

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Radionuklidová diagnostika zánětů a febrilních stavů nejasného původu

Jakub Hanulák

Bakalářská práce

2014

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2012/2013

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

Jméno a příjmení: **Jakub Hanulák**  
Osobní číslo: **Z11284**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Radionuklidová diagnostika zánětů a febrilních stavů nejasného původu**  
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. Sběr informací a studium literatury.
2. Stanovení cílů a metod práce.
3. Konzultace svedoucím práce.
4. Vypracování teoretické části.
5. Vypracování praktické části.
6. Závěrečná diskuze, zhodnocení výsledků práce.

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

1. KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M. a kol. Nukleární medicína. Praha: Nakladatelství P3K, 2007. ISBN 978-80-903584-9-2
2. MYSLIVEČEK, M. Nukleární medicína. 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007, 131 s. ISBN 978-80-244-1723-3
3. MÍKOVÁ, V. Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína. Praha: Galén, 2008. ISBN 978-807-2625-338
4. HUŠÁK, V. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, 138 s. ISBN 978-80-244-2350
5. LAZZERI, E., SIGNORE, A., ERBA, P., PRANDINI, N., VERSARI, A., D'ERRICO, G., MARIANI, G. Radionuclide Imaging of Infection and Inflammation: A Pictorial Case-Based Atlas. Springer, 2013, 250 s. ISBN 978-8847027626

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

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

  
prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.  
děkan

L.S.

  
Ing. Jana Holá, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. března 2014

**Prohlašuji:**

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na mojí práci 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 28.4.2014

Jakub Hanulák

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Jiřímu Kulířovi, za cenné rady a připomínky při tvorbě této práce.

Také bych rád poděkoval své rodině, a to za podporu nejen během mého studia na vysoké škole.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se zabývá detekcí zánětlivých ložisek a febrilních stavů nejasného původu. Cílem práce je předložit nejnovější poznatky v možnostech nukleární medicíny při detekci zánětů a febrilních stavů nejasného původu a také vysvětlení výhod, nevýhod a přínosech scintigrafických vyšetření.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

radionuklidové vyšetření, zánět, febrilní stavy, nukleární medicína, radiofarmakum

## **TITLE**

Radionuclide diagnosis of inflammatory and febrile conditions of unknown origin.

## **ANOTATION**

The bachelor thesis deals with the detection of inflammatory and febrile events of uncertain origin. The aim is to present the brightest new insights in possibilities of nuclear medicine in the detection of inflammatory and febrile events of uncertain origin. Also explain the advantages, disadvantages and benefits of scintigraphic examination.

## **KEYWORDS**

radionuclide examination, febrile events, nuclear medicine, infection, radiopharmaceutical

# Obsah

ÚVOD .....	6
CÍL.....	8
<b>1 Obecná část.....</b>	<b>9</b>
1.1 Metody užívané v nukleární medicíně pro detekci zánětů.....	9
1.2 Zánět.....	10
1.3 Infekční onemocnění .....	11
1.4 Horečka neznámého původu (FUO- fever of unknown origin) .....	11
1.5 Radiofarmaka.....	12
1.6 Nejčastěji užívané metody .....	12
<b>2 Scintigrafické metody k detekci zánětů.....</b>	<b>14</b>
2.1 Scintigrafie s <sup>67</sup> Ga-citrátem.....	14
2.1.1 Farmakokinetika .....	14
2.1.2 Metodika vyšetření.....	14
2.1.3 Indikace .....	15
2.2 Třífázová scintigrafie skeletu .....	15
2.2.1 Metodika třífázové scintigrafie skeletu .....	15
2.3 Leukocyty značené radionuklidy .....	16
2.3.1 Postup značení leukocytů in vitro.....	16
2.3.2 Leukocyty značené pomocí <sup>99m</sup> Tc-HMPAO .....	17
2.3.3 Leukocyty značené <sup>111</sup> In-oxin .....	18
2.3.4 Scintigrafie pomocí <sup>99m</sup> Tc-nanokoloid a <sup>99m</sup> Tc-liposomy .....	18
2.3.5 Značené protilátky .....	19
2.4 Receptorově specifické proteiny a peptidy .....	21
2.5 Infekton .....	22
2.6 PET s <sup>18</sup> F-FDG.....	22
2.6.1 Princip PET (pozitronová emisní tomografie) .....	22
2.6.2 Detekce zánětů pomocí <sup>18</sup> F-FDG .....	23
2.7 Volba radiofarmaka dle typu zánětu.....	26
2.8 Základní klinické pohledy .....	27
2.8.1 Lokalizační známky přítomny .....	27
2.8.2 Lokalizační známky nepřítomny .....	27
<b>3 Radiační ochrana.....</b>	<b>28</b>
3.1 Radiační limity .....	28
3.2 Kategorizace pracovišť nákladajících s ionizujícím zářením.....	29
3.3 Kategorizace zdrojů ionizujícího záření .....	29
3.4 Monitorování pracovníků, pracovního prostředí a okolí pracoviště.....	30
3.5 Monitorování pracoviště .....	30
3.6 Monitorování výpustí .....	30
3.7 Radiační ochrana pracovníků.....	30
<b>5 Praktická část .....</b>	<b>32</b>
5.1 Metodika vypracování praktické části .....	32
5.2 Příprava pacienta ke scintigrafii se značnými leukocyty.....	32
5.3 Příprava radiofarmaka .....	32
<b>6 Diskuse.....</b>	<b>38</b>
<b>7 Závěr.....</b>	<b>39</b>
<b>8 Seznam použité literatury .....</b>	<b>40</b>
<b>9 Seznam zkratk.....</b>	<b>42</b>

<b>10</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>44</b>



## Seznam obrázků a tabulek

<b>Tabulka č.1</b> Hlavní eitologické kategorie FUO – frekvence výskytu.....	11
<b>Tabulka č.2</b> Přehled hlavních radiofarmak a jejich vlastností.....	12
<b>Tabulka č.3</b> Základní použití scintigrafických metod.....	13
<b>Obrázek č.1</b> Generátor.....	28
<b>Obrázek č.2</b> Ionizační studnová komora.....	28
<b>Obrázek č.3</b> Digestoř pro přípravu radiofarmaka.....	29
<b>Obrázek č.4</b> Olověné krytí na injekční stříkačky.....	29
<b>Obrázek č.5</b> Olověné krytí na injekční stříkačky používané na ONM FNHK.....	29
<b>Obrázek č.6</b> Olověný kryt na injekční stříkačky.....	30
<b>Obrázek č.7</b> Stolek s pomůckami pro aplikaci radiofarmaka.....	30
<b>Obrázek č.8</b> Olověný kontejner na použité injekční stříkačky.....	31
<b>Obrázek č.9</b> Kontejner na použitý zdravotnický materiál.....	31
<b>Obrázek č.10</b> Část olověné bariéry.....	31
<b>Obrázek č.11</b> Gamakamera Infinia v ONM FNHK.....	33
<b>Obrázek č.12</b> Ovladač gamakamery.....	33

## ÚVOD

Nukleární medicína je lékařský obor, který využívá k diagnostice chorob otevřených radioaktivních zářičů, aplikovaných do těla pacientů. Tyto radioaktivních zářiče se využívají nejen k diagnostice ale i k laboratorním účelům.

Detekce zánětlivých ložisek je jedno z nejčastěji prováděných vyšetření. Využitím scintigrafických metod jde poměrně dobře lokalizovat místo zánětlivého ložiska. Lze také detekovat časně fáze zánětlivých procesů a to i v případě, že došlo k morfologickým změnám. Pomocí těchto metod můžeme také určit příčinu horeček neznámého původu.

Současná nukleární medicína využívá k detekci zánětlivých ložisek několik druhů scintigrafických metod za použití různých radiofarmak.

## **CÍL**

Cílem práce je především seznámit čtenáře se základními scintigrafickými metodami, které se využívají k detekci zánětů. Dále s radiofarmaky, které se při těchto metodách využívají. A v neposlední řadě chci čtenáři popsat průběh scintigrafického vyšetření v praxi.

# 1 Obecná část

## 1.1 Metody užívané v nukleární medicíně pro detekci zánětů

Hlavní metoda, kterou využívá nukleární medicína je scintigrafie. K této metodě se využívá scintilační gamakamera. Pracuje na principu , kdy snímá fotony gama současně z celého zorného pole a přeměňuje je na elektrické impulsy a z nich potom vytváří výsledný scintigrafický obraz distribuce radiofarmaka. Máme dva druhy scintigrafického vyšetření statickou a dynamickou. Statická je prostý dvojrozměrný obraz vyšetřované oblasti. Dynamická naproti tomu je série dvojrozměrných obrazů, snímaných postupně v různém čase.

Nejvíce se v nukleární medicíně používá metoda jednofotonová planární ve formě celotělových obrazů, která slouží záměna k určení rozsahu a lokalizace infekčních procesů. K přesnějšímu posouzení se ještě může doplnit jednofotonová tomografie SPECT popř. SPECT/CT postižené oblasti. Hlavní nevýhodou jednofotonového zobrazení je horší polohové zobrazení. Tuto nevýhodu kompenzuje použití pozitronové tomografie PET nebo hybridního přístroje SPECT/CT. Kombinaci SPECT a CT umožňují fúzi funkčních a anatomických obrazů. Tato metoda výrazně zlepšuje diagnostický potenciál vyšetření, můžeme přesněji lokalizovat místo zánětlivých procesů.

Aktivní zánět je z patofyziologického hlediska charakterizován: 1) hyperemií, 2) zmnožení extracelulární tekutiny a 3) migrací leukocytů. Pomocí některých nukleárně medicínských indikátorů lze tyto děje objektivizovat a lokalizovat tak místo zánětu. Některými indikátory lze však zobrazit i ložisko chronického, případně granulomatózního zánětu. (URBÁNEK Jan, 2002)

## 1.2 Zánět

Definice zánětu je obtížná a v každé literatuře je uváděna jinak. Zánět je složitý komplex dějů a morfologických změn, vyvolaných působením škodlivého činitele. Může mít funkci ochrannou nebo opravnou. Má složku alternativní, exsudativní, proliferační a imunitní. Také může mít místní nebo celkové projevy.

Příčina zánětu může mít mnoho podob. Fyzikální nebo chemické jsou příčinami ran, popálenin, omrzlin nebo poleptání, jejichž hojení se uskutečňuje reparačním zánětem. Biologické příčiny nemocí způsobují záněty infekční s výraznou složkou obrannou i reparační. Vnitřní příčiny nemocí se na vzniku zánětu uplatňují patogenní imunitou.

Zánět je patofyziologického hlediska charakterizován hyperemií, zmožením extracelulární tekutiny a migrací leukocytů. (URBÁNEK Jan, 2002)

Zánět se zevně projeví známými znaky- zarudnutí- rubor, zvýšená teplota- calor, otok- tumor, bolest- dolor, včetně poruchy funkce- functio laesa. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

Infekce znamená aktivní růst bakterií, plísní nebo virů ve tkáni. Dochází k migraci leukocytů, zejména neutrofilních do místa infekce za účelem lokalizace a ingesce mikroorganismů. K tomu je potřeba správná funkce buněčné membrány leukocytů s exprimací vhodných receptorů. Soubor mrtvých neutrofilů, bakterií a tkáňového moku se nazývá hnis. Bývá ohraničen vrstvou fibrinu, která se nazývá pyogenní membrána. Tímto způsobem se lokální zánět (celulitida) přeměňuje v absces. Nebezpečí abscesu spočívá v šíření infekce krevní cestou (septikémie) s vytvořením dceřiných ložisek. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

Rozlišujeme zánět akutní a chronický. Akutní zánět má všechny znaky uvedené výše a netrvá déle než 8-10 dní. Chronický zánět trvá několik týdnů až měsíců. Je charakterizován proliferativními znaky (fibroblasty s produkcí kolagenu). Z buněk je méně neutrofilních leukocytů, převažují mononukleární buňky (monocyty, lymfocyty, makrofágy) (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

### 1.3 Infekční onemocnění

Infekční onemocnění je onemocnění vyvolané specifickým infekčním agens nebo jeho toxiny. (HUSA P., 2011)

Člověk je během svého života neustále v kontaktu s nejrůznějšími mikroorganismy i paraziticky se chovajícími vícebuněčnými organismy. Mikroorganismy, které kolonizují kůži a povrchy sliznic, tvoří normální flóru lidského těla. Jejich přítomnost obvykle nevyvolá infekci. Je-li však přítomnost replikujících se mikroorganismů spojena s poškozením tkáně, jde o stav definovaný jako infekce. Její průběh je z hlediska intenzity příznaků rozdílný:

