

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Bakalářská práce

2015

Hedvika Štichová

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při scintigrafickém zobrazení štítné žlázy

Hedvika Štichová

Bakalářská práce

2015

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hedvika Štichová**  
Osobní číslo: **Z12140**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při scintigrafickém zobrazení štítné žlázy**  
Zadávací katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

### 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. ČIHÁK, R. Anatomie 2. 3. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-802-4747-880
2. KORANDA, P., MYSLIVEČEK, M., HUŠÁK, V. Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. ISBN 80-244-0415-X
3. MÍKOVÁ, V. Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicíny. Praha: Galén, 2008. ISBN 978-80-7262-533-8
4. KRAFT, O., PEKÁREK, J. Radiofarmaka. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1
5. NAŇKA, O., ELIŠKOVÁ, M. Přehled anatomie. 2. vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0


Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kulíš


Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 7. května 2015

  
prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.  
děkan

L.S.

  
Ing. Jana Holá, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 11. března 2015

Prohlašuji:

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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 16. 1. 2015

Hedvika Štichová

**Poděkování:**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Jiřímu Kulíři, za ochotu a čas, který mi věnoval při tvorbě této práce. Ráda bych dále poděkovala zaměstnancům oddělení Nukleární medicíny ve zdravotnickém zařízení DIMED s.r.o v Chrudimi a ve Fakultní nemocnici Hradci Králové. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za podporu a oporu během studia a při tvorbě závěrečné práce.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce je zaměřena na úlohu radiologického asistenta při scintigrafickém vyšetření štítné žlázy. Práce se dělí na dvě základní části. Teoretická část popisuje především samotné scintigrafické vyšetření, informace o biologických účincích ionizujícího záření, radiační ochraně a také přístrojové technice. Praktická část popisuje úlohu radiologického asistenta při samotném scintigrafickém vyšetření.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Radiologický asistent, scintigrafie, štítná žláza, ionizující záření, radiofarmaka

## **TITLE**

The Bachelor thesis is focused on the role of radiology assistant in the proces of the scintigraphic examination of thyroid. The tesis is divided into two main sections. The theoretical part describes a scintigraphic examination, information about the biological effects of the ionizing radiation, radiological protection and related devices. Practical part describes the role radiology assistant in the scintigraphic examination.

## **KEY WORDS**

Radiology Assistant, scintigraphy, the thyroid gland, ionizing radiation, radiopharmaceuticals

## SEZNAM ILUSTRACÍ

<b>Obrázek 1 Model atomu (Wikiskripta [online], 2009)</b> .....	15
Obrázek 2 Fotoelektrický jev (Wikiskripta [online], 2011) .....	18
Obrázek 3 Comptonův jev (Wikiskripta [online], 2006) .....	18
Obrázek 4 Tvorba pozitron-elektronového páru (Wikiskripta [online], 2009) .....	19
Obrázek 5 Záření alfa (Radiobiologie [online]) .....	19
Obrázek 6 Záření beta (Radiobiologie [online]) .....	20
Obrázek 7 Záření gama (Radiobiologie [online]) .....	20
Obrázek 8 Přehled kolimátorů dle jejich otvorů (Doležal, 2014) .....	24
Obrázek 9 Přehled kolimátorů dle energie záření (Doležal, 2014) .....	25
Obrázek 10 Schéma SPECT (Ullmann [online]) .....	26
Obrázek 11 Schéma PET (Wikiskripta [online], 2005) .....	26
Obrázek 12 Vztah mezi vzdáleností a absorbovanou dávkou (Blog idnes [online]) .....	28
Obrázek 13 Štítná žláza (Wikiskripta [online], 2006) .....	35
Obrázek 14 Digestoř pro přípravu radiofarmaka .....	41
Obrázek 15 Stolek s pomůckami pro i.v. aplikaci .....	42
Obrázek 16 Počítač pro zadávání pacientů a vyšetření .....	43
Obrázek 17 Uložení pacienta při vyšetření štítné žlázy .....	44
Obrázek 18 Uložení pacienta při vyšetření štítné žlázy .....	44
Obrázek 19 Horký uzel štítné žlázy (Archiv pracoviště DIMED s.r.o) .....	45
Obrázek 20 Studený uzel štítné žlázy (Archiv pracoviště DIMED s.r.o) .....	46
Obrázek 21 Hypertyreóza štítné žlázy (Archiv pracoviště DIMED s.r.o) .....	47
Obrázek 22 Štítná žláza v normálu (Archiv pracoviště DIMED s.r.o) .....	47



## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

IZ – Ionizující záření

MeV – Megaelektronvolt

keV – kiloelektronvolt

RTG – Rentgenové

DNA – Deoxyribonucleic acid

LET – Linear energy transfer

Gy – Gray

mSv – milisievert

cm<sup>2</sup> – centimetr čtvereční

H – Vodík

OH – Hydroxid

NM – Nukleární medicína

atd. – a tak dále

tzv. – tak zvaný

U – Uran

Mo – Molibden

I – Iod

In – Indium

Ga – Gallium

Tl - Thallium

Rb - Rubidium

F – Fluor

Tc – Technecium

T <sup>1</sup>/<sub>2</sub> - Poločas rozpadu

Kr – Krypton

Ge - Germanium

ŠŽ – Štítná žláza

T3 – trijodtyronin

T4 – tetrajodtyronin

TSH - Tyrotropin

RA – Radiologický asistent

ANO – Akutní nemoc z ozáření

AP – Anteroposteriorní

<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>1. TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>13</b>
1.1. HISTORIE OBORU RADIOLOGIE.....	13
1.2. ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ POJMY .....	15
1.2.1. Atom.....	15
1.2.2. Radioaktivita.....	16
1.3. DRUHY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ .....	17
1.4. SCINTIGRAFIE.....	21
1.5. PŘÍSTROJOVÁ TECHNIKA .....	23
1.5.1. Detekce ionizujícího záření .....	23
1.5.2. SPECT – Jednofotonová emisní tomografie .....	25
1.5.3. PET – Pozitronová emisní tomografie .....	26
1.6. BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	27
1.6.1. Deterministické účinky IZ.....	29
1.6.2. Stochastické účinky IZ .....	30
1.7. RADIAČNÍ OCHRANA .....	31
1.7.1. Radiační limity .....	31
1.7.2. Uspořádání a kategorizace pracovišť nukleární medicíny .....	32
1.8. RADIOFARMAKA.....	33
1.8.1. Zdroje radionuklidů .....	33
1.8.2. Kontrola kvality radiofarmak .....	34
1.9. ANATOMIE ŠTÍTNÉ ŽLÁZY.....	34
1.10. FYZIOLOGIE.....	36
1.11. SCINTIGRAFIE ŠTÍTNÉ ŽLÁZY .....	36
1.11.1. Příprava pacienta .....	36
1.11.2. Provedení scintigrafie ŠŽ .....	37
<b>2. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
2.1. CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	39
2.2. POVINNOSTI RA NA PRACOVIŠTI NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY .....	39
2.3. POSTUP PŘI SCINTIGRAFICKÉM VYŠETŘENÍ ŠTÍTNÉ ŽLÁZY .....	39
2.3.1. Příprava pacienta před vyšetřením ŠŽ lékařem.....	39
2.3.2. Postup při přípravě radiofarmaka .....	39
2.3.3. Příprava pacienta před vyšetřením ŠŽ radiologickým asistentem .....	40
2.3.4. Chystání a aplikace radiofarmaka .....	40
2.3.5. Průběh scintigrafie ŠŽ .....	42
2.3.6. Výsledné snímky scintigrafie ŠŽ.....	45
2.3.8. Poučení pacienta o chování po vyšetření.....	47
<b>3. DISKUZE .....</b>	<b>48</b>
<b>4. ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>
<b>5. POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>52</b>

<b>6. SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
<b>7. PŘÍLOHY .....</b>	<b>55</b>

## ÚVOD

Obor radiologický asistent je obor, na kterém se studenti učí o chodu a práci na odděleních radioterapie, radiodiagnostiky a nukleární medicíny. Toto zdravotnické odvětví tvoří velice drahé a složité přístroje, se kterými musí umět manipulovat právě radiologický asistent.

Téměř každým rokem se nám vyvíjí přístrojová technika a tím i nové metody diagnostiky a terapie nádorových onemocnění a radiologický asistent toto musí dokonale ovládat. Jeho náplň je také provádění radiologických zobrazovacích postupů a aplikace ionizujícího záření při radiologickém výkonu.

Radiologický asistent se z nás stává po úspěšném ukončení tříletého studijního oboru radiologický asistent akreditovaného bakalářského studia.

Moje téma bakalářské práce, s názvem: „Úloha radiologického asistenta při scintigrafickém zobrazení štítné žlázy“, patří do oboru nukleární medicíny. Tato závěrečná práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Na začátku teoretické části popíšu základy fyziky a fyzikálních pojmů týkající se radiologie. V dalším úseku se zaměřím na scintigrafii, biologické účinky ionizujícího záření, radiační ochranu, na radiofarmaka obecně a používaná pro toto vyšetření. Na závěr dodám anatomii, okrajově i fyziologii štítné žlázy a stručný průběh tohoto vyšetření.

V praktické části popíši průběh vyšetření štítné žlázy, a jakou úlohu v tomto vyšetření zastává radiologický asistent.

Cílem této práce je přiblížit čtenářům průběh scintigrafie štítné žlázy a náplň práce radiologického asistenta.

# 1. Teoretická část

## 1.1. Historie oboru radiologie

*„Rozhodujícím momentem v rozvoji oboru radiologie a následně i oboru radiologické asistence se stal epochální objev paprsků X německým fyzikem Wilhelmem Konrádem Röntgenem (1845 – 1923) 8. listopadu 1895 ve Fyzikálním ústavu ve Würzburgu v Německu. Samotný objev byl učiněn při pokusech s katodovými trubicemi. Vědec a fyzik shrnul svůj objev v devítistránkové zprávě „O novém druhu záření“. Již po první přednášce před císařskou akademií věd v lednu 1896 v Berlíně se dostalo Röntgenovi ve vědeckém světě pozornosti a uznání. Bylo rozpoznáno, že objev má veliký dosah, a již v roce 1896 bylo publikováno na 1 000 časopiseckých sdělení o různém způsobu využití záření v medicíně. Po přednášce W. K. Röntgena navrhl Rudolf Albert Kölliker, švýcarský anatom a fyziolog, aby neznámé záření bylo pojmenováno po svém objeviteli. Ten svůj objev nedal patentovat, a lze tak konstatovat, že jej věnoval lidstvu. Mimo jiné i proto se stává po právu v roce 1901 prvním nositelem Nobelovy ceny za fyziku.*

*Epochální objev umožnil ohromný rozvoj medicínského oboru radiodiagnostika (část radiologie sloužící k diagnostice pomocí rentgenových zobrazovacích přístrojů), k němuž se díky zkonstruování dalších, i principiálně odlišných, diagnostických přístrojů připojily jiné zobrazovací metody, jako jsou ultrasonografie (US), termografie, výpočetní tomografie (CT), magnetická rezonance (MR) a v posledních letech i hybridní přístroje, mezi nimiž největšího významu v praxi nabývá v současnosti pozitronová emisní tomografie – výpočetní tomografie (PET-CT). Obecně lze konstatovat, že některé diagnostické postupy či celé metody zanikají, jiné je nahrazují. Především v 21. století nastupuje i díky globalizaci nebývalý rozvoj digitalizace a technický rozvoj všech nových perspektivních i standardních metod. Příkladem historického rozvoje metody konvenční angiografie, která byla zcela nahrazena modernější a praktičtější digitální subtrakční angiografií (DSA), ale ani ta si neudržela ve standardech místo diagnostické metody, protože byla nahrazena neinvazivními metodami, jako jsou dopplerovská US, angiografie výpočetní tomografií (CTA) a angiografie magnetickou rezonancí (MRA). Seldingerův princip využívaný při angiografiích umožnil ohromný rozvoj celé škály miniinvazivních intervenčních diapaetických nebo jen léčebných metod. Dalším příkladem historického rozvoje metody je rozvoj ultrasonografie, která dnes disponuje celou řadou technických vymožeností a variantních diagnostických možností, jakými jsou např. dopplerovská cévní vyšetření, třídímenzionální či panoramatické zobrazování, 4D*

*zobrazování a v poslední době i US elastografie a kontrastní US využívající mikrobublinové KL třetí generace. Některé metody zanikly, protože je nahradily metody citlivější, méně rizikové nebo i levnější. Příkladem prakticky zaniklých vyšetřovacích postupů mohou být lymfografie, xeroradiografie nebo termografie. Od objevu rentgenových paprsků byla učiněna řada dalších významných objevů, mezi něž patří konstrukce rentgenky, zesilovače rtg. obrazů, realizace a zavedení principů výpočetní tomografie do praxe, včetně její nejnovější modifikace, a to multidetektorového CT (MDCT). Mezi vynikající současné diagnostické metody patří dnes pro neuroradiologii prakticky nenahraditelné vyšetření magnetickou rezonancí nebo pro onkologii často rozhodující diagnostické vyšetření na PET-CT přístrojích.*

*Historie povolání radiologického asistenta sahá do přelomu 19. a 20. Století, kdy byly zkonstruovány první životaschopné rentgenové přístroje, např. v Zemských ústavech v Olomouci takový přístroj pracoval již v roce 1901. Původně střední zdravotnický pracovník musel po II. Světové válce u nás absolvovat po maturitě na střední odborné škole či na gymnáziu dvouleté nástavbové studium radiologický laborant. V devadesátých letech minulého století a na začátku třetího tisíciletí se stal radiologický laborant na vyšších odborných školách při středních zdravotnických školách diplomovaným specialistou (DiS.). Dnes jde o tříleté denní nebo kombinované vysokoškolské pomaturitní studium většinou na školách univerzitního typu bakalářského směru. Povolání přináší řadu nároků společných pro všechny zdravotnické pracovníky a vyžaduje mimořádně citlivý a ohleduplný psychologický přístup k pacientovi, ale také výjimečnou profesionalitu, exaktnost a racionalitu při vlastní odborné činnosti. Radiologický asistent pracuje u rutinních vyšetření většinou samostatně, ale výsledek jeho práce je korunován konečným efektem teprve odpovídajícími diagnostickými závěry lékaře-radiologa, s nímž musí úzce spolupracovat. Řada diagnostický i terapeutických výkonů je „de facto“ interdisciplinární metodou, v níž má radiologická asistence jako součást týmové práce svoji nezastupitelnou roli. Specifikem radiologické asistence je práce se zdroji ionizujícího záření či práce v silném magnetickém poli, což klade vysoké nároky na kvalitu odborných činností. RA musí mít hluboké teoretické i praktické znalosti, které je nezbytně nutné během života neustále prohlubovat. Každý pracovník v oboru by měl svoje znalosti obhájit při atestaci. V současnosti s ohledem na globalizační a integrační celoevropské trendy se unifikuje v rámci digitalizace přístrojová technika a specializované předpisy i nároky na radiační ochranu tak, že studium oboru připraví absolventy na vykonávání činností v oboru z celosvětového pohledu. V některých zemích Evropské unie (Velká Británie) je proškolený*

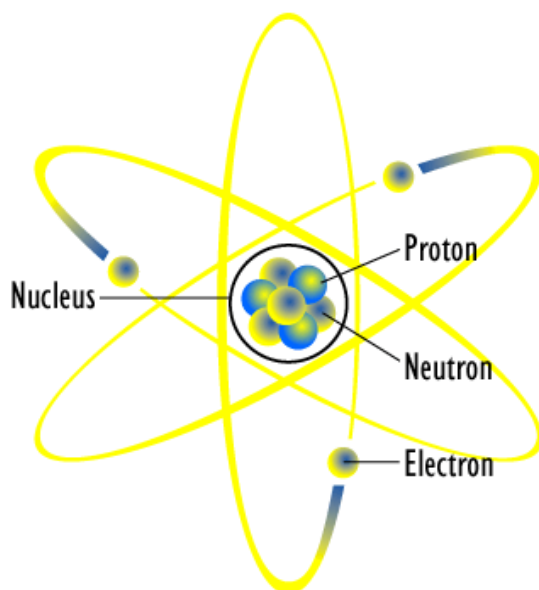
*radiologický asistent součástí vyhodnocovacího diagnostického procesu, např. při dvojím čtení screeningových mamografií“.* (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, str.11)

## 1.2. Základní fyzikální pojmy

### 1.2.1. Atom

Je považován za nejmenší částici hmoty, která je chemicky dále nedělitelná a která určuje vlastnosti daného chemického prvku.

