

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Jitka Honzíková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic

Jitka Honzíková

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jitka Honzíková**
Osobní číslo: **Z13049**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic**
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. SKLENÁŘ, Vladimír, Ivana PÁLKOVÁ a Zdeněk HLOBIL. Aktuální otázky pneumologie a ftizeologie a péče o nemocné na odděleních TRN. 2., přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-217-5.
2. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná a radiační fyzika. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.
3. KORANDA, Pavel. Nukleární medicína. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
4. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. Přehled anatomie. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
5. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. Radiofarmaka. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1.

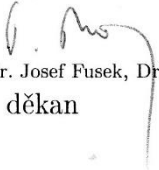
Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kulíř


Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2017**


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Věra Záhorová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 27. února 2017

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci 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 20. 4. 2017



Jitka Honzíkova

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce, Ing. Jiřímu Kulířovi, za poskytnutí cenných rad, ochotu a trpělivý přístup během zpracování bakalářské práce. Dále děkuji zaměstnancům nukleární medicíny Fakultní nemocnice v Hradci Králové za pomoc při sběru informací do praktické části mé práce.

ANOTACE

Téma mé bakalářské práce je Úloha radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic. Práce je dělena do dvou částí. První je část teoretická, která se zabývá popisem celkového tématu. Je v ní vystižena charakteristika nukleární medicíny, oboru radiologický asistent a základní informace o ionizujícím záření a radiační ochraně. Dále obsahuje teorii o onemocnění sarkoidózou a o vyšetření zvaném galiová scintigrafie. Část praktická podrobně popisuje úlohu radiologického asistenta při galiové scintigrafii. V této části je zahrnuta fotografická dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

nukleární medicína, radiologický asistent, ionizující záření, sarkoidóza, galiová scintigrafie

TITLE

The role of radiological assistant during gallium scintigraphy in patients with lung sarcoidosis.

ANNOTATION

The topic of my bachelor thesis is The role of radiological assistant during gallium scintigraphy in patients with lung sarcoidosis. The work is divided into two parts. The first is the theoretical part, which is about the description of the overall topic. It describes the characteristics of nuclear medicine, the field of radiological assistant and basic information about ionizing radiation and radiation protection. It also contains the theory of sarcoidosis and an examination called gallium scintigraphy.

The practical part is about the role of the radiological assistant in gallium scintigraphy. Photographic documentation is included in this section.

KEYWORDS

radiological assistant, nuclear medicine, ionizing radiation, sarcoidosis, gallium scintigraphy

Obsah

0	Úvod.....	14
1	Cíl.....	15
2	Teoretická část	16
2.1	Historie a obor radiologický asistent.....	16
2.1.1	Práva a povinnosti radiologického asistenta	17
2.2	Nukleární medicína	18
2.2.1	Historie nukleární medicíny.....	19
2.3	Radionuklidy	20
2.4	Radioaktivita	21
2.5	Ionizující záření.....	23
2.6	Detekce záření.....	23
2.7	Princip scintilačního detektoru.....	25
2.7.1	Scintigrafické vyšetření	27
2.7.2	Detekce zánětů v nukleární medicíně	30
2.8	Galiová scintigrafie	32
2.8.1	Historie.....	32
2.8.2	Vlastnosti radiofarmaka	32
2.8.3	Biodistribuce	32
2.8.4	Galiová scintigrafie.....	33
2.9	Radiofarmaka	33
2.10	⁶⁷ Ga-citrát	34
2.11	Kategorizace pracovišť	35
2.11.1	Kontrolované pásmo	35
2.11.2	Sledované pásmo	35
2.11.3	Pracoviště I. kategorie.....	35
2.11.4	Pracoviště II. kategorie	36

2.11.5	Pracoviště III. kategorie	36
2.11.6	Pracoviště IV. kategorie.....	37
2.11.7	Uspořádání pracoviště nukleární medicíny.....	37
2.12	Kategorizace radiačních pracovníků	38
2.12.1	Kategorie A a B	38
2.12.2	Pracovníci na nukleární medicíně.....	39
2.13	Radiační ochrana v nukleární medicíně	39
2.14	Principy radiační ochrany	40
2.14.1	Základní veličiny radiační ochrany.....	41
2.14.2	Limity.....	41
2.15	Ochrana personálu	42
2.16	Radioaktivní odpad.....	42
2.17	Anatomie plic	43
2.18	Fyziologie dýchání	46
2.19	Sarkoidóza	48
2.19.1	Klinický obraz.....	48
2.19.2	Plicní formy sarkoidózy.....	51
2.19.3	Laboratorní vyšetření	52
2.19.4	Histologický obraz	53
2.19.5	Imunologické testy.....	53
2.19.6	Funkční vyšetření plic.....	53
2.19.7	Bronchoskopie	54
2.19.8	Zobrazovací metody	54
2.19.9	Léčba.....	56
3	Praktická část	57
3.1	Úloha radiologického asistenta	57
3.2	Společná část vyšetření	57

3.2.1	Příjem a poučení pacienta	57
3.3	Příprava radiofarmaka a jeho aplikace	58
3.3.1	Příprava stolku s pomůckami k aplikaci radiofarmaka.....	60
3.3.2	Aplikace radiofarmaka.....	60
3.4	Průběh vyšetření.....	61
4	Diskuze	64
5	ZÁVĚR	66
6	Použitá literatura	67
7	Přílohy.....	69

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Základní schéma radioaktivity α . (Ullmann, 2009, str. 46)	21
Obrázek 2 Radioaktivita β . Vlevo základní schéma radioaktivity β -. Uprostřed spojité energetické spektrum záření β . Vpravo zvětšený detail koncové části spektra pro nulovou klidovou hmotnost neutrin. (Ullmann, 2009, str. 47)	22
Obrázek 3 Základní schéma radioaktivity β^+ a elektronového záchytu. (Ullmann, 2009, str. 50)	22
Obrázek 4 Typické schéma radioaktivní přeměny jádra A na excitované jádro B* a jeho následné deexcitace za vyzáření fotonu záření γ . (Ullmann, 2009, str. 54).....	23
Obrázek 5 Schéma přenosu a záznamu informace o distribuci radiofarmaka v těla pacienta scintilační kamerou. (Koranda, 2014, str. 28).....	24
Obrázek 6 Schéma scintilačního detektoru; ve fotonásobiči bývá 6 i více dvojic dynod, zde jsou znázorněny jen tři páry těchto elektrod. (Koranda, 2014, str. 25)	26
Obrázek 7 Scintilační spektrum zářiče gama. ((Koranda, 2014, str. 25).....	27
Obrázek 8 Spondylodiscitida. Zvýšená kostní přestavba v L1 a L2 obratlích. (Koranda, 2014, str. 132)	27
Obrázek 9 Normální nález na celotělovém vyšetření skeletu. Tomografické transverzální, sagitální a koronární řezy. (Koranda, 2014, str. 132)	28
Obrázek 10 Různé tvary scintilačních krystalů. (Koranda, 2014, str. 26).....	28
Obrázek 11 Schémata kolimátorů nejčastěji používaných v detektorech scintilačních kamer. (Koranda, 2014, str. 29)	30
Obrázek 12 Schéma pohybu dodávaných radiofarmak a odpadů obsahujících radionuklidy na pracovišti nukleární medicíny a mimo něj. (Koranda, 2014, str. 48)	38
Obrázek 13 Vztah účinku a dávky pro deterministické a stochastické účinky. (Koranda, 2014, str. 41)	40
Obrázek 14 Pohled na plíce zřepředu (Naňka, Elišková, 2009, str. 182)	44
Obrázek 15 Pohled na mediastinální plochu pravé plíce a orgány podmiňující otisky. (Naňka, Elišková, 2009, str. 183)	45
Obrázek 16 Pohled na mediastinální plochu levé plíce a orgány podmiňující otisky. (Naňka, Elišková, 2009, str. 183)	46
Obrázek 17 Schéma orgánových projevů sarkoidózy. (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 89)	50
Obrázek 18 I. stadium sarkoidózy (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 92)	51

Obrázek 19 II. stadium sarkoidózy "útěk do plic". (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 93) ..	52
Obrázek 20 III. stadium sarkoidózy "fibroemfyzematózní". (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 93) ..	52
Obrázek 21 Schéma histologické stavby sarkoidózního granulomu. (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 90) ..	53
Obrázek 22 Celotělová scintigrafie s ⁶⁷ Ga-citrátem u muže. Žádné ložisko patologické akumulace. (archiv FNHK oddělení nukleární medicíny) ..	55
Obrázek 23 Celotělová scintigrafie s ⁶⁷ Ga-citrátem u muže. Typická akumulace v průšních a slzných žlázách, tzv. panda. Dále akumulace v lymfatických uzlinách, v oblasti obou plicních hilů, v obou axilách, za sternem, vpravo nad klíční kostí. (archiv FNHK oddělení nukleární medicíny) ..	55
Obrázek 24 Celotělová scintigrafie s ⁶⁷ Ga-citrátem u ženy. Aktivní sarkoidóza s postižením paratracheálních a hilových uzlin. Typický znak sarkoidózy, tzv. Panda.	56
Obrázek 25 Laminární box ..	59
Obrázek 26 Olověné stínění pro stříkačku s nataženým radiofarmakem ..	59
Obrázek 27 Kontejner na aktivní jehly ..	60
Obrázek 28 Aplikační místnost.....	61
Obrázek 29 Scintigrafický přístroj.....	62
Obrázek 30 Ovládací místnost (autor) ..	62

0 ÚVOD

Při výběru tématu mé bakalářské práce pro mě bylo hlavním kritériem zvolit téma, které se bude týkat oddělení nukleární medicíny. Tématem mé bakalářské práce je Úloha radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic. Myslím si, že toto vyšetření i onemocnění jsou široké veřejnosti dosti neznámé i přesto, že incidence tohoto onemocnění je v České republice celkem vysoká. Sarkoidóza je onemocnění, které vzniká bez známé příčiny a převážně postihuje plíce, ale také lymfatické uzliny, slezinu, oči, kůži, pohybový aparát, nervovou soustavu a srdce. Toto onemocnění má dvě formy, chronickou a akutní. Zobrazovací metodou, využívanou v nukleární medicíně pro zjištění tohoto onemocnění, je galiová scintigrafie. Galiová scintigrafie patří mezi scintigrafické metody, ale není to běžné diagnostické vyšetření. Důvodem nepříliš častého využití této diagnostické metody je především její vysoká radiační zátěž pro tělo pacienta. Galiová scintigrafie je využívána při diagnostice chronické formy onemocnění.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě hlavní kapitoly, teoretickou a praktickou. V teoretické části popisují především oboru radiologický asistent a jeho historii. Dále pak obor a oddělení nukleární medicíny, její historii a vyšetření v ní využívané. Teoretická část je také zaměřena na kategorizace pracovišť a pracovníků v nukleární medicíně a radiační ochranu. Nakonec obsahuje základní informace o ionizujícím záření a jeho detekci. Dále jsem se zaměřila na anatomii a fyziologii plic, protože plíce jsou orgánem, který sarkoidóza postihuje nejčastěji. V praktické části mé práce se zaměřuji především na úlohu radiologického asistenta při galiové scintigrafii. Popisují, jak by měl radiologický asistent pacienta poučit před vyšetřením, co a jak radiologický asistent před vyšetřením připravuje a na co musí dbát. Nakonec specifikuji přesný průběh vyšetření a úlohu radiologického asistenta při něm.

Informace zpracované v mé bakalářské práci jsem čerpala převážně z knih, které jsou určeny pro lékařské fakulty a pro fakulty zdravotnických studií, a dále z praxe na oddělení nukleární medicíny ve FNHK.

Toto téma jsem si vybrala, protože diagnostika probíhající na oddělení nukleární medicíny je pro mě velmi zajímavá a chtěla bych se jí do budoucna věnovat. Doufám, že moje bakalářská práce pomůže studentům oboru radiologický asistent v jejich dalším studiu, nebo veřejnosti při hledání informací o úloze radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic.

1 CÍL

V teoretické části bakalářské práce je hlavním cílem předložit přehled o oboru nukleární medicíny, jeho historii, vyšetřeních, která se využívají v nukleární medicíně, galiové scintigrafii a o onemocnění sarkoidózou.

Cílem praktické části bakalářské práce je podat detailní popis úlohy radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Historie a obor radiologický asistent

Historie radiologie začíná objevem rentgenových paprsků W. C. Röntgenem v roce 1895, za který dostal jako první fyzik Nobelovu cenu. Tento jev pojmenoval záření X, později byl na jeho počest přejmenován na Rentgenovo záření. Skutečnost, že si objev nenechal patentovat, měla za následek to, že se využití paprsků X rychle rozšířilo do celého světa.

V první polovině 20. století se objevily první kontrastní látky. Jedná se o pozitivní kontrastní látky, které zvyšují absorpci paprsků X a jsou využívány například při diagnostice onemocnění gastrointestinálního traktu, a negativní kontrastní látky, které způsobují nižší absorpci paprsků X než tkáň.

V sedmdesátých letech byl do praxe uveden ultrasonograf, který byl ekonomicky nenáročný, bez kontraindikací a neinvazivní. Proto získal velmi významnou pozici v diagnostice.

V roce 1971 byla zhotovena G. N. Hounnsfieldem první výpočetní tomografie (CT), která způsobila velký zvrat v radiodiagnostice. Za tento významný vynález dostal G. N. Hounnsfield spolu s Allanem McLeod Cormackem Nobelovu cenu.

V osmdesátých letech byla vyrobena magnetická rezonance (MR), která přinesla nové možnosti ve vyšetřování mozku, míchy a kloubů.

Další diagnostickou metodou bylo použití pozitronové emisní tomografie pro diagnostiku zánětlivých a maligních onemocnění.

Pokrok v oboru radiologie vedl k zavádění nových studijních oborů. Nejdříve dvouleté nástavbové studium jako radiologický laborant, poté studium na vyšší odborné škole jako diplomovaný specialista a nyní na vysokých školách univerzitního typu jako radiologický asistent.

Cílem studia oboru radiologický asistent je získat základní medicínské vzdělání v kombinaci s technickými znalostmi. Dříve byla výuka zaměřena pouze na technickou stránku, ale ukázala se jako nedostačující, a proto je radiologický asistent vzděláván nejen v základních oborech, ale i v informatice, psychologii, statistice a lékařském právu. Radiologický asistent je řazen mezi nelékařský zdravotnický personál, jehož uplatnění je možné na všech odděleních, která

využívají ionizující záření k diagnostice nebo terapii, kde pracuje převážně samostatně. Výsledek vyšetření hodnotí příslušný lékař, se kterým radiologický asistent spolupracuje. [12, 19]

2.1.1 Práva a povinnosti radiologického asistenta

Práva a povinnosti radiologického asistenta popisuje § 7 zákona č. 424/2004, částka 139. Nejdůležitějšími informacemi z tohoto zákona jsou následující:

1. Radiologický asistent vykonává činnosti bez odborného dohledu a indikace:
 - Provádí a vyhodnocuje zkoušky provozní stálosti a zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojů ve všech typech radiologických pracovišť.
 - Zajišťuje, aby byly dodržovány předpisy radiační ochrany podle § 3, odstavce 2, vyhlášky č. 146/1997 Sb.
 - Zajišťuje přejímání, kontrolu a uložení léčivých přípravků, manipulaci s nimi a jejich dostatečnou zásobu.
2. Radiologický asistent provádí jako aplikující odborník v obecně odůvodněných případech stanovených standardy bez odborného dohledu na základě požadavků indikujícího lékaře jednotlivě lékařské ozáření:
 - Skiagrafické zobrazovací postupy včetně screeningových.
 - Peroperační skiaskopii.
 - Kostní denzitometrii.

A nese za ně klinickou zodpovědnost.

3. Na základě požadavku indikujícího lékaře a na základě indikace lékaře, který je aplikujícím odborníkem, provádí praktickou část lékařského ozáření:
 - Provádí radiologické zobrazovací postupy používané při lékařském ozáření.
 - Asistuje a instrumentuje při postupech intervenční radiologie.
 - Provádí léčebné ozařovací techniky.
 - Provádí nukleárně medicínské zobrazovací i nezobrazovací postupy
4. Radiologický asistent bez odborného dohledu na základě indikujícího lékaře:
 - Provádí léčebné a zobrazovací výkony, které využívají jiné fyzikální principy než ionizující záření.
 - Aplikuje léčivé přípravky trávícím traktem, dýchacími cestami, formou podkožních, kožních a nitrosvalových injekcí.

5. Radiologický asistent pod odborným dohledem lékaře aplikuje intravenózní léčiva nutná k realizaci vyšetřovacích postupů podle odstavce 2 nebo 3.
6. Radiologický asistent se pod odborným dohledem radiologického fyzika se specializovanou způsobilostí v radioterapii podílí na plánování terapie. [26]

Hlavní náplní práce radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny:

- Náležitá práce s technikou.
- Provádění zkoušek provozní stálosti.
- Dodržování provozního řádu daného pracoviště.
- Dle indikace lékaře konání zobrazovacích i nezobrazovacích postupů.
- Poskytování ošetrovatelské péče pacientům.
- Znalost správného průběhu daného vyšetření.
- Informování a poučení pacienta s daným vyšetřením a možných rizicích.
- Spolupráce s ostatními radiologickými pracovníky, lékařem a ostatním zdravotnickým personálem. [23]

2.2 Nukleární medicína

Nukleární medicína je samostatný lékařský obor, který využívá k diagnostice a terapii radionuklidové zdroje ionizujícího záření ve formě otevřených zářičů. Otevřené zářiče mohou být ve formě tuhých látek, kapalin, aerosolů či plynů. Nejčastěji používaná metoda v nukleární medicíně je pomocí intravenózní injekce.

Nejběžnější metodou pro zobrazování v nukleární medicíně je scintigrafická zobrazovací technika, kdy použité radionuklidy při své přeměně emitují fotony elektromagnetického záření (záření gama), to je zachyceno pomocí scintilačního detektoru a tím je získán obraz distribuce radiofarmaka v těle.