**Inaparentní** (bezpříznakový) – lze prokázat jen určitými laboratorními testy

**Aborativní** (ne plně vyvinutý) – jen lehké příznaky či orgánové projevy

**Středně těžký** – příznaky zřetelně vyznačeny, obvyklé popisy v učebnicích

**Těžký** – rychlý rozvoj nemoci, celková alterace, závažné projevy

Infekční nemoci jsou již dlouho známy prostřednictvím reakce hostitele, kterou provokují: horečka, třesavka, zrychlený puls, lokální zánět, katabolismus bílkovin, kvantitativní a kvalitativní změny krevních elementů, sérové projevy reakce akutní fáze. (DOSTÁL V., 2005)

### 1.4 Horečka neznámého původu (FUO- fever of unknown origin)

Klasicky definovaná horečka neznámého původu je horečkou nad 38,3 °C bez ohledu na projevy, trvající nejméně tři týdny, přičemž diagnóza tohoto stavu nebyla stanovena po týden trvajícím vyšetřovacím programu za hospitalizace. V současnosti se upřednostňují kritéria, kdy k charakteristice FUO stačí neobjasněnost horečnatého stavu po týden trvajícím vyšetřovacím programu (resp. dvou ambulantních návštěvách či 3-denní hospitalizaci). Toto „zkrácené schéma“ nepovažujeme v našich podmínkách za reálné. (DOSTÁL V., 2005)

Infekce	34%
Nádory	20%
Systémová onemocnění pojiva	13%
Ostatní	20%
Neobjasněno	13%

Tab. č. 1 Hlavní etiologické kategorie FUO - frekvence výskytu

## 1.5 Radiofarmaka

Radiofarmaka dělíme na specifická nebo nespecifická. Nespecifická radiofarmaka se kumulují v zánětu díky zvýšené permabilitě kapilár. Specifická radiofarmaka představují vazbu na aktivovaný endotel, kopírují zvýšenou migraci leukocytů, zobrazují zvýšenou spotřebu glukózy aktivovanými leukocyty nebo se přímo vážou na bakterie. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

Radiofarmakum	Poločas přeměny [h]	Energie fotonů gama [keV]	Mechanismus kumulace
<sup>67</sup> Ga citrát	78	93,185,300	zvýšená kapilární permabilita, vazba zájmena na transferin, laktoferin
<sup>99m</sup> Tc nanokoloid	6	140	kapilární permabilita
<sup>99m</sup> Tc HIG	6	140	kapilární permabilita
<sup>111</sup> In oxin leukocyty	67	173,247	specifická chemotaxe
<sup>99m</sup> Tc HMPAO leukocyty	6	140	specifická chemotaxe
<sup>99m</sup> Tc antigranulocytární protilátky	6	140	kapilární permabilita, leukocyty
<sup>18</sup> F-FDG	2	511	energetická potřeba buněk

Tab. č. 2 Přehled hlavních radiofarmak a jejich vlastností

## 1.6 Nejčastěji užívané metody

Scintigrafické metody užívané k detekci zánětů se většinou nazývají podle použitého radiofarmaka. Nejčastěji se používá zobrazení jednofotonové planární ve formě celotělových obrazů. K přesnějšímu posouzení se obvykle doplní jednofotonová tomografie SPECT případně SPECT/CT. Pozitronová tomografie PET se hojně využívá na pracovištích, které jsou touto technologií vybaveny. Dává nám přesnější lokalizační informaci.

<b>Indikace</b>	<b>Doporučené radiofarmakum</b>
FUO – horečka neznámé etiologie	<sup>67</sup> Ga, značené leukocyty, antigranulocytární protilátky, <sup>18</sup> F-FDG
Osteomyelitida periferního skeletu	značené leukocyty, antigranulocytární protilátky, nanokoloidy, <sup>18</sup> F-FDG
Osteomyelitida páteře	<sup>67</sup> Ga, <sup>18</sup> F-FDG
Záněty v hrudníku	<sup>67</sup> Ga, <sup>18</sup> F-FDG
Endokarditida	značené leukocyty, cyprofloxacin
Infekce cévní protézy	značené leukocyty, antigranulocytární protilátky, <sup>18</sup> F-FDG
Záněty v břišní dutině	značené leukocyty
Nespecifické střevní záněty	značené leukocyty, antigranulocytární protilátky
Granulomatózní záněty (sarkoidóza)	<sup>67</sup> Ga, <sup>18</sup> F-FDG

