



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Akumulace 99m-Tc-technecistanu ve štítné žláze**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program: **SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

**Autor:** Štěpán Bartoš

**Vedoucí práce:** MUDr. Ladislav Šabata

České Budějovice 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „Akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské/diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské/diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 26.4.2018 .....

Štěpán Bartoš

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce panu MUDr. Ladislavovi Šabatovi za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při vypracovávání mé bakalářské práce.

# Akumulace 99m-Tc-technecistanu ve štítné žláze

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo zodpovězení výzkumné otázky: „Jaký je rozsah normálních hodnot akumulace 99m-Tc-technecistanu ve štítné žláze?“ Odpověď jsem získal pomocí sběru dat a následného vyhodnocení výsledků vyšetření statické scintigrafie štítné žlázy vyšetřované u 34 pacientů na Oddělení nukleární medicíny v Nemocnici v Českých Budějovicích. Referenční soubor pacientů byl sbírán v období od ledna do prosince 2017. Vedoucí práce na základě klinických údajů na žádance k vyšetření vyloučil výsledky, které vykazovaly známky hypofunkce, hyperfunkce nebo zánětu štítné žlázy.

V úvodu teoretické části bakalářské práce je popsána anatomie a fyziologie štítné žlázy a příštítných tělísek. Následující kapitola popisuje poruchy funkce štítné žlázy. V poslední kapitole je popsáno vyšetřování štítné žlázy metodami nukleární medicíny, průběh vyšetření, použitá radiofarmaka a tvorba a zpracování obrazu.

V praktické části je popsán postup zpracování bakalářské práce na Oddělení nukleární medicíny v Nemocnici v Českých Budějovicích. Zde jsem pracoval s počítačovým vyhodnocovacím programem Xeleris s aplikací Thyroid Uptake Index. Ručně jsem zakresloval oblast zájmu okolo štítné žlázy a s pomocí programu vypočítal hodnotu akumulace ve štítné žláze. Získané hodnoty jsem statisticky zpracoval s použitím vzorců pro výpočet průměru, směrodatné odchylky a percentilu v programu Microsoft Excel. Percentil jsem určil pro 10 % a 90 %. Z výpočtů lze zjistit, že normální hodnota akumulace 99m-Tc-technecistanu ve štítné žláze se pohybuje v rozmezí od 0,4 % do 1,8 % a průměr je 0,85 %.

Tato práce, může posloužit jako hodnocení normálních hodnot akumulace při vyšetřování štítné žlázy, na odděleních nukleární medicíny.

## Klíčová slova

štítná žláza; 99m-Tc-technecistan; scintigrafie; nukleární medicína

# **Accumulation $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetate in the thyroid gland**

## **Abstract**

The objective of this bachelor thesis is to answer the following research question: “What is the extent of normal values of Technetium-99m accumulation in the thyroid gland?” I gained the answer by collecting data and subsequently assessing results of static scintigraphy of thyroid gland examined in 34 patients at the Department of Nuclear Medicine in the hospital Nemocnice České Budějovice. The reference file of patients was collected from January to December 2017. On the basis of clinical data on the examination request form, the supervisor excluded results that showed symptoms of hypothyroidism, hyperthyroidism or thyroiditis.

The anatomy and physiology of the thyroid gland and parathyroid glands are described in the introduction of the theoretical part of the bachelor thesis. The following chapter characterizes thyroid disorders. The last chapter describes the examination of thyroid gland using methods of nuclear medicine, check-up, radiopharmaceutical drugs used and making and processing an image.

The practical part describes the procedure of elaborating my bachelor thesis at the Department of Nuclear Medicine in the hospital Nemocnice České Budějovice. There I worked with evaluating computer program Xeleris with the Thyroid Uptake Index application. I plotted the region of interest around the thyroid gland manually and calculated the value of accumulation in the thyroid gland with a programme. I processed the gained values statistically using formulas to count the average, standard deviation and percentile in Microsoft Excel. I fixed the percentile for 10 % and 90 %. Calculations show that a normal value of Technetium-99m accumulation in the thyroid gland ranges from 0.4 % to 1.8 % and the average is 0.85 %.

This work can serve as evaluation of normal values of accumulation during examining thyroid gland at departments of nuclear medicine.

## **Key words**

Thyroid gland; Technetium-99m; scintigraphy; nuclear medicine

## Obsah

Úvod.....	9
1. Štítná žláza .....	10
1.2 Funkce štítné žlázy .....	12
1.3 Poruchy funkce štítné žlázy .....	12
1.3.1.Struma .....	12
1.3.2 Hypotyreóza – snížená funkce štítné žlázy .....	13
1.3.3 Hypertyreóza, tyreotoxikóza– zvýšená funkce štítné žlázy.....	13
1.3.4 Záněty štítné žlázy (tyreoiditidy) .....	14
1.3.5 Nádory štítné žlázy.....	15
1.4 Žlázy příštítné – Glandulae parathyroideae .....	18
1.4.1 Stavba.....	18
1.4.2 Funkce .....	18
1.5 Vyšetření štítné žlázy metodami nukleární medicíny .....	19
1.5.1 Scintilační kamera.....	19
1.5.2 Tvorba obrazu .....	22
1.5.3 Radiofarmaka používaná k zobrazení štítné žlázy.....	23
1.5.4 Radionuklidový generátor.....	24
1.5.5 Akumulační test .....	26
1.5.6 Scintigrafie štítné žlázy.....	27
1.5.7 Příprava pacienta.....	27
1.5.8 Aplikovaná aktivita .....	27
1.5.9 Průběh vyšetření.....	27
1.5.10 Počítačové zpracování studie .....	28
1.5.11 Vizuelní hodnocení obrazů .....	28
2 Cíle práce a výzkumná otázka .....	29

2.1 Cíl práce .....	29
2.2 Výzkumná otázka.....	29
3 Metodika .....	30
3.1. Soubor pacientů.....	30
3.2 Počítačové zpracování studie .....	32
3.3 Pracovní postup.....	33
4.Výsledky .....	38
4.1 Vlastní výsledky.....	38
5 Diskuze.....	42
6 Závěr .....	45
7 Seznam použité literatury .....	46
8 Seznam zkratk .....	49
9 Seznam tabulek a obrázků.....	50

## Úvod

Nemoci štítné žlázy jsou nejčastějšími onemocněními žláz s vnitřní sekrecí ve většině zemí světa, postihují nejméně 5 – 10 % obyvatelstva.

Vyšetření štítné žlázy metodou nukleární medicíny nám umožní získat informace o tvaru, velikosti, uložení a rozložení radiofarmaka ve štítné žláze. Získáváme také informace o funkční aktivitě v parenchymu štítné žlázy a o hormonální aktivitě v uzlech.

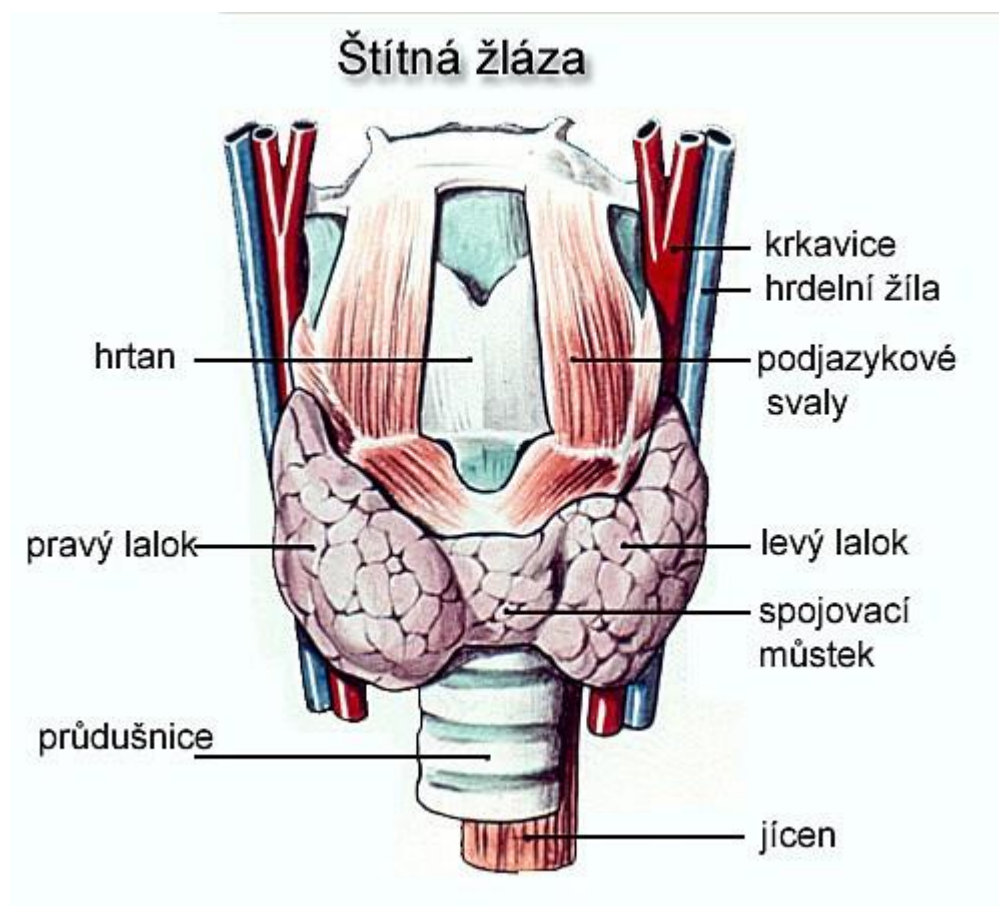
Cílem této práce bylo stanovit rozpětí normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecianu ve štítné žláze.



## 1. Štítná žláza

Štítná žláza (*glandula thyreoidea*) je párová endokrinní žláza, jejíž dva laloky leží po stranách štítné chrupavky hrtanu. Oba laloky jsou spojeny úzkým můstkem žlázové tkáně (*istmem*). (Miková, 2008, s. 75)

Laloky štítné žlázy mají obvykle tvar trojboké pyramidy, za normálních okolností jsou 5 - 8 cm dlouhé, 2 - 4 cm široké a 1,5 - 2 cm silné, isthmus je dlouhý a široký asi 1,5 cm a kolem 0,5 cm tlustý. Uloženy jsou kolem hrtanu a průdušnice, isthmus naléhá zpravidla na 2. - 4. prstenec průdušnice. Z istmu, častěji z levého (méně často z pravého) laloku při istmu vystupuje úzký (zpravidla do 1 cm silný) pyramidální lalůček (*lobus pyramidalis*). (Čihák & Grim 2002), (Vlček, 2012)



Obrázek 1 – Štítná žláza (zdroj: *Esthesia Praha*)

Hmotnost žlázy je velmi proměnlivá v rozmezí 20 – 60 g. Ženy mají žlázu větší než muži, ve stáří se zmenšuje. Žláza se zvětšuje se stoupající nadmořskou výškou a vzdáleností od moře. Na povrchu žlázy je vazivové pouzdro, rozdělené na dva listy. Povrchní list – *capsula externa* (*perithyroides*) souvisí s vazivovým obalem nervově-cévního svazku

krčního a s lamina pretrachealis fasciae cervicalis. Hluboký list – capsula propria leží těsně na povrchu žlázy a vysílá do ní vazivová septa. Laloky štítné žlázy jsou vazivovými septy rozděleny na lalůčky – lobuli. Ty se dále skládají z váčků – folliculi, které jsou vzájemně odděleny jemným vazivem a kapilárními a lymfatickými pleteněmi. Folliculi jsou nepravidelně kulovité, uzavřené váčky (velikosti 20 – 200  $\mu\text{m}$ ), jejichž stěna je tvořena jednou vrstvou kubických epitelových buněk. Tvar buněk je ukazatelem funkčního stavu žlázy. Při hypofunkci jsou buňky oploštělé, kubické při normální funkci a při hyperfunkci jsou cylindrické. Vnitřní prostor folikulů je vyplněn gelatinosní hmotou – koloidem. Koloid obsahuje glykoprotein thyreoglobulin, který obsahuje hlavní hormony štítné žlázy. Thyreoglobulin je tvořen a do nitra folikulu vylučován folikulárními buňkami. *Na něj je následně činností těchto buněk navazován jód. Jód je folikulárními buňkami aktivně přijímán z cirkulace skrze lamina basalis ve formě jodidů, je pak spojen s aminokyselinou tyrosinem jako monojodtyrosin a diiodtyrosin, a ty jsou dále, při navázání na thyreoglobulin (již mimo buňky, ale jejich aktivní činností) spojeny ve vlastní účinné hormony štítné žlázy – diiodthyronin, triiodthyronin a tetrajodthyronin (thyroxin) – který je hlavním hormonem štítné žlázy. Tím jsou hormony strádány v koloidu, v neúčinné formě – vzhledem k vazbě na thyreoglobulin. (Čihák & Grim 2002, s.354)*