Radionuklidová terapie spočívá v podávání radiofarmak emitujících beta, případně alfa záření. Minimální ozáření okolních zdravých tkání je zajištěno tím, že jsou podávána tak, aby zasahovala přímo v postižené tkáni.

Metody nukleární medicíny jsou v porovnání s jinými zobrazovacími metodami (CT, MR, UZ), méně vhodné pro zobrazování anatomických detailů. Excelují však v zobrazení funkce orgánů a průběhu fyziologických či patologických dějů.

V nukleární medicíně se objevují také takzvané hybridní přístroje. Jsou kombinací rentgenového a nukleárně medicínského zobrazení (SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI). Tyto přístroje jsou v nukleární medicíně velkým přínosem, protože umožňují vytvoření anatomicko-funkčního zobrazení pomocí fúze obrazů. Tím je získána přesnější interpretace výsledků daného vyšetření.

Nukleární medicína navazuje na další obory. V diagnostice především na onkologii, kardiologii, urologii a endokrinologii a v terapii hlavně na onkologii, endokrinologii, ortopedii a revmatologii. [1, 5, 7]

2.2.1 Historie nukleární medicíny

„Použití radioaktivních nuklidů v biologických vědách se datuje od začátku tohoto století. Zpočátku ojedinělé pokusy vyústily v padesátých letech v obsáhlé disciplíny experimentální, analytické a klinické. Jednoduchá pokusná metoda stopování osudu zajímavých sloučenin ve spleti intermediálního metabolismu se neobyčejně osvědčila, přinesla mnoho přesvědčivých výsledků a časem přerostla v systém metodických postupů, které byly využitelné v humánní diagnostice. Aplikace otevřených zářičů při léčbě nádorů přispěla k vytvoření ucelené koncepce samostatného oboru, který se zabývá mnohostranným využitím jaderného záření v lékařství. V řadě států vzniká nový obor v systému lékařských disciplín – nukleární medicína.“ (Bakos, Koranda, Hušák, 1985 str. 11)

Gyorgy Hevesy byl maďarský chemik, který v roce 1913 objevil tzv. indikátorový a stopovací princip. Metody nukleární medicíny byly založeny na tomto principu. Stopovací princip udává, že radioaktivní izotop reaguje chemicky stejně jako stabilní izotop téhož prvku. Gyorgy Hevesy za tento objev získal v roce 1943 Nobelovu cenu.

„Počátky využití radioaktivních indikátorů v lékařské diagnostice se datují do třicátých a čtyřicátých let dvacátého století. Hevesyho biologické experimenty s fosforem ^{32}P inspirovaly lékaře Massachusettské všeobecné nemocnice v Bostonu, kteří začali využívat radionuklidy jódu ^{128}I a ^{131}I nejprve pro studium fyziologie a později pro diagnostiku chorob štítné žlázy. Ve druhé polovině čtyřicátých let byl vyvinut vysoce směrově citlivý detektor, s jehož pomocí se dalo zjistit, zda hmatný uzel ve štítné žláze akumuluje jód. Pohybem detektoru nad štítnou žlázou a zápisem výsledku měření na papír vznikla mapa rozložení aktivity představující první obraz, jódový sken štítné žlázy. Primitivní přístroj byl zdokonalen a použitím scintilačního detektoru s mnohaděrovým konvergentním kolimátorem, který se počátkem padesátých let začal využívat pro rutinní vyšetření štítné žlázy v klinice. V průběhu padesátých let došlo k obrovskému rozvoji přístrojové techniky a radiofarmacie a scintigrafická vyšetření se rozšířila do všech klinických oborů.“ (Kupka, Kubinyi, & Šámal, 2007, str. 13)

Obor užívá pro terapii a diagnostiku radioaktivní zářiče pro lékařské účely, tzv. radiofarmaka. Radiofarmakum se aplikuje do těla pacienta a poté je detekována jeho distribuce v organismu pomocí scintilační kamery.

Diagnostika zobrazovacími metodami je prováděna pomocí běžných scintilačních kamer, pozitronových kamer (PET) a další speciální přístrojovou technikou.

Postupy nukleární medicíny lze využít ke zjištění různých patologických ložisek, poruch perfuze, nefyziologických funkcí orgánů a k prokázání poruchy toku, modility nebo drenáže. [5, 14]

2.3 Radionuklidy

V dnešní době je známo až 2000 radioaktivní izotopů 104 chemických prvků, které se dělí na přirozené a umělé.

Přirozených radionuklidů je kolem stovky a nachází se v přírodě. Mezi nejznámější patří ^{226}Ra , ^{222}Ra , ^{40}K , ^{87}Rb a další. Žádný přirozený radionuklid není využíván v nukleární medicíně.

Umělé radionuklidy jsou vyráběny v reaktorech a urychlovačích částic.

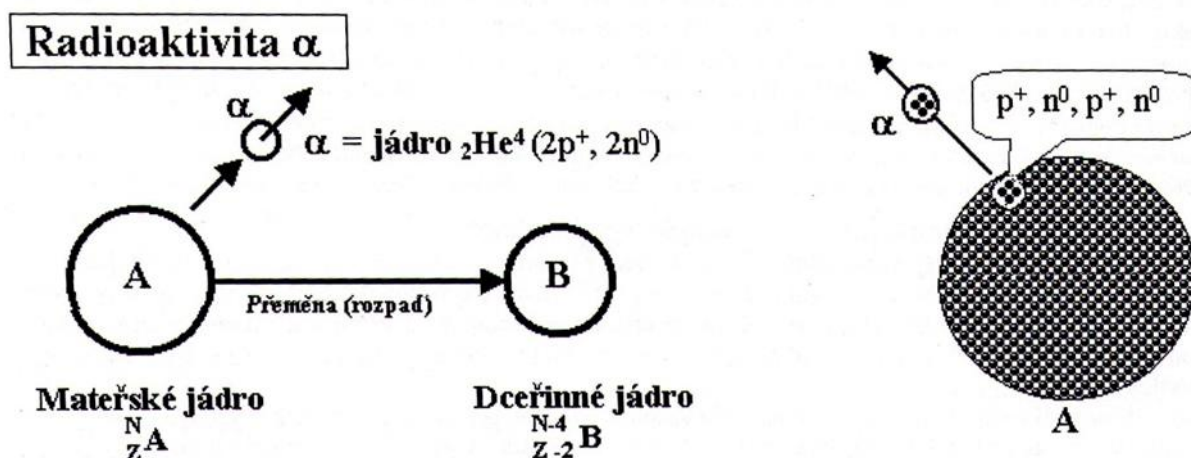
Umělé i přirozené radionuklidy mají různý způsob přeměn na jiný nuklid a díky jejich rozmanitým fyzikálním charakteristikám je lze využívat v diagnostice a terapii na oddělení nukleární medicíny nebo v radioterapii. [5]

2.4 Radioaktivita

„Radioaktivita je jev, kdy se jádra atomů určitého prvku samovolně přeměňují na jádra jiného prvku, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se jmenují radionuklidy.“ (Ullmann, 2009, str. 39)

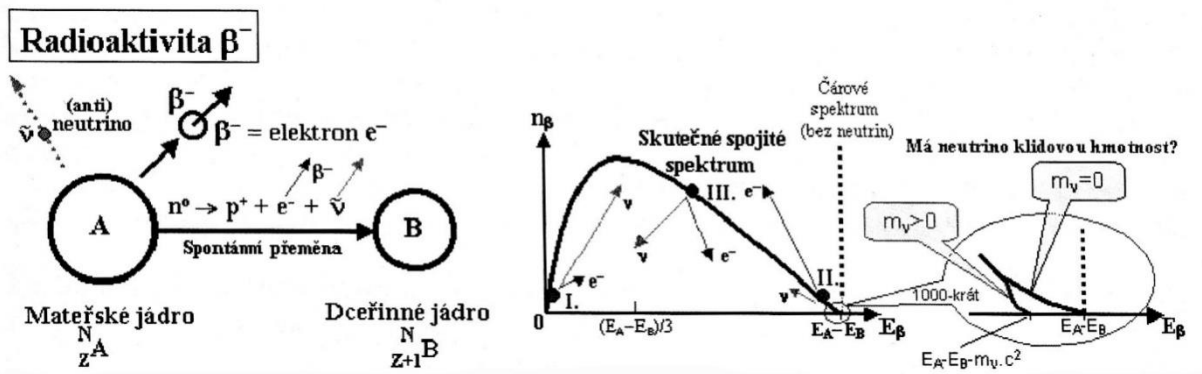
Jsou známy tři základní přeměny jader. Přeměna α , β a γ .

Přeměna α je pouze u radioaktivních prvků s protonovým číslem Z větším než 82. Při této přeměně jsou emitovány kladně nabitě částice α (jádra ${}^4_2\text{He}$), které jsou složeny ze dvou protonů a dvou neutronů. Viz Obrázek 1.

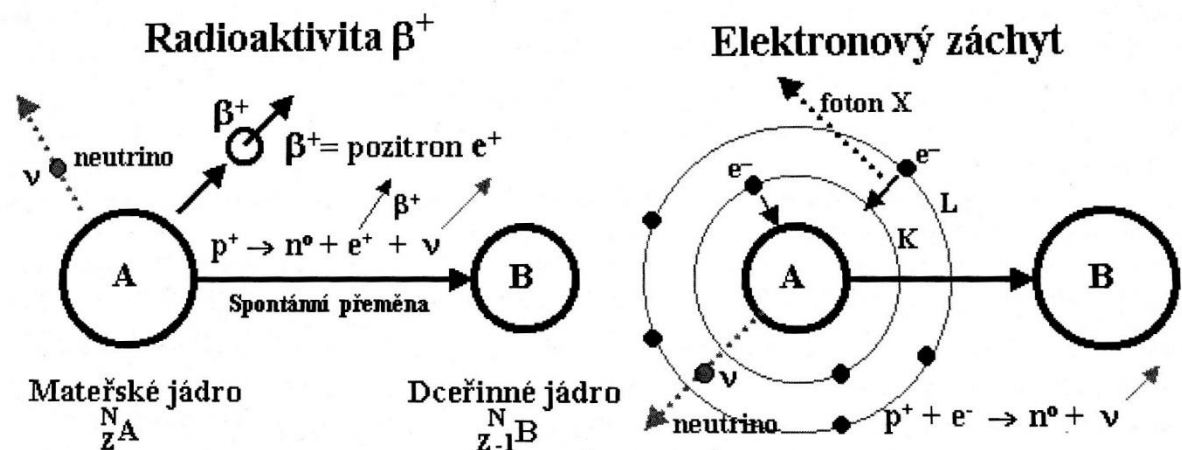


Obrázek 1 Základní schéma radioaktivity α . (Ullmann, 2009, str. 46)

Přeměnu β dělíme na β^+ , β^- a elektronový záchyt. Přeměnu β^+ doprovází emise pozitronů z atomového jádra. Přeměnu β^- , doprovází emise elektronů z atomového jádra. Elektronový záchyt doprovází emise charakteristického rentgenového záření z elektronového obalu. Viz Obrázek 2a Obrázek 3.

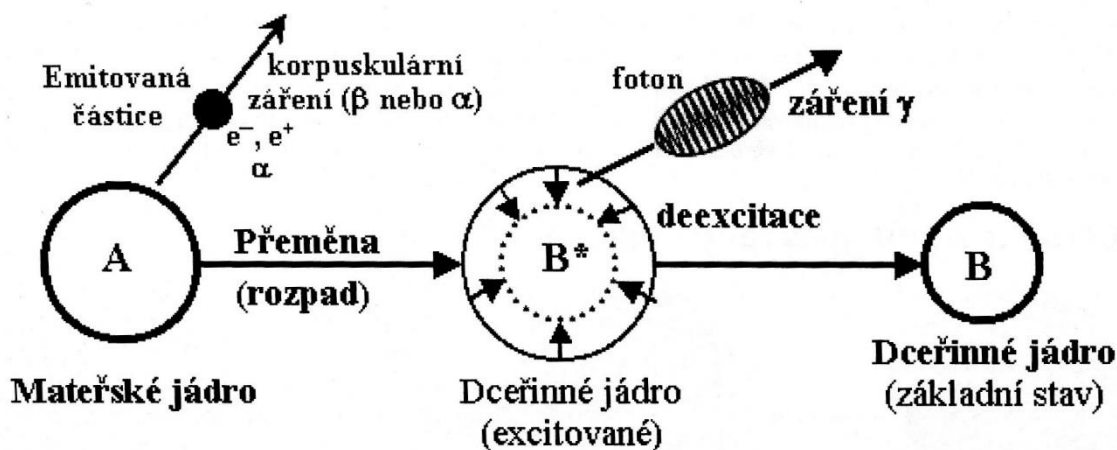


Obrázek 2 Radioaktivita β^- . Vlevo základní schéma radioaktivity β^- . Uprostřed spojité energetické spektrum záření β^- . Vpravo zvětšený detail koncové části spektra pro nulovou klidovou hmotnost neutrin. (Ullmann, 2009, str. 47)



Obrázek 3 Základní schéma radioaktivity β^+ a elektronového záchytu. (Ullmann, 2009, str. 50)

Přeměna γ vzniká při přechodu z excitovaného stavu na stav základní. Dojde k vyzáření přebytečné energie formou elektromagnetického vlnění – fotony γ . Viz Obrázek 4. [5]



Obrázek 4 Typické schéma radioaktivní přeměny jádra A na excitované jádro B* a jeho následné deexcitace za vyzáření fotonu záření γ . (Ullmann, 2009, str. 54)

2.5 Ionizující záření

Ionizující záření způsobuje při průchodu prostředím ionizaci. Tím mění původně elektricky neutrální atomy na kladné a záporné ionty. Ionizační záření se dělí na přímo ionizující a nepřímo ionizující. Přímou ionizující záření tvoří elektrony, pozitrony, protony, částice α a β – nabité částice. Mají dostatečnou pohybovou energii k vyvolání ionizace. Nepřímo ionizující záření tvoří fotony a neutrony – nenabitě částice. Samy své prostředí ionizovat nemohou, ale při kontaktu s prostředím uvolní přímo ionizující nabitě částice a tím způsobí ionizaci prostředí. Zdroji ionizujícího záření jsou radionuklidy. Mohou být přirozené, umělé nebo vyrobené v generátoru – urychlovač částic nebo rentgenka. [5, 7]

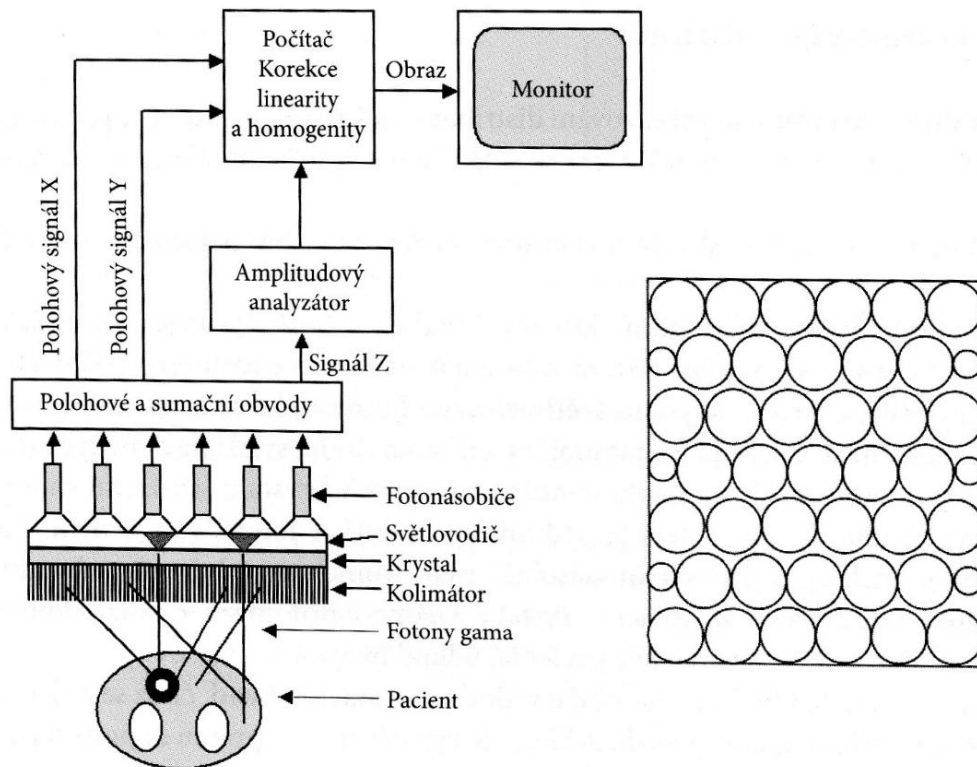
2.6 Detekce záření

V nukleární medicíně je ionizující záření sledováno pomocí scintigrafie, pozitronové emisní tomografie a hybridních systémů.

Scintigrafie je založena na tzv. stopovém principu (tracer principle). Tento princip objevil v roce 1913 maďarský chemik jménem György Hevesy, a v roce 1943 za něj dostal Nobelovu cenu. Ionizační záření, které se přemění ve scintilátoru na světelný záblesk, se pomocí fotonásobiče přemění na elektrický impulz a ten je analyzován vyhodnocovacím přístrojem.

Získaný obraz pak tvoří rozložení impulzů, které jsou zaznamenány nad vyšetřovanou částí těla. Viz Obrázek 5. Největší využití má scintilační kamera Angerova typu, která má obvykle dva detektory s velkým zorným polem a lze s ní dělat celotělová i tomografická vyšetření. Tomografické vyšetření spočívá v otáčení detektorů kolem vyšetřované části těla a zaznamenávání rozložení impulzů. Získaná data zpracuje vyhodnocovací přístroj, který umožní trojrozměrné zobrazení, řezy nebo rekonstrukci. K zachycení pozitronových radiofarmak slouží speciální PET kamery.