Atom je složen z obalu a jádra. V jádře se nacházejí kladně nabitě částice protony a částice bez náboje neutrony, které jsou celkově označovány jako nukleony. Označení „ $Z$ “, neboli protonové číslo, nám udává počet protonů v jádře. Označením písmenem „ $N$ “ vyjadřujeme počet neutronů v atomu, které jsou jinak nazývané jako neutronové číslo. Písmeno „ $A$ “ je označení pro hmotnostní číslo, které nám vyjadřuje součet protonů a neutronů v atomovém jádře (viz Obr. 1) (Scripta pro studenty 2. ročníku 3. LF UK v Praze [online]).



Obrázek 1 Model atomu (Wikiskripta [online], 2009)

Pokud má atom rovný počet protonů a neutronů jedná se o nuklid. Pro nuklidy je souhrnné označení „ $X$ “. Jestliže má nuklid rovný počet protonů a odlišný počet neutronů, hovoří se o izotopech. V periodické soustavě prvků se vyskytují na stejném místě. Mají podobné fyzikální vlastnosti a stejné chemické. Izotopy mohou být dvojího typu a to stabilní a nestabilní. Pro nestabilní se užívá názvu radionuklid.



V případě že se změní počet protonů nebo neutronů, jedná se o pojem radioaktivní přeměna. Zdali přechází atom z jedné energetické hladiny na hladinu nižší za dodání energie, jde o excitaci.

V obalu atomu se nacházejí elektrony. Těchto záporně nabitých částic je za normálního stavu stejně jako nukleonů a hovoří se o elektricky neutrálním atomu. Pokud se z takového atomu vyjme, nebo naopak vloží elektron, vznikne nabitý iont.

Aby mohlo dojít k ionizaci atomu, musí být vyvinutá značná energie, neboť mezi nabitými částicemi, což jsou protony a elektrony, působí elektromagnetická síla, která drží elektrony uvnitř obalu.

### **1.2.2. Radioaktivita**

Je to proces, při kterém dochází k samovolné přeměně nestabilního jádra izotopu (jádro mateřské) na izotop se stabilním jádrem (jádro dceřinné) za současného vzniku ionizujícího záření a vzniku jiného prvku. V případě, že jsou jádra takové přeměny schopné, hovoří se o radionuklidech. Tyto radionuklidy se dělí na přirozené, které se nacházejí v přírodě a na umělé, které si sami vyrábíme. Dále tyto atomy můžeme rozdělit podle typu radioaktivní přeměny, za které vznikly: (Kupka, 2007)

- Přeměna  $\alpha$  – Tato přeměna probíhá pouze u prvků s vysokým „Z, při níž vyletuje částice  $\alpha$ , skládající se z 2 protonů a 2 neutronů.
- Přeměna  $\beta$  – Dále se dělí podle emitované částice na  $\beta^-$ ,  $\beta^+$  a elektronový záchyt. Při první přeměně  $\beta^-$  se přetváří nadbytečný neutron na proton, elektron a antineutrino, proto kvůli stabilitě musí být vyzářen jeden elektron. Při druhé přeměně  $\beta^+$  se naopak mění nadbytečný proton na neutron, pozitron a neutrino, tudíž musí být vyzářen kladně nabitý pozitron. Při elektronovém záhytu dochází k pohlcení elektronu z vnitřní slupky obalu jádrem, kde se spojí s protonem a vznikne neutron. Místo na vnitřní slupce obalu nahradí elektron z vnější slupky a současně se uvolní charakteristické záření x neboli gama záření.

Aktivitou radionuklidů je myšleno počet uskutečněných přeměn za určitý čas. Jednotkou pro tento děj je becquerel (Bq), který značí jednu přeměnu za sekundu. Bq je ovšem velmi malá jednotka, a tak se v praxi užívají její značné násobky (kBq, MBq, GBq). (Koranda, 2014)

### **Poločas přeměny**

Je to čas, za který se přemění právě polovina atomů daného vzorku. Každý radionuklid má svůj specifický poločas přeměny. V nukleární medicíně jsou užívány

především prvky s kratším poločasem rozpadu a pohybuje se od několika sekund až po desítky dnů.

### **Biologický poločas**

Tato doba určuje za jaký čas se z těla, aplikovaného pacienta radiofarmakem, biologicky vyplaví právě polovina množství tohoto prvku.

### **Efektivní poločas**

Je charakterizován dobou, za kterou radioaktivita radiofarmaka v těle pacienta klesne na polovinu, jak působením biologických účinků, tak i díky poločasu přeměny. (Kupka 2007)

## **1.3. Druhy ionizujícího záření**

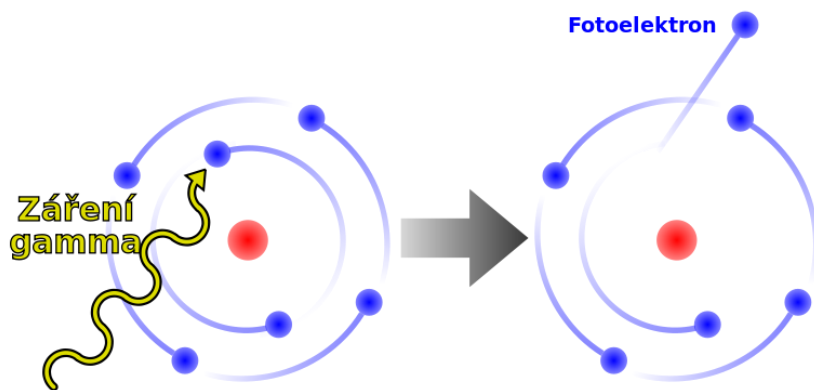
Ionizujícím zářením je souhrnně označeno záření, které má natolik velkou energii, aby dokázalo odtrhnout elektron z elektronového obalu. Za těchto podmínek vzniká kladně nabitý iont. Elektron vytržený z obalu reaguje se sousedními atomy a tím vznikají záporně nabitě ionty neboli iontový pár. Z toho vyplývá, že IZ může mít jak podobu hmotných částic, tak i podobu fotonů elektromagnetického záření. Toto záření se dělí na přímo a nepřímo ionizující záření.

Přímo ionizující záření je složeno z částic nesoucí náboj, které jsou schopny přímo ionizovat látku nárazem do elektronů v atomovém obalu a tím způsobit excitaci či ionizaci atomu. Tyto částice ztrácí energii každým svým nárazem a vzhledem ke své hmotnosti mají ve tkáni dolet pouze několik milimetrů. Mezi částice, které jsou schopny takovéto interakce s hmotou, se řadí protony, elektrony, pozitrony, částice alfa a beta.

Pokud se mluví o nepřímo ionizujícím záření, pak jde o částice bez náboje, které nejsou samy schopny ionizovat prostředí, ale nejdříve předají svojí energii částicím nabitým, které jsou dále schopné excitovat nebo ionizovat atomy. Záření opět průletem ztrácí svojí energii a to složitějšími mechanismy jako je fotoefekt, Comptonový rozptyl a tvorbou elektron-pozitronového páru.

### **Fotoefekt**

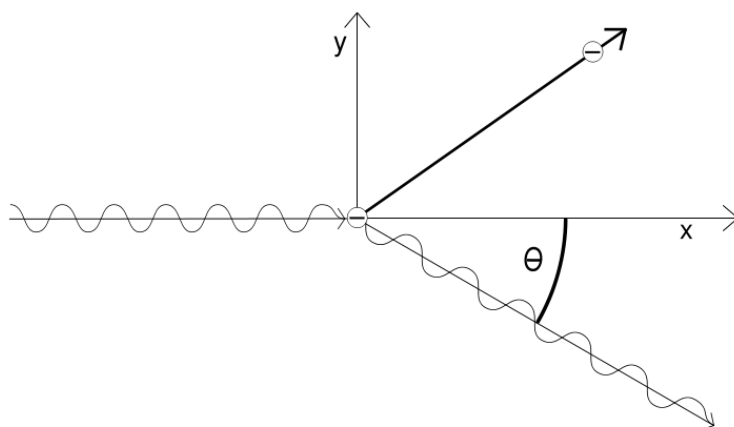
Veškerá energie IZ, jež interaguje s hmotou, je předána elektronu, nacházející se na jedné z vnitřních slupek atomového obalu (slupky blízko jádra). Tento elektron je vyražen a je nahrazen elektronem z vyšší slupky za současného uvolnění charakteristického rentgenového záření (viz Obr. 2).



Obrázek 2 Fotoelektrický jev (Wikiskripta [online], 2011)

### Comptonův rozptyl

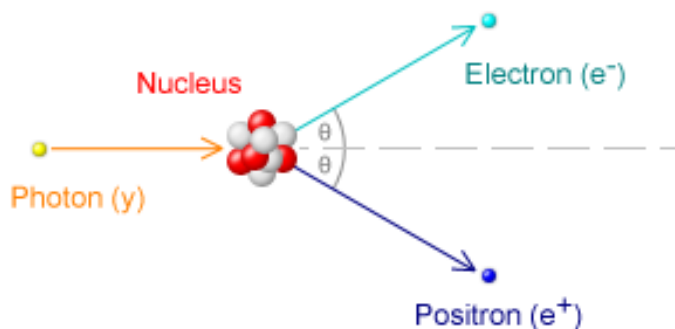
Foton IZ záření, jelikož interaguje s elektronem s nízkou vazebnou energií nacházející se na vnější vrstvě atomového obalu, předá jen část své energie tomuto elektronu a ten vyletí. Foton se sníženou energií změní směr svého letu a dále interaguje s hmotou, dokud nezanikne (viz Obr. 3)



Obrázek 3 Comptonův jev (Wikiskripta [online], 2006)

### Elektron-pozitronové páry

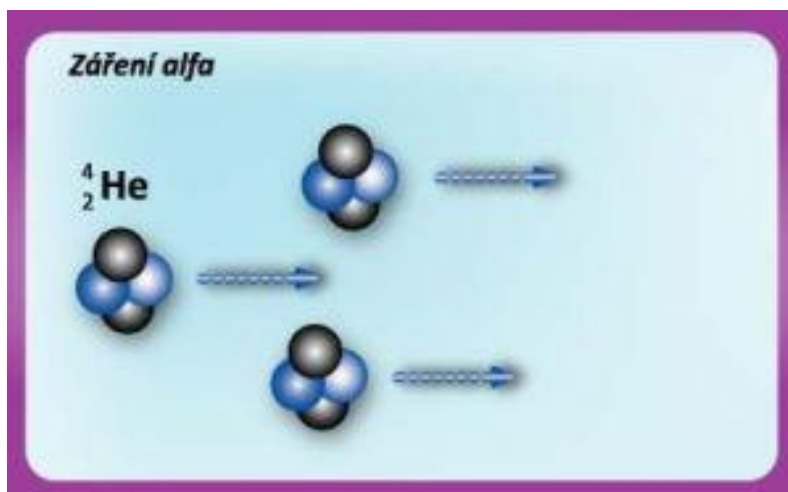
Vznikají pouze při energii překračující 1 MeV. Foton o takové energii je v blízkosti atomového jádra přeměněn na pozitron a elektron (viz Obr. 4)



Obrázek 4 Tvorba pozitron-elektronového páru (Wikiskripta [online], 2009)

### Záření $\alpha$

Částice alfa, jak už bylo zmíněno, je tvořena jádrem helia. Vzhledem k tomu, že jde o těžké částice, je dolet ve tkáni minimální (pohybuje se okolo  $\mu\text{m}$ ), ale jejich ionizační schopnost je velmi velká. Díky charakteristickému chování těchto částic se mohou použít na terapii zhoubných nádorů, avšak manipulace s nimi je velmi obtížná a jak pro pracovníky tak i pro pacienty ve větší míře použití nebezpečná (viz Obr. 5).



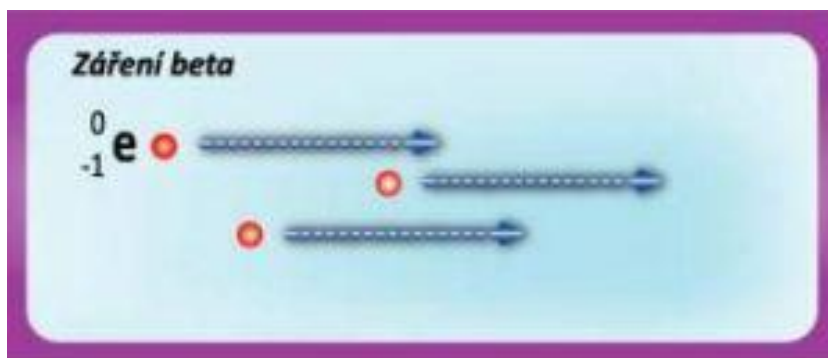
Obrázek 5 Záření alfa (Radiobiologie [online])

### Záření $\beta^-$

Je to proud elektronů, který má velice rozsáhlé rozpětí energií. Má o něco větší dosah ve tkáni než záření  $\alpha$  (okolo několika mm). Je velmi žádaný pro použití v terapii, neboť značná část energie elektronů je absorbována v cílové tkáni (viz Obr. 6).