Přijetí a vazba jódu probíhá rychle; za hodinu po podání je již jód v buňkách folikulů, a po 24 hodinách je v koloidu. Podle potřeby organismu dochází k uvolňování hormonů z koloidu a jejich sekrece probíhá tak, že folikulární buňky přijímají pinocytosou koloid do lysosomů, kde lysosomové proteázy uvolní hormony ze spojení s bílkovinou a hormony přejdou přes lamina basalis do kapilár. Denně se dostává do oběhu asi 50  $\mu\text{g}$  triiodthyroninu a 80  $\mu\text{g}$  volného tetrajodthyroninu. Vedle folikulárních buněk se ve stěnách folikulů se nacházejí také parafolikulární buňky (C buňky). Parafolikulární buňky jsou derivátem epithelu páteřní žaberní výchlípků. Parafolikulární buňky produkují polypeptidový hormon kalcitonin a obsahují značné množství serotoninu a dopaminu. Hormon kalcitonin funguje jako částečný antagonist parathormonu; snižuje hladinu vápníku v krvi, podporuje jeho ukládání do kostní tkáně a inhibuje uvolňování vápníku z kostí (které stimuluje parathormon). Zvýšení sekrece kalcitoninu je přímo stimulováno zvýšenou hladinou kalcia v krvi. (Petrovický 2001), (Čihák & Grim 2002)

## 1.2 Funkce štítné žlázy

Hlavní funkcí štítné žlázy je produkce hormonů, z nichž největší biologické účinky má trijodthyronin (T3) a tetrajodthyronin, neboli thyroxin (T4). Hormony ovlivňují rychlost látkové výměny, zvyšují spotřebu kyslíku a ovlivňují růst a vývoj. Nedostatek jódu v potravě znemožňuje syntézu hormonů. Doporučený denní příjem jódu pro dospělého člověka je kolem 150 mikrogramů. Funkce štítné žlázy a tvorba T3 a T4 je regulována TSH (thyreostimulační hormon), který je produkovaný buňkami adenohypofýzy (přední lalok podvěsku mozkového). Při snížené hladině hormonů T3 a T4 v krvi stoupá produkce TSH v adenohypofýze, při nadbytku tyreoidálních hormonů naopak klesá. Tento princip se nazývá negativní zpětná vazba. Akumulace jódu ve štítné žláze je úměrná funkci – při zvýšené funkci je akumulace jódu vyšší a naopak. Při nadbytku jódu (v potravě – mořské ryby, léky s jódem, podání rtg kontrastní látky) se v důsledku nasycení jódem akumulace snižuje, není však blokována tvorba hormonů. (Petrovický 2001), (Ulekare 2007), (Endokrinologie-obezitologie 2011)

## 1.3 Poruchy funkce štítné žlázy

### 1.3.1. Struma

Pojmem struma se označuje zvětšení štítné žlázy z jakékoliv příčiny ( může být spojena s hypothyreózou, hypertyreózou i s normální funkcí štítné žlázy). Název pochází od bulharské řeky Struma, kde se již ve starověku zvětšená žláza často vyskytovala. Pokud je struma stejnoměrně zvětšená, hladká a neobsahuje uzly, jedná se o strumu difuzní. V dalším průběhu se obvykle vytváří uzel, jde o strumu nodózní, nebo více uzlů a jedná se o polynodózní strumu. Zvětšená štítná žláza nemusí způsobovat potíže. Nemocný si často neuvědomuje zvětšení štítné žlázy nebo ji považuje za bezvýznamnou záležitost. Objemné strumy mohou utlačovat okolní útvary (průdušnici, jícen, cévy, aj.) Nemocný může pociťovat tlak v krku, dechové či polykací obtíže, chraptot aj. Základní vyšetřovací metodou je pečlivé palpační vyšetření (prohmatání) a ultrasonografické vyšetření. Pro léčbu strumy se využívají možnosti konzervativní terapie, chirurgické terapie nebo u nás spíše výjimečně podání radioaktivního jódu. Při konzervativní terapii se používá podávání hormonů štítné žlázy, podávání různých forem jódu nebo kombinace obojího. Chirurgická terapie – tyreoidektomie je indikována v případech při neúspěchu konzervativní terapie, při podezření na nádor, při zvětšování a útlaku okolí, při stavech

spojených s krvácením do štítné žlázy. Terapie radiojódem se volí spíše tam, kde je chirurgická terapie neproveditelná nebo je spojena s velmi vysokým rizikem. (*Límanová, Zamrazil & Němec 1995*), (*Markalous & Gregorová 2003*), (*Jiskra 2011*)

### **1.3.2 Hypotyreóza – snížená funkce štítné žlázy**

Hypotyreóza znamená snížení funkce štítné žlázy způsobené zpravidla nedostatečnou tvorbou jejích hormonů. Může být vrozená nebo získaná, která se objeví v průběhu života. Vyskytuje se v každém věku, častěji u žen a starších lidí. Způsobuje ji celá řada onemocnění štítné žlázy i jiných orgánů, operace i ozáření štítné žlázy. Hypotyreóza má různé příčiny, ale stejné charakteristické příznaky. Pokročilou formu hypotyreózy nazýváme myxedém, jde o selhání funkce štítné žlázy. Projevuje se extrémně vystupňovanými příznaky hypotyreózy, které mohou přejít až k bezvědomí či úmrtí nemocného. Příznaky vznikají nejčastěji pomalu, zákeřně a bez povšimnutí. Hlavní příznaky hypotyreózy jsou únava, ospalost, zimomřivost, bolesti svalů a kloubů, svalová slabost, chladná a suchá kůže, prosáknutí až otoky kůže, zácpa, nadýmání, nekvalitní vlasy a padání vlasů, zhrubělý hlas a zpomalení srdeční činnosti. U žen bývají poruchy menstruačního cyklu a plodnosti, u mužů poruchy potence a pokles libida. Léčba hypotyreózy je celoživotní a spočívá v doplnění hormonů štítné žlázy tak, aby se dosáhlo normální funkce štítné žlázy. (*Dvořák 2002*), (*Markalous & Gregorová 2003*), (*Jiskra 2011*)

### **1.3.3 Hypertyreóza, tyreotoxikóza – zvýšená funkce štítné žlázy**

Hypertyreózou nazýváme celý soubor příznaků a znamení, které se objevují při nadměrné tvorbě hormonů štítné žlázy. Vyskytuje se přibližně u 0,2 až 0,5 % populace, častěji u žen. Nejčastější a nejzávažnější příčinou je Gravesova-Basedowova choroba. Jde o autoimunitní onemocnění, kdy se v těle vytvářejí protilátky proti vlastní tkáni štítné žlázy. Onemocnění postihuje převážně mladší ženy, ale vyskytuje se i u dětí a starých lidí. K vývoji choroby přispívají zejména poruchy imunitního systému s dědičnými sklony k výskytu autoimunitních chorob. Ne všichni, kteří mají předpoklady k rozvoji této choroby jí onemocní. Mezi spouštěcí mechanismy této choroby patří psychický či fyzický stres, závažné infekce, operace a úrazy, těžší choroba, redukce váhy, změna v příjmu jódu.

Další formou hyperfunkce je toxický (independentní) adenom. Jedná se o uzel štítné žlázy, který se vymkl kontrole a vytváří zvýšené množství hormonů. Toxická mnohuzlová struma se vyskytuje většinou ve vyšším věku a vzniká při dlouhodobě trvající strumě vzniklé v důsledku nedostatku jódu. Mezi příznaky hypertyreózy patří rychlá srdeční akce a poruchy srdečního rytmu, pocení, nesnášenlivost tepla, nervozita, únava, nespavost, svalová slabost a úbytek svalové hmoty. U žen bývá nepravidelnost menstruačního cyklu a poruchy plodnosti a u mužů poruchy potence. Štítná žláza může mít normální velikost, ale častěji je zvětšená – je přítomna struma. U části pacientů na podkladě Gravesova-Basedowovy choroby se vyskytují endokrinní orbitopatie. Projevuje se pálením, řezáním a slzením očí, bolestmi za očima, vystupováním očních bulbů s nemožností dovržení víček, důsledkem čehož dochází k vysychání rohovky. K léčbě se podávají léky, které brání tvorbě hormonů štítné žlázy. Léky se vysazují až když příznaky a projevy nemoci vymizí. Až u 60% nemocných dochází k novému vzplanutí nemoci. Po opětovném zklidnění nemoci se přechází k operaci, úplnému odstranění štítné žlázy – totální tyreoidektomii. Léčba radioaktivním jódem se provádí u pacientů, kteří nemohou podstoupit operaci. (Dvořák 2002), (Markalous & Gregorová 2003), (Jiskra 2011)

#### **1.3.4 Záněty štítné žlázy (tyreoiditidy)**

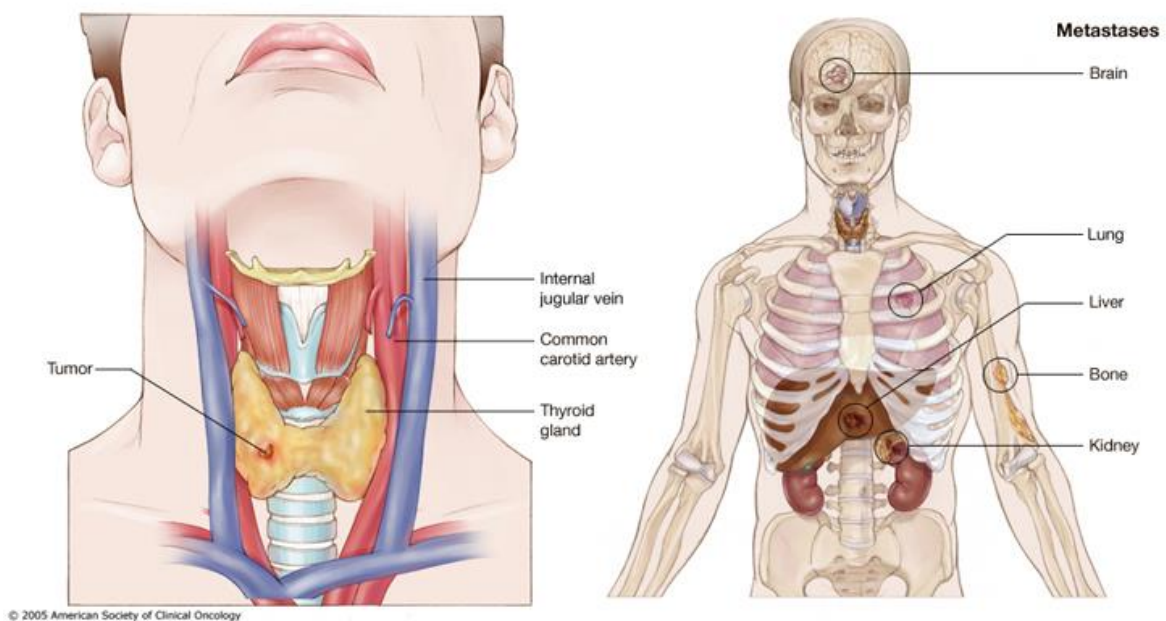
Záněty štítné žlázy (tyreoiditidy) představují skupinu několika onemocnění, jejichž společným znakem jsou různě vyjádřené zánětlivé projevy. Liší se příčinou vzniku, prudkostí začátku onemocnění, průběhem, délkou trvání a ovlivňováním funkce štítné žlázy. Záněty lze rozdělit na akutní (náhlé), subakutní (trvající několik týdnů) a chronické (trvalé). Akutní tyreoiditida je vzácné onemocnění vyvolané mikroby. Ve většině případů předchází infekce v krku či ústní dutině. Příznaky jsou typické, především výrazná bolest v místě štítné žlázy, většinou s vyklenutím postiženého laloku štítné žlázy, případně i zvětšením uzlin. Stav je doprovázen horečkou, někdy i zimnicí s třesavkou. Léčí se podáváním antibiotik. Při vytvoření hnisavého ložiska se chirurgicky odsává širokou jehlou. Subakutní tyreoiditida má sezónní charakter a většinou mu předchází známky virové infekce horních cest dýchacích, spalničky, černý kašel, průšnic a dalších. Mezi hlavní příznaky patří zvýšená teplota, celková nevěle, slabost a malátnost. Kůže bývá začervenalá, teplá, napjatá a na dotek bolestivá. Akutní a subakutní záněty mívají příznaky často dost podobné. Subakutní zánět na rozdíl od akutního zánětu způsobuje změny funkce štítné žlázy. Změny probíhají ve čtyřech fázích. Nejprve se objevují

známky zvýšené funkce štítné žlázy, poté se v průběhu léčby funkce normalizuje, dále může přejít do fáze snížené funkce žlázy a teprve po uzdravení se funkce štítné žlázy vrací do normálního stavu. K léčbě podáváme kortikoidy, které přinášejí rychlou úlevu a užívají se několik týdnů. Běžné protizánětlivé léky se podávají u lehčích forem zánětu. K zabránění opakování zánětu se několik měsíců podávají tyreoidální hormony. Chronický zánět je nejčastější onemocnění štítné žlázy. Postihuje převážně ženy středního a vyššího věku. Vzniká na podkladě poruchy imunitního onemocnění, kdy dochází k poruše rozpoznávání vlastní tkáně a tvorbě protilátek proti tkáni štítné žlázy. Chronických zánětů je několik typů, například zánět Hashimotova typu, tzv. Riedelova struma (zánět s vazivovou přeměnou) nebo němý, poporodní zánět štítné žlázy. Většinou nebyvají obtíže, občas bolesti či tlak na krku. Nemoc se vyvíjí nenápadně několik let a většinou vzniká struma. Při některých formách zánětu se může štítná žláza postupně zmenšovat. V prvních fázích bývá funkce štítné žlázy normální, později se snižuje. K léčbě se podávají hormony štítné žlázy s cílem zmenšení strumy, nebo při snížené funkci štítné žlázy. Při velké strumě se známkami útlaku nebo při podezření na nádor ve štítné žláze se přistupuje k operaci – totální tyreoidektomii. (Dvořák 2002), (Markalous & Gregorová 2003)