Metody nukleární medicíny mají velmi vysokou senzitivitu, ale nevýhodou je jejich špatná specifikace. To bylo důvodem vzniku hybridních systémů, které spojují výhody různých způsobů. PET/CT je kombinací tomografického přístroje a pozitronové emisní tomografie. SPECT/CT je kombinací tomografického přístroje a jednofotonové emisní tomografie. Podle nálezu na vyšetřované oblasti lze vyšetření doplnit o CT. Výsledkem jsou specifické informace o charakteru i lokalizace a zrychlení diagnostiky daného problému. [1, 5, 7, 14]

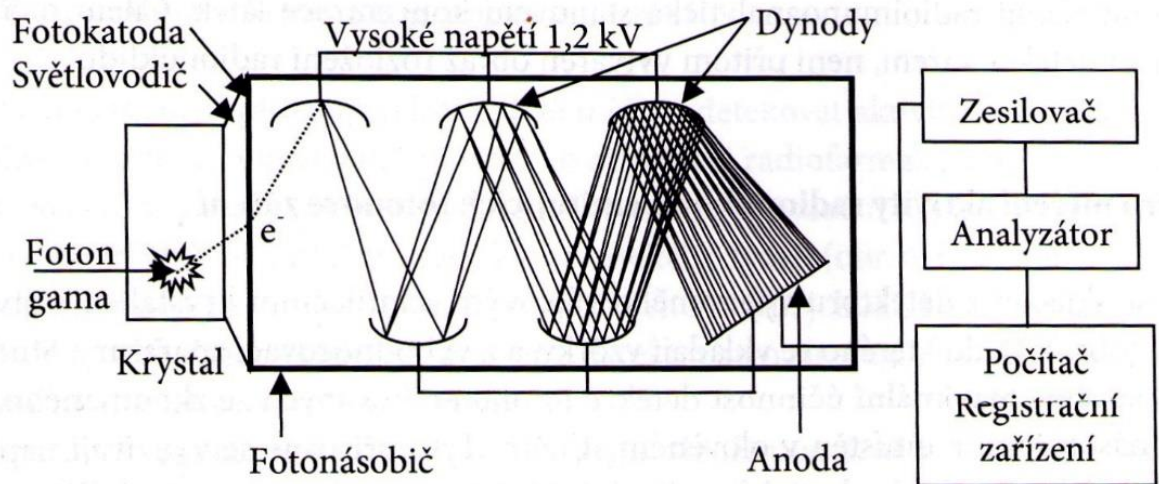


Obrázek 5 Schéma přenosu a záznamu informace o distribuci radiofarmaka v těla pacienta scintilační kamerou. (Koranda, 2014, str. 28)

2.7 Princip scintilačního detektoru

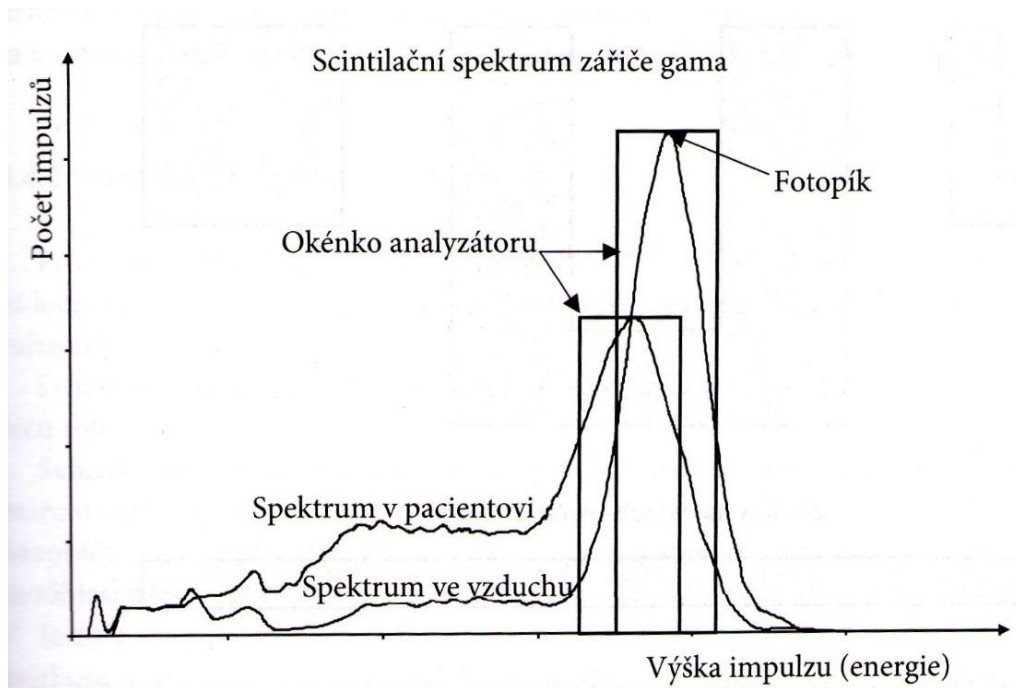
„Scintilační detektor sestává ze tří částí: scintilačního krystalu, fotonásobiče a elektronické vyhodnocovací soupravy. Detekční látkou ve scintilačních krystalech používaných v nukleární medicíně jsou anorganické scintilátory, obvykle jodid sodný aktivovaný thalliem NaI (Tl). Interakce fotonového záření probíhá na základě fotoefektu nebo Comptonova jevu. Při nich se uvolňují elektrony, jež způsobují excitaci atomů detekční látky s následným vznikem scintilací (záblesků) viditelného světla. V důsledku vysoké hustoty a protonového čísla jódu ($Z=53$) se v NaI(Tl) absorbuje záření gama velmi intenzivně. Důležitou vlastností scintilačního krystalu je skutečnost, že počet fotonů v jednom záblesku ve scintilátoru, a tedy i výška impulzů na výstupu fotonásobiče, je přímo úměrná energii, kterou foton záření gama ztratil v detekční látce. Velikost a tvar scintilačního krystalu závisí na aplikaci, pro kterou se přístroj používá. Scintilační přístroj je připojen přes světlovodič k fotonásobič. Při interakci fotonu ze scintilátoru s fotokatodou vznikne fotoelektron, který dopadne na první dynodu a způsobí emisi několika sekundárních elektronů. Na každé dynodě se takto znásobí počet elektronů a výsledkem je, že na anodu fotonásobiče dopadne cca 10⁶ elektronů, které na výstupu fotonásobiče vytvoří proudový nebo napěťový impulz. Součástí detekčního zařízení je zdroj vysokého napětí, který zajišťuje rozložení napětí mezi fotokatodou, jednotlivé dynody a anodu. Rozdíl napětí mezi dynodami urychluje elektrony na dostatečnou energii potřebnou k vyvolání sekundární emise elektronů. Elektrické impulzy z výstupu jsou dále zpracovávány v elektronické části zařízení. Po zesílení jejich amplitudy (výšky) v zesilovači postupují impulzy do amplitudového analyzátoru, kde se třídí podle výšky. V nukleární medicíně se využívají přednostně takové impulzy, jejichž výška spadá do vhodně zvoleného „okna“ analyzátoru tvořeného dolní a horní diskriminační hladinou (napětím). Scintilačním detekčním zařízením s amplitudovým analyzátozem lze změřit rozložení výšek impulzů – scintilační spektrum zářiče gama, jež se skládá z jednoho či více fotonů a Comptonova spojitého spektra. Impulzy v oblasti fotonů přísluší fotonům gama, které ztratily ve scintilátoru celou svoji energii. V oblasti spojitého spektra se zaznamenávají impulzy odpovídající fotonům gama, které interagovaly Comptonovým rozptylem ve scintilačním krystalu nebo ve tkáni a pouze část jejich energie se absorbovala ve scintilátoru. Při všech vyšetřeních v nukleární medicíně se okno analyzátoru ve scintilačním spektru nastavuje na význačný foton měřeného radiofarmaka.“ (Kupka, Šámal, 2007, str. 36-37) Viz Obrázek 6.

Schéma scintilačního detektoru



Obrázek 6 Schéma scintilačního detektoru; ve fotonásobiči bývá 6 i více dvojic dynod, zde jsou znázorněny jen tři páry těchto elektrod. (Koranda, 2014, str. 25)

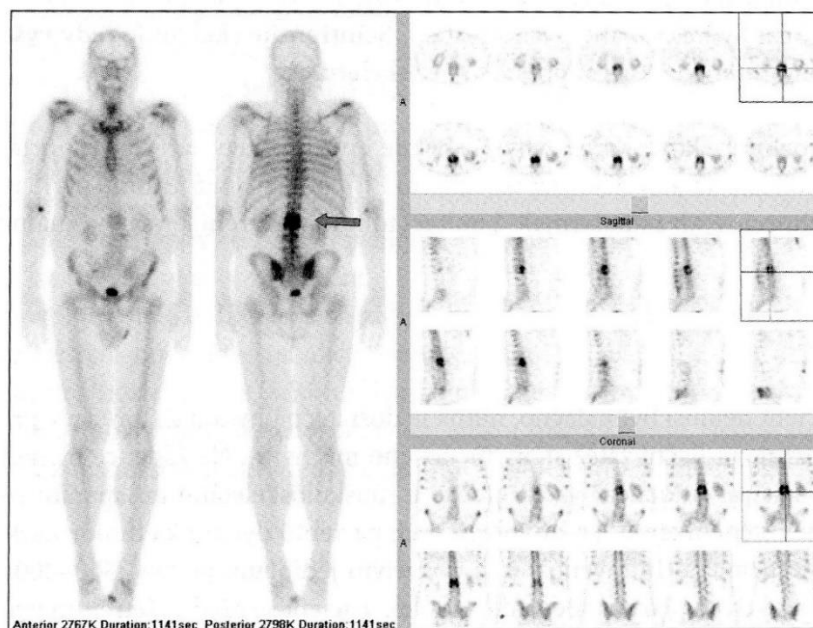
„Scintilační spektra monoenergetického gama záření v případech, kdy je radiofarmakum aplikováno pacientovi a kdy je pouze v otevřené nádobě. Energie fotonů je v důsledku omezeného energetického rozlišení rozmazána, takže detekujeme Gaussovský foton namísto diskrétního čárového spektra. Na nižších energiích pozorujeme spojité spektrum rozptýlených fotonů, které při interakci s okolím ztratí část své energie nebo které nejsou v krystalu zcela absorbovány, takže mu nepředávají všechnu svou energii. Při srovnání spekter je patrný nárůst rozptýleného záření z radionuklidu obsaženého v těle pacienta a posun fotonu směrem vlevo; kontrolu polohy fotonu před nastavením okénka analyzátoru je tedy třeba provádět se zářičem umístěným před detektorem kamery ve vzduchu, nikoliv na základě záření gama vycházejícího z pacienta.“ Viz Obrázek 7. (Koranda, 2014, str. 25)



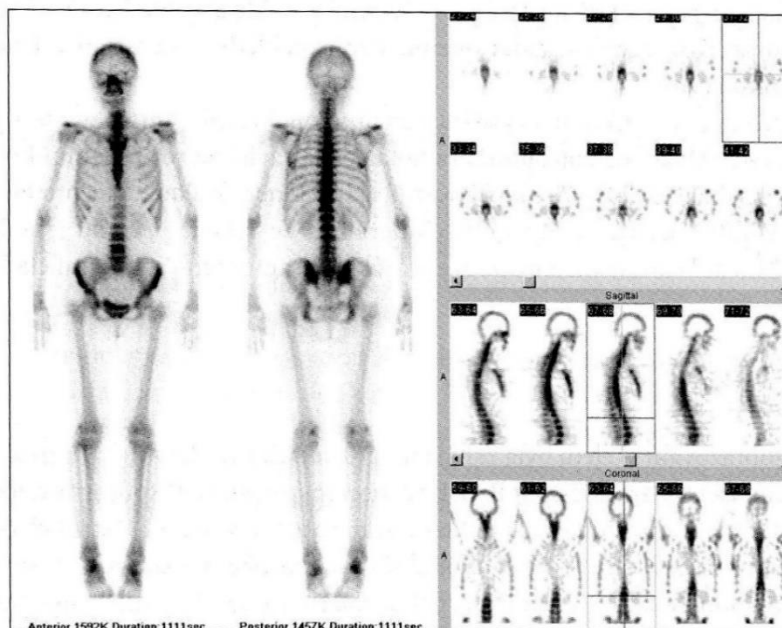
Obrázek 7 Scintilační spektrum zářiče gama. ((Koranda, 2014, str. 25)

2.7.1 Scintigrafické vyšetření

Ke scintigrafickému vyšetření neboli zobrazování distribuce radiofarmaka v těle pacienta, se využívá gamakamera, která je složena z detektorů a vyhodnocovacího počítače. Viz Obrázek 8 a Obrázek 9.



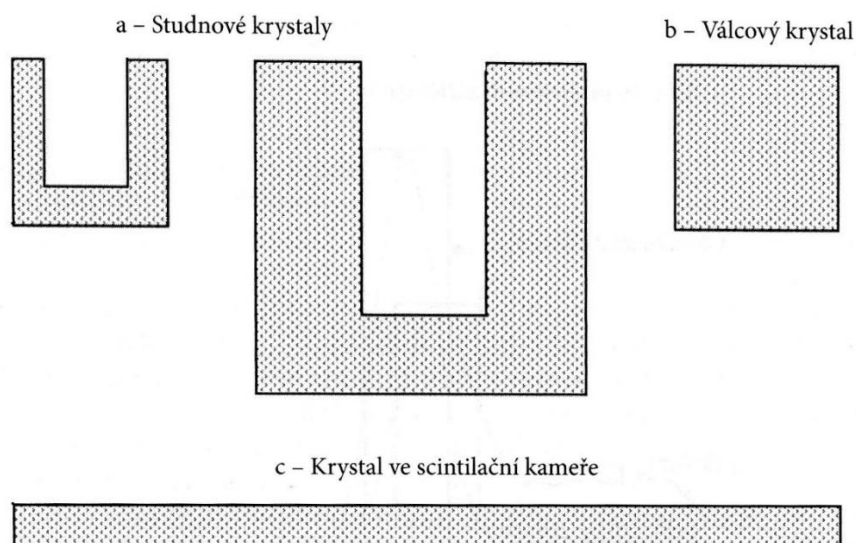
Obrázek 8 Spondylodiscitida. Zvýšená kostní přestavba v L1 a L2 obratlích. (Koranda, 2014, str. 132)



Obrázek 9 Normální nález na celotělovém vyšetření skeletu. Tomografické transverzální, sagitální a koronární řezy. (Koranda, 2014, str. 132)

Detektory jsou složeny ze scintilačního krystalu, kolimátoru a fotonásobičů.

Scintilační krystal bývá obdélníkového tvaru o rozměru 40-50 cm. Je z jodidu sodného aktivovaného thaliem (NaI (Tl)). Fotonásobiče jsou voštinově rozloženy za scintilačním krystalem. Je jich kolem 60-65 a jsou připevněny pomocí světlovodivé hmoty ke krystalu. Světlovodivá hmota velmi usnadňuje přestup světla ze záblesků na fotokatodu fotonásobiče a také brání vzniku lomu světla na optických rozhraních. Viz Obrázek 10.



Obrázek 10 Různé tvary scintilačních krystalů. (Koranda, 2014, str. 26)

Pokud foton γ záření navodí v krystalu scintilaci, dojde k šíření světla v krystalu všemi směry. Fotonásobič je přímo místem reakce fotonu s krystalem, a proto se do něho dostane nejvíce světla. Hodnocení výstupních signálů všech fotonásobičů tedy opatří informace o poloze, kde přesně v krystalu ke scintilaci došlo. Jestliže je znám směr letu fotonů, lze určit polohu v těle pacienta, ze které byly fotony vyzářeny.

Impulzy ze všech fotonásobičů jsou vedeny na sumační bod. Díky tomuto bodu lze získat informace o energii fotonového záření, které vyvolalo záblesk viditelného světla. Pro vytvoření scintigramu se využijí pouze ty scintilace, jejichž energie odpovídá energii radionuklidu, který byl podán pacientovi.

Kolimátory účinkují jako olověné filtry, které propustí jenom fotony letící v potřebném směru pro dané vyšetření. Jsou rozlišeny podle energie radiofarmaka, použitého pro dané vyšetření. Dle rozlišovací schopnosti a citlivosti se dělí na kolimátory s vysokým rozlišením a nízkou citlivostí (typ HR), se středním rozlišením a střední citlivostí (typ AP) a s vysokou citlivostí (typ HS). Dále se liší podle počtu otvorů a konfigurace.

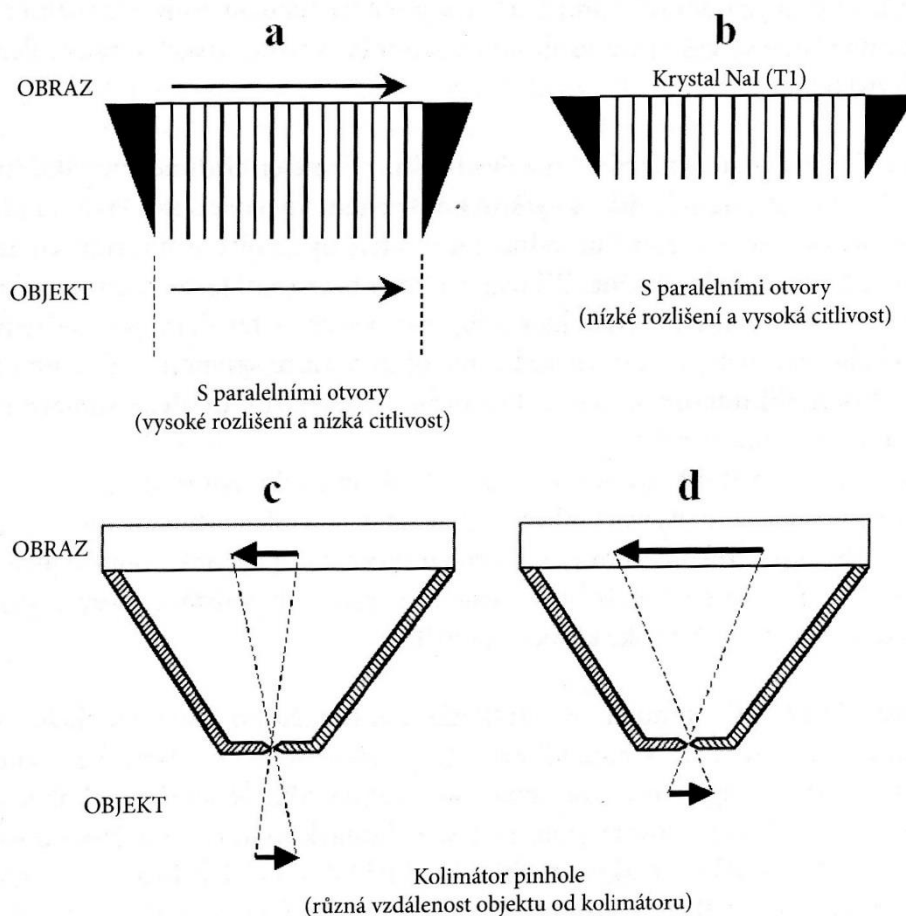
Nejčastěji používaný je mnoho otvorový kolimátor, který je tvořen z tisíce paralelních otvorů (paralelní kolimátor). Tyto otvory probíhají kolmo k povrchu scintilačního krystalu. Takovýto kolimátor propustí jenom fotony, které letí kolmo na detekční plochu krystalu. Záblesky v krystalu poté vytvoří obraz daného orgánu v poměru 1:1. Viz Obrázek 11.