### Záření $\beta^+$

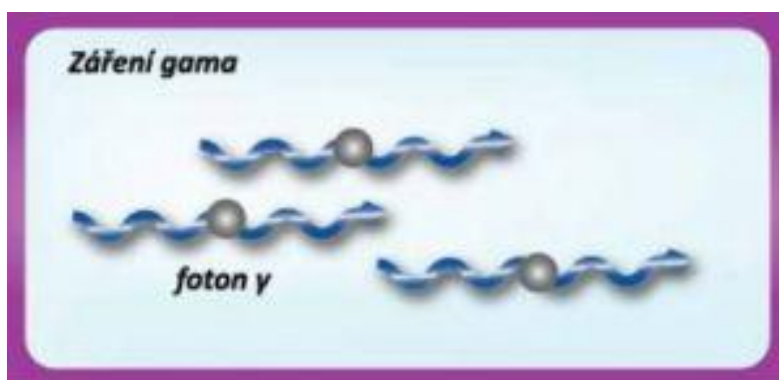
Je tvořeno pozitrony, které jsou při průchodu hmotou velice nestabilní a velmi brzy interagují s elektronem. Při anihilaci pozitronu s elektronem současně vzniká anihilační záření gama, které je tvořeno ze dvou fotonů gama o energii 511 keV a vyletují z místa anihilace v opačném směru pod úhlem  $180^\circ$  (viz Obr. 6)



Obrázek 6 Záření beta (Radiobiologie [online])

### Záření $\gamma$

Je to záření, které je tvořeno fotony o velmi vysoké energii, které mají značný dolet. Je charakterizováno jako elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou, vznikající při radioaktivních dějích (viz Obr. 7)



Obrázek 7 Záření gama (Radiobiologie [online])

### Neutronové záření

Proud volných neutronů, který může vznikat při jaderných reakcích. Částice jsou vysoce pronikavé a mohou být užity k léčbě nádorů.

### Rentgenové záření

Jinak elektromagnetické záření, které má velmi krátkou vlnovou délku. V praxi je rentgenové záření uměle tvořeno v rentgence zbrzděním rychle letících elektronů. Existují 2 typy rentgenového záření a to brzdné a charakteristické.

- Brzdné záření – Když se elektron, který je urychlovaný napětím působícím mezi katodou a anodou, přiblíží k anodě, dostává se do elektrostatického pole, což způsobí zakřivení jeho dráhy a jeho značné zpomalení. Kinetická energie, kterou elektron při zbrzdění ztratil, se vyzáří jako foton rentgenového záření o různé energii. Takovéto záření má spektrum spojité, neboť vzniklé fotony mají různou vlnovou délku.

- Charakteristické záření – Urychlené elektrony, které dopadají na anodu, interagují s elektrony ležícími na vnitřní slupce atomového obalu. Předají jim veškerou svojí energii a elektrony excitují nebo jsou ionizovány. Při excitaci se elektron vrací zpět do původního stavu. Při ionizaci musí nahradit prázdné místo elektron, který leží na slupce energeticky bohatší. V obou případech je ovšem uvolňované velké množství energie v podobě RTG záření. Toto záření má spektrum čárové. (Ullmann, 2009)

## 1.4. Scintigrafie

Je základní vyšetření v odvětví nukleární medicíny. Jedná se o celou skupinu vyšetření jednotlivých orgánových systémů.

Základem těchto vyšetření je podání radiofarmaka a následné sledování jeho rozmístění v těle a to za účelem diagnostickým. Radiofarmakum je radioaktivní látka, která má různě dlouhý poločas rozpadu, avšak v nukleární medicíně používáme pouze radiofarmaka s krátkým poločasem rozpadu.

Scintigrafii můžeme rozdělit z hlediska časového na statickou a dynamickou scintigrafii. Jestliže mluvíme o statické scintigrafii, pak to znamená, že distribuci radiofarmaka v požadované části těla můžeme detekovat až po určité době od aplikace. Buďto snímáme jedno místo z odlišných úhlů, nebo několik odlišných oblastí ze stejných nebo různých úhlů. Nejběžněji užívané projekce ve statické scintigrafii jsou:

- Předozadní AP
- Zadopřední PA
- Boční projekce levá LL či pravá RL
- Šikmá projekce levá LAO a LPO
- Šikmá projekce pravá RAO a RPO

Pokud ovšem mluvíme o dynamické scintigrafii, pak mluvíme o vyšetření, kdy se detekuje v průběhu aplikace a těsně po ní. Je to sled několika snímků daného místa detekované v různých časech. Během vyšetření můžeme nejen sledovat průběh distribuce radiofarmaka, ale také dynamické křivky a analýzy, které podávají informace o funkci orgánu.

Dále se dělí z hlediska prostorového na planární a tomografickou scintigrafii. Pomocí planární se získává dvourozměrný obraz vyšetřované oblasti v různých projekcích buď v režimu statické scintigrafie, nebo dynamické. Tomografická podává trojrozměrný obraz a jsou dva druhy:

- SPECT – jednofotonová emisní tomografie

- PET – pozitronová emisní tomografie

Z hlediska komplexnosti a interpretace scintigrafického vyšetření se rozlišuje scintigrafie na kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativní poskytuje snímky, ze kterých je vizuálně posuzováno, zda má daná oblast nějaké anomálie či defekty. Kvantitativní poskytuje obrazy, které jsou matematicky zpracovány za vzniku kvantitativních parametrů určující funkci daného orgánu. Z hlediska vztahu mezi skutečnou aktivitou radioindikátoru v organismu a jejím scintigrafickým zobrazením může být tato kvantifikace scintigrafických dat dvojího druhu:

- Relativní kvantifikace – vyhodnocující poměry počtu nastřádaných impulsů v jednotlivých částech obrazů, nebo křivky časového průběhu distribuce radioindikátoru v orgánech a jejich částech, bez nutnosti stanovení skutečné aktivity radioindikátoru. Matematickou analýzou těchto relativních dat lze získat některé důležité kvantitativní parametry relativní (např. poměry funkce levé a pravé ledviny), ale i absolutní (glomerulární filtrace ledvin, ejekční frakce srdeční komory, průtoky v [ml./sec.] apod.).
- Absolutní kvantifikace – s cílem přímého stanovení aktivity v [Bq] v orgánech a tkáních. Tato absolutní kvantifikace vyžaduje pečlivou kalibraci daným radionuklidem, fantomová měření, korekci na atenuaci a rozptyl záření. Absolutní kvantifikace se provádí poměrně zřídka, má uplatnění především při plánování a monitorování radionuklidové terapie. (Ullmann, 2009)

Výsledné snímky se nazývají scintigramy, které zobrazíme scintilační kamerou. Díky scintigrafickému vyšetření můžeme zobrazovat funkci jednotlivých orgánů a to nám mnohdy pomáhá zamezit změnám či poruchám struktury, protože porucha funkce bývá často předchůdce změnám struktury.

Při takovémto vyšetření není nutná žádná náročná příprava pacienta, některé pouze vyžadují, aby byl pacient nalačno. Vyšetření je velice jednoduché, pro pacienta nebolestivé a přílišně nezatěžujeme ionizujícím zářením. Mezi nejčastější scintigrafická vyšetření patří scintigrafie ledvin, štítné žlázy a příštítných tělísek, myokardu, plic, skeletu a jícnu. (Kupka, 2007)

## 1.5. Přístrojová technika

### 1.5.1. Detekce ionizujícího záření

Pro různá odvětví existuje mnoho různých detektorů, které se navzájem liší způsobem užití a stavbou. Pro nukleární medicínu jsou užívány především scintilační detektory, méně obvykle také ionizační komory, Geiger-Müllerovy počítáče, nebo proporcionální detektory. (Koranda, 2014)

Ionizační komory se na oddělení používají pro měření aktivity radiofarmak, jež se poté aplikují pacientovi. Komory fungují na principu ionizace plynové náplně a následné detekce. Na stejný způsob jsou založeny Geiger-Müllerovy a proporcionální detektory, jež se používají pro detekci beta a gama záření. Jsou využívány do přístrojů pro ochrannou dozimetrii.

Scintilační detektor je v první řadě tvořen luminiscenčním scintilačním krystalem, který zachycuje gama a rentgenové záření. Po dopadu ionizujícího záření dochází k excitaci elektronů tohoto krystalu a následně k jejich deexcitaci za současného vyzařování fotonů viditelného světla. Záblesk viditelného světla je tvořen stovkami sekundárních elektronů, které jsou dále převedeny na elektrický impuls fotonásobičem, jenž přiléhá na scintilační krystal. Fotony je potřeba přeměnit na elektrony, což umožní fotokatoda, která přiléhá na vstupní okénko fotonásobiče. Poté následuje soustava dynod. Ty slouží jako elektronové zesilovače díky kladnému napětí, které je na ně přiváděno. Každým dopadem elektronů na dynodu se jejich počet znásobí a na konci je díky tomu získán dobře měřitelný elektrický impuls. (Mysliveček, Kamínek, Koranda, Hušák, 2007)

Pro získání kvalitního obrazu se užívají kolimátory, které ještě před dopadem na scintilační krystal vychytávají fotony nežádoucího směru. Rozdělují se podle uspořádání otvorů, dle energie záření, rozlišení a citlivosti. Nejčastěji užívaný typ je takzvaný LEHR s paralelními otvory, pro nízké energie a s vysokým rozlišením. (Koranda, 2014)

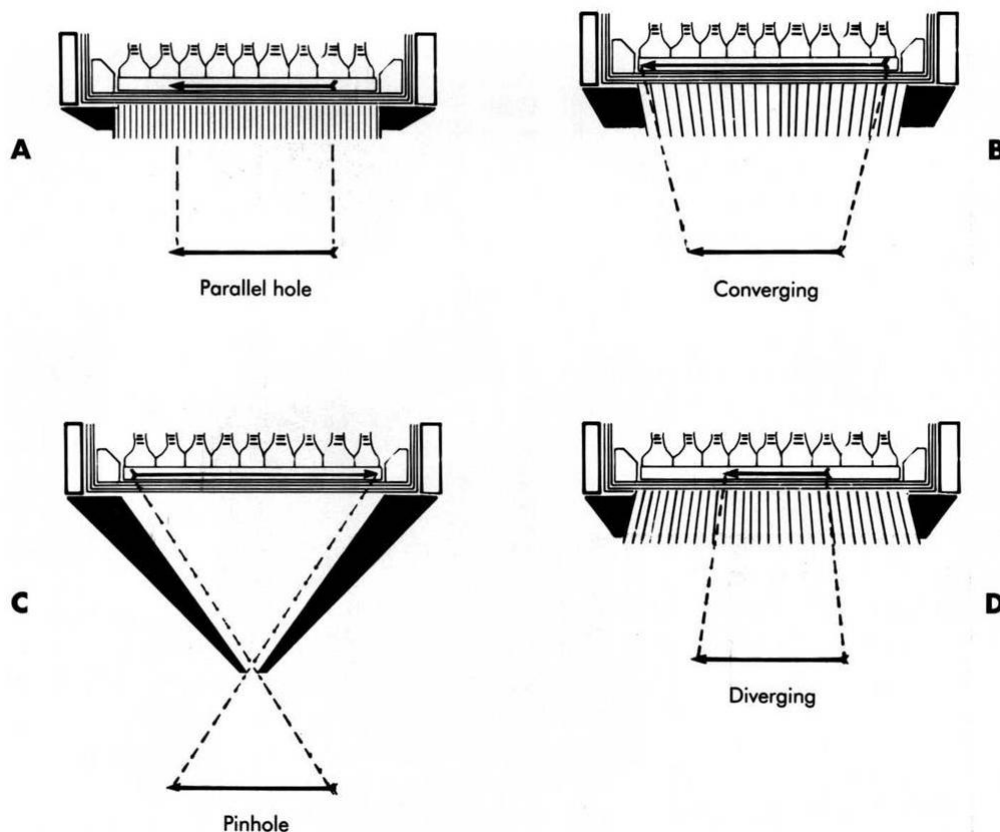
#### Dělení kolimátorů:

##### 1. Podle uspořádání otvorů (viz Obr. 8)

- Kolimátory s paralelními otvory – Jsou tvořeny tisíci až desetitisíci otvorů, které jsou kolmé ke scintilačnímu krystalu a zároveň k sobě rovnoběžné. Takovéto kolimátory tvoří obraz s reálnou velikostí zobrazované oblasti
- Kolimátor Pinhol – Je tvořen jedním otvorem. Tvoří obraz převrácený a zvětšený. Zvětšení však závisí na vzdálenosti otvoru od vyšetřované oblasti a otvoru od scintilačního krystalu.



- Kolimátor divergentní – Má otvory rozbíhající se směrem od ohniska. Poskytuje nám obraz zmenšený a to z důvodu, že dříve měly gamakamery malé zorné pole a velké orgány se tam nevešly.
- Kolimátor konvergentní – Má otvory sbíhající se a směřující do ohniska. Poskytuje nám, na rozdíl od divergentních, obraz zvětšený. Používaly se na zobrazení malých orgánů jako např. srdce, aby se využilo celé zorné pole.
- Kolimátor fan beam – Je to kombinace otvorů paralelních a konvergentních, které mají vysokou citlivost a dobré rozlišení i ve větší vzdálenosti od těla. Někdy se využívají při SPECT mozku a myokardu.



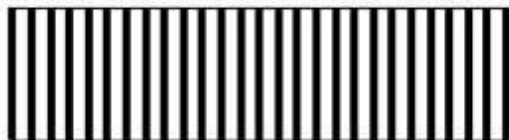
Obrázek 8 Přehled kolimátorů dle jejich otvorů (Doležal, 2014)

## 2. Podle energie záření gama (viz Obr. 9)

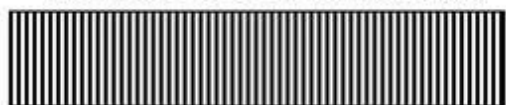
- Pro velmi vysoké energie – Mají široké přepážky a velmi masivní konstrukci. Užívají se pro anihilační záření o energii 511 keV.
- Pro vysoké energie (HE – high energy) – Mají také široké přepážky a masivní konstrukci avšak jsou používány nejčastěji u  $^{131}\text{I}$  o energii 364 keV.
- Pro střední energie (ME – medium energy) – Požívají se pro energie od 150 keV až do 300 keV, např. u  $^{111}\text{In}$  nebo  $^{67}\text{Ga}$ .

- Pro nízké energie (LE – low energy) – Mají velký počet drobných otvorů s tenkými přepážkami. Využívají se u energií nižších než 150 keV. Nejčastěji je to  $^{99m}\text{Tc}$  o energii 140 keV.

