

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Michaela Šoltová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při radionuklidovém vyšetření štítné žlázy

Michaela Šoltová

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Šoltová**
Osobní číslo: **Z16137**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při radionuklidovém vyšetření štítné žlázy**
Zadávací katedra: **Katedra klinických oborů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné 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. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.
3. **MAREK, Josef a Václav HÁNA.** Endokrinologie. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7262-484-3.
4. **PODZIMEK, František.** Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.
5. **STÁRKA, Luboslav a Václav ZAMRAZIL.** Základy klinické endokrinologie. 2., rozš. vyd. Praha: Maxdorf, c2005. Jessenius. ISBN 80-7345-066-6.

Vedoucí bakalářské práce: **PharmDr. Kateřina Žilková**

Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2019**

prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.

Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 4. března 2019

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29.4.2019

Michaela Šoltová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce, PharmDr. Kateřině Žilkové, za cennou pomoc, rady, trpělivost a vstřícnost při vedení mé práce. Další díky patří mé rodině a příteli za obrovskou podporu a pochopení během celého studia.

ANOTACE

Práce se věnuje představení štítné žlázy, popisuje její anatomii, fyziologii i patofyziologii. Je zaměřena na popis průběhu scintigrafického vyšetření štítné žlázy a úlohu radiologického asistenta při něm. Zabývá se také popisem přístrojů, přítomného záření a v neposlední řadě důležitou radiační ochranou.

KLÍČOVÁ SLOVA

štítná žláza, záření, scintigrafie, nukleární medicína

TITLE

The role of a radiological assistant during the radionuclide examination of the thyroid gland

ANNOTATION

The thesis deals with the introduction of the thyroid gland, describes its anatomy, physiology and pathophysiology. It is focused on the description of the scintigraphic examination of the thyroid gland and the role of the radiological assistant during it. It also deals with the description of the devices, the present radiation and last but not least with the important radiation protection.

KEYWORDS

thyroid gland, radiation, scintigraphy, nuclear medicine

OBSAH

Úvod.....	11
1 Cíl práce.....	12
2 Teoretická část	13
2.1 Radiologický asistent	13
2.2 Anatomie štítné žlázy	14
2.2.1 Makroskopická stavba	14
2.2.2 Mikroskopická stavba	15
2.2.3 Cévy a nervy	15
2.3 Fyziologie štítné žlázy.....	16
2.3.1 Hormony	16
2.4 Patofyziologie	17
2.4.1 Struma.....	18
2.4.2 Hypertyreóza.....	19
2.4.3 Hypotyreóza.....	20
2.4.4 Tyreoiditida.....	21
2.4.5 Nádory	22
2.5 Klinické hodnocení štítné žlázy podle její struktury	23
2.5.1 Vyšetření palpací	23
2.5.2 Vyšetření ultrazvukem	23
2.5.3 Vyšetření biopsií a cytologie	23
2.5.4 Scintigrafie.....	23
2.6 Scintigrafické vyšetření.....	24
2.7 Popis scintigrafie štítné žlázy.....	25
2.8 Radioaktivita a ionizující záření.....	27
2.9 Radiační ochrana.....	29
2.9.1 Limity ozáření.....	29

2.9.2	Možnosti snížení radiační zátěže v NM.....	31
2.10	Radiofarmaka	31
2.10.1	Charakteristika radiofarmak	32
2.10.2	Zdroje a výroba radionuklidů	32
2.10.3	Aplikační formy radiofarmak	33
2.10.4	Biologické chování radiofarmak.....	34
3	praktická část	35
3.1	Gamakamera	35
3.1.1	Veličiny spojené se scintigrafickým zobrazováním	36
3.1.2	Kolimátory	37
3.1.3	Vznik a zpracování obrazu	38
3.1.4	Uchovávání obrazů a jejich přenos.....	39
3.2	Příprava a edukace pacienta	39
3.3	Úloha radiologického asistenta při vyšetřeních na oddělení nukleární medicíny.....	40
3.4	Popis průběhu scintigrafického vyšetření štítné žlázy a úlohy radiologického asistenta při něm.....	40
3.4.1	Radiační ochrana pacientů a personálu při vyšetření.....	43
3.5	Porovnání provedení scintigrafie štítné žlázy na odděleních nukleární medicíny	44
4	Diskuze	47
5	Závěr	49
6	Použitá literatura	50
7	Přílohy.....	53

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Struma (Míková, 2008, s. 78).....	18
Obrázek 2 Normální nález na štítné žláze (Míková, 2008, s. 76).....	24
Obrázek 3 Rozdělení nukleární medicíny (Míková, 2008, s. 7).....	25
Obrázek 4 Olověné zástěry (vlastní zdroj)	31
Obrázek 5 Eluční generátor $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Kupka a kol., 2007 s. 32)	33
Obrázek 6 Gamakamera (vlastní zdroj)	36
Obrázek 7 Horký a studený uzel (Míková, 2008, s. 76).....	37
Obrázek 8 Hlava kamery s kolimátorem pinhole (vlastní zdroj).....	37
Obrázek 9 Digestoř (vlastní zdroj).....	41
Obrázek 10 Vnitřek digestoře s radiofarmaky (vlastní zdroj)	41
Obrázek 11 Tekutina k spláchnutí slin a bodový zdroj záření k označení jugula	42
Obrázek 12 Poloha pacienta (vlastní zdroj).....	42
Obrázek 13 Olověné kryty na stříkačky (vlastní zdroj) Obrázek 14 Olověné stínění pracoviště (vlastní zdroj).....	44
Tabulka 1 Procento pacientů postižených tyreopatiemi v celkové populaci jedinců registrovaných u VZP v období let 2012-2015 (Praktický lékař, 2017).....	17
Tabulka 2 Hodnoty k vypočítání efektivní dávky pacienta při scintigrafii štítné žlázy (Věstník MZČR 2/2016).....	27

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CT	Computed tomography
DMSA	Dimercaptosuccinic acid
EANM	European Association of Nuclear Medicine
FNAB	Fine needle aspiration biopsy
FNHK	Fakultní Nemocnice Hradec Králové
KNL	Krajská nemocnice Liberec
MAG3	Mercaptoacetyltriglycine
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
PACS	Picture archiving and communication system
PET	Pozitronová emisní tomografie
RF	Radiofarmakum
SPECT	Single photon emission computed tomography
ŠŽ	Štítná žláza
T3	Trijodthyronin
T4	Thyroxin
TRH	Thyroideu stimulující hormon
TSH	Thyreotropin
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
WHO	World Health Organization
α	alfa
β	beta
γ	gama

ÚVOD

Radiologičtí asistenti se při své práci setkávají s různým spektrem pacientů. Jejich diagnózy jsou odlišné, ale společně mají očekávání podpory a porozumění při absolvování daných vyšetření. Radiologický asistent je často prvním zdravotnickým pracovníkem, se kterým pacient na odděleních přijde do styku.

Úspěšnému absolvování tohoto oboru předchází tři roky studia v bakalářských programech. Absolvent nalezne uplatnění hlavně na třech odděleních, tj. radiodiagnostickém oddělení, oddělení radioterapie a oddělení nukleární medicíny. Každé má svá specifika.

Na oddělení radiodiagnostiky musí radiologický asistent zvládat nastavit rentgenové projekce na různé části těla, obsluhovat přístroje jako je rentgen, CT, skiaskopický přístroj, mamograf i magnetická rezonance.

Oddělení radioterapie vyžaduje dlouhodobější kontakt se stejnými pacienty, kteří dochází na ozařování. Asistent je pokládá na ozařovací stoly do správných poloh, obsluhuje lineární urychlovače. Podílí se na vytváření a plánování ozařovacího plánu na simulátorech ozáření.

Specifičtější je pro radiologického asistenta práce na nukleární medicíně. V jeho kompetencích je kromě obsluhy gamakamer a pokládání pacientů i příprava radiofarmak a asistence při jejich aplikaci. Ze všech oddělení je zde nejvíce vystaven vlivu záření.

Edukaci pacienta a administrativní úkony provádí na všech odděleních, všude také dbá na zásady správné radiační ochrany.

Moje bakalářská práce je zaměřena na práci radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny, konkrétně jeho úlohy při scintigrafii štítné žlázy. V části teoretické jsou shrnuty poznatky o štítné žláze z oblasti anatomie, fyziologie a patofyziologie. Obecně je zde popsáno scintigrafické vyšetření, radioaktivita a ionizující záření a v neposlední řadě základní informace o radiofarmacích a důležité radiační ochraně. Praktická část se již věnuje scintigrafii štítné žlázy, popisu průběhu vyšetření a hlavní úloze radiologického asistenta při něm. Jsou zde také uvedeny informace týkající se přístrojové techniky, která se na scintigrafické vyšetření používá. Na konec své praktické části jsem sepsala poznatky o provádění scintigrafie štítné žlázy z dvou oddělení nukleární medicíny (ve Fakultní nemocnici Hradec Králové a v Krajské nemocnici Liberec), kde jsem během praxí praktickou část vypracovávala.

1 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je shrnout známe informace o štítné žláze z dostupné odborné literatury, podat přehled o problematice onemocnění štítné žlázy a jejich čím dál častějším výskytu.

Praktická část má za cíl srozumitelné popsání průběhu scintigrafie štítné žlázy, nastínění práce radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny a jeho úlohy při tomto vyšetření.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Radiologický asistent

Podle paragrafu 8 zákona č. 96/2004 Sb., tj. *Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních)*, se odborná způsobilost k vykonávání povolání radiologického asistenta získává absolvováním jednoho z následujících možných studií.

a) akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru pro přípravu radiologických asistentů,

b) tříletého studia v oboru diplomovaný radiologický asistent na vyšších zdravotnických školách, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005, nebo

c) střední zdravotnické školy v oboru radiologický laborant, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 1996/1997

Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony. Radiologický asistent provádí činnosti související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu (Zákon 263/2016 Sb., tj. Atomový zákon) a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany může radiologický asistent vykonávat, pokud splňuje požadavky stanovené zvláštním právním předpisem (Atomový zákon) (Zákon č. 96/2004 Sb.).

2.2 Anatomie štítné žlázy

2.2.1 Makroskopická stavba

Štítná žláza patří mezi tzv. endokrinní žlázy, tj. žlázy s vnitřní sekrecí. Tak se nazývají žlázy, které nevyklučují svůj sekret (hormony) do vnějšího systému, ale vyvádí ho do systému oběhového nebo mízního. Díky dvěma hlavním částem - lalokům, má většinou tvar písmene H. Pravý a levý lalok (lobus dexter a lobus sinister) je uložen na bocích hrtanu a horní části průdušnice a je spojen strukturou zvanou isthmus na jeden celek štítné žlázy. Isthmus žlázy je obvykle přiložen na 2. - 4. prstenec průdušnice. Laloky mají většinou tvar trojboké pyramidy s kaudálně širší zaoblenouází a vrcholem mířícím kranálně. Vnitřní plocha laloků je přivrácena ke stěně hrtanu a průdušnice, zevní je kryta kaudálními svaly jazyky (infrahyoidními svaly). Zadní plocha laloků dosahuje ke krčnímu nervově cévnímu svazku, do stejné plochy jsou zanořena příštítná tělíska (Čihák, 1988, s. 353-354). Z oblasti isthmusu může ještě u některých jedinců odstupovat přídatný lalok (lobus pyramidalis) (Naňka, Elišková, 2009, s. 191). Pokud má jedinec krátký krk, může se dolní část štítné žlázy nacházet až za horním okrajem kosti hrudní (Čihák, 1988, s. 353).

Za normálních okolností jsou rozměry štítné žlázy přibližně: délka laloku: 5 - 8 cm, šířka laloku: 2 - 4 cm, tloušťka laloku: 1,5 - 2,5 cm; isthmus je dlouhý kolem 1,5cm, stejně široký a cca 0,5 cm tlustý. Ve velikosti štítné žlázy jsou rozdíly podle pohlaví a věku jedince (u mužů je menší než u žen, ve stáří se zmenšuje), rozdíly geografické (dále od moře a se stoupající nadmořskou výškou se žláza zvětšuje) a podle funkčního stavu (hypotyreóza, eutyreóza, hypertyreóza). Její hmotnost se pohybuje kolem 30 - 40 g (Čihák, 1988, s. 354).

Podle stupně náplně cév krví má štítná žláza červenohnědou až červenofialovou barvu. Její povrch bývá hladký, někdy lehce hrboletý. Celá štítná žláza je uložena ve vazivovém pouzdru (capsula fibrosa), kterým je fixována do okolního vaziva (Čihák, 1988, s. 354). Toto vazivové pouzdro má dva listy: vlastní obal žlázy (capsula propria), z něhož jsou tvořena vnitrožlázková vazivová septa, a vnější obal žlázy (capsula externa), ležící zevně, související s okolním vazivem (Naňka, Elišková, 2009, s. 191 - 192).

Štítná žláza se v těle člověka může nacházet v různých variacích. Může vznikat i akcesorní štítná žláza v tkáni jazyka nebo mezihrudí při oblouku aorty (Čihák, 1988, s. 355).

2.2.2 Mikroskopická stavba

Uvnitř žlázy se nacházejí vazivová septa vytvářející podpurnou tkáň (stroma) štítné žlázy. Ty rozdělují žlázu vazivem prostorově na lalůčky, které se dále skládají z váčků (folikuly). Stěna váčku je tvořena epitelovými buňkami, jejichž velikost kolísá v závislosti na funkčním stavu žlázy. Nízké ploché buňky při hypofunkci, kubické buňky při normální funkci a až cylindrické buňky při hyperfunkci. Uvnitř folikulů se nachází koloid vytvořený folikulárními buňkami. Hlavní součástí této homogenní tekutiny je glykoprotein tyreoglobulin, jenž obsahuje hlavní hormony štítné žlázy a váže se na něj jod. Kromě folikulárních buněk se v intersticiálním vazivu i stěnách folikulů nacházejí parafolikulární buňky, které produkují polypeptidový hormon kalcitonin ve formě sekrečních granul a mimo něj obsahují i větší množství katecholaminů (serotonin, dopamin) (Čihák, 1988, s. 354). Parafolikulární buňky se vyvinuly ze 4. žaberní výchlípků, kam se dostaly původně z neurální lišty (Naňka, Elišková, 2009, s. 192).

2.2.3 Cévy a nervy

Tepny pro horní a přední část laloku přicházejí shora. Horní tepna zásobující štítnou žlázu (arteria thyroidea superior) pocházející z vnější krkavice (a. carotis externa), Pro dolní, zadní stranu laloku a isthmus přichází zdola spodní tepna zásobující štítnou žlázu (a. thyroidea inferior) z tepenného kmene (truncus thyrocervicalis) pocházející z podklíčkové tepny (a. subclavia). Zdola z oblouku aorty dále přichází nekonstantní tepna pro štítnou žlázu (a. thyroidea ima). Horní a dolní tepna pro šž se několikrát spojují na povrchu laloků a vytváří tak tepennou síť (Čihák, 1988, s. 356).

Žilní pleteně začínají mezi listy pouzdra jako horní žíly pro šž (venae thyroideae superiores) a dále pokračují do vnitřní hrdelní žíly (vena jugularis interna). Dále střední žíly pro šž (venae thyroideae mediae) a dolní žíly pro šž (venae thyroideae inferiores) vytvářející nepárovou žilní pleten (plexus thyroideus impar) ústící do levé ramenohlavové žíly (vena brachiocephalica sinistra) (Čihák, 1988, s. 356).

Štítná žláza obsahuje velké množství mízních cév, v isthmu se sbíhají přes střední čáru do subkapsulární pleteně pod pouzdrém žlázy a z ní dále do hlubokých krčních uzlin (nodi lymphatici cervicales profundi), do uzlin před hrtanem a do mízních cév podél průdušnice. Některé mízní cévy mohou přímo vstupovat do žilního řečiště z důvodu předávání hormonů i do mízních kapilár (Čihák, 1988, s. 356).

Štítná žláza je inervována cestou horního a středního sympatického nervu srdce (nervus cardiacus superior et medius) z krčního sympatiku a parasympatickými vlákny z bloudivého

nervu (nervus vagus) (Čihák, 1988, s. 356). Většina nervů vstupujících do parenchymu vede k cévám a folikulárním buňkám, ne však k buňkám parafolikulárním (Naňka, Elišková, 2009, s. 192).

2.3 Fyziologie štítné žlázy

Štítná žláza patří mezi endokrinní žlázy, tj. žlázy s vnitřní sekrecí. Produkuje sloučeniny zvané hormony, ty se dostávají přímo do krve nebo lymfy. Skrze krev potom do cílových tkání, kde ovlivňují hlavně jejich látkovou přeměnu (metabolismus). Jako metabolismus definujeme souhrn chemických a fyzikálních dějů v organismu sloužících k získávání energie a tvorbě látek potřebných pro jeho růst, vývoj a správné fungování (Dvořák, 2002, s. 27).

2.3.1 Hormony

Hormony štítné žlázy jsou bílkovinné povahy a hrají důležitou roli při působení na řadu životně důležitých dějů v organismu. Mimo jiné mají na starosti např. růst, sexuální vývoj, syntézu bílkovin, metabolismus tuků a střevní absorpci glycidů (Poršová-Dutoit, 1996, s.30). Jsou také esenciální při vývoji a diferenciaci plodu (Marek, Hána a kol., 2017, s. 203).

Řízení sekrece hormonů trijodtyroninu a tyroxinu (T3 a T4) je prováděno pomocí systému složité zpětné vazby skrze nadřazené hormony z hypotalamu. Tam je uvolňován tyreotropin stimulující hormon (TRH), který podmiňuje produkci tyreoidu stimulujícího hormonu (TSH) v adenohipofýze. Ten má bezprostřední vliv na tvorbu, ale i sekreci vlastních hormonů šž. (Mourek, 2012, s. 120). Autoregulace tvorby T3 a T4 je závislá na množství přijímaného jódu v potravě. V neposlední řadě má na funkci štítné žlázy vliv imunitní systém, tzn. přítomnost protilátek stimulujících nebo inhibujících její funkci (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 20). Dále je funkce žlázy závislá na enzymech (dejodázy), které modifikují účinky hormonů v periférii i v hypofýze. Buňky různých tkání obsahují alespoň jeden enzym dejodázy, který zajišťuje bezprostřední hromadění aktivního hormonu v dané tkáni nebo naopak jeho deaktivaci. Tím se podílí na udržení anabolicko-katabolické rovnováhy (Marek, Hána a kol., 2017, s. 206).

T3 a T4 jsou nezbytnými hormony pro vývoj plodu a jeho diferenciaci i pro pozdější funkci organismu. Jsou vytvářeny folikulárními buňkami, T3 zčásti vzniká dejodací T4 na periférii. T4 je prohormon a T3 je aktivní hormon, jehož funkce je desetkrát větší než T4. Kvůli denní produkci T4, která je 80 - 90 µg, spotřebuje štítná žláza za klidových podmínek 60 - 80 µg jódu, pro zachování produkce hormonů. Normální hladina jódu je tedy asi 100 - 150 µg/den, v těhotenství se však nárok na jod zvyšuje až na 250 µg/den. (Marek, Hána a kol., 2017, s. 203).

Dostatečné dodání jodu organismu může být hlavním faktorem pro funkci štítné žlázy. Běžně lze jeho příjem zvyšovat konzumací mořských ryb, mořských plodů a řas. Jelikož je v mnoha oblastech obsah jodu v prostředí nedostatek, je potřeba uměle zvyšovat jeho přísun do organismu, zejména např. jodováním kuchyňské soli. Štítná žláza vychytává většinu jodu, který se vstřebává trávicím systémem a cirkuluje v plazmě v podobě jodidu. Ten se pak naváže na tyrozin a tím vzniknou monojodtyrozin a diiodtyrozin. Z nich potom vznikají právě T3 a T4 a uchovávají se ve žláze navázané na tyreoglobulin v jejích folikulech. Uvolňování T3 a T4 do krve kontroluje hypotalamo-hypofyzární systém stimulačním vlivem hormonu TSH, který produkuje právě hypofýza. Sekrece TSH je kontrolována podle momentální hladiny hormonů T3 a T4 v krvi. Třetí hormon, který je ve štítné žláze vytvářen je kalcitonin. Vyrábí ho parafolikulární buňky, tzv. C buňky. Spolu s parathormonem z příštítných tělísek a aktivními metabolity vitamínu D je zapojen do regulace metabolismu vápníku. Působí jako antagonist parathormonu, tedy snižuje koncentraci vápníku v krvi (Poršová-Dutoit, 1996, s. 30-31).

2.4 Patofyziologie

Vznik onemocnění štítné žlázy není bohužel ojedinělý jev. V naší republice stejně jako v ostatních vyspělých zemích se vyskytuje až u 5 - 30 % obyvatelstva (viz. tabulka č. 1). Nejvíce nemocných tyreopatiemi je mezi jedinci středního a vyššího věku, mezi ženami je výskyt 5krát častější než mezi muži. V pokročilém věku žije s onemocněním již 20 % žen a 10 % mužů, bohužel se ale onemocnění týká i dětí. Komplikace života s onemocněním štítné žlázy jsou způsobeny zejména změnou velikosti štítnice (utlačování okolních tkání, kosmetická vada), poruchami funkce (porucha produkce hormonů), záněty štítnice a vznikem nádorů ve žláze. I přes velký výskyt těchto onemocnění jsou znatelné úspěchy v diagnostice i léčbě (Dvořák, 2002, s. 16-17).

Tabulka 1 Procento pacientů postižených tyreopatiemi v celkové populaci jedinců registrovaných u VZP v období let 2012-2015 (Praktický lékař, 2017)

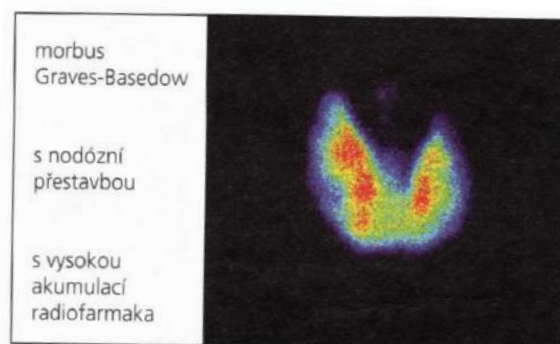
Rok	Populace VZP			Jedinci s onemocněním štítné žlázy (%)		
	ženy	muži	celkem	ženy (%)	muži (%)	celkem (%)
2012	3 088 796	3 066 523	6 155 319	11,41	2,06	6,75
2013	3 041 038	3 029 686	6 070 724	11,88	2,19	7,05
2014	2 981 208	2 982 938	5 964 146	12,27	2,28	7,28
2015	2 959 096	2 970 536	5 929 632	12,58	2,37	7,46

2.4.1 Struma

Jako struma je označována zvětšená štítnice, která je viditelná (zpravidla lépe při záklonu hlavy) nebo hmatná (viz. obrázek č. 1). Velikost také závisí na hmotnosti jedince a povrchu jeho těla. Pro přesné stanovení objemu nám slouží ultrazvuk (Stárka, Zamrazil a kol., 2005, s. 82). Pojmenování vzniklo podle bulharské řeky Struma, kde byl již ve starověku častý výskyt zvětšené štítnice (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 73).

Podle struktury rozlišujeme strumu difuzní (rovnoměrné zvětšení celé žlázy) a nodózní tj. uzlovou (přítomnost uzlů). Pokud je u nodózní strumy ve žláze uzel pouze jeden, označuje se jako jednouzlová neboli solitární, pokud je množstvím uzlů přestavěna celá žláza, označujeme jí jako strumu mnohouzlovou neboli polynodózní. Obecný název struma je používán pro patologické zvětšení žlázy, které je projevem chorobných procesů jako jsou tyreotoxikózy, záněty, nádory apod. (Dvořák, 2002, s. 45-46).

Prostá neboli eufunkční struma je jakékoliv zvětšení štítné žlázy, které není spojeno s nejčastějšími onemocněními štítnice (hypertyreózou, hypotyreózou, zánětem nebo nádorem), jedná se tedy pouze o zbytnění bez poruchy metabolismu a funkce (Brunová, Bruna, 2009, s. 83). Vzniká z různých příčin, např. vrozené enzymové defekty. Mohou ji ale také ovlivňovat jiná onemocnění nesouvisející se štítnicí, léky apod.. Od eufunkční strumy pak odlišujeme ještě tzv. endemickou strumu, jejíž nejčastější příčinou je nedostatek jodu v potravě, který vyvolává onemocnění až u jedné miliardy jedinců na naší planetě. Začátkem 50. let minulého století bylo v Československu provedeno rozsáhlé šetření doc. Šilinkem a spol. a na základě toho byla zavedena jodace jodlé soli (Stárka, Zamrazil a kol., 2005, s. 82).



Obrázek 1 Struma (Míková, 2008, s. 78)

2.4.2 Hypertyreóza

Pojem hypertyreóza je používán smíšeně s pojmem tyreotoxikóza. Jedná se o klinický syndrom, kdy dochází ke zvýšené produkci hormonů štítné žlázy a tím jsou tkáně jedince vystaveny velkému množství těchto cirkulujících hormonů. Tyreotoxikóza je převážně vyvolávána nadměrnou činností štítnice, může jí ale působit i užívání tyreoidálních hormonů ve větším množství nebo jejich tvorba na neobvyklých místech v organismu (Hána, 2014, s. 82). Následná vysoká hladina T3 a T4 v krvi vede k urychlení metabolismu a tím působí na téměř všechny systémy v lidském těle (Dvořák, 2002, s. 57). To se projevuje jako hubnutí bez ztráty chuti k jídlu s trvalým hladem, pocení, nesnášenlivost tepla, nervozita, nespavost atd. (Hána, 2014, s. 84).

Nejčastější příčiny vzniku tyreotoxikózy jsou tři: Graves - Basedowova choroba, toxická polynodózní struma a toxický adenom. Další příčiny bývají vzácnější (Dvořák, 2002, s.57).

2.4.2.1 Graves - Basedowova choroba

Jedná se o nejčastější příčinu tyreotoxikózy s až 5 - 8 x častějším výskytem u žen nejčastěji ve věku 20 - 40 let, tvoří zhruba 60 - 80 % všech případů hypertyreózy. Vyjma běžných projevů zvýšené funkce štítné žlázy je zde typická měkká difuzní struma, endokrinní orbitopatie s výrazným exoftalmem, dermatopatie v podobě otoku na holeních a akropachie, tj. paličkovité zduření distálních článků prstů na nohou a rukou (Hána, 2014, s. 84 - 85). Jde o chorobu autoimunitní. Tělo vytváří protilátky proti vlastní štítné žláze a napadá TSH receptory umístěné na jejím povrchu. Tím je podněcována nekontrolovatelná nadprodukce tyreoidálních hormonů a difuzní zvětšení žlázy. Graves - Basedowova choroba může být způsobena genetickými predispozicemi k výskytu autoimunitních onemocnění. Dále byla vypořazována řada spouštěcích mechanismů, které mohou nástup choroby ovlivnit jako jsou např. komplikované infekce, psychické stresy, těhotenství nebo úrazy a operace (Dvořák, 2002, s. 58 - 59).

2.4.2.2 Toxická mnohuzlová struma

U pacientů s mnohuzlovou strumou vznikají oblasti s různou funkční i růstovou aktivitou, některý z těchto mnoha uzlů se může postupem času vyvinout v uzel s nadměrnou produkcí tyreoidálních hormonů (Dvořák, 2002, s. 64). Následně se může vyvinout hypertyreóza v důsledku podání jodu např. zvětšením příjmu jodu v potravě, podáváním preparátů s vysokým obsahem jodu nebo jodových kontrastních látek. Klasicky se vyskytuje u starších pacientů, hlavně žen (Hána, 2014, s. 90). Onemocnění se často projevuje kardiálními komplikacemi např.

fibrilací síní a oběhovou insuficiencí, což pro starší pacienty představuje značné riziko (Stárka, Zamrazil a kol., 2005, s. 92).

2.4.3 Hypotyreóza

Onemocnění štítné žlázy, při kterém dochází k nedostatečné produkci a sekreci tyreoidálních hormonů. Může vznikat v důsledku primární poruchy funkce žlázy, vzácněji poruchou nadřazených center v hypofýze nebo hypotalamu (nedostatek TSH nebo TRH). U nás jsou nejvíce zastoupenými příčinami hypofunkce chronická autoimunitní tyreopatie nebo chirurgické odstranění štítné žlázy. Méně častými pak aplazie, následky ozařování, následky užívání tyreostatik či nadměrného příjmu strumigenů, kongenitální poruchy (endemický kretenismus). Hypotyreóza se častěji vyskytuje v ženské populaci, stoupá s věkem a její prevalence se pohybuje kolem 5 - 8 %. Klinické příznaky hypofunkce žlázy jsou často únava, zimomřivost, přibírání na váze, padání vlasů atd. (Brunová, Bruna, 2009, s. 122 - 123). Nejsou ale specifické a mohou se vyskytovat současně u dalších onemocnění. Mohou tedy být nesprávně hodnoceny jako příznaky celé řady jiných systémových onemocnění (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 132).

Pro diagnostiku hypotyreózy je hlavním ukazatelem zvýšené množství TSH v krvi při současném snížení hladiny T3 a T4. Podle hodnot TSH v krvi lze rozlišit, zda se jedná o jasnou hypotyreózu primární (periferní) či centrální (hypothalamo-hypofyzární) nebo o tzv. hypotyreózu subklinickou (Stárka, Zamrazil a kol., 2005, s. 94-95).

2.4.3.1 Primární (periferní) hypotyreóza

K periferní hypotyreóze může vést nadměrný přísun jodu v potravě (zvyšuje se riziko vzniku autoimunitního zánětu žlázy, ten pak vede k hypotyreóze) nebo nadbytek konzumace jodu v různých léčebných preparátech (Hána, 2014, s. 95). Další příčinou může být úplné nevytvoření štítnice, dědičné nebo vrozené poškození, její odstranění nebo úplné přerušování funkce radiojodem či zářením (Dvořák, 2002, s. 80-81).

2.4.3.2 Centrální (hypothalamo-hypofyzární) hypotyreóza

U centrální formy onemocnění je hlavní příčinou postižení adenohipofýzy nebo hypothalamu, ať už ve formě vrozené vady nebo tumoru či zánětu. Jako klinický příznak je obvykle přítomen hypogonadismus, což má za následek subjektivní příznaky jako mizení druhotných pohlavních znaků, ztráta libida atd. Základem rozlišení centrální hypotyreózy jsou také laboratorní testy na hodnoty TRH, TSH, T3 a T4 (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 131-132).

2.4.3.3 Subklinická hypotyreóza

Klinický nálezn i obecné laboratorní testy jsou stále v normě, avšak hladina TSH je zvýšena. Pacienti jsou většinou bez příznaků, možné jsou malé nebo neurčité projevy hypofunkce žlázy, někdy mívají pozitivní protilátky proti štítné žláze (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 135-136). Normální jsou i hladiny FT3 a FT4 (biologicky aktivní forma hormonů T3 a T4). Zda subklinická hypotyreóza přejde do hypotyreózy periferní závisí na její příčině a riziko stoupá s věkem. Mezi odborníky a endokrinology není jednoznačná shoda, jestli vůbec a případně při jaké hodnotě TSH subklinickou hypotyreózu léčit, obecně se většinou podávají nízké dávky tyreoidálních hormonů (Brunová, Bruna, 2009, s. 132-134).

2.4.4 Tyreoiditida

Tyreoiditida je společný název pro skupinu zánětlivých onemocnění postihujících štítnou žlázu z různých příčin. Primární dělení zánětů zohledňuje průběh, mohou tedy být chronické, subakutní nebo akutní (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 147). Společným znakem onemocnění jsou různě vyjádřené zánětlivé projevy místní i celkové a známky porušení funkce. Příčiny jsou různorodé, např. ozáření krku, poruchy imunitního systému, bakteriální či virové infekce, vnější mechanické vlivy. Stává se, že se příčina zánětu nikdy nezjistí. (Dvořák, 2002, s. 87).

2.4.4.1 Akutní zánět štítné žlázy

Jedná se o bakteriální infekci vyvolané onemocnění. Ta většinou pochází z dutiny ústní nebo z jiného místa v těle a do štítné žlázy se dostane krevní cestou. Vyskytuje se velmi vzácně spíše u mladých dospělých a dětí. Jsou přítomné klasické projevy zánětu jako horečky, začervenání, otok či místní vzrůst teploty kůže a bolest zvyšující se při prudších pohybech hlavy (Poršová-Dutoit, 1995, s. 45).

2.4.4.2 Subakutní zánět štítné žlázy

U tohoto onemocnění není etiologie přesně známa. Často navazuje na infekci dýchacích cest, předpokládá se tedy důležitá role předcházející virové infekce. Pro subakutní zánět jsou typické obrovské mnohjaderné buňky v cytologickém nálezu (Hána, 2014, s. 99-100). Mívá podobné příznaky jako zánět akutní, subakutní zánět ale na rozdíl od akutního způsobuje změny funkce štítnice (Dvořák, 2002, s. 88).

2.4.4.3 Chronický autoimunní zánět štítné žlázy

Při tomto onemocnění dochází k napadání štítné žlázy vlastním imunitním systémem organismu. To potom vede k hypotyreóze, růstu strumy nebo i vzácněji k hypertyreóze. Zánět

bývá dobře prokazatelný laboratorně z krve, méně se však projevuje klinicky. Nejznámější formou autoimunního onemocnění postihujícího štítnou žlázu je Hashimotova tyreoiditida (Stárka, Zamrazil a kol., 2005, s. 101).

2.4.5 Nádory

Nádory štítné žlázy se vyskytují u pacientů ve všech věkových skupinách s až 5x větším výskytem u žen, jsou různorodé. Jejich původ může být z folikulárního epitelu v podobě diferencované jako tumor papilární či folikulární nebo v podobě méně diferencované až nediferencované jako anaplastický karcinom. V případě diferencovaných karcinomů můžeme nasadit léčbu radiojodem, jelikož ho dobře akumulují. Dalším typem tumoru jiného embryonálního původu je medulární karcinom, který radiojod většinou neakumuluje, musíme u něj tedy zvolit jiný postup terapie. Na štítné žláze mohou vznikat také benigní nádory, tj. folikulární adenomy (Vlček, Neumann, 2002, s. 11 - 25).

Incidence za jeden kalendářní rok je 30 - 60 případů na milion obyvatel, zhoubný karcinom se pak vyskytuje v 5 % uzlů štítnice. Mezi rizikové faktory můžeme zařadit např. výskyt karcinomu šž u blízkých příbuzných, přítomnost již některého jiného nádoru v těle, podstoupené ozařování, imunosupresivní léčba, nadužívání tyreostatik atd. Prvními projevy mohou být zvětšené krční uzliny, později hlasové obtíže či bolest na krku. Zhoubné nádory se projevují jako uzel. Jejich diagnostika probíhá jako klinické vyšetření, ultrazvuk a aspirační biopsie s následnou cytologií, která odliší zhoubné uzly od uzlů nezhooubných (Hána, 2014, s. 104).

Terapie nádorů štítné žlázy se odvíjí od druhu karcinomu a jeho diferenciaci, popř. jeho šíření do uzlin a vzdálených metastáz. Vychází se od pouhého průběžného sledování pacienta, přes totální tyreoidektomii až po výkony na postižených lymfatických uzlinách a doplnění léčby radiojodem na odděleních nukleární medicíny (Vlček, Neumann, 2002, s. 33 - 34).

2.4.5.1 Toxický adenom

Jiným názvem independentní adenom je benigní nádor, s přítomností nejčastěji jednoho uzlu. Sekrece tyreoidálních hormonů je potom závislá na velikosti uzlu. Pokud je uzel menší než 3 cm v průměru, nemusí ho ani přísun jodu ovlivnit k nadměrné sekreci hormonů. Pokud velikost útvaru překročí 3 cm nebo 10 ml v objemu, může se klinicky projevit hormonová nadprodukce (Límanová, Němec, Zamrazil, 1995, s. 100). Adenom se objevuje častěji v pokročilejším věku pacientů a stejnou měrou u obou pohlaví. Klinické příznaky tyreotoxikózy způsobené toxickým

adenomem nastupují pozvolna, častěji je diagnostikován zpětně po návštěvě lékaře z důvodu útlaku, nepříjemnosti při polykání nebo z důvodu kosmetického (Dvořák, 2002, s. 64-65).

2.5 Klinické hodnocení štítné žlázy podle její struktury

2.5.1 Vyšetření palpací

Morfologii štítné žlázy lze hodnotit několika diagnostickými metodami. Jako první metodu volí lékaři palpaci, tedy pohmatové vyšetření na přední straně krku. Nález je pak hodnocen podle WHO klasifikace (klasifikace světové zdravotnické organizace pro zhodnocení přítomnosti viditelné či hmatné strumy) (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 142).

2.5.2 Vyšetření ultrazvukem

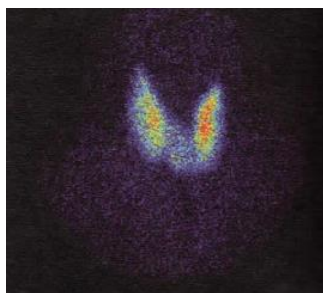
Jako základní bývá díky své neinvazivnosti a dostupnosti používán klasický ultrazvuk. Sonografií lze určit jak celkový objem žlázy, tak i její případné morfologické změny. Lze využívat i dopplerovského průtokového módu při hodnocení pokročilosti hypertyreózy. Za strumu lze pokládat štítnou žlázu, která po zhodnocení ultrazvukem přesahuje svým objemem 18 ml u žen a 22 ml u mužů. Sonografie je však omezena prostupností jednotlivými tkáněmi. Z tohoto důvodu se nedá využít k vyšetřování štítné žlázy uložené za hrudní kostí (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 142).

2.5.3 Vyšetření biopsií a cytologie

Zhodnocení nálezu na cytologii (biologické povahy odebraných buněk) předchází aspirační biopsie tenkou jehlou (FNAB). Ta se zpravidla provádí ambulantně za ultrazvukové kontroly díky své bezpečnosti a jednoduchosti provedení. Při tenkojehle biopsii není ani nutné, aby byl pacient v anestezii. Vyloučit z vyšetření musíme pouze pacienty se špatnou srážlivostí krve. Výsledky bývají velmi přesné, i přes negativní nález ale nelze stoprocentně přítomnost karcinomu vyloučit (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 142).

2.5.4 Scintigrafie

Scintigrafie získává pohled na štítnou žlázu jak z hlediska morfologického, tak i z hlediska její funkce podle rozložení funkční aktivity radiofarmaka v tkáni (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 142). Normální štítná žláza má na scintigramu tvar „motýla“ (viz. obrázek č. 2).



Obrázek 2 Normální nález na štítné žláze (Míková, 2008, s. 76)

2.6 Scintigrafické vyšetření

Scintigrafické vyšetření je prováděno v rámci diagnostiky na odděleních nukleární medicíny, kromě diagnostiky probíhá na těchto odděleních i terapie (viz. obrázek č. 3).

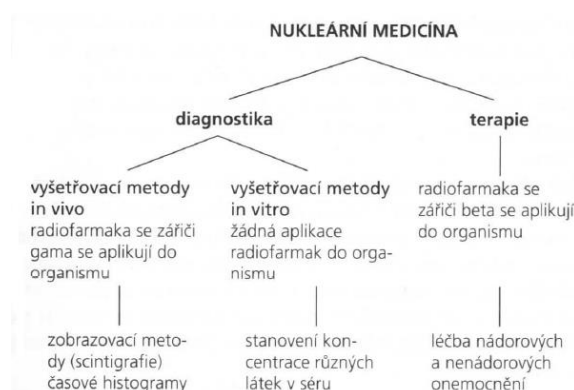
Při porovnání scintigrafického vyšetření s vyšetřeními v radiodiagnostice se nalezne několik rozdílů. Při radiodiagnostickém vyšetření se zdroj záření (rentgenová trubice) nachází mimo tělo pacienta, záření v ní vznikající prochází tělem pacienta a dopadá na detektory. Při scintigrafických vyšetřeních v nukleární medicíně jsou zdroji záření radiofarmaka, která jsou aplikována přímo do těla pacienta. Fotonové záření pak vychází z těla pacienta a je registrováno detektorem (scintilační kamera, např. gamakamera) (Koranda a kol., 2014, s. 35).

Zobrazovací metody používané v radiologii vyobrazují především strukturu tkání (velikost, uložení, stavbu atd.), oproti tomu scintigrafické vyšetření zobrazuje funkci tkání, jelikož akumulace radiofarmaka ve tkáních závisí na jejich funkčním stavu (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 14).

Scintigrafické vyšetření je založeno na předpokladu, že se použije radiofarmakum o známé farmakokinetice v organismu, pro dané vyšetření typické. Poté dochází ke snímání pacienta pomocí scintilační kamery a sleduje se distribuce radiofarmaka v těle, jeho hromadění v cílové tkáni (statická scintigrafie) nebo jeho vychytávání v tkáni v průběhu času (dynamická scintigrafie). Množství lokální akumulace pak závisí na intenzitě funkčních a metabolických dějů (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 14).

Jelikož při vyšetření pomocí gamakamery prochází fotonové záření skrz různé a různě silné vrstvy tkání podle hloubky akumulace radiofarmaka, je zobrazení z přední a zadní projekce odlišné. Oproti radiodiagnostice, kde je dráha průchodu záření z obou projekcí stejná (Koranda a kol., 2014, s. 35).

Společným znakem pro zobrazení v radiodiagnostice i nukleární medicíně je sumační charakter získaných projekcí. Jak jednoduchý rentgenový snímek, tak i planární scintigrafický snímek zobrazují trojrozměrné objekty do roviny, tedy dvourozměrně. Takovéto sumační zobrazení může být ke klinické diagnostice velmi užitečné, často se ale doplňují tomografické trojrozměrné projekce, tedy zobrazení výpočetní tomografií (CT) nebo jednofotonová emisní tomografie na odděleních nukleární medicíny (SPECT) (Koranda a kol., 2014, s. 35).



Obrázek 3 Rozdělení nukleární medicíny (Míková, 2008, s. 7)

2.7 Popis scintigrafie štítné žlázy

Onemocnění štítné žlázy je jedním z nejčastějších onemocnění postihujících žlázy s vnitřní sekrecí. Trpí jím až 5 % populace. Nemoc se může projevat příležitostnými symptomy či celkovými příznaky, lékař volí jako metodu první volby palpační vyšetření krku a nabrání krve pro stanovení koncentrace hormonů. Pro zobrazování žlázy se nejčastěji využívá ultrazvuk, při kterém lze zjistit velikost a stavbu žlázy. Pro zobrazení její funkce se používá scintigrafické vyšetření na gamakameře prováděné na odděleních nukleární medicíny. Zobrazení funkce závisí na schopnosti folikulárních buněk vychytávat z krve jodid, hromadit ho, vázat na aminokyselinu tyrosin a následně podle nutnosti uvolňovat zpátky do krve. Kromě vychytávání neaktivního jodidu akumulují folikulární buňky také radioaktivní izotopy jodu ve formě ^{123}I či ^{131}I jodidu sodného a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetat, čehož se právě při scintigrafii využívá. ^{131}I -jodid sodný je používán k terapii a diagnostice maligních nádorů žlázy, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetat je nejvíce využívaným radiofarmakem k běžné scintigrafii štítné žlázy (Míková, 2008, s. 75-76).

^{131}I je používán hlavně k terapii karcinomu štítné žlázy, používá se však i k terapii benigních onemocnění, např. k léčbě forem hypertyreózy (Grawes - Basedowova choroba). Míra

úspěšnosti léčby radiojódem pak závisí na objemu žlázy, správné kompenzaci hypertyreózy medikací, načasování a v neposlední řadě na úplné eliminaci příjmu jódu alimentární cestou, aby se ve žláze vychytilo co nejvíce jódu radioaktivního (Stokkel MP a kol., 2010).

Převládající indikací k využití scintigrafie pro vyšetření štítné žlázy je průkaz funkčního autonomního adenomu. Mezi další indikace se řadí např. charakteristika přítomných uzlů (horký či studený), průkaz ektopicky umístěné tkáně štítné žlázy, průkaz rezidua tkáně po provedené tyroidektomii při karcinomu štítné žlázy či hledání akumulujících metastáz (Míková, 2008, s. 76).

Všechny informace a postupy pro scintigrafické vyšetření štítné žlázy se řídí dle národních radiologických standardů, které jsou dostupné v aktuálním vydání Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky (Věstník MZ ČR 2/2016). Tyto standardy pak slouží k vytvoření místních radiologických standardů pro každé konkrétní oddělení nukleární medicíny.

K provedení scintigrafie štítné žlázy je jako přístroj nejčastěji používána jednodetektorová scintilační kamera, která zaznamenává jednotlivé scintigramy, za použití několika typů kolimátorů, tj. pinhole, LEHR či LEUHR. Nutným doplňkem pro scintigrafii s pinhole kolimátorem je zařízení vymezující vzdálenost kolimátoru od povrchu pacientova krku. Za relativní kontraindikaci se považuje těhotenství, kojení je nutno přerušit alespoň na 24 hodin (Věstník MZ ČR 2/2016, s. 288).

Podle standardů je nutno alespoň 4 týdny před vyšetřením vyřadit veškerou substituční léčbu l-tyroxinem, medikaci trijodthyroninem 10 dní předem. [^{99m}Tc] - TcO_4 se aplikuje o aktivitě 50-175 MBq (Megabecquerel), diagnostická referenční úroveň je stanovena na 200 MBq. V případě použití ^{123}I je jeho aplikovaná aktivita 7,5 - 20 MBq, diagnostická referenční úroveň 20 MBq. Pro ^{131}I je diagnostická referenční úroveň stanovena na 7 MBq. Při aplikaci radiofarmaka dětem se podávaná aktivita stanovuje dle doporučení EANM (European Association of Nuclear Medicine) (Věstník MZ ČR 2/2016, s. 288).

Pacient je identifikován a informován, jsou zkontrolovány jeho osobní údaje, založeny podepsané souhlasy, je zkontrolována jeho anamnéza. Před aplikací radiofarmaka je nutno změřit jeho aktivitu. Obě radiofarmaka kromě ^{131}I , který je podáván per os, jsou aplikována intravenózně. Pacient na vyšetření zaujímá polohu vleže na zádech s podloženými rameny a mírným záklonem krku (Věstník MZ ČR 2/2016, s. 289).

Při použití kolimátorů LEHR a LEUHR *musí být matice statického scintigramu uzpůsobena velikosti zorného pole kamery, tak aby velikost pixelu byla menší než 2 mm, optimální u kamer s velkým zorným polem je matice 256 × 256 (nebo 128 × 128) a zoom 2, malé zorné pole 128 × 128 a zoom 2. Akviziční doba scintigramu dle předvoleného počtu impulzů – se snahou o dosažení alespoň 200 000 impulzů, avšak při maximálním akvizičním čase 10–15 minut. S kolimátorem typu pinhole se scintigramy nahrávají v matici 256 × 256, popřípadě 128 × 128 se snahou o dosažení alespoň 200 000 impulzů, avšak při maximálním akvizičním čase 10–15 minut. Změření a zaznamenání vzdálenosti čela kolimátoru od povrchu krku nebo nastavení kolimátoru vždy do stejné vzdálenosti od krku (Věstník MZ ČR 2/2016, s. 289).*

V případě potřeby lze doplnit šikmé projekce. Zvlášť se ještě nahrává scintigram s bodovým zdrojem pro označení jugulární jamky. Provádí se také kvantifikace vychytávání radiofarmaka změřením stříkačky před a po aplikaci. Likvidace odpadů kontaminovaných radionuklidy je prováděna podle Programu zabezpečování kvality a provozního řádu daného pracoviště.

Odhad efektivní dávky a dávky v orgánu s nejvyšší absorbovanou dávkou lze u vyšetřovaného pacienta stanovit vynásobením v tabulce uvedených hodnot aplikovanou aktivitou RF (MBq) (Věstník MZ ČR 2/2016, s. 289) (viz. tabulka č. 2).

Tabulka 2 Hodnoty k vypočítání efektivní dávky pacienta při scintigrafii štítné žlázy (Věstník MZČR 2/2016)

Scintigrafie štítné žlázy [^{99m} Tc]-TcO ₄		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,057 horní část tlustého střeva	0,013
Děti 5 let	0,14 horní část tlustého střeva	0,042
Scintigrafie štítné žlázy [¹²³ I]-jodid (při 35% akumulaci jodidu ve štítné žláze)		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	4,5 štítná žláza	0,22
Děti 5 let	23 štítná žláza	1,1

2.8 Radioaktivita a ionizující záření

Radioaktivita je děj, během něhož dochází k samovolné přeměně nestabilního jádra určitého nuklidu na jádro jiného nuklidu za vzniku ionizujícího záření. Radioaktivní přeměna je potom děj představující změnu počtu neutronů nebo protonů a zmenšení vazebné energie jádra.

Přebytečná energie se pak předává emitovanému typu záření (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 19).

Nuklidy se stejným protonovým číslem, ale rozdílným neutronovým číslem, nazýváme izotopy. Tyto izotopy mohou být buď stabilní nebo nestabilní. Nuklidy s nestabilním jádrem nazýváme radionuklidy. Každý radionuklid můžeme charakterizovat třemi typy fyzikálních parametrů – poločasem přeměny, typem přeměny a energií emitovaného záření (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 19).

Radionuklidy se mohou přeměňovat třemi typy radioaktivních přeměn. Rozlišujeme přeměny α , β^- , β^+ a elektronový záchyt. Tyto přeměny vedou ke změně ve složení atomového jádra, z původního mateřského jádra vzniká jádro dceřiné. Může vzniknout i jádro v excitovaném stavu, které přechází do stavu s nižší energií tzv. deexcitací (izomerním přechodem) za současné emise elektromagnetického záření (záření γ). Při deexcitaci (izomerním přechodu) dochází již pouze k úpravě energetického stavu jádra, nikoliv ke změně prvku. Vznikající záření γ hojně využíváme v nukleární medicíně (Podzimek, 2013, s. 76-77).

Energie záření určuje jeho pronikavost tkání. Běžně se jako jednotka této energie používá elektronvolt (eV), i když v soustavě jednotek SI má energie jednotku joule (J). V diagnostice na oddělení nukleární medicíny využíváme radionuklidy emitující záření γ o energiích od 30 keV do několika set keV. Záření o menší energii je nevhodné z důvodu nízké pronikavosti a tím větší absorpci v tkáních, materiálu vzorku atd. Na druhou stranu záření s příliš vysokou energií a pronikavostí nezachytí ani stínění detektorů a kolimátory, což způsobí snížení kvality diagnostických výsledků (Koranda a kol., 2014, s. 9-11).

Další fyzikální charakteristikou důležitou v nukleární medicíně je fyzikální poločas rozpadu radionuklidu. Je to čas, za který se přemění právě polovina radioaktivních jader v daném vzorku. Pro diagnostická vyšetření je vhodné používat radionuklidy jejichž poločas přeměny je řádově roven celkové době vyšetření. Také kvůli tomuto parametru je nejčastějším radionuklidem používaným v nukleární medicíně metastabilní technecium ^{99m}Tc s poločasem přeměny cca 6 hodin (Koranda a kol., 2014, s. 12).

Na rozdíl od radiodiagnostiky, kde se využívá rentgenové záření se spojitým spektrem se v nukleární medicíně využívá záření gama, které má čárové energetické spektrum, i když oba druhy záření jsou stejné povahy – elektromagnetické záření (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 40).

2.9 Radiační ochrana

Obecné principy ochrany před radiačním zářením platí pro všechna pracoviště, kde se využívají zdroje ionizujícího záření (nukleární medicína, radioterapie, radiodiagnostika). Tyto zásady nalezneme v následujících předpisech: *Zákon č. 263/2016 Sb., zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon)*, *Vyhláška č. 422/2016 o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje*. Hlavním cílem radiační ochrany je celkové vyloučení deterministických účinků a omezení účinků stochastických na minimum.

Existují základní principy radiační ochrany, stanovené výše uvedenými předpisy a to: princip zdůvodnění, princip optimalizace a princip nepřekročení dávkových limitů. Podle principu zdůvodnění by každé ozáření pacienta mělo být z důvodu lékařské indikace, mělo by pro pacienta mít větší přínos než riziko. Princip optimalizace zajišťuje, aby dávky záření, které pacient obdrží, byly na co nejnižší úrovni, jak je rozumně dosažitelné. Dávku volíme co nejnižší z hlediska ozáření pacienta, ale zároveň takovou, aby výsledek vyšetření byl dostatečně kvalitní ke stanovení diagnózy. Princip aplikace dávkových limitů je založen na předpokladu, že celková dávka, kterou obdrží pacienti z kontrolovaných zdrojů s výjimkou lékařského ozáření, by neměla překročit zákonem stanovené limity (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s.132–133).

2.9.1 Limity ozáření

Limity ozáření stanovujeme pro tři základní skupiny.

2.9.1.1 Limity obecné pro obyvatele

Obecnými limity pro obyvatele z ozáření ze všech povolených nebo registrovaných činností za jeden kalendářní rok jsou

a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 1 mSv,

b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv a

c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm² kůže 50 mSv bez ohledu na velikost ozářené plochy (Vyhláška č. 422/2016 Sb.).

2.9.1.2 Limity pro radiační pracovníky

Limity pro radiačního pracovníka musí být použity pro omezení profesního ozáření a jsou

a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 20 mSv za kalendářní rok nebo hodnota schválena Úřadem podle § 63 odst. 4

atomového zákona, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok,

b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv v jednom kalendářním roce,

c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm² kůže 500 mSv za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy a

d) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 500 mSv za jeden kalendářní rok (Vyhláška č. 422/2016 Sb.).

2.9.1.3 Limity pro žáky a studenty

Limity pro žáka a studenta ve věku od 16 do 18 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou za jeden kalendářní rok

a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 6 mSv,

b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv,

c) pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1 cm² kůže 150 mSv bez ohledu na ozářenou plochu a

d) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 150 mSv (Vyhláška č. 422/2016 Sb.).

Podle vyhlášky o radiační ochraně (Vyhláška č. 422/2016 Sb.) jsou radiační pracovníci na oddělení nukleární medicíny zařazeni do kategorie A, tzn. mimo jiné povinnost nosit osobní dozimetry pro vypočtení obdržené dávky záření (na referenčním místě, tj. levá horní část hrudníku, případně na prstech u dominantní ruky prstový dozimetr). Vyhodnocování osobních dozimetrů se provádí jednou za měsíc.

Při vyšetřeních na oddělení nukleární medicíny je zdrojem záření pacient, pracovníci zde tedy specificky převádí do praxe tři základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením (ochrana časem, vzdáleností, stíněním). Jde např. o stínění jednotlivých injekčních stříkaček s radiofarmaky, stíněné kontejnery, olověné stěny, olověné zástěry, nutnost netrávit zbytečně moc času v blízkosti pacienta a s pacientem, střídání pracovníků při asistenci lékaři na aplikační místnosti apod. (viz. obrázek č. 4).



Obrázek 4 Olověné zástěry (vlastní zdroj)

2.9.2 Možnosti snížení radiační zátěže v NM

Možností, jak snížit ozáření pacientů i personálu na odděleních nukleární medicíny je několik, stále ale musíme dbát na kvalitní zobrazení. Největší potenciál je ve vývoji nových detekčních zařízení s vyšší účinností. V diagnostice pak lze využít prodloužení detekčního času za současné aplikace radiofarmaka o snížené aplikované aktivitě. Kvalita obrazu se v tomto případě nezmění, je však nutno myslet na komfort pacientů, z důvodu nutnosti ležet bez hnutí ve stejné pozici několik desítek minut. V případě pohybu je riziko pohybových artefaktů a možnost znehodnocení vyšetření. Jednoduchou univerzální možností je nabádání pacientů k vyššímu příjmu tekutin, a tedy i častějšímu močení. Tím dojde k rychlejšímu vyplavování radiofarmaka z organismu, a to vede k menší radiační zátěži pacienta (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s.232–233).

2.10 Radiofarmaka

Radiofarmakem nazýváme jakýkoliv léčivý přípravek, který kromě nosiče (farmaka) obsahuje i další složku, kterou je radionuklid. Radionuklid je zdrojem ionizujícího záření, je tedy radioaktivní a je potřeba s ním podle toho nakládat. Při manipulování s radiofarmaky je nutno dodržovat zvláštní požadavky kladené na práci se zdroji ionizujícího záření a zároveň dodržovat kritéria pro výrobu lékařských přípravků. Značená farmaka se pak zpracovávají do různých lékových forem podle aplikace, např. roztoky, aerosoly, tobolky (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 31).

2.10.1 Charakteristika radiofarmak

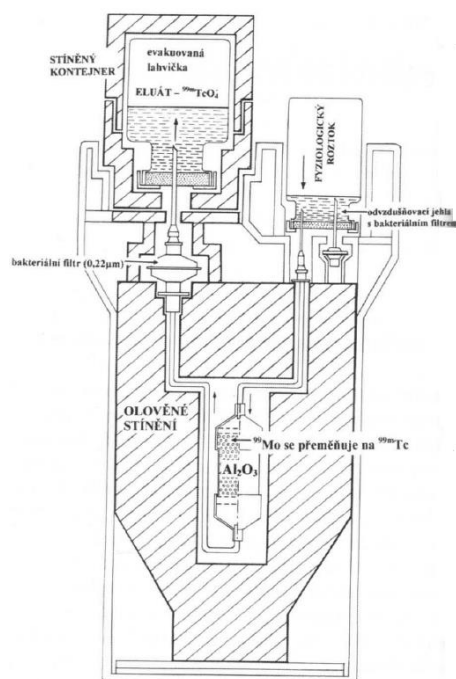
Při výrobě radiofarmak je nutno pamatovat na radioaktivní přeměnu radionuklidu, tedy na exponenciální snižování množství radionuklidu v léčivém přípravku. S tím souvisí důležitá charakteristika radionuklidu, jeho poločas rozpadu (doba, za kterou se rozpadne právě polovina jader), druh a energie emitovaného záření (eV, keV, MeV). Objem radionuklidu se udává v jednotkách aktivity (Bq, kBq, MBq). Většina radiofarmak se dnes vyrábí hromadně. Jelikož se využívají hlavně radiofarmaka s krátkým poločasem rozpadu, musí se kvůli krátké době použitelnosti vyrábět přímo na odděleních nukleární medicíny (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 31).

2.10.2 Zdroje a výroba radionuklidů

Radionuklidy využívané na odděleních nukleární medicíny jsou primárně připravovány uměle v cyklotronech nebo jaderných reaktorech. V případě některých krátkodobých radionuklidů se využívá i sekundární zdroj, radionuklidové generátory. Tyto generátory fungují na principu vzniku dceřiného prvku při samovolné přeměně mateřského prvku, který je připraven právě v jaderném reaktoru nebo cyklotronu (Koranda a kol., 2014, s. 17).

Separací z obohaceného uranu je vyráběn nejdůležitější mateřský radionuklid generátoru molybden ^{99}Mo (jeho přeměnou vzniká metastabilní technecium $^{99\text{m}}\text{Tc}$), dále jód ^{131}I nebo pro terapii důležitý mateřský radionuklid stroncium ^{90}Sr (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 32).

Generátory radionuklidů jsou zařízení na přípravu dceřiného radionuklidu z radionuklidu mateřského, umožňují přípravu radionuklidů přímo na pracovištích. Nejčastěji používaný na odděleních nukleární medicíny je eluční generátor molybden ^{99}Mo / technecium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (viz. obrázek č. 5). Základním prvkem tohoto zařízení je kolona s oxidem hlinitým s adsorbovaným molybdenem ^{99}Mo ve formě molybdenanu amonného, uzavřená v olověném stínění. Při rozpadu 66 hodin se molybden přeměňuje na technecistanový aniont, který je z kolony získáván pomocí vymývání fyziologickým roztokem, tzv. elucí, do připravené sterilní evakuované lahvičky. Generátory bývají použitelné v závislosti na výchozí aktivitě většinou jeden týden (Koranda a kol., 2014, s. 18).



Obrázek 5 Eluční generátor $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Kupka a kol., 2007, s. 32)

2.10.3 Aplikační formy radiofarmak

Výroba radiofarmak probíhá při shodných podmínkách jako výroba jiných běžných léků, musí však být dodrženy všechny předpisy a potřeby pro práci s radioaktivními látkami. Podle způsobu podání léku dělíme radiofarmaka na parenterální, perorální a inhalační (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 33).

Parenterální radiofarmaka se v diagnostice nukleární medicíny používají nejčastěji, hlavně ve formě roztoků, koloidních disperzí nebo suspenzí. Podávány mohou být např. intravenózně (do žíly), subkutánně (pod kůží) či intraartikulárně (do kloubní dutiny) (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 33).

Jako perorální radiofarmaka využíváme roztoky, koloidy, emulze i tuhé látky. Vodné roztoky k perorálnímu podání se svým složením mohou podobat vodným roztokům určeným k podání parenterálně. Tuhé látky se nejčastěji podávají ve formě želatinových tobolek (jód ^{131}I v terapii na nukleární medicíně) (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 33).

Radiofarmaka v inhalační formě radioaktivních plynů využíváme k diagnostice v nukleární medicíně. Zástupcem této formy je krypton $^{81\text{m}}\text{Kr}$, získávaný z generátoru rubidium ^{81}Rb / krypton $^{81\text{m}}\text{Kr}$ (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 33-34).

2.10.4 Biologické chování radiofarmak

Biologické chování radiofarmak je dáno převážně způsobem jejich aplikace, tedy vstupu do organismu. Dochází k jejich šíření v organismu, zpracovávání a následnému vyloučení z těla ven. Rychlost těchto dějů závisí na průtoku krve, nitrobuněčných interakcích a řadě dalších faktorů, doba zdržení farmaka v orgánu pak závisí na rychlosti nitrobuněčné transformace. Podle této doby můžeme radiofarmaka dělit na radiofarmaka s dlouhým přetrváváním v cílovém orgánu (^{99m}Tc -DMSA při statickém vyšetření ledvin, zadrženo v ledvinném parenchymu) a radiofarmaka s plynulým transportem (^{99m}Tc -MAG3 při dynamické scintigrafii ledvin, ihned vylučováno do močových cest). K vylučování radiofarmaka dochází několika způsoby, tj. močí, stolicí, ve vydechovaném vzduchu, potem. Jelikož se největší množství radiofarmaka vyloučí močí, je nutno nabádat pacienty k doplňování tekutin a častému chození na toaletu, právě z důvodu snižování radiační zátěže na močový měchýř (Koranda a kol., 2014, s. 20-21).

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část práce bude zaměřena na popis úlohy radiologického asistenta při scintigrafii štítné žlázy, na samotný průběh vyšetření a další témata s vyšetřením spojená. Praktická část probíhala na odděleních nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové a Krajské nemocnice Liberec, budou zde tedy uváděny postupy uplatňující se právě na těchto odděleních.

3.1 Gamakamera

Jedná se o detektor záření gama vycházejícího z těla pacienta (viz. obrázek č. 6). Má tři základní součásti, scintilační krystal (obvykle jodid sodný aktivovaný thaliem NaI (TI)), fotonásobiče a elektronické vyhodnocovací soustavy. Záření prochází skrz různé druhy kolimátorů, dopadá na scintilační krystal, kde dochází ke vzniku záblesků viditelného světla. Na fotonásobiči jsou tyto záblesky převedeny na elektrony, které na výstupu fotonásobiče vytváří elektrické impulzy. Ty jsou dále zpracovávány v elektronické části zařízení a následně převáděny na výsledný obraz.

K snímání při scintigrafii štítné žlázy používáme většinou jednohlavou (jednodetektorovou) gamakameru. Vyhodnocení vyšetření se provádí na vyhodnocovacích systémech pomocí softwaru doporučeného výrobcem. Na analyzátoru musí být nastavené energetické okénko na fotopíku pro dané radiofarmakum, u scintigrafie štítné žlázy na energii ^{99m}Tc (používaný ^{99m}Tc -pertechnetát, $E=140\text{ keV}$), případně energii ^{123}I (používaný ^{123}I -jodid sodný, $E=159\text{ keV}$) a šíří energetického okénka na plus mínus 10% pro obě radiofarmaka. Nastavením fotopíku je snižováno zachycování rozptýleného záření, to totiž způsobuje neostrost obrazu.

Aby byla na odděleních nukleární medicíny zajištěna dostatečná kvalita prováděných vyšetření, a tedy i jejich výsledků, je zapotřebí pravidelných testů. Těmito testy je pravidelně ověřována správnost všech podstatných detekčních parametrů. Na každém pracovišti nukleární medicíny je soubor měření součástí programu zabezpečení jakosti. Tento program musí být v souladu s požadavky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a se standardními operačními postupy (SOP).



Obrázek 6 Gamakamera (vlastní zdroj)

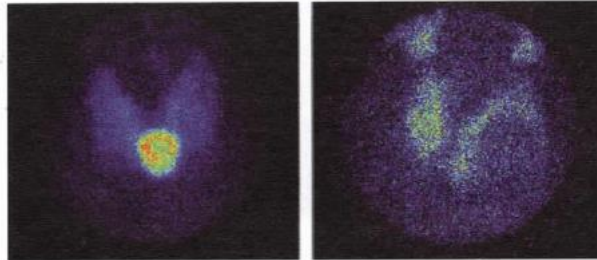
3.1.1 Veličiny spojené se scintigrafickým zobrazováním

Velikost a hloubka uložení zobrazované tkáně jsou veličiny charakterizující danou zobrazovanou tkáň z fyzikálního i anatomického hlediska. V kombinaci s biologickým chováním použitého radiofarmaka, a tedy i jeho hromaděním v cílové tkáni charakterizují a ovlivňují kontrast objektu na výsledném obrazu. Vytváření obrazu pomocí detekce záření gama může být zkresleno různými faktory. Jedná se například o rozptyl a absorpci gama záření při interakci s tkáněmi, typ zobrazovacího přístroje, koncové zpracování a úpravu obrazu v počítači. Vlivem těchto faktorů je, že kontrast obrazu je vždy menší než kontrast zobrazované tkáně. Ze statistického hlediska je patrné, že je možné kvůli statistické chybě přehlédnout i diagnosticky důležitou patologii. Nízká hustota impulzů může obraz také negativně ovlivnit, proto je důležitá dostatečná aktivita radiofarmaka a delší doba na zaznamenání dostatečného množství impulzů. Další možností zvýšení kontrastu je tzv. prahování, použití vhodného zobrazovacího okna s určeným dolním a horním prahem (oba prahy jsou charakterizovány čísly, dolnímu je přiřazena černá barva, hornímu bílá).

Tzv. integrální homogenita (uniformita) je primární veličinou, která popisuje kvalitu obrazu scintilačních kamer. Používá se k hodnocení odezvy detektoru na homogenní zdroj ionizujícího záření. Jako ideální stav se pokládá na homogenní osvětlení i homogenní odezva, odchylky od tohoto ideálního stavu pomáhá detekovat právě integrální homogenita. Její hodnoty se u lepších přístrojů drží na 2 - 4 %, u nejlepších přístrojů se pohybují kolem 1,5 %.

Ve scintigrafii jsou podstatné další veličiny – signál, šum a jejich podíl (signal-to-noise-ratio). Jako šum se v planární scintigrafii označuje statistický šum počítaný druhou odmocninou z počtu impulzů mimo poškození, v tomografickém vyšetřování je pak výpočet šumu dán složitějším početním vztahem. Signál je veličina prezentující užitečnou složku obrazu. Poměr signálu a šumu (signal-to-noise-ratio) se pak používá spolu s kontrastem k hodnocení kvality

obrazu. Podle kontrastu výsledného obrazu lze hodnotit přítomnost tzv. studených a horkých uzlů, kdy studené uzly se zobrazují hůře než ty horké (viz. obrázek č. 7). U povrchově uložené štítné žlázy lze zachytit i studené uzly o velikosti v průměru 6-8 mm (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 36-42).



Obrázek 7 Horký a studený uzel (Míková, 2008, s. 76)

3.1.2 Kolimátory

Kolimátory jsou zhotovené z olova, používá se několik různých tvarů a typů. Konkrétně pro scintigrafii štítné žlázy je používán kolimátor paralelní typu LEHR či častěji kolimátor pinhole (viz. obrázek č. 8). Kolimátor LEHR má vysoké prostorové rozlišení, skládá se z mnoha otvorů v olovu uspořádaných rovnoběžně s osou detektoru, tj. paralelně. Vytvářený obraz má stejnou velikost jako ve skutečnosti, nezávisí na vzdálenosti detektoru od pacienta. Kolimátor typu pinhole má jeden otvor o průměru 3-5 mm, vznikající obraz je převrácený a zvětšený. Pokud zobrazovaný objekt umístíme daleko od vstupního otvoru kolimátoru, bude obraz zvětšený nedostatečně. Proto je nutné, umísťovat vstup do detektoru co nejbližší pacientově štítné žláze. Zajistíme tak i lepší rozlišovací schopnost (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 39).



Obrázek 8 Hlava kamery s kolimátorem pinhole (vlastní zdroj)

3.1.3 Vznik a zpracování obrazu

Aby vznikl kvalitní obraz, je nutno, aby kamera zaznamenala dostatečný počet fotonů. Jednou z možností by bylo použití větší aktivity radiofarmaka, to se však z důvodu zvýšené radiační zátěže na pacienta i personál neprovádí. Aby se tedy dosáhlo dostatečného množství detekovaných fotonů, prodlužuje se expoziční čas. Z tohoto důvodu jsou vyšetření v nukleární medicíně poměrně dlouhá.

Zaznamenané rozložení četností impulzů nad jednotlivými tkáněmi v těle pacienta vytváří výsledný scintigrafický obraz. Ten se rozděluje na analogový a digitální, analogový obraz je na digitální převáděn v podobě číselných údajů. Matice čísel digitálního obrazu je pak zobrazována podle dohodnutého pravidla jako jednotlivé odstíny šedi nebo odstíny dalších barev. Digitální snímek se skládá z obrazových prvků, pixelů, které se zobrazují jako čtverečky, každému čtverečku je přiřazen jeden odstín šedi.

Obrazová data v digitální formě lze do paměti počítače ukládat třemi způsoby záznamů. Při plynulém záznamu (list mode) dochází k průběžnému záznamu impulzů do paměti počítače v pořadí, v jakém byly detekovány. Po skončení záznamu je však nutno obraz zpětně rekonstruovat. Při maticovém záznamu obrazu (frame mode) se jednotlivé impulzy ukládají do obrazových prvků napřed vytvořené obrazové matice. Nejčastěji jsou ve scintigrafii využívány matice 64x64, 128x128 a příležitostně 256x256. Posledním typem ukládání záznamů je intervalový záznam (gate mode). Ten se používá díky možnosti předejít rozmazání z důvodu pravidelných pohybů jednotlivých orgánů, např. tlukotu srdce.

Požizování obrazů scintigrafickými metodami se dá rozdělit na metody statické a dynamické (podle počtu časových intervalů zaznamenávajících rozložení radiofarmaka), na planární a tomografické (podle zobrazení jedné projekce nebo řezu složeného z více projekcí).

U scintigrafického vyšetření štítné žlázy je používána projekce statická, kde se sleduje na jediném snímku rozložení radiofarmaka po určité době od aplikace. Na výsledném obrazu se potom dají rozlišit patologická místa s nižším či vyšším počtem impulzů, u štítné žlázy např. horké a studené uzly.

Relativně častými vadami scintigrafických obrazů jsou šum a nízká ostrost detailů. K potlačení šumu lze použít filtraci, která spočívá v tzv. zprůměrování hodnot („vyhlazení“ snímku). Nejvýraznější náhodné odchylky jsou odstraňovány způsobem nahrazování původních hodnot ve všech obrazových prvcích váženým průměrem z malé plošky obrazu. Tímto způsobem

filtrace se obraz podobá snímku získanému při záznamu velkého počtu impulzů, bez nutnosti navyšování aktivity radiofarmaka, a tedy i radiační zátěže na pacienta. Je však nutno dbát na filtraci vzniklé riziko potlačení menších detailů a tím pádem i jejich přehlédnutí. Filtrace používaná k potlačení neostrosti a zvýraznění detailů ale naopak způsobuje zesilování šumu. Proto je nutno při rekonstrukci obrazu volit kompromisy k získání diagnosticky nejlépe hodnotitelného obrazu (Kupka, Kubinyi, Šámal a kol., 2007, s. 43-46).

3.1.4 Uchovávání obrazů a jejich přenos

S dále postupující digitalizací obrazů v diagnostice nejen na odděleních nukleární medicíny narůstají nároky na technické vybavení pro jejich uchovávání. Pro plynulý provoz zdravotnických zařízení jsou o mnoho vyšší požadavky na výkon počítačů, velikost paměti a rychlost přenosu dat. Obrazy získané různými diagnostickými metodami jsou po relativně dlouhou dobu uchovávány na optických discích. Zdravotnická zařízení dnes používají systémy, kde jsou data ukládána ze všech diagnostických pracovišť a zpřístupněna na kterémkoliv počítači připojeném do tohoto systému, s možností připojení i vzdálených pracovišť, což s sebou přináší mnohé výhody (např. PACS, tj. Picture Archiving and Communication System).

3.2 Příprava a edukace pacienta

Vyšetření pacienta na oddělení nukleární medicíny musí být vždy indikováno od ošetřujícího lékaře. Možnými indikacemi mohou být např. diagnostika latentní a rozvinuté hypertyreózy (autonomní adenomy, autoimunní hypertyreóza, subakutní zánět štítné žlázy), cílené vyšetření pacienta s diferencovaným karcinomem žlázy za přítomnosti myxedému v oblasti krku, průkaz ektopicky uložené tyreoidální tkáně. Pacient se na základě plně vyplněné žádanky od svého lékaře objedná na konkrétní vyšetření. Na každé vyšetření je potřeba jiná příprava, tato část bude věnována konkrétně scintigrafickému vyšetření štítné žlázy.

Jelikož během vyšetření buňky štítné žlázy akumulují jód z radiofarmaka, je nutno, aby přibližně 6 týdnů před tímto vyšetřením pacient vysadil léky obsahující hormony štítné žlázy tyroxin a trijodtyronin, měsíc před vyšetřením neabsolvoval kontrastní vyšetření s jodovou kontrastní látkou a alespoň dva týdny předem omezil přísun jódu v potravě.

Pacient se dostaví na oddělení s dostatečným předstihem, nahlásí se a je mu k prostudování předán souhlas s aplikací radiofarmaka a s následným vyšetřením na gamakameře (viz. Příloha č.1). V tomto souhlasu je pacientovi popsán průběh vyšetření, proč je vyšetření prováděno, vysvětleny jsou možné nežádoucí reakce. Upozorňuje také na nutnost nahlášení případného těhotenství nebo kojení (těhotenství je relativní kontraindikací, vyšetření lze provést z vitální

indikace při aplikaci velmi snížené aktivity ^{99m}Tc , kojící pacientky by měly vynechat kojení na 24 hodin), alergií a doporučuje vyhnout se v době po vyšetření malým dětem a těhotným ženám z důvodu radiační zátěže v okolí pacienta. Pacientovi je doporučen zvýšený příjem tekutin během celého dne a následující den, aby bylo radiofarmakum co nejdříve z těla vyloučeno.

3.3 Úloha radiologického asistenta při vyšetřeních na oddělení nukleární medicíny

Radiologický asistent provází pacienta téměř u všech úkonů na odděleních nukleární medicíny. Na každém oddělení mají asistenti částečně odlišné pravomoci a povinnosti. Obecně se ale jejich práce téměř ve všem shoduje.

Radiologický asistent je často první pracovník, kterého pacient na oddělení potká, a to na recepci oddělení. Má za úkol příjem žádanek od pacienta, jeho identifikaci, zadání do systému nebo případnou aktualizaci údajů, pokud již pacient na oddělení někdy byl (adresa, výška, váha), může pacienty objednávat. Při příchodu pacienta již na konkrétní vyšetření mu dává k vyplnění souhlasy (informovaný souhlas s vyšetřením, souhlas s aplikací radiofarmaka), podává mu další doplňující informace k nadcházejícímu průběhu vyšetření, kontroluje jeho přípravu. Zjišťuje od pacientů kontraindikace pro jednotlivá vyšetření, má možnost ukázat přístroje případným klaustrofobikům. Radiologičtí asistenti dále mohou natáhnout do stříkaček farmaceutem připravené radiofarmakum a při jeho aplikaci lékařem asistovat.

Za úkol mají také obsluhu všech přístrojů pro scintigrafická vyšetření, i jejich každodenní ranní kontroly a zkoušky provozní stálosti. Na některých odděleních obsluhují přístroje PET/CT, kde se po pravidelných intervalech střídají s dalšími asistenty (radiační ochrana - ochrana časem). Ukládají pacienty do správných poloh na jednotlivá vyšetření, zodpovídají jejich případné dotazy, poučují je, jak se chovat po odchodu domů v rámci radiační ochrany (hodně pít a nezdržovat se delší čas v blízkosti dětí a těhotných žen).

3.4 Popis průběhu scintigrafického vyšetření štítné žlázy a úlohy radiologického asistenta při něm

Pacient se dostaví na oddělení v den vyšetření, je správně připraven dle instrukcí při objednání. Proběhne kontrola jeho osobních údajů (příjmení, jméno, rodné číslo, adresa trvalého bydliště, pojišťovna). Podle toho, zda je pacient na oddělení poprvé nebo již zde nějaké vyšetření absolvoval, se založí karta nebo se existující karta vyhledá v kartotéce. Ke kartě jsou přiloženy

podepsané souhlasy. Scintigrafické vyšetření štítné žlázy podstupují kromě ambulantních také hospitalizovaní pacienti v rámci terapie radiojódem.

Pro každého pacienta radiologický asistent v digestořích do připravených a popsaných stříkaček natáhne radiofarmakum ^{99m}Tc -pertechnetát, aktivita radiofarmaka se řídí podle váhy (viz. obrázky č. 9 a 10). Radiofarmakum je natahováno do stříkaček, které jsou umístěny ve stíněném obalu. Takto se ještě vloží do stíněného kontejneru pro dvojí ochranu před zářením (ochrana stíněním). Každá stříkačka musí být popsána druhem radiofarmaka a jeho aktivitou v konkrétní stříkačce. Takto nachystané radiofarmakum je doneseno do aplikační místnosti. Tam je znovu provedena identifikace pacienta, zavedena kanyla do dobře dostupné žíly (nejčastěji kubitální), a lékařem je aplikována do kanyly dávka radiofarmaka. Pacient se přibližně na 20 - 25 minut posadí do čekárny, než je provedeno samotné vyšetření.



Obrázek 9 Digestoř (vlastní zdroj)



Obrázek 10 Vnitřek digestoře s radiofarmaky (vlastní zdroj)

Po uplynutí doby nutné na vychytání radiofarmaka ve štítné žláze je pacient pozván do vyšetřovací místnosti s gamakamerou, jeho údaje jsou již zadány v počítači v otevřeném konkrétním protokolu pro scintigrafii štítné žlázy. Pacient je opět dotazován na jméno a ročník narození, pro poslední kontrolu. Pro správný průběh vyšetření je požádán o odložení kovových předmětů v oblasti krku, které by mohly výsledek vyšetření zkreslit a o odložení obuvi. Jelikož se ^{99m}Tc -pertechnetát mimo jiné vychytává i ve slinných žlázách, dá radiologický asistent pacientovi vypít menší množství vody, aby došlo ke spláchnutí radiofarmaka z oblasti slinných žláz, úst a krku a sken byl pro popis dostatečně přehledný (viz. obrázek č. 11). Poučí ho, že je potřeba, aby klidně ležel, že může normálně dýchat i polykat, případně si může zavřít oči.



Obrázek 11 Tekutina k spláchnutí slin a bodový zdroj záření k označení jugula (vlastní zdroj)

K samotnému skenu nachystá asistent pacienta do polohy vleže na záda, hlavou směrem ke gamakameře. Pacient si hlavu lehce zakloní, ruce si položí pohodlně například na břicho a je s celým lůžkem zavezen pod kameru, kde je již umístěn kolimátor pinhole. Asistent nastaví ústí do kolimátoru tak, aby bylo co nejbližší pacientovu krku, se štítnou žlázou přibližně ve středu pole (viz. obrázek č. 12). U pacientů po operaci s rezidui štítné žlázy by se při nastavování měl řídit podle kontur krku, nastavuje pacienta do odhadovaného středu pole. Od spuštění vyšetření trvá načítání obrazu přibližně 5 minut. Radiologický asistent by se neměl zbytečně zdržovat dlouhou dobu u pacienta, měl by dbát i na zvýšený odstup (ochrana časem a vzdáleností).



Obrázek 12 Poloha pacienta (vlastní zdroj)

Pro lepší přehlednost a orientaci v oblasti krku a okolí se nahrává ještě jeden obraz. Asistent nahmatá pacientovu krční jamku, jugulum, a přiloží k ní kuličku našroubovanou na tyčce (viz. obrázek č. 11). V kuličce je vyvrtaný závit, ve kterém je malé množství radiofarmaka, zobrazí se tedy na skenu jako bod s výraznou aktivitou (bodový zdroj záření ^{99m}Tc). Nahráním kuličky je vyšetření dokončeno. V tomto momentě je požádán lékař o rychlé zhodnocení nálezu, má možnost indikovat doplňující SPECT nebo SPECT/CT vyšetření.

Pokud lékař doplňující vyšetření nepožaduje, asistent oddálí kolimátor od pacientova krku a vyveze ho s celým lehátkem, pomůže mu z lehátka dolů. Pokud je pacient na vyšetření ambulantně, může odejít domů, znovu je mu doporučen zvýšený příjem tekutin a omezení kontaktu s malými dětmi a těhotnými. Asistent dezinfikuje lůžko a připraví vyšetřovnu pro dalšího pacienta.

Zpráva, která je výstupem vyšetření by měla obsahovat administrativní data (o pacientovi, o indikujícím lékaři, typ a datum vyšetření), klinické informace o pacientovi, popis vyšetření včetně použitého přístroje a radiofarmaka a případných komplikací při něm, popis nálezu od lékaře a klinický závěr, ke kterému na základě vyšetření a přihlédnutí k indikaci dospěl, případné doporučení dalších vyšetření a postupu.

Do základní pacientovy dokumentace patří vytištěné scintigramy včetně popisu lékaře, uchovávan je i pacientův souhlas s vyšetřením. Zprávy musí obsahovat jména zdravotnických pracovníků, kteří se vyšetření podíleli. Všechny dokumenty a informace o pacientovi jsou uloženy v kartě pacienta a zároveň v elektronickém systému PACS (Picture Archiving and Communication System).

3.4.1 Radiační ochrana pacientů a personálu při vyšetření

Hlavním určujícím ustanovením je v současné době Atomový zákon č.263/2016 Sb., který stanovuje obecná pravidla pro práci s ionizujícím zářením zejména kvůli dosažení hlavních cílů radiační ochrany - omezení stochastických účinků a úplné omezení účinků deterministických (stochastické, tj. účinky pravděpodobnosti podmíněné buněčnými mutacemi - možnost vzniku nádorových onemocnění, deterministické, tj. účinky patrné až po překročení dávkového prahu, jsou podmíněny ztrátami buněk ve významných buněčných populacích, např. akutní nemoc z ozáření, akutní poškození kůže).

Na všech odděleních nukleární medicíny je nutno dodržovat zásady radiační ochrany, aby nedocházelo ke zbytečnému ozařování pacientů a obsluhujícího personálu. Pro tyto účely jsou

pracoviště vybavena několika ochrannými pomůckami, které jsou používány při každém prováděném vyšetření (ochranné rukavice, olověný či wolframový kryt na stříkačku, olověný či wolframový kontejner na lahvičku s připraveným radiofarmakem, olověný či wolframový transportní kontejner na přepravu stříkačky s nataženým radiofarmakem, ochranná olověná stínící zástěra pro personál, olovem stíněný kontejner na použité jehly a zvláště i na použité stříkačky) (viz. obrázky č. 13 a 14). Tyto pomůcky slouží jako ochrana stíněním. Jak je již popsáno v jiných kapitolách, je nutno dodržovat také zásady ochrany časem a vzdáleností od aktivního zdroje záření.



Obrázek 13 Olověné kryty na stříkačky (vlastní zdroj) Obrázek 14 Olověné stínění pracoviště (vlastní zdroj)

Každý radiologický asistent je vybaven osobním dozimetrem, který je pravidelně každý měsíc vyhodnocován. Pracovníci, kteří přichází do styku s radiofarmaky při jejich přípravě nosí ještě prstový dozimetr, pro určení dávky obdržené na ruku.

Po vyšetřeních na oddělení nukleární medicíny lze pacientovi dopočítat obdrženou efektivní dávku a dávku v orgánu, který absorboval dávku nejvyšší. Tyto dávky lze dopočítat podle tabulkově daných hodnot, viz tabulka v teoretické části.

3.5 Porovnání provedení scintigrafie štítné žlázy na odděleních nukleární medicíny

Scintigrafie štítné žlázy je, i jako ostatní vyšetření, na různých odděleních nukleární medicíny prováděna různě. Účel zůstává stejný, avšak provedení či použitá technika se mohou lehce lišit. Sledování průběhu vyšetření bylo prováděno na dvou odděleních nukleární medicíny, ve Fakultní nemocnici Hradec Králové a v Krajské nemocnici Liberec.

V Krajské nemocnici Liberec (KNL) jsou tři typy zobrazovacích kamer, z nichž na všech třech lze provádět scintigrafii štítné žlázy. Dvouhlavá gamakamera NUCLINE SPIRIT DHV,

jednohlavá NUCLINE PAC a dvouhlavá gamakamera se SPECT/CT DISCOVERY NM/CT 670. Ve Fakultní nemocnici Hradec Králové (FNHK) se scintigrafie štítné žlázy provádí nejčastěji na jednohlavé gamakameře GE BRIVO 615, lze použít i jednu ze dvou dvouhlavých gamakamer GE INFINIA HAWKEY 4 se SPECT/low dose CT. Jako kolimátor na obou pracovištích volíme při tomto vyšetření většinou kolimátor pinhole, lze použít i LEHR kolimátor.

Na vyšetřovnách se na obou odděleních nachází doplňující vybavení jako jsou např. fixační pomůcky, polštáře, hračky pro děti, bodový zdroj ^{99m}Tc k zakreslení a orientaci v anatomických strukturách na krku ve FNHK. V KNL je k označení oblasti jugula naopak používáno olůvko, které místo odstíní. Jugulum je pak vyobrazeno na rozdíl od bodu s velkou aktivitou ve FNHK jako fotonické ložisko. Na vyšetřovnách je přítomna také skříň s potřebnými farmaky a pomůckami k případnému zahájení první pomoci.

Příprava pacienta k vyšetření včetně vysazení léků je na obou odděleních shodná. Jako radiofarmakum je používán ^{99m}Tc -technecistan ($^{99m}\text{Tc-TcO}_4$). Ve FNHK o aktivitě 50-175 MBq podle místní diagnostické referenční úrovně, v KNL podle místních standardů 120 MBq. Národní diagnostická referenční úroveň pro toto vyšetření je stanovena na 200 MBq, všechny referenční hodnoty jsou nastaveny pro pacienta o hmotnosti 70 kg. Národní diagnostickou referenční úroveň lze přesáhnout pouze ve zvláštních případech, např. při vysoké váze pacienta nebo nutnosti dosáhnout velké kvality zobrazení. Aktivita aplikovaná pacientům o vyšší hmotnosti se počítá dle tabulek k těmto výpočtům určeným. Při aplikování radiofarmaka dětem se podává aktivita řídí standardy Evropské asociace nukleární medicíny (EANM). Na obou odděleních se aplikovaná aktivita včetně místa aplikace a hmotnosti pacienta zaznamenává do pacientovy dokumentace k vyšetření. ^{99m}Tc -technecistan je podáván intravenózně nejčastěji do kubitální žíly.

Ověřování osobních údajů o pacientovi, jeho identifikace, poučení a zjišťování i relativních kontraindikací k vyšetření (těhotenství, kojení, předchozí podání neaktivního jodu v medikamentech, kontrastních látkách či dezinfekčních prostředcích z důvodu blokády vychytávání radiofarmaka ve žláze) probíhá na obou odděleních shodně.

Polohování pacienta na vyšetřovacím stole vleže na zádech s podloženou oblastí ramen s krkem v mírném záklonu provádí radiologičtí asistenti stejně.

Ke scintigrafii lze použít jak kameru jednohlavou, tak dvouhlavou, buď s paralelním LEHR kolimátorem nebo kolimátorem pinhole. Na oddělení nukleární medicíny v Hradci Králové se scintigrafie štítné žlázy nejčastěji provádí na gamakameře GE BRIVO 615 s použitím kolimátoru pinhole s jedním otvorem. Scintigramy se nahrávají v matici 256 x 256, případně 128 x 128 při snaze dosáhnout alespoň 200 000 zachycených impulzů, avšak při maximálním čase 10-15 minut. Doplňuje se scintigram na označení umístění jugula (bodovým zdrojem – „kuličkou“) a provádí se kvantifikace vychytávání ^{99m}Tc -technecistanu ve tkáni štítné žlázy změřením aktivity ve stříkačce před a po aplikaci radiofarmaka pacientovi buď gamakamerou, nebo měřičem aktivity. Na oddělení nukleární medicíny v Liberci je matice scintigramu nastavována na 128 x 128 se zmenšeným zorným polem při zoom 2. Délka záznamu prvního scintigramu je 8 minut, po označení jugulární jamky přiložením olůvka se zaznamenává scintigram druhý s předvoleným časem 6 minut. Celkový čas snímání je tedy 14 minut.

Výstupy ze snímání jsou totožné, planární scintigramy. Obraz je vytvořen v monochromatické černobílé barvě či v barevné škále při volbě optimálních mezí pro horní i dolní zobrazovanou četnost impulzů, kvůli dobré hodnotitelnosti i oblastí s menší kumulací radiofarmaka. Na obou pracovištích je k dispozici SPECT/CT pro případné dovyšetření žlázy v tomografickém 3D zobrazení.

V postupech obou pracovišť jsem objevila jen pár drobných odlišností, které však nemají zásadní vliv na klinický výstup z vyšetření.

4 DISKUZE

Nukleární medicína je zdravotnický obor zabývající se diagnostikou a terapií různých onemocnění pomocí otevřených zářičů, které jsou navázány na několik druhů používaných farmak. Současné používané metody jsou již velmi vyspělé, mají několik výhod, kterých je využíváno. Vyšetření jsou kromě zavádění kanyl neinvazivní, nebolestivá, nevznikají po nich většinou žádné vedlejší účinky a při správném dodržení všech postupů zpravidla ani nepředstavují pro pacienta významnou radiační zátěž.

Při své praxi na odděleních nukleární medicíny jsem měla možnost pracovat na třech různých odděleních, ve Fakultní nemocnici Hradec Králové, v Krajské nemocnici Liberec a v Chrudimi v nestátním zdravotnickém zařízení DIMED s.r.o., zabývající se také diagnostickými a terapeutickými metodami v oblasti nukleární medicíny. Pracoviště se mírně různí svojí velikostí, uspořádáním, přístroji, prováděnými výkony a množstvím vyšetřených pacientů, v základních principech vyšetřování a provádění terapeutických úkonů na nukleární medicíně se však významně neliší.

Každé oddělení nukleární medicíny má svoje místní radiologické standardy, podle kterých jsou všechna vyšetření prováděna. Tyto standardy vycházejí z národních radiologických standardů, které slouží jako soubor doporučení a jakýsi návod pro tvorbu standardů místních. Národní radiologické standardy vydává Ministerstvo zdravotnictví ČR zveřejněné ve Věstníku MZ ČR, aktuální vydání pro nukleární medicínu je Věstník č. 2/2016. Provádění vyšetření v praxi se pak může lišit také v závislosti na lékaři, který ho popisuje. Každý lékař má své osvědčené postupy, které mu při diagnostice usnadňují práci, a proto je radiologický asistent na jeho žádost využívá.

Na žádném z oddělení jsem se nesetkala se scintigrafickým vyšetřením štítné žlázy, které by bylo prováděné pomocí radiofarmaka značeného ^{123}I , proto je práce zaměřena pouze na scintigrafii prováděnou za použití $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Jeden z rozdílů v postupu při scintigrafii štítné žlázy na odděleních FNHK a KNL je použití k označení jugulární jamky buď bodového zdroje záření tzv. „kuličky“, nebo olůvka. Obě metody mají své pro a proti. Použití bodového zdroje záření poskytuje lepší orientaci v oblasti krku pro potřeby lékaře. Na druhou stranu je to další zdroj záření navíc, který, i když drobně, přispívá k dalšímu ozáření pacienta a radiologického asistenta. V použití olůvka vidím šetření pacienta i personálu od dalšího ozáření, avšak označení jugulární jamky není tak přehledné, jako při použití bodového zdroje, i když je pro potřeby lékaře určitě dostačující.

Literární prameny použité v teoretické části práce se v podstatných informacích shodují. Shodují se i s postupy, které jsem měla možnost vidět v praxi. Tyto znalosti jsem se snažila uplatnit a předat v praktické části své bakalářské práce.

5 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabývala scintigrafickým vyšetřením štítné žlázy a úlohou radiologického asistenta při něm. Téma své bakalářské práce jsem si vybrala také z důvodů osobních. Sama mám hypofunkci štítné žlázy a užívání léků mě čeká do konce života, toto téma je mi tedy blízké a přijde mi i zajímavé. Nehledě na to, že podle dat z ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky) incidence onemocnění štítné žlázy neustále stoupá, u žen se objevuje až 9x častěji než u mužů. Větší incidence u žen, než u mužů by mohla být mimo jiné způsobena vlivem hormonální antikoncepce na výskyt onemocnění štítné žlázy. Podle článku publikovaného v časopise Praktický lékař (Bednářová, Zamrazil, 2009), byl při prováděné studii v předběžných výsledcích prokázán výrazný vliv hormonální antikoncepce na častější výskyt autoimunitních tyreopatií. Jedná se tedy o téma aktuální.

V teoretické části práce jsem se zaměřila na ucelený přehled informací z anatomie, fyziologie a patologie štítné žlázy. Obecně jsem popsala teoretický průběh scintigrafického vyšetření, popsala jsem také základy radioaktivity a ionizujícího záření. V neposlední řadě jsou v teoretické části zmíněna radiofarmaka a nezbytná radiační ochrana.

Část praktickou jsem absolvovala na odděleních nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Hradec Králové a Krajské nemocnici Liberec. Při psaní práce mi kromě vědomostí z absolvovaného studia a literatury sloužily zkušenosti a znalosti pracovníků zmíněných oddělení. Detailněji jsem se zaměřila na popis nejdůležitějšího přístroje pro scintigrafii, gamakamery. Následuje poučení o nutné edukaci pacienta a popis úlohy a práce radiologického asistenta na odděleních nukleární medicíny. Samotný popis průběhu vyšetření je pro lepší ilustraci doplněn o fotografie přístroje a polohy pacienta, věnuji se zde i konkrétnímu uplatnění principů radiační ochrany. V poslední části jsem porovnávala průběh scintigrafie štítné žlázy na obou odděleních, kde jsem praktickou část absolvovala.

Ve své práci jsem usilovala o vytvoření uceleného přehledu informací a praktických poznatků. Snažila jsem se, aby z práce vyplynulo, že je radiologický asistent svou úlohou a náplní práce nejen na odděleních nukleární medicíny nepostradatelným pracovníkem.

6 POUŽITÁ LITERATURA

BLAHOŠ, Jaroslav a Václav ZAMRAZIL, ed. *Endokrinologie-interdisciplinární obor*. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-788-7.

BRUNOVÁ, Jana a Josef BRUNA. *Klinická endokrinologie a zobrazovací diagnostika endokrinopatií*. Praha: Maxdorf, c2009. Jessenius. ISBN 978-80-7345-190-5.

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2*. Praha 1: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n. p., 1988.

DVOŘÁK, Josef. *Štítná žláza a její nemoci: poučení pro nemocné*. Praha: Serifa, 2002. ISBN 8090285910.

FAKULTNÍ NEMOCNICE HRADEC KRÁLOVÉ, Místní radiologický standard, Scintigrafie štítné žlázy a scintigrafie příštítných tělísek, 2017, zpracoval doc. MUDr. Jiří Doležal, Ph.D.

HÁNA, Václav. *Endokrinologie pro praxi*. Praha: Maxdorf, c2014. Jessenius. ISBN 978-80-7345-414-2.

KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.

KRAJSKÁ NEMOCNICE LIBEREC, a.s., Místní radiologický standard, Scintigrafie štítné žlázy, 2018, zpracoval RNDr. Pavel Pešat, Ph.D.

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

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína: [učební text]*. Praha: P3K, c2007. ISBN 978-80-903584-9-2.

LÍMANOVÁ, Zdeňka, Václav ZAMRAZIL a Jan NĚMEC. *Nemoci štítné žlázy: diagnostika a terapie*. Praha: Galén, 1995. Folia practica. ISBN 8085824256.

MAREK, Josef a Václav HÁNA. *Endokrinologie*. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7262-484-3.

MÍKOVÁ, Vlasta, ed. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, c2008. Care. ISBN 978-80-7262-533-8.

MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3918-2.

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

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.

PORŠOVÁ-DUTOIT, Irena. *Endokrinologie v praxi*. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-220-4.

SCHREIBER, Vratislav. *Patofyziologie žláz s vnitřní sekrecí*. 3. přeprac. vyd. Praha: Avicenum, 1979. Patologická fyziologie

STÁRKA, Luboslav a Václav ZAMRAZIL. *Základy klinické endokrinologie*. 2., rozš. vyd. Praha: Maxdorf, c2005. Jessenius. ISBN 80-7345-066-6.

ŠVEC, J. *Radioaktivita a ionizující záření*. Ostrava: SPBI, 2005, 35 s., ISBN 80-86634-62-0.

ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.

VLČEK, Petr a Jan NEUMANN. *Karcinom štítné žlázy: pooperační sledování nemocných*. Praha: Maxdorf, 2002. ISBN 80-85912-50-3.

Internetové zdroje:

BEDNÁŘOVÁ, J., ZAMRAZIL, V. Vliv používání hormonální antikoncepce na výskyt onemocnění štítné žlázy. [online]. 2009, Praktický lékař. 89: 244-246 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/prakticky-lekar/2009-5/vliv-pouzivani-hormonalni-antikoncepce-na-vyskyt-onemocneni-stitne-zlazy-5559>

ČESKO. § 8 odst. 2 zákona č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2018-11-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96#p8-2>

STOKKEL, Marcel P. M., Daria HANDKIEWICZ JUNAK, Michael LASSMANN, Markus DIETLEIN a Markus LUSTER. EANM procedure guidelines for therapy of benign thyroid disease. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* [online]. 2010, 37(11), 2218-2228 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1007/s00259-010-1536-8. ISSN 1619-7070. Dostupné z: https://eanm.org/publications/guidelines/gl_EJNMMI_therapy_of_benign_thyroid_disease.pdf

ULMANN, V. *Jaderná fyzika, ionizující záření, radiologie* [online]. 2010 [cit. 2019-01-12].

Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/>

Věstník MZČR. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR [online]. 2016, roč. 2016, částka 2. [cit. 2019-04-08] Dostupné z: https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c2/2016_11347_3442_11.html

Vyhláška č. 422/2016 Sb. [online]. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, 2016. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/sb0172-2016.pdf>

ZAMRAZIL, V., R. BÍLEK, L. HORÁKOVÁ a R. GOŠ. Změny výskytu tyreopatií v České republice podle registru VZP v období 2012-2015. *Praktický lékař* [online]. 2017, 97(4): 184-185 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/prakticky-lekar/2017-4/zmeny-vyskytu-tyreopatii-v-ceske-republice-podle-registru-vzp-v-obdobi-2012-2015-61508>

7 PŘÍLOHY

Příloha A1 – *Souhlas pacienta s aplikací RF a následným vyšetřením (ONM FNHK)*.....54

Příloha A2 – *Souhlas pacienta s aplikací RF a následným vyšetřením (ONM FNHK)*.....55



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové - Nový Hradec Králové
Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906
Oddělení nukleární medicíny - 6681
Tel.: 495 832 337

**Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce
s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gamakameře**

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: **Pojišťovna:**

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

.....
příjmení jméno titul pracovní zařazení
(zdravotní sestra, zřízenec)

Plánovaný výkon: **Scintigrafie štítné žlázy**

Radiofarmakum: **^{99m}Tc-pertechnetát**

Vážená paní, vážený pane,

na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař scintigrafické vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na gamakameře po předchozí aplikaci radiofarmaka (léku označeného radioaktivním izotopem), obvykle nitrožilní. Zobrazení záchytu radiofarmaka umožňuje posoudit stav orgánů, přítomnost patologických ložisek apod.. Dle potřeby je scintigrafie doplněna nízkodávkovým CT. Interval mezi aplikací a vyšetřením závisí na typu výkonu. Vyšetření způsobuje nevelkou radiační zátěž organismu.

Nežádoucí vedlejší účinky (alergické reakce) se po aplikaci radiofarmak vyskytují zcela ojediněle. Pokud by se objevily po odchodu z našeho oddělení, obraťte se na svého ošetřujícího lékaře nebo pohotovost v místě bydliště, event. na Oddělení urgentní medicíny FN HK (495834120 nebo 495834130).

Před vyšetřením sdělte případné alergie v minulosti, u žen v reprodukčním věku těhotenství, podezření na těhotenství, kojení.

V den vyšetření je doporučen zvýšený příjem tekutin. Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Po celý den vyšetření, je třeba omezit kontakt s malými dětmi a těhotnými ženami.

Podrobnější dotazy Vám ochotně zodpoví lékař aplikující radiofarmakum nebo jiný lékař oddělení.

Byl/a jsem srozumitelně seznámen/a s průběhem vyšetření. Byly mi zodpovězeny všechny mé otázky, a to srozumitelně, včetně všech rizik či komplikací.

Prohlašuji, že jsem lékařům nezamlčel/a žádné údaje o svém zdravotním stavu (včetně alergií), mně známé, které by mohly nepříznivě ovlivnit průběh vyšetření. Současně prohlašuji, že v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

Souhlasím s plánovaným vyšetřením dne: v hodin

Podpis:

