

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Alice Solařová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Scintigrafické zobrazení příštítných tělísek – úloha radiologického asistenta

Alice Solařová

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alice Solařová**
Osobní číslo: **Z16133**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Scintigrafické zobrazení příštítných tělísek - úloha radiologického asistenta**
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

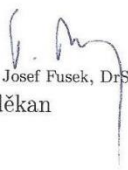
Seznam odborné literatury:

1. ANDRÁSI, Imrich, Oto MASÁR, Karel PÍTR a Hana BELEJOVÁ, 2018. Fyziologie a patologická fyziologie pro záchranáře. Plzeň: Polypress. ISBN 978-80-261-0801-6.
2. KORANDA, Pavel et al, c2014. Nukleární medicína. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
3. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK, 2014. Radiofarmaka. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-523-5.
4. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI, Martin ŠÁMAL a et al, c2015. Nukleární medicína. 2. vydání. Praha: P3K. ISBN 978-80-87343-54-8.
5. MAREK, Josef, Václav HÁNA a et al, c2017. Endokrinologie. Praha 5: Galén. ISBN 978-80-7262-484-3.

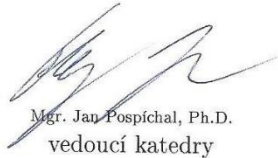
Vedoucí bakalářské práce: PharmDr. Kateřina Žilková
Katedra klinických oborů

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 23. 4. 2019

.....

Alice Solařová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce paní PharmDr. Kateřině Žilkové za odborné vedení, ochotu a cenné rady poskytnuté při tvorbě bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat paní Bc. Simoně Uhrinové za její čas a pomoc v době tvorby praktické části.

ANOTACE

Bakalářská práce je zaměřena na princip scintigrafického vyšetření příštítných tělísek. Zabývá se anatómií, fyziologií a patofyziologií příštítných tělísek. Popisuje samotná vyšetření s obecnými informacemi a práci radiologického asistenta.

KLÍČOVÁ SLOVA

Příštítná tělíska, scintigrafie, nukleární medicína, radiofarmaka, radiologický asistent

TITLE

Scintigraphic display of parathyroid glands - role of radiological assistant

ANNOTATION

The bachelor thesis is focused on the principle of scintigraphic examination of parathyroid glands. It deals with anatomy, physiology and pathophysiology of parathyroid glands. It describes the examinations themselves with general information and the job of a radiological assistant.

KEYWORDS

parathyroid glands, scintigraphy, nuclear medicine, radiopharmaceuticals, radiological assistant

OBSAH

Úvod	13
1 CÍL.....	14
2 Příštítná tělíska	15
2.1 Anatomie	15
2.2 Fyziologie	15
2.2.1 Parathormon.....	15
3 Patofyziologie příštítných tělísek	17
3.1 Karcinom příštítných tělísek.....	17
3.2 Adenom	17
3.3 Hyperparathyreóza	17
3.3.1 Primární hyperparathyreóza.....	17
3.3.2 Sekundární hyperparathyreóza	19
3.4 Hypoparathyreóza	19
3.4.1 Etiologie	19
3.4.2 Klinický obraz.....	19
3.4.3 Terapie.....	19
4 Přístroje v nukleární medicíně.....	20
4.1 Zobrazovací metody	20
4.2 Gamakamera	20
4.2.1 Princip	20
4.2.2 Kolimátor.....	21
4.2.3 Scintilační krystal.....	21
4.2.4 Fotonásobiče	22
4.2.5 Zpracující elektronika	22
5 Nukleární medicína.....	24

6	Scintigrafie	25
6.1	Statická scintigrafie	25
6.1.1	Celotělová scintigrafie.....	25
6.2	Dynamická scintigrafie.....	26
6.2.1	Způsoby snímání dynamických vyšetření	26
6.3	SPECT	27
7	Radiofarmaka	28
7.1	Fyzikální vlastnosti	28
7.2	Radioaktivita.....	28
7.2.1	Poločas přeměny	29
7.2.2	Druh záření	29
7.2.3	Energie.....	29
7.3	Výroba radionuklidů	29
7.3.1	Generátor	29
7.4	Aplikace radiofarmak	30
7.4.1	Parenterální aplikace	30
7.4.2	Inhalační radiofarmaka.....	30
7.4.3	Perorální podání	30
7.5	Radiofarmaka používaná pro vyšetření příštítných tělísek.....	31
7.5.1	²⁰¹ Tl-chlorid thallnatý.....	31
7.5.2	^{99m} Tc-MIBI	31
7.5.3	^{99m} Tc-technecistan.....	31
8	Scintigrafická vyšetření k diagnostice onemocnění příštítných tělísek	32
8.1	Subtrakční scintigrafie.....	32
8.2	Vyplavovací scintigrafie.....	32
9	Radiologický asistent.....	33
10	Radiační ochrana v nukleární medicíně.....	34

10.1	Radiační ochrana pacientů	34
10.1.1	Princip zdůvodnění.....	34
10.1.2	Princip optimalizace	34
10.1.3	Princip nepřekročení limitů	34
10.2	Radiační ochrana pracovníků	35
10.2.1	Ochrana časem.....	35
10.2.2	Ochrana vzdáleností	36
10.2.3	Ochrana stíněním	36
10.3	Sledované a kontrolované pásmo	36
10.3.1	Sledované pásmo.....	36
10.3.2	Kontrolované pásmo	36
11	Monitorování pracoviště	37
11.1	Monitorování na oddělení nukleární medicíny	37
11.2	Likvidace radioaktivního odpadu	37
12	Praktická část.....	38
12.1	Subtrakční scintigrafie	38
12.1.1	Příprava pacienta.....	38
12.1.2	Provedení vyšetření.....	39
12.2	Vyplavovací scintigrafie	43
12.2.1	Příprava pacienta.....	43
12.2.2	Provedení vyšetření.....	44
13	Diskuze	48
14	Závěr	50
15	Seznam použité literatury	51

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 – Gamakamera (autor).....	21
Obrázek 2 – Schéma fotonásobiče (Kupka, c2015, s.29).....	22
Obrázek 3 – Celotělová scintigrafie skeletu (Kupka, c2015, s.30).....	26
Obrázek 4 – Schéma elučního Mo/Tc generátoru (Kupka, c2015, s.38)	30
Obrázek 5 – Pomůcky pro aplikaci radiofarmaka (autor)	39
Obrázek 6 – Vyšetřovací protokol pro subtrakční scintigrafii (autor)	40
Obrázek 7 – Subtrakční scintigrafie-normální nález (Kupka, c2015, s.89)	42
Obrázek 8 – Subtrakční scintigrafie-zvětšené příštítné tělísko (Kupka, c2015, s.89)	42
Obrázek 9 – PET/CT-adenom levého dolního příštítného tělíska (Kupka, c2015, s.89).....	43
Obrázek 10 – Scintigram-Ektopický paratyreidální adenom naléhající na perikard (Koranda, c2014, s.185).....	45
Obrázek 11 – Hybridní zobrazení SPECT/CT-adenom nebo hyperplazie příštítného tělíska pod levým lalokem štítné žlázy (Kraft, 2014, s.78)	46
Obrázek 12 – Adenom příštítného tělíska vpravo dole A-časné snímání, B-pozdní snímání (Kupka, c2015, s.90) 46	
Obrázek 13 – Ektopické příštítné tělísko v mediastinu A-časné snímání, B-pozdní snímání (Kupka, c2015, s.90)	47

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

Da	jednotka molekulové hmotnosti, zkratka jména Dalton
PTH	Parathormon
iPTH	imunoreaktivní parathormon
PHPT	primární hyperparathyreóza
eV	elektronvolt, jednotka energie
keV	kiloelektronvolt
MeV	megaelektronvolt
Bq	becquerel, jednotka radioaktivity
kBq	kilobecquerel
MBq	megabecquerel
GBq	gigabecquerel
Hod.	hodin
$T_{1/2}$	poločas přeměny
mSv	miliSievert
m ²	metr čtverečný
PACs	Archiv zobrazovacích metod pro nemocnici

ÚVOD

Příštítná tělíska se nacházejí na zadní straně štítné žlázy. Jedná se o 4 párová tělíska tvaru čočky. Jejich úkolem je tvorba parathormonu, který udržuje hladinu vápníku v krvi na vyhovující úrovni. Tato tělíska se vyvíjí již v 8. týdnu těhotenství.

Adenom je nezhoubný nádor, který je nejčastějším onemocněním příštítných tělísek. Jeho pronikání do endokrinních orgánů způsobuje nadměrnou produkci hormonů. Adenom může být jedním důvodem pro vznik hyperparathyreózy, která způsobuje nadměrnou tvorbu parathormonu a výsledkem je hormonální nerovnováha v těle jedince.

K diagnostice onemocnění příštítných tělísek slouží scintigrafické vyšetření, které je prováděno na oddělení nukleární medicíny. Toto vyšetření poskytuje informace jak o funkčnosti, tak o anatomické stavbě a uložení příštítného tělíska.

Scintigrafické vyšetření probíhá na principu aplikace radiofarmaka a jeho vycytávání v daném orgánu. Akumulace radiofarmaka je zobrazena pomocí gamakamery díky emitovanému záření. Dnes není k dispozici radiofarmakum, které by se akumulovalo pouze v příštítných tělískách. Z toho důvodu jsou k vyšetření používána radiofarmaka, která se kromě příštítných tělísek vycytávají i ve štítné žláze.

Mezi standardně prováděná vyšetření na odděleních nukleární medicíny patří subtrakční a vyplavovací scintigrafie.

Všechny obecné informace týkající se příštítných tělísek, jejich onemocnění a diagnostiky problémů jsou popsány v teoretické části mé bakalářské práce. Praktická část je věnována náplni práce radiologického asistenta a popisu postupu vyšetření.

1 CÍL

Cílem bakalářské práce je popsat povinnosti radiologického asistenta při scintigrafickém vyšetření pro diagnostiku onemocnění příštítných tělísek. Popsána jsou zde dvě standardně prováděná vyšetření, a sice subtrakční scintigrafie a vyplavovací scintigrafie.

2 PŘÍŠTÍTNÁ TĚLÍSKA

2.1 Anatomie

Jedná se o 4 párová tělíska čočkovitého tvaru i velikosti, které se nacházejí na zadní straně laloků štítné žlázy. (Robertsová, 2012, s.84) U několika málo osob se může počet lišit od základních 4 příštítných tělísek. Mohou být v počtu 3 nebo 5 a více. Jejich celková hmotnost je přibližně 170 mg. (Marek, c2017, s. 320)

V úrovni dolního okraje prstencovité chrupavky se nacházejí horní příštítná tělíska neboli glandulae parathyroideae superior. V blízkosti dolního okraje štítné žlázy se nachází dolní příštítná tělíska (glandulae parathyroideae inferior), u kterých může dojít k atypické lokalizaci nejčastěji v předním mediastinu, vzácně potom uvnitř štítné žlázy. (Robertsová, 2012, s. 133)

Vývoj příštítných tělísek pochází z endodermu 3. a 4. žaberní štěrbin. Z kolagenního vaziva, které tvoří pouzdro pro každé tělísko zvlášť, vycházejí vazivová septa s cévami. Proto se příštítná tělíska liší svojí barvou od zbytku tkáně štítné žlázy. S rostoucím věkem se barva mění. Tento děj je způsobený hromaděním tukovým buněk tzv. adipocytů, proto se ve stáří barva mění do žluto-šedé na rozdíl od mládí, kdy je růžová. (Konrádová, 2000, s. 236-237)

V embryonálním vývoji se příštítná tělíska vyvíjí téměř brzy, a to v 8. týdnu nitroděložního života jedince. (Marek, c2017, 320)

2.2 Fyziologie

Funkcí příštítných tělísek je tvorba parathormonu (PTH). Tento hormon zodpovídá za udržení hladiny vápníku na stabilní úrovni. Hlavním podnětem k tvorbě PTH je snížené množství vápníku v krvi (hypokalcémie). Parathormon aktivuje osteoklastické kostní resorpce, zvýší zpětnou resorpci vápníku v ledvinných tubulech a navýší tak hladinu vápníku v krvi. (Andrási, 2018, s.45)

2.2.1 Parathormon

Jedná se o peptid obsahující 84 aminokyselin. Jeho molekulová hmotnost je 9300 Da. Hormon, který produkují buňky příštítných tělísek. Úkolem PTH je řídit hladinu vápníku v krvi zvýšením propustnosti buněk pro fosfátové a vápenaté ionty. (Marek, c2017, s. 321)

Pokud dojde k poklesu hladiny vápníku v krvi (hypokalcémie), dochází příštítnými tělísky ke zvýšení sekrece PTH. Naopak při vysoké hladině kalcia (hyperkalcémie) dochází ke snížení nebo pozastavení produkce, dokud nenastane rovnováha. Příštítná tělíska jsou schopna

rychlého uvolnění PTH, v rozmezí sekund až minut, v případě akutního poklesu kalcémie. Významnými orgány z hlediska regulace vápníku v krvi jsou ledviny, střevo a kosti. V ledvinách PTH zvyšuje zpětné vstřebání kalcia, snižuje zpětné vstřebávání fosfátu. Resorpce kostí je proces, kdy za pomoci vápníkové pumpy dojde k tomu, že PTH uvolní vápník z kostní tekutiny. Jestliže PTH působí příliš dlouho, může dojít k atrofii kostní tkáně. Vitamín D společně s PTH zvyšuje vstřebání vápníku v tenkém střevě. (Marek, c2017, s. 321-322.)

3 PATOFYZIOLOGIE PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK

3.1 Karcinom příštítných tělísek

Jedná se o velmi vzácné onemocnění, jehož výskyt je ojedinělý. U mužů i žen se toto onemocnění objevuje téměř ve stejném poměru. Pro nádor je charakteristický pomalý růst a pronikání do štítné žlázy, jícnu, svalů a velkých cév. V důsledku karcinomu vznikají metastázy v játrech, plicích, regionálních uzlinách, slezině a kostech. (Kassahun, 2011 in Marek, 2017, s. 329-330) Chirurgické odstranění nádoru je jedinou možností v léčbě nemocného. Také je důležité sledovat kalcémii a imunoreaktivní parathormon (iPTH) pacienta. Karcinomu náleží veškeré známky PHPT, avšak jeho průběh je většinou těžký. Znakem je vysoká kalcemie a ve srovnání s adenomem rychle se zvyšující hladina PTH. (Marek, c2017, s. 330)

3.2 Adenom

Adenom je nádor vznikající ze žláзовého epitelu. Je nezhoubný, avšak může vzniknout nebezpečí, a to v okamžiku, kdy adenom zasáhne endokrinní orgány. U takových orgánů poté propukne nadměrná tvorba hormonů. To může způsobit stav hormonální nerovnováhy. (Češka, 2010)

3.3 Hyperparathyreóza

Je to označení pro stav, kdy příštítná tělíska produkují až přílišné množství PTH. K tomuto může dojít z několika různých důvodů. Jedním z nich může být například adenom, ale také reakce organismu na dlouho dobu trvající hypokalcémie. Ale také může být hyperparathyreóza projevem hyperplazie, což je zvětšení orgánů vznikající zmnožením buněk. (Andrási, 2018, s. 126)

3.3.1 Primární hyperparathyreóza

Primární hyperparathyreóza (PHPT) je porucha rozšířená do většiny organismu. Jedná se o poškození kalciového, fosfátového a kostního metabolismu. Vzniká zvýšenou produkcí PTH, která trvá delší dobu. Je typickým příkladem hyperfunkčního endokrinního syndromu. Častěji se vyskytující endokrinopatií je pouze diabetes mellitus a choroby štítné žlázy. (Brown, 2002 in Marek, c2017, s. 323)

3.3.1.1 Výskyt

Její výskyt lze zaregistrovat v každém věku. Častěji však postihuje ženy než muže a jen velice zřídka se objevuje u dětí. U incidence (počet nově nemocných pacientů za určitý časový úsek) je uváděna číselná hodnota přibližně 25/100 000 a prevalence, která udává podíl počtu jedinců

trpících nemocí a podíl všech jedinců v určité sledované populaci, je zhruba 1/1000. Riziko výskytu PHPT se zvyšuje u žen starších 50 let trpících hyperkalcémií. (Broulík, 2003 in Marek, c2017, s. 323)

3.3.1.2 Etiologie

Ve většině případů je PHPT vyvolána nezhoubným adenomem jednoho někdy i více příštítných tělísek. Na prvním místě příčin, které vedou k PHPT je genetický původ. Další z možných příčin může být ektopická tvorba parathormonu tzn. produkce PTH mimo obvyklé místo. (Broulík, 2003 in Marek c2017, s. 323)

3.3.1.3 Klinický obraz

PHPT je chronické onemocnění. Vyznačuje se několika specifickými symptomy. Dále také přechodným vymizením příznaků (remise) a exacerbací, což je zhoršení nebo nové propuknutí nemoci. Typicky se primární hyperparathyreóza spojuje s poškozením kostí a ledvin. Pokud se jedná o poškození ledvin jde hlavně o nefrolithiázu a nefrokalcinózu. Častěji se vyskytuje nefrolithiáza. Dalším z poškození může být polyurie, kdy výdej moči činí větší množství, než jsou 2 litry za 24 hodin a polydipsie, pro kterou je charakteristické vydatné pití způsobené nadměrnou žíznivostí což je důsledkem zvýšené glykémie. (Marek, c2017, s. 323-324)

Hyperparathyreózní osteodystrofie je označení pro kostní změny způsobené nadbytkem parathormonu. Nadbytek PTH se projevuje velice agresivně, co se týče vztahu ke kosti, protože rozpouští minerály, vede k tvorbě cyst a nádorů. Takový pacient si stěžuje na bolesti v oblasti zad, kyčlí a dolních končetin. (Marek, 2017, s. 325)

V době těhotenství je toto onemocnění spojeno s komplikacemi, kterými může být potrat, ohrožení života matky nebo novorozenecká tetanie. U novorozenců se jedná o vzácnou smrtící poruchu. Všechna příštítná tělíska jsou zvětšena a kalcémie je velmi vysoká. Pokud včas nedojde k parathyreoidektomii novorozenec umírá. (Marek. 2017, s. 326)

3.3.1.4 Terapie PHPT

Pokud je onemocnění potvrzeno, na prvním místě je operace. V případě adenomu je cílem operace vyhledání a následné odstranění všech postižených příštítných tělísek. Pokud však operace není možná je nutné pacienta sledovat. Důležité je, aby nedošlo k dehydrataci nemocného, proto zajistíme dostatečný příjem tekutin. Dále jsou pacientům podávány bisfosfonáty, jejichž úkolem je blokovat odbourávání vápníku z kostí. (Marek, 2017, s. 329)

3.3.2 Sekundární hyperparathyreóza

Vzniká dlouhotrvající hypokalcémií. S touto nemocí je spojeno několik dalších poruch jako například chronická renální insuficience, ztráta vápníku ledvinami, vstřebávání kalcia ve střevě a jiné. (Marek, 2017, s. 330)

3.4 Hypoparathyreóza

3.4.1 Etiologie

Jde o sníženou funkci příštítných tělísek, jejímž nejčastějším důvodem je odstranění příštítných tělísek při operaci samotných tělísek nebo štítné žlázy. Dále existuje několik jiných příčin, které se však vyskytují pouze sporadicky. Jednou z nich je ozáření oblasti štítné žlázy nebo krku radioaktivním ¹³¹I. (Marek, 2017, s. 332)

Projevem je hypokalcémie, hypokalcúrie, hyperfosfatémie. Dochází ke zvýšení nervosvalové dráždivosti a může nastat až tetanický záchvat, který se projevuje brněním prstů, jazyka, končetin a svalovými křečemi. Problémové jsou křeče hladké svaloviny, a to zejména bronchů a laryngu. (Andrási, 2018, s. 126)

3.4.2 Klinický obraz

Řady příznaků vzniká důsledkem hypokalcémie a hyperfosfatémie. Hypokalcémie je příčinou vzniku duševních poruch, nervosvalové dráždivosti a výživové změny ektodermu, K těmto změnám dochází především na nehtech, kůži, vlasech, zubech nebo čočce. Avšak nejčastějším příznakem je tetanie, Jedná se o záchvat křečí, které mohou trvat i několik dní, ale většinou se jedná o několik minut až hodin. (Marek, 2017, s. 333)

3.4.3 Terapie

Léčbou hypoparathyreózy je podání chybějícího množství vápníku či vitamínu D. Hypothyreóza (snížená činnost štítné žlázy) zhoršuje terapii hypoparathyreózy. (Marek, 2017, s. 334)

4 PŘÍSTROJE V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ

4.1 Zobrazovací metody

Zobrazovací metody týkající se nukleární medicíny lze rozdělit do několika skupin jako je planární scintigrafie, tomografické zobrazení SPECT, tomografické zobrazení PET, dynamická tomografická vyšetření a hybridní vyšetření SPECT/CT, PET/CT, PET/MR. (Kupka, c2015, s. 27)

4.2 Gamakamera

Základním typem přístroje využívaném v nukleární medicíně je scintilační kamera neboli gamakamera. Tento přístroj je složen z několika částí, avšak tou nejdůležitější je detekční systém. Systém je zodpovědný za detekci γ záření a vznik planárního obrazu. Je tvořen z několika segmentů, a to z kolimátoru, scintilačního krystalu, fotonásobiče a zpracující elektroniky. (Kupka, c2015, s. 27)

4.2.1 Princip

Z pacienta, který je naaplikovaný radiofarmakem vylétnou fotony γ záření a jejich část dopadne na detektor gamakamery. Další část fotonů mizí v prostoru. Z fotonů dopadajících na detektor malá část prostoupí kolimátorem do scintilačního krystalu a tam ponechá signál ve formě světelného záblesku. Tento záblesk uvázne v síti fotonásobičů, které jsou schopny záblesk převést na elektrický signál, který poté směřují do elektroniky schopné tento signál zpracovat. Počítač vyhodnocující data sbírá jednotlivé impulzy, kdy jeden impulz je roven jednomu záblesku tzn. jednomu detekovanému fotonu gama záření. Dále počítač zaznamenává polohu těchto impulzů, které poté situuje do matice obrazu. Matice obrazu je složena z několika prvků tzv. pixelů a každý obsahuje informaci týkající se počtu fotonů, které dopadnou do určeného místa detektoru. Vzniklý obraz nukleární medicíny tvoří zhruba rozprostření radiofarmaka v zorném poli scintilačního detektoru. (Kupka, c2015, s. 27)



Obrázek 1 Gamacamera

4.2.2 Kolimátor

Jedná se o několik centimetrů tlustou desku tvořenou z olova, která pokrývá veškeré zorné pole detektoru. Obsahuje mnoho malých otvorů, ty slouží k propouštění jen fotonů gama, které dopadají kolmo na detektor. (Kupka, 2015, s. 27-28) Tzn., že slouží jako filtr propouštějící jen fotony, které letí z požadovaném směru. (Koranda, c2014, s. 27)

U gamakamery je možnost výměny kolimátoru dle potřeby. Kolimátory jsou rozděleny podle energie fotonů radionuklidu a podle poměru mezi citlivostí a polohovým rozlišením, které určuje ty nejmenší detaily v obrazu. Nejužívanější druh kolimátoru je nízkoenergetický, paralelní, s vysokým polohovým rozlišením. Tento druh je určen pro radiofarmaka značená ^{99}Tc a ^{123}I . Pro radiofarmaka značená ^{111}In je nutné využití kolimátoru pro střední energie, má však horší polohové rozlišení. Pokud je zvolen nesprávný druh kolimátoru následkem je špatný kontrast obrazu, více šumu a špatné rozlišení. (Kupka, c2015, s. 28)

4.2.3 Scintilační krystal

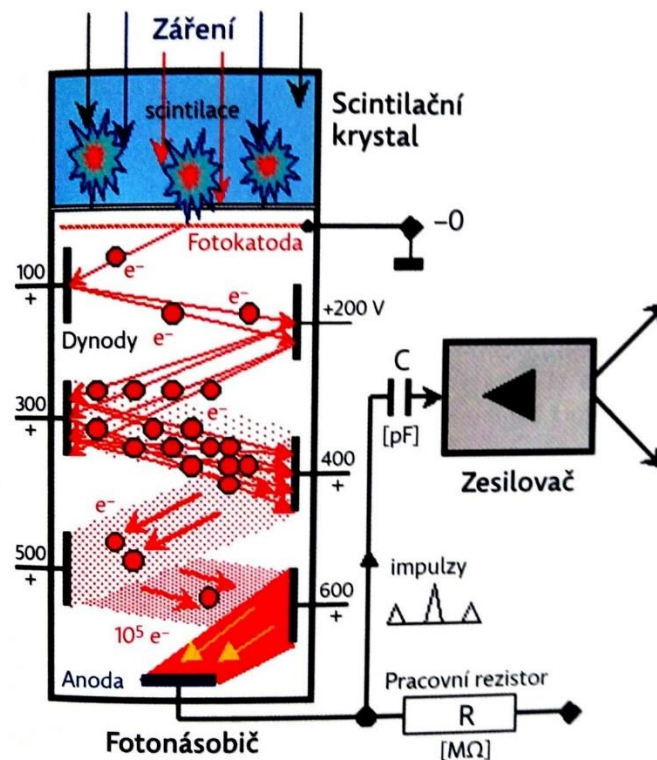
Scintilační krystal představuje zhruba 1 cm tlustou, průhlednou desku většinou obdélníkového tvaru o rozměrech zhruba 40-50 cm, která kryje úplné zorné pole detektoru. Materiálem pro jeho výrobu je jodid sodný, aktivovaný thalliem- NaI(Tl). (Koranda, c2014, s. 27) Scintilační krystal slouží ke změně fotonů γ záření na fotony viditelného světla. Krystal je bezpečně uložen v detektoru, aby nedošlo k jeho mechanickému porušení a také aby jeho detekční vlastnosti

neovlivnilo světlo a vlhko. Důležité je také věnovat pozornost teplotním výkyvům, které by mohly způsobit prasknutí krystalu. (Kupka, c2015, s. 28)

4.2.4 Fotonásobiče

Fotonásobiče jsou připevněny ke scintilačnímu krystalu a jejich úkolem je změna scintilačního světla na elektrický signál a dále k jeho zesílení, aby byla možnost jeho zpracování. Při vzájemném působení fotonu světla s fotokatodou fotonásobiče dojde ke vzniku fotoelektronu. Ten dopadne na jednu z elektrod elektronky tzv. dynodu, na které poté dochází k vyslání ostatních sekundárních elektronů. Na anodu tak dopadá přibližně 10^6 elektronů schopných vytvořit paměťový či proudový impuls, který je již měřitelný. (Kupka, 2015, s. 28)

Vyšetřovací místnost, kde se nachází gamakamera je obvykle klimatizována, a to z důvodu velké citlivosti fotonásobiče na teplotu okolí. Porucha fotonásobiče se projeví zhoršenou kvalitou obrazu. (Kupka, c2015, s. 29)



Obrázek 2 Schéma fotonásobiče

4.2.5 Zpracující elektronika

Do elektronických obvodů putuje signál z fotonásobičů. Účelem těchto obvodů je oddělení jednotlivých událostí tzn. oddělení interakcí fotonů v systému od sebe a také výpočet co možná nejpřesnější polohy události. Všechny záblesky ve scintilačním krystalu osvítlí téměř veškeré

fotonásobiče, avšak s odlišnou intenzitou, která se odvíjí od polohy fotonásobiče oproti místu interakce. Výsledná poloha události je vypočítána pomocí těžiště signálu, a to s přesností na míru pixelu (nejmenší jednotka digitální rastrové grafiky) matice obrazu. (Kupka, c2015, s. 29)

Systémy v dnešní době pracují s maticemi 256×256 pixelů a s polohovým rozlišením 7-12 mm. Polohové rozlišení nezáleží nejen na typu kolimátoru, ale také na vzdálenosti vyšetřované osoby od detektoru. V praxi se detektor nastavuje co nejbližší k tělu pacienta. (Kupka, c2015, s. 29)

5 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Postupy používané na nukleární medicíně mají velký význam při diagnostice, hodnocení a určení postupu léčby různých nemocí. Podstatou tohoto lékařského oboru je zavedení radioaktivní látky do těla pacienta a následné zobrazení vychytávání aktivity této látky. Metody používaných vyšetření jsou bezbolestné. Další výhodou je možnost odhalení nemocí, které nemusí být snadno zjištěny při jiných vyšetřovacích metodách, protože nukleární medicína poskytuje informace o funkci metabolismu a fyziologických aktivitách v těle pacienta. Kdežto další diagnostické a zobrazovací metody se soustředí především na strukturu a anatomickou stavbu těla. U mnoha nemocí může dojít k fyziologickým změnám dříve než k těm anatomickým, a proto nukleární medicína přináší značné výhody. (Fahey, 2016)

6 SCINTIGRAFIE

Jedná se o základní diagnostickou metodu nukleární medicíny. Podstatou je získání obrazu po aplikaci vhodného radiofarmaka do těla pacienta a jeho rozložení v organismu. (Kupka, c2015, s. 29)

Scintigrafii dělíme na planární, která může být statická nebo dynamická, a dále na tomografii. Ta může být pozitronová (PET) nebo jednofotonová (SPECT). (Kupka, c2015, s. 29)

6.1 Statická scintigrafie

Výsledkem tohoto vyšetření je planární snímek. Ten je podobný klasickému snímku, který získáváme při skiografii. Na rozdíl od skiografického snímku, kde vidíme anatomickou strukturu, na snímku planárním pozorujeme funkční informace. (Kupka, c2015, s. 30)

Statická scintigrafie se využívá v případě, kdy je při vyšetření aplikované radiofarmakum stabilně vychytáváno v zacílené tkáni. U tohoto způsobu vyšetření je důležitá kvalita jednotlivých obrazů. (Koranda, c2014, s. 34)

6.1.1 Celotělová scintigrafie

V případě statické scintigrafie je možné zaznamenat i více než obraz jednoho zorného pole a provést tak celotělovou scintigrafii. Při vyšetření se pacient pohybuje souvislým či krokovým způsobem. Pohybuje se mezi detektory gamakamery a současně s pohybem pacienta je do počítače ukládán obraz. Nakonec je v počítači vytvořen obraz celého těla vyšetřované osoby, a to v přední a zadní projekci. (Koranda, c2014, s. 34) Výhodou pro získání přední i zadní projekce je využití dvouhlavé gamakamery. Díky tomu je čas vyšetření snižen na polovinu a je tak možné předejít nežádoucím účinkům jako například pohybu pacienta. (Kupka, c2015, s. 30)



Obrázek 3 Celotělová scintigrafie skeletu

6.2 Dynamická scintigrafie

Tento typ vyšetření se používá k zachycení dynamických dějů v lidském těle. (Kupka, c2015, s. 30) Jinými slovy jde o záznam sledu scintigramů, které na sebe souvisle navazují v čase. (Koranda, c2014, s. 34)

Detektor snímá jednu, určitou část těla a pořizuje sérii krátkých na sebe navazujících snímků. Ve výsledku vyšetření, kterým je série planárních snímků, sledujeme změnu rozložení aktivity v určitém čase. (Kupka, c2015, s. 30-31)

6.2.1 Způsoby snímání dynamických vyšetření

6.2.1.1 Plynulý záznam

Neboli list mode je způsob snímání dat, kdy se do paměti ukládají údaje o jednotlivých fotonech γ záření. Obvyklými údaji záznamu jsou čas a prostorové souřadnice (x, y) místa pohlcení fotonu v detektoru a jeho energie. K rekonstrukci snímků dochází po skončení detekce. Hlavní

výhodou je možnost úpravy několika snímků s různými parametry z jednoho záznamu. (Kupka, c2015, s. 31)

6.2.1.2 Maticový záznam

Maticový záznam (matrix mode, frame mode) je způsob záznamu dat, kdy je obraz tvořen přímo z objektu. Impulzy z kamery jsou přičítány do obrazových složek námi předem zvolené obrazové matice. Jedná se o nejčastěji využívaný způsob záznamu dat v praxi. Můžeme sledovat vytváření obrazu a současně snímání. Obraz není potřebné dodatečně rekonstruovat, což je značnou výhodou oproti plynulému záznamu. (Kupka, c2015, s. 31)

6.2.1.3 Intervalový záznam (gate mode)

Podstatou je zaznamenávání série snímků pohyblivých orgánů. Snímání je synchronizováno s pohybem vyšetřovaného orgánu tak, aby nedošlo k pohybovým artefaktům. Nejčastěji je tento způsob využíván k vyšetření srdce, jeho pohyb je shodný s EKG. (Kupka, c2015, s. 31)

6.3 SPECT

Neboli jednofotonová emisní výpočetní tomografie. Při této metodě se využívají radionuklidy, které vyzařují jeden foton na přeměnu. Takto tomu je u nepoužívanějšího ^{99m}Tc . (Kupka, c2015, s. 32)

Jedná se o dvouhlavé kamery, lůžko a otočné detektory. SPECT umožňuje snímat sérii planárních snímků z různých úhlů. Hlavní rozdíl oproti klasickému CT je v tom, že CT signál je určen zeslabením záření po projití tkáněmi, zatímco signál SPECT se odvíjí od aktivity použitého radiofarmaka. Na rozdíl od CT, které nám poskytuje pouze anatomickou informaci, SPECT je schopno poskytovat i funkční informace. (Kupka, c2015, s. 32) Možnost získat jak anatomickou, tak i funkční informaci současně poskytuje hybridní SPECT/CT přístroj. Tento přístroj je kombinací SPECT i CT. (Koranda, c2014, s. 30)

7 RADIOFARMAKA

Jedná se o léčivý přípravek obsahující jeden nebo více radionuklidů. Tato radioaktivní látka je aplikovaná pacientovi za terapeutickým nebo diagnostickým účelem. Při manipulaci s těmito léčivy je nutno dodržovat speciální požadavky. Radiofarmakum má dvě základní složky, a to farmakum, které plní funkci nosiče do zobrazované tkáně a radionuklid, což je složka umožňující vlastní zobrazení. Zvolení vhodného farmaka se odvíjí od jeho chování v organismu. Farmakum musí mít spojitost s určitým orgánem nebo tkání například vychytávání nebo vylučování. Radionuklid se váže na vyhovující nosič. V oboru nukleární medicíny jsou používány pouze uměle vytvořené radionuklidy. (Kraft, 2014, s. 4-5)

7.1 Fyzikální vlastnosti

Při rozpadu jader atomů některých prvků dochází k uvolnění energie ve formě záření. Atomové jádro je složeno z nuklidů, což jsou kladně nabitě částice (protony) a neutrony, což jsou částice bez náboje. Okolo jádra se pohybují částice se záporným nábojem (elektrony). Celkově atom působí elektricky neutrálně, jelikož počet protonů v jádře atomu je roven počtu elektronů, které se nacházejí v atomovém obalu. (Kraft, 2014, s. 7)

Nuklid je druh atomu určený protonovým (Z) a nukleonovým (A) číslem. Protonové číslo symbolizuje počet protonů v jádře a nukleonové číslo je vyjádřeno součtem protonů a neutronů v jádře atomu. Nuklidy se shodným Z , ale různým A se nazývají izotopy. Tyto izotopy mají stejné chemické vlastnosti a dělí se na stabilní nebo nestabilní. Nestabilní izotopy označujeme termínem radionuklidy. Ty jsou charakterizovány poločasem přeměny, který je uváděn v jednotkách času. Dále je u každého radionuklidu uveden druh záření (α , β , γ) a energie záření v jednotkách eV, keV nebo MeV. (Kraft, 2014, s. 7)

7.2 Radioaktivita

Proces, kdy dochází k samovolné přeměně nestabilního jádra jednoho určitého prvku v stabilnější jádro jiného prvku za současného uvolnění energie v podobě záření. Aktivita je charakterizována počtem jaderných přeměn za jednotku času. Jednotkou radioaktivity je becquerel. 1 Bq je roven jedné jaderné přeměně za 1 sekundu. V praxi se používají jednotky jako kBq, MBq, GBq. (Kraft, 2014, s. 7)

7.2.1 Poločas přeměny

Značí se $T_{1/2}$ a je to doba, za kterou dojde k rozpadu právě poloviny radioaktivních jader. Jinými slovy aktivita těchto jader se sníží na polovinu. Jednotkou je čas v řádu sekund, hodin až let. (Kraft, 2014, s. 8)

7.2.2 Druh záření

Druhy záření jsou značeny písmeny řecké abecedy α (alfa), β (beta), γ (gama). V nukleární medicíně je tím nejpoužívanějším záření γ . Nejpoužívanějším radionuklidem je ^{99m}Tc , který se používá mimo jiné i při scintigrafii příštítných tělísek. (Koranda, c2014, s. 10)

7.2.3 Energie

Pro energii je používanou jednotkou v soustavě SI joule (J). Energie záření se udává za pomoci vedlejší jednotky kiloelektronvolt (keV). Velikost energie záření ovlivňuje jeho pronikavost. V nukleární medicíně se pro scintigrafii využívá energie záření γ v řádu 100-200 keV. (Koranda, c. 2014, s. 11)

7.3 Výroba radionuklidů

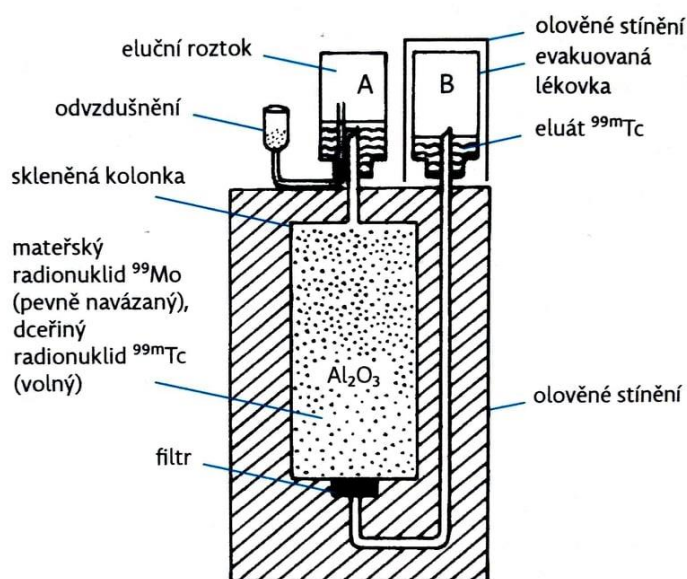
Radionuklidy, které najdeme v léčivých prostředcích jsou získávány v jaderných reaktorech, cyklotronech nebo jsou izolovány z radionuklidových generátorů. Tím nejpoužívanějším radionuklidem je ^{99m}Tc , který získáváme z generátoru. (Kraft, 2014, s. 10)

7.3.1 Generátor

Generátory využívají mateřského radionuklidu, který má dlouhý poločas přeměny. Ten se přeměňuje na dceřiný radionuklid zpravidla s kratším poločasem přeměny. Díky tomu, že jsou generátory cenově přijatelné, jednoduché a dostupné patří do standardního vybavení každého pracoviště nukleární medicíny. Umožňují podat pacientovi vyšší aktivitu o minimální absorbované dávce a zároveň o výborné kvalitě zobrazení. (Kraft, 2014, s. 11)

Generátory lze dle jejich konstrukce rozdělit na sublimační, extrakční a eluční. Nejpoužívanějším je eluční typ, a to díky svým malým rozměrům a nenáročné obsluze. Příkladem tohoto typu je techneciový generátor, který je nejpoužívanější na pracovištích nukleární medicíny. Rozpadem ^{99}Mo (molybden) vzniká ^{99m}Tc (technecium). ^{99}Mo s poločasem přeměny 66,2 hod. ($T_{1/2}$ 66,2 hod.) se přemění na ^{99m}Tc s $T_{1/2}$ 6,02 hod. Tento radionuklid je v dnešní době tím nedůležitějším a nepoužívanějším v nukleární medicíně. Techneciový generátor umožňuje získávat radionuklidy s krátkým poločasem přeměny. Pro získání radionuklidů s velmi krátkým poločasem přeměny se dnes používají hlavně ^{81}Rb

(rubidium)/ ^{81m}Kr (krypton) generátory. ^{81m}Kr je plyn používající se k zobrazení plicní ventilace. (Kraft, 2014, s. 11-13)



Obrázek 4 Schéma elučňího Mo/Tc generátoru

7.4 Aplikace radiofarmak

7.4.1 Parenterální aplikace

Jedná se o nečastější způsob aplikace radiofarmak v praxi. Mohou to být roztoky, koloidní suspenze, disperze. Radiofarmakum můžeme aplikovat intraartikulárně, subkutánně, intravenózně a imtralumbálně. Při intravenózní aplikaci je nutné vyhnout se para venózní aplikaci tzn. podání látky mimo žílu. (Kraft, 2014, s. 25)

7.4.2 Inhalační radiofarmaka

Jedná se o radioaktivní plyny nebo aerosoly značené radionuklidy. Nejpoužívanějším je ^{81m}Kr s $T_{1/2}$ 13 s. Tento radionuklid je z generátoru odváděn proudem vzduchu, a to hned v přímé blízkosti pacienta, aby bylo možné plyn okamžitě po jeho vzniku inhalovat. (Kraft, 2014, s. 27)

7.4.3 Perorální podání

Tímto způsobem lze podávat radiofarmaka ve formě emulzí, pevných látek a roztoků. Tuhé látky se zpravidla podávají v želatinových tobolkách. Nejčastěji je v želatinových tobolkách aplikován jodid sodný (^{131}I). (Kraft, 2014, s. 27)

7.5 Radiofarmaka používaná pro vyšetření příštítných tělísek

V současnosti není pro vyšetření příštítných tělísek k dispozici takové radiofarmakum, které by se akumulovalo pouze a jen v příštítných tělískách. Dostupná radiofarmaka, které se pro vyšetření příštítných tělísek používají se zároveň akumulují i ve štítné žláze. (Kupka, c2015, s. 88-89)

7.5.1 ²⁰¹Tl-chlorid thallnatý

Tento radionuklid se používá u vyšetření subtrakční scintigrafie. Slouží k diagnostice adenomu nebo hyperplazie jednoho nebo více příštítných tělísek. (Kupka, c. 2015, s. 88) Radiofarmakum je aplikováno intravenózně. Aplikovaná aktivita činí 80 MBq. K akumulaci dochází pouze, pokud je na příštítných těliscích patologická změna (adenom, hyperplazie). U normálního nálezu k akumulaci radiofarmaka nedochází. (Kraft, 2014, s. 36)

7.5.2 ^{99m}Tc-MIBI

Toto radiofarmakum je používáno u vyplavovací scintigrafie. Slouží ke zobrazení adenomu nebo hyperplazie. Aplikace se provádí intravenózně s množstvím aktivity zhruba 700 MBq. (Kraft, 2014, s. 36) K vychytávání dochází v příštítných těliscích, ale také ve štítné žláze. Ze štítné žlázy se však radiofarmakum vyplavuje mnohem rychleji než z příštítných tělísek, které jsou patologicky změněny. (Kupka, c2015, s. 89)

7.5.3 ^{99m}Tc-technecistan

Používá se k subtrakční scintigrafii, je aplikováno do žíly. Aktivita radiofarmaka je 70 MBq. K vychytávání dochází jenom ve štítné žláze.

8 SCINTIGRAFICKÁ VYŠETŘENÍ K DIAGNOSTICE ONEMOCNĚNÍ PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK

Onemocnění příštítných tělísek je možné prokázat pomocí zobrazovacích metod. Díky zobrazovacím metodám můžeme také postižené tělísko přesně lokalizovat. Mezi takové zobrazovací metody patří CT vyšetření, pomocí kterého můžeme zobrazit zvětšené příštítné tělísko. Při tomto vyšetření pacient podstupuje vysokou radiační zátěž. Dále sonografie, magnetická rezonance, pomocí které zobrazíme hluboko uložené tělísko, a scintigrafie. (Kupka, c2015, s. 88)

Scintigrafické vyšetření poskytuje nejen informaci o lokalizaci příštítného tělíska, ale také o jeho funkci. Výhodou je možnost osvědčení patologicky změněných a ektopických příštítných tělísek. (Kupka, c2015, s. 88)

8.1 Subtrakční scintigrafie

Princip tohoto vyšetření spočívá v odečítání scintigramu štítné žlázy po podání ^{99m}Tc -technecistanu od scintigrafického obrazu štítné žlázy a příštítných tělísek po aplikaci radiofarmaka ^{99m}Tc -MIBI. Po odečtení těchto dvou obrazů se jako ložisko zvýšené akumulace radiofarmaka zobrazí zvětšené příštítné tělísko. (Kupka, c2015, s. 89)

8.2 Vyplavovací scintigrafie

Při tomto vyšetření je podáváno radiofarmakum ^{99m}Tc -MIBI, které se po intravenózní aplikaci rychle vychytává ve štítné žláze i příštítných těliscích. (Koranda, c2014, s. 185) Použité radiofarmakum je rychleji vyplavováno z tkáně štítné žlázy než z hyperplastického příštítného tělíska nebo adenomu. První záznam je proveden 5-10 min po aplikaci a druhý za 2-3 hodiny. (Kupka, c2015, s. 89) Po srovnání obou scintigramů sledujeme rychlost vyplavování radiofarmaka ze štítné žlázy a příštítných tělísek. Obě uvedená vyšetření provádí radiologický asistent. (Koranda, c2014, s. 185)

9 RADIOLOGICKÝ ASISTENT

Jedná se o nelékařského pracovníka pracujícího na odděleních, které využívají zdroje ionizujícího záření, jako je radiodiagnostické oddělení, oddělení nukleární medicíny a radioterapie. Pro výkon svého povolání musí získat každý radiologický asistent odbornou způsobilost podle zákona č. 96/2004 Sb. „*Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotnické péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních)*.“ (Zákon č. 96/2004 Sb.)

10 RADIAČNÍ OCHRANA V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ

10.1 Radiační ochrana pacientů

Cílem radiační ochrany je zamezit vzniku deterministických účinků a pravděpodobnost vzniku stochastických účinků snížit na rozumně dosažitelnou úroveň. Deterministické účinky vznikají po překročení prahové dávky a se zvyšující se dávkou roste závažnost projevů. Zatímco stochastické účinky nejsou podmíněny prahovou dávkou a se zvyšující se dávkou stoupá pravděpodobnost jejich vzniku. K dosažení tohoto cíle přispívají zejména tři principy. (Kupka, c2015, s. 23)

10.1.1 Princip zdůvodnění

Přínos pro pacienta podstupujícího vyšetření vedoucí k ozáření musí být větší než rizika spojená s tímto ozářením. (Koranda, c2014, s. 46)

Každá žena v reprodukčním věku je povinna svým podpisem vyloučit těhotenství. Vyšetření těhotných žen spojené s ozářením je možné pouze v neodkladných, život ohrožujících situacích nebo z porodnické indikace. Vždy je nutná maximální ochrana plodu. (Kupka, c2015, s. 24)

10.1.2 Princip optimalizace

Osoba, provádějící činnost spojenou s ozářením pacienta, musí dodržovat tak velkou míru radiační ochrany, aby dávky ozářených osob, ohrožení života, zdraví a životního prostředí byly tak nízké, jak je rozumně dosažitelné z hlediska ekonomického a společenského. (Koranda, c2014, s. 46)

10.1.3 Princip nepřekročení limitů

Osoba pověřena výkonem vedoucím k ozáření je povinna omezit ozáření pacienta tak, aby nepřekročilo dané limity. (Koranda, c2014, s. 46)

10.1.3.1 Obecné limity

Pro hodnocení možnosti vzniku stochastických účinků jsou použity dvě základní veličiny, a to ekvivalentní a efektivní dávka. Ekvivalentní dávka se značí H_T a je dána součinem radiačního váhového faktoru a střední absorbované dávky v určité tkáni nebo v orgánu. Efektivní dávka, jejíž značka je E , je vyjádřena součtem ekvivalentních dávek vážených tkáňovým váhovým faktorem, který vyjadřuje různou radiosenzitivitu jednotlivých tkání a orgánu s ohledem na možnost vzniku stochastických účinků. Jednotkou ekvivalentní a efektivní dávky je Sievert (Sv). (Kupka, c2015, s. 21-22)

Pro obyvatele nesmí efektivní dávka překročit 1 mSv/rok. Limit ekvivalentní dávky pro oční čočku činí 15 mSv/rok a limit průměrné dávky pro 1 cm² kůže je 50 mSv/rok. (Koranda, c2015, s.47)

Limity pro radiační pracovníky nesmí překročit efektivní dávku 20 mSv/rok, ekvivalentní dávku pro oční čočku 150 mSv/rok, průměrnou dávku na 1 cm² kůže 500 mSv ročně a průměrnou ekvivalentní dávku pro končetiny 500 mSv/rok. (Koranda, c2014, s. 47)

Limity pro studenty jsou určeny osobám od 16-18 let. Kteří vykonávají činnost za účelem praxe v daném oboru. Maximální hodnota efektivní dávka je 6 mSv ročně, ekvivalentní dávka pro oční čočku je 50 mSv/rok a průměrná dávka pro 1 cm² kůže je 150 mSv za rok. (Kupka, c2014, s. 23)

10.2 Radiační ochrana pracovníků

Na všech pracovištích se zdroji ionizujícího záření se dodržují tři základní potupy ochrany pracovníků. Jedná se o ochranu časem, vzdáleností a stíněním. Tyto postupy slouží k prevenci vnějšího ozáření, jehož podstatou je kontaminace povrchů, pracovních ploch a také kůže s možností vstřebávání radioaktivní látky do podkoží. (Kupka, c2015, s. 24)

Na rozdíl od ostatních pracovišť, kde jsou používány uzavřené zdroje ionizujícího záření, které svou konstrukcí a možností vypnutí přístroje zamezují úniku záření do okolí, v nukleární medicíně jsou využívány otevřené zdroje ionizujícího záření. Tyto zářiče nesplňují podmínky uzavřených zářičů, které po vypnutí přístroje nezáří. Jedná se například o radioaktivní plyny, roztoky, aerosoly, které září stále. Při manipulaci s otevřenými zářiči může kromě vnější kontaminace dojít i k vnitřní kontaminaci, kdy radionuklid vstupuje do metabolismu. (Kupka, c2015, s. 24)

Ochrana před vnitřní kontaminací spočívá ve využívání ochranných pomůcek jako jsou rukavice, brýle, ochranný oděv. Činnost, kdy hrozí únik radioaktivních látek do ovzduší, je nutno provádět v uzavřeném prostoru jako je digestoř. (Kupka, c2015, s. 24)

10.2.1 Ochrana časem

Podstatou ochrany časem je, že se u pacienta zdržujeme jen nezbytně nutnou dobu a vyšetření provádíme co nejrychleji. Při práci, kde hrozí vyšší riziko ozáření, což je například příprava radiofarmak, je důležitá rychlá práce a střídání pracovníků. Výše zmíněné postupy však neprovádíme s rizikem špatné kvality vyšetření, poškození pacienta nebo zanedbání důležitých faktů. Je nutné, aby pacient všemu porozuměl a vyšetření bylo provedeno s přesností. U

přípravy radiofarmak je možné nacvičit přesnost a rychlou manipulaci při přípravě s neradioaktivními látkami. (Kupka, c2015, s. 24)

10.2.2 Ochrana vzdáleností

Ochrana vzdáleností je spojena s určitým odstupem od pacienta, což je důležité zejména u vyšetření v nukleární medicíně, kdy je pro nás zdrojem záření samotný pacient. Je dáno, že velikost dávkového příkonu se snižuje se čtvercem vzdálenosti od zdroje záření. V praxi je pro manipulaci se zdroji ionizujícího záření možné použít pinzety, peány, dálkové ovládání. (Kupka, c2015, s. 24)

10.2.3 Ochrana stíněním

Důležité je stínění jak zdroje, tak i radiačního pracovníka. Pronikavost záření se odvíjí od jeho druhu, energie a tloušťky stínícího materiálu. K odstínění γ záření se využívá materiál o vysoké hustotě, nejčastěji olovo. Popřípadě i wolfram na odstínění pozitronových zářičů. Tyto materiály jsou použity k výrobě kontejnerů na přepravu nebo skladování radionuklidů a pro kryty na injekční stříkačky obsahující radiofarmakum. (Kupka, c2015, s. 24)

10.3 Sledované a kontrolované pásmo

10.3.1 Sledované pásmo

Mezi sledovaná pásma patří prostory čekárny pacientů a prostory sousedící s kontrolovaným pásmem. (Koranda, c2014, s. 48) Tam, kde se předpokládá, že by ozáření mohlo za běžných podmínek provozu nebo za odchylek od běžného provozu překročit stanovené limity, se vymezuje sledované pásmo. Kladené požadavky na sledované pásmo jsou méně přísné než na pásmo kontrolované. (Kupka, c2015, s.25)

10.3.2 Kontrolované pásmo

Vymezuje se tam, kde vy efektivní dávka pracovníků mohla být vyšší než 6mSv/rok. (Kupka, c2014, s. 25) Dále je vymezeno tam, kde by ekvivalentní dávka mohla překročit tři desetiny limitu pro končetiny, oční čočku a kůži. Na pracovišti nukleární medicíny je kontrolované pásmo vymezeno v prostorech, kde jsou umístěny zdroje ionizujícího záření a kde se s těmito zdroji pracuje. (Koranda, c2015, s. 48) Takovým místem může být laboratoř, sloužící k přípravě radiofarmak nebo aplikační místnost. (Kupka, c20144, s. 25)

Na pracovišti, kde se využívají zdroje ionizujícího záření se pracovníci dělí na dvě kategorie. Na radiační pracovníky kategorie A nebo B dle výšky radiační zátěže. Pracovníci nukleární medicíny se řadí do kategorie A. (Kupka, c2014, s. 25)

11 MONITOROVÁNÍ PRACOVISŤE

System monitorování je zaveden všude, kde je vymezeno kontrolované a sledované pásmo. Slouží ke kontrole jak vnější, tak i vnitřní kontaminace osob. Ke kontrole kontaminace pracovního prostředí a kontrole, jestli nebyla překročena efektivní dávka. (Kupka, c2014, s.25)

11.1 Monitorování na oddělení nukleární medicíny

Na oddělení nukleární medicíny se provádí monitorování pracovního prostředí, vnitřní a povrchové kontaminace a osobní monitorování. Radiační pracovník nosí na levé straně hrudníku osobní filmový dozimetr, jehož hodnota je jednou za měsíc vyhodnocena. Efektivní dávka je odvozena od údajů naměřených pomocí osobního dozimetru. Radiační pracovníci, kteří připravují nebo aplikují radiofarmaka nosí, kromě dozimetru na hrudi, prstový termoluminiscenční dozimetr. I prstový dozimetr je jednou za měsíc odeslán k vyhodnocení obdržené dávky. (Kupka, c2014, s. 25)

Vnitřní kontaminace hrozí při manipulaci se ^{131}I , který je požit pro terapeutické účely. Při manipulaci s tímto radiofarmakem dochází k jeho úniku do vzduchu a radiační pracovník vdechuje kontaminovaný vzduch obsahující radiojód, který se akumuluje ve štítné žláze. Tato kontaminace je zjištěna přímo na pracovišti použitím kolimované scintilační sondy. (Koranda, c2015, s. 49) Během manipulace s radionuklidy může také dojít k povrchové kontaminaci. Zejména ke kontaminaci oblečení a těla pracovníků. Monitorování tohoto druhu kontaminace je prováděno při odchodu radiačního pracovníka z kontrolovaného pásma nebo při podezření na kontaminaci. (Koranda, c2015, s. 49)

Důležité je také monitorování pracovního prostředí. Dochází k měření dávkového příkonu γ záření. Dále se měří plošná aktivita, což je aktivita vztahující se na m^2 . Toto měření je prováděno na pracovních místech kontrolovaného pásma pomocí fixně instalovaných sond nebo přenosného měřiče. (Kupka, c2014, s.25)

11.2 Likvidace radioaktivního odpadu

Na pracovišti nukleární medicíny dochází ke vzniku radioaktivního odpadu. S ohledem na obsah radionuklidů v odpadu nelze likvidaci provést běžným způsobem. Radioaktivní odpad v pevném stavu je uložen v igelitových pytlích do vymírací místnosti, kde je skladován po dobu deseti poločasů fyzikálního rozpadu. Za tuto dobu by jeho aktivita měla klesnout na předem stanovenou uvolňovací úroveň. Pokud je po kontrolním měření hodnota aktivity na uvolňovací úrovni odpad je likvidován jako běžný. (Kupka, c2014, s. 25-26)

12 PRAKTICKÁ ČÁST

12.1 Subtrakční scintigrafie

12.1.1 Příprava pacienta

Pacient je na oddělení nukleární medicíny objednan k vyšetření příštítných tělísek kvůli podezření na jejich onemocnění nebo špatnou funkci. Žádanka k vyšetření je pacientovi poskytnuta ošetřujícím lékařem a následně je nutné, aby se pacient objednal na oddělení nukleární medicíny k danému vyšetření. U objednávání musí radiologický asistent zjistit, jestli daná osoba neužívá hormony k léčbě štítné žlázy, jelikož obraz štítné žlázy je součástí vyšetření. Užíváním hormonů dochází k blokaci štítné žlázy a nemožnosti akumulace radiofarmaka. Hormony je tedy nutno vysadit 48 hodin až 6 týdnů před vyšetřením. Doba vysazení je dána druhem léku.