**Kolimátor pro vysoké energie**



**Kolimátor pro střední energie**



**Kolimátor pro nízké energie**



Obrázek 9 Přehled kolimátorů dle energie záření (Doležal, 2014)

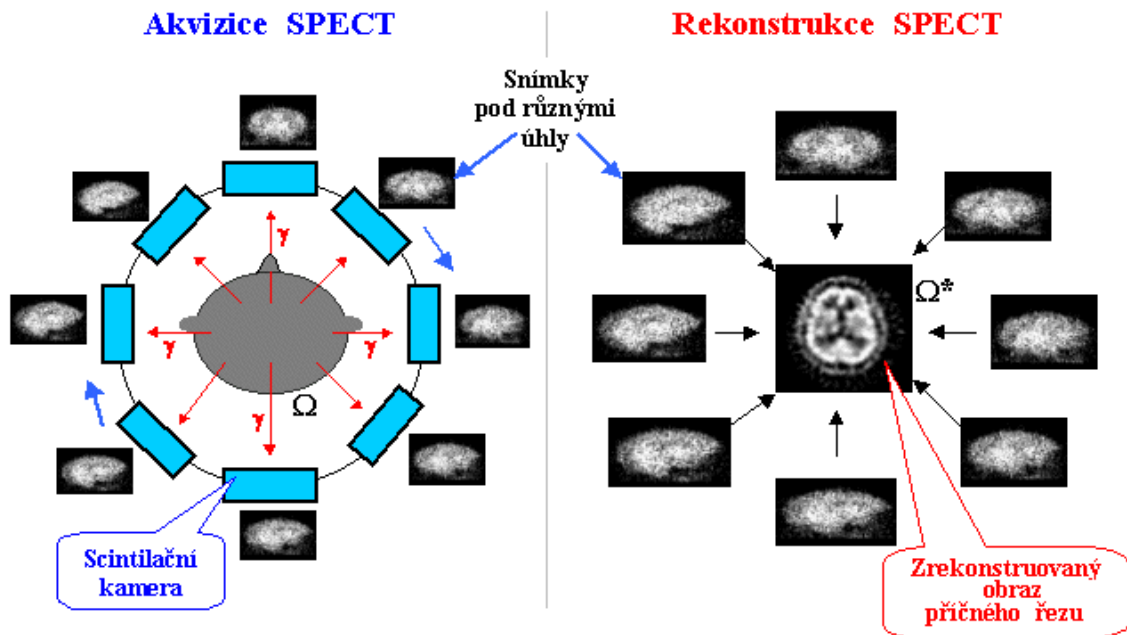
### 3. Podle rozlišení a citlivosti kolimátorů pro nízké energie

- Kolimátory s vysokou účinností (HS – high sensitivity) – Mají otvory krátké a o něco větší, aby bylo detekováno co nejvíce fotonů. Kolimátor má sice vysokou účinnost, ale na druhou stranu má špatnou rozlišovací schopnost, která se s vzdáleností zhoršuje.
- Kolimátory s vysokým rozlišením (HR – high resolution) – Mají otvory delší a o něco drobnější s tenkými přepážkami. Propouštějí pouze malé množství záření a proto má vysoké rozlišení, ale naopak má velmi malou detekční účinnost.
- Kolimátory s ultra-vysokým rozlišením (UHR – ultra high resolution) – Mají otvory podlouhlé, drobné a s tenkými přepážkami. Tím poskytují velmi vysokou rozlišovací schopnost, ale bohužel velmi nízkou detekční účinnost.
- Kolimátory s vhodným kompromisem (LEAP – low energy all purpose) – Jsou to univerzální kolimátory. (Ullmann, 2009)

### 1.5.2. SPECT – Jednofotonová emisní tomografie

Emisní znamená, že při této tomografii se detekuje gama záření, které je emitováno z radiofarmaka, které se nachází v těle pacienta. Základním komponentem je detektor. V současné době se využívají přístroje se dvěma detektory. Ty se otáčejí okolo pacienta a

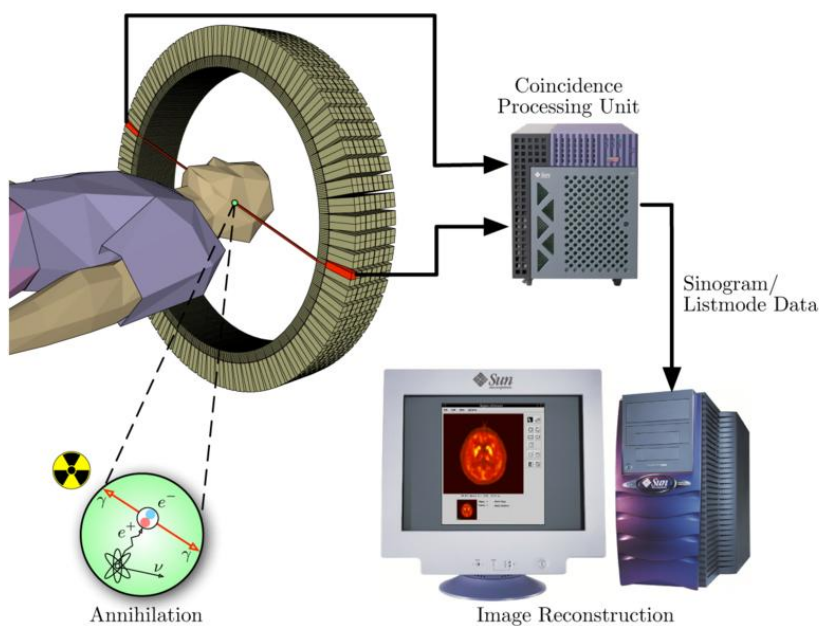
získané snímky z jednotlivých úhlů se ukládají do počítače. Počítač zrekonstruuje obrazy a získáme tak příčné řezy a trojrozměrný obraz distribuce radiofarmaka (viz Obr. 10).



Obrázek 10 Schéma SPECT (Ullmann [online])

### 1.5.3. PET – Pozitronová emisní tomografie

U takového vyšetření se používá pozitronový zářič. Při rozpadu  $\beta^+$  radiofarmaka dojde ke vzniku pozitronu, který za velmi krátký čas anihiluje s elektronem. Anihilací vzniknou dva fotony o stejné energii 511 keV letící opačným směrem pod úhlem  $180^\circ$  a jsou současně detekovány detektory. Dále dochází k počítačové rekonstrukci a ke vzniku obrazů vyšetřované oblasti (viz Obr.11). (Koranda, 2014)



Obrázek 11 Schéma PET (Wikiskripta [online], 2005)

## 1.6. Biologické účinky ionizujícího záření

IZ je záření o velmi vysoké energii, které je schopné z obalu atomu vyrážet elektrony a tím způsobovat ionizaci látek.

Poznatky získávané o škodlivých účincích IZ byly zpozorovány v době krátce po objevení rentgenových paprsků a přírodní radioaktivity což jsou 90. léta 19. Století. Rentgenové záření se velmi rychle začalo používat v diagnostice a léčbě některých onemocnění, a proto se musela začít zavádět různá pravidla na ochranu před nežádoucími účinky ionizujícího záření.

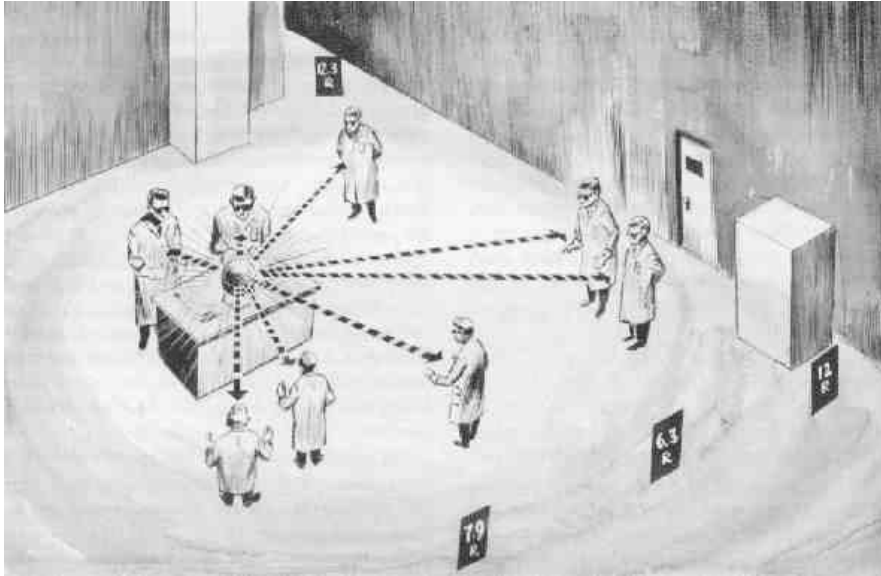
*„Při průchodu fotonů gama nebo rentgenového záření tkání může dojít ke třem událostem v závislosti na energii:*

- *Fotony procházejí tkání bez interakce, aniž dojde k jejich rozptylu nebo absorpci,*
- *Fotony jsou na své dráze zastaveny předáním veškeré své energie elektronům atomového obalu (atom neionizován); dojde k jejich úplné absorpci fotoefektem,*
- *Fotony změni svůj směr a ztratí jen část energie při Comptonově rozptylu na elektronech atomového obalu (atom je rovněž ionizován); jedná se o částečnou absorpci fotonů.“* (Mysliveček, Kamínek, Koranda, Hušák, 2007, str. 49)

V posledních dvou událostech dochází k neúplné nebo úplné absorpci energie rentgenového záření nebo gama záření ve tkáni. Zmíněný stav je charakterizován veličinou nazývanou absorbovaná dávka. Tuto dávku označujeme symbolem D, kde jednotkou je joule na kilogram. Je-li tato dávka ionizujícího záření absorbována, pak užíváme označení gray, zkráceně Gy. Pro gray platí, že  $\text{Gy} = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Tato jednotka je pro praxi v radiodiagnostice a nukleární medicíně příliš velká, a tak se běžně užívají miligray ( $10^{-3}$  Gy) a mikrogray ( $10^{-6}$  Gy) (Mysliveček, Kamínek, Koranda, Hušák, 2007). Absorbovaná dávka je ovlivňována několika faktory (viz Obr. 12):

- Časem expozice
- Vzdáleností od zdroje
- Ochranou (stíněním)

(Kupka, 2007)



**Obrázek 12** Vztah mezi vzdáleností a absorbovanou dávkou (Blog idnes [online])

Ionizace a excitace atomů a molekul jsou procesy, ve kterých probíhá absorpce energie IZ.

Dle průběhu můžeme účinek rozdělit do dvou skupin:

- Přímý účinek – k ionizaci dochází přímo v molekule DNA nebo v jiné makromolekule. K takovému účinku dochází nejčastěji u částic, které mají při průletu vysoký LET.
- Nepřímý účinek – nastává při vzniku radikálů H a OH, což jsou produkty radiolýzy vody, které mohou poškodit biologicky důležité molekuly jako je DNA. K takovému účinku dochází naopak při průletu částic s nízkým LET.

Při průchodu částice s vysokým LET jádrem buňky může dojít k úplnému zlomu dvojvlákna DNA. Naopak při průchodu částice s nízkým LET, což je například rentgenové nebo gama záření, může dojít ke zlomu jednoho vlákna v molekule DNA.

Po velkém poškození molekuly DNA může nastat až reprodukční smrt buňky, ke které dochází při neschopnosti dělení. Dále může docházet k mutacím neboli poruchám genetické informace buňky. Mutace rozdělujeme na somatické a genetické. Somatické mutace jsou spjaty s maligními transformacemi a zasahují pouze osobu ozářenou. Genetické mutace se ovšem týkají zárodečných žláz a mohou postihovat i další generaci ozářené osoby.

Každý z těch dějů je ovlivňován radiosenzitivitou dané tkáně. Radiosenzitivita je citlivost určité tkáně na ionizující záření, které má za příčinu vznik poškození tkání. Tato citlivost je pro každou tkáň různá. Mezi nejcitlivější, radiosenzitivní tkáně patří tkáně, jejichž buňky se rychle dělí a jsou málo diferencované, jsou to například kostní dřeň, střevní

epitel nebo samčí gonády. Naopak nejméně citlivé tkáně na IZ jsou označovány, jako radiorezistentní orgány. Do této skupiny patří struktury, jako je srdce nebo nervové buňky.

### **1.6.1. Deterministické účinky IZ**

Deterministické účinky jsou dány buněčnými ztrátami, které dále ovlivňují celou tkáň. Je to poškození lokalizované, které se vyznačuje určitými charakteristikami:

- Různé tkáně mají různý dávkový práh neboli dávku, u které dochází k poškození tkáně.
- Čím více stoupá dávka, tím se zvyšuje i procento zasažených jedinců a závažnost poškození tkání.
- Účinek se projeví pouze krátce po ozáření (jedná se o několik dnů až týdnů).
- Pro poškození mohou existovat reparace a obnova poškozených tkání.
- Dle závažnosti dělíme poškození na reparabilní, progresivní a trvalé.

#### **Akutní nemoc z ozáření (ANO)**

Tento deterministický efekt se projeví po jednorázovém ozáření větší dávkou celého těla nebo jeho velké části. Dávku může mít za příčinu jak vnější zdroj, tak i vnitřní kontaminace. ANO může mít několik stádií, které závisí na výši dávky.

- Hematologická dřeňová forma má prahovou dávku 3-4 Gy po ozáření celého těla. Avšak prvotní příznaky se mohou objevit již při dávce 1 Gy. Jako vůbec první příznaky můžeme pozorovat nevolnost, bolest hlavy, skleslost, dehydratace organismu, apatie. Následuje latence, která trvá několik dní. Po tomto období nastává zhoršení stavu s projevy vlastního onemocnění a to je krvácení ze sliznic, sepse, poškození krevetvorby, zhroucení obranných a imunitních organismů. Po 6-8 týdnech, není-li dávka příliš vysoká, nastávají známky postupného zlepšení stavu.
- Gastrointestinální (střevní) forma se projeví po celotělovém ozáření vyšší dávkou než 6 Gy. Časné potíže jsou daleko výraznější a závažné potíže nastupují již 4. -7. den po ozáření. Mezi příznaky patří krvácení do střev, krvavé průjmy, ileus nebo střevní perforace.
- Kardiovaskulární forma nastává při dávce na úrovni 20 Gy, kdy závažnost příznaků, v časném období, je natolik velká, že se po velmi krátké době objeví metabolický rozvrat, srdeční selhání a kóma.

- Neuropsychická forma nastupuje při dávkách vyšších než 50 Gy. Po nespecifických příznacích nastupuje psychická dezorientace, zmatení, křeče a bezvědomí. Při této formě nemocný umírá.

### **Akutní lokální poškození**

K poškození dochází především při radiačních nehodách v zařízeních, jež používají zdroje vnějšího záření. V situaci, kdy byl zdroj velmi blízko nebo se dokonce dotýkal kůže, vzniká radiační dermatitis. Lokální poškození dělíme na 3 stupně:

- Erytematózní dermatitis, kde dávka v kůži je asi 2-4 Gy. Po několika týdnech se objevuje zarudnutí kůže spjaté se zánětlivou exsudací v koriu. Po dávce 3 Gy dočasná epilace.
- Deskvamativní dermatitis, která vzniká po ozáření cca 20 Gy. Již po několika hodinách pozorujeme kožní časný erytém a do několika týdnů pozdní erytém.
- Nekrotická dermatitis převyšuje dávku 50 Gy. Zasahuje hlubší vrstvy kůže. Vznikají vředy, které jsou následkem cévních změn a infekce.

Dále nám může vzniknout katarakta (zánět oční čočky), kde prahová dávka je 1,5-2 Gy a v poslední řadě je to poškození fertility. Mužské pohlavní orgány jsou citlivější než ženské. Přechodná fertilita u mužů je pozorována již při dávkách 0,1- 0,3 Gy a trvalá ztráta při dávce nad 3 Gy.

### **Poškození embrya či plodu**

Výše poškození plodu závisí nejen na absorbované dávce, ale také na uplynulé době od oplodnění.