Dalším kolimátorem je kolimátor zvaný pinhole, který je pouze jedno otvorový a má tvar trychtýře. Tento kolimátor dává obraz zvětšený a převrácený. S rostoucí vzdáleností objektu, klesá zvětšení obrazu. Pokud je zobrazovaná část těla v blízkosti vyšetřované části, poskytuje pinhole velmi dobré rozlišení obrazu. Je vhodný pro zobrazování malých oblastí, např. štítná žláza. Viz Obrázek 11.

Kolimátory lze rozdělit ještě do tří skupin podle použitého zářiče:

- nízké energie, do 160 keV, např. ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{201}Tl
- střední energie, do 300 keV, např. ^{111}In
- vysoké energie, nad 300 keV, např. ^{131}I

Čím vyšší je energie záření γ , tím tlustší jsou olověná septa mezi otvory kolimátoru. Rozlišení a citlivost obrazu klesá s tloušťkou olověných sept. [1, 5, 7]



Obrázek 11 Schémata kolimátorů nejčastěji používaných v detektorech scintilačních kamer. (Koranda, 2014, str. 29)

2.7.2 Detekce zánětů v nukleární medicíně

„Detekce a určení lokalizace zánětlivého ložiska v organizmu je významným diagnostickým problémem, jehož řešení bývá někdy neúspěšné přes použití většího počtu rozmanitých vyšetřovacích metod. Významnou výhodou scintigrafie ve srovnání s ostatními zobrazovacími postupy je možnost celotělového způsobu vyšetření při pátrání po neznámém ložisku zánětu.“

V současné době využívá nukleární medicína při vyšetření zánětů několika různých diagnostických postupů, založených na odlišných farmakokinetických mechanismech vedoucích ke kumulaci jednotlivých radiofarmak v zánětlivém ložisku. Tato skutečnost umožňuje zvolit nukleárně medicínský vyšetřovací postup, který je optimální pro detekci předpokládaného typu zánětlivého procesu.

Obecně je možno charakterizovat zánět jako komplexní fyziologickou reakci na cizorodou substanci. Jedna ze současných definicí zánětu popisuje tento proces jako reakci mikrocirkulace se současným přesunem tekutin a leukocytů z krve do extravaskulární tekutiny. Tyto procesy jsou vlastně i podkladem nejstaršího popisu zánětu od Cornelia Celsa, který shrnul vnější projevy zánětu do známé triády: rubor, calor a tumor (až později doplněné o kategorie „dolor et functio laesa“). Přítom zarudnutí a vyšší teplota tkáně jsou projevem hyperémie při dilataci drobných cév pod vlivem snížení pH a přítomnosti vazoaktivních látek (histamin, prostaglandiny) a edém je důsledkem vyšší permeability kapilár a průniku plazmatických proteinů do extravaskulárních prostorů s průvodním vzestupem onkotického tlaku.

Pod široký pojem zánětu se zahrnují různorodé procesy jak infekčního, tak i aseptického charakteru (např. autoimunitní záněty). Při bakteriálních infekcích dochází v ložisku k produkci peptidů s afinitou k receptorům neutrofilů, což vede k migraci leukocytů do oblasti léze. Současně při vazbě imunoglobulinů na mikrobiální povrchy dochází k aktivaci komplementu a stimulaci buněčné odpovědi. Při virových infektech dochází k aktivaci B-lymfocytů s produkcí protilátek a T-lymfocytů produkujících cytokiny s následnou stimulací reakce makrofágů a tvorby antimikrobiálních substancí.

V současné době velmi významným jevem využívaným k detekci zánětů je i zvýšení metabolismu v ložisku zánětu spojené se zvýšenou spotřebou glukózy.“ (Koranda, 2014, str. 163)

Při výběru diagnostické metody je třeba mít na paměti, že každý typ zánětu se projevuje jinou intenzitou. Dále je třeba vzít v potaz distribuci radiofarmaka v organismu, protože je velmi těžké rozeznat přirozené hromadění radiofarmaka a zánětlivý fokus se zvýšenou kumulací radiofarmaka.

Mezi scintigrafické metody k detekci zánětů patří:

- Třífázová scintigrafie skeletu – pro zjištění přítomnosti zánětu ve skeletu na základě průkazu hyperémie a zvýšení kostní přestavby v oblasti léze.
- Kovové ionty – ⁶⁷Ga-citrát – pro zjištění atypických plicních zánětů, osteomyelitidy páteře a granulomatózních zánětů.
- Leukocyty značené in vitro – průkaz koncentrace leukocytů v zánětlivém ložisku.
- Značené protilátky – při detekci zánětu využívá značené protilátky.

¹⁸FDG PET/CT – především při diagnostice horečkách nejasného původu, vaskulitidy velkých tepen a infekcí cévních protéz. [5]

2.8 Galiová scintigrafie

Scintigrafické vyšetření, při kterém je použit ⁶⁷Ga-citrát.

2.8.1 Historie

První se o galiové scintigrafii zmínili Edwards a Hayes v roce 1969. Zkoumali pacienty s Hodgkinovou nemocí a sledovali akumulaci ⁶⁷Ga-citrátu v lymfatických uzlinách, které byly nádorově postiženy. Následně se zkoušelo použití ⁶⁷Ga-citrátu k zobrazení některých zánětů a dalších typů nádorů. K rozvoji dalších diagnostických metod, při kterých je použito toto radiofarmakum, došlo během několika následujících let. V některých případech se vyšetření pomocí ⁶⁷Ga-citrátu ukázalo jako nedostatečné, i přesto však u řady diagnostických postupů zůstalo na prvním místě, a to především díky své schopnosti zobrazit aktivity zánětů nebo zobrazit životaschopné nádorové buňky. [9, 18]

2.8.2 Vlastnosti radiofarmaka

Výroba ⁶⁷Ga-citrátu probíhá v cyklotronu. Je představitelem skupiny kovových iontů. Jeho poločas rozpadu je 78,3 hodin a jeho přeměna probíhá elektronovým záchytem s emisí fotonů gama s vysokou energií. Proto je nutné ke scintigrafii s tímto radiofarmakem použít kolimátor pro střední energie. [18, 20]

2.8.3 Biodistribuce

Farmakokinetika tohoto radiofarmaka je určena jeho biodistribucí. ⁶⁷Ga-citrát se podává intravenózně. Po tomto podání je 30% ⁶⁷Ga-citrátu navázáno na transferin a 70% zůstane ve volné formě, nicméně mezi těmito oddíly zůstává dynamická rovnováha. ⁶⁷Ga-citrát je ukládán v kyselých mukopolysacharidech, a to vede k jeho koncentraci v zánětlivém ložisku.

Radiofarmakum je bezprostředně po aplikaci vylučováno močí, v průběhu scintigrafie však dominuje sekrece střevem. Méně výrazné jsou pak slzné, slinné a prsní žlázy, nosohltan, skelet, játra a slezina. [18, 20]

2.8.4 Galiová scintigrafie

Galiová scintigrafie je metoda vyšetřování na oddělení nukleární medicíny. Využívá se především k lokalizaci zánětu při horečkách neznámého původu, osteomyelitidy páteře a granulomatózních zánětlivých procesů typu sarkoidózy nebo tuberkulózy, maligních nádorů a jejich metastáz a projevů infekcí u AIDS. Částečně limitujícím faktorem pro toto vyšetření je značně vyšší radiační zátěž při použití ^{67}Ga -citrátu (14 mSv/110 MBq). [5, 18,20]

2.9 Radiofarmaka

Dle Českého lékopisu radiofarmakum znamená léčivý přípravek, obsahující jeden nebo více radioaktivních izotopů, využívaný k lékařským účelům. Radiofarmaka mají stejné požadavky jako kterékoliv jiné léčivé přípravky, ale i požadavky uplatňující se na radionuklidy. [6]

Radiofarmakum (radiofarmakon), léčivý přípravek obsahující radionuklid, je radioaktivní látka aplikovaná člověku k terapeutickým nebo diagnostickým účelům. Patří do skupiny léčiv, u nichž je při výrobě, přípravě, manipulaci a používání nutné plnit zvláštní požadavky, které nejsou obvyklé u léčiv jiných.“ (Kraft, Pekárek, 2012, str. 7)

Základ radiofarmaka je farmakum – léčivý přípravek (nosič) a radionuklid (účinná složka). Farmakum je vybráno dle specifické distribuce a chování v lidském těle – musí mít vztah ke tkáni nebo orgánu. Radionuklid je navázán na vhodné farmakum. Pro nukleární medicínu se používají pouze uměle připravené radionuklidy. Radiofarmaka, na rozdíl od jiných léčiv, mají v čase proměnlivý obsah látky, která nese vlastní účinek přípravku, a to proto, že kvantita radionuklidu se působením radioaktivní přeměny s časem exponenciálně snižuje.

Důležitými vlastnostmi radiofarmaka je obsah radionuklidu v radiochemické formě (jednoduchá anorganická nebo organická látka), poločas přeměny (tedy doba, za kterou se sníží aktivita daného radionuklidu na polovinu), energie ionizačního záření a jeho druh.

Zacházení s radioaktivní látkou a její přetváření na radioaktivní léčivo vyžaduje přísné dodržování kritérií na práci se zdroji radioaktivního záření, ale i vysokých nároků kladených na přípravu léčivých přípravků, určených k parenterálnímu podání.

V radiofarmakách je radionuklid navázán na různé druhy nosičů. Nosič může být chemická či biologicky aktivní látka od anorganické soli po molekuly organických látek a komplexních solí, krevní elementy, buňky, peptidy, imunoglobuliny, protilátky.

Jako HVLP se vyrábějí radiofarmaka s poločasem rozpadu v délce dnů až týdnů. Pro výrobu IPLP, klinických radiofarmak, se užívá radionuklidů s krátkým poločasem rozpadu v délce hodin, minut, sekund, a to individuálně na klinickém pracovišti v laboratoři; tyto se používají především k diagnostickým účelům.

Energie se udává v elektronvoltech (eV), množství radionuklidu vyjadřuje jeho aktivita v bequerelech (Bq). [6]

2.10 ^{67}Ga -citrát

Radiofarmakum ve formě apyrogenního bezbarvého roztoku, jehož aplikace probíhá intravenózně. Aktivita aplikovaného radiofarmaka je u zánětů kolem 100 MBq a u nádorů přibližně 100-300 MBq. Hodnota aktivity, platná pro pacienta s hmotností 70 kg (diagnostická referenční úroveň) je při detekci nádorů 300 MBq a při detekci zánětů 150 MBq. V případě, že je hmotnost pacienta vyšší, je nutné aktivitu přepočítat. Vhodnou aplikovanou aktivitu určuje kromě hmotnosti, také věk, tělesná konstituce, rozdílná citlivost přístroje a důvod vyšetření.

Při vyšetřování dítěte se aktivita přepočítává dle hmotnosti 1,85 MBq/kg.

^{67}Ga -citrát lze použít 10 dní od data kalibrace a 8 hodin po otevření. Na kontejneru s radiofarmakem je vždy štítek s datem i hodinou kalibrace a expirace. Při použití pro více pacientů je třeba každou dávku ^{67}Ga -citrátu odebrat zvlášť, a to za pomoci aseptických pomůcek v laminárním boxu. [20, 22]

2.11 Kategorizace pracovišť

Pracoviště jsou rozdělena do pásem a kategorií.

2.11.1 Kontrolované pásmo

Kontrolovaným pásmem je každé pracoviště se zdrojem ionizujícího záření, kde se lze domnívat, že by efektivní dávka mohla přesáhnout hranici 6 mSv za rok a ekvivalentní dávka přesáhnout hranici tří desetin limitu pro pracovníka pro kůži nebo končetiny ne 15 mSv pro oční čočku. V tomto pásmu je držitel povolení k provozu povinen hlásit Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost vymezení, změnu nebo zrušení kontrolovaného pásma. [25]

2.11.2 Sledované pásmo

Každé pracoviště se zdrojem ionizujícího záření, kde se lze domnívat, že by efektivní dávka mohla přesáhnout hranici 1 mSv za rok a ekvivalentní dávka přesáhnout hranici jedné desetiny limitu pro pracovníka pro oční čočku, kůži nebo končetiny. V tomto pásmu je držitel povolení k provozu povinen hlásit Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost vymezení, změnu nebo zrušení sledovaného pásma.

Pracoviště, kde je použito ionizující záření, se kategorizují dle ohrožení zdraví a životního prostředí na pracoviště I., II., III. a IV. kategorie. [25]

2.11.3 Pracoviště I. kategorie

Do I. kategorie spadají:

- Pracoviště s veterinárním rentgenovým přístrojem.
- Pracoviště se zubním rentgenovým přístrojem.
- Pracoviště s kabinovým rentgenovým přístrojem.
- Pracoviště s typově neschváleným zdrojem ionizujícího záření.
- Pracoviště s kostním denzitometrem.
- Pracoviště s měřícím zařízením, které obsahuje uzavřený zářič, kde není třeba vymežit kontrolované pásmo.

- Pracoviště s technickým rentgenovým zařízením, kde není třeba vymezit kontrolované pásmo.
- Pracoviště s otevřenými zářiči, pokud splňují požadavky tabulky č. 1 přílohy č. 4 a zařazení do této kategorie potvrdil Státní úřad pro jadernou bezpečnost v rámci vydání povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření podle § 9 odst. 1 písm. i) zákona. [25]

2.11.4 Pracoviště II. kategorie

Do II. kategorie spadají:

- Pracoviště s jednoduchými zdroji ionizujícího záření, které nepatří mezi pracoviště I. kategorie.
- Pracoviště s mobilním defektoskopem s uzavřeným zářičem.
- Pracoviště s ozařovačem s uzavřeným zářičem.
- Pracoviště s rentgenovým zářením k diagnostice nebo terapii.
- Pracoviště s mobilním ozařovačem s uzavřeným zářičem.
- Pracoviště s měřícím zařízením, které obsahuje uzavřený zářič, kde není třeba vymezit kontrolované pásmo.
- Pracoviště s otevřenými zářiči, pokud splňují požadavky tabulky č. 1 přílohy č. 4 a zařazení do této kategorie potvrdil Úřad pro jadernou bezpečnost v rámci vydání povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření podle § 9 odst. 1 písm. i) zákona.
- Pracoviště s mimotělovým ozařovačem krve s uzavřeným zářičem. [25]

2.11.5 Pracoviště III. kategorie

Do III. kategorie spadají:

- Pracoviště s urychlovačem částic.
- Pracoviště s uzavřeným zářičem určeným k radioterapii a brachyterapii
- sklad uznaný pro zářiče.
- Pracoviště s otevřeným zářičem, pokud splňují požadavky tabulky č. 1 přílohy č. 4 a zařazení do této kategorie potvrdil Úřad pro jadernou bezpečnost v rámci vydání povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření podle § 9 odst. 1 písm. i) zákona.
- Pracoviště s průmyslovým ozařovačem určeným k ozařování potravin.

- Pracoviště pro těžbu a zpracování uranové rudy. [25]

2.11.6 Pracoviště IV. kategorie

Do IV. kategorie spadají:

- Jaderná zařízení.
- Úložiště radioaktivních odpadů.
- Pracoviště s otevřenými zářiči vysokých aktivit.
- Sklad vyhořelých nebo ozářených paliv.