Každý pacient, který přijde na oddělení nukleární medicíny je povinen nahlásit se na recepci, kde dostane k přečtení a následnému podepsání informovaný souhlas. Tento souhlas zahrnuje především informace o provedení vyšetření a aplikaci radiofarmaka. Při popisu provedení vyšetření je důležité pacientovi sdělit celkový čas vyšetření, jeho důvod a také popsat samotný přístroj. Dále je pacientovi nutno sdělit, že jemu aplikovaná látka je mírně radioaktivní a následujících 24 hodin musí dodržovat určitá pravidla, aby co nejméně ohrozil své okolí. Pacienta informujeme o tom, že látka je z těla vylučována močí, a proto by měl v následujících 24 hodinách zvýšit příjem tekutin, aby látku dostal z těla co nejdříve. Pro pacienty, kteří používají inkontinenční pomůcky platí, že pomůcky ze dne vyšetření nelze hned vyhodit do komunálního odpadu, jelikož mohou obsahovat stopy radioaktivity. Tyto pomůcky je nutno uschovat v mikrotenovém pytli na místě, kde se pacient a ostatní členové rodiny příliš nezdržují, a tento odpad je možné zlikvidovat běžným způsobem po uplynutí 4 dnů. Dále by měl pacient na 24 hodin omezit kontakt s těhotnými ženami, dětmi do 1 roku a vyvarovat se místům s velkým počtem lidí jako je MHD, obchody a tak dále. Pokud se pacient chystá v následujících 4 dnech cestovat letadlem, je mu vystaven formulář o potvrzení, že podstoupil vyšetření a aplikaci radiofarmaka. U žen vylučujeme těhotenství, které je jednou z relativních kontraindikací. Další kontraindikací může být klaustrofobie.

Pokud pacient rozumí všem pokynům a je schopen vyšetření podepisuje informovaný souhlas. U osob mladších 18 let je souhlas podepsán zákonným zástupcem.

12.1.2 Provedení vyšetření

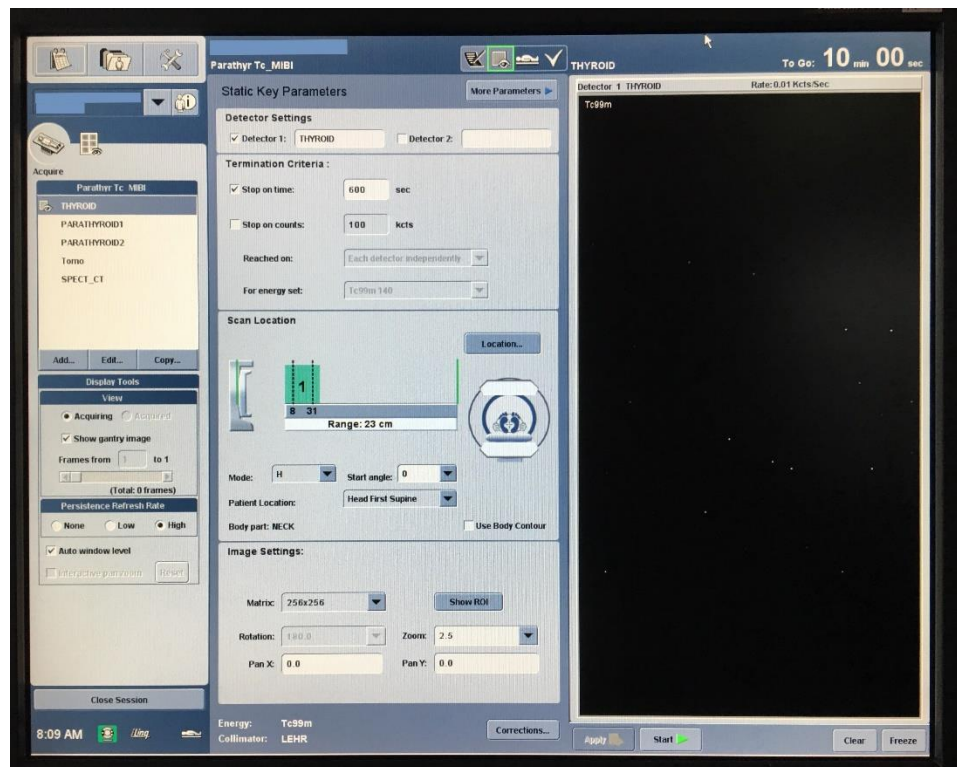
Jelikož při tomto vyšetření kromě příštítných tělísek současně zobrazujeme i štítnou žlázu, je jako první aplikováno radiofarmakum ^{99m}Tc -pertechnetat o aktivitě 70 MBq. Aplikace je intravenózní a probíhá v aplikační místnosti. Nejčastěji je aplikace provedena do kubitální žíly. Kubitální žíla je u většiny pacientů pro aplikaci dost silná, ale není to pravidlem. Záleží na stavu žilního systému každého pacienta a je proto možné zvolit i jiné místo aplikace. U i.v. aplikace je důležité vyvarovat se paravenózní aplikaci. Injekční stříkačka je uložena v olověném krytu a po aplikaci je s ní zacházeno jako s radioaktivním odpadem, kdy je vyhozena do olovem krytého kontejneru.



Obrázek 5 Pomůcky pro aplikaci radiofarmaka

Po aplikaci je pacient požádán, aby si odskočil na toaletu a vymočil se. Důvodem je dlouhá doba snímání, kterou musí pacient uležet bez přerušování. Jakékoliv přerušování by znamenalo opakování celého snímání. Je-li pacient hotov, posadí se do čekárny a vyčkává výzvy radiologického asistenta.

K provedení vyšetření je pro radiologického asistenta nezbytná žádanka pacienta. Poté, co dostane žádanku, zapíše do počítače jméno, příjmení a rodné číslo pacienta. Po zadání těchto údajů zvolí příslušný druh vyšetření a otevře v počítači jeho protokol. (Obrázek 6)



Obrázek 6 Vyšetřovací protokol pro subtrakční scintigrafii

Předtím než radiologický asistent zavolá pacienta na vyšetřovnu upraví vyšetřovací stůl do požadované polohy. Po příchodu pacienta je nutné zkontrolovat jeho jméno a datum narození. Pokud kontrola proběhla v pořádku pacient je vyzván, aby vypil minimálně jednu skleničku vody. To se provádí z důvodu vypláchnutí úst a slinných žláz, kde se může zachytávat radiofarmakum a přinést tak falešný nález z vyšetření. Následně je pacient radiologickým asistentem požádán, aby si odložil všechny kovové předměty, které by mohly bránit ve vyšetření. Pacient odloží řetězky, náušnice, brýle a vrchní část oděvu obsahující kovové prvky. Pokud by pacient měl piercing, který nelze sundat je nutné tuto skutečnost uvést na žádanku pacienta, popřípadě konzultovat s lékařem.

Před samotným začátkem vyšetření je pacient opětovně poučen o jeho průběhu. Po příchodu na vyšetřovnu je pacient již naaplikovaný a tím se stává zdrojem záření a je nutné dodržovat zásady radiační ochrany. To znamená jednat rychle, nezdržovat se u pacienta více než nezbytně nutnou dobu a udržovat od pacienta určitý odstup. Žádná z těchto zásad však nesmí být na úkor kvality vyšetření nebo ohrožení stavu pacienta. Pokud nemá žádné dotazy a je připraven k vyšetření, položí se pacient na vyšetřovací stůl do požadované polohy. Vyšetřovací poloha pacienta u subtrakční scintigrafie je vleže na zádech, ruce jsou položeny na břichu a hlava pacienta směřuje do gantry.

Poté je pacient radiologickým asistentem, v požadované vyšetřovací poloze, zavezen do přístroje mezi detektory. Na monitoru by měla být vidět oblast hlavy, krku a mediastina s akumulací radiofarmaka. Po nastavení je důležité, aby se pacient po dobu celé první části vyšetření nehýbal. Jako první, za 10 minut od aplikace, je proveden SPECT na štítnou žlázu v intervalu 3/15. Tento interval značí, že se detektory otočí vždy o 3 stupně každých 15 vteřin po dobu kterých bude probíhat snímání. Tímto způsobem získáme soubor několika statických obrazů. Nastavení je takové, aby štítná žláza byla ve středu zorného pole. Tím, že vyšetření probíhá na dvouhlavé gamakameře je výsledkem obraz z celých 360 stupňů. Po dokončení následuje statické snímání, které trvá 10 minut. Nastavení pro statiku je takové, aby byly vidět celé slinné žlázy, takže zhruba od půlky ucha po horní mediastinum.

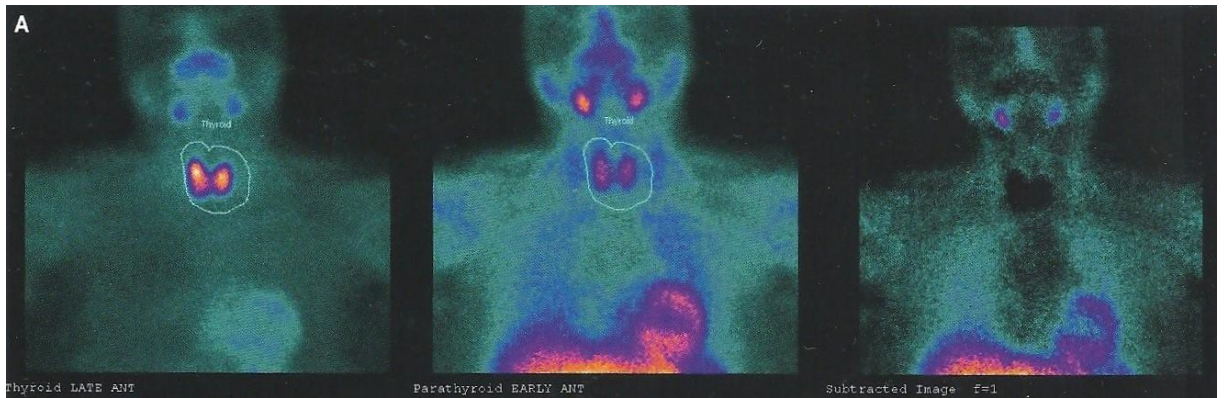
Potom, co proběhne první snímání, zůstává pacient v nastavené poloze a je mu aplikováno druhé radiofarmakum, a to ^{99m}Tc -MIBI jehož aktivita činí 600 MBq. Aplikace pobíhá opět i.v. Za 10 minut od druhé aplikace se provádí další statické snímání, které trvá 10 minut. Před spuštěním druhé statiky musí radiologický asistent otevřít druhý protokol k danému vyšetření. Po skončení statiky navazuje SPECT/CT.

Pokud je druhé snímání u konce pacient na 2-3 hodiny odchází. Může zůstat v čekárně nebo odejít mimo nemocnici. Je však poučen o omezení kontaktu zejména s těhotnými ženami a dětmi do 1 roku. Po odchodu pacienta je protokol k jeho vyšetření uzavřen, nikoli odeslán. Je tak připraven k další úpravě. Za 2-3 hodiny se pacient vrací k třetí a zároveň závěrečné části vyšetření.

Po 2-3 hodinách je pacient znovu zavolán do vyšetřovny. Před vyšetřením je opět požádán o odstranění všech kovových předmětů ze zájmové oblasti. Poté je položen na vyšetřovací stůl. Poloha pacienta je stejná jako v první části vyšetření.

Pokud je pacient uložen do správné polohy radiologický asistent spustí v počítači vhodný protokol. Snímání pacienta trvá 10 minut. Poté je spuštěn SPECT. Jakmile je SPECT u konce, končí také celé vyšetření. Poučený pacient je propuštěn domů. Získané snímky ze všech částí vyšetření se následně v počítači porovnají. Dochází k odečtení snímku, kde je vyobrazena pouze štítná žláza po podání ^{99m}Tc -pertechnetátu od snímků po aplikaci ^{99m}Tc -MIBI, na kterých je jak štítná žláza, tak i příštítná tělíska. Sledujeme tak změny akumulace radiofarmaka s časovou prodlevou a tím může být diagnostikováno například zvětšené příštítné tělísko jako je tomu na obrázku 8.

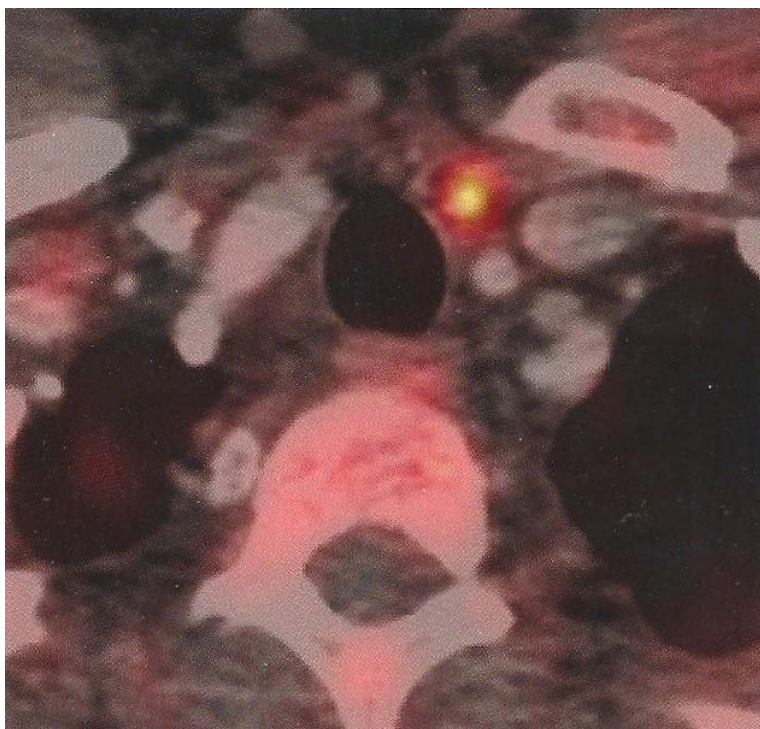
Vyšetřovací protokol je odeslán do centrálního archivu zobrazovacích metod nemocnice (PACSu) a také do vyhodnocovacího počítače, kde vyšetření zhodnotí lékař. Vyhodnocené snímky a výsledky vyšetření jsou poté zaslány ošetřujícímu lékaři pacienta.



Obrázek 7 Subtrakční scintigrafie - normální nález



Obrázek 8 Subtrakční scintigrafie - zvětšené příštítné tělíčko



Obrázek 9 PET/CT - adenom levého dolního příštítného tělíska

12.2 Vyplavovací scintigrafie

12.2.1 Příprava pacienta

Toto vyšetření je indikováno především pacientů s prokázanou hyperparathyreózou za účelem zobrazení zvětšeného příštítného tělíska nebo pacientům s podezřením na ektopické uložení. Pacient je k vyšetření poslán svým ošetřujícím lékařem. Na základě obdržené žádanky k vyšetření se pacient následně objedná na oddělení nukleární medicíny.

Po příchodu na oddělení musí každý pacient nahlásit své jméno a důvod návštěvy na recepci. Poté dostane k přečtení a podpisu informovaný souhlas s vyšetřením a aplikací radiofarmaka. Pokud se jedná o osobu mladší 18 let, formulář podepisuje zákonný zástupce dítěte. Formulář obsahuje informace o době trvání vyšetření, o jeho průběhu a rizicích spojených s aplikací radioaktivní látky do těla pacienta. Je důležité pacientům sdělit jaký je celkový čas vyšetření, ale také dobu jednotlivého snímání, jelikož pacient se nesmí hýbat a musí po celou dobu zůstat v nastavené poloze. Jednou z relativních kontraindikací tohoto vyšetření může být klaustrofobie, a proto pacientovi popíšeme i samotnou konstrukci přístroje. Pokud si není jistý, jestli vyšetření vydrží můžeme ho na zkoušku zavést do přístroje mezi detektory. Další kontraindikací je těhotenství, které je každá žena povinna vyloučit svým podpisem.

Pacient musí vědět, že jemu aplikovaná látka je mírně radioaktivní a následujících 24 hodin by měl dodržovat určitá pravidla, aby snížil radiační zátěž svého okolí. Radiofarmakum je z těla vylučováno močí, a tudíž je důležité, aby pacient zvýšil svůj pitný režim a tím co nejrychleji vyloučil radiofarmakum z těla. Jelikož se po aplikaci stává zdrojem záření měl by omezit kontakt s větším množstvím lidí, jako je cestování v MHD nebo nakupování. Dále by měl na 24 hodin zamezit kontaktu s těhotnými ženami a dětmi do jednoho roku. Speciální pokyny platí pro pacienty využívající inkontinenční pomůcky. Pomůcky ze dne vyšetření totiž nelze okamžitě vyhodit do běžného odpadu. Pomůcky proti úniku moči pacient vloží do pytle, který uloží na nenavštěvované místo v domě jako je například sklep nebo balkón. Pytel s obsahem je možné vyhodit za 4 dny od vyšetření. Za tuto dobu již odpad není radioaktivní. Pokud by se pacient chystal v následujících 4 dnech od vyšetření cestovat letecky, na recepci je mu vstaven formulář s potvrzením o absolvování vyšetření a aplikací radiofarmaka.

Jestliže pacient se vším souhlasí a nemá dotazy, podepisuje formulář a setrvává v čekárně do vyzvání.

12.2.2 Provedení vyšetření

Radiologický asistent vyčkává na žádanku pacienta. Jakmile ji dostane do počítače zadá jméno, příjmení a rodné číslo pacienta. Dále radiologický asistent v počítači vybere druh vyšetření ze seznamu a zvolí odpovídající protokol k vyšetření.

Před tím, než radiologický asistent vyzve pacienta ke vstupu do vyšetřovny přinese radiofarmaku, jelikož oří tomto vyšetření je aplikováno pacientovi těsně před vyšetřením. Dále nastaví vyšetřovací stůl do vyhovující polohy pro dané vyšetření. Jakmile má vše připraveno zavolá pacienta.

Při vstupu pacienta do vyšetřovací místnosti je radiologický asistent povinen provést aktivní identifikaci. Zeptá se tedy pacienta například na křestní jméno a datum narození. Tím ověří, zda se jedná o správného pacienta. Následně je pacient požádán, aby si odložil všechny kovové věci nacházející se ve vyšetřované oblasti. Těmito předměty jsou nejčastěji brýle, řetízky, náušnice a oděvy obsahující kovové prvky jako jsou zipy, knoflíky. Přehlédnutím kovového předmětu riskujeme špatný až nepoužitelný výsledek vyšetření. Pokud by měl pacient piercing, který nelze odstranit, tak tuto skutečnost konzultujeme s lékařem.

Pacient je poté uložen na stůl do vyšetřovací polohy. Poloha pro vyplavovací scintigrafii příštítných tělísek je vleže na zádech, kdy hlava směřuje do gantry. Ruce jdou položeny na břicho. V této poloze bude pacientovi podáno radiofarmakum. Dříve než se tak stane, je nutné,

aby se radiologický asistent opět přesvědčil o tom, že pacient všemu rozumí a nemá k vyšetření žádné dotazy. Opětovně mu ve zkratce sdělí pravidla, které by měl následujících 24 hodin dodržovat. Pokud pacient nemá žádné otázky je radiologickým asistentem zavezen do přístroje mezi detektory. Potom je na vyšetřovnu přivolán lékař.

Lékař, který přijde na vyšetřovnu naaplikuje pacientovi příslušné radiofarmakum. K vyplavovací scintigrafii příštítných tělísek je používáno ^{99m}Tc -MIBI. Aplikovaná aktivita činí 700 MBq. Radiofarmakum je aplikováno i.v. z velké části do kubitální žíly. U menší části pacientů může být pro aplikaci zvoleno jiné místo vzhledem k jejich špatnému žilnímu systému. Protože během aplikace pracujeme s radioaktivní látkou je nutné, aby aplikace proběhla rychle a přesně. Komplikací může být paravenózní aplikace látky.

Po dokončení aplikace je pacient vyzván, aby se již nehýbal a zůstal po celou dobu v předem nastavené poloze. Poté radiologický asistent opouští místnost a zasedá k počítači v ovladovně. Za 10 minut od aplikace ^{99m}Tc -MIBI je spuštěna první statika. Za 30, 60 a 120 minut od aplikace jsou provedeny další statické scintigramy. Příklad scintigramu lze vidět na obrázku 10. Nastavení pacienta je stejné jako při subtrakční scintigrafii, kdy je na snímku zachycena oblast hlavy, krku a horního mediastina. Zobrazeny jsou také kompletní slinné žlázy.

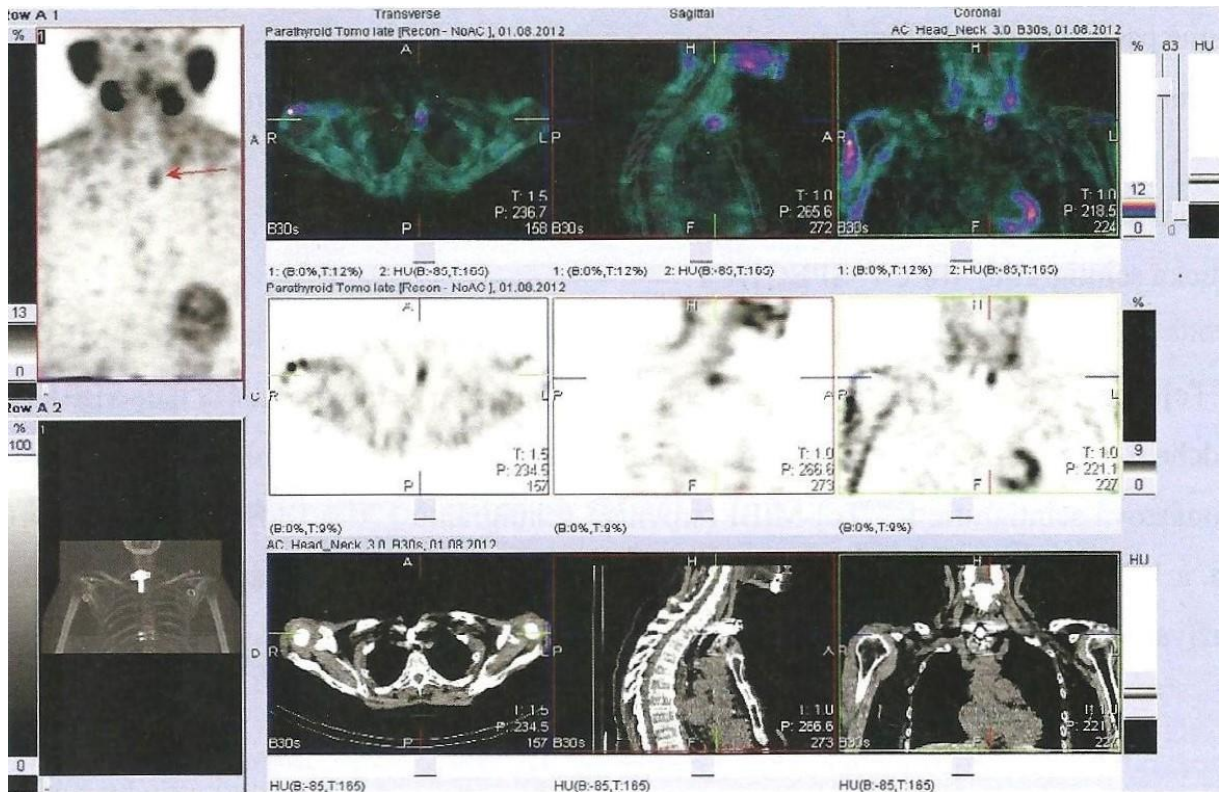


Obrázek 10 Scintigram - Ektopický paratyreidální adenom naléhající na perikard

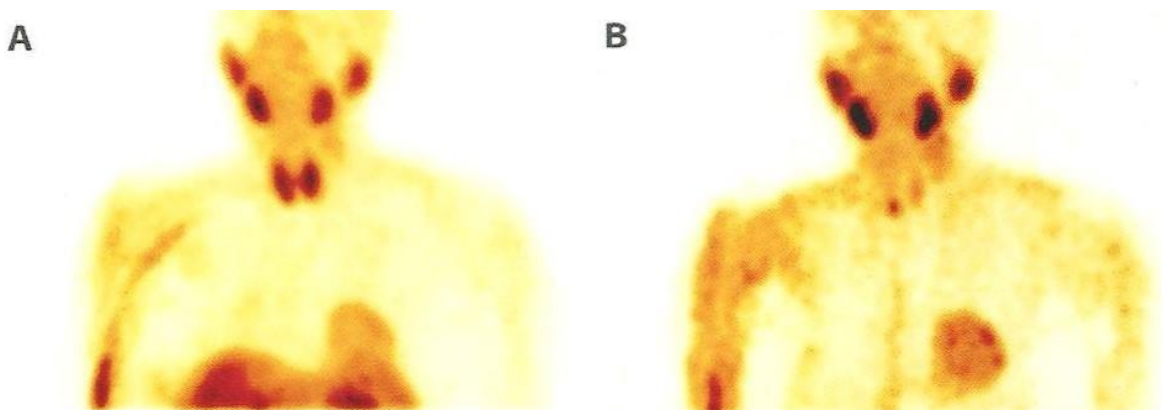
Dle požadavků lékaře je možné vyšetření doplnit o SPECT/CT, který je poskytnut na obrázku 11. Tím je vyšetření zcela u konce a pacient je propuštěn domů. Na výsledných snímcích sledujeme rychlost vyplavování radiofarmaka z oblasti štítné žlázy a jeho akumulaci

v příštítných tělískách. Akumulace může značit například adenom (Obrázek 12) nebo ektopické příštítné tělísko. (Obrázek 13)

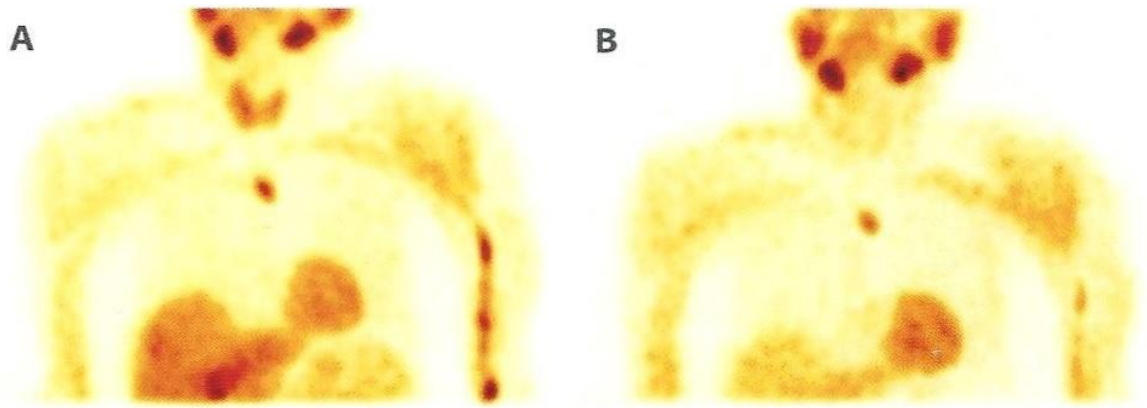
Vyšetřovací protokol je zaslán do vyhodnocovacího počítače a PACSu. Po následném zhodnocení scintigramů budou výsledky vyšetření zaslány ošetřujícímu lékaři pacienta.



Obrázek 11 Hybridní zobrazení SPECT/CT - adenom nebo hyperplazie příštítného tělíska pod levým lalokem štítné žlázy



Obrázek 12 Adenom příštítného tělíska vpravo dole A - časné snímání, B - pozdní snímání



Obrázek 13 Ektopické příštítné tělísko v mediastinu A - časné snímání, B - pozdní snímání

13 DISKUZE

Postup provedení subtrakční scintigrafie, v praktické části bakalářské práce, je převzat z Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové. Vyplavovací scintigrafie se na výše uvedeném pracovišti neprovádí.

Přestože subtrakční i vyplavovací scintigrafie patří ke standardně využívaným typům vyšetření k diagnostice onemocnění příštítných tělísek, je možné se setkat s různými obměnami těchto vyšetření. Různá provedení se odvíjí od zvyklostí oddělení a požadavků lékařů. Vyšetření se na jednotlivých pracovištích liší nejčastěji v časových prodlevách mezi jednotlivým snímáním a ve výběru radiofarmak. Stejně tak, jako provedení SPECT nebo SPECT/CT vyšetření je na některých odděleních prováděno automaticky, jinde se provádí na požádání lékaře.

Radiofarmaka, která uvádím v praktické části, jsou radiofarmaka používaná na Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové. Literatura uvádí celou řadu jiných radiofarmak využívaných ke scintigrafickému vyšetření příštítných tělísek. Například ^{201}Tl -chlorid, který je používán pro subtrakční scintigrafii namísto $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetátu zmíněného výše v praktické části. U subtrakční scintigrafie dochází k odečtení scintigramu štítné žlázy, po podání jednoho z výše zmíněných radiofarmak, od scintigramu štítné žlázy a příštítných tělísek po aplikaci $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI. ^{201}Tl -chlorid je stejně jako $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetát aplikován intravenózně a jeho aktivita činí 80 MBq. V případě aplikace radiofarmaka $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetát je aplikována aktivita 70 MBq. V podané aktivitě v tomto případě není velký rozdíl. Dalším příkladem uváděným literaturou je ^{123}I -jodid sodný.

V praktické části, u vyšetření subtrakční scintigrafie, je uveden čas prvního snímání za 10 minut po aplikaci $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetátu. Literatura však uvádí, že by k aplikaci mělo dojít 20-30 minut před zahájením snímání. Při použití ^{123}I -jodidu sodného je doporučena časová prodleva 2-4 hodiny. V případě radiofarmak ^{201}Tl -chlorid a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI je literaturou uváděn čas aplikace 10 minut před zahájením scintigrafie, což se v případě použití $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI shoduje s informací v praktické části mé práce.

Zahraniční literatura uvádí i využití ^{18}F -fluorocholinu nebo ^{18}F -FDG. Tato radiofarmaka se používají na PETu, jelikož jsou to β -zářiče a nemohou být pomocí gamakamery detekovány. Podání radiofarmak vyzařujících pozitrony je vhodné zejména při průkazu nádoru v dané oblasti.

Důvod nevyužívání všech výše zmíněných radiofarmak je zřejmě vysoká pořizovací cena. A také skutečnost, že většina adenomů, hyperplazií je zjištěna při běžné scintigrafii a není proto nutné pacienta odkazovat na vyšetření PET.

14 ZÁVĚR

Bakalářská práce pojednává o problematice v diagnostice onemocnění příštítných tělísek a jejich lokalizaci, kdy nejpoužívanější a nejefektivnější metodou je scintigrafické vyšetření prováděné na odděleních nukleární medicíny. Tento druh vyšetření poskytuje jak informaci o funkci příštítných tělísek, tak i přesnou informaci a jejich poloze.

V bakalářské práci jsem stručně popsala funkci příštítných tělísek v našem těle, možná onemocnění týkající se této oblasti a zejména radionuklidová vyšetření prováděná k diagnostice těchto onemocnění. Součástí praktické části je popis postupu vyšetření a povinností radiologického asistenta.

Bakalářská práce má budoucím studentům poskytnout obecné informace o práci na oddělení nukleární medicíny, o konkrétních vyšetřovacích metodách užívaných k diagnostice onemocnění příštítných tělísek s popisem náplně práce radiologického asistenta při těchto vyšetřeních. Dále přináší informace o zásadách radiační ochrany, zejména na oddělení nukleární medicíny.

V dnešní době neexistuje vyšetření, které by poskytovalo detailnější a přesnější informaci týkající se příštítných tělísek než radionuklidové vyšetření.

15 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ANDRÁSI, Imrich, Oto MASÁR, Karel Pitr a Hana BELEJOVÁ, 2018. *Fyziologie a patologická fyziologie pro záchranáře*. Plzeň: Polypress. ISBN 978-80-261-0801-6.
2. ČESKÁ REPUBLIKA, 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), 2004. In: *Sbírka zákonů*. č.96. ISSN 1452-1479. ISSN 1211-1244. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96>
3. ČEŠKA, Richard, 2010. *Interna*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-423-0.
4. FAHEY, Frederic H., Alison GOODKIND, S. Ted TREVES a Frederick D. GRANT, 2016. Nuclear Medicine and Radiation Protection. *Journal of Radiology Nursing* [online]. **35**(1), 5-11 [cit. 2018-10-24]. DOI: 10.1016/j.jradnu.2015.12.005. ISSN 15460843. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1546084315002151>
5. KONRÁDOVÁ, Václava, Jiří UHLÍK a Luděk VAJNER, 2000. *Funkční histologie*. 2. vydání. Jinočany: H&H Vyšehradská. ISBN 80-86022-80-3.
6. KORANDA, Pavel et al, c2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
7. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK, 2014. *Radiofarmaka*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-523-5.
8. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI, Martin ŠÁMAL a et al, c2015. *Nukleární medicína*. 2. vydání. Praha: P3K. ISBN 978-80-87343-54-8.
9. MAREK, Josef, Václav HÁNA a et al, c2017. *Endokrinologie*. Praha 5: Galén. ISBN 978-80-7262-484-3.
10. ROBERTSOVÁ, Alice a et al, 2012. *Kompletní lidské tělo*. Praha 5: Knižní klub. ISBN 978-80-242-2958-4.