V prvních dvou týdnech je to buď vše, nebo nic. Od následujícího týdne až po týden patnáctý musíme dbát na nejvyšší opatrnost. Ovšem ozáření v kterémkoliv období gravidity je vždy doprovázeno rizikem vzniku zhoubných nádorů a leukémie. (Myslivoček, Kamínek, Koranda, Hušák, 2007)

### **1.6.2. Stochastické účinky IZ**

Jinak je také nazýváme pravděpodobnostní, neboť pravděpodobnost jejich výskytu stoupá s rostoucí dávkou. Avšak pro stochastické účinky neexistuje prahová dávka. Do této skupiny patří vznik zhoubných nádorů a genetické (dědičné) účinky. V populaci lze tyto změny předvídat, nikoliv však rozpoznat v jednotlivých případech.

*„Koncepce radiační ochrany u stochastických účinků je založena na platnosti lineární bezprahové závislosti pravděpodobnosti těchto účinků na efektivní dávce.“* (Kupka, 2007, str.

25). Popsaná koncepce je vyjádřena přímkou, u které předpokládáme, že linearita závislosti je přibližně do 100 mSv. (Kupka, 2007)

## 1.7. Radiační ochrana

Principy a zásady radiační ochrany se aplikují všude, kde přicházíme do styku s ionizujícím zářením. Chrání zdraví nejen personálu, ale i pacientů. Tyto zásady jsou zapsány v atomovém zákoně č.18/1997 Sb. „*O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, který upravuje způsob využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky vykonávání činnosti souvisejících s využíváním jaderné energie a činnosti vedoucích k ozáření, systém ochrany osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření, povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod, zvláštní požadavky pro zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných škod, podmínky zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady, výkon státní správy a dozoru při využívání jaderné energie, při činnostech vedoucích k ozáření a nad jadernými položkami a stanovuje principy zdůvodnění, optimalizace a ozáření a nad jadernými položkami a stanovuje principy zdůvodnění, optimalizace a limitování.*“ (Sbírka zákonů ČR, str.1). Dále jsou vyjádřeny ve vyhlášce o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. Cíl radiační ochrany je stanoven tak, aby zajišťoval ochranu zdraví před IZ. Jinak řečeno je to snaha o naprosté vyloučení deterministických účinků IZ a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků IZ na co nejmenší možnou úroveň. (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 1999)

### 1.7.1. Radiační limity

Slouží k usměrňování expozice a k zamezení škodlivých účinků IZ. Tyto limity jsou hraniční hodnoty dávek, které jsou stanovené pro čtvrtletí, rok a 5 let. Dělíme je do 4 skupin:

- Obecné limity – platné pro obyvatele. Za rok nesmí překročit limit 1 mSv a za 5 let po sobě jdoucích je to hodnota 5 mSv. Pro oční čočku platí, že ekvivalentní dávka nesmí být vyšší než 15 mSv za rok a pro kůži je to pak dávka 50 mSv stanovená pro 1 cm<sup>2</sup>.
- Limity pro radiační pracovníky – rozumíme tím profesní ozáření. Roční limit pro radiační pracovníky je 50 mSv a 100 mSv za 5 po sobě následujících let. Dále platí, že ekvivalentní dávka v oční čočce nesmí překročit 150 mSv za rok a v 1 cm<sup>2</sup> kůže průměrně 500 mSv za rok.



- Limity pro učně a studenty - stanoveny pro studenty, kteří v rámci studia přijdou do styku s IZ. Za jeden rok je stanoven limit pro efektivní dávku 6 mSv. Pro oční čočku platí ekvivalentní dávka 50 mSv/rok a v 1 cm<sup>2</sup> kůže 150 mSv/rok.
- Omezování ozáření ve zvláštních případech – osoby přicházející do kontaktu s pacienty, kterým byly aplikovány radionuklidy. Stanovena je dávka pro dítě 1 mSv/rok a pro dospělé 5 mSv/rok. (Hušák, 2009)

### 1.7.2. Uspořádání a kategorizace pracovišť nukleární medicíny

Oddělení nukleární medicíny je rozděleno do tří částí. První část je laboratorní úsek, kde se přijímají radiofarmaka a dále upravují. Druhá část je ambulantní – úsek pro diagnostiku radionuklidy. Poslední část je lůžková, kde probíhá léčba hospitalizovaných a ne na každém oddělení musí být.

Pracoviště NM, nakládající s jednoduchými zdroji IZ, se dále dělí do I. - III. kategorie, podle typu prací a aktivit radionuklidů. Do I. kategorie patří samotné oddělení NM, pokud zaměstnanci pracují pouze s jednoduchými zdroji IZ. Naopak lůžková část, kde se pracuje s vysokými aktivitami IZ, se řadí do kategorie III. Dle daných ustanovení je pracoviště povinné mít určité zařízení pro práci s otevřenými zářiči jako je například speciální kanalizace, izolační a ventilační vybavení atd.

Všude, kde by mohla být roční efektivní dávka pracovníků vyšší než 6 mSv nebo by mohla překročit jednu třetinu roční ekvivalentní dávky na oční čočku, končetiny a kůži, se musí vymezovat tzv. kontrolované pásmo. Osoby vstupující do tohoto pásma musejí být plnoletí, musí být poučené a smí tu pracovat pouze pracovníci kategorie A. *„Přísný zákaz mají vstupovat těhotné ženy a osoby mladší 18 let, kromě pacientů, kteří se na těchto pracovištích mají podrobit lékařskému ozáření, a kromě osob, které na těchto pracovištích pracují nebo se připravují na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření.“* (Vyhláška 307/2002 Sb. v platném znění, §30, odstavec 5)

Další pásmo nacházející se na NM je tzv. sledované pásmo. Označuje se tam, kde je předpokládáno, že efektivní dávka 1 mSv by mohla být překročena a ekvivalentní dávka pro oční čočku, kůži a končetiny by mohla převýšit jednu desetinu z roční dávky. Pro tento úsek nejsou tak přísné omezení. Jedná se například o čekárnu nebo o jiné prostory mimo kontrolované pásmo. Ve sledovaném pásmu mohou pracovat jak pracovníci kategorie A, tak i pracovníci kategorie B. (Mysliveček, Kamínek, Koranda, Hušák, 2007)

## 1.8. Radiofarmaka

Radiofarmaka jsou látky, které jsou používány na pracovištích nukleární medicíny. Ionizující záření, které je z této sloučeniny vyzařováno, má za následek účinná složka radionuklid a tím se odlišují od obyčejných farmak. Aplikují se pacientům ze dvou důvodů a to buď z terapeutického hlediska, nebo diagnostického. Podle aplikace dělíme radiofarmaka na tři skupiny:

- perorální
- parenterální
- inhalační

Nejpoužívanější metodou aplikace je parenterální (nitrožilní), kterou může provést pouze kvalifikovaný pracovník.

### 1.8.1. Zdroje radionuklidů

V radiofarmaku jsou obsaženy dvě složky a to radionuklid a neaktivní látka, která funguje v těle jako transport. (Kupka, 2007)

Radionuklidy používané v NM jsou získávány ze třech různých zdrojů:

- Výroba v jaderných reaktorech – Tyto reaktory můžeme podle uvolňování jaderné energie rozdělit na štěpný jaderný reaktor a fúzní jaderný reaktor. Ve štěpném reaktoru dostáváme energii pomocí štěpení těžkých jader jako je například  $^{235}\text{U}$ . Při štěpení vznikají neutrony, které ozařují neradioaktivní prvky. Tímto způsobem získáváme například  $^{99}\text{Mo}$  a  $^{131}\text{I}$ . Fúzní reaktor pracuje na principu slučování lehkých jader. Tento princip je však ještě nedokonalý a v praxi se nevyužívá.
- Výroba v urychlovači – Urychlovač neboli cyklotron je složen ze tří důležitých částí: silný elektromagnet, zdroj napětí o vysoké frekvenci, urychlovací kruhová komora s dvojicí dutých urychlovacích elektrod. Těžké nabitě částice se pohybují v dutém prostoru a jejich směr je zakřívován, přibližně do spirály, působením magnetického pole. Elektrody jsou napojeny na vysokofrekvenční elektrický střídavý proud a tím způsobují urychlování částic při přechodu z jedné elektrody do druhé. S rostoucí rychlostí roste i poloměr spirály až dojde ke střetu nabitých částic s terčíkem. Zde získáváme radionuklidy  $^{111}\text{In}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{81}\text{Rb}$ ,  $^{18}\text{F}$  a další.
- Výroba v elučních generátorech – Radionuklidový generátor používáme pro získávání dceřiného prvku, který má několikrát kratší poločas rozpadu než prvek mateřský, z něhož je vyráběný. Nejčastěji používaný generátor je  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Základním

komponentem je olovem stíněná kolonka, ve které je obsažen mateřský nuklid  $^{99}\text{Mo}$  ( $T_{1/2}$  66 hod). Základ dceřiného prvku  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  získáme po záchytu molybdenu amonného sorbentem – kysličníkem hlinitým. Následně  $\beta^-$  rozpadem vzniká pertechnetátový iont  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ . Poté se kolonka pouze vymyje sterilním roztokem za vzniku  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  a ten je natažen do olovem stíněné vakuové lahvičky. Mezi další důležité generátory řadíme  $^{81}\text{Rb}$ - $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ,  $^{68}\text{Ga}$ - $^{68}\text{Ge}$ , atd. Pro svou jednoduchost a cenovou dostupnost jsou dnes eluční generátory velice žádané. (Ullmann, 2009)

### 1.8.2. Kontrola kvality radiofarmak

Při kontrole radiofarmak nám kromě požadavků, které jsou kladeny na běžná léčiva, přibývají ještě jiné testy, kterými jsou ověřovány aktivity a čistota radiofarmaka. Měření aktivity se provádí pomocí kalibrátoru, který je vybavený studnovou ionizační komorou. Čistotu radioaktivních látek dělíme na:

- Radionuklidová čistota – Zjišťuje se, z kolika procent obsahuje dané radiofarmakum nežádoucí radionuklidy pomocí spektrometrie. Nežádoucí příměsi mají za následek nadměrné ozáření pacienta a to je hlavní důvod, proč se měří radionuklidová čistota.
- Radiochemická čistota – Kontroluje se, zda radionuklid není obsažen ještě v jiné chemické sloučenině. Pokud se toto prokáže, označuje se sloučenina jako radiochemicky nečistou. Tyto nečistoty mají nežádoucí vliv na výsledky vyšetření v NM. (Koranda, 2014)

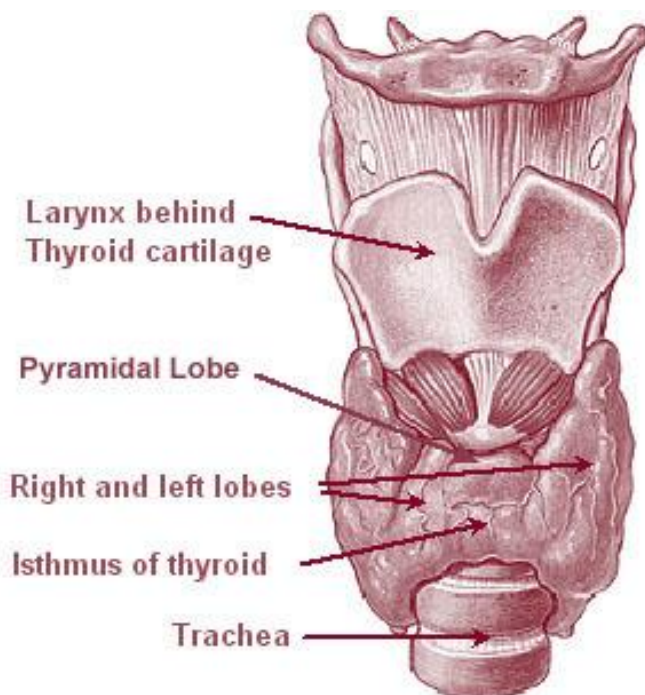
### 1.9. Anatomie štítné žlázy

Štítná žláza (ŠŽ) je žláza s vnitřní sekrecí. Je složena ze dvou laloků, lobus dexter a sinister, které mají tvar trojbokého jehlanu. Baze štítné žlázy leží kaudálně a její hrot míří kraniálně. Laloky jsou mezi sebou spojeny můstkem neboli isthmem a dohromady spolu tvoří písmeno H. Isthmus má tvar podobný čtverci, který je uložený na přední části trachey. Tento spojovatel však může chybět. ŠŽ těsně přiléhá na bok trachey, horní část i k hrtanu a dozadu dosahuje až k jícnu. Žláza má dva listy vazivového pouzdra a to povrchové a zevní. Povrchové těsně přiléhá na ŠŽ a zevní dělí žlázu na lalůčky, je tenké a průsvitné a někdy je také nazýváno jako nepravé či chirurgické. Mezi oběma těmito listy jsou cévní pleteně štítné žlázy. Vnější strany laloků jsou kryty svaly jazyky a zadní stranou se dotýkají nervově cévního krčního svazku (Naňka, Elišková, 2009).

ŠŽ má červenohnědou někdy až červenofialovou barvu. Její povrch je většinou hladký nebo lehce hrbolatý s náznakem rýsování lalůčků. Jeden lalok za normálních okolností měří okolo 5-8 cm, je široký 2-4 cm a tlustý 1,5-2,5 cm. Pravý lalok často bývá větší než levý. Hmotnost žlázy je 30-40 g, ale ta je velmi individuální. Hmotnost i velikost záleží na příjmu jódu, tělesné hmotnosti, pohlaví a věku jedince. Dospělá žena má žlázu větší než muž, ale stářím se zmenšuje.

Již zmiňované lalůčky jsou složeny z uzavřených váčků, folikulů. Váčky jsou sestavené z jednovrstevného epitelu, který je různého typu a to buď krychlový, cylindrický nebo plochý, mezi kterými výška epitelu kolísá. Z výšky epitelu velice dobře poznáme aktivitu štítné žlázy, je to jedna z metod na určování aktivity v různých podmínkách prostředí, jako je například teplota. Vliv na výšku má také velikost folikulu, větší mají nižší epitel a naopak menší mají vyšší epitel. Dále se ve váčcích nachází koloid, který je produkován buňkami folikulů. Koloid je tvořen tyreoglobulinem, na který se vážou hormony ŠŽ. Druhý typ buněk, tvořící ŠŽ, se nazývají parafolikulární, které leží mezi buňkami folikulů. Tyto buňky produkují kalcitonin (Čihák, 2002)

Žláza je výborně cévně zásobena. Od prokrvení štítné žlázy se odvíjí i její barva. Zásobení pochází ze dvou hlavní zdrojů a to z a. thyroidea superior, která je větví a. carotis externa, a z a. thyroidea inferior, která je větví a. subclavia. Z žilního systému vznikají pleteně. Tyto pleteně se sbíhají mezi listy pouzdra štítné žlázy a odtud začínají odtékat jako v. thyroidea (viz Obr. 13) (Naňka, Elišková, 2009).