Pracoviště nukleární medicíny je řazeno do II. kategorie pracovišť. [25]

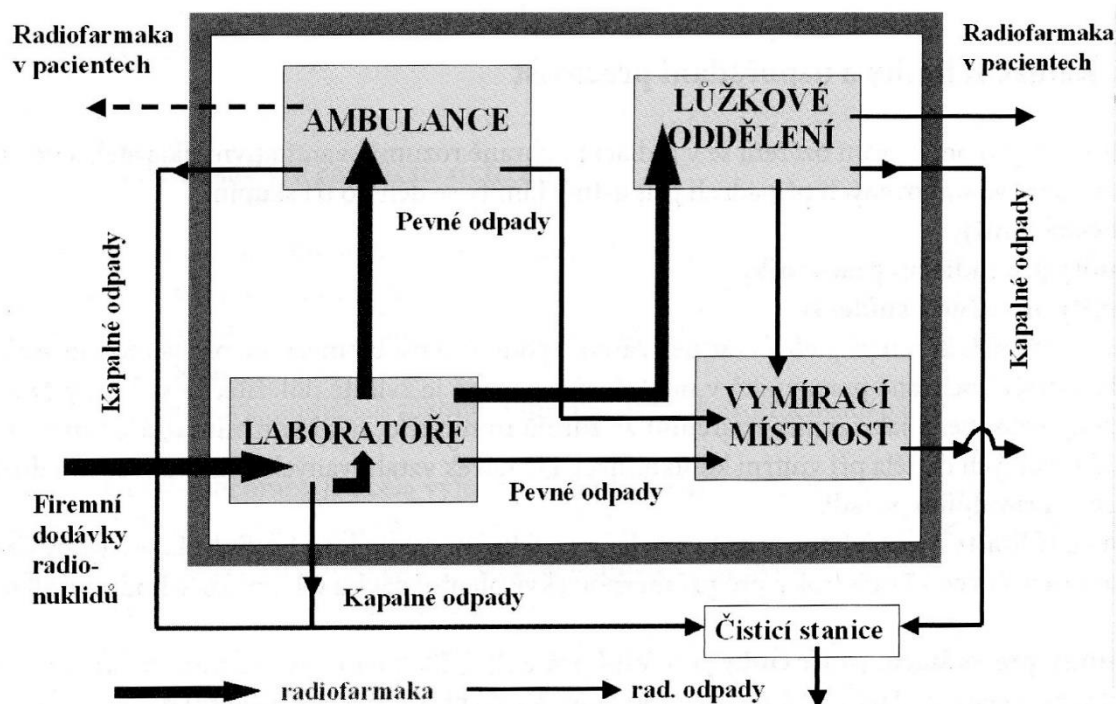
2.11.7 Uspořádání pracoviště nukleární medicíny

Pracoviště nukleární medicíny je většinou uspořádáno do tří částí. Skládá se z laboratorní části pro příjem, přípravu a kontrolu radiofarmak a pro další laboratorní práce, například vyšetření in vitro. Další je část ambulantní, kde probíhá radionuklidová diagnostika. Poslední částí je lůžkový úsek pro hospitalizace a léčbu pacientů.

Laboratorní část je určena pro příjem radiofarmak a jejich kontrolu. Kontroluje se, zda se údaje z průvodního listu shodují s vlastnostmi radiofarmaka. Dále zde probíhá příprava radiofarmaka určeného k aplikaci při vyšetření pacienta. Tyto přípravy probíhají v laminárním boxu. Radiofarmaka se rozdělí do injekčních stříkaček a následně se změří daná aktivita. Každá injekční stříkačka je pak označena a vložena do vhodného stínění. Zbytky radiofarmak se pokládají za radiační odpad. O spotřebě a likvidaci radiofarmak se vede přesná evidence.

Ambulantní část je určena k diagnostice pomocí radionuklidů. Používají se radiofarmaka ve formě roztoků a jsou značena nejčastěji ^{99m}Tc . Tyto roztoky jsou pacientům aplikovány intravenózně v aplikačních místnostech k tomu určených nebo těsně před vyšetření na vyšetřovacím stole. Dále se používají radiofarmaka ve formě plynů, například ^{99m}Tc -DTPA, pro vyšetření plic. Po aplikaci radiofarmak zde probíhají scintigrafická vyšetření, PET a jiné.

Lůžkový úsek je určen pro hospitalizaci pacientů, kterým je indikována terapie pomocí radiofarmak. Nejčastěji pro léčbu onemocnění štítné žlázy. Aplikace radiofarmak probíhá perorálně v podobě kapslí nebo roztoků. Viz Obrázek 12. [5]



Obrázek 12 Schéma pohybu dodávaných radiofarmak a odpadů obsahujících radionuklidy na pracovišti nukleární medicíny a mimo něj. (Koranda, 2014, str. 48)

2.12 Kategorizace radiačních pracovníků

Radiační pracovníky lze rozdělit do dvou skupin.

2.12.1 Kategorie A a B

Radiační pracovníci jsou děleni podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením, a to na kategorie A a B.

Kategorie A zahrnuje radiační pracovníky, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv za rok nebo ekvivalentní dávku vyšší než 15 mSv pro oční čočku a než 3/10 limitu ozáření pro končetiny a kůži. Těmto pracovníkům je zajištěn odborný lékař, který provádí prohlídky. Před zahájením pracovního poměru provede vstupní prohlídku a při ukončení pracovního poměru výstupní prohlídku, a dále preventivní prohlídku vždy 1x ročně. Kromě toho provádí mimořádné prohlídky při podezření na překročení jakéhokoliv z limitů.

Radiační pracovníci, kteří nespádají do kategorie A, jsou pracovníky kategorie B. [7, 14, 25]

2.12.2 Pracovníci na nukleární medicíně

Oddělení nukleární medicíny je určeno pouze pro radiační pracovníky kategorie A. Každý pracovník nukleární medicíny musí mít vlastní dozimetr, který nosí na levé straně hrudi. Nejvíce jsou používány dozimetry filmové, které registrují záření gama a beta. Měří dávku v těle pracovníka a každý měsíc jsou vyhodnocovány na specializovaném pracovišti. [7, 14, 16]

2.13 Radiační ochrana v nukleární medicíně

Oddělení nukleární medicíny je pracoviště s ionizujícím zářením, a proto se řídí těmito legislativními předpisy:

- „Zákon č. 263/2016 Sb. Atomový zákon.“
- „Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.“

Záměrem radiační ochrany je absolutně vyloučit účinky deterministické a snížit pravděpodobnost vzniku účinků stochastických na rozsah přijatelných pro jednotlivce a společnost. Radiační ochrana je postavena na třech základních principech. Každý člověk provádějící činnost, která vede k ozáření:

- *musí dbát na to, aby jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který převáží rizika, jež při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout – **princip zdůvodnění***
- *je povinen dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby dávka ozáření osob a riziko ohrožení života, zdraví a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek – **princip optimalizace***
- *je povinen omezovat ozáření osob tak, aby nepřesáhlo stanovené limity – **princip nepřekročení limitů***

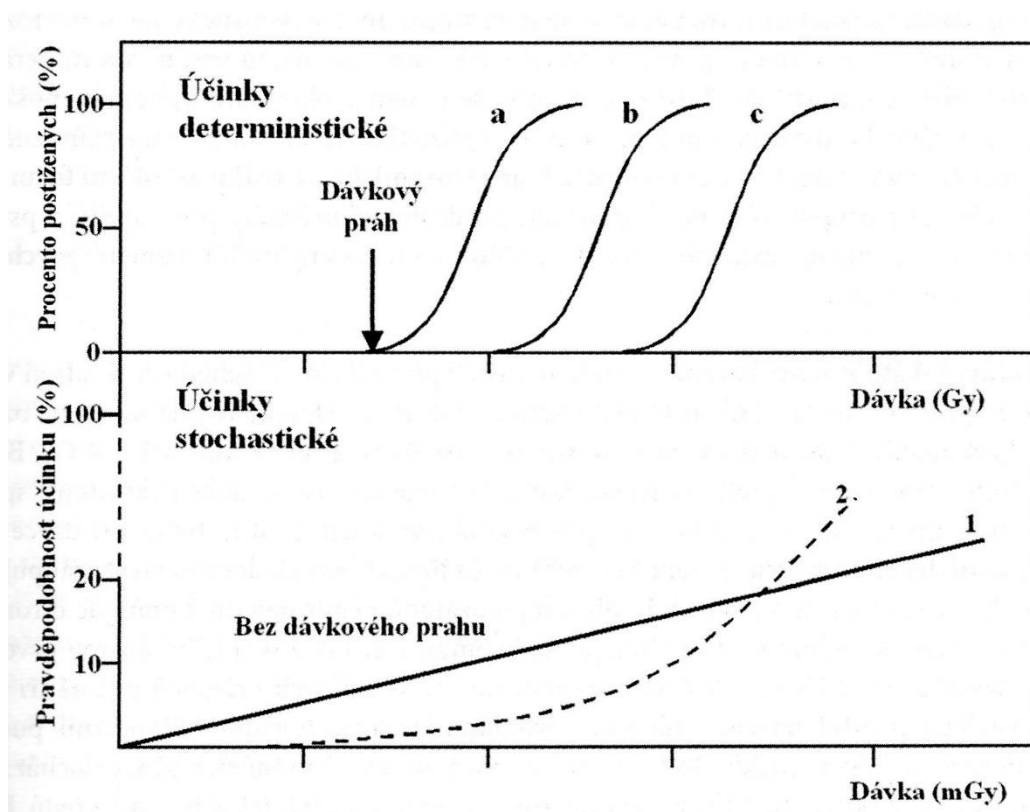
(Koranda, 2014, str. 46.)

Informace o nepříznivých účincích ionizujícího záření na lidské tělo se získávají již od doby krátce po objevu rentgenových paprsků a radioaktivity z přírodního prostředí.

Deterministické účinky mají různou prahovou dávku pro různou tkáň. Pokud se prahová dávka překročí, dochází k poškození dané tkáně. Mezi poškození se řadí akutní nemoc z ozáření,

akutní lokalizované poškození, katarakta, potlačení krvetvorby, sterilita a jiné. Deterministické účinky mají hlavní charakteristiky. Vznikají až po překročení dávkového prahu dané tkáně a závažnost poškození stoupá s rostoucí dávkou. Radiační ochrana před deterministickými účinky se zakládá na udržení dávky záření pod určitým prahem.

Stochastické účinky (pravděpodobné) jsou bezprahové, ale s rostoucí dávkou se zvyšuje pravděpodobnost jejich vzniku. Tedy nelze určit, zda se u daného jedince účinky objeví nebo ne. Mezi poškození se řadí vznik zhoubných nádorů a genetické účinky. Není však možné určit, jestli tyto změny v organismu jsou následkem ozáření. Viz Obrázek 13. [1, 5, 24]



Obrázek 13 Vztah účinku a dávky pro deterministické a stochastické účinky. (Koranda, 2014, str. 41)

2.14 Principy radiační ochrany

Radiační ochrana má čtyři základní principy: princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip nepřekročení limitů a princip bezpečnosti zdrojů. Hlavním cílem těchto principů je vyloučení vzniku deterministických a stochastických účinků ionizujícího záření.

Princip zdůvodnění znamená, že nikdy nesmí převažovat možná rizika spojená se zářením nad přínosem prováděného ozáření.

Princip optimalizace, někdy též nazývaný princip ALRA, udává, že dávka použitá při vyšetření musí být tak vysoká, aby bylo vyšetření efektivní, ale tak nízká, aby nepřesáhla limity. Tento princip však nezahrnuje lékařské ozáření.

Princip nepřekročení limitů se řídí limity danými zákonem.

Poslední je princip bezpečnosti zdrojů, podle kterého se zabezpečuje správná manipulace se zdroji ionizujícího záření. [24]

2.14.1 Základní veličiny radiační ochrany

Veličina zvaná ekvivalentní dávka je popsána jako součin střední absorbované dávky DTR a radiačního váhového faktoru w_R . Pro tento vztah je použita jednotka sievert (Sv), ($J \cdot kg^{-1}$). Veličina pojmenovaná efektivní dávka, která udává součet součinů tkáňových váhových faktorů w_T a ekvivalentní dávky HT ozářených orgánů a tkání T. Pro tento vztah je použita také jednotka sievert (Sv), ($J \cdot kg^{-1}$).

Další významnou veličinou je absorbovaná dávka značená D. Je to poměr energie, sdělený látce o určité hmotnosti. Jednotkou absorbované dávky je gray (Gy). [7, 25]

2.14.2 Limity

Obecné limity jsou dány zákonem. Jsou rozdílné pro obyvatelstvo, studenty a radiační pracovníky.

Obyvatelstvo

Součet efektivních dávek za jeden kalendářní rok je 1 mSv. Pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv a pro průměrnou ekvivalentní dávku na 1 cm^2 kůže 50 mSv za kalendářní rok.

Studenti

Součet efektivních dávek za jeden kalendářní rok je 6 mSv. Pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv a pro průměrnou ekvivalentní dávku na 1 cm^2 kůže 150 mSv za kalendářní rok. Pro ekvivalentní dávku od prstů po předloktí a od chodidel po kotníky 150 mSv za kalendářní rok.

Radiační pracovníci

Součet efektivních dávek za jeden kalendářní rok je 20 mSv. Nejvýše 100 mSv za 5 let po sobě jdoucích a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok. Pro ekvivalentní dávku v oční čočce 100 mSv za 5 let po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv v jednom kalendářním roce. Pro průměrnou ekvivalentní dávku na 1 cm² kůže 500 mSv za jeden kalendářní rok. Pro ekvivalentní dávku od prstů po předloktí a od chodidel po kotníky 500 mSv za jeden kalendářní rok. [25]

2.15 Ochrana personálu

Ochranou pro radiační pracovníky na nukleární medicíně, jsou tři faktory ochrany: ochrana časem, vzdáleností a stíněním.

Ochrana časem znamená rychlou, ale bezpečnou manipulaci a aplikaci radiofarmak tak, aby čas strávený v přítomnosti pacientů, kteří mají aplikované radiofarmakum, byl co možná nejkratší, a proto musí být radiační pracovník velmi rychlý a stručný při komunikaci s takovým pacientem. Dalším faktorem je vzdálenost. Pro práci s radiofarmaky se používají různé nástroje, aby nedocházelo k přímému kontaktu s radiofarmakem, například pinzety a peány. Při komunikaci s pacientem, kterému bylo aplikováno radiofarmakum, udržuje radiační pracovník co největší možný odstup, který ho svou vzdáleností chrání, ale zároveň nebrání v řádné komunikaci s pacientem. Posledním faktorem je ochrana stíněním. Pro tento faktor se využívají různé ochranné pomůcky jako například ochranné olovené zástěry, brýle s olovnatým sklem a rukavice pro manipulaci s radiofarmaky. [7, 14, 16]

2.16 Radioaktivní odpad

Na každém oddělení nukleární medicíny vzniká radioaktivní odpad při výrobě a manipulaci s radiofarmaky. Nesmí se s ním však zacházet jako s obvyklým zdravotnickým odpadem. Jeho likvidace vyžaduje dodržování zvláštních zásad a pravidel. Radioaktivní odpad se rozděluje na pevný, kapalný a plynný.

Pevný radioaktivní odpad se skladuje v igelitovém pytli a ve vymírací místnosti, je dělen na nehořlavý a hořlavý, aby se předešlo nebezpečným situacím. Dále je rozdělen na přechodný, vysoko aktivní, středně aktivní a nízko aktivní materiál.

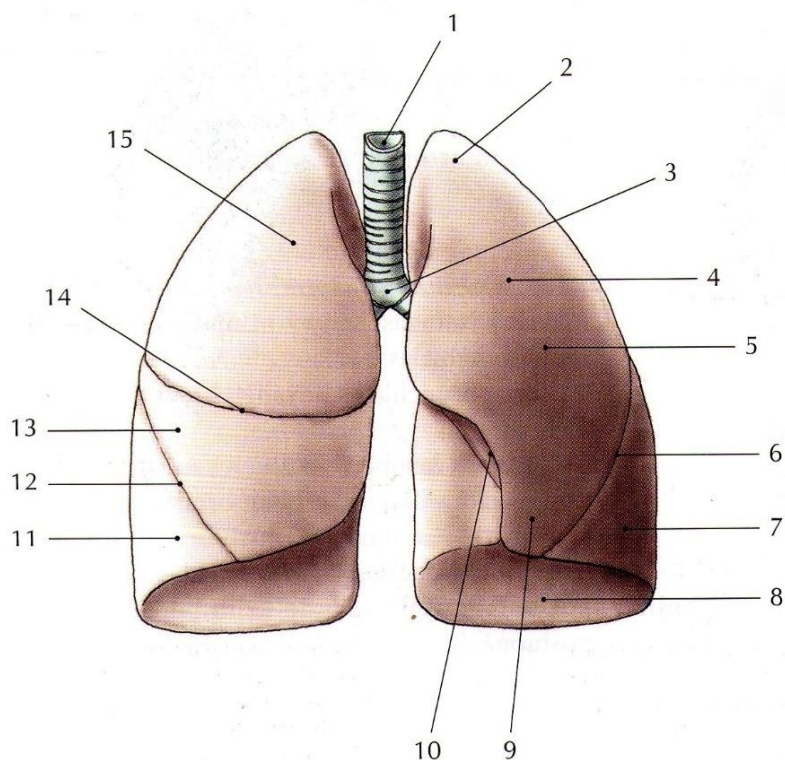
Kapalný radioaktivní odpad je veden do vymíracích jíme, což jsou nádrže nebo nádoby z antikoroziního materiálu, čímž se předchází radioaktivnímu úniku do životního prostředí.

Plynný radioaktivní odpad je chytán speciálními filtry, které jsou nainstalovány na každém pracovišti se zdrojem ionizujícího záření a tím brání úniku radioaktivních plynů do životního prostředí.

Každý radioaktivní odpad musí být uložen ve vymírací místnosti nebo jínce po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadů. Pro každé skupenství radioaktivního odpadu je individuální tzv. uvolňovací úroveň, což je hranice pro vypuštění radioaktivního odpadu do životního prostředí. Hodnoty uvolňovacích úrovní udává vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně. [24]

2.17 Anatomie plic

Plíce – pulmone (plíce) – pulmo dexter et sinister (plíce pravá a levá). Plíce jsou párový orgán uložený v dutině hrudní, který zajišťuje výměnu plynů mezi vzduchem a krví. Každá plíce je v odděleném prostoru. Dutinu hrudní rozděluje na dvě části mediastinum. Plicní tkáň tvoří průdušky, elastické vazivo, nervy a cévy. Jsou tvaru komolého kužele. Mají růžovou barvu, která se v důsledku vdechování prachu mění na šedočernou. Jejich konzistence je měkká a pružná. Obě plíce váží okolo 750 g. Viz Obrázek 14.