### 1.3.5 Nádory štítné žlázy

Nádor neboli tumor je soubor buněk, který se vymkl kontrole organismu a roste nezávisle na jeho potřebách. Nádory dělíme na benigní – nezhoubné a maligní – zhoubné. Benigní tumor je nezhoubný nádor, který roste ohraničeně, nevytváří na jiných místech dceřiná ložiska tzv. metastázy. Svou velikostí může utlačovat okolní struktury a časem se mohou některé nezhoubné nádory změnit ve zhoubné. Nejčastější nezhoubný nádor je tzv. adenom. Jedná se o chorobné ložisko ze žlázové tkáně obklopené vazivovým pouzdrém. Uvnitř nádoru bývají místa zvápenatění, krvácení a vazivových jizev. Může se vyskytovat v každém věku, častěji u mladých nemocných a u žen. Typické pro nezhoubné nádory je, že dlouho zůstávají malých rozměrů, rostou pomalu, nevyvolávají žádné nepříjemné příznaky a pouze když narostou do významné velikosti, mohou svým tlakem na okolní struktury způsobovat polykací obtíže, pocit horšího dýchání při námaze a změnu hlasu. Malé benigní nádory se léčí hormony štítné žlázy. Větší nádory (přes 2 - 3cm), které způsobují útlak svého okolí a kde je podezření na přechod do zhoubného bujení, jsou důvodem k operaci. Maligní tumory – zhoubné nádory jsou zákeřné, ničí tkáně v nichž

rostou, prorůstají a ničí i sousední útvary. Vytvářejí dceřiná zhoubná ložiska – metastázy. Metastázy nejčastěji postihují plíce, játra, kosti, mozek aj. Nejčastějším zhoubným nádorem štítné žlázy je karcinom, vzácnější jsou lymfomy (mají původ v buňkách mízního systému), sarkomy (nádory z pojivové tkáně – kost, chrupavka, vazivo) a metastázy nádorů z jiných orgánů. Karcinom štítné žlázy je relativně vzácné onemocnění, představuje okolo 1% všech zhoubných nádorů. Ročně se v České republice vyskytne až 600 nových případů. V počátečních stádiích nemusí maligní nádory projevovat žádné příznaky. Nejčastější je uzel ve žláze, nebolestivé nebo lehce citlivé zduření, které se postupně zvětšuje. Příznaky z útlaku zvětšujícího se nádoru nebo prorůstání do okolních struktur jsou poruchy polykání, dýchání, chrapot, bolesti krku, vykašlávání krve, otok v obličeji a v oblasti horních končetin aj. Příznakem uzlinových metastáz bývají zvětšené mízní uzliny na krku. Základní léčbou karcinomu štítné žlázy je operace – totální tyreoidektomie a následné podání radioaktivního jodu. Po operaci se provádí celotělová scintigrafie ke zjištění metastáz v těle. Radiojód se používá ke zničení zbytku žlázy a k destrukci eventuálních uzlinových nebo vzdálených metastáz. Výjimečně, zejména u pokročilých nádorů se provádí po operaci léčba zevním ozářením. Vyhlídky včasného a řádně léčeného onemocnění jsou velmi dobré, nemocní vedou plnohodnotný život a dožívají se normálního věku. Pacienti jsou doživotně sledováni na běžných endokrinologických kontrolách a na specializovaných pracovištích nukleární medicíny. (Dvořák 2002), (Markalous & Gregorová 2003), (Jiskra 2011)



Obrázek 2 – Nádor štítné žlázy a metastázy (zdroj: Cancer 2005)

### 1.3.6 Operativní zákroky na štítné žláze

Rozhodnutí za doporučení operace štítné žlázy má endokrinolog, který se na základě stanovení diagnózy a rozsahu onemocnění vyjadřuje nejen ke vhodnosti chirurgické léčby, ale také k rozsahu plánované operace. Pacienta odešle na vyšetření k chirurgovi, který posoudí návrh endokrinologa. Mezi konkrétní důvody operace patří zvětšená štítná žláza – struma, zvýšená funkce štítné žlázy, chronický zánět štítné žlázy a nádory či podezření na ně. Odstranění štítné žlázy, které je částečné nebo úplné se nazývá tyreoidektomie. Nejčastější typy operací jsou totální tyreoidektomie – úplné odstranění štítné žlázy, subtotální tyreoidektomie – částečné odstranění obou laloků s ponecháním 5 - 10 gramů žlázy na každé straně, tyreoidektomie téměř totální – na každé straně se ponechá asi 2 - 4 gramy tkáně laloku žlázy, totální lobektomie – odstranění jedné poloviny štítné žlázy, tedy jednoho laloku. Po operaci štítné žlázy, které bylo provedeno z důvodu nenádorového onemocnění, se předepisuje podávání hormonů štítné žlázy. Provádí-li se operace pro rakovinu štítné žlázy, nenasazují se hormony štítné žlázy hned po operaci. V organismu dochází k hypotyreóze, nedostatku hormonů štítné žlázy. V tomto stavu je pacient přijímán na oddělení nukleární medicíny k podání radiojodu. Radiojód se v hypotyreóze lépe hromadí ve zbytcích štítné žlázy nebo v metastatických ložiscích. Má tedy význam jednak diagnostický, jednak svým zářením zničí zbylou tkáň žlázy nebo metastázy. (Dvořák 2002), (Markalous & Gregorová 2003)



## 1.4 Žlázy příštítné – Glandulae parathyroideae

Žlázy příštítné, epithelová tělíska, jsou čtyři malé párově uspořádané útvary velikosti a tvaru čočkového zrna, uložené na zadní straně laloků štítné žlázy, zpravidla zanořené do septa žlázy. Glandula parathyroidea superior je vpravo i vlevo uložena asi ve výši dolního okraje prstencové chrupavky hrtanu, v úhlu mezi hltanem a zadní plochou štítné žlázy. Glandula parathyroidea inferior je uložena kaudálně od horní žlázy, poblíž dolního okraje štítné žlázy. Příštítná žláza má odlišnou barvu od barvy tkáně štítné žlázy – u mladých lidí je světle růžová, ve stáří má nažloutlou nebo našedlou barvu (pro obsah tuku). (*Čihák & Grim 2002*)

### 1.4.1 Stavba

Žláзка příštítná je obalena samostatným vazivovým pouzdrém, ze kterého odstupují septa oddělující trámce epithelových buněk. Parenchym žlázy tvoří hlavní buňky a oxyfilní buňky. Hlavní buňky (chromofobní) jsou nejpočetnější a produkují polypeptidový hormon – parathormon. Oxyfilní buňky (chromofilní) se objevují od 7. roku života a s postupujícím věkem jich přibývá. Tvarem jsou podobné hlavním buňkám. Se vzrůstajícím věkem se v parenchymu objevují také tukové buňky. (*Petrovický 2001*), (*Čihák & Grim 2002*)

### 1.4.2 Funkce

Funkce příštítných žláz je životně důležitá. Parathormon produkovaný žlázami reguluje koncentraci iontů vápníku a fosforu v krvi. Patologický pokles hladiny vápníku v krvi těžce poškozuje přenos podnětů z nervu do svalu, zvyšuje se dráždivost svalů s následnými spastickými křečemi (tetanie) až smrtí. Také příliš vysoká hladina kalcia v krvi (nad 3,75 mmol/l) je neslučitelná se životem a organismu hrozí tzv. chemická smrt. Při poklesu hladiny vápníku v krvi je stimulována sekrece parathormonu, který zrychlí odbourávání kostní tkáně a uvolnění kalcia do krve. Zvýšená hladina kalcia pak inhibuje produkci parathormonu v příštítných žlázách. Tento regulační děj probíhá přímo, mezi příštítnými žlázami, kostní tkání a krví, aniž je ovlivňován jinými žlázami s vnitřní sekrecí. Patologicky nadměrné vylučování parathormonu působí prořídnutí kostní tkáně (ostitis fibrosa cystica); přitom příliš vysoká hladina kalcia v krvi vede k vápenatým usazeninám v orgánech, např. v cévách, v ledvinách apod. Vedle zvýšení hladiny kalcia

v krvi snižuje parathormon v krvi hladinu fosforu, a to tím, že v tubulech nefronů snižuje zpětné vstřebávání fosforu z glomerulárního filtrátu, a fosfor je vyloučen močí. Parathormon také (za účasti vitamínu D) zvyšuje vstřebávání kalcia ze střeva. (Čihák & Grim 2002)

## 1.5 Vyšetření štítné žlázy metodami nukleární medicíny

*Nukleární medicína je obor zabývající se diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radioaktivních zářičů aplikovaných do vnitřního prostředí organismu. (Kupka, Kubinyi & Šámal 2015, s.13)*

Využívaná zobrazovací metoda se nazývá scintigrafie. Na rozdíl od zobrazovacích metod používaných v radiologii scintigrafie zobrazuje funkci: nahromadění (akumulace) radiofarmaka závisí na funkčním stavu vyšetřované tkáně. Při vyšetření se pacientovi aplikuje (většinou intravenózně, nebo perorálně) vhodné množství radiofarmaka. Použité radiofarmakum je specifické pro jednotlivé orgány a druhy vyšetření. Z míst akumulace radiofarmaka vychází gama záření, které díky své pronikavosti prochází ven z organismu. Pomocí scintilačních kamer, umístěných v blízkosti vyšetřovaného místa lze záření detekovat. (Kupka, Kubinyi & Šámal 2015), (Ullmann, 2017)

### 1.5.1 Scintilační kamera

Scintilační kamera je přístroj, který snímá fotony záření gama současně z celého snímaného pole, převádí je na elektrické impulsy a pomocí nich vytváří scintigrafický obraz distribuce radioindikátoru ve snímaném poli. Scintilační kamery (gamakamery) jsou dosud nejdokonalejšími zařízeními pro zobrazování distribuce radioaktivity. Jedná se o zařízení složité jak svým principem, tak technickou konstrukcí.

První scintilační kameru zkonstruoval v roce 1958 H.O. Anger. Kamery používané na stejném principu se nazývají Angerovy scintilační kamery. S rozvojem elektroniky byla značná část původních analogových elektrických částí digitalizována, mluvíme dnes tedy o digitální scintilační kameře. Základní části moderní Angerovy scintilační kamery jsou: scintilační detektor s připojeným kolimátorem, stojan pro upevnění detektoru nebo detektorů, vyšetřovací stůl, řídicí a snímací počítač.

Scintilační detektor kamery Angerova typu je mnohem složitější než u jednoduché scintilační sondy. Velkoplošný scintilační krystal s velkým množstvím fotonásobičů (může jich být 19 až cca 90) a potřebnou elektroniku je umístěn ve speciálním pouzdru. Pouzdro je z větší části olovené, světlotěsné a stínící ionizující záření z okolí s výjimkou detekční strany scintilačního krystalu. Na spodní straně detektoru je mechanismus pro výměnu kolimátoru, který je při vyšetření umístěn těsně před scintilačním krystalem směrem k pacientovi.

Scintigrafické kolimátory jsou desky s mnoha tisíci otvory ze stínícího materiálu (většinou z olova nebo wolframu), vymežující směr fotonů dopadajících na scintilační krystal a též zorné pole kamery. Do scintilačního krystalu propouští jen ty fotony gama, které letí ve směru osy otvorů. Ostatní fotony, které letí jiným směrem, jsou absorbovány v přepážkách – septech – mezi otvory. Pokud je zdroj fotonů blízko čela kolimátoru, dopady fotonů gama v krystalu přesně mapují rozložení radionuklidu ve vyšetřované oblasti. Obraz vytvořený ve scintilačním krystalu má stejnou velikost jako vyšetřovaný objekt. Se vzrůstající vzdáleností od kolimátoru mohou procházet fotony gama i do sousedních otvorů, obraz bodového zdroje se zdánlivě „rozmazává“.

Nejčastěji se kolimátory rozdělují podle toho, pro jakou energii jsou určeny. Kolimátory mají různou tloušťku sept, tloušťka musí být dostatečná pro absorpci záření dané energie.

- Kolimátory pro velmi vysoké energie (UHE – Ultra High Energy), pro energie 400 – 600 keV, musejí mít robustní konstrukci s dostatečně tlustými přepážkami mezi otvory (3 – 5 milimetrů), u klasických scintilačních kamer se tyto vysokoenergetické kolimátory nepoužívají
- Kolimátory pro vysoké energie (HE – High Energy), pro energie 300 – 400 keV, mají velké otvory kolem 4 mm a silná septa kolem 2 mm
- Kolimátory pro střední energie (ME – Medium Energy), pro energie do 300 keV
- Kolimátory pro nízké energie (LE – Low Energy), pro nízké energie do 160 keV, má velký počet drobných otvorů s průměrem kolem 2 mm a má tenká septa 0,2 – 0,5 mm

Volba kolimátoru podle energie záření použitého radionuklidu má vliv na kvalitu scintigrafického obrazu. V případě  $^{99m}\text{Tc}$  (energie 140 keV) používáme kolimátory pro nízkou energii. Poskytují nejlepší rozlišení a tenké přepážky stačí tuto energii absorbovat.

Kolimátor nelze použít pro radionuklidy s vyšší energií (nad 180 keV), kdy dochází k prozařování skrz septa a to vede k výraznému rozmazání až úplné degradaci obrazu.

Pro vyšší energie  $^{131}\text{I}$  (energie 364 keV) musíme použít kolimátor pro vysokou energii. Není vhodné používat je pro nízkou energii, mají nízké rozlišení a zobrazí se tlustá septa kolimátoru.

Dále můžeme kolimátory rozdělit podle požadovaného rozlišení a citlivosti (účinnosti). Délka sept (tloušťka kolimátoru) má vliv na ostrost zobrazení a tím i na rozlišení kolimátoru. Delší septa dávají lepší rozlišení, ale nižší citlivost (dochází k vyššímu pohlcování v přepážkách).

- Kolimátory s vysokou účinností (HS – High Sensitivity), mají krátké, ale větší otvory, aby kolimátorem procházelo co nejvíce záření gama. Mají zvýšenou účinnost detekce záření, ale poněkud zhoršenou rozlišovací schopnost zobrazení, která se rychle zhoršuje se vzdáleností od kolimátoru. Kolimátory HS se používají zřídka.
- Kolimátory s vysokým rozlišením (LEHR – Low Energy High Resolution), mají delší a drobnější otvory (asi 1 – 2 mm) s tenkými přepážkami (asi 0,2 – 0,4 mm). Používají se pro nízkou energii s vysokým rozlišením a nižší citlivostí. S větší vzdáleností se rozlišení zhoršuje pomaleji. V současné době je nejvíce používaný.
- Kolimátory s ultra vysokým rozlišením (LEUHR - Low Energy Ultra High Resolution), mají dlouhé a velmi drobné otvory (asi 1 mm) a tenké přepážky (0,1 – 0,2 mm). To zaručuje velmi vysokou rozlišovací schopnost, která se jen pomaleji zhoršuje se vzdáleností od kolimátoru. Bohužel má velmi sníženou citlivost.
- Kolimátory pro všeobecné použití (LEAP – Low Energy All Purpose), jsou vhodným kompromisem mezi rozlišením a citlivostí.

Pro speciální účely se používají i kolimátory s jinak geometricky uspořádanými otvory.

- Kolimátory konvergentní a divergentní se sbíhajícími nebo rozbíhajícími otvory směřujícími do jednoho bodu – ohniska. Divergentní kolimátory se používaly ke zmenšení obrazu, konvergentní naopak pro zobrazování malých orgánů. Díky technickému zdokonalení scintilačních kamer se již nepoužívají.
- Kolimátory Fan Beam mají sbíhavé otvory jen v transversálním směru a v axiálním směru mají otvory paralelní. Využívají se pro zobrazování mozku a

myokardu pro jejich vyšší citlivost a dobré rozlišení i ve větších vzdálenostech od kolimátoru.

- Kolimátor Pinhole je jednoděrový kolimátor. S výhodou lze využít při zobrazení štítné žlázy, kdy poskytuje zvětšené zobrazení s vysokým prostorovým rozlišením. Velikost obrazu závisí na vzdálenosti zobrazovaného objektu od otvoru kolimátoru, pokud je vzdálenost zobrazovaného předmětu od otvoru menší než vzdálenost otvoru od krystalu kamery, poskytuje zvětšené zobrazení. Pinhole je jediným kolimátorem, který není závislý na energii a lze jej tak použít pro nízké i vysoké energie. (*Šabata L., 2015*), (*Ullmann, 2017*)

### **1.5.2 Tvorba obrazu**

Obraz při scintigrafii vzniká tak, že záření gama vycházející z objektu přenáší informaci. U scintigrafických obrazů jsou rozdíly v množství detekovaných fotonů ve scintilační kameře. Všechna scintigrafická vyšetření jsou zaznamenána do počítače formou digitálních obrazů. Podle akumulace radiofarmaka se určí, zda je ložisko fyziologické nebo patologické. Fyzikální faktory které ovlivňují detekci ionizujícího záření jsou energie záření, absorpční schopnost tkání a rozptyl. Výsledný počet detekovaných fotonů určuje množství radiofarmaka v orgánu a jeho okolí, absorpce, Comptonův rozptyl, detekční vlastnosti scintilačního detektoru, kolimátor, vzdálenost a doba snímání. (*Kupka, Kubinyi & Šámal 2015*), (*Šabata L., 2015*)

### 1.5.3 Radiofarmaka používaná k zobrazení štítné žlázy

Pro scintigrafii štítné žlázy používáme různá radiofarmaka podle druhů vyšetření, které provádíme. Přehled radiofarmak je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Radiofarmaka používaná ke scintigrafii štítné žlázy

	Výrobní zdroj	Rozpad $T_{1/2}$	Energie (keV)	Použití	Poznámka
$^{99m}\text{Tc}$	Generátor	6 hodin	140	Zobrazení štítné žlázy	Malá radiační dávka, levný, běžný radionuklid
$^{123}\text{I}$	Cyclotron	13,3 hodin	159 28	Zobrazení štítné žlázy	Zřejmě nejlepší zobrazovací látka, drahý a špatná dostupnost
$^{131}\text{I}$	Reaktor	8,1 dní	364	Zobrazení nádoru, terapie,	Vyšší radiační zátěž z důvodu beta záření

(Fogelman 2014)

#### Technecistan sodný - $^{99m}\text{Tc}$

Používá se pro zobrazení štítné žlázy, měření akumulace ve štítné žláze a získání funkčních vlastností. Technecistan je vychytáván a akumulován v buňkách štítné žlázy podobně jako jodid, ale na rozdíl od něho se neváže v tyreoglobulinu a nevstupuje do dalších metabolických reakcí, není organifikován – je opět vyplavován. Získává se přímo z techneciového generátoru. Je optimální pro scintigrafii, má podobné vlastnosti jako radiojód, je dobře dostupný a má relativně nízkou radiační zátěž (gamma zářič s energií 140keV s poločasem přeměny 6 hodin). Další výhodou je krátký čas potřebný pro vyšetření. Nevýhodou je neschopnost sledovat akumulaci radiofarmaka v delším časovém období, při vysoké aktivitě v krvi dochází k zobrazení jiných orgánů schopných koncentrovat jodid (slinné žlázy, žaludek), což zhoršuje pořízení kvalitního scintigramu. Podává se intravenózně 20 minut před zobrazováním. (Květina 1987), (Brunová & Bruna 2014), (Kupka, Kubinyi & Šámal 2015)

### **Jód - <sup>131</sup>I**

Používá se pro posouzení akumulčních schopností štítné žlázy. Vyrábí se v jaderném reaktoru štěpením uranu (<sup>235</sup>U) nebo ozařováním stabilního teluru neutrony. Nejčastěji se podává perorálně ve formě kapsle, zpravidla 2 – 4 MBq. Jeho hlavní nevýhodou je vysoká radiační zátěž podmíněná zářením beta, relativně dlouhý poločas přeměny (8,1 dní) a vysoká energie fotonů (364keV). (*Květina 1987*), (*Lázníček & Komárek 1998*) (*KC SOLID 2018*)

### **Jód - <sup>123</sup>I**

Používá se pro posouzení akumulčních schopností štítné žlázy. Je téměř ideálním radionuklidem, má výborné radiační vlastnosti, ale jeho výroba v cyklotronu je drahá a náročná. Podává se i.v. 6 hodin před zobrazováním. Je to čistý gama zářič s poločasem přeměny 13,3 hodin s energiemi 159keV a 28keV. (*Lázníček & Komárek 1998*) (*Brunová & Bruna 2014*) (*KC SOLID 2018*)

Ve svém článku z roku 1971 Technetium-99m pertechnetate uptake and scanning in the evaluation of thyroid function, autor Harold L. Atkins porovnává přesnost příjmu radiojódů a 99m-Tc-Technestanu. Průměrná akumulace naměřená touto metodou byla  $1,73 \pm 0,85\%$  s normálním rozsahem 0,50% – 4,00%. V celkovém porovnání byla akumulace technestanu přesnější. U technestanu bylo naměřeno pouze 5,9% chyb u 488 pacientů, zatímco u radiojódů 7,8% u 270 pacientů. U pacientů s hypertyreózou byla přesnost příjmu technestanu 89,6%, u příjmu radiojódů byla přesnost příjmu 75%. (*Atkins 1971*)

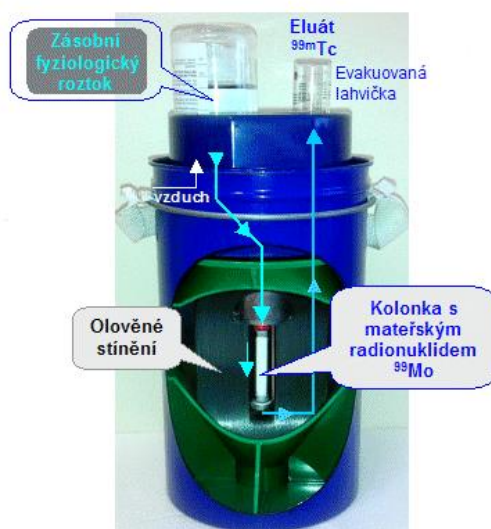
#### **1.5.4 Radionuklidový generátor**

Generátor radionuklidu je zařízení obsahující dva příbuzné radionuklidy. Z generátoru je možné jednoduše získat v čisté formě požadovaný radionuklid (dceřiný) s krátkým poločasem přeměny, který v generátoru vznikne radioaktivní přeměnou radionuklidu s delším poločasem přeměny (mateřský). Generátory umožňují přípravu radiofarmak značených krátkodobými radionuklidy přímo na pracovištích nukleární medicíny. Podle konstrukce se generátory rozdělují na chromatografické (eluční), extrační a sublimační.

Chromatografický typ je nejrozšířenější, s nejmenšími rozměry a nejméně náročný na obsluhu. Příkladem chromatografického generátoru je generátor  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

$^{99\text{m}}\text{Tc}$  – technecium se výhradně získává beta rozpadem molybdenu  $^{99}\text{Mo}$  - Mo s poločasem přeměny 66 hodin.

Základem generátoru je kolona obsahující čistý oxid hlinitý s absorbovaným mateřským radionuklidem  $^{99}\text{Mo}$  umístěným v oloveném stínění. Molybden ve formě molybdenanu  $^{99}\text{Mo}$  amonného se při výrobě generátoru zakotví na koloně, kde se s poločasem přeměny 66 hodin přeměňuje na  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  – technecium. Technecium se z kolony generátoru vymývá elucí sterilním izotonickým roztokem chloridu sodného do sterilní stíněné lahvičky. Slabě vázané technecium se z kolony vymyje ve formě technecistanu sodného, molybden pevně vázaný na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (oxid hlinitý) zůstává v koloně a přeměnou poskytuje další  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  – technecium. Generátor je použitelný dva týdny. Nové typy elučních generátorů používají evakuovanou eluční lahvičku, do níž se po nasazení do generátoru, vlivem atmosférického podtlaku automaticky nasaje fyziologický roztok hadičkou vedoucí ze zásobní lahvičky přes absorpční kolonku generátoru s  $^{99}\text{Mo}$ . Během několika sekund se tak lahvička naplní eluátem  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . (Kupka, Kubinyi & Šámal 2015) (Ullmann, 2017)



Obrázek 3 – Technické provedení elučního generátoru s evakuovanou eluční lahvičkou

(Ullmann, 2017)



### 1.5.5 Akumulační test

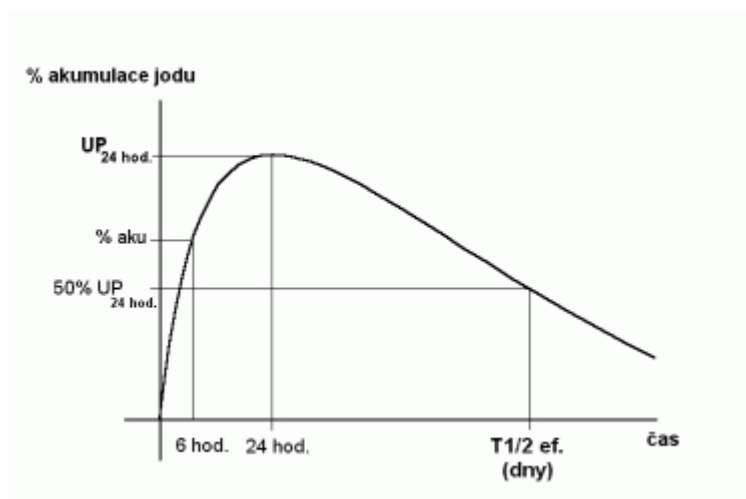
Radiojódový akumulční test slouží k měření vychytávání jódu ve štítné žláze a vyplavování z ní. Většinou se provádí v kombinaci se scintigrafií štítné žlázy.

Indikován je jen před léčbou štítné žlázy a slouží pro výpočet potřebné dávky k terapii radiojódem.

Příprava pacienta: pacient je na lačno (2 a více hodin), 2 – 3 měsíce musí být vynechány léky a potraviny s jódem (řada léků s jódem – multivitamíny, jódová tinktura a.j., mořské ryby, Vincentka, rtg kontrastní látky) – blokáda akumulace po větším přísunu jódu může trvat několik měsíců.

Provedení: pacientovi se podá per orálně  $^{131}\text{I}$  2 – 4 MBq. Provádí se měření kolimovanou scintilační sondou na oblast štítné žlázy za 2 – 4 hodiny, za 24 hodin a za 2 – 3 dny. Důležité je zachovat neměnnou vzdálenost sondy od krku i zacílení (můžeme zakreslit značku na kůži). Současně se měří pozadí a „fantom“, což je lahvička s radiojódem o stejné aktivitě, jaká byla podána pacientovi, umístěná v plexisklovém válci.

Z naměřených hodnot se vypočítá % akumulace a rychlost poklesu aktivity radiojódu ve štítné žláze (efektivní poločas), který slouží jako podklad pro výpočet aktivity pro terapii. Normální hodnoty akumulace  $^{131}\text{I}$ -Nal jsou 10 – 30% z podané aktivity za 24 hodin. Současně se provádí sběr moče 2x za 24 hodin a měří se množství  $^{131}\text{I}$  vyloučeného do moče. (Šabata L., 2015)



Obrázek 4 – Radijodový akumulční test (zdroj: Koranda, Mysliveček & Hušák 2002)

### **1.5.6 Scintigrafie štítné žlázy**

Při scintigrafii štítné žlázy získáváme informace o jejím tvaru, velikosti, uložení a rozložení radiofarmaka. Scintigrafie umožní získat také informace o rozložení funkční aktivity v parenchymu štítné žlázy, a dokáže tedy prokázat hormonální aktivitu v uzlech. Hlavním radiofarmakem je  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan, jehož největší výhodou je nízká radiační zátěž a cenová dostupnost. (*Miková 2008*), (*Kupka, Kubinyi & Šámal 2015*)

V roce 2014 vydala Německá společnost nukleární medicíny 4. aktualizovanou verzi pokynů k postupu scintigrafii štítné žlázy. Tyto pokyny poskytují doporučení, jak by měla být prováděna scintigrafie štítné žlázy. Jsou zde popsány základní informace o štítné žláze, indikace pro scintigrafii štítné žlázy pomocí  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu nebo jodu-123 nebo informace o provedení vyšetření. Dále je popsáno doporučené vybavení pro scintigrafii štítné žlázy, čas scintigrafie, akvizice a hodnocení získaných dat. (*Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin 2014*)

### **1.5.7 Příprava pacienta**

Pacient před scintografií musí zamezit přísunu jódu, aby nedošlo k zaplnění buněk štítné žlázy neaktivním jódem, které vede k nedostatečnému vychytávání radioizotopu a tím k nekvalitnímu zobrazení. Pacient nesmí 2 – 3 měsíce před vyšetřením absolvovat rentgenové vyšetření s použitím kontrastních látek obsahujících jód, nesmí jíst mořské ryby, obdržet jód perorálně (léky s obsahem jódu), ve formě očních kapek a také pít nebo inhalovat Vincentku. Může však užívat některé hormony štítné žlázy. (*Koranda, Mysliveček & Hušák 2002*) (*Miková 2008*)

### **1.5.8 Aplikovaná aktivita**

Jako radiofarmakum se používá  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan, který se aplikuje i.v. a má aktivitu 100 – 200 MBq. (*Šabata L., 2015*)

### **1.5.9 Průběh vyšetření**

Pacient leží na zádech s podloženým hrudníkem a mírným záklonem hlavy. Projekce se provádí předozadní a obě přední šikmé projekce. Doba vyšetření je přibližně 5 minut na

projekci. Snímání se spouští za 20 – 30 minut po aplikaci radiofarmaka. Fotopík je 140 keV. Okno analyzátoru se nastaví na 15 – 20 %. Matice je 256 x 256. Nejlepší je použití pinhole kolimátoru nebo HR kolimátoru. Zoom se nastaví podle zorného pole, na příklad 2x i více. Před i po aplikaci se provádí snímek stříkačky. Po vyšetření se studie zpracovává ve speciálním vyhodnocovacím programu. (*Šabata L., 2015*)

#### **1.5.10 Počítačové zpracování studie**

Při počítačovém zpracování je důležité správně zakreslit ROI (Region Of Interest) neboli oblast zájmu.

#### **1.5.11 Vizualní hodnocení obrazů**

Normální obraz štítné žlázy ukazuje typický motýlový útvar, který je lokalizovaný mezi jugulem a chrupavkou štítnou. Oba laloky jsou přibližně stejně velké a distribuce radiofarmaka je v celém parenchymu žlázy rovnoměrně rozložená. Ložiskové změny v parenchymu štítné žlázy označujeme jako uzly. Velkou většinu uzlů ve štítné žláze představují tzv. studené uzly, které se vyznačují sníženou či chybějící aktivitou. Studené uzly mohou signalizovat přítomnost karcinomu štítné žlázy, ale mohou být také vyvolány zánětlivým ložiskem, benigní cystou, hematodem nebo jizvou. Ložiska se zvýšenou aktivitou se nazývají horké uzly, které bývají většinou benigní. Slabé zobrazení štítné žlázy se vyskytuje při poruše akumulace jódu a může být způsobeno zánětlivým postižením štítné žlázy. (*Blažek 1989*), (*Koranda, Mysliveček & Hušák 2002*), (*Miková 2008*), (*Kupka, Kubinyi & Šámal 2015*)

## **2 Cíle práce a výzkumná otázka**

### **2.1 Cíl práce**

Stanovení rozpětí normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze.

### **2.2 Výzkumná otázka**

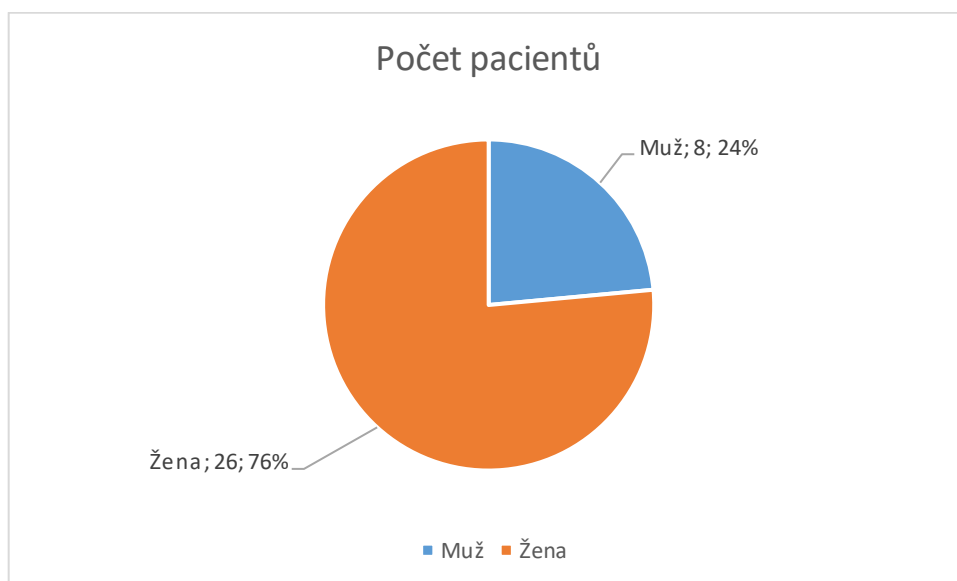
Jaký je rozsah normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze?

## 3 Metodika

### 3.1. Soubor pacientů

Pro výpočet akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu bylo vybráno 34 pacientů vyšetřených statickou scintigrafií štítné žlázy na Oddělení nukleární medicíny v Nemocnici v Českých Budějovicích. Na grafu číslo 1 je zobrazeno zastoupení vyšetřovaných pacientů. Pacienti byly vyšetřováni v období od ledna do prosince 2017. Vedoucí práce na základě klinických údajů na žádance k vyšetření vyloučil pacienty, kteří vykazovali známky hypofunkce, hyperfunkce nebo zánětu.

Do měření nemohli být zařazeni pacienti, kteří byli odesláni na vyšetření z důvodu hypofunkce nebo hyperfunkce štítné žlázy, protože cílem práce je stanovení rozpětí normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze. Z důvodu malého počtu vyhovujících pacientů se statickou scintigrafií štítné žlázy byli do souboru zařazeni většinou i pacienti, u kterých byla provedena scintigrafie příštítných tělísek.



Obrázek 5 - Soubor pacientů

## Provedení vyšetření

Vyšetření bylo provedeno subtrakční scintigrafií příštítných tělísek, která je založena na principu počítačového odečtení scintigrafického obrazu štítné žlázy, od sumačního obrazu štítné žlázy a příštítných tělísek. Protože v současné době není k dispozici radiofarmakum, které by se vychytávalo pouze v příštítných tělískách, používají se radiofarmaka, která se kumulují jak v tělísku, tak ve štítné žláze.

Radiofarmaka používaná pro scintigrafii příštítných tělísek:

- $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan je vychytáván pouze ve štítné žláze
- $^{99m}\text{Tc}$ -metoxyisobutylisonitril (MIBI) a  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin jsou vychytávány ve štítné žláze i příštítných tělískách.

Vyšetření se provádí v poloze na zádech s mírným záklonem hlavy a fixací k podložce popruhem. Pacient má zavedenou i.v. kanylu se spojovací hadičkou pro aplikaci radiofarmaka. Nejdříve se aplikuje  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan, 150 – 200 MBq, kolimátor vybereme LEHR nebo PINHOLE, pík je 140 keV, okno 15 – 20 %, matice 256 a provádí se snímky krku a hrudníku v přední projekci 10 – 15 minut po aplikaci. Doba trvání snímku je 10 – 15 minut. Získaný obraz štítné žlázy je uložen do počítače.

Ihned po skončení snímku je podáno i.v. 600 – 800 MBq  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI nebo  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosminu. Bez pohnutí pacienta následuje za 5 – 10 minut snímek v přední a obou předních šikmých projekcích. Čas snímku je opět 10 – 15 minut.

Následuje zpracování získaných obrazů z vyšetření v počítači. Vytvoříme ROI štítné žlázy na prvním z obrazů, počítač přenesení ROI automaticky na druhý obraz, což nám umožní porovnat, zda je štítná žláza na obou snímcích ve stejné lokalizaci. Program automaticky normalizuje oba snímky na stejné maximum v ROI. Následně program odečte „technecistanový“ obraz od obrazu MIBI (nebo tetrofosminu). Výsledkem je, že zůstanou zobrazená pouze ložiska s MIBI bez akumulace technecistanu, která odpovídají příštítným tělískům. (*Šabata L., 2015*)

Pro tuto práci jsme využívali pouze obrazy štítné žlázy po aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu.

### 3.2 Počítačové zpracování studie

Oblasti zájmu neboli ROI (Region Of Interest) je vyznačení části obrazu (obrazových pixelů). Oblast zájmu jsme určili štítnou žlázou. Vyznačením ROI získáme údaje o počtu impulsů a počtu pixelů v ROI. Počet impulsů udává součet impulsů ze všech pixelů v ROI. Počet pixelů v ROI udává velikost. Je potřeba vyznačit ROI pozadí.

Výsledky zpracujeme pomocí aplikace Thyroid Uptake Index, která pomáhá při určování akumulace jódu ve štítné žláze. Akumulace je vypočítávána jako procento podané dávky radiofarmaka, které se akumuluje ve štítné žláze. Počítačový program umožňuje výpočet akumulace dvojitým způsobem. Prvním způsobem je použití snímku injekční stříkačky před a po aplikaci radiofarmaka. Druhý způsob, který jsem použil, je použití kalibračního faktoru, kdy se předem vypočítá počet impulsů na 1 MBq/1 sekundu. Hodnoty akumulace mohou záviset na zeměpisné oblasti, proto musí každá instituce stanovit normální hodnoty. (*GE Healthcare 2010*)

Pro výpočet jsem použil aplikovanou aktivitu, kalibrační faktor a čas měření. Další použité parametry:

Typ akvizice: statická

Pohled: anteriorní

Velikost matice: 128x128

Zoom: 1,6

Radiofarmakum: <sup>99m</sup>Tc-technecitanu

Podmínka pro ukončení snímání: 10 minut

Poloha pacienta: na zádech

Výpočet indexu akumulace izotopu ve štítné žláze je založen na následující rovnici:

$$\text{Akumulace izotopu} = \frac{P_{\text{štítná žláza}} - P_{\text{pozadí}}}{\text{aktivita v MBq} \times \text{kalibrační faktor}}$$

Kde:

$P_{\text{štítná žláza}}$  – celkový počet impulsů štítné žlázy opravený na rozpad izotopu

$P_{\text{pozadí}}$  – počet impulsů pozadí opravený na rozpad izotopu

Oprava na rozpad izotopu se počítá vynásobením počtu impulsů snímku faktorem:

$$\exp(-0,693t/T_{1/2})$$

Kde:

$t$  – čas mezi měřením stříkačky a pořízením snímku

$T_{1/2}$  – je poločas rozpadu radioizotopu, tj. 6 hodin pro  $^{99m}\text{Tc}$

Z tohoto důvodu lze vypočítat index akumulace izotopu ve štítné žláze za použití

tří datových souborů:

- 1) Snímek injekční stříkačky před aplikací
- 2) Snímek injekční stříkačky po aplikaci
- 3) Snímek štítné žlázy

Čas snímání každého z výše uvedených snímků se také používá pro normalizaci počtu impulsů na společný základ. (*GE Healthcare 2010*)

### 3.3 Pracovní postup

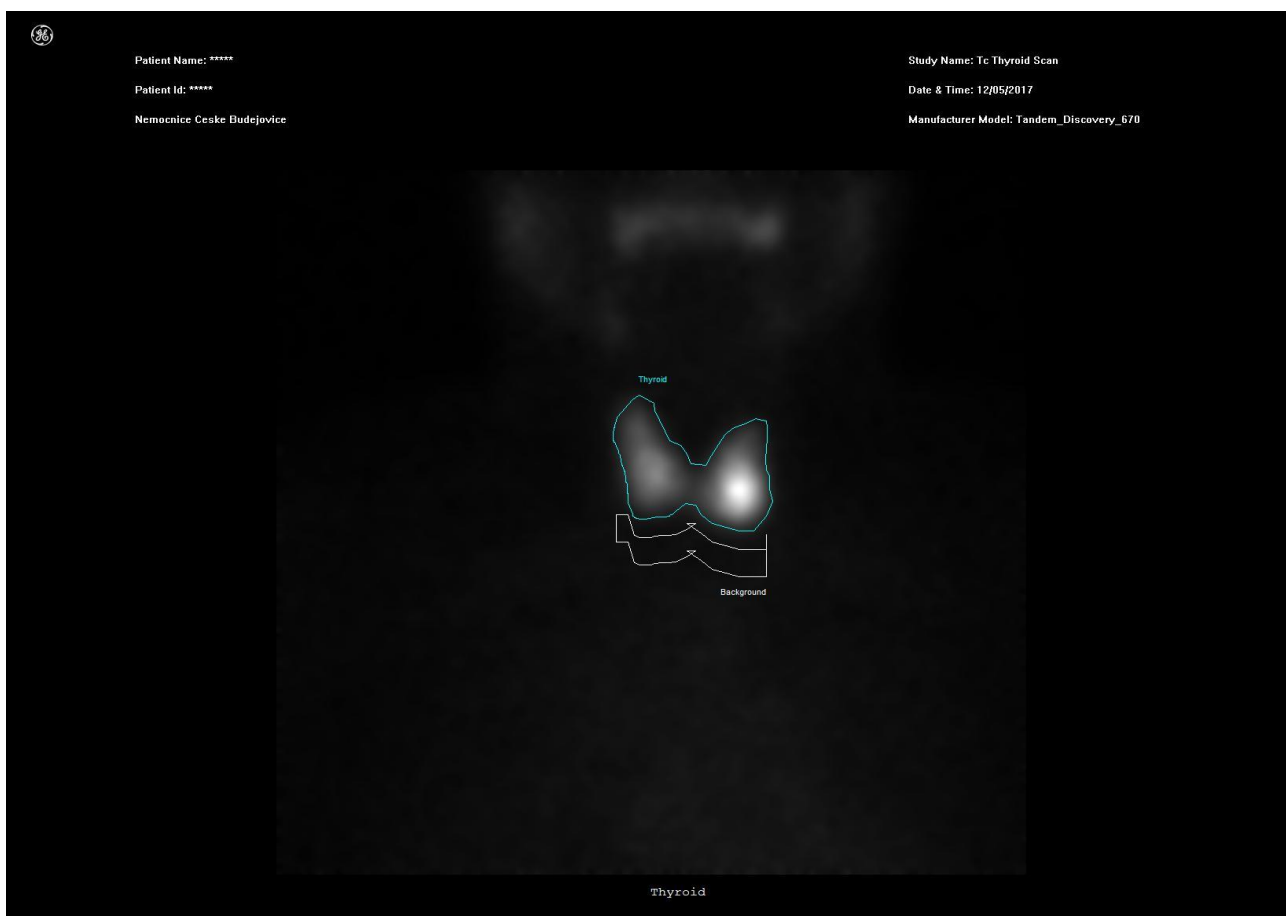
Pro výpočet akumulace byl použit vyhodnocovací program Xeleris s aplikací Thyroid Uptake Index. Aplikace pomáhá při určování schopností akumulace jódu ve štítné žláze. Pracovní postup v aplikaci byl zakreslení všech 34 vyšetřovaných štítných žláz. Důležité bylo, aby byla oblast zájmu zakreslena co nejpřesněji.

Základem ke zpracování výsledků je výpočet kalibračního faktoru, což je počet impulsů na detektoru na 1 MBq/1 sekundu. Výpočet se provedl 30.5.2017 a 30.1.2018. Vyšetření se prováděla na dvou přístrojích, proto se vypočítaly dva kalibrační faktory. Na přístroji INFINIA se změřila injekční stříkačka s aktivitou 67 MBq a na přístroji DISCOVERY s aktivitou 60MBq. Obě měření probíhala 100 vteřin. Zvolen byl kolimátor LEHR, matice 128x128 a Zoom 1,6. Na přístroji INFINIA bylo v oblasti zájmu naměřeno 458 115 impulsů za 100 sekund, což je 4581,15 impulsů za sekundu na 67 MBq s výsledkem 68,37 impulsů na 1 MBq. Na přístroji DISCOVERY bylo naměřeno 430 576 impulsů, to znamená 4305,76 impulsů za sekundu na 60 MBq, což je 71,76 impulsů na 1 MBq. Tyto vypočtené kalibrační faktory jsem zadal do programu Thyroid Uptake Index.

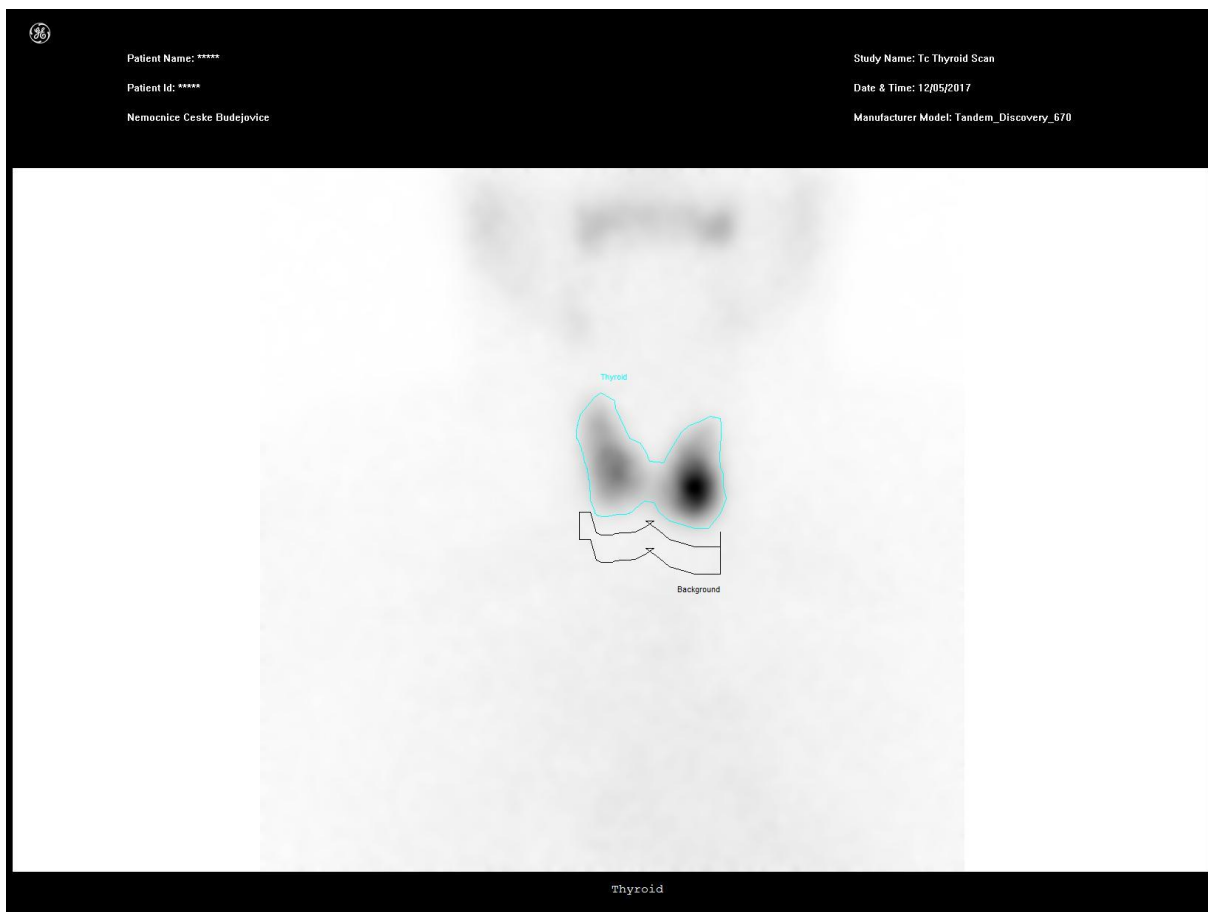


1. Zvolení vstupních dat a aktivování protokolu.  
Vyplnění vstupního dialogového okna.  
Injected dose (Aplikovaná dávka) – aplikovaná nebo podávaná aktivita.  
Calibration factor (Kalibrační faktor) –faktor, který se používá pro převedení podané dávky na počet impulzů za sekundu.  
Time and date (Čas a datum) – Datum a čas měření dávky.
2. Zakreslení oblasti zájmu štítné žlázy  
Před zakreslením oblasti zájmu štítné žlázy jsem používal Smooth Thyroid Image (Vyhlazený obraz štítné žlázy), který se používá, pokud jsou okraje štítné žlázy velmi nepravidelné.  
Pro zakreslení jsem měl možnost zvolit poloautomatické zakreslení oblasti zájmu, kdy program automaticky kolem štítné žlázy zakreslí nepravidelnou oblast zájmu kterou lze dle potřeby upravovat a manuální zakreslení, kdy se ručně zakresluje co nejbližší štítné žlázy.  
Pro svou práci jsem zvolil manuální zakreslení oblasti zájmu.  
Po zakreslení jsem pomocí tlačítka Proceed přešel k definování pozadí.
3. Ruční vytvoření oblasti zájmu pozadí.  
Pod štítnou žlázou bylo potřeba zakreslit nepravidelnou oblast zájmu pozadí přibližně široké jako štítná žláza.  
Po zakreslení jsem opět pokračoval tlačítkem Proceed.
4. Dále bylo možné upravit nebo zrušit rozdělení štítné žlázy.
5. Poté se zobrazily výsledky akumulace.

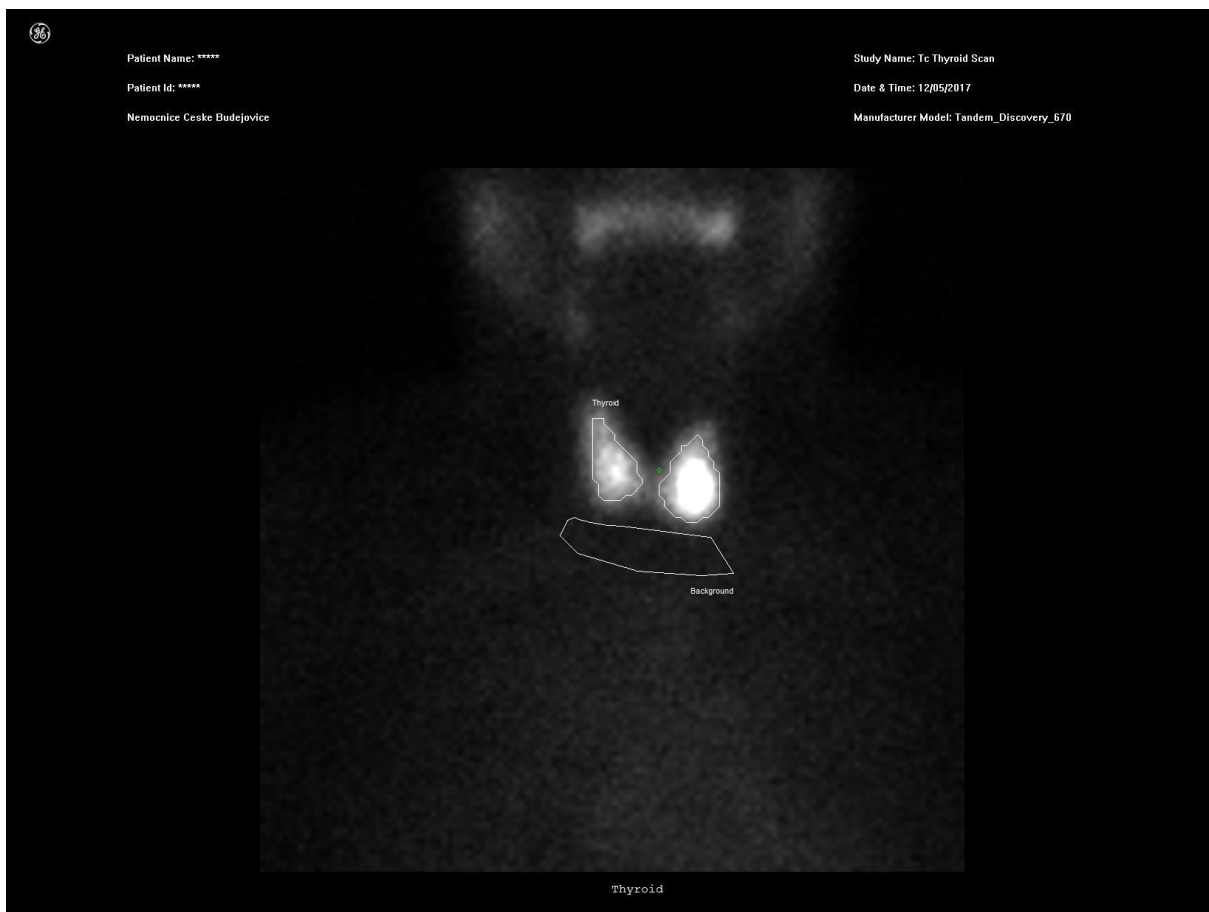
Na obrázku 6 je vidět zakreslená štítná žláza s pozadím. Na obrázku 7 je vidět možnost zvolit si inverzní zobrazení. Na obrázku 8 je zvolená možnost poloautomatického zakreslení štítné žlázy. Obrázky jsou z programu Thyroid Uptake Index.



Obrázek 6 - Zakreslená štítná žláza s pozadím v programu Thyroid Uptake Index (Zdroj: ONM České Budějovice)



Obrázek 7 - Inverzní zobrazení štítné žlázy a pozadí v programu Thyroid Uptake Index  
(Zdroj: ONM České Budějovice)



Obrázek 8 - Poloautomatické zakreslení štítné žlázy a pozadí v programu Thyroid Uptake Index (Zdroj: ONM České Budějovice)

## 4. Výsledky

### 4.1 Vlastní výsledky

V tabulce jsou seřazeni vyšetřovaní pacienti, jejich pohlaví, aplikovaná aktivita a hodnota akumulace aplikované látky vyjádřená v procentech. Ve spodní části tabulky je vypočten průměr, směrodatná odchylka a percentil. Tyto hodnoty jsem vypočítal pomocí programu Microsoft Excel s použitím statistických funkcí. Určil jsem hodnotu pro percentil 0,1 a percentil 0,9.

Tabulka 2 - Naměřené hodnoty akumulace ve štítné žláze

Pacient	Pohlaví	Aplikovaná aktivita MBq	Akumulace v %
1.	Žena	141	1,0
2.	Muž	155	1,2
3.	Žena	159	0,6
4.	Žena	150	1,0
5.	Žena	164	0,6
6.	Žena	152	0,5
7.	Žena	160	0,3
8.	Žena	162	0,4
9.	Žena	150	0,8
10.	Žena	156	0,5
11.	Žena	151	0,7
12.	Žena	148	0,4
13.	Muž	150	0,7
14.	Muž	150	0,7
15.	Muž	158	0,5
16.	Žena	150	0,4
17.	Muž	146	0,6
18.	Žena	153	1,5

19.	Žena	150	1,0
20.	Žena	150	2,6
21.	Žena	150	2,5
22.	Muž	150	1,8
23.	Žena	146	1,2
24.	Žena	152	1,2
25.	Žena	153	1,8
26.	Žena	158	0,4
27.	Muž	150	0,2
28.	Žena	150	0,5
29.	Žena	150	0,3
30.	Žena	150	0,7
31.	Žena	150	0,7
32.	Muž	150	0,4
33.	Žena	150	0,7
34.	Žena	150	0,5
Průměr		151,88	0,85
Směrodatná odchylka		4,6	0,6
Percentil 0,1			0,4
Percentil 0,9			1,8

Aritmetický průměr je vypočítán součtem všech hodnot vydělených jejich počtem.

Směrodatná odchylka určuje, jak moc jsou hodnoty rozptýleny či odchýleny od průměru hodnot. Směrodatná odchylka je rovna odmocnině z rozptylu. *(Matematika,2018)*

Je – li směrodatná odchylka velká, výpovědní hodnota aritmetického průměru je malá a opačně.

Směrodatná odchylka:  $S_x = \sqrt{C_2}$  *(Záškodný et al. 2016)*

C<sub>2</sub> - označuje rozptyl

Rozptyl nás informuje o proměnlivosti jednotlivých hodnot znaku kolem výběrového aritmetického průměru.

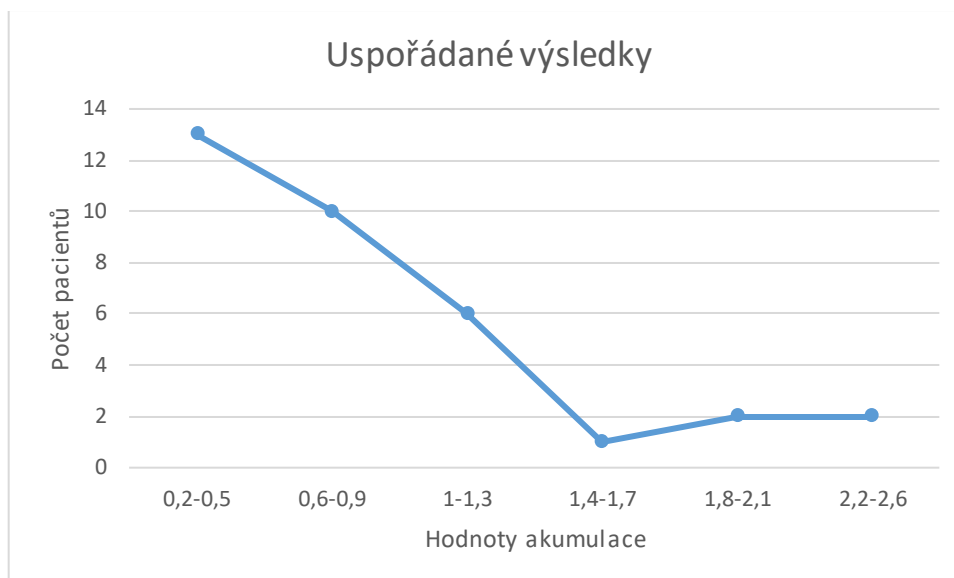
Percentilová metoda je variantou statistického zpracování dat. Percentil je kvantil, jehož hodnota je udávána v procentech. Nejpoužívanější kvantil je nejspíše medián. Kromě mediánu se používají kvartily, decily a percentily. Percentily dělí soubor na 100 částí. Medián je oproti aritmetickému průměru málo citivý na extrémní hodnoty, proto je v některých aplikacích vhodnější. (*Explorační analýza 2018*)

Pomocí percentilu jsem stanovil rozpětí hodnot, které se nalézá mezi 10 % a 90 % výsledků. Percentil 10 % vyřadil nejnižší naměřené výsledky a percentil 90 % nejvyšší naměřené výsledky, aby tyto hraniční hodnoty nezkreslily výsledné rozpětí hodnot.

Tabulka 3 - Uspořádání výsledků

j	$x_d - x_h$	$n_j$	$f_j$ [%]
1	0,2 - 0,5	13	38,24
2	0,6 - 0,9	10	29,4
3	1,0 - 1,3	6	17,65
4	1,4 - 1,7	1	2,94
5	1,8 - 2,1	2	5,88
6	2,2 - 2,6	2	5,88
Součet:		34	99,99

V tabulce číslo 3 jsou uspořádány výsledky měření. Naměřené hodnoty akumulace jsem rozdělil do 6 skupin, které jsou zobrazeny v prvním sloupci j. Ve druhém sloupečku  $x_d - x_h$  jsou zobrazeny intervaly, do kterých jsem rozdělil naměřené hodnoty akumulace. Ve třetím sloupečku  $n_j$  je počet vyšetřených pacientů, kteří jsou v daném intervalu. Poslední čtvrtý sloupeček zobrazuje procentuální zastoupení v daném celku.



Obrázek 9 – Zobrazení výsledků podle tabulky číslo 3

Tabulka číslo 3 a obrázek číslo 9 zobrazují zjištěné a uspořádané výsledky měření akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  – technecistanu ve štítné žláze. Z celkového počtu 34 vyšetřovaných pacientů mělo 13 pacientů naměřené hodnoty v rozmezí 0,2% - 0,5%, jedná se o největší skupinu vyšetřovaného celku. O něco menší skupinou jsou pacienti 0,6% - 0,9% (10 pacientů). Skupinu 1,0% - 1,3% tvoří 6 pacientů. Pouze 5 vyšetřovaní pacienti měli naměřeny hodnoty 1,4% - 2,6%.



## 5 Diskuze

V teoretické části své bakalářské práce na téma „Akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze“ jsem se věnoval anatomii a fyziologii štítné žlázy a příštítných tělísek. Následující kapitola pojednávala o poruchách funkce štítné žlázy. V poslední kapitole teoretické části jsem psal o vyšetřování štítné žlázy metodami nukleární medicíny. V této kapitole je popsán průběh vyšetření, používaná radiofarmaka a tvorba a zpracování obrazu.

Cílem této práce bylo stanovit rozpětí normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze. Výzkumná otázka tedy zněla: „Jaký je rozsah normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze?“

Abych mohl odpovědět na tuto otázku, bylo potřeba provést sběr dat na Oddělení nukleární medicíny v Nemocnici v Českých Budějovicích. Získal jsem soubor dat 34 dospělých pacientů vyšetřených statickou scintigrafií štítné žlázy.

V praktické části popisuji zpracování své bakalářské práce. Praktická část byla zpracovávána na Oddělení nukleární medicíny v Nemocnici v Českých Budějovicích, kde mi bylo umožněno použít vyhodnocovací program Xeleris s aplikací Thyroid Uptake Index, která pomáhá při určování schopností akumulace jódu ve štítné žláze.

*Akumulace štítné žlázy může být stanovena pomocí orálního podávání  $^{123}\text{I}$  nebo intravenózního podávání  $^{99m}\text{Tc}$ . Protože je akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  podobná akumulaci jódu, lze ji použít k odhadu akumulace jódu pomocí následujícího vzorce:*

*Odhadovaná akumulace jódu =  $17,72 * V$  (příjem technecistanu) + 30,4  
(GE Healthcare 2010)*

Tento vzorec je založen na studii provedené v letech 1978 – 1988. Autoři této studie vyvinuli metodu k odhadu 24 - hodinového příjmu jodidu sodného za použití 5 - minutové absorpce  $^{99m}\text{Tc}$  - technecistanu. Studie se účastnilo 44 pacientů, 30 žen a 14 mužů s průměrným věkem 52 +/- 17,5 let. Autoři tuto metodu důrazně doporučují pro hodnocení příjmu štítné žlázy před léčbou  $^{131}\text{I}$ . (Smith et al.1990)

Získané hodnoty jsem statisticky zpracoval s použitím vzorců pro výpočet průměru, směrodatné odchylky a percentilu v programu Microsoft Excel. Percentil jsem určil pro 10% a 90%.

Z výpočtů lze zjistit, že normální hodnota akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  - technecistanu ve štítné žláze se pohybuje v rozmezí od 0,4% do 1,8% a průměr je 0,85%.

Své výsledky jsem porovnával s výzkumem, který byl proveden v Namibii v období od srpna do prosince 2011. Cílem této studie bylo stanovit normální referenční hodnoty absorpce  $^{99m}\text{Tc}$  - technecistanu ve štítné žláze v Namibijské populaci. Studie byla provedena v Windhoek Central Hospital. Výzkumný soubor se skládal ze 76 účastníků (58 žen a 18 mužů), ve věku od 39 do 81 let, z různých etnických skupin a regionů. Každému pacientovi bylo aplikováno 100 MBq  $^{99m}\text{Tc}$  - Technecistanu intravenozně. Vyšetření bylo provedeno gama kamerou Nucline™ Spirit DH-V s kolimátorem LEHR pro nízkou energii a vysoké rozlišení, velikost matice byla 128 x 128 s přiblížením 1,8. Před a po aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$  - Technecistanu byly provedeny 60 vteřin dlouhé snímky injekční stříkačky k určení přesné dávky podané aktivity pro výpočet absorpce štítné žlázy. Výsledky této studie udávají, že hodnoty akumulace se pohybují od 0,15% do 1,69%. Autor studie udává, že se výsledky výrazně liší od mezinárodně uznávaného odkazu hodnot (0,75% - 4%), které v současné době používá Oddělení nukleární medicíny v Windhoek Central Hospital. Autor doporučuje, aby nově získané hodnoty byly použity pro populaci v Namibii a zdůrazňuje pravidelnost sledování akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  - Technecistanu k zajištění kvality. (Hamunyela 2013)

Své výsledky jsem dále porovnával se studií, která byla provedena v roce 2001 ve městě Campinas, ve státě São Paulo v Brazílii. Cílem této studie bylo standardizovat jednoduchou a rychlou metodiku pro scintigrafii štítné žlázy a pro stanovení normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  - Technecistanu. Studie se skládala ze 47 účastníků (30 žen a 17 mužů), ve věku od 19 do 61 let. Scintigrafické vyšetření štítné žlázy bylo provedeno 20 minut po intravenózní aplikaci 370 MBq  $^{99m}\text{Tc}$  - Technecistanu. Scintilační kamera byla vybavena LEHR kolimátorem pro nízkou energii a vysoké rozlišení. Velikost matice byla 128 x 128 s přiblížením 2,0. Před a po aplikaci radiofarmaka byly provedeny snímky injekční stříkačky pro výpočet akumulace štítné žlázy. Hodnoty akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  - Technecistanu v této studii se pohybují v rozmezí od 0,4% do 1,7%. (Ramos 2002)

Další studie, se kterou jsem porovnával své výsledky, byla provedena na oddělení nukleární medicíny v Newcastlu. Cílem této studie bylo stanovit normální referenční hodnoty pro vychytávání  $^{99m}\text{Tc}$  – Technecistanu ve štítné žláze. Studie probíhala od ledna 2012 do dubna 2014 a zúčastnilo se jí 67 pacientů. Bylo naměřeno, že normální hodnoty akumulace se pohybují od 0,2% do 2,0%. Autoři dodávají, že nově naměřené hodnoty jsou nižší, než předešlé hodnoty, které byly používány na oddělení a pohybovaly se od 1,0 % do 3,5%. Pro zvýšení diagnostické přesnosti hodnocení štítné žlázy doporučují pravidelné hodnocení běžných hodnot akumulace štítné žlázy. (Macauley *et al.* 2017)

U studií provedených v Nambii a v Brazílii byly dostupné informace o provedení vyšetření a použité přístrojové technice. Přístrojová technika byla téměř shodná s použitou technikou při měření pro mou bakalářskou práci, použit byl kolimátor pro nízkou energii a vysoké rozlišení LEHR, velikost matice 128 x 128, lišilo se pouze použitím Zoomu, kdy v každé studii bylo použito rozdílné přiblížení. Rozdíly mezi studii nacházím v aplikované aktivitě, kdy při našem měření byla průměrná aplikovaná aktivita 152 MBq, ve studii v Nambii byla aplikovaná aktivita 100 MBq a ve studii v Brazílii dokonce 370 MBq. V poslední porovnávané studii provedené v Newcastlu tyto informace dostupné nebyly. Naměřené hodnoty akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  – Technecistanu se v mém výzkumu z větší části shodují s hodnotami z výše uvedených studií.

Scintigrafické vyšetření štítné žlázy pomocí  $^{99m}\text{Tc}$  – Technecistanu slouží k posouzení tvaru, velikosti, uložení a funkčního stavu štítné žlázy.

Vzhledem k vyšší radiační zátěži, se  $^{131}\text{I}$  k diagnostice štítné žlázy již nepoužívá.  $^{131}\text{I}$  je dnes nahrazován  $^{99m}\text{Tc}$  – Technecistanem.  $^{131}\text{I}$  se používá pouze u pacientů s prokázanou tyreopatií a před léčbou radiojódem. Technecistan je vychytáván a akumulován podobně jako jodid, má ideální vlastnosti pro diagnostiku v nukleární medicíně, mezi jeho další kladné vlastnosti patří dobrá dostupnost a nízká cena.

## **6 Závěr**

Cílem této práce bylo stanovit rozpětí normálních hodnot akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze. Pomocí vyhodnocovacího programu Xeleris s aplikací Thyroid Uptake Index, bylo možné vypočítat hodnotu akumulace sledované látky u vyšetřovaných pacientů, porovnat je a určit percentil pro 10% a 90%. V závislosti na výpočtech lze uvést normální hodnoty akumulace  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistanu ve štítné žláze jako hodnoty v rozmezí od 0,4% do 1,8%.

Tato práce, může posloužit jako hodnocení normálních hodnot akumulace při vyšetřování štítné žlázy, na odděleních nukleární medicíny.

## 7 Seznam použité literatury

1. Atkins, H.L., 1971. Technetium-99m pertechnetate uptake and scanning in the evaluation of thyroid function. Diagnostic radionuclide studies of the thyroid gland, 1971(3),pp.345-355. Available at: [http://www.seminarsinnuclearmedicine.com/article/S0001-2998\(71\)80007-7/pdf](http://www.seminarsinnuclearmedicine.com/article/S0001-2998(71)80007-7/pdf) [Accessed February 17, 2018].
2. Blažek, O., 1989. Radiologie a nukleární medicína: učebnice pro lékařské fakulty Vyd. 1., Praha: Avicenum. ISBN 08-060-89
3. Brunová, J. & Bruna, J., 2014. Clinical endocrinology and diagnostic imaging 1st ed., Prague: Karolinum. ISBN 978-80-246-2058-9
4. Co je štítná žláza a jak účinkuje. [online]. Copyright © 2011 [cit. 26.02.2018]. Dostupné z: <http://endokrinologie-obezitologie.cz/cs/clanky/tema1/co-je-stitna-zlaza-jak-ucinkuje/>
5. Čihák, R. & Grim, M., 2002. Anatomie 2., upr. a dopl. vyd., Praha: Grada. ISBN 80-247-0143-X
6. Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin e.V.. Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin e.V. [online]. Dostupné z: <http://www.nuklearmedizin.de/index.php>
7. Dvořák, J., 2002. Štítná žláza a její nemoci: poučení pro nemocné Vyd. 1., Praha: Serifa. ISBN 80-902859-1-0
8. Endokrinologie klinika Esthesia Praha . Stomatologie, dermatologie, podologie... klinika Esthesia Praha [online]. Copyright © [cit. 26.02.2018]. Dostupné z: <http://www.esthesia.cz/novinky/endokrinologie.php>
9. Explorační analýza: Kvantily, percentily a kvartily. amos.ukf.sk [online]. Dostupné z: <https://amos.ukf.sk/mod/book/view.php?id=8408&chapterid=3167>
10. Fogelman, I., 2014. An atlas of clinical nuclear medicine 3rd ed., Boca Raton: CRC Press. ISBN-13: 978-1841846538, ISBN-10: 1841846538
11. Hamunye, R.H., 2013. Normal reference values for thyroid uptake of technetium-99m pertechnetate for the Namibian population. JEMDSA, 2013(18), pp.142-147.

12. Jiskra, J., 2011. Poruchy štítné žlázy: praktický přehled nejen pro laickou veřejnost 1. vyd., Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-3301-5
13. Jód musí být v rovnováze: nadbytek i nedostatek škodí | uLékaře.cz. uLékaře.cz - vše o zdraví a nemoci | uLékaře.cz [online]. Copyright © 2007 [cit. 26.02.2018]. Dostupné z: <https://www.ulekare.cz/clanek/jod-musi-byt-v-rovnovaze-nadbytek-i-nedostatek-skodi-21404>
14. KC SOLID. KC SOLID. Available at: [http://www.kcsolid.cz/zdravotnictvi/nuklearni\\_medicina/katalog-rf.php](http://www.kcsolid.cz/zdravotnictvi/nuklearni_medicina/katalog-rf.php) [Accessed February 26, 2018].
15. Koranda, P., Mysliveček, M. & Hušák, V., 2002. Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči 1. vyd., Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0415-X
16. Kupka, K., Kubinyi, J. & Šámal, M., 2015. Nukleární medicína 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K)., V Praze: P3K. ISBN 978-80-87343-54-8
17. Květina, J., 1987. Radiofarmaka: učebnice pro farmaceutické fakulty 1. vydání., Praha: Avicenum. ISBN 08-020-87
18. Lázníček, M. & Komárek, P., 1998. Základy radiofarmacie 1. vyd., Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-781-X
19. Límanová, Z., Zamrazil, V. & Němec, J., 1995. Nemoci štítné žlázy: diagnostika a terapie 1. vyd., Praha: Galén. ISBN 80-85824-25-6
20. Macauley, M. et al., 2017. Evaluation of normal reference range for thyroid uptake of technetium-99 m in a single centre UK population. Endocrine Abstracts, p.-. Available at: <http://www.endocrine-abstracts.org/ea/0050/ea0050p402.htm> [Accessed April 5, 2018].
21. Markalous, B. & Gregorová, M., 2003. Nemoci štítné žlázy: otázky a odpovědi pro pacienty a jejich rodiny 1. vyd., Praha: Triton. ISBN 80-7254-375-X
22. Míková, V. ed., 2008. Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína 1. vyd., Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-533-

23. Petrovický, P., 2001. Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi 1. vyd., Martin: Osveta. ISBN 80-8063-047-X
24. Provozní příručka pro Xeleris™ Functional Imaging P&R Systems, Copyright 2010 GE Healthcare
25. Ramos, C.D., 2002. Thyroid uptake and scintigraphy using <sup>99m</sup>Tc pertechnetate: standardization in normal individuals. Sao Paulo Medical Journal, 2002(120), pp.45-48., ISSN 1516-3180
26. Směrodatná odchylka — Matematika.cz. Matematika pro střední a základní školy — Matematika.cz [online]. Copyright © 2006 [cit. 1.04.2018]. Dostupné z: <https://matematika.cz/smerodatna-odchylka>
27. Smith, John I., Croft, Barbara T., Brookman, Valeria A. a Teates, Charles David. Estimation of 24-hour Thyroid Uptake of I-131 Sodium iodide Using a 5-Minute Uptake of Technetium-99m Percentaate. Clin. Nucl. Med.: 80–83, únor 1990.
28. ŠABATA, L. Přednášky z nukleární medicíny. 2015/2016
29. Thyroid Cancer: Stages | Cancer.Net. Cancer.Net | Oncologist-approved cancer information from the American Society of Clinical Oncology [online]. Copyright © 2005 [cit. 26.02.2018]. Dostupné z: <https://www.cancer.net/cancer-types/thyroid-cancer/stages>
30. ULLMANN, V., 2017. Radioisotopová scintigrafie. [online]. AstroNukIfyzika. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://astronukIfyzika.cz/Scintigrafie.htm>
31. Vlček, P., 2012. Rakovina štítné žlázy: současné diagnostické a léčebné možnosti : přehled nejen pro laickou veřejnost, Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-2799-1
32. Záškodný, P. et al., 2016. ZÁKLADY STATISTIKY (s aplikací na zdravotnictví) třetí vydání, Cholupická 39, 142 00 Praha 4, Czech Republic: CURRICULUM.

## 8 Seznam zkratek

cm	centimetr
g	gram
$\mu\text{m}$	mikrometr
$\mu\text{g}$	mikrogram
mmol/l	milimol na liter
keV	kiloelektronvolt
mm	milimetr
MBq	megabecquerel
i.v.	intravenózní (žilní) aplikace
ROI	Region of interest (oblast zájmu)



## 9 Seznam tabulek a obrázků

Tabulka 1: Radiofarmaka používaná ke scintigrafii štítné žlázy .....	23
Tabulka 2 - Naměřené hodnoty akumulace ve štítné žláze .....	38
Tabulka 3 - Uspořádání výsledků .....	40
Obrázek 1 – Štítná žláza.....	10
Obrázek 2 – Nádor štítné žlázy a metastázy .....	16
Obrázek 3 – Technické provedení elučního generátoru s evakuovanou eluční lahvičkou .....	25
Obrázek 4 – Radijodový akumuláční test .....	26
Obrázek 5 - Soubor pacientů.....	30
Obrázek 6 - Zakreslená štítná žláza s pozadím v programu Thyroid Uptake Index.....	35
Obrázek 7 - Inverzní zobrazení štítné žlázy a pozadí v programu Thyroid Uptake Index .....	36
Obrázek 8 - Poloautomatické zakreslení štítné žlázy a pozadí v programu Thyroid Uptake Index.....	37
Obrázek 9 – Zobrazení výsledků podle tabulky číslo 3 .....	41