Obrázek 13 Štítná žláza (Wikiskripta [online], 2006)

## 1.10. Fyziologie

ŠŽ produkuje hormony trijodtyronin (T3), tyroxin nebo-li tetrajodtyronin (T4) a již zmiňovaný kalcitonin. T3 a T4 se váží na tyreoglobulin uvnitř sekrečních folikulů, odtud se dle potřeby uvolňují a vylučují do krevního oběhu a jsou k dispozici buňkám. Pro tvorbu těchto dvou hormonů je nezbytný dostatečný přísun jódu. ŠŽ většinu této důležité látky získává z jódu vstřebaného do organismu zažívacím traktem a proudícího v krevní plazmě ve formě jodidu. Velmi vysoké množství jódu obsahují mořské plody, ale také mateřské mléko, kde v těhotenství obsah jódu velmi stoupá. Řízení sekrece těchto hormonů je prováděno složitým mechanismem zpětné vazby pomocí hormonů, které jsou zmiňovaným hormonům nadřazené. Hormon, který má vliv jak na regulaci sekrece ŠŽ, tak i na tvorbě hormonů žlázy je TSH a je tvořen v adenohipofýze. TSH je regulován hormonem z hypotalamu.

Dalším produkovaným hormonem ŠŽ je kalcitonin, který je tvořený parafolikulárními buňkami. Tento hormon se, společně s parathormonem a aktivními metabolity vitamínu D, podílí na regulaci kalcia a na jeho stabilitě v plazmě (Poršová, 1996). *V ledvinách ovlivňuje zpětnou resorpci kalcia a v kostech zvyšuje jeho ukládání. Tím se podílí na snižování hladiny kalcia v krvi. Význam tohoto hormonu je především u dětí v době růstu organismu* (Mourek, 2005, str. 108).

## 1.11. Scintigrafie štítné žlázy

Je diagnostické vyšetření, kde pomocí intravenózní aplikace určitého radiofarmaka, sledujeme jeho distribuci. Farmakokinetika daného radiofarmaka nám udává, v jakém orgánu bude vychytáváno. Právě z tohoto orgánu je poté vyzařováno gama záření, které zevně detekujeme. S pomocí takového děje zjišťujeme u ŠŽ morfologii a tyreoidální funkci a z konečných snímků můžeme lokalizovat poruchy orgánu a určit míru závažnosti.

Nejčastější indikací pro toto vyšetření je hodnocení funkční aktivity a to hlavně průkaz hypertyreózy. Může se ale také jednat o abnormální uložení štítné žlázy nebo o diferenciální diagnostiku mediastinální masy.

### 1.11.1. Příprava pacienta

Před scintigrafickým vyšetřením štítné žlázy musí být pacient lékařem poučen o průběhu přípravy na vyšetření. Šest týdnů před scintigrafií musí být vysazeno užívání léků obsahující hormony T3 a T4, na tři týdny Lugolův roztok, jód v potravě na 2 týdny a nesmí

být podstoupeno vyšetření s jódovou kontrastní látkou. Tyto opatření jsou stanoveny z důvodu, aby se štítná žláza nenasytila neradioaktivním jódem a bylo místo na záchyt toho radioaktivního. (Koranda, 2014)

Pacient po příchodu na oddělení nukleární medicíny předá žádanku od lékaře radiologickému asistentovi (RA) a ten zkontroluje veškeré osobní údaje včetně druhu vyšetření. Před zahájením samotného vyšetření musí pacient podepsat souhlas. RA vysvětlí průběh, délku a jaký je pro pacienta význam tohoto vyšetření. Dále se informuje, zda dotyčný dodržel vysazení farmak a potravin, které mu byly zakázány lékařem. Dále se radiologický asistent postará o čistotu lůžka, o příjemné prostředí a správný průběh vyšetření.

### 1.11.2. Provedení scintigrafie ŠŽ

V první řadě se pacientovi musí podat radiofarmakum, které aplikuje intravenózně pouze lékař a radiologický asistent pouze asistuje. Pro scintigrafii ŠŽ máme dva druhy radiofarmak:

- $^{99m}\text{Tc}$  – pertechnetát disodný

Užívá se o aktivitě 185 MBq a uvolňuje záření gama o energii 140 keV. Poločas rozpadu činí 6 hodin.  $^{99m}\text{Tc}$  je po podání velmi rychle vychytáván ve ŠŽ, ale nevčleňuje se ovšem do jejích hormonů. Statická scintigrafie je zahájena mezi 15-30 minutou od i.v. aplikace radiofarmaka. Pro toto vyšetření je použit kolimátor pinhol z přední a přední šikmé projekce. Pinhol má tvar kužele s malým otvorem na konci. Obraz získáme zvětšený, převrácený a s vysokým rozlišením. Díky malému otvoru nám trvá detekce gama záření, oproti jiným vyšetřením, velice dlouho, ale na úkor toho dostáváme kvalitní obraz. Další nevýhodou je zkreslení skutečné velikosti ŠŽ, kvůli vzdálenosti kolimátoru od orgánu.

Již zmiňované dvě projekce se provádí vleže na zádech, kdy délka získávání scintigramů trvá 20 – 45 minut.

- $^{123}\text{I}$  – jodid sodný

Užívá se o aktivitě rovněž 185 MBq a jeho poločas rozpadu je 13 hodin.  $^{123}\text{I}$  je také rychle vychytáván ve ŠŽ, ale na rozdíl od předešlého radiofarmaka se váže na tyreoglobulin. RA nastaví pacienta na přední projekci opět s kolimátorem pinhole. Vyšetření se provádí za 30 minut po i.v. aplikaci radiofarmaka. (Kupka, 2007)

Pokud je výsledný obraz bez nálezu, pak má štítná žláza tvar motýlích křídel bez ložiskových změn a radiofarmakum je akumulováno kompaktně.

U patologických změn pozorujeme především zvýšenou nebo sníženou akumulaci radiofarmaka v orgánu a její velikost. U zvýšené akumulace se jedná například o Graves –

Basedowu chorobu a u snížené je to například studený uzel. Jestliže je žláza zvětšená může se jednat o retrosternální strumu a u zmenšené o strumektomii ŠŽ. (Koranda. 2014)

## **2. Praktická část**

### **2.1. Cíl praktické části**

Je podrobný popis úlohy radiologického asistenta na pracovišti nukleární medicíny při scintigrafickém vyšetření štítné žlázy a příprava pacienta před i po vyšetření.

Při tvorbě této části jsem použila postupy, které jsou prováděné v klinické praxi na oddělení nukleární medicíny ve zdravotnickém zařízení DIMED s.r.o, kde mě s jejich souhlasem byly poskytnuty materiály ke zpracování.

### **2.2. Povinnosti RA na pracovišti nukleární medicíny**

Vždy při příjmu musí zkontrolovat osobní údaje pacienta jako je jméno, příjmení a rodné číslo. Informuje pacienta o průběhu vyšetření. Menším nebo nervózním pacientům mohou názorně předvést manipulaci s přístrojem a polohu, do níž budou uloženi. Asistuje lékaři při aplikaci radiofarmaka, které již předtím sami připravili k podání v digestoři. Ukládá pacienta do správné polohy a poté centruje kolimátor pinhole nad ŠŽ. Následně ovládá přístroj z vedlejší místnosti pomocí počítačové techniky.

### **2.3. Postup při scintigrafickém vyšetření štítné žlázy**

#### **2.3.1. Příprava pacienta před vyšetřením ŠŽ lékařem**

Lékař, který vydal pacientovi žádanku na scintigrafii ŠŽ dále poučí pacienta o vysazení některých léků a potravin. Na šest týdnů před vyšetřením musí být vysazeno užívání léků obsahující hormony T3 a T4, na tři týdny Lugolův roztok, jód v potravě na 2 týdny a v předešlých několika týdnech nesmí být podstoupeno vyšetření s jódovou kontrastní látkou. Čtyři hodiny před vyšetřením musí lačnit.

#### **2.3.2. Postup při přípravě radiofarmaka**

$^{99m}\text{Tc}$  používáme pro scintigrafii ŠŽ se vyrábí v  $^{99}\text{Mo} - ^{99m}\text{Tc}$  elučních generátorech přímo na pracovišti Nukleární medicíny. Eluci musí provádět oprávněná osoba. Nejdříve vybere správnou velikost lahvičky izotonického chloridu sodného, ze které se odejme krycí uzávěr. Hrdlo otře dezinfekcí a nechá oschnout. Dále vyjme ochrannou špičku z generátoru a nasadí lahvičku s elučním roztokem, tak aby to úplně přiléhalo. Vezme další lahvičku, nyní



ale evakuovanou pro eluát. Opět odtrhne krycí uzávěr. Hrdlo odezinfikuje a nechá oschnout. Tuto lahvičku poté vloží do jejího stínění se šroubovacím uzávěrem, které je rovněž ořeno dezinfekcí, protože je v kontaktu s ní. Z místa pro eluci odstraní ochranný kryt otočením proti hodinovým ručičkám. Okamžitě místo ochranného krytu nasadí jehlu pro jímání eluátu, která je součástí balení generátoru. Z této jehly se sejme kryt a nasadí se stíněná eluční lahvička. Lahvičku stlačí a ta musí správně zapadnout do otvoru v generátoru. Poté co je eluce dokončena, vyjme stíněnou lahvičku tak, aby nepoškodil jehlu. Na jehlu nasadí pěnový kryt a lahvičku od elučního roztoku nechá do další eluce na místě kvůli sterilitě.

### **2.3.3. Příprava pacienta před vyšetřením ŠŽ radiologickým asistentem**

Při příchodu na oddělení pacient předá svou žádanku k tomuto vyšetření radiologickému asistentovi. Ten zkontroluje osobní údaje: jméno, příjmení, rodné číslo a vyšetření, které mu má být prováděno. Poté pacient obdrží informovaný souhlas, který má vyplnit, ten obsahuje: jméno a příjmení, rodné číslo, zákonného zástupce, doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení, stručný popis vyšetření, možné nežádoucí účinky a souhlas s plánovaným vyšetřením. Informovaný souhlas je na ukázkou v přílohách mé bakalářské práce (Příloha A).

Poté co pacient vyplní a podepíše informovaný souhlas je poslán do aplikační místnosti, kde mu lékař, či jiný zdravotnický personál, popíše podrobně průběh celého vyšetření a odpoví na všechny pacientovi otázky.

Pokud se jedná o pacientku v reprodukčním věku, musíme se ujistit, zda není těhotná. Pokud byla vynechána jedna perioda, bereme jí již jako těhotnou, dokud se neprokáže opak.

Dále se ujistíme, že pacient dodržel vysazení některých léků a potravin, které mu bylo indikováno lékařem. U tohoto vyšetření není potřeba žádná jiná premedikace jako např. alergie, neboť  $^{99m}\text{Tc}$  nevyvolává alergické reakce.

### **2.3.4. Chystání a aplikace radiofarmaka**

Příprava radiofarmaka pro samotnou aplikaci se provádí v digestoři, která je vyrobena ze stínícího olověného materiálu. Digestoř obsahuje z vrchu sklo, které nepropouští IZ, vepředu dva otvory na ruce, uvnitř ionizační komoru a nádobu na radiační odpad (viz Obr. 14).



**Obrázek 14 Digestoř pro přípravu radiofarmaka**

Radiologický asistent pracuje s gumovými rukavicemi. Pro kontrolu absorbované dávky na rukách nosí prstýnkový dozimetr který je vtočený do dlaně ruky. Nejprve odezinfikuje vršek lahvičky s radiofarmakem, která je již předem připravena v generátoru. Nachystanou injekční stříkačkou natáhne množství, které potřebuje. Pro kontrolu správnosti aktivity změří daný objem v ionizační komoře. Konus naplněné stříkačky přikryje a celé to vloží do olověného krytu, který označí názvem radiofarmaka a k jakému vyšetření je určeno. Pro vyšetření štítné žlázy se běžně užívá radionuklid  $^{99m}\text{Tc}$  - pertechnetát disodný o aktivitě 200 MBq, avšak tato hodnota kolísá s váhou. U dětí se speciálně vypočítává aktivita podle jejich hmotnosti. Olověný kryt s radiofarmakem přenese do aplikační místnosti.

Toto radiofarmakum se podává i.v. čili si v místnosti pro aplikaci RA připraví rukavice, dezinfekci, škrtidlo, sterilní čtverečky, náplast a injekční stříkačku s nataženým radiofarmakem vloženou do olověného krytu (viz Obr. 15). Poté podá jedny rukavice lékaři a jedny si natáhne také sám RA. Asistent zaškrtní pacientovi ruku nad loketní jamkou nebo na zápěstí podle místa aplikace a vyzve ho, aby s ní několikrát zacvičil. Lékař si vyhmatá žílu a asistent místo odezinfikuje. Lékař provede vpich, aspiruje, a pokud je natažená krev uvolní škrtidlo a aplikuje. Po vyndání injekční stříkačky RA přelepí místo v pichu náplastí a požádá pacienta, aby na místo aplikace tlačil palcem druhé ruky. Do informovaného souhlasu zapíše čas, místo a způsob aplikace farmaka (Příloha A). Pacienta posílá zpátky do čekárny, kde čeká 15-20 min.



Obrázek 15 Stolek s pomůckami pro i.v. aplikaci

### 2.3.5. Průběh scintigrafie ŠŽ

Po uplynutí, již zmíněné doby, 15-20 min což je čas, kdy se radiofarmakum akumulovalo do štítné žlázy, se zahajuje scintigrafické vyšetření štítné žlázy. Scintigrafie se provádí na vyšetřovně s planární jednohlavou gamakamerou s kolimátorem pinhole.

Asistent pacienta požádá, aby se přesunul z čekárny do kabinky, kde si odloží všechny kovové věci v oblasti krku, boty a popřípadě tričko s límečkem, rolák atd. Znovu si ověří celé jméno pacienta a osobní údaje spolu s rodným číslem zadává do počítačového systému, kde si poté vyhledá vhodný protokol pro scintigrafické vyšetření štítné žlázy (viz Obr. 16).



**Obrázek 16** Počítač pro zadávání pacientů a vyšetření

Jestliže je pacient připraven, poprosí ho, aby vešel do vyšetřovny, kde se uloží do polohy na zádech s rukama podél těla a s nataženýma nohama na vyšetřovací stůl, kde je předem připravena jednorázová podložka. RA asistent nasměruje otvor pinholu na projekci AP do oblasti štítné žlázy a přiblíží ho, co nejvíce to půjde (viz Obr. 17, 18). Někdy se na jugulum přikládá olověná kulička pro lepší orientaci. Dále pacienta požádáme, aby se již nehýbal, a zpoza kryté části vyšetřovny spouštíme snímání, které trvá přibližně 15 min. V některých případech doplňujeme projekci šikmou či bočnou.