Obrázek 14 Pohled na plíce zředu (Naňka, Elišková, 2009, str. 182)

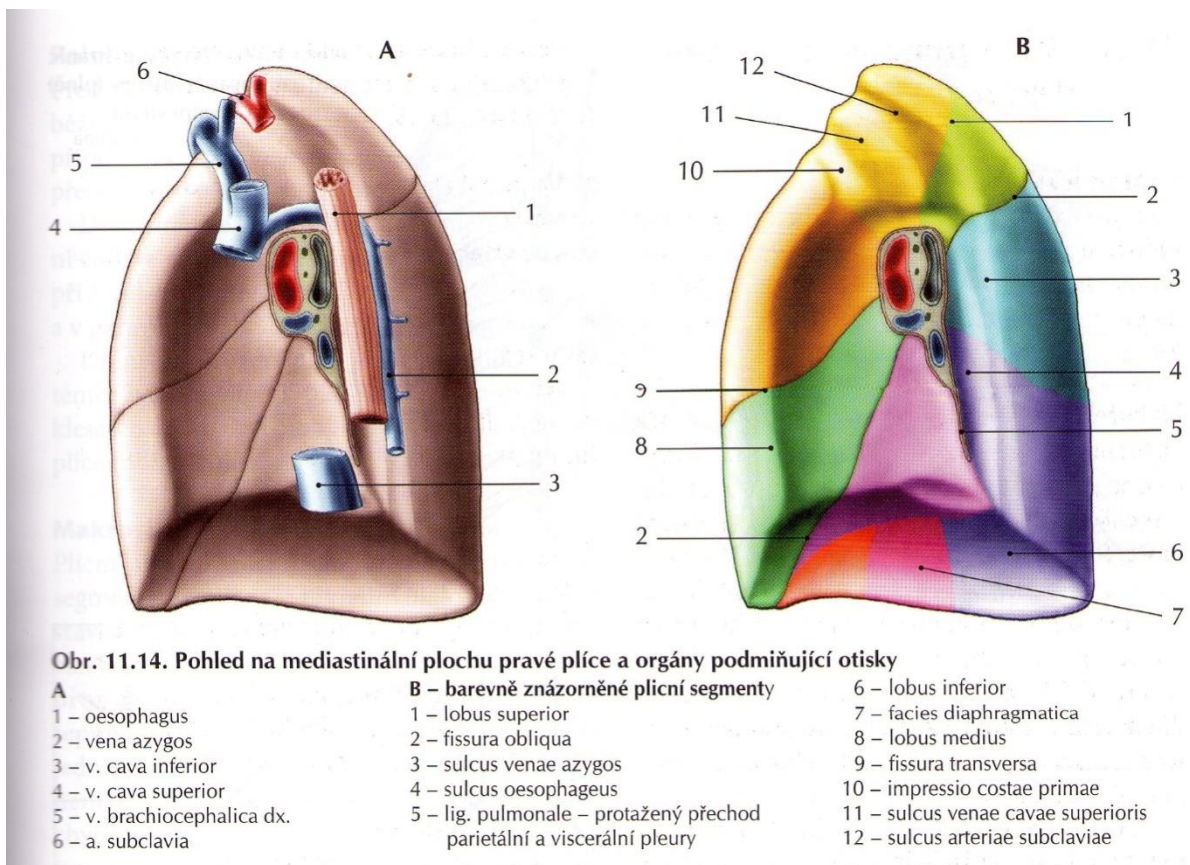
1. Trachea
2. Apex
3. Bifurcatio tracheae
4. Facies lateralis
5. Lobus superior sin.
6. Fissura obliqua sin.
7. Lobus inferior sin.
8. Facies diaphragmatica
9. Lingula
10. Incisura cardiaca
11. Lobus inferior dx.
12. Fissura obliqua dx.
13. Lobus medius dx.
14. Fissura transversa
15. Lobus superior dx.

Povrch plíce kryje poplicnice (pleura visceralis) a vnitřní stěnu hrudníku kryje pohrudnice (pleura parietalis) mezi těmito listy je prostor zvaný pleurální dutina. Malé množství vazké

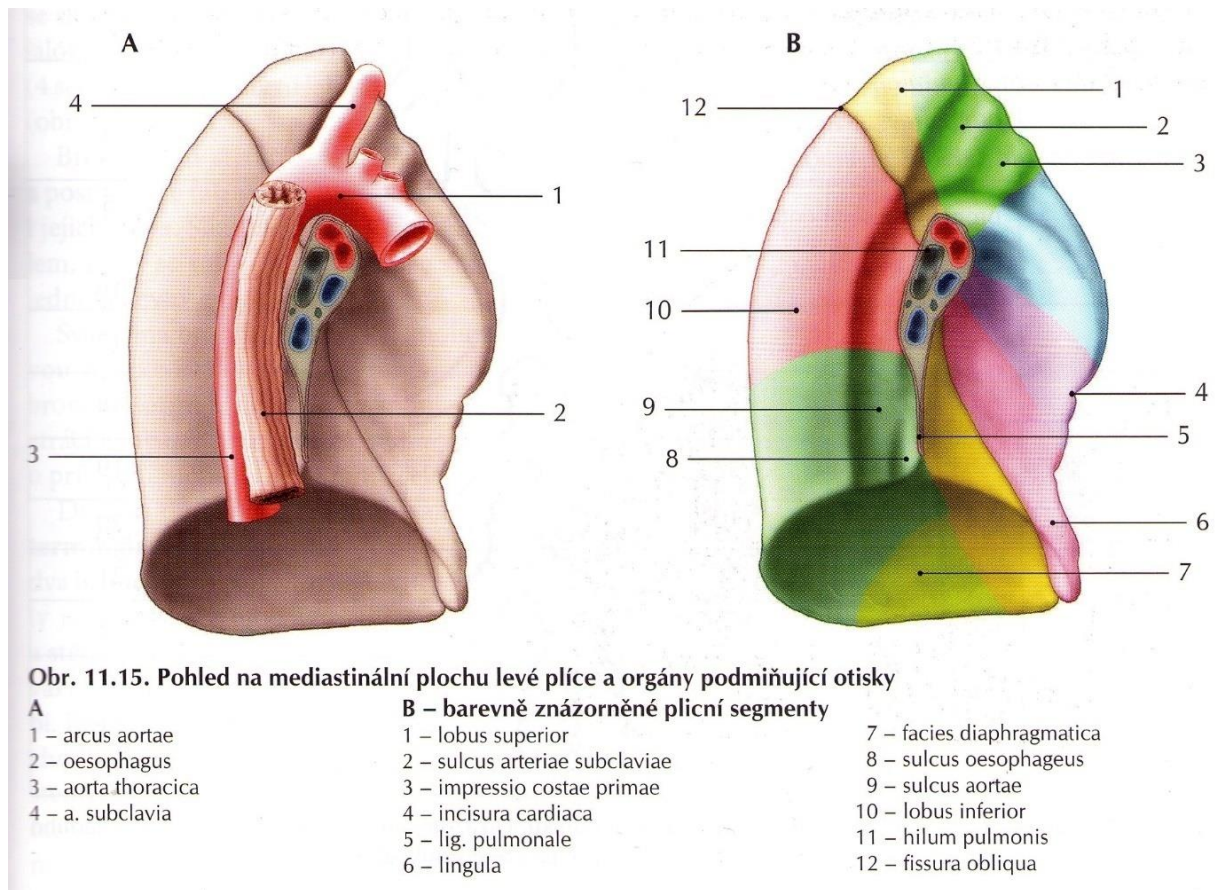
tekutiny, která je mezi těmito listy, zmírňuje tření a lehce je k sobě lepí. Uvnitř pleurální dutiny je negativní tlak, tedy nižší než atmosférický (tzv. podtlak).

Plíce má hrot (apex pulmonis), který sahá nad klíček a bazi (basis pulmonis), která naléhá na bránici. Pravá plíce má tři laloky (lobus superior, medius et inferior) a levá má dva laloky (lobus superior et inferior) – z důvodu uložení srdce. Laloky se vzájemně dotýkají interlobárnými plochami. Plíce se dělí na segmenty, které od sebe oddělují rýhy – vpravo fissura obliqua et horizontalis, vlevo fissura obliqua. Segmenty se dále dělí na lalůčky (lobuli). V každé plíci, laloku a segmentu je průduška (bronchus) a v každém lalůčku koncová průdušinka (bronchiolus). Koncová průdušinka se dělí v respirační průdušinky a ty ve váčkové (alveolární) chodbičky, které končí plicními váčky, který jsou vyklenuty v plicní sklípky (alveoly).

Plíce jsou velmi měkké, proto se svým tvarem přizpůsobují orgánům ve svém okolí a nachází se na nich otisky. Viz Obrázek 15 a Obrázek 16. [2, 8, 11]



Obrázek 15 Pohled na mediastinální plochu pravé plíce a orgány podmiňující otisky. (Naňka, Elišková, 2009, str. 183)



Obrázek 16 Pohled na mediastinální plochu levé plice a orgány podmiňující otisky. (Naňka, Elišková, 2009, str. 183)

2.18 Fyziologie dýchání

Dýchání znamená výměnu plynů, kyslíku a oxidu uhličitého. Pod dýchání spadá ventilace, což je takzvané vnější dýchání, tedy výměna atmosférického vzduchu a vzduchu v plicích, dále respirace, což je vnitřní dýchání – výměna plynů mezi plicemi a krví. Dýchání zajišťuje, aby se dostal kyslík k buňkám a oxid uhličitý z těla ven. Pokud není přiváděn do buněk kyslík, vede to k jejich zániku. Nejrychlejší reakci na absenci kyslíku mají orgány s vysokou spotřebou kyslíku, například mozek nebo srdce.

Dýchací plyny přichází a odchází z plic přes dýchací cesty, které se skládají z dutiny nosní, nosohltanu, průdušnice a průdušky. Dutinou nosní je vdechován vzduch, nosohltanem je veden do hrtanu a průdušnice, která je dále rozdělena do průdušek, průdušinek a plicních sklípků.

Ventilace plic má dvě fáze, vdech a výdech, a ty se pravidelně střídají v aktivitě dýchacích svalů. Dýchací svaly jsou rozděleny na hlavní a pomocné. Hlavní dýchací svaly pracují při

fyziologickém klidném dýchání a pomocné dýchací svaly se zapojí při fyzické námaze nebo při chorobách plic.

Vdechové (neboli inspirační) svaly zajišťují zvětšení hrudní dutiny při vdechu. Nejvýznamnějším svalem je bránice, která se při vdechu oploští a zároveň posune o 1-2 cm dolů a tím se zvětší prostor mezi hrudní stěnou a bránicí. Další jsou zevní mezižeberní svaly, které zvětšují hrudní dutinu a zvedají žebra. A posledními jsou pomocné vdechové svaly, což je malý prsní sval a svaly krku (kloněné a kývače) a zad.

Výdechové (neboli expirační) svaly zajišťují zmenšení hrudní dutiny při výdechu. Hlavními výdechovými svaly jsou vnitřní mezižeberní svaly, které zmenšují dutinu hrudní tahem žeber směrem dolů, a dále pomocné výdechové svaly, mezi které se řadí břišní svaly. Svými stahy zvyšují tlak v břišní dutině a tím vypomáhají posunu bránice směrem vzhůru. Hlavní roli mají při fyzické zátěži. [8]

„Klidové dýchání nazýváme eupnoe, zrychlené dýchání je tachypnoe a prohloubené hyperpnoe. Zástava dechu je apnoe. Namáhavé dýchání je dyspnoe.“ (Mourek, 2005. str. 47)

Prodýchané množství vzduchu se nazývá minutová ventilace, jejíž objem je asi 7,5 litrů. Frekvence dechu je 12-15 dechů za minutu. Klidový dechový objem udává, kolik se proventiluje vzduchu za klidného dýchání (500 ml). Vitální kapacita plic se pohybuje okolo 3 až 5 litrů. Hodnotu zjistíme sečtením klidového dechového objemu, expiračního rezervního objemu, což je maximální výdech po ukončení klidového výdechu a inspiračního rezervního objemu, což je maximální nádech po ukončení klidového nádechu. Hodnotu lze výrazně zvýšit pomocí tréninku (hudebníci, skláři).

Plíce však nejsou prázdné ani po maximálním výdechu, obsahují ještě tzv. reziduální objem, který je přibližně 1,2 litry. [2, 8, 11]

2.19 Sarkoidóza

Moderní historie sarkoidózy sahá do roku 1899. Norský dermatolog Caesar Boeck popsal kožní ostře ohraničená ložiska.

Sarkoidóza postihuje všechny rasové i etnické skupiny lidí a vyskytuje se ve všech věkových skupinách. Výskyt tohoto onemocnění se však ve světě velmi liší. Pravděpodobně z důvodu rozdílného životního prostředí a predispozicím. Nejvyšší výskyt je pozorován v zemích severní Evropy, a to 5 až 40 nemocných na 100 000 obyvatel. V Japonsku je to pouze 1 až 2 lidé na 100 000 obyvatel. Mezi černými Američany je 35,5 případů a mezi bílými 10,9 na 100 000 obyvatel, což znamená, že u černých Američanů je výskyt až třikrát vyšší. U černých Američanů je také sarkoidóza nejčastěji chronická. [21]

Onemocnění patří mezi plicní granulomatózy, což znamená přítomnost specifické granulomatózní tkáně. Příčiny onemocnění nejsou dosud známy. Existuje pouze řada domněnek o původu onemocnění. Hlavní teorií pro vznik onemocnění je tuberkulóza, patogenní mykobakterie, pyl z borovic, viry, houby, nedefinované agens, genetika, vlivy sociální a profesionální. Nejnovější úvahou ohledně vzniku sarkoidózy je uplatnění imunologických mechanismů, které mají za úkol chránit lidské tělo před různými škodlivinami, které přichází do těla při výměně plynů. Tento názor předpokládá, že vznikne antigenní podnět, který vyvolá reakci retikuloendotelu. [15]

2.19.1 Klinický obraz

Pokud není sarkoidóza u daného pacienta asymptomatická, projevuje se příznaky typickými pro zánětlivé onemocnění. Mezi hlavní příznaky patří zvýšená tělesná teplota, únava až úplné vyčerpání, malátnost a ztráta hmotnosti se současnými respiračními příznaky jako je dušnost, chronický suchý kašel a tlak na hrudi. V ojedinělých případech pacient trpí hemoptýzou.

Onemocnění postihuje častěji ženy a převážně nekuřáky. V dětském věku se onemocnění vyskytuje jen vzácně, nejvyšší výskyt je mezi 30 a 50 lety.

Jsou rozeznávány dvě formy onemocnění, akutní a chronická.

Akutní forma

Nejčastějším klinickým obrazem pro tuto formu je tzv. Lögrenův syndrom, při němž pacienta postihuje horečka a bolestivost kloubů. Na skiagramu hrudníku se objevuje bilaterální hilová lymfadenopatie a tuberkulínový test je negativní.

Pokud do dvou let nepřejde akutní forma do formy chronické, dojde ke spontánnímu ústupu nemoci bez jakýchkoliv změn funkce plic, a to až u 80 % pacientů.

Chronická forma

Průběh je velmi pomalý, nenápadně nastoupí respirační příznaky. Prognóza chronické formy je závažnější a je třeba podstoupit vhodnou léčbu. Nejčastěji jsou postiženy plíce, periferní mízní uzliny, oči, kůže, kosti a svaly. Výjimečně je postižena nervová soustava a srdce.

Sarkoidóza dýchacího ústrojí

Projevy této sarkoidózy jsou zaznamenány u více než 90 % pacientů s diagnostikovanou sarkoidózou. Postihují plíce, hilové a mediastinální lymfatické uzliny a vzácně i pleuru. Klinickým projevem je námahová dušnost a suchý kašel a občas i bolestivý tlak na hrudi. Celkové projevy jsou zvýšená tělesná teplota a malátnost. V pokročilých stádiích, která odpovídají fibróze plic, se námahová dušnost mění na klidovou. Suchý kašel velmi rychle reaguje na léčbu kortikoidy a do několika dní ustane.

Sarkoidóza lymfatických uzlin a sleziny

Projevy této sarkoidózy jsou zaznamenány až u 30 % pacientů s diagnostikovanou sarkoidózou. Mezi nejtypičtější známky se řadí bilaterální, symetrické postižení mediastinálních a hilových lymfatických uzlin. Někdy se jedná i o periferní lymfatické uzliny. Znakem je zvětšení krčních nebo axilárních uzlin. Uzliny jsou nebolestivé, bez ulcerace a zarudnutí.

Oční sarkoidóza

Projevy této sarkoidózy jsou zaznamenány až u 25 % pacientů s diagnostikovanou sarkoidózou. Může být postižen přední segment a méně často i zadní segment. Znakem je nespecifická konjunktivitida, skleritida nebo drobné granulomy na spojivce. Může dojít až k rozvoji katarakty, zkalení sklivce, glaukomu nebo atrofii optického nervu – vede až k slepotě.

Sarkoidóza kůže

Sarkoidóza kůže je nejčastější při akutní formě a s výskytem bolestivého erytému na bérkách v rámci Löfgrenova syndromu. Při chronické formě se vyskytují většinou bizarní kožní projevy, zejména v oblasti obličeje.

Sarkoidóza pohybového aparátu

Projevy této sarkoidózy jsou zaznamenány až u 25 % pacientů s diagnostikovanou sarkoidózou. Postihuje hlezenní klouby při akutní formě. U chronické formy je méně častá. Kostní projevy jsou cystické změny v člácích končetin a svalové projevy jsou velmi vzácné, může jí o granulomy hmatné ve svalech.

Sarkoidóza nervové soustavy

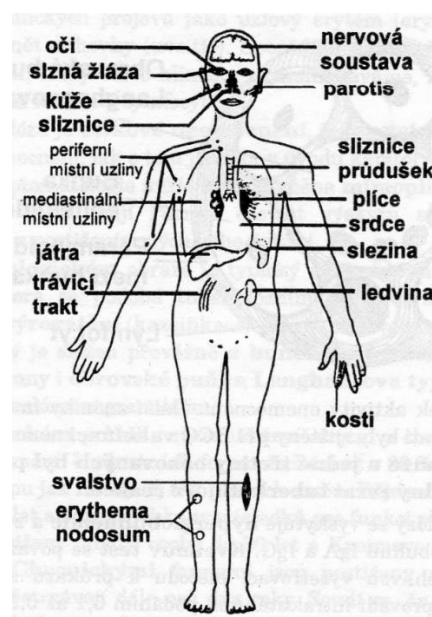
Nervovou soustavu postihuje sarkoidóza jen velmi vzácně; jedná se pak především o hlavové nervy a nejčastěji n. facialis (VII. Hlavový nerv).

Sarkoidóza srdce

Nejnebezpečnější lokalizace tohoto onemocnění je srdce. Vyskytuje se velmi vzácně u 5 % pacientů s diagnostikovanou sarkoidózou. Objevují se známky kardiální nedostatečnosti a poruchy srdečního rytmu, které mohou vyústit až v náhlou smrt.

Sarkoidóza jiných orgánů

Granulomy lze prokázat v játrech, gastrointestinálním traktu, štítné žláze nebo slinivce břišní. Tyto případy jsou však velmi vzácné. Viz Obrázek 17. [3, 4, 15]



Obrázek 17 Schéma orgánových projevů sarkoidózy. (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 89)

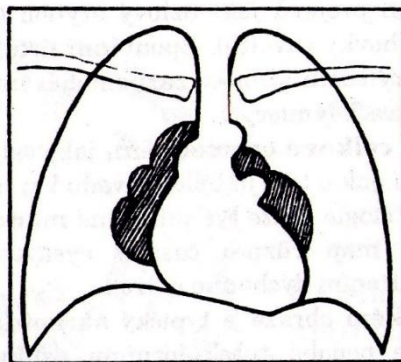
2.19.2 Plicní formy sarkoidózy

Stadium 0.

Skiagram hrudníku má zcela fyziologický nález u pacientů s mimoplicním onemocněním sarkoidózou. Vyšetření HRTC však prokazuje změnu v respiračním traktu.

Stadium I. – mediastinální forma – bilaterální hilová adenopatie – BHA

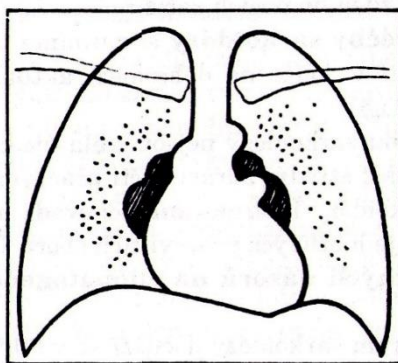
Nastává symetrické polycyklické zvětšení hilových lymfatických uzlin o průměru až 3 cm s častým zvětšením i mediastinálních, hilových a paratracheálních lymfatických uzlin. Pokud onemocnění přejde až do chronické fáze, mohou se objevit kalcifikace uzlin skořápkového charakteru. Viz Obrázek 18.



Obrázek 18 I. stadium sarkoidózy (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 92)

Stadium II. – diseminace

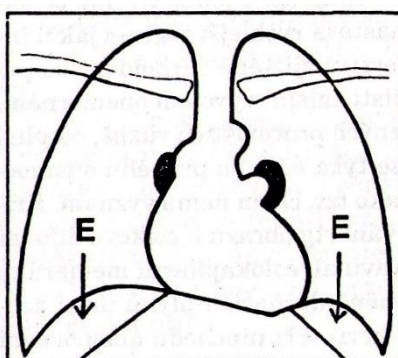
V této fázi bilaterální hilová lymfadenopatie stále trvá, ale nastane změna v plicním parenchymu. Nejčastěji je to symetrická retikulonodulace perihilózně ve středních a horních polích. Někdy je možné pozorovat přechod z I. stadia do II. stadia. Zvětšené lymfatické uzliny se začnou pomalu zmenšovat, ale naopak změny v plicním parenchymu jsou značně větší, tzv. útěk do plic. Viz Obrázek 19.



Obrázek 19 II. stadium sarkoidózy "útek do plic". (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 93)

Stadium III. – fibroemfyzematózní stadium

Změny jsou zřejmé v parenchymu plic, ale na skiagramu hrudníku nejsou viditelné projevy zvětšených lymfatických uzlin. Nastávají změny nezvratné, které způsobují funkční poruchy plic. Viz Obrázek 20.



Obrázek 20 III. stadium sarkoidózy "fibroemfyzematózní". (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 93)

Stadium IV.

Plicní parenchym je natolik změněn, že má charakter plicní fibrózy. Dochází ke vzniku bulů, cévní distorzi, bronchiektázií a distenzi mediastina. [3, 4, 15]

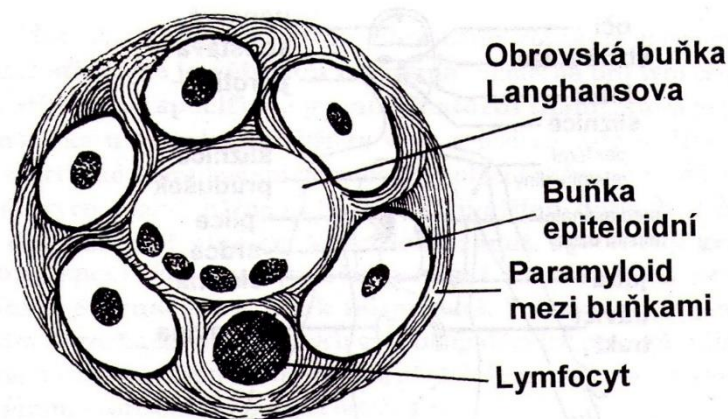
2.19.3 Laboratorní vyšetření

Je to zánětlivé onemocnění, a proto je v akutní fázi zvýšené CRP a sedimentace erytrocytů. Při vyšetření krevního obrazu může být mírná anémie, leukopenie a lymfopenie. U biochemického vyšetření se také může objevit zvýšení sérové alkalické fosfatázy nebo hyperurikemie, následně

vzniká hyperkalcinémie a hyperkalciurie následkem tvorby vitamínu D₃ v granulomu. Jako častý ukazatel aktivity sarkoidózy slouží enzym konvertující angiotenzin, který je produkován v epiteloidních buňkách granulomu. [3, 4, 15]

2.19.4 Histologický obraz

Pro sarkoidózu je velmi typický sarkoidózní uzlík (granulom), velikosti prosného zrnka, který se skládá převážně z epiteloidních buněk. Současně se objevuje obrovská buňka Langhansova typu. Sarkoidózní granulom si je velmi podobný s granulomem tuberkulózním, ale chybí v něm kazeifikace. Tento uzlík získáme pomocí biopsie. Viz Obrázek 21. [3, 4, 15]



Obrázek 21 Schéma histologické stavby sarkoidózního granulomu. (Sklenář, Pálková, Hlobil, 1996, str. 90)

2.19.5 Imunologické testy

Objevuje se hyperglobulinémie a zvýšený podíl imunoglobulínů IgA a IgG. Dříve se prováděl Kveimův test. Jako látka vyvolávající specifickou imunitní reakci byly používány sarkoidózní tkáně z lymfatických uzlin a ze sleziny pacientů s onemocněním sarkoidózou. Aplikovaly se do kůže a v místě aplikace se pacientovi se sarkoidózou objevil do 4-6 týdnů tmavočervený uzlík, který byl biopsií prokázán jako sarkoidózní granulom. V dnešní době se již Kveimův test nepoužívá. [3, 4, 15]

2.19.6 Funkční vyšetření plic

Vyšetření difuzní kapacity plic (DLCO) je nejcitlivější vyšetřovací metodou pro zjištění postižení funkce plic, a to už od stadia I. Dále vyšetření plicní ventilace, především u

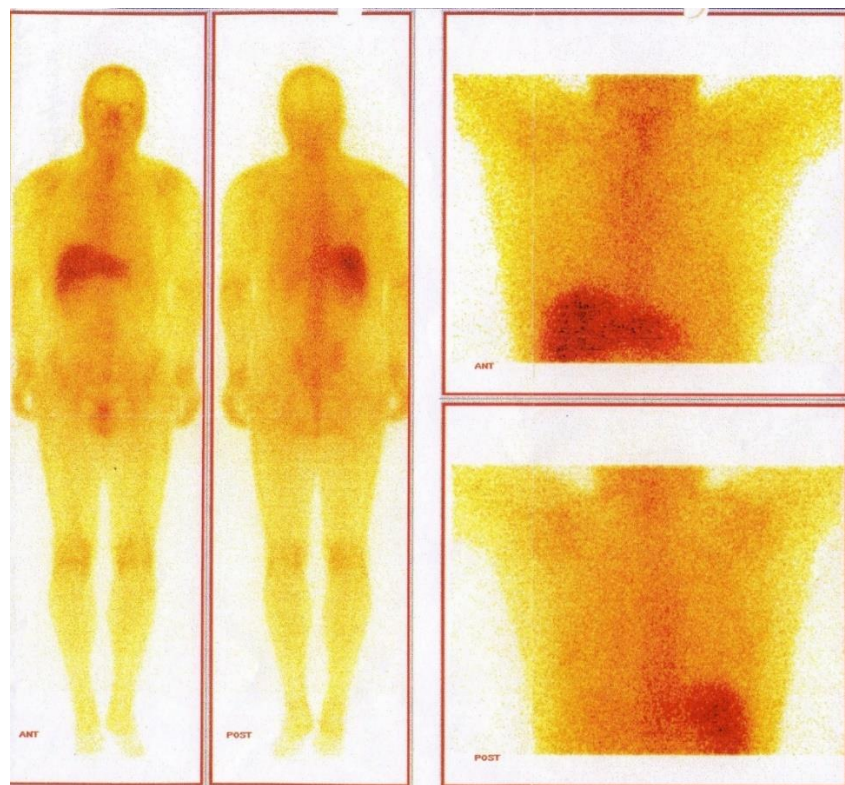
pokročilejších stadií onemocnění, prokáže omezení či ztrátu dýchací plochy až u 70 % pacientů onemocnění sarkoidózou. [3, 4, 15]

2.19.7 Bronchoskopie

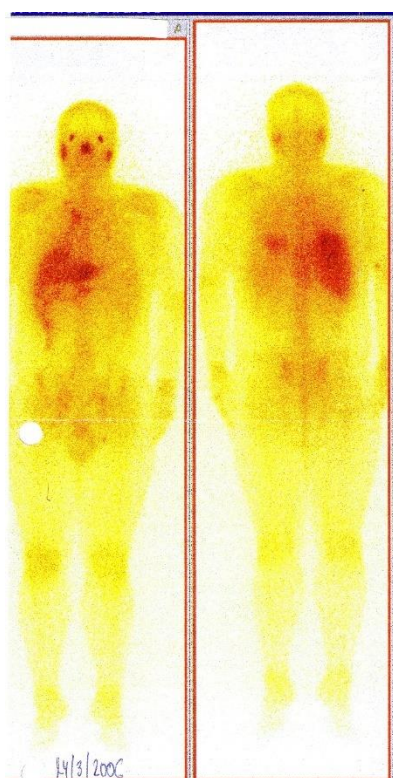
Nález na sliznici při bronchoskopii může být zcela fyziologický, ale mnohdy jsou na bronchiální sliznici nažloutlé uzlíky – granulomy. V těchto místech se mohou objevit početné dilatované cévy, jejichž následkem může pacient trpět hemoptýzou. [3, 4, 15]

2.19.8 Zobrazovací metody

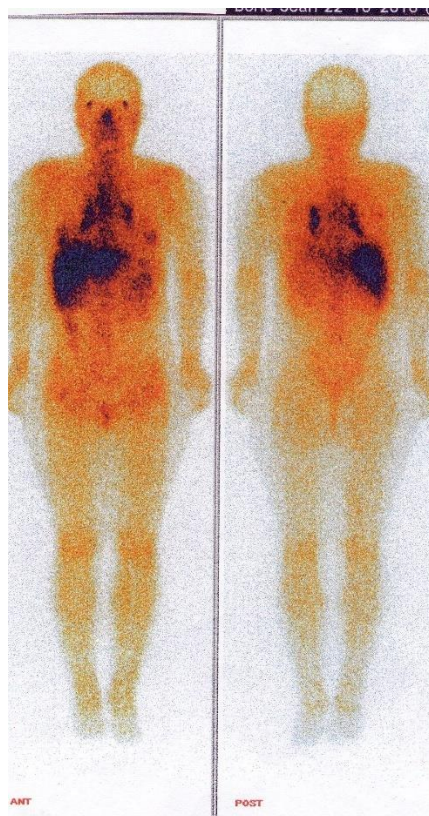
Základní zobrazovací metodou pro určení diagnózy, ale i stadia onemocnění, je skiagram hrudníku. Nicméně v dnešní době je jednou z rozhodujících zobrazovacích metod výpočetní tomografie s vysoko rozlišovací schopností, která umožňuje jak diagnostiku onemocnění, tak posouzení aktivity onemocnění. Další zobrazovací metodou je magnetická rezonance, která má hlavní význam u diagnostiky neurosarkoidózy a sarkoidózy kostí, kloubů a svalů. Při vyšetření břicha a krčních lymfatických uzlin je využívána sonografie. Zobrazovací metodou na nukleární medicíně pro diagnostiku sarkoidózy je galiová scintigrafie. Při tomto vyšetření je sledován záchyt galia v těle pacienta. Záchyt v játrech, slezině, střevech, slzných a slinných žlázách a nazofaryngu je fyziologický. Viz Obrázek 22. Typická patologická akumulace se objevuje v příušních a slzných žlázách (tzv. panda). Viz Obrázek 23. Při sarkoidóze plic radiofarmakum akumuluje v různých částech plic. Viz Obrázek 24. [3, 4, 15]



Obrázek 22 Celotělová scintigrafie s ^{67}Ga -citrátem u muže. Žádné ložisko patologické akumulace. (archiv FNHK oddělení nukleární medicíny)



Obrázek 23 Celotělová scintigrafie s ^{67}Ga -citrátem u muže. Typická akumulace v příušních a slzných žlázách, tzv. panda. Dále akumulace v lymfatických uzlinách, v oblasti obou plicních hilů, v obou axilách, za sternem, vpravo nad klíční kostí. (archiv FNHK oddělení nukleární medicíny)



Obrázek 24 Celotělová scintigrafie s ^{67}Ga -citrátem u ženy. Aktivní sarkoidóza s postižením paratracheálních a hilových uzlin. Typický znak sarkoidózy, tzv. Panda.

2.19.9 Léčba

Je k zamyšlení, zdali je vhodné léčit například akutní formu, kde až u 80 % pacientů dochází ke spontánnímu ústupu změn nebo asymptomatickou plicní formu I. a II. stadia. U většiny pacientů lze vyčkat 6-12 měsíců a pozorovat rozvoj onemocnění. Stejně tak je velmi neúčinné léčit fibrózu u IV. stadia. Hlavním a neúčinnějším lékem při léčbě sarkoidózy jsou kortikoidy. Léčba probíhá po dobu 6 až 24 měsíců. Podává se dávka 0,5 mg/kg což u dospělého člověka odpovídá přibližně 40 mg kortikoidu denně. Kortikoidy jsou podávány perorálně. Dávka se postupně snižuje, asi o 5-10 mg za dva týdny. Kortikoidy lze léčit také lokálně ve formě očních kapek u oční formy onemocnění. U závažné plicní formy sarkoidózy se uvažuje až o transplantaci plic.

Kontroly pacientů se sarkoidózou by měly probíhat každých 3-6 měsíců. Nejprínosnějším vyšetřením je skiagram hrudníku, klinické vyšetření a funkční vyšetření plic. Je potřeba monitorovat krevní tlak, glykémii a kalémii. Kvůli léčbě kortikoidy je třeba monitorovat i krevní obraz. Ostatní vyšetřovací metody nejsou tak výhodné. [3, 4, 15]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části mé bakalářské práce jsem se podrobně zaměřila na úlohu radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic a popis průběhu scintigrafického vyšetření s použitím ^{67}Ga -citrátu. Ke zpracování této části jsem nejvíce využila praxi na oddělení nukleární medicíny.

Praxi jsem absolvovala ve Fakultní nemocnici Hradec Králové. Bylo mi zde umožněno vyfotografovat vše k danému tématu, získat potřebné materiály a informovat se o průběhu a o zvyklostech při tomto vyšetření.

3.1 Úloha radiologického asistenta

Náplň práce radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny nespočívá v plnění stále stejné úlohy. Práce se pravidelně obměňuje z důvodu ochrany časem (radiační ochrana). Radiologický asistent může vykonávat práci v kartotéce, kde se hlásí nově příchozí pacienti, přípravu radiofarmak k aplikaci do těla pacientů před vyšetřením, zavádění kanyl nebo aplikaci radiofarmak v aplikační místnosti a následně provádění samotného vyšetření.

Při galiové scintigrafii je třeba pacienta informovat o průběhu vyšetření a dát mu podepsat informovaný souhlas s aplikací radiofarmaka a vyšetřením, dále připravit radiofarmakum ^{67}Ga -citrát do injekční stříkačky v laboratorním úseku a nachystat stolek pro aplikaci radiofarmaka. Radiofarmakum aplikuje lékař, a protože samotné vyšetření probíhá až za 48 hodin, je třeba pacienta poučit o přípravě před vyšetřením, kterou si zajistí on sám.

3.2 Společná část vyšetření

3.2.1 Příjem a poučení pacienta

Pacienta k vyšetření předem objedná lékař, který vyšetření indikoval, nebo pacient sám telefonicky či osobně na recepci nukleární medicíny, kam se dostaví dva dny před vyšetřením.

Po příchodu se hlásí v kartotéce. Zde je úlohou radiologického asistenta zaregistrování pacienta. Radiologický asistent dále zjistí identifikační údaje, váhu a výšku, která napomáhá k určení potřebného množství radiofarmaka a tím zajistí správný průběh vyšetření. Po zaregistrování do systému radiologický asistent pacienta poučí o celkovém průběhu vyšetření a do poučení zahrne i informaci o aplikaci radiofarmaka. Dále je třeba pacienta poučit o pitném režimu, který by měl být v den vyšetření zvýšený, z důvodu snahy o rychlejší vyloučení radiofarmaka z těla. V den vyšetření by měl pacient omezit kontakt s těhotnými ženami a malými dětmi. Po takovémto informování předloží radiologický asistent pacientovi tzv. Informovaný souhlas s vyšetřením a Souhlas s aplikací radiofarmaka (viz příloha 1), který si pacient pečlivě přečte, a radiologický asistent mu případně odpoví na dotazy a nejasnosti. Teprve potom pacient oba formuláře podepíše, radiologický asistent si je převezme a založí do desek vyšetřovaného pacienta. V případě nezletilého pacienta oba formuláře podepisuje jeho zákonný zástupce.

Pacientky ve fertilním věku musí nezbytně podepsat také prohlášení, že nejsou těhotné. Pokud si pacientka není jista, může lékař indikovat laboratorní testy pro vyloučení gravidity.

Dále pacient obdrží poučení o přípravě před vyšetřením, kterou musí zajistit on sám. Viz příloha 2. Tato příprava zahrnuje vyprázdnění tlustého střeva pomocí projímavých solí nebo klyzmatu. Jeden den před vyšetřením se může běžně nasnídat, ale dát si jen lehký oběd a poté už nic nejíst. V 15 a ve 20 hodin vypije laxantivum a v den vyšetření už má povoleno pouze pít.

3.3 Příprava radiofarmaka a jeho aplikace

Radiofarmakum je vyrobeno v cyklotronu a dodáno firmou, která má příslušné povolení k distribuci. ^{67}Ga -citrát se připravuje v laboratorním úseku. Samotná příprava dávky pro daného pacienta probíhá v laminárním boxu, který je vyroben ze stínícího materiálu a uvnitř je studnová ionizační komora pro měření aktivity. Viz Obrázek 25. Radiologický asistent, který připravuje radiofarmakum, stojí v zákrytu za stěnou boxu, pouze jeho ruce jsou umístěny v otvorech určených k manipulaci s radiofarmakem uvnitř boxu. Pracuje rychle, ale opatrně, aby nedošlo ke zbytečnému ozáření jeho osoby. Radiofarmakum je nataženo do stříkačky (0,8 ml) a ve studnové ionizační komoře se přeměří jeho aktivita (170 MBq). Na stříkačku se nasadí olověný kryt, na kónus sterilní krytí a takto se vloží do olověného stínění. Viz Obrázek 26. Každá takováto manipulace s radiofarmakem musí probíhat za aseptických podmínek.



Obrázek 25 Laminární box



Obrázek 26 Olověné stínění pro stříkačku s nataženým radiofarmakem

3.3.1 Příprava stolku s pomůckami k aplikaci radiofarmaka

Na stůl radiologický asistent připraví radiofarmakum v olověném obalu a olověném krytu, rukavice, dezinfekci, sterilní čtverečky, stříkačku s fyziologickým roztokem, náplasti a škrtdlo. Dále pak speciální kontejner s olověným stíněním. Viz Obrázek 27.



Obrázek 27 Kontejner na aktivní jehly

3.3.2 Aplikace radiofarmaka

Radiologický asistent vyvolá příslušného pacienta, který je v čekárně, a pozve ho do aplikační místnosti. Viz Obrázek 28. Zde probíhá aktivní identifikace. Průběh identifikace je dle zvyklostí oddělení. Nejčastější otázka směřuje na příjmení a rok narození pacienta. Pokud vyšetřovaný sdělí jméno i rok narození správně, smí ho radiologický asistent usadit na aplikační křeslo.

Radiofarmakum aplikuje lékař za asistence radiologického asistenta. Aplikace se provádí nejčastěji do kubitální žíly. Asistent postříká dezinfekcí místo aplikace a nechá zaschnout. Lékař poté aplikuje radiofarmakum intravenózně, zapíše čas, způsob a přesné místo aplikace – na písemný souhlas pacienta s aplikací radiofarmaka. Viz Příloha 3. Stříkačku s jehlou vhodí do speciálního olověného kontejneru.

Aplikovaná aktivita je 170 MBq.



Obrázek 28 Aplikační místnost

3.4 Průběh vyšetření

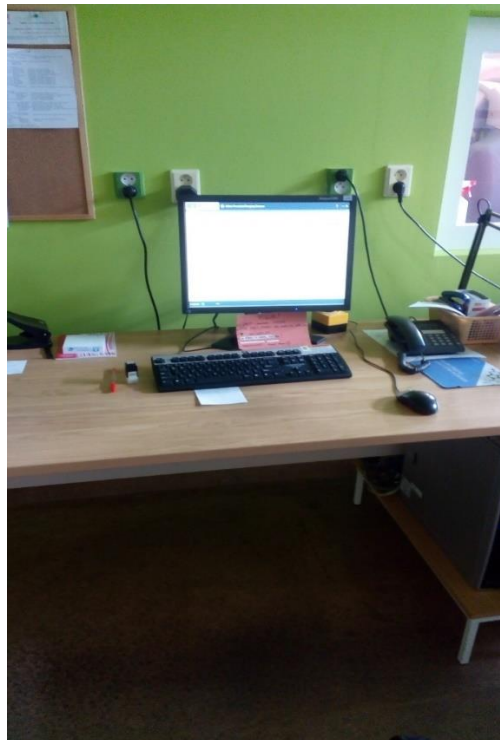
Vyšetření probíhá až za 48 hodin po aplikaci radiofarmaka. Těsně před vyšetřením si pacient dojde na toaletu z důvodu delšího trvání vyšetření. Mezitím jsou informace o pacientovi zadány do systému v počítači. Jedná se o vyplnění jména, příjmení, rodného čísla, váhy a výšky a vybrání protokolu určenému k tomuto vyšetření. Posun stolu při vyšetření je 7cm/minutu. Na vyšetřovacím stole je jednorázová podložka, detektory jsou osazeny kolimátory – paralelní pro střední energie.

Pacient je vyzván ke vstupu do vyšetřovací místnosti a dotázán na jméno a rok narození pro kontrolu správnosti pacienta. Dále je pacient požádán, aby si svlékl veškeré oděvy obsahující kov a kovové předměty, které by zkreslovaly konečný výsledek vyšetření. Pacient je uložen na vyšetřovací stůl, do polohy na zádech, ruce podél těla, nohy natažené a směřující směrem do kamery. Viz Obrázek 29. Poté je poučen o tom, že má při vyšetření volně dýchat a nesmí se hýbat, případně si může zavřít oči, z důvodu nepříjemně přibližujících se desek při vyšetřování horní poloviny těla.



Obrázek 29 Scintigrafický přístroj

Radiologický asistent odejde do ovládací místnosti. Viz Obrázek 30. Nejdříve je provedena celotělová scintigrafie, kterou lze doplnit o SPECT dutiny břišní a hrudní nebo o statickou axilární scintigrafii uzlin dle žádosti vyšetřujícího lékaře.



Obrázek 30 Ovládací místnost (autor)

Po ukončení vyšetření se pacient obléká a při tom ho radiologický asistent informuje o nutnosti omezení kontaktu s dětmi a těhotnými ženami po dobu alespoň dvou dnů a o potřebě zvýšené hydratace za účelem rychlejšího vyloučení radiofarmaka a tím menší zátěže pro organismus.

Vyšetřovací protokol je automaticky odeslán do vyhodnocovacího počítače, kde výsledek zhodnotí lékař a odesílá ho ošetřujícímu lékaři, který vyšetření indikoval.

Během tohoto vyšetření je velmi důležitá ochrana radiologického asistenta. Jde o ochranu časem – být s pacientem v kontaktu co nejkratší dobu; vzdáleností – při kontaktu s pacientem si udržovat co největší možný odstup; a stíněním – být po dobu vyšetřování v uzavřené místnosti k tomu určené.

4 DISKUZE

V průběhu mého studia na Univerzitě v Pardubicích jsem absolvovala praxi, díky níž jsem mohla vyzkoušet práci na dvou odděleních nukleární medicíny. Galiová scintigrafie není časté vyšetření a bohužel jsem nikdy neviděla její průběh, ale v jedné z nemocnic mi dovolili nahlédnout do archivu a dané vyšetření se mnou krok po kroku probrali. Nemám tudíž své praktické zkušenosti. Každá nemocnice má své individuální upravené postupy, které však vychází z obecných národních radiologických standardů. Mohu tedy porovnat pouze postup z těchto standardů a postup, který mi byl vysvětlen na oddělení nukleární medicíny. V mé práci proto popisuji úlohu radiologického asistenta při daném vyšetření, tak jak jsem byla informována. Dle mého názoru je dané téma popsáno v literatuře minimálně.

V teoretické části jsem popsala základní anatomii a fyziologii plic tak, jak by měla být každému radiologovi se státní závěrečnou zkouškou známa. Dále jsem charakterizovala sarkoidózu a vzhledem k tomu, že je to onemocnění všeobecně velmi neznámé, bylo dle mého názoru důležité popsat, které orgány postihuje, jaké existují formy a jakými vyšetřeními lze sarkoidózu diagnostikovat. Dále jsem podala stručný popis scintigrafického vyšetření a kamer, které jsou při tomto vyšetření využívány a informace o galiové scintigrafii, která je využívána pro diagnostiku sarkoidózy. Poslední kapitolou v mé teoretické části byla radiofarmaka, která jsou využívána pro vyšetření na nukleární medicíně.

V praktické části jsem se zaměřila přímo na úlohu radiologického asistenta, který provází pacienta celým vyšetřením, počínaje příjmem v kartotéce na oddělení nukleární medicíny, až po snímání scintilační kamerou a získání informací, ze kterých lékař vytvoří diagnózu. Proto je velmi důležité, aby měl každý radiologický asistent dokonalé znalosti jednotlivých postupů vyšetření. Při této práci musí být radiologický asistent velmi pečlivý a pozorný. Radiologický asistent je zodpovědný především za kontrolu identit vyšetřovaných, nikdy nesmí dojít k záměně pacientů. Proto se ptá na jméno, příjmení a rok narození a nechá tázaného odpovědět samostatně.

Galiovou scintigrafii jako další vyšetření na oddělení nukleární medicíny doprovází aplikace radiofarmaka. Proto je pacient při vyšetření neustálým zdrojem ionizujícího záření a radiolog by měl stále myslet na principy radiační ochrany na nukleární medicíně. Je to ochrana časem, vzdáleností a stíněním. To znamená, že se radiologický asistent nepohybuje zbytečně v prostorách čekárny a při vyšetření sděluje pouze nejdůležitější informace. Také má od

pacienta dostatečný odstup a po sdělení informací vždy odchází z místnosti za dveře či zeď, které jsou zde považovány za stínění. Díky těmto principům se spousta pacientů domnívá, že radiologičtí asistenti na nukleární medicíně jsou nekomunikativní a nevstřícní, ale je to pouze z důvodu ochrany jejich zdraví.

Nukleární medicína, je obor, který se neustále rozvíjí a zdokonaluje. Vznikají nové postupy, moderní přístroje a vyvíjí se i výroba radiofarmak. Tím dochází ke zkvalitňování zdravotnické péče.

5 ZÁVĚR

Při výběru tématu mé bakalářské práce bylo hlavním kritériem téma týkající se nukleární medicíny. Pro mě nejzajímavějším tématem, které bylo zadáno, byla Úloha radiologického asistenta při vyšetřeních na nukleární medicíně u pacientů se sarkoidózou plic.

Hlavním cílem v teoretické části mé bakalářské práce byl popis oboru nukleární medicíny, vyšetření galiovou scintigrafií na oddělení nukleární medicíny a onemocnění sarkoidózou. Mou hlavní úlohou bylo podrobně popsat sarkoidózu, protože je to všeobecně málo známé onemocnění, a galiovou scintigrafii, která se využívá k její diagnostice. Zaměřila jsem se na tento cíl, protože jsem měla velký problém při hledání literatury na toto téma a našla jsem pouze dvě publikace v českém jazyce.

Mým cílem v praktické části bakalářské práce bylo podat detailní popis úlohy radiologického asistenta při galiové scintigrafii u pacientů se sarkoidózou plic. Postup, který jsem popsala, je myslím výstižný a jednoduše pochopitelný. Popisovala jsem jej od samotného příjmu pacienta, přes poučení, přípravu a aplikaci radiofarmaka až po snímání a vytváření výsledku vyšetření.

Dle mého názoru jsem oba mnou dané cíle splnila a díky studiu literatury a internetových zdrojů jsem si rozšířila vědomosti o tomto tématu. Zjistila jsem nové informace o chodu oddělení nukleární medicíny a samotného provádění scintigrafických vyšetření.

6 POUŽITÁ LITERATURA

1. BAKOS, Karel; HUŠÁK, Václav. *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Praha I., Avicenum, zdravotnické nakladatelství. 1985. ISBN 08-031-85.
2. ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0143-x.
3. KOLEK, Vítězslav, prof. MUDr. DrSc. Sarkoidóza – dosud nepoznaná (1). *Interní medicína pro praxi*. 2007; 9(6): 276-279. ISSN - 1803-5256.
4. KOLEK, Vítězslav, prof. MUDr. DrSc. Sarkoidóza – dosud nepoznaná (2). *Interní medicína pro praxi*. 2007; 9(6): 310-313. ISSN - 1803-5256.
5. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
6. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1.
7. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.
8. MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
9. MÍKOVÁ, Vlasta, Pořadatelka. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, 2008, 118 s. ISBN 978-80-7262-533-8.
10. MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1190-7.
11. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
12. NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. *Vybrané kapitoly z konvenční radiologie*. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2005. ISBN 80-7368-057-2.
13. NERMUŤOVÁ, Kateřina. *Úloha radiologického asistenta při PET/CT stagingu a restagingu u pacientů s kolorektálním karcinomem*. Pardubice, 2014. Bakalářská práce. UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta zdravotnických studií. Vedoucí práce Ing. Jiří Kulíš.
14. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
15. SKLENÁŘ, Vladimír, Ivana PÁLKOVÁ a Zdeněk HLOBIL. *Aktuální otázky pneumologie a ftizeologie a péče o nemocné na odděleních TRN*. Vyd. 2. přeprac. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-217-5.
16. ŠABATOVÁ, Lucie. *Úloha radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské nefrologii a urologii*. Pardubice, 2013. Bakalářská práce. UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta zdravotnických studií. Vedoucí práce Ing. Jiří Kulíš.
17. ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.

18. VIŽĎA, Jaroslav a Elen URBANOVÁ. *Atlas galiové scintigrafie*. Vyd. 1. Praha: Agentura Pankrác, 2001, 64 s. ISBN 80-9028-732-8.
19. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.

Internetové zdroje:

20. GALLIUM (GA 67) CITRATE INJECTION, 37MBQ/ML INJ SOL 1X5,5ML, Státní ústav pro kontrolu léčiv. *Státní ústav pro kontrolu léčiv* [online]. Copyright © 2001 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0066439&tab=texts>
21. THE NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE, MASSACHUSETTS MEDICAL SOCIETY [online]. Copyright © 2017 [cit. 22.04.2017]. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra071714#t=article>
22. Věstník č. 9/2011. *Ministerstvo zdravotnictví České republiky* [online]. Copyright © 2010 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc9/2011_5340_2162_11.html
23. 55/2011 Sb. Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55>
24. 307/2002 Sb. Vyhláška o radiační ochraně. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 22.04.2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-307>
25. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>
26. 424/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví činnosti zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-424>

7 PŘÍLOHY

Příloha 1 Souhlas pacienta s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gama kameře.	70
Příloha 2 Příprava před vyšetřením s ⁶⁷ Ga-citrátem	71
Příloha 3 Aplikace radiofarmaka	72

Příloha 1 Souhlas pacienta s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gama kameře.

Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové - Nový Hradec Králové

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny - 6681

Tel.: 49 583 2337



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

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: **Pojišť'ovna:**

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

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

Plánovaný výkon: **Galliová scintigrafie**

Radiofarmakum: ^{67}Ga

Vážená paní, vážený pane,

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

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

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

V den vyšetření je doporučen zvýšený příjem tekutin. Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Alespoň 4 dny od aplikace radiofarmaka, je třeba omezit kontakt s malými dětmi a těhotnými ženami.

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

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

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

Souhlasím s plánovaným vyšetřením dne: v hodin

Podpis:

Příprava před vyšetřením s ⁶⁷Ga- citrátem

Den před vyšetřením:

- **ráno** (do 8. hodiny ranní) rozpusťte 1 sáček PICOPREPU ve 150 ml vody, pokud se roztok zahřeje, nechte jej vychladnout a vypijte.
- 2. sáček si stejným způsobem připravte a vypijte **večer**. Minimální odstup mezi užitím roztoků PICOPREPU je 6-8 hodin.
- kromě užití PICOPREPU je potřeba celý den pít čiré tekutiny – aspoň ¼ litru za hodinu, po užití každého sáčku vypijte nejméně 1,5 l.
- můžete LEHCE posnídat BEZEZBYTKOVOU STRAVU (čaj, piškot, rohlík) a poobědvat (nejlépe čirý vývar z masa). **VEČEŘI VYNECHEJTE.**

V den vyšetření

- již nesnídejte
- nadále pijte čiré tekutiny
- po vyšetření můžete normálně jíst, po dobu projímavého účinku PICOPREPU více pijte.

UPOZORNĚNÍ: Máte – li doma malé děti či těhotné ženy, omezte s nimi blízký kontakt (do 1 metru) alespoň 4 dny od aplikace.

NA VYŠETŘENÍ SE DOSTAVTE DNE v hodin.

POZN.: Čiré tekutiny: voda, čaj, ovocné šťávy bez dužiny.

Příloha 3 Aplikace radiofarmaka

Aplikace radiofarmaka

Čas:

Způsob: i.v. s.c. jiný:

Místo: kubitální žíla vpravo vlevo

 předloktí vpravo vlevo

 dorsum ruky vpravo vlevo

 dorsum nohy vpravo vlevo

 jiné

Dle anamnestických údajů: Gravidita: ANO NE Kojení: ANO NE

Alergie:

Lékař/ka provádějící poučení a aplikaci radiofarmaka. Lékařské ozáření schválil/a lékař/ka:

– jmenovka a podpis: