scan* [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: radiopaedia.org/articles/vq-scan-2

[18] SOUČEK, Miroslav, Jindřich ŠPINAR a Jiří VORLÍČEK. *Vnitřní lékařství*. Brno: Grada, 2011. ISBN 978-80-210-5418-9.

[19] SANTOS-LONGHURST, Adrienne. *What You Need to Know About V/Q Mismatch* [online]. 2018 [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: www.healthline.com/health/v-q-mismatch

[20] BAILEY, Dale. V/Q scanning using SPECT and SPECT/CT. In: *ResearchGate* [online]. 2013 [cit. 2021-01-17]. Dostupné z: www.researchgate.net/publication/254273206_VQ_scanning_using_SPECT_and_SPECTCT

[21] ŠAMÁNEK, Milan a Cyril RUTH. *Perfusní scintigrafie plic u dětí*. Praha: Avicenum, 1979.

[22] MACRO-ALBUMON KIT 2MG Kit pro radiofarmakum – Databáze léčiv. [online]. Dostupné z: <https://mediately.co/cz/drugs/8iyaurLAr8TUo8qhOIHfLR7yoDo/macro-albumon-kit-2mg-kit-pro-radiofarmakum>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – celotělová (Whole Body – WB) scintigrafie skeletu – metastázy po nádoru prostaty	19
Obrázek 2 - stresová zlomenina levé patní kosti	20
Obrázek 3 - sumační skóre	25
Obrázek 4 – polární mapa	26
Obrázek 5 – Mismatch	28
Obrázek 6 - Vyšetření na PET/CT	33
Obrázek 7 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u ¹⁸ F-Fluorodeoxygluózy	34
Obrázek 8 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u ¹⁸ F-Fluorodeoxygluózy	34
Obrázek 9 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu	35
Obrázek 10 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu	35
Obrázek 11 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie myokardu	36
Obrázek 12 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie myokardu	36
Obrázek 13 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic	37
Obrázek 14 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic	37
Obrázek 15 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie	38
Obrázek 16 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie	38

Obrázek 17 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu	40
Obrázek 18 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu	40
Obrázek 19 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u dynamické scintigrafie ledvin	41
Obrázek 20 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u dynamické scintigrafie ledvin	41
Obrázek 21 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie sentinelové uzliny	42
Obrázek 22 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie sentinelové uzliny	42
Obrázek 23 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic	43
Obrázek 24 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic	43
Obrázek 25 – Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie	44
Obrázek 26 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie	44
Obrázek 27 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie skeletu	46
Obrázek 28 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie skeletu	46
Obrázek 29 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie myokardu	47
Obrázek 30 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie myokardu	47

Obrázek 31 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u scintigrafie sentinelové uzliny	48
Obrázek 32 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u scintigrafie sentinelové uzliny	48
Obrázek 33 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u perfuzní scintigrafie plic	49
Obrázek 34 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u perfuzní scintigrafie plic	49
Obrázek 35 - Počet vyšetřených pacientů v závislosti na roku narození u lymfoscintigrafie	50
Obrázek 36 – Rozdělení vyšetřených pacientů v závislosti na pohlaví u lymfoscintigrafie	50
Obrázek 37 – Porovnání nejčastěji vyšetřovaných roků narození u jednotlivých vyšetření	52
Obrázek 38 – Porovnání zastoupení mužů a žen u jednotlivých vyšetření ...	52

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Vyšetření prováděná v ÚNM VFN na PET/CT.....	31
Tabulka 2 – Nejčastější vyšetření v ÚNM VFN prováděná na scintilačních kamerách.....	32
Tabulka 3 – Nejčastěji provedená vyšetření ve FNM.....	38
Tabulka 4 – Nejčastěji prováděná vyšetření ve FNKV.....	44
Tabulka 5 – Pořadí vyšetření v jednotlivých nemocnicích.....	50