**Obrázek 17** Uložení pacienta při vyšetření štítné žlázy



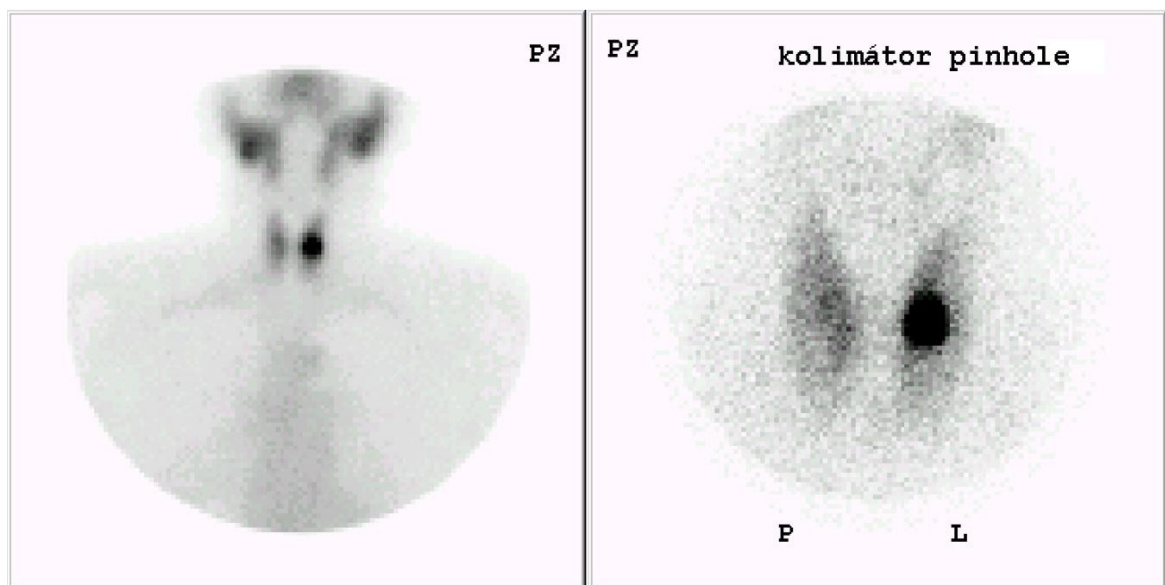
**Obrázek 18** Uložení pacienta při vyšetření štítné žlázy



### 2.3.6. Výsledné snímky scintigrafie ŠŽ

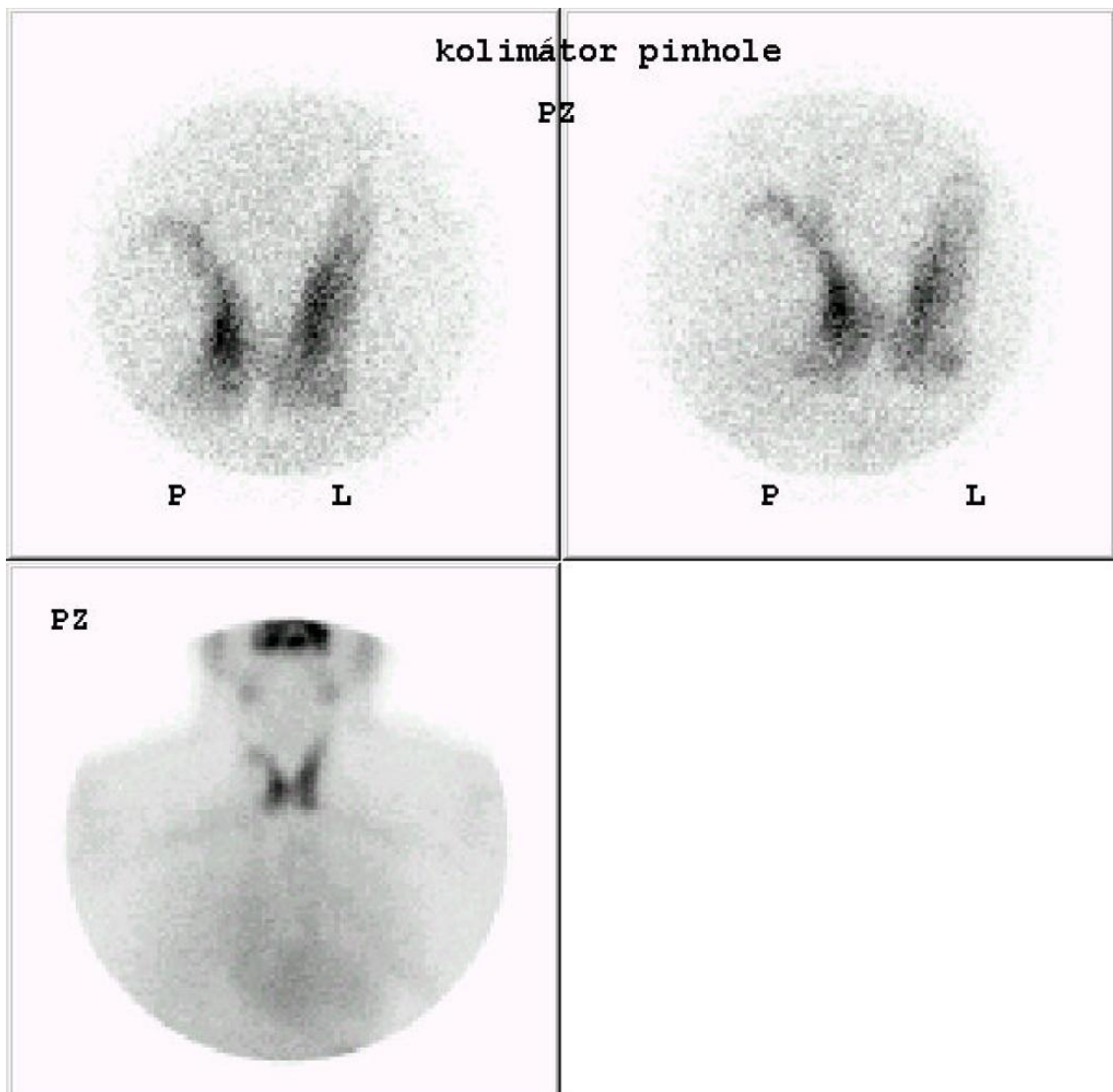
Pro představu jsem vložila několik výsledných snímků jak s pozitivním nálezem, tak i negativním. Snímky jsou pořízené ve zdravotnickém zařízení Nukleární medicíny Dimed s.r.o a se souhlasem vytažené z počítačové databáze.

Na 1. snímku máme viditelný horký uzel štítné žlázy. Distribuce radiofarmaka je nerovnoměrná a zvýšeně se akumuluje v horkém uzlu, proto vystupují do popředí. Horký uzel je většinou benigní adenom, který se řeší buď podáním tyreostatik nebo částečnou či celou strumektomií (viz Obr. 19).



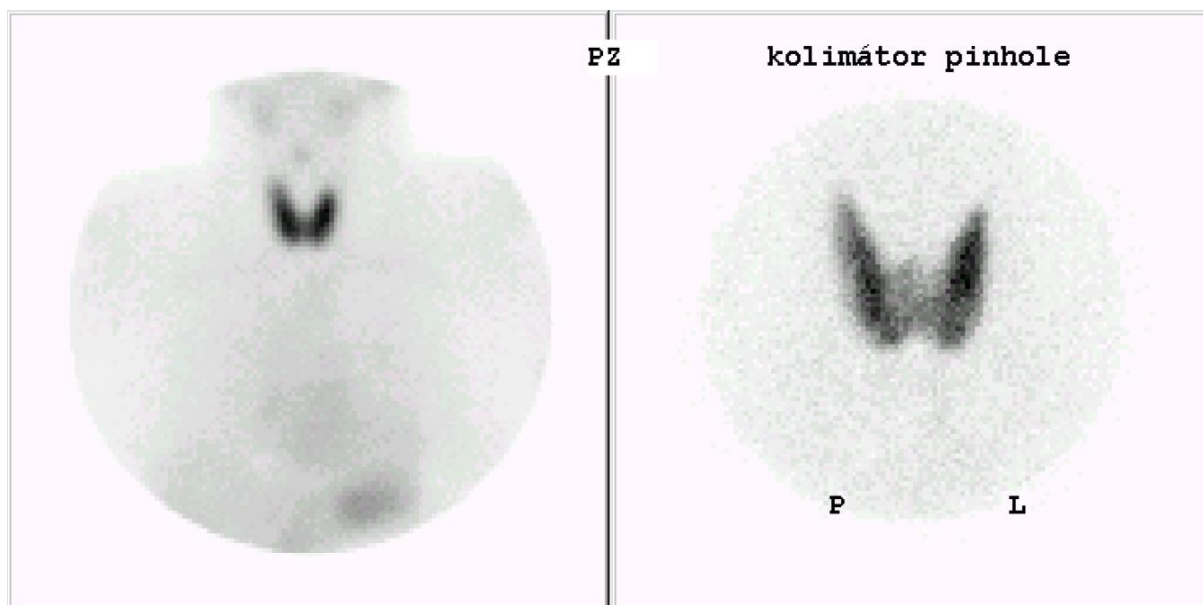
Obrázek 19 Horký uzel štítné žlázy (Archiv pracoviště DIMED s.r.o)

Na 2. snímku můžeme pozorovat studený uzel štítné žlázy. Distribuce radiofarmaka je nerovnoměrná a vyznačuje se jeho sníženou akumulací ve studeném uzlu. Takovéto uzly jsou místa nefunkční, neboli nemají endokrinologické projevy. V tomto případě je nutná biopsie, neboť je to nález nespecifický. Případně se problém řeší absolutní strumektomií (viz Obr. 20).



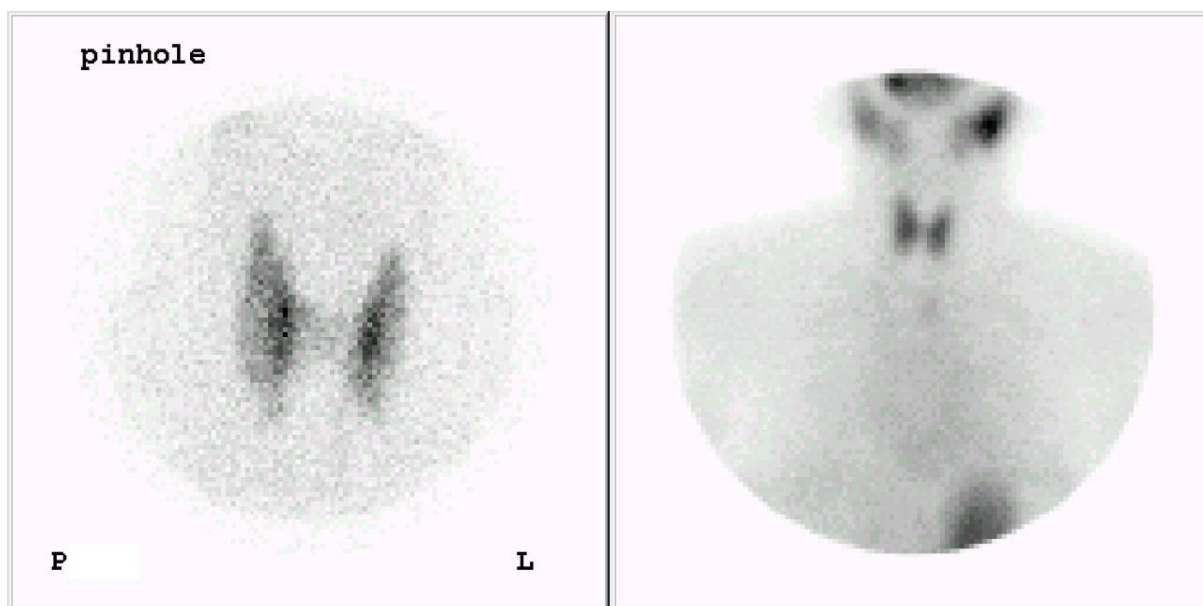
**Obrázek 20** Studený uzel štítné žlázy (Archiv pracoviště DIMED s.r.o)

Na 3. snímku máme výraznou hypertyreózu štítné žlázy. Velikost žlázy je výrazně zvětšená. Jedná se vlastně o nadprodukci T hormonů z různých příčin. Nejznámější příčinou je Gravesova – Basedowova choroba. Léčba závisí na příčině hypertyreózy (viz Obr. 21).



Obrázek 21 Hypertyreóza štítné žlázy (Archiv pracoviště DIMED s.r.o)

Na posledním 4. snímku máme nález negativní. V takovéto štítné žláze vidíme distribuci radiofarmaka stejnorodou a ucelenou bez patologických změn. Tvar je v takovém případě motýlovitý s velikostí laloků přibližně 2 x 5 cm (viz Obr. 22).



Obrázek 22 Štítná žláza v normálu (Archiv pracoviště DIMED s.r.o)

### 2.3.8. Poučení pacienta o chování po vyšetření

Bezprostředně po vyšetření musíme pacientovi vysvětlit rizika způsobené radiofarmakem jak pro něj tak i pro okolí. Musí být poučen, aby po zbytek celého dne hodně pil z důvodu rychlejšího vyplavení radionuklidu z těla. Dále instruovat, aby se zbytečně nezdržoval v těsné blízkosti osob a to především dětí, těhotných a kojících žen.



### 3. Diskuze

Nukleární medicína je obecně obor medicíny, který se zabývá diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radionuklidových zářičů. Zářič je aplikovaný pacientovi buďto in vivo nebo in vitro. V obou případech musí být negativní dopad IZ na zúčastněné osoby minimální, což zajišťují zásady radiační ochrany. Vzhledem k náročnosti zásad radiační ochrany a obsluhy vymožené techniky zde pracují pouze pracovníci, kteří se musí v pravidelných intervalech školit. Jedno z mála vyšetření provádějící se na tomto oddělení je scintigrafie štítné žlázy, což je téma mé bakalářské práce.

Pro diagnostiku možných patologických změn štítné žlázy se především používají laboratorní vyšetření a postupy ultrazvukové. V některých případech mohou být tyto postupy nevyhovující, neboť laboratorní testy mohou být často zkreslené mnoha vlivy. V takovémto případě se volí vyšetření scintigrafické, které se provádí na oddělení nukleární medicíny. Scintigrafie může prozradit mnoho změn jak morfologických tak i funkčních, které laboratorní testy ani ultrazvuk neprokázaly.

V mé práci se zaměřuji na scintigrafické zobrazení štítné žlázy po podání radionuklidu. I přes pokroky ultrasonografie je to vyšetření, které je prováděno na oddělení nukleární medicíny poměrně často, jelikož sonografické zobrazení je v mnoha ohledech nedostatečné a zkreslující. Nejčastěji jsou pacienti posíláni na toto oddělení z důvodu zvýšené funkce štítné žlázy neboli tyreotoxikózy.

V teoretické části jsem čerpala z odborné literatury. Během získávání a zpracovávání informací jsem nenarazila na jakoukoli konkrétní neshodu mezi dvěma odlišnými texty různých autorů. Z toho usuzuji, že fakta, které umožňují a řídí chod oddělení nukleární medicíny, jsou jasně daná a porušení některých z nich může způsobit obrovský problém.

V praktické části jsem uvedla podrobný popis průběhu vyšetření pacienta při scintigrafické zobrazení štítné žlázy a úlohu radiologického asistenta při tomto vyšetření. Při vytváření jsem postupovat dle zvyklostí oddělení nukleární medicíny zdravotnického zařízení DIMED s.r.o, jelikož jsem tam absolvovala většinu své odborné praxe. Mám však možnost chod tohoto pracoviště porovnat s oddělením nukleární medicíny ve FNHK, kde jsem však absolvovala pouze malou část mé odborné praxe za dobu studia. Obě oddělení aplikují, při samotném vyšetření štítné žlázy, stejné postupy. Neliší se jejich systém pro zadávání pacientů, příprava pacienta před vyšetřením a jeho poučení ani aplikace radiofarmaka. Jako

radiofarmakum obě oddělení pro scintigrafii štítné žlázy používají  $^{99m}\text{Tc}$ . Velké rozdíly jsou naproti tomu v uspořádání a velikosti pracoviště. Fakultní nemocnice Hradec Králové má oddělení nukleární medicíny velmi rozlehlé. Má k dispozici jednodetektorovou gamakameru, dvě rotační dvoudetektorové a v nynější době i hybridní zobrazovací přístroj PET/CT. Celé oddělení je zrekonstruované a moderně vybavené. Naproti tomu oddělení nukleární medicíny zdravotnického zařízení DIMED s.r.o je malé pracoviště, které má k dispozici jednodetektorovou gamakameru a dvě dvoudetektorové. Každé z oddělení má dále odlišný týdenní rozložení jednotlivých vyšetření do dnů.

Během mého sběru dat jsem nenašla jediné oddělení nukleární medicíny v České republice, kde by pro scintigrafii štítné žlázy používaly jako radiofarmakum  $^{123}\text{I}$ , jelikož je jeho výroba v urychlovačích je velmi nákladná a jeho přeprava na jednotlivá pracoviště příliš složitá. Z toho důvodu a z mé zvědavosti jsem pátrala po literatuře, která by uváděla použití tohoto radiofarmaka v praxi některé ze zahraničních nemocnic. Narazila jsem na článek, kde popisují zobrazení s  $^{123}\text{I}$  a rozdíl se zobrazením  $^{99m}\text{Tc}$ . Uvedené informace se týkají nemocnice Cochin v Paříži. Uvádějí, že i přes přijatelné výkony obou dvou radionuklidů, je zobrazení s  $^{123}\text{I}$  vhodnější, jelikož přesněji popisuje různé etiologie a to především při diagnóze hypotyreózy. Zmiňují i použití dopplerovské ultrasonografie, která napomáhá při těchto diagnózách, ale nakonec je většinou stejně vyžadováno zobrazení s  $^{123}\text{I}$ . (Best Practice & Research: Clinical Endocrinology & Metabolism [online])

## 4. Závěr

Mé téma bakalářské práce je úloha radiologického asistenta při scintigrafickém zobrazení štítné žlázy. Cílem bylo přiblížit budoucím studentům oboru Radiologický asistent práci radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny při scintigrafickém zobrazení štítné žlázy a jednoduše vysvětlit základní principy funkce přístrojů, s nimiž pracují. Při psaní mé práce jsem měla k dispozici odbornou literaturu, mé zkušenosti získané během tříletého studia a absolvované praxe a také neopomenutelné bohaté zkušenosti pracovníků na oddělení nukleární medicíny v zařízeních DIMED s.r.o a FNHK.

V teoretické části jsem obecně vysvětlila základní fyzikální pojmy, jež jsou nezbytné pro pochopení funkce přístrojů některých dějů probíhajících při vyšetření. V následující kapitole jsem popsala konstrukci a funkci jednotlivých přístrojů používaných na oddělení nukleární a medicíny a v souvislosti s tím jsem krátce popsala scintigrafii, jež je základní prováděné vyšetření na tomto pracovišti.

Dále jsou krátce uvedené biologické účinky IZ a jejich stručný popis. Podstatnou částí je radiační ochrana. Na oddělení nukleární medicíny se používají otevřené zářiče, a tudíž je opravdu důležité, aby radiologický asistent dbal na svou ochranu před zářením a dodržoval všechny zásady radiační ochrany. Je tedy nezbytné, aby svou práci uměl velice dobře a mohl v co nejkratší době poučit pacienta o průběhu následovaného vyšetření, uložit ho do správné polohy na vyšetřovací stůl a nastavil přístroj. Při celém tomto ději by si RA měl udržovat co největší vzdálenost od pacienta a dodržovat tak tři základní faktory ovlivňující absorbovanou dávku. Radiační ochrana je velmi důležitá a je nutné, aby byla striktně dodržována nejen na pracovišti nukleární medicíny, ale kterémkoliv jiném oddělení, kde se pracuje s IZ.

V další kapitole jsem podle nakládání se zdroji ionizujícího záření a možné obdržené efektivní dávce popsala rozdělení pracoviště nukleární medicíny a zásady, podle nichž se jednotlivé pracoviště dělí.

Základem pro zobrazování tkání v nukleární medicíně jsou radiofarmaka, které uvádím v další kapitole. Radiofarmaka jsou zdrojem ionizujícího záření, které jsou vpravovány do těla pacienta. Z tohoto důvodu jsou na ně kladeny určité nároky, jež musí splňovat.

V poslední řadě teoretické části popisují okrajově anatomii, fyziologii a konečně stručně scintigrafii štítné žlázy, která je dnes velmi často nahrazována sonografií.

V praktické části jsem uvedla povrchově práci lékaře při přípravě pacienta před scintigrafickým vyšetřením štítné žlázy, ale především jsem podrobně popsala úlohu

radiologického asistenta během celého vyšetření. Uvádím naprosto celý průběh tohoto vyšetření a to poučení pacienta před vyšetřením, přípravu radiofarmaka a jeho aplikaci, samotnou scintigrafii štítné žlázy a poučení pacienta o správném chování po odchodu z oddělení nukleární medicíny. Jednotlivé kapitoly jsem doplnila fotodokumentací pro lepší představu. V další části jsem vložila a stručně popsala některé snímky vytažené z archivu pracoviště nukleární medicíny zdravotnického zařízení DIMED s.r.o pro porovnání štítné žlázy s patologickým nálezem a s normálním nálezem. Z absolvované praxe jsem si odnesla skutečnost, že nemocnice FNHK a DIMED s.r.o dodržují striktně standardy. Obě tyto zařízení používají stejné metody při scintigrafickém vyšetření ŠŽ a provádí je pouze některé dny v týdnu.

V praktické části zmiňuji pouze průběh scintigrafie s radiofarmakem značeným  $^{99m}\text{Tc}$ , neboť jsem se osobně nesetkala, jak ve FNHK tak ani na oddělení Nukleární medicíny ve zdravotnickém zařízení DIMED s.r.o, s aplikací  $^{123}\text{I}$ .

Jak jsem již zmiňovala, radiologický asistent svou práci musí dokonale ovládat, nejen kvůli předpisům radiační ochrany, ale také z důvodu, aby byl nápomocen lékaři při aplikacích radionuklidů a aby byl schopen vytvořit kvalitní snímky, které budou bez problému zhodnotitelné.

## 5. Použitá literatura

1. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012, 153 s. ISBN 978-80-244-3126-0.
2. Scripta pro studenty 2. ročníku 3. LF UK v Praze [online]. [cit. 2015-02-04].  
Dostupné z: <http://old.lf3.cuni.cz/nuklearnimedicina/scriptai.htm>
3. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. ISBN 9788024440316.
4. KUPKA, Karel. Martin ŠÁMAL a Jozef KUBINYI. *Nukleární medicína*, P3K, 2007, 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2
5. ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.
6. MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007-, sv. ISBN 9788024417233.
7. ČESKO, Sbírka zákonů ČR, Předpis č.18/1997 Sb. ze dne 24.1.1997 účinný od 1.7.1997: *Zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů*
8. STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, *Radiační ochrana*, NUKLIN, 1999, 33 s. ISBN 80-7073-076-5
9. ČESKO, VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně. In: *č.307/2002 Sb.* 2002
10. HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.
11. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009, xi, 416 s. ISBN 9788072626120.
12. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2*. 2.vydání. Praha: Grada, 2002, 488 s. ISBN 80-247-0143-X
13. PORŠOVÁ-DUTOIT, Irena. *Endokrinologie v praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1996, 159 s. ISBN 8071692204
14. MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005, 204 s. ISBN 80-247-1190-7.

15. CLERC, J. Best Practice & Research: Clinical Endocrinology & Metabolism [online]. Paris: Cochin Hospital, Department of Nuclear Medicine, 2014. [cit. 2015-04-15].  
Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24629862>

## 6. Seznam zdrojů obrázků

1. Model atomu. In: *Wikiskripta* [online]. 2009 [cit. 2015-03-15].  
Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Atom\\_diagram.png](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Atom_diagram.png)
2. Fotoelektrický jev. In: *Wikiskripta* [online]. 2011 [cit. 2015-04-08]  
Dostupné z:  
[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Photoelectric\\_Effect\\_Schematic-cs.svg](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Photoelectric_Effect_Schematic-cs.svg)
3. Comptonův jev. In: *Wikiskripta* [online]. 2006 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z:  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rozpraszanie\\_Comptona.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rozpraszanie_Comptona.svg)
4. Tvorba pozitron-elektronového páru. In: *Wikiskripta* [online]. 2009  
[cit. 2015-04-08]  
Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Pairproduction.png>
5. Záření alfa. In: *Radiobiologie* [online]. [cit. 2015-04-04].  
Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/14/141.html>
6. Záření beta. In: *Radiobiologie* [online]. [cit. 2015-04-04]  
Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/14/142.html>
7. Záření gama. In: *Radiobiologie* [online]. [cit. 2015-04-04].  
Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/14/143.html>
8. Přehled kolimátorů dle jejich otvorů. DOLEŽAL, Jiří. *Fyzika Univerzita Pardubice* [online]. 2014 [cit. 2015-04-08]  
Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/moje-studium/materialy.html>
9. Přehled kolimátorů dle energie záření. DOLEŽAL, Jiří. *Fyzika Univerzita Pardubice* [online]. 2014 [cit. 2015-04-08]  
Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/moje-studium/materialy.html>
10. Schéma SPECT. ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2015-04-08].  
Dostupné z: <http://www.astronuklFyzika.cz/Scintigrafie.htm>
11. Schéma PET. In: *Wikiskripta* [online]. 2005 [cit. 2015-04-08]  
Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:PET-schema.png>
12. Vztah mezi vzdáleností a absorbovanou dávkou. In: *Blog idnes* [online]. [cit. 2015-04-04].  
Dostupné z: [http://blog.idnes.cz/blog/11647/240868/Slotin\\_1.jpg](http://blog.idnes.cz/blog/11647/240868/Slotin_1.jpg)
13. Anatomie štítné žlázy. In: *Wikiskripta* [online]. 2006 [cit. 2015-04-05]  
Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Illu08\\_thyroid.jpg](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Illu08_thyroid.jpg)

## **7. Přílohy**

Příloha A <i>Informovaný souhlas k vyšetření</i> .....	56
--	----





DIMED, s.r.o.  
sídelní Praha 4, Pukřovská 1/220, PSČ: 141 00  
IČ: 27229947  
zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze v odděle C, vložka 06166  
Pracoviště zobrazovacích metod Chrudim, Oddělení nukleární medicíny  
Václavská 570, 537 27 Chrudim

## Informovaný souhlas s lékařským vyšetřením

Jméno a příjmení pacienta/pacientky: .....

Rodné číslo: .....

### Název vyšetření: scintigrafické vyšetření s aplikací radiofarmaka

Podle druhu požadovaného vyšetření Vám připravíme radiofarmakum, což je radioaktivním prvkem označená účinná látka, která se v některém orgánu či tkáni přirozeně vychytává či metabolizuje a tím nám umožňuje provést "funkční" vyšetření některého orgánu nebo posoudit povahu tkáně.

Při aplikaci zdroje radioaktivního záření existují obecná rizika vycházející z fyzikálních a biologických účinků ionizačního záření. Použité množství radioizotopu, kterým je většinou  $^{99m}\text{Tc}$ , event.  $^{123}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{111}\text{In}$  a  $^{67}\text{Ga}$ , patří do kategorie nízké až střední radiační zátěže. Radiační zátěž pacienta při scintigrafickém vyšetření je v průměru stejná či nižší než při běžném rentgenovém vyšetření. Lékař Vám může upřesnit použitý druh zářiče a jeho dávku. Látka označená zářičem se podává zpravidla do žíly, méně často do podkoží, eventuálně se vdechuje či polyká. Při aplikaci do žíly může dojít u citlivějších jedinců ke kolapsu či nevolnosti jako při běžné injekci, dále může dojít k ruptuře žíly s následným krevním výronem (modřinou). Zájmem lékaře je Vám pomoci, vysvětlí Vám podstatu lékařského vyšetření, můžete mu položit doplňující otázky. Ke scintigrafickému vyšetření zpravidla není alternativa, s dalším možným diagnostickým vyšetřením (RTG, CT, MR, ultrazvuk) není v konkurenčním vztahu, vyšetření se navzájem doplňují.

### Vyplní pacient / zákonný zástupce pacienta:

#### Právo odmítnout navrhované vyšetření:

Máte právo nesouhlasit s navrhovaným vyšetřením. Pokud souhlas nebude dán, lékař Vám vysvětlí možné následky odmítnutí a učiní záznam, který oba vlastnoručně podepíšete.

#### Souhlas pacienta:

Prohlašuji a svým dále uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že lékař, který mi poskytl poučení, mi vysvětlil vše, co je obsahem tohoto písemného informovaného souhlasu a měl jsem možnost klást mu otázky, na které mi řádně odpověděl. Prohlašuji, že jsem výše uvedenému poučení plně porozuměl a výslovně souhlasím s provedením zdravotního výkonu: scintigrafické vyšetření s aplikací radiofarmaka. Současně prohlašuji, že v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví, souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví. Souhlasím, pokud to moje následující léčení vyžaduje, s předáním nálezů a údajů dalším lékařům, zdravotnickým zařízením, zdravotním pojišťovněm v rozsahu, který povoluje zákon o zdravotních službách a zákon o ochraně osobních údajů.

V Chrudimi dne.....

Vlastnoruční podpis pacienta/zákonného zástupce.....

Podpis svědků, pokud pacient není schopen se vlastnoručně podepsat:

Jméno a příjmení 1. svědka.....

Jméno a příjmení 2. svědka.....

### Vypílní lékař:

Prohlašuji, že jsem vysvětlil podstatu lékařského vyšetření pacientovi/zákonnému zástupci pacienta způsobem, který byl pro něj podle mého soudu srozumitelný. Rovněž jsem ho/ji seznámil s možnými komplikacemi, zejména s následujícími riziky: nepřijetá pocity, event. nevolnost spojená s odběrem krve a injekční aplikací obecně, vzácně paravenózní aplikace při ruptuře žíly.

Datum:

Jméno a podpis lékaře:

### Aplikace radiofarmaka

Radiofarmakum: ..... aplikováno v .....hod.

Aplikace: i.v.    s.c.    i.v. kanyla    jiné:.....

	P	L
kněže	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
předloktí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
zápěstí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dorsum ruky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dorsum nohy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
jiné .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lékař, který aplikaci schválil - jméno a podpis:

Aplikaci provedl - jméno a podpis:

### Farmakum podané x nově v vyšetření během vyšetření:

Furosemid	i.v.	v dávce .....mg	ve..... min. vyšetření
Capoten	p.o.	v dávce.....mg	v hod.....
jiné .....		.....	v hod.....

Farmakum podal - jméno a podpis: