

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014    PETRA KAŠPAROVÁ

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Radionuklidová vyšetření v diagnostice onemocnění příštítných tělísek

Petra Kašparová

Bakalářská práce

2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra Kašparová**  
Osobní číslo: **Z11099**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Radiomklidová vyšetření v diagnostice onemocnění prstů  
tělísk**  
Zadávací katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

### Zásady pro vypracování

1. Sběr informací a studium literatury.
2. Stanovení cílů a metod práce.
3. Konzultace s vedoucím práce.
4. Vypracování teoretické části.
5. Vypracování praktické části.
6. Závěrečná diskuze, zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

1. ČIHÁK, R. Anatomie 2. Praha: Grada Publishing, 2002, 488 s. ISBN 978-80-247-0143-1
2. KUPKA, K., ŠÁMAL, M., KUBINYI, J. Nukleární medicína. Praha: Nakladatelství P3K, 2007, 185 s. ISBN 978-80-003584-9-2
3. BLAŽEK, O. a kol. Radiologie a nukleární medicína. Praha: Avicenum, 1989, 424 s. ISBN 08-060-89
4. HUPKA, Š. Nukleární medicína. Osvěta, 1988, 256 s. ISBN 70-028-88
5. Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR, č. 9/2011, Národní radiologické standardy

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Kulíš  
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2012  
Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2014

  
prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.  
děkan

l.s.

  
Ing. Jana Holá, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. března 2014

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vyhotovila 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 její skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích 14.4.2014

.....  
*vlastnoruční podpis*

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Jiřímu Kulířovi, za poskytnuté rady, ochotu a trpělivost, při řešení problémů souvisejících s tvorbou této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala personálu Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové a to především Bc. Simoně Uhrinové a Martině Haklové za jejich ochotu, pomoc a čas během tvorby praktické části bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se zabývá radionuklidovými vyšetřeními v diagnostice onemocnění příštítných tělísek. Je zaměřena na popis anatomie, fyziologie a patologie příštítných tělísek. Zaměřuje se na jednotlivá radionuklidová vyšetření a na náplň práce radiologického asistenta.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Příštítná tělíska, adenom, hyperparatyreóza, scintigrafie, radiofarmaka

## **TITLE**

Radionuclide examination in the diagnosis of diseases of the parathyroid glands

## **ANNOTATION**

This thesis deals with the radionuclide examination in the diagnosis of diseases of the parathyroid glands. It focuses on the description of the anatomy, physiology and pathology of the parathyroid glands. It focuses on the individual radionuclide examination and radiology assistant job description.

## **KEYWORDS**

Parathyroid, adenoma, hyperparathyroidism, scintigraphy, radiopharmaceuticals

## OBSAH

Úvod.....	13
Cíl práce .....	14
1 Příštítná tělíska .....	15
1.1 Anatomie příštítných tělísek .....	15
1.2 Fyziologie příštítných tělísek .....	15
1.2.1 Parathormon .....	15
2 Patofyziologie příštítných tělísek .....	17
2.1 Adenom příštítných tělísek .....	17
2.2 Hyperparatyreóza .....	17
2.2.1 Primární hyperparatyreóza .....	17
2.2.2 Sekundární hyperparatyreóza .....	18
2.3 Hypoparatyreóza .....	18
2.3.1 Klinický obraz onemocnění .....	18
2.3.2 Diagnostika onemocnění .....	19
2.3.3 Terapie onemocnění .....	19
3 Scintigrafická gama kamera .....	20
3.1 Princip a stavba gama kamery.....	20
3.1.1 Princip .....	20
3.1.2 Stavba.....	22
4 Scintigrafie .....	27
4.1 Druhy scintigrafického zobrazení .....	27
4.1.1 Dle času .....	27
4.1.2 Dle prostoru.....	27
5 Radiofarmaka .....	28
5.1 Příprava radiofarmak.....	28



5.1.1	Výroba radionuklidů .....	28
5.1.2	Tvorba lékové formy .....	30
5.2	Radiofarmaka používaná při scintigrafii příštítných tělísek .....	30
5.2.1	<sup>201</sup> Tl-chlorid.....	30
5.2.2	<sup>99m</sup> Tc-technecistan.....	31
5.2.3	<sup>99m</sup> Tc-MIBI.....	31
6	Scintigrafická vyšetření k diagnostice onemocnění příštítných tělísek.....	32
6.1	Subtrakční scintigrafie .....	32
6.1.1	Příprava pacienta před vyšetřením .....	33
6.2	Vyplavovací scintigrafie .....	33
6.2.1	Příprava pacienta před vyšetřením .....	34
7	Radiologický asistent.....	35
8	Radiační ochrana .....	37
8.1	Limity ozáření .....	37
8.1.1	Limity obecné.....	37
8.1.2	Limity pro radiační pracovníky.....	38
8.1.3	Limity pro učně a studenty.....	38
8.2	Pásma .....	38
8.2.1	Sledované pásmo.....	38
8.2.2	Kontrolované pásmo .....	39
8.3	Ochrana před ionizujícím zářením .....	39
8.4	Monitorování pracoviště .....	40
9	Praktická část.....	43
9.1	Subtrakční scintigrafie příštítných tělísek .....	43
9.1.1	Příprava pacienta před vyšetřením .....	43
9.1.2	Provedení vyšetření .....	43

9.2	Vyplavovací scintigrafie přístítných tělísek.....	49
9.2.1	Příprava pacienta před vyšetřením .....	49
9.2.2	Provedení vyšetření .....	49
10	Diskuze .....	53
11	Závěr .....	54
12	Seznam použité literatury .....	55

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

OBRÁZEK 1 REGULACE VÁPNIKU .....	16
OBRÁZEK 2 DVOUHLAVÁ GAMAKAMERA.....	21
OBRÁZEK 3 KOLIMÁTORY DLE KONFIGURACE OTVORŮ.....	23
OBRÁZEK 4 KOLIMÁTORY DLE ENERGI.....	24
OBRÁZEK 5 KOLIMÁTORY .....	25
OBRÁZEK 6 SCHÉMA GAMAKAMERY .....	26
OBRÁZEK 7 MOLYBDEN- TECHNECIOVÝ GENERÁTOR.....	29
OBRÁZEK 8 FILMOVÝ DOZIMETR .....	40
OBRÁZEK 9 KOŠ NA RADIOAKTIVNÍ ODPAD .....	41
OBRÁZEK 10 MĚŘIČ KONTAMINACE RUKOU A NOHOU .....	42
OBRÁZEK 11 GAMAKAMERA S PŘIPRAVENÝM VYŠETŘOVACÍM STOLEM .....	43
OBRÁZEK 12 ZAKLÁDÁNÍ NOVÉHO PROTOKOLU.....	44
OBRÁZEK 13 OLOVĚNÝ KRYT NA RADIOFARMAKUM A PROPLACH .....	45
OBRÁZEK 14 INJEKČNÍ STRÍKAČKA V OLOVĚNÉM KRYTU .....	45
OBRÁZEK 15 OVLADAČ GAMAKAMERY S MONITOREM.....	46
OBRÁZEK 16 PACIENT VE VYŠETŘOVACÍ POLOZE .....	46
OBRÁZEK 17 SUBTRAKČNÍ SCINTIGRAFIE PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK, NORMÁLNÍ NÁLEZ BEZ PATOLOGICKÝCH ZMĚN .	48
OBRÁZEK 18 SUBTRAKČNÍ SCINTIGRAFIE PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK, ADENOM DOLNÍHO PŘÍŠTÍTNÉHO TĚLÍSKA V PRAVO .....	48
OBRÁZEK 19 ADENOM LEVÉHO DOLNÍHO PŘÍŠTÍTNÉHO TĚLÍSKA.....	50
OBRÁZEK 20 VYPLAVOVACÍ SCINTIGRAFIE PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK, SPECT, CT, SPECT/CT FÚZE, ADENOM PŘÍŠTÍTNÉHO TĚLÍSKA V LŮŽKU ŠTÍTNÉ ŽLÁZY VLEVO .....	51
OBRÁZEK 21 EKTOPICKÝ ADENOM PŘÍŠTÍTNÉHO TĚLÍSKA V MEDIASTINU .....	52
OBRÁZEK 22 MNOHAČETNÉ ADENOMY PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK .....	52

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

Tc- Technecium

Mo- Molybden

In- Indium

Ga- Galium

F- Fluór

U- Uran

Tl- Thalium

NaI- Jodid sodný

MBq- Megabequerel

mSv- Milisievert

keV- Kiloelektronvolt

T  $\frac{1}{2}$ - Poločas přeměny

i. v. - Intra venózní

PTH- Parathormon

SPECT- Jednofotonová emisní tomografie

PET- Pozitron emisní tomografie

IZ- Ionizující záření

## ÚVOD

Příštítná tělíska jsou 4 párová epiteliální tělíska uložená na zadní straně štítné žlázy. Jedná se o endokrinní žlázy neboli žlázy s vnitřní sekrecí. Produktem příštítných tělísek je hormon, který se nazývá parathormon. Parathormon je peptidický hormon, jehož hlavní funkcí je zvyšování hladiny vápníku v krvi, tak že jej odbourává z kostí a zvyšuje zpětné vstřebávání vápníku v ledvinách.

Nejčastějším onemocněním příštítných tělísek je adenom, ten může způsobit tzv. hyperparatyreózu (zvýšená produkce PTH), čímž dojde k narušení hormonální rovnováhy. V důsledku toho může dojít k závažnému poškození kostí, ledvin či střev.

Nejlepší výsledky v diagnostice onemocnění příštítných tělísek přináší radionuklidová vyšetření příštítných tělísek na oddělení nukleární medicíny. Jejich výhodou je nejen to, že jsme díky nim schopni velmi přesně lokalizovat postižené příštítné tělísko, ale také to, že vypovídají o funkci příštítných tělísek.

Scintigrafie je diagnostická metoda využívající schopnosti radiofarmaka vstoupit do metabolismu konkrétního orgánu. Ten je poté možno zobrazit gamakamerou a to díky radioaktivnímu záření, které ve v průběhu vyšetření emitováno.

V současné době není radiofarmakum, které by se vychytávalo selektivně pouze v příštítných tělískách, proto jsou využívána radiofarmaka, která se akumulují ve štítné žláze i v příštítných tělískách.

Radionuklidová vyšetření v diagnostice onemocnění příštítných tělísek jsou následující subtrakční (odčítací) scintigrafie a vyplavovací scintigrafie.

## **CÍL PRÁCE**

Cílem mé práce je přiblížit úlohu radiologického asistenta během radionuklidových vyšetření v diagnostice onemocnění příštítných tělísek.

1. Během subtrakční scintigrafie příštítných tělísek
2. Během vyplavovací scintigrafie příštítných tělísek

# 1 PŘÍŠTÍTNÁ TĚLÍSKA

Příštitná tělíska neboli glandulae parathyroideae jsou 4 malá párová, epitelová tělíska tvaru i velikosti čočky (1x3x5mm). Nacházejí se na zadní straně laloků štítné žlázy.

Horní příštitná tělíska (glandulae parathyroideae superior) se nachází přibližně ve výši dolního okraje prstencové chrupavky.

Dolní příštitná tělíska (glandulae parathyroideae inferior) se nachází poblíž dolního okraje štítné žlázy.

## 1.1 Anatomie příštitných tělísek

Příštitná tělíska se vyvíjí z entodermu 3. a 4. žaberní štěrby. Každé tělísko je obaleno pouzdrem z kolagenního vaziva, ze kterého odstupují vazivová septa s cévami. Příštitná tělíska mají tedy odlišnou barvu na rozdíl od tkáně štítné žlázy, jejich barva se s věkem mění, v mládí je světle růžová a ve stáří je jejich barva žluto-šedá, což je způsobeno hromaděním adipocytů (tukové tkáně). Parenchym je uspořádán do trnčitého epitelu, který tvoří buňky hlavní a buňky oxyfilní.

Hlavní buňky tvoří většinu hmoty příštitných tělísek. Obsahují sekreční granula, která produkují parathormon.

Oxyfilní buňky jsou větší než buňky hlavní, ale je jich menší množství. V cytoplazmě obsahují velké množství mitochondrií a granul glykogenu, ale neobsahují žádná sekreční granula. Tyto buňky se objevují až kolem 10. roku. (1)

## 1.2 Fyziologie příštitných tělísek

Příštitná tělíska mají životně důležitou úlohu, neboť produkují parathormon (PTH), který reguluje metabolismus vápníku.

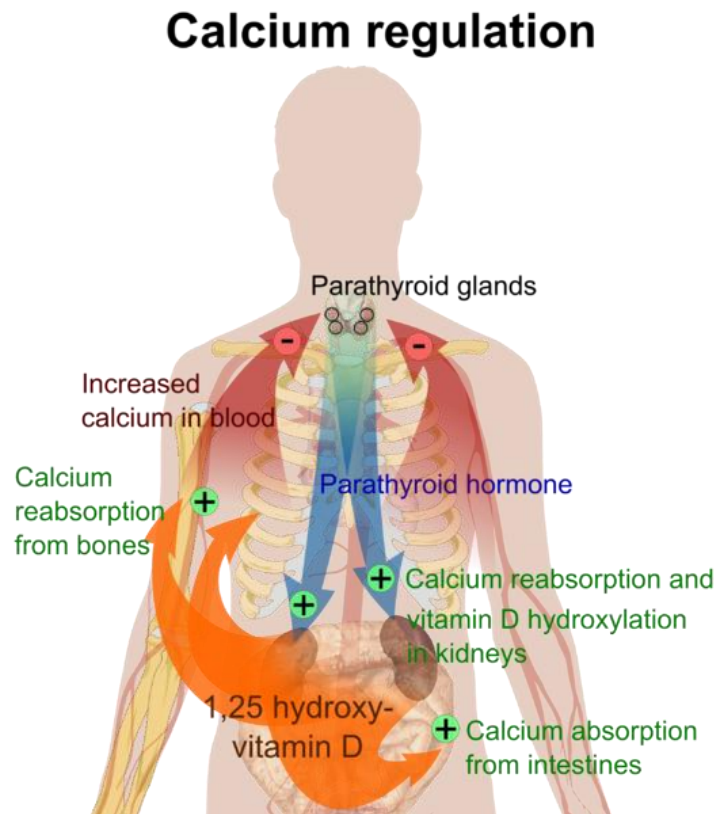
### 1.2.1 Parathormon

Peptidický hormon produkováný hlavními buňkami příštitných tělísek. Jeho úkolem je regulovat hladinu vápníku v krvi tím, že zvyšuje propustnost buněk pro vápenaté a fosfátové ionty. Sekrece parathormonu je ovlivněna hladinou kalcémie v krvi, nastane-li v organismu hypokalcémie, jsou příštitná tělíska stimulována k tvorbě parathormonu a naopak, nastane-li

v organismu stav hyperkalcémie, příštítná tělíska tvorbu hormonu pozastaví, dokud nenastane rovnováha. Tkáně významné pro regulaci kalcémie jsou ledviny, kosti a střevo.

Účinky PHT:

- Ledviny- PTH zvyšuje zpětné vstřebávání vápníku a zvyšuje vylučování fosfátů.
- Kostí- PTH uvolňuje vápník z kostní tekutiny díky vápníkové pumpě, tento proces nazýváme resorpce kostí. Pokud PTH účinkuje příliš dlouhou dobu, může docházet k řídnutí kostí, ale ve zdravé tkáni dojde k aktivaci osteoblastých dějů, které mají za úkol udržet hutnost kosti.
- Střevo- PTH spolu s vitamínem D zvyšuje absorpci vápníku v tenkém střevě.  
(2,3)



Obrázek 1 Regulace vápníku



## **2 PATOFYZIOLOGIE PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK**

### **2.1 Adenom příštítných tělísek**

Adenom je nádor ze žláзовého epitelu. Na rozdíl od adenokarcinomu je benigní. Nebezpečí hrozí ve chvíli, kdy postihne žlázu s vnitřní sekrecí, ta v důsledku adenomu začne nadměrně produkovat hormony, což může vést k hormonální nerovnováze.

### **2.2 Hyperparatyreóza**

Hyperparatyreóza znamená, že příštítná tělíska produkují nadměrné množství parathormonu. K této zvýšené produkci může docházet z mnoha různých důvodů, např. kvůli adenomu příštítných tělísek, kvůli hyperplazii příštítných tělísek či jako odpověď na dlouhodobou hypokalcémii.

#### **2.2.1 Primární hyperparatyreóza**

Primární hyperparatyreóza je porucha samotných příštítných tělísek. Primární hyperparatyreóza vede k hyperkalcémii a hypofosfátémii. Nejčastěji je způsobena adenomem nebo hyperplazií (zvětšení orgánu způsobené množstvím buněk) příštítných tělísek. Primární hyperparatyreóza se nejčastěji projevuje onemocněním kostí, ledvin a gastrointestinálního traktu.

##### **2.2.1.1 Klinický obraz onemocnění**

Postižení kostí v důsledku hyperparatyreózy se projevuje bolestí kostí, rozvojem osteoporózy a v důsledku toho vznikem patologických zlomenin a rozvojem onemocnění nazývaného osteitis fibrosacystica.

Pro postižení ledvin je typická především nefrolitiáza a nefrokalcinóza, která může vést až k renálnímu selhání.

Gastrointestinální trakt je v důsledku nadprodukce PTH postižen vředovou chorobou žaludku a duodena, pankreatitidou a tvorbou žlučových kamenů.

Hyperparatyreóza může být také jednou z příčin arteriální hypertenze a může způsobovat i poruchy srdečního rytmu, což může vést až k srdeční zástavě. Dále může způsobovat psychické a nervosvalové obtíže. (4,6)

### **2.2.1.2 Diagnostika onemocnění**

Základem je laboratorní vyšetření, a pokud prokáže zvýšenou hladinu kalcia v séru, sníženou hladinu fosfátů v séru a normální nebo zvýšenou hladinu PTH, můžeme říci, že se jedná o hyperparatyreózu. Dále pak provádíme vyšetření moči, zde je patrná hyperfosfaturie a hyperkalciurie. Vyšetření postižení kostí provádíme pomocí kostního denzitometru a doplňujeme je o skiagram lebky.

Pro samotnou lokalizaci a určení postiženého příštítného tělíska používáme scintigrafické vyšetření, které se projeví zvýšenou akumulací radiofarmaka v postiženém příštítném tělísku. (8)

### **2.2.1.3 Terapie onemocnění**

Léčba spočívá především v chirurgickém odstranění hyperparatyreózního příštítného tělíska. Pokud není chirurgická léčba možná, jsou nutná režimová opatření, jako je dostatečný příjem tekutin. Pacientům se dále podávají bisfosfonáty, které blokují odbourávání vápníku z kostí.

## **2.2.2 Sekundární hyperparatyreóza**

Sekundární hyperparatyreóza je fyziologická reakce příštítných tělísek na dlouhodobou hypokalcémii.

## **2.3 Hypoparatyreóza**

Hypoparatyreóza neboli snížená funkce příštítných tělísek. Příčinou jejího vzniku může být chirurgické odstranění štítné žlázy, spolu s příštítnými tělísky nebo chirurgické odstranění pouze příštítných tělísek, autoimunní onemocnění příštítných tělísek, genetická porucha, hromadění mědi v příštítných tělískách tzv. Wilsonova choroba či hromadění železa v příštítných tělískách tzv. talasemie. Další příčinou může být i přítomnost metastáz.

### **2.3.1 Klinický obraz onemocnění**

Nedostatek vápníku v organismu způsobuje tetanické křeče, bolesti kloubů a svalů, zvýšenou nervovou dráždivost, řídnutí kostí, lámání nehtů, vypadávání vlasů, katarakta. Dále se projevuje únavou, nespavostí, slabostí, úzkostí až depresemi, poruchami osobnosti, poruchami vidění.

### **2.3.2 Diagnostika onemocnění**

K průkazu hypoparatyreózy se provádí laboratorní vyšetření, které prokáže hypokalcémii, hyperfosfatémii a sníženou sérovou koncentraci parathormonu.

### **2.3.3 Terapie onemocnění**

Hypoparatyreóza se léčí podáním chybějícího vápníku či vitamínu D.(4)

### 3 SCINTIGRAFICKÁ GAMA KAMERA

Gama kamera, též nazývaná scintilační kamera, je základním přístrojem, používaným na odděleních nukleární medicíny. Slouží k detekci  $\gamma$ -záření a jeho následnému zobrazení.

#### 3.1 Princip a stavba gama kamery

##### 3.1.1 Princip

Základem gama kamery je scintilační detektor, který snímá gama záření z celého zorného pole a mění ho na elektrický signál, ze kterého je následně vytvářen scintigrafický obraz. Tvar detektorů může být obdélníkový či kruhový. Nejčastěji používanými gama kamerami jsou jedno a dvou detektorové.

Gama kamera je svým principem velmi podobná scintilačnímu detektoru, ale má větší rozměr. Dělí se podle počtu detektorů na jednohlavou a dvouhlavou kameru. Tvar detektorů může být buď čtvercový či kruhový. Detektory snímají gama záření z celého zorného pole a mění je na elektrické impulzy, ze kterých je následně vytvářen scintigrafický obraz.

Gama záření emitované z těla pacienta, kterému jsme podali radiofarmakum, je vycloněno kolimátorem (vhodně zvolným pro použité radiofarmakum). Kolimátor je deska s velkým množstvím otvorů. Jejich šířka, výška a úhel sklonu závisí na intenzitě záření, druhu radiofarmaka a oblasti, kterou chceme vyšetřovat. Kolimátorem projdou pouze ty fotony záření  $\gamma$ , které mají stejný směr s otvory v kolimátoru. Ostatní fotony šířící se všemi různými směry, jsou vycíháný přepážkami mezi otvory kolimátoru.

Po průchodu kolimátorem dopadnou fotony na scintilační krystal NaI (Tl). V krystalu dojde k ionizaci za současněho vzniku modrofialového záblesku, tento jen nazýváme scintilací (podle řeckého slova scintos neboli záblesk).

Záblesky vzniklé v krystalu jsou zachyceny fotokatodou, která je součástí fotonásobiče. Světelné fotony, vzniklé na základě interakce  $\gamma$ -záření se scintilačním krystalem, se hmotou krystalu šíří všemi směry. Nejvíce světla zaznamená fotonásobič, který je nejbližší místu vzniku záblesku. Na výstupu tohoto fotonásobiče vznikne impulz, jehož amplituda je větší než amplituda impulzů ze vzdálených fotonásobičů. Na základě hodnocení odezev všech fotonásobičů určí polohové obvody výslednou souřadnici scintilace [X, Y].  
(12,13,14)

*Současně s určením polohy scintilace probíhá analýza intenzity scintilace, která u scintilačních krystalů odpovídá energii záření gama absorbované ve scintilátoru - je generován signál označovaný jako Z. Tento proces zajišťují sumační obvody, které sčítají velikosti odezev jednotlivých fotonásobičů. Takto vytvořený signál vstupuje do amplitudového analyzátoru. U každého záblesku je tedy určena jeho poloha a energie fotonu záření gama, který jej vyvolal. Pokud energie fotonu gama spadá do přednastaveného energetického okna, je tento impulz zaznamenán v obrazové matici na místě o souřadnicích  $[X, Y]$ . Poloha scintilace v krystalu odpovídá (při použití kolimátoru) určité poloze místa emise fotonu záření gama z těla pacienta a obraz v počítači je tedy obrazem těchto míst; zachycuje se rozložení radiofarmaka v těle pacienta.<sup>1</sup>*

Diagnostická metoda založená na tomto principu se nazývá scintigrafie.



Obrázek 2 Dvouhlavá gamakamera

---

<sup>1</sup><http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/>

### 3.1.2 Stavba

Gama kamera se skládá z následujících částí:

- Kolimátor
- Scintilační krystal
- Fotonásobič
- Analyzátor a záznamové zařízení

#### 3.1.2.1 Kolimátor

Kolimátor je primárním „optickým členem“ scintilační kamery, záření gama jím prochází jako prvním. Jelikož se  $\gamma$ - záření šíří z těla pacienta různými směry, je třeba přebytečné záření vyclonit, abychom dosáhli pokud možno co nejdokonalejšího zobrazení a projekci distribuce radioaktivity ve vyšetřovaném objektu do roviny velkoplošného scintilačního krystalu.

Kolimátor je clona ze stínícího materiálu, většinou z olova či wolframu, vymezující směr fotonů dopadajících na scintilační krystal.

Kolimátor je deska s velkým množstvím hustě a rovnoměrně rozmístěných otvorů určitého tvaru, velikosti a směru. Výjimkou je kolimátor pinhole, který má pouze jeden otvor, obraz který vznikne je zvětšený a převrácený.

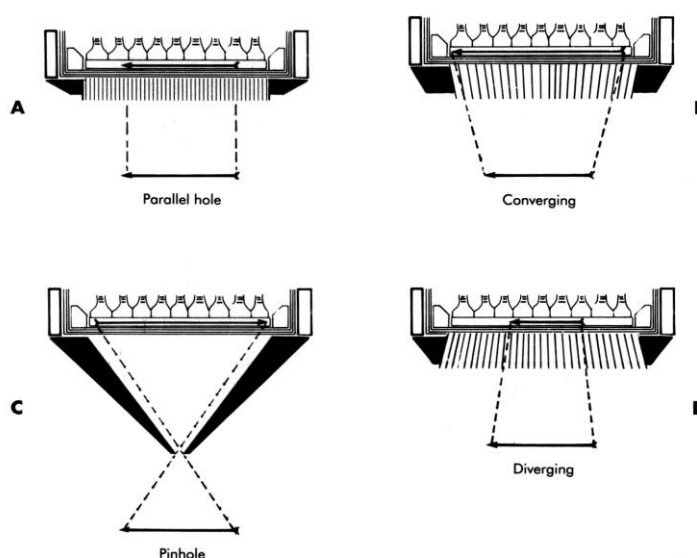
Kolimátorem mohou bez zeslabení projít pouze ty fotony, které letí rovnoběžně s osou otvorů kolimátoru. Všechny ostatní fotony, letící v jiných směrech, jsou absorbovány olověnou či wolframovou masou kolimátoru, nedopadnou tak na scintilační krystal a nejsou tedy detekovány.

Existuje několik druhů kolimátorů s jednoznačně určenými vlastnostmi, podle kterých se řídí jejich následné použití. Kolimátory dělíme podle počtu, velikosti a konfigurace otvorů, podle energie gama záření, pro které jsou konstruovány a podle rozlišovací schopnosti a citlivosti.

#### **Rozdělení podle konfigurace otvorů:**

- Paralelní- nejčastěji používaná konfigurace otvorů. Obraz vytvářený v detektoru má stejnou velikost jako vyšetřovaný objekt.

- Konvergentní- se sbíhajícími se otvory směřujícími do určitého bodu - ohniska. Obraz vytvářený v detektoru je v porovnání s vyšetřovaným objektem větší. Tyto kolimátory se používají k vyšetřování malých orgánů.
- Divergentní- s rozbíhajícími se otvory směřujícími do určitého bodu- ohniska. Obraz vytvářený v detektoru je v porovnání s vyšetřovaným objektem menší.



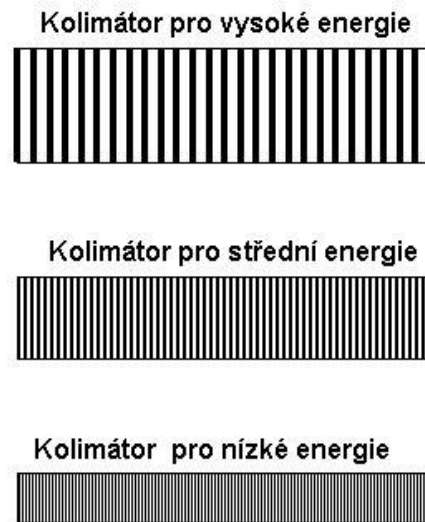
Obrázek 3 Kolimátory dle konfigurace otvorů

- Pinhole- kolimátor s jedním otvorem. Má malou detekční účinnost, ale vysoké rozlišení. Používá se při scintigrafii štítné žlázy.

### Rozdělení podle energie $\gamma$ - záření:

- Vysoké energie- pro zabezpečení dostatečné absorpce  $\gamma$ - záření musí být tyto kolimátory robustní se silnými přepážkami mezi jednotlivými otvory. Dnes už se ale kolimátory pro vysoké energie nepoužívají, neboť anihilací pozitronové záření o energii 511keV detekujeme pomocí PET skeneru.
- Střední energie- nejčastěji používané pro scintigrafii s  $^{131}\text{I}$  s energií gama záření 364keV, mají rovněž poměrně robustní konstrukci s tloušťkou přepážek mezi otvory cca 2-3 mm.

- Nízké energie- používané pro scintigrafii  $^{99m}\text{Tc}$  s energií gama záření 140keV jsou subtilnější konstrukce s velkým počtem drobných otvorů, mezi nimiž jsou poměrně tenké přepážky (cca 0,2 - 0,5 mm).



Obrázek 4 Kolimátory dle energi

**Rozdělení podle rozlišení a citlivosti (Toto rozdělení se týká pouze kolimátorů pro nízké energie.):**

- Vysoká citlivost (HS - High Sensitivity)- mají krátké a poněkud větší otvory (samozřejmě tenké přepážky), aby kolimátorem procházelo co nejvíce záření gama z většího prostorového úhlu pro každý otvor. Za tuto zvýšenou účinnost detekce záření gama se však "platí" poněkud zhoršenou rozlišovací schopností zobrazení, která se navíc poměrně rychle zhoršuje se vzdáleností od čela kolimátoru.
- Vysoké rozlišení (HR – High Resolution)- mají delší a drobnější otvory (cca 1-2 mm) s tenkými přepážkami (cca 0,2-0,4 mm), takže každý otvor snímá záření z poměrně malého prostorového úhlu, tj. menšího prostorového úhlu než u kolimátoru HS. Vyšší rozlišení zákonitě vede k poněkud nižší detekční činnosti, tj. k nižší citlivosti. Tento typ kolimátorů je v současné době nejpoužívanější.
- Utra- vysoké rozlišení (UHR – Ultra High Resolution)- mají dlouhé a velmi drobné otvory (cca 1 mm), při dostatečně tenkých přepážkách (cca 0,1-0,2 mm), což zaručuje velmi vysokou rozlišovací schopnost, která se navíc jen pomaleji zhoršuje se vzdáleností od čela kolimátoru. Dosahuje se toho však bohužel za cenu výrazně snížené senzitivity (detekční účinnosti).



Nejčastěji používaným kolimátorem v praxi je paralelní kolimátor s vysokým rozlišením, pro nízké energie.



Obrázek 5 Kolimátory

### **3.1.2.2 Scintilační krystal**

Scintilační krystal se nachází za kolimátorem a slouží k detekci  $\gamma$ - záření, které projde skrze otvory kolimátoru. Luminiscenční scintilační krystal je vyráběn z jodidu sodného (NaI), aktivovaného thaliem (Tl). Právě jodid sodný aktivovaný thaliem má nejlepší energetické rozlišovací schopnosti.

### **3.1.2.3 Fotonásobič**

Fotonásobič je detektorem scintilací probíhajících na scintilačním krystalu. Fotonásobič je vakuová trubice obsahující fotokatodu, několik dynod a anodu.

Fotokatoda převádí dopadající scintilační fotony na elektrony. Tyto uvolněné elektrony jsou urychlovány napětím mezi fotokatodou a první z dynod. Po dopadu na dynodu se uvolní další elektrony a jejich počet se tak znásobí. Napětí mezi jednotlivými dynodami se zvětšuje a s tím narůstá i počet elektronů. Tento násobící proces je ukončen dopadem vzniklých elektronů na anodu, zde dojde ke vzniku elektrického impulsu. Informace o místě jeho vzniku a intenzitě je následně poslána do počítače, kde dojde k jejímu následnému vyhodnocení.

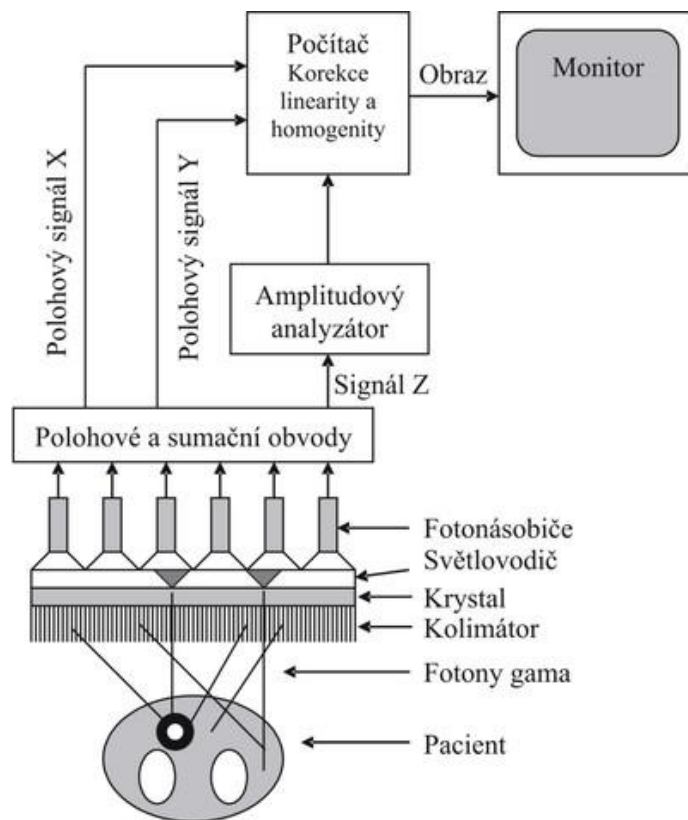
### **3.1.2.4 Analyzátor a záznamové zařízení**

Polohový a sumační obvod převádí impulzy ze všech fotonásobičů do systému odporů, který funguje jako filtr přivedených impulzů. Tyto impulzy se zobrazí na obrazovce a objeví

se jako světelný bod. Tento světelný bod odpovídá místu scintilace v krystalu. Počet světelných fotonů z krystalu je zároveň úměrný energii fotonů na krystal dopadajících. (11)

*Amplitudový analyzátor je důležitou součástí detekčního řetězce každé scintilační kamery. Uživatel má možnost nastavit horní a dolní hladinu okénka analyzátoru. K dalšímu zpracování je propuštěn pouze takový impulz, který je vyvolán fotonem o energii větší než dolní a menší než horní diskriminační hladina. Používá se úzkých energetických oken, která obsahují pouze oblast v nejbližším okolí fotopíku. Účelem tohoto nastavení je eliminovat nepříznivý vliv rozptýleného záření na kvalitu obrazu.<sup>2</sup>*

Následně jsou získané impulsy propuštěny do koncové jednotky, kterou bývá záznamové zařízení, nejčastěji počítač.



Obrázek 6 Schéma gamakamery

<sup>2</sup><http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/>

## **4 SCINTIGRAFIE**

Scintigrafie je základní radioizotopovou diagnostickou metodou v nukleární medicíně. Princip scintigrafie spočívá v tom, že pacientovi aplikujeme radiofarmakum (vhodná chemická látka s navázaným radionuklidem), které vstoupí do metabolismu a distribuuje se v organismu podle farmakokinetiky daného radiofarmaka. Radionuklid tak svým vyzařováním umožňuje zevní detekci distribuce radiofarmaka pomocí gama kamery, tento proces nazýváme scintigrafie. (5,7,14)

### **4.1 Druhy scintigrafického zobrazení**

#### **4.1.1 Dle času**

##### ***4.1.1.1 Statická scintigrafie***

Vytváříme jeden či více scintigrafických obrazů neboli scintigramů. Při tomto druhu zobrazení si můžeme navolit počet impulzů, které chceme nasbírat nebo si můžeme určit čas, po který budeme shromažďovat impulzy.

##### ***4.1.1.2 Dynamická scintigrafie***

Toto vyšetření provádíme, pokud chceme sledovat průběh distribuce radiofarmaka v organismu. Jedná se v podstatě o sérii statických snímků vyšetřované oblasti. Pomocí tohoto zobrazení máme možnost vytvářet příslušné dynamické křivky a určovat funkční parametry vyšetřovaných orgánů (např. dynamická scintigrafie ledvin)

#### **4.1.2 Dle prostoru**

##### ***4.1.2.1 Planární scintigrafie***

Planární scintigrafie je základním druhem zobrazení, jedná se o vytváření dvourozměrných (2D) obrazů distribuce radiofarmaka.

##### ***4.1.2.2 Tomografická scintigrafie***

Tomografická scintigrafie neboli SPECT (jednofotonová emisní počítačová tomografie) nám poskytuje trojrozměrný (3D) obraz distribuce radiofarmaka v organismu. Jedná se o sérii planárních snímků snímaných pod mnoha úhly ( $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ). Počítačovou rekonstrukcí, podobně jako u CT, můžeme získat transversální řezy vyšetřovaného objektu.

## 5 RADIOFARMAKA

Radiofarmaka jsou léčiva, která kromě chemické složky obsahují složku schopnou samovolné radioaktivní přeměny neboli radionuklid.

### 5.1 Příprava radiofarmak

Během výroby a v průběhu manipulace s radiofarmaky je nutno dbát obecných zásad radiační ochrany. S radiofarmakem bychom tedy měli zacházet jako s jakýmkoli jiným otevřeným zářičem.

#### 5.1.1 Výroba radionuklidů

Radionuklidy se vyrábějí v:

- Jaderném reaktoru
- Urychlovači částic
- Generátoru

##### 5.1.1.1 Jaderný reaktor

V jaderném reaktoru dochází k řízené řetězové reakci. V reaktoru probíhá ozařování neradioaktivních prvků neutrony, které jsou uvolňovány při štěpení obohaceného  $^{235}\text{U}$ . potřebný radionuklid lze také získat ze štěpných produktů  $^{235}\text{U}$ . Jelikož neutrony nenesou žádný elektrický náboj, je jejich reakce s ostatními jádry snadná, neutron je zachycen jádrem atomu za současného vyzáření fotonu gama. Tím vznikne radioizotop daného prvku. Tímto způsobem získáváme např.  $^{131}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$  nebo  $^{51}\text{Cr}$ .

Ze štěpných produktů  $^{235}\text{U}$  se získávají radionuklidy s vyšší měrnou aktivitou a vyšším poločasem přeměny. Tímto způsobem je získáván  $^{99}\text{Mo}$ , což je mateřský radionuklid molybden-techneciového generátoru.

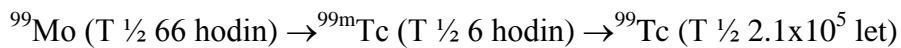
##### 5.1.1.2 Urychlovač částic

Nejčastěji používaným urychlovačem částic pro výrobu radionuklidů je cyklotron. V cyklotronu dochází k urychlení kladně nabitých částic (např. protonů), pomocí elektrického pole. Jejich dráha je zakřívována magnetickým polem do zvětšující se spirály, tak dlouho dokud tyto částice nenarazí do terčíku s mateřským prvkem. Následkem této reakce dojde ke vzniku požadovaného radionuklidu, jako např.  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{18}\text{F}$ .

### 5.1.1.3 Generátor

Radionuklidový generátor funguje na principu samovolného rozpadu jader mateřského radionuklidu s dlouhým poločasem přeměny, na jádra dceřiného prvku, která mají poločas přeměny kratší. Radionuklidové generátory jsou díky své jednoduchosti, dostupnosti a ceně standardním vybavením každého oddělení nukleární medicíny.

Nejpoužívanějším generátorem je techneciový generátor.  $^{99m}\text{Tc}$  vzniká v generátoru rozpadem  $^{99}\text{Mo}$ .



Základem generátoru je olovem stíněná kolona, která obsahuje oxid hlinitý, ve kterém je absorbován mateřský radionuklid  $^{99}\text{Mo}$ . Molybden se rozpadá  $\beta^-$  rozpadem na dceřiný prvek  $^{99m}\text{Tc}$ , které se na oxid hlinitý váže slabě. Technecium je z kolony vymýváno sterilním fyziologickým roztokem do sterilní olovem stíněné lahvičky, tento proces nazýváme eluce.

Životnost generátoru je 14 dní, poté je nutné jej vyměnit za nový.



Obrázek 7 Molybden- techneciový generátor

### 5.1.2 Tvorba lékové formy

Léková forma radiofarmak je stejná jako u neradioaktivních léčiv, ale jelikož se v případě radiofarmak jedná o otevřené zářiče, je nutné dodržovat pravidla pro zacházení a manipulaci s otevřenými zářiči.

Rozdělení radiofarmak dle způsobu aplikace:

- Parenterální radiofarmaka
- Perorální radiofarmaka
- Inhalační radiofarmaka

#### 5.1.2.1 Parenterální radiofarmaka

Radiofarmaka podávaná parenterálně patří v praxi k nejčastěji užívaným. Jedná se o pravé roztoky, koloidní disperze a suspenze. Parenterální radiofarmaka můžeme aplikovat různými způsoby, např. intravenózně, intra artikulárně či subkutánně.

#### 5.1.2.2 Perorální radiofarmaka

Do této skupiny radiofarmak patří roztoky, emulze i tuhé láky. Pomocí těchto radiofarmak většinou značíme potravu, podávanou při scintigrafickém vyšetření GIT.

#### 5.1.2.3 Inhalační radiofarmaka

Mezi inhalační radiofarmaka řadíme hlavně radioaktivní plyny nebo aerosoly značené radionuklidy. Nejpoužívanějším radioaktivním plynem je  $^{81m}\text{Kr}$ , který, kvůli jeho velmi krátkému poločasů přeměny 13s, vyrábíme přímo během vyšetření v  $^{81}\text{Rb}/^{81m}\text{Kr}$  generátoru a pacient krypton okamžitě vdechuje.

## 5.2 Radiofarmaka používaná při scintigrafii příštítných tělísek

K diagnostice onemocnění příštítných tělísek slouží dvě scintigrafická vyšetření, při kterých používáme různá radiofarmaka. Prvním z vyšetření je subtrakční scintigrafie, při které používáme  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan a  $^{201}\text{Tl}$ -chlorid. Druhým vyšetřením je vyplavovací scintigrafie, k tomuto vyšetření používáme  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI (též sestamibi).

### 5.2.1 $^{201}\text{Tl}$ -chlorid

$^{201}\text{Tl}$ -chlorid používáme k diagnostice adenomů příštítných tělísek a k diagnostice hyperplazie příštítných tělísek. Vyšetření, během kterého aplikujeme  $^{201}\text{Tl}$ -chlorid, se nazývá

subtrakční scintigrafie. Aplikovaná aktivita je 80MBq. Radiofarmakum aplikujeme intra venózně do periferní žíly.

$^{201}\text{Tl}$ -chlorid se intenzivně vychytává v adenomech, hyperplastických příštítných tělískách a také ve tkáni štítné žlázy. V normálních příštítných tělískách bez patologických změn se neakumuluje.

### **5.2.2 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -technecistan**

V diagnostice onemocnění příštítných tělísek se využívá k tzv. subtrakční scintigrafii. Aplikovaná aktivita je 70MBq. Radiofarmakum aplikujeme i. v.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -technecistan je vychytáván pouze ve tkáni štítné žlázy.

### **5.2.3 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI**

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI se nejčastěji používá k diagnostice adenomu příštítných tělísek a k diagnostice hyperplazie příštítných tělísek. Aplikovaná aktivita se pohybuje okolo 700MBq. Radiofarmakum aplikujeme i. v.

Toto radiofarmakum se vychytává jak ve tkáni příštítných tělísek, tak ve tkáni štítné žlázy. Ale ze štítné žlázy se vyplavuje rychleji než z patologicky poškozené tkáně příštítných tělísek.

## 6 SCINTIGRAFICKÁ VYŠETŘENÍ K DIAGNOSTICE ONEMOCNĚNÍ PŘÍŠTÍTNÝCH TĚLÍSEK

Onemocnění příštítných tělísek lze prokázat pomocí zobrazovacích metod, stejně tak jejich pomocí dokážeme postižené tělísko lokalizovat.

Mezi používané zobrazovací vyšetřovací metody patří rentgenologické vyšetření, kterým zobrazujeme především tzv. predilekční místa (rentgenový snímek prstů na rukách a rentgenový snímek kalvy), dále sonografické vyšetření, vyšetření pomocí CT, pomocí kterého se dá zobrazit zvětšené příštítné tělísko (u tohoto vyšetření je velká radiační zátěž pacienta), k zobrazení hluboko uložených příštítných tělísek lze použít magnetická rezonance.

Scintigrafické vyšetření nám, na rozdíl od výše uvedených zobrazovacích metod, poskytuje informaci nejen o lokalizaci příštítného tělíska, ale také o jeho funkci. Při scintigrafickém vyšetření se zobrazí i ektopická příštítná tělíska.

V dnešní době nemáme radiofarmakum, které by se kumulovalo pouze v příštítných tělískách. Proto se k vyšetření používají radiofarmaka, která se z části vychytávají v tkáni příštítných tělísek, ale zároveň se kumulují i ve štítné žláze.

### 6.1 Subtrakční scintigrafie

Subtrakční neboli odčítací scintigrafie spočívá v tom, že se pacientovi provede několik scintigramů s použitím různých radiofarmak a ty se od sebe následně pomocí počítače odečtou.

Tuto vyšetřovací metodu používáme k zobrazení adenomů a karcinomů příštítných tělísek a k průkazu hyperplazie příštítných tělísek.

Radiofarmaka používaná během tohoto vyšetření se dělí do dvou skupin. První jsou radiofarmaka, která se vychytávají pouze ve tkáni štítné žlázy, sem patří  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan. Do druhé skupiny radiofarmak se řadí ta, která se vychytávají jak ve tkáni štítné žlázy, tak ve tkáni postižených příštítných tělísek, tato skupina obsahuje  $^{201}\text{Tl}$ -chlorid a  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI.

Pro subtrakční scintigrafii existuje několik kombinací radiofarmak. K vyšetření můžeme použít buď variantu  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan- $^{201}\text{Tl}$ -chlorid nebo  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI. V obou případech bude výsledek scintigrafie stejný.



Pacient si lehne na vyšetřovací stůl hlavou směrem do gantri. Jako první radiofarmakum je intra venózně aplikováno  $^{99m}\text{Tc}$ - technecistan, aplikuje se vleže pod gama-kamerou. Aplikovaná aktivita je 70MBq. Za 20 minut po aplikaci je proveden 10 minut trvající statický snímek na oblast hlavy, krku a mediastina. Tento první snímek je v podstatě scintigrafickým zobrazením štítné žlázy.

Po skončení první scintigrafie je pacientovi ve stejné poloze i. v. aplikováno  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, jehož aplikovaná aktivita je 600MBq. Radiofarmakum podané v této části vyšetření je kumulováno ve štítné žláze a zároveň i v příštítných tělískách. Po uplynutí 10 minut je prováděn statický snímek, jehož délka je 10 minut. Oblastí zájmu je opět oblast hlavy, krku a mediastina. Po skončení statiky je možno doplnit SPECT, ten poskytne představu o prostorovém uložení postižených tělísek. Jakmile je SPECT dokončen, pacient odchází.

Pacient se vrací za 2- 3 hodiny od aplikace  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, je uložen do identické polohy, jako u předchozích vyšetření a je mu provedena 10 minut trvající statika. Když snímek skončí, pacient může definitivně odejít.

Během tohoto vyšetření je nutné, aby byl pacient vždy uložen do stejné polohy, a aby byla vždy snímána totožná oblast zájmu.

Jakmile jsou provedeny všechny snímky, mohou být dále počítačově zpracovány. Následné zpracování spočívá v tzv. subtraksi (odečtení). Odčítají se od sebe obrázky po aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -technecistan a po podání  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, tím dojde k odečtení akumulující štítné žlázy a na snímku zůstane pouze příštítné tělísko. Postižené, zvětšené nebo jinak patologicky pozmeněné příštítné tělísko se zobrazí jako oblast se zvýšenou akumulací radiofarmaka. Pokud jsou ale příštítná tělíska v pořádku, nezobrazí se.

### **6.1.1 Příprava pacienta před vyšetřením**

Příprava pacienta není žádná. Ale pokud pacient užívá jodové preparáty, měl by je 4-6 týdnů před vyšetřením vysadit. Stejně tak pokud podstupuje substituční léčbu hormony štítné žlázy, měl by ji na 2-3 týdny vysadit.

## **6.2 Vyplavovací scintigrafie**

Vyplavovací scintigrafie je radionuklidové vyšetření příštítných tělísek. Princip tohoto vyšetření spočívá v tom, že se pacientovi naaplikuje radiofarmakum, které je vychytáváno jak ve tkáni štítné žlázy, tak i ve tkáni příštítných tělísek. Z patologicky postižených příštítných tělísek se ale vyplavuje pomaleji, než z okolní tkáně štítné žlázy.

Vyplavovací scintigrafie se užívá k lokalizaci zmnožené tkáně příštítných tělísek u pacientů s prokázanou hyperparathyreózou a pro zobrazení ektopicky uložených příštítných tělísek (nejčastěji se nacházejí v oblasti mediastina).

Během tohoto vyšetření je používáno  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI.

Pacient leží na vyšetřovacím stole pod gama-kamerou a je mu i. v. aplikováno  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, aplikovaná aktivita je 700MBq. Zobrazuje se oblast hlavy, krku a mediastina. První statický snímek je prováděn 10 minut po aplikaci, tato část se nazývá časná a zobrazuje se během ní tyreoidální tkáň (tkáň štítné žlázy). Další statiky se provádí za 30, 60 a 120 minut. Na posledním statickém obrázku je vidět už postižené příštítné tělísko, během této části, která se nazývá pozdní, se tedy zobrazuje tkáň paratyreoidální.

Postižené nebo ektopicky uložené příštítné tělísko se zobrazí jako oblast se zvýšenou akumulací radiofarmaka.

### **6.2.1 Příprava pacienta před vyšetřením**

Příprava pacienta není žádná.

## 7 RADIOLOGICKÝ ASISTENT

Radiologický asistent (nebo také radiologický či rentgenový laborant) je nelékařský pracovník, který pracuje na odděleních se zdroji ionizujícího záření, jako je oddělení radiodiagnostiky, radioterapie, nukleární medicíny.

Radiologický asistent musí pro výkon svého povolání získat tzv. odbornou způsobilost a to dle zákona č. 96/2004 Sb. Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti související s poskytováním zdravotnické péče.

*(1) Odborná způsobilost k výkonu povolání radiologického asistenta se získává absolvováním*

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

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

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

*(2) Radiologický asistent, který získal odbornou způsobilost podle odstavce 1 písm. c), může vykonávat své povolání bez odborného dohledu až po 3 letech výkonu povolání radiologického asistenta a získání specializované způsobilosti. Do té doby musí vykonávat své povolání pouze pod odborným dohledem.*

*(3) Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony. Radiologický asistent provádí činnosti související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči.*

*Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany může radiologický asistent vykonávat, pokud splňuje požadavky stanovené zvláštním právním předpisem.<sup>3</sup>*

V České republice je v současnosti v Registru zdravotnických pracovníků způsobilých k výkonu zdravotnického povolání bez odborného dohledu registrováno téměř 3 700 radiologických asistentů.

---

<sup>3</sup>ČESKO. Předpis č.96/2004 Sb. ze dne 4.2.2004 účinný od 1.4.2004 Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů, Sbirka zákonů ČR, vydáno r. 2004, str.7 Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96>

## 8 RADIAČNÍ OCHRANA

Radiační ochrana je soubor zásad a opatření, jejichž cílem je zcela vyloučit vznik deterministických účinků ionizujícího záření, a co nejvíce omezit možnost vzniku stochastických účinků záření a to jak ve vztahu k personálu oddělení, tak ve vztahu k pacientovi.

Za tímto účelem byl zaveden systém zvaný ALARA (As Low As Reasonably Achievable – tak nízké, jak je rozumně dosažitelné), ten v sobě obsahuje tři body.

- Princip zdůvodnění- riziko pro pacienta musí být vždy nižší než předpokládaný přínos vyšetření
- Princip optimalizace- dávka záření musí být co nejnižší možná, ale zároveň je třeba zachovat kvalitu obrazu
- Princip nepřekročení limitů- stanovené limity by neměly být překročeny

Pracoviště nukleární medicíny se musí řídit zásadami sepsanými v zákoně č. 18/1997 Sb. (atomový zákon – o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření) a vyhlášce č. 307/2002 Sb. (o radiační ochraně) v poslední aktualizaci (č. 389/2012 Sb.).

Dohled nad pracovišti nukleární medicíny, ale i na všech pracovištích s ionizujícím zářením zajišťuje Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

Aby dané pracoviště mohlo vlastnit a manipulovat se zdroji ionizujícího, záření musí být tzv. držitelem povolení.

### 8.1 Limity ozáření

Limity ozáření jsou stanovené Vyhláškou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost 307/2002 Sb. a určují limity ozáření pro obyvatelstvo, pro radiační pracovníky a pro učně a studenty.

#### 8.1.1 Limity obecné

Obecné limity jsou stanoveny pro obyvatelstvo. Vztahují se na celkové ozáření ze všech radiačních činností, kromě lékařského ozáření či havarijního ozáření.

Efektivní dávka by neměla překročit 1mSv za kalendářní rok a 5mSv za pět let po sobě jdoucích.

Ekvivalentní dávka pro oční čočku by neměla překročit hodnotu 15mSv za kalendářní rok.

Průměrná ekvivalentní dávka na 1cm<sup>2</sup> kůže by neměla překročit hodnotu 50mSv za kalendářní rok.

### **8.1.2 Limity pro radiační pracovníky**

Limity pro radiační pracovníky se vztahují na profesní ozáření, tj. ozáření, kterému jsou pracovníci vystaveni v přímém vztahu k vykonávané práci.

Efektivní dávka nesmí překročit 50mSv za kalendářní rok a 100mSv za pět let po sobě jdoucích.

Ekvivalentní dávka pro oční čočku nesmí překročit 150mSv za kalendářní rok.

Průměrná ekvivalentní dávka na 1cm<sup>2</sup> kůže nesmí překročit 500mSv za kalendářní rok.

### **8.1.3 Limity pro učně a studenty**

Tyto limity se vztahují na učně a studenty (od 16-18 let), kteří se připravují na budoucí povolání.

Efektivní dávka nesmí překročit 6mSv za kalendářní rok.

Ekvivalentní dávka pro oční čočku nesmí překročit 50mSv za kalendářní rok.

Průměrná ekvivalentní dávka na 1cm<sup>2</sup> kůže nesmí překročit 150mSv za kalendářní rok.

## **8.2 Pásma**

### **8.2.1 Sledované pásmo**

Sledované pásmo se vymezuje všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 1mSv ročně a kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro oční čočku, končetiny a kůži.

Sledované pásmo se vymezuje jako ucelená, jednoznačně určená stavebně oddělená část pracoviště. Všechny vchody do sledovaného pásma jsou označeny znakem radiačního nebezpečí a upozorněním „Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření“.

### **8.2.2 Kontrolované pásmo**

Kontrolované pásmo vymezujeme všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6mSv ročně a kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, končetiny a kůži.

Kontrolované pásmo se vymezuje jako ucelená, jednoznačně určená stavebně oddělená část pracoviště, do které je zakázán přístup nepovolených osob. Všechny vchody do kontrolovaného pásma jsou označeny symbolem radiačního nebezpečí a upozorněním „Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovoleným osobám zakázán“. Do kontrolovaného pásma nesmí vstupovat těhotné ženy a osoby mladší 18 let, vyjma pacientů, kteří se zde mají podrobit lékařskému vyšetření. V kontrolovaném pásmu mohou pracovat pouze pracovníci kategorie A. Pro jejich pobyt v kontrolovaném pásmu je třeba zajistit osobní monitorování, všichni pracovníci kategorie A musí být opatřeni osobními dozimetry.

### **8.3 Ochrana před ionizujícím zářením**

Podle pravidel radiační ochrany se před ionizujícím zářením (dále IZ) chráníme třemi způsoby a to sice vzdáleností od zdroje IZ, časem pobytu v přítomnosti zdroje IZ a stíněním před IZ. K zajištění co nejlepší ochrany před ionizujícím zářením je vhodné kombinovat všechny tři způsoby ochrany.

#### **Vzdálenost**

Množství záření klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje IZ. Pracovníci by se měli vždy snažit, aby byli od zdroje IZ (na pracovišti nukleární medicíny je zdrojem IZ pacient) pokud možno co nejdál, aby tak snížili radiační zátěž organismu.

#### **Čas**

Délka pobytu v přítomnosti zdroje IZ by měla být co nejkratší. Vyšetření by mělo být zkráceno na minimální dobu, tak aby byla radiační zátěž pacienta a personálu co nejmenší a zároveň, aby nedošlo k snížení kvality vyšetření.

#### **Stínění**

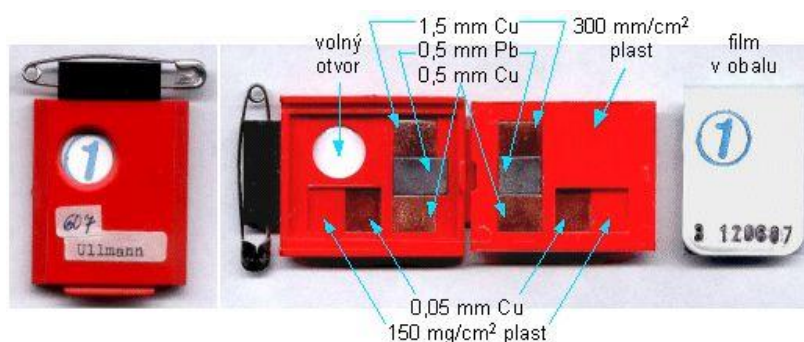
Stíněním se intenzita ionizujícího záření zeslabí, ale nikdy ne úplně odstraní. Stínění je realizováno tak, že se mezi zdroj záření a oblast, kterou chceme chránit (pracovníka, ovladovnu), vloží vrstva stínícího materiálu (wolfram, olovo).

## 8.4 Monitorování pracoviště

Program monitorování se zavádí všude tam, kde je vyhlášeno sledované a kontrolované pásmo.

Na pracovištích nukleární medicíny se provádí:

- Osobní monitorování- k monitorování pracovníků na oddělení nukleární medicíny se používá převážně filmový dozimetr (měří záření  $\beta$  a  $\gamma$ ) a prstový termoluminiscenční dozimetr. Osobní dozimetry jsou vyhodnocovány celostátní službou osobní dozimetrie (CSOL).



Obrázek 8 Filmový dozimetr

- Monitorování vnitřní kontaminace- k vnitřní kontaminaci může dojít na pracovištích nukleární medicíny při vdechnutí či požití radionuklidu, to hrozí zejména při manipulaci s <sup>131</sup>I, který velmi ochotně sublimuje.
- Monitorování pracovního prostředí- provádí se ve všech místnostech, ve kterých dochází k manipulaci se zdroji IZ. Měří se dávkový příkon a to pomocí pevně instalovaných sond nebo pomocí přenosného měřiče dávkového příkonu.
- Monitorování radioaktivních odpadů a životního prostředí- na pracovištích nukleární medicíny vzniká velké množství radioaktivních odpadů, vzhledem k obsahu radionuklidů nelze tyto odpady likvidovat běžným způsobem. Odpady dělíme na pevné, kapalné a plynné.

Pevné odpady jsou skladovány v igelitových pytlích v olověných boxech ve vymírací místnosti po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadu, poté je provedeno přeměření, a pokud je splněna uvolňovací úroveň, je s odpadem zacházeno běžným způsobem.



Kapalné odpady jsou skladovány v samostatných jímkách, po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadu. Po uplynutí této doby se odpad přeměří, pokud je splněna uvolňovací úroveň, je vypuštěn do běžné kanalizace.

Plynné odpady jsou skladovány v igelitových pytlích po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadu, poté jsou přeměřeny, a pokud splňují uvolňovací úroveň, jsou vypuštěny do životního prostředí.



Obrázek 9 Koš na radioaktivní odpad

- Monitorování povrchové kontaminace- toto monitorování se provádí vždy po skončení práce s otevřenými radionuklidovými zříci, při výstupu radiačních pracovníků z kontrolovaného pásma a při podezření na povrchovou kontaminaci. Během práce s radionuklidy může dojít ke kontaminaci oblečení, těla pracovníků, zařízení či podlah.



Obrázek 10 Měřič kontaminace rukou a nohou

## 9 PRAKTICKÁ ČÁST

### 9.1 Subtrakční scintigrafie příštítných tělísek

#### 9.1.1 Příprava pacienta před vyšetřením

Pokud má ošetřující lékař podezření na onemocnění příštítných tělísek, objedná pacienta k scintigrafickému vyšetření na oddělení nukleární medicíny.

Po příchodu na oddělení nukleární medicíny dostane pacient k přečtení informovaný souhlas, tzv. Souhlas pacient/ky- zákonného zástupce s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gamakameře. V souhlasu je jasně a srozumitelně popsán důvod vyšetření, průběh vyšetření a možné nežádoucí účinky. Dále jsou zde pokyny, jak by se měl pacient chovat v následujících 24 hodinách, aby snížil radiační zátěž svého okolí.

Pokud je pacient důkladně seznámen s vyšetřením, všemi možnými riziky, komplikacemi a nemá žádné dotazy, podepíše informovaný souhlas a přistoupí se k samotnému scintigrafickému vyšetření.

#### 9.1.2 Provedení vyšetření

Před příchodem pacienta na vyšetřovnu připraví radiologický asistent vyšetřovací stůl. Pacient během vyšetření subtrakční scintigrafie příštítných tělísek leží hlavou dovnitř gantri, bez podložení hlavy. Hlava, krk a mediastinum musí být v zorném poli gamakamery.



Obrázek 11 Gamakamera s připraveným vyšetřovacím stolem



Obrázek 12 Zakládání nového protokolu

Jakmile dostane radiologický asistent žádanku pacienta, zadá do počítače požadované informace a to sice jméno, příjmení a rodné číslo pacienta, pohlaví pacienta a z nabízeného seznamu vybere požadované vyšetření. Po zadání všech potřebných údajů může otevřít protokol k vyšetření.

Po příchodu na vyšetřovnu je pacient radiologickým asistentem vyzván, aby si odložil kovové předměty z oblasti krku (např. řetízky), brýle, náušnice (pokud je to možné), mikinu s kovovým zipem nebo košili s kovovými knoflíky. Toto opatření je nutné zejména kvůli tomu, abychom zamezili vzniku možných artefaktů či výpadků ve vyšetřované oblasti. Kovový knoflík by mohl snadno vystínit akumulaci radiofarmaka v postiženém příštítném tělísku a vyšetření by se tak muselo opakovat, tím by se nejen zbytečně prodloužila doba vyšetření, ale zároveň by se zvýšila radiační zátěž personálu a pacienta. Proto je dobré podchytit tyto maličkosti včas.

Pacient je znovu informován o nastávajícím vyšetření. Dále je upozorněn na to, aby vyvaroval styku s těhotnými ženami a dětmi. A je mu doporučen zvýšený pitný režim, k rychlejšímu vyloučení radiofarmaka.

Pokud má pacient odloženy všechny nežádoucí předměty, může se položit na vyšetřovací stůl. Pacient se uloží hlavou směrem dovnitř gantri, ruce má položené podél těla.

U tohoto vyšetření se radiofarmakum aplikuje na vyšetřovně a nikoli na aplikační místnosti jako u jiných vyšetření. Když je pacient uložen ve vyšetřovací poloze, přijde lékař,

aby aplikoval radiofarmakum. Jako první aplikuje  $^{99m}\text{Tc}$ - technecistan o aktivitě 70MBq a to i. v., jako nejčastější místo aplikace se volí kubitální žíla, ale záleží hlavně na stavu pacientova žilního řečiště, pokud není kubitální žíla dost silná, je možné aplikovat radiofarmakum jinam. Nicméně je nutné jednat rychle a přesně, neboť jde o práci s otevřeným zdrojem ionizujícího záření, tudíž je nutno dbát pravidel radiační ochrany. S injekční stříkačkou po radiofarmaku se zachází jako s radiačním odpadem a je vyhozena do olovem stíněného koše.



Obrázek 13 Olověný kryt na radiofarmakum a proplach



Obrázek 14 Injekční stříkačka v olověném krytu

Po naaplikování radiofarmaka personál opustí prostor vyšetřovny. Radiologický asistent zaveze pacienta, pomocí ovladače gamakamery, mezi detektory tak, aby byla na obrazovce vidět akumulace radiofarmaka v oblasti hlavy, krku a mediastina. Dále je nutné informovat pacienta, aby zůstal v nastavené poloze a už se nadále nehýbal.

Za 20 minut od aplikace technecistanu, spustí radiologický asistent první statiku, ta trvá 10 minut.



Obrázek 15 Ovladač gamakamery s monitorem



Obrázek 16 Pacient ve vyšetřovací poloze

Po skončení první statiky lékař pacientovi ve stejné poloze naaplikuje i. v.  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI o aktivitě 600MBq. Aplikace musí být opět rychlá a přesná, je třeba vyvarovat se paravenózní (mimo žilní) aplikaci radiofarmaka.

Radiologický asistent v počítači zvolí druhý protokol k vyšetření a 10 minut po aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI spustí druhou statiku, která trvá opět 10 minut. Po skončení statiky je možné navázat SPECT.

Tím je první část vyšetření u konce. Radiologický asistent propustí pacienta a informuje ho, aby se za 2-3 hodiny vrátil k poslední části vyšetření. Během této doby se může pacient volně pohybovat po areálu nemocnice, ale musí omezit kontakt s těhotnými ženami a dětmi.

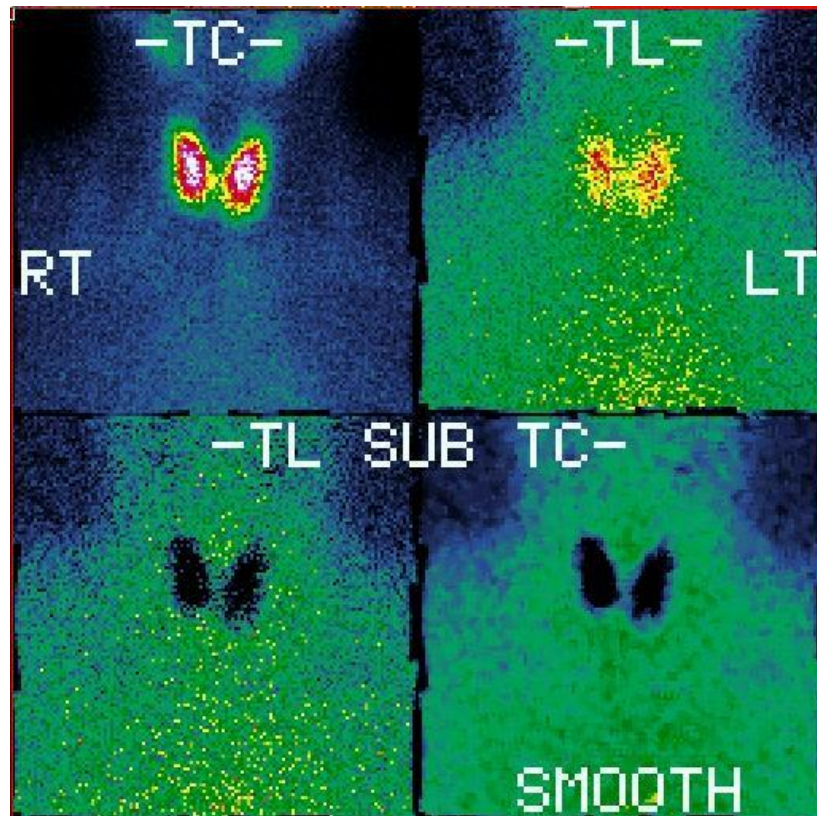
Když pacient odejde, může radiologický asistent protokol zavřít, ale zatím ho neodesílá a nechá ho dostupný k dalšímu zpracování.

Jakmile uplyne požadovaná doba, pacient je opět pozván na vyšetřovnu, zde si opět odloží všechny kovové předměty z vyšetřované oblasti. A položí se na vyšetřovací stůl stejným způsobem jako během první části vyšetření.

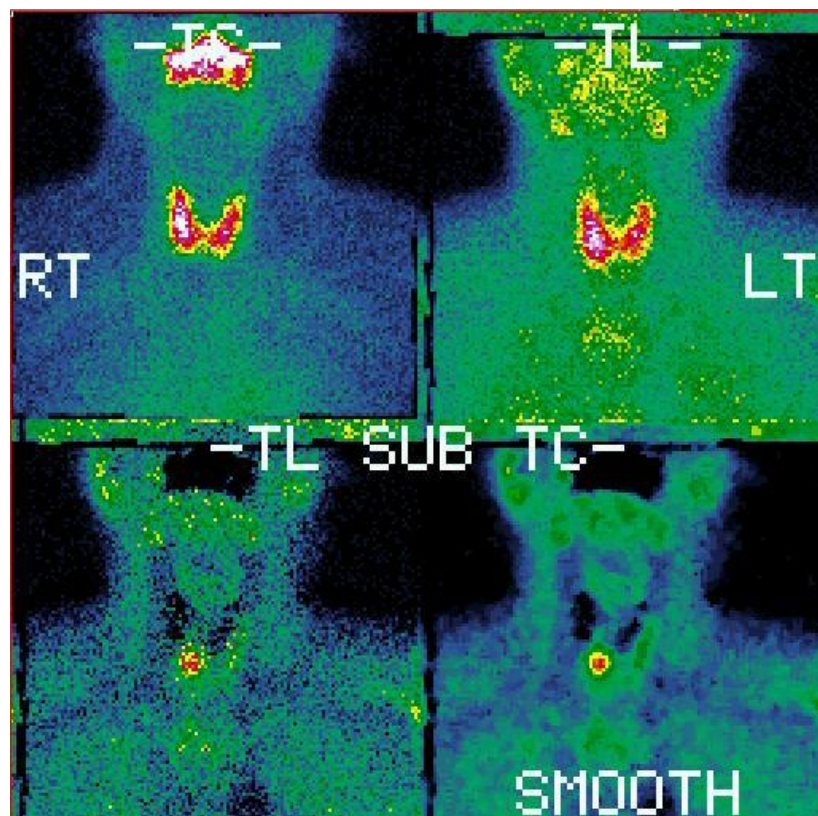
Radiologický asistent zvolí požadovaný protokol a spustí 10 minut trvající statiku. Ve chvíli kdy statika skončí, je vyšetření kompletně u konce. Pacient může být propuštěn domů a výsledky vyšetření budou zaslány ošetřujícímu lékaři.

Vyšetřovací protokol je automaticky odeslán do vyhodnocovacího počítače a do PACSu (centrální archiv zobrazovacích metod nemocnice).





Obrázek 17 Subtrakční scintigrafie příštítných tělísek, normální nález bez patologických změn



Obrázek 18 Subtrakční scintigrafie příštítných tělísek, adenom dolního příštítného tělíska vpravo



## **9.2 Vyplavovací scintigrafie příštítných tělísek**

### **9.2.1 Příprava pacienta před vyšetřením**

Vyplavovací scintigrafie je vyšetřovací metoda vhodná především k zobrazení ektopicky uložených příštítných tělísek či k zobrazení zvětšené paratyreoidální tkáně u pacientů s prokázanou hyperparatyreózou. Pokud má ošetřující lékař podezření na onemocnění příštítných tělísek, pošle pacienta na scintigrafické vyšetření příštítných tělísek.

Po příchodu na oddělení nukleární medicíny dostane pacient k přečtení informovaný souhlas, tzv. Souhlas pacient/tky- zákonného zástupce s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gamakameře. V souhlasu je jasně a srozumitelně popsán důvod vyšetření, průběh vyšetření a možné nežádoucí účinky. Dále jsou zde pokyny, jak by se měl pacient chovat v následujících 24 hodinách, aby snížil radiační zátěž svého okolí.

Pokud je pacient důkladně seznámen s vyšetřením, všemi možnými riziky, komplikacemi a nemá žádné dotazy, podepíše informovaný souhlas a přistoupí se k samotnému scintigrafickému vyšetření.

### **9.2.2 Provedení vyšetření**

Jakmile dostane radiologický asistent žádanku pacienta k vyšetření, zadá jeho iniciále (jméno, příjmení, rodné číslo) do počítače, z nabízeného seznamu vybere vyšetření, které se bude provádět a otevře protokol k vyšetření.

Radiologický asistent před příchodem pacienta připraví i vyšetřovnu. Vyšetřovací stůl nastaví do správné polohy a upraví jej tak, aby odpovídal druhu vyšetření. Během vyplavovací scintigrafie leží pacient hlavou do gantri bez podložení hlavy. Dále musí radiologický asistent přinést radiofarmakum, neboť to bude aplikováno na vyšetřovně, těsně před zahájením vyšetření. Když je vše připraveno, je pacient zavolán na vyšetřovnu.

Pacient si po svém příchodu odloží všechny kovové předměty z oblasti hlavy, krku a mediastina jako jsou brýle, náušnice, řetízky, košile s kovovými knoflíky nebo mikina se zipem. Radiologický asistent musí dohlédnout na to, aby ve vyšetřované oblasti nebyli náhodou kovové knoflíky, řetízky nebo zip, tím by mohlo dojít k znehodnocení scintigramu a vyšetření by tak pozbylo význam. Zvláště chceme-li pomocí vyšetření lokalizovat ektopicky uložené příštítné tělísko je třeba jednat v tomto směru velmi důkladně. Pokud má pacient odloženo, může se jít položit na vyšetřovací stůl.

Radiologický asistent řekne pacientovi, aby se položil na vyšetřovací stůl hlavou směrem do přístroje. Když se pacient položí, je zavezen mezi detektory. Jelikož pacientovi zatím nebylo aplikováno radiofarmakum, nemusí si radiologický asistent držet odstup.

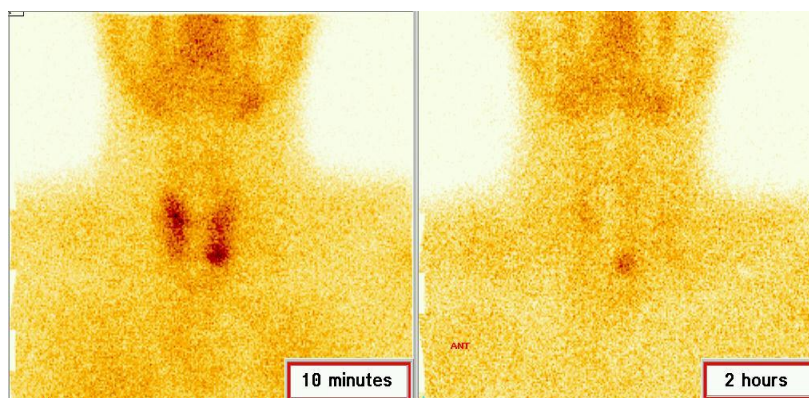
Radiologický asistent musí pacientovi ještě jednou připomenout, jak se má během následujících 24 hodin po aplikaci radiofarmaka chovat. Pacient by měl dostatečně pít, aby urychlil vyloučení radiofarmaka z organismu a neměl by se zdržovat v přítomnosti těhotných žen a malých dětí.

Když je vše připraveno, přijde lékař a aplikuje radiofarmakum. K tomuto vyšetření se používá  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, aplikovaná aktivita je 700MBq. Radiofarmakum je aplikováno i. v., nejčastěji je podáno do kubitální žíly, díky její dobré přístupnosti. Aplikace musí být rychlá a přesná, je nutné dát pozor, aby nedošlo k paravenózní aplikaci. Jakmile je podáno radiofarmakum, opouští personál místnost, aby se zbytečně nevystavoval záření. Pacient je upozorněn na to, aby se od této chvíle již nehýbal a vydržel ve stejné poloze po celou dobu vyšetření, ruce může mít položeny na břicho či podél těla.

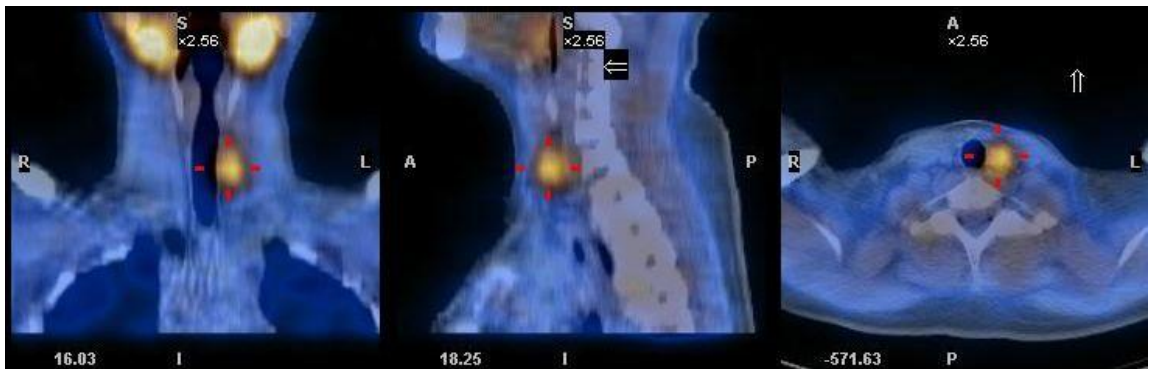
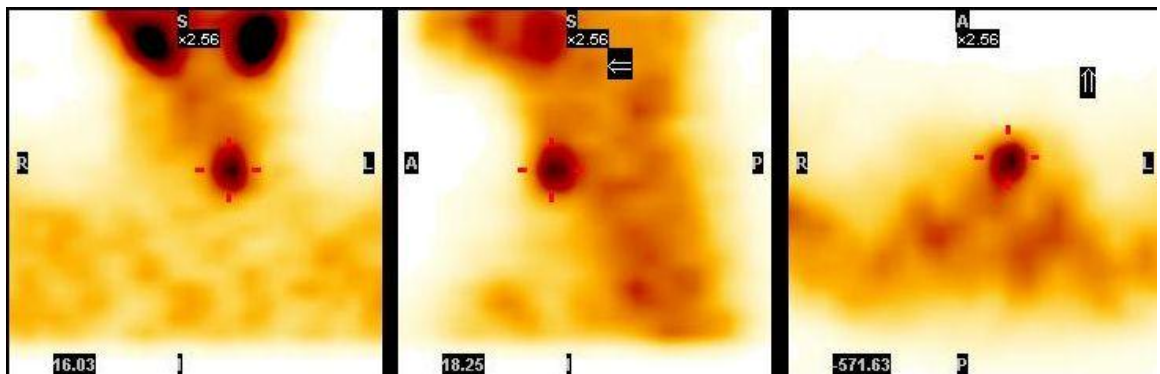
První statika je zahájena 10 minut po podání radiofarmaka. Další statické scintigramy jsou prováděny za 30, 60 a 120 minut. Na konci vyšetření je pro lepší lokalizaci postiženého příštítného tělíska možno doplnit SPECT.

Pokud nemá lékař další požadavky, je možno pacienta propustit. Výsledky budou zaslány ošetřujícímu lékaři.

Vyšetřovací protokol je automaticky odeslán do vyhodnocovacího počítače a do PACSu (centrální archiv zobrazovacích metod nemocnice).

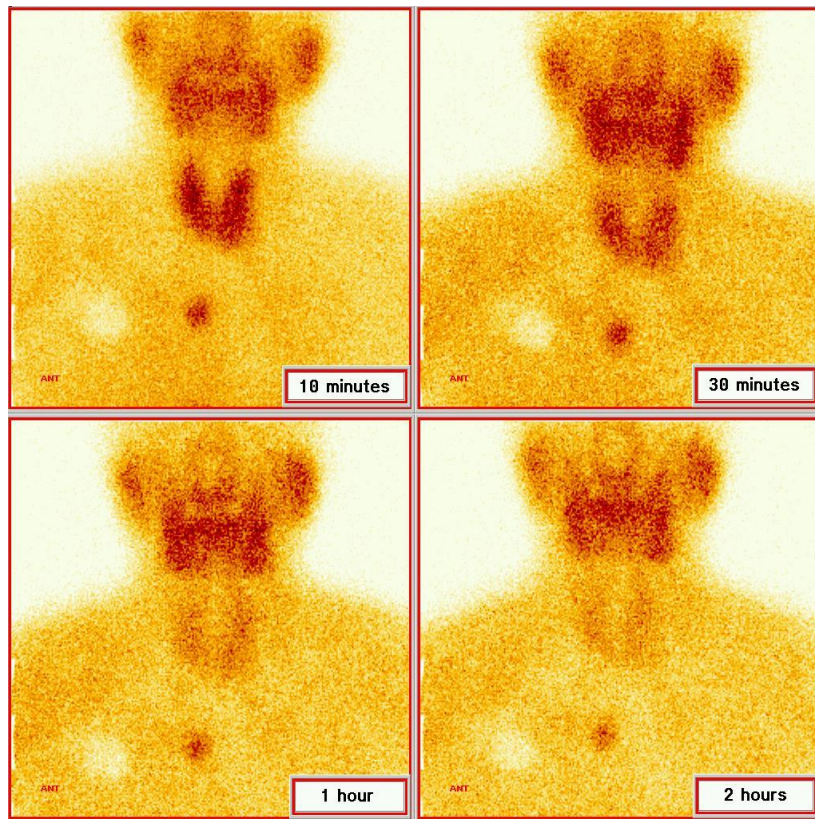


Obrázek 19 Adenom levého dolního příštítného tělíska

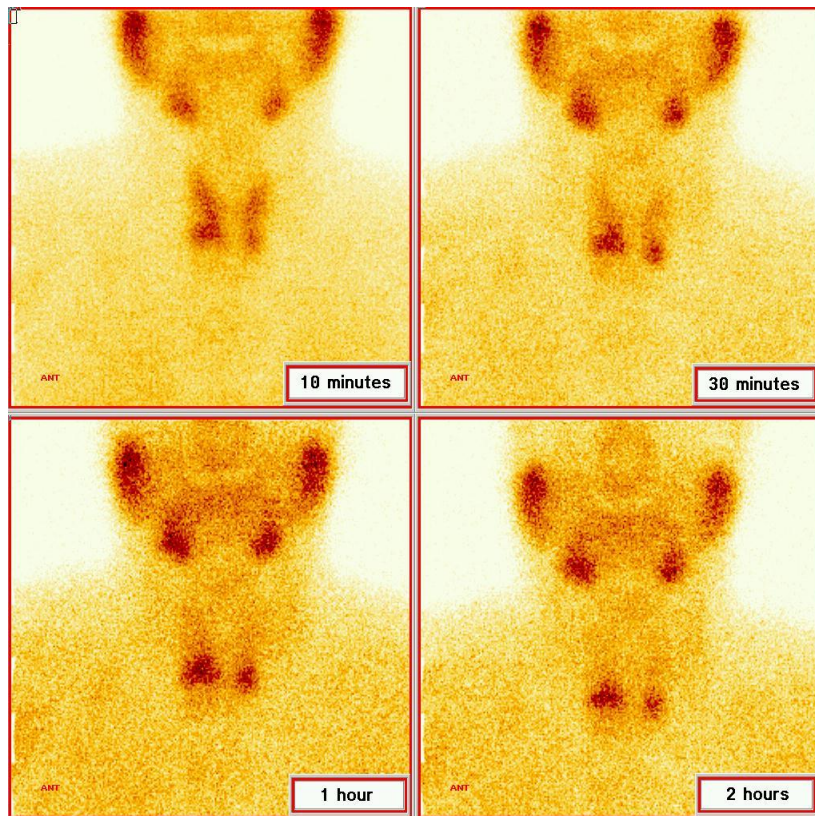


Obrázek 20 Vyplavovací scintigrafie příštítných tělísek, SPECT, CT, SPECT/CT fúze, adenom příštítného tělíska v lůžku štítné žlázy vlevo





Obrázek 21 Ektopický adenom příštítného tělíska v mediastinu



Obrázek 22 Mnohačetné adenomy příštítných tělísek

## 10 DISKUZE

V diagnostice onemocnění příštítných tělísek se v současnosti používají dva druhy radionuklidových vyšetření a to subtrakční scintigrafie a vyplavovací scintigrafie.

Během své praxe na Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové jsem se setkala se subtrakční scintigrafií, druhé vyšetření se na výše zmíněném oddělení neprovádí, resp. není lékaři vyžadováno. Vždy tedy záleží na zvyklosti daného oddělení a požadavcích lékaře. Ačkoli jsou obě radionuklidová vyšetření příštítných tělísek standardizovaná lze se v rámci jednotlivých nemocnic či oddělení nukleární medicíny setkat s různými obměnami, např. v použití radiofarmak či v časových intervalech mezi jednotlivými scintigramy (rozchází se i v desítkách minut).

Ve své práci jsem uváděla pouze radiofarmaka používaná na Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové. Ale zahraniční literatura uvádí mnohem širší škálu radiofarmak vhodných k použití. Kromě  $^{201}\text{Tl}$ -chlorid,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetát,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -technecistan,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI uvádí ještě  $^{123}\text{I}$ -jodid sodný,  $^{11}\text{C}$ -metionin a dokonce i  $^{18}\text{F}$ -FDG, ten je jakožto  $\beta$ -zářič detekován pomocí PETu, nikoli pomocí gamakamery, a je vhodný hlavně v diagnostice nádorů. Nicméně vysoká pořizovací cena  $^{201}\text{Tl}$ -chlorid a vysoká cena PET vyšetření jsou hlavními důvody, proč se tato vyšetření pro diagnostiku onemocnění příštítných tělísek nepoužívají.

## 11 ZÁVĚR

Radionuklidová vyšetření nám v dnešní době poskytují nejkompexnější informace o funkci příštítných tělísek a také jsou nejvhodnější a nejpresnější zobrazovací metodou k lokalizaci příštítných tělísek.

Ve své bakalářské práci jsem chtěla stručně a jasně popsat jednotlivá radionuklidová vyšetření příštítných tělísek a dále také seznámit s prací radiologického asistenta během provádění těchto vyšetření.

Tato práce má seznámit budoucí studenty oboru radiologický asistent s problematikou diagnostiky onemocnění příštítných tělísek, s radionuklidovými vyšetřeními příštítných tělísek a s úlohou radiologického asistenta nejen během výše zmíněných vyšetření, ale také s tím co obnáší jeho práce na oddělení nukleární medicíny.

## 12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. KONRÁDOVÁ, Václava, Jiří UHLÍK a Luděk VAJNER. *Funkční histologie*. 1. vydání. Jinočany : H & H, 2000. ISBN 80-86022-80-3
2. TROJAN, Stanislav, et al. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha : Grada, 2003. 772 s. s. 484-485. ISBN 80-247-0512-5
3. LEDVINA, Miroslav, et al. *Biochemie pro studující medicíny*. 2. vydání. Praha : Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1414-4
4. ČEŠKA, Richard, et al. *Interna*. 1. vydání. Praha : Triton, 2010. 855 s. ISBN 978-80-7387-423-0
5. NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. s. 422-435. ISBN 80-247-1152-4
6. GREENSPAN, Francsi S a J. D BAXTER. *Základní a klinická endokrinologie*. 1. vydání. Praha : H & H, 2003. 843 s. ISBN 80-86022-56-0
7. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL, et al. *Nukleární medicína*. 1. vydání. vydavatel, 2007. 185 s. s. 36-37. ISBN 978-80-903584-9-2
8. [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Onemocnění\\_příštitných\\_tělísek](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Onemocnění_příštitných_tělísek)
9. ČESKO, Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, 307/2002 Sb. ze dne 13.6.2002 účinný od 12.7.2002, *O radiační ochraně*
10. ČESKO. Předpis č.96/2004 Sb. ze dne 4.2.2004 účinný od 1.4.2004 Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů, Sbírka zákonů ČR, vydáno r. 2004, str.7 Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96>
11. 22.1.2014 <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Gamakamera>
12. 22.1.2014 <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/>
13. 22.1.2014 <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/>

- medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/
14. 22.1.2014 <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/scintilacni-kamera-planarni-a-spect/scintilacni-kamera-zakladni-konstrukce/>
  15. European Association of Nuclear Medicine, Parathyroid Scintigraphy A Technologist's Guide,  
[http://www.eanm.org/committees/technologist/tech\\_guide/tech\\_guide\\_pt\\_scint.pdf](http://www.eanm.org/committees/technologist/tech_guide/tech_guide_pt_scint.pdf)
  16. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3596153/>, Wojciech Cytawa, Jacek Teodorczyk, and Piotr Lass, Advantages of hybrid SPECT-CT imaging in preoperative localization of parathyroid glands in a patient with secondary hyperparathyroidism. A case report
  17. <http://interactive.snm.org/index.cfm?PageID=11771>, Bennett S. Greenspan, Gary Dillehay, Charles Intenzo, William C. Lavel, Michael O'Doherty, Christopher J. Palestro, William Scheve, Michael G. Stabin, Delynn Sylvestros and Mark Tulchinsky, SNM Practice Guideline for Parathyroid Scintigraphy 4.0