*Tab. č. 3 Základní použití scintigrafických metod*



## 2 Scintigrafické metody k detekci zánětů

### 2.1 Scintigrafie s $^{67}\text{Ga}$ -citrátem

Je pro zobrazení zánětu nejdéle využívaným radiofarmakem. Využívá se v nukleární medicíně již od 70-tých let. Má velice specifické postavení mezi nukleárně medicínskými indikátory.  $^{67}\text{Ga}$  je chemický analog iontu železa. Jde o cyklotronový produkt s fyzikální poločasem 78 hod. Při jeho přeměně dochází k emisi širokého spektra fotonů gama s energií vyšší než je energie fotonů gama emitovaných při přeměně  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Ke scintigrafii je tak nutno používat kolimátory pro střední energie. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

Za fyziologických okolností se gallium hromadí v játrech, ve střevech, v ledvinách, v kostní dřeni a ve slezině. Do 24 hod se hod. se 10-20 % vyloučí močí a přibližně stejný podíl střevní traktem. (URBÁNEK Jan, 2002)

#### 2.1.1 Farmakokinetika

Po i.v. podání je v krvi 30 %  $^{67}\text{Ga}$  navázáno na transferin a 70 % zůstává ve volné formě. Hypotéza mechanismu kumulace v zánětlivém ložisku je založena na předpokladu difúze radiofarmaka do extravaskulárního prostoru v důsledku poruchy kapilárních membrán s následnou vazbou  $^{67}\text{Ga}$  na laktoferin uvolňovaný leukocyty. Důležitým faktorem pro tento proces kumulace  $^{67}\text{Ga}$  v zánětu je skutečnost, že laktoferin vykazuje vyšší afinitu k  $^{67}\text{Ga}$  než transferin. Současně však autoradiografické studie prokazují, že  $^{67}\text{Ga}$  se navazuje také na kyselé mukopolysacharidy, což je zřejmě druhým významným procesem vedoucím ke koncentraci  $^{67}\text{Ga}$  v zánětlivém ložisku. Je tedy zřejmé, že mechanismus vychytávání radiofarmaka v zánětu je komplexní děj. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

#### 2.1.2 Metodika vyšetření

$^{67}\text{Ga}$  se pacientovi aplikuje i.v. a celotělová scintigrafie a případně SPECT dutiny břišní a hrudní se provádí nejdříve za 48 hodin. V případě negativity můžeme snímkování opakovat po dobu několika dní.

Po aplikaci  $^{67}\text{Ga}$  se můžou pacientovi podat projímadla pro urychlení eliminace a usnadnění interpretace v oblasti břicha.

### 2.1.3 Indikace

Indikace vyšetření vyplývají ze skutečnosti, že průkaz zánětu není bezpodmínečně vázán na aktivní kumulaci leukocytů v zánětlivém ložisku. Tudíž indikační šíře je poměrně úzká a tuto metodu lze tedy použít při.

- **horečce neznámého původu:** především u teplot s dlouhou anamnézou, kdy bývá již snížena eventuální kumulace leukocytů v zánětu.
- **plícních a mediastinálních zánětech:** například při podezření na pneumocystovou pneumonii u pacientů s HIV.
- **lymfocytárních a granulomatózních zánětech:** například při sarkoidóze, kdy navíc toto vyšetření umožňuje hodnocení aktivity zánětlivého procesu
- **chronické osteomyelitidě páteře:** scintigrafie  $^{67}\text{Ga}$  je v tomto případě vhodné provádět v kombinaci se scintigrafií skeletu.

Při rozhodování o těchto vyšetřeních je částečně limitujícím faktorem vyšší radiační zátěž spojená s tímto vyšetřením. Vzhledem k tomu je vyšetření kontraindikováno u gravidních a kojících žen. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

## 2.2 Třífázová scintigrafie skeletu

Toto vyšetření zjišťuje přítomnost zánětu ve skeletu na základě průkazu zvýšené kostní přestavby a hyperémie. Z uvedeného popisu je zřejmé, že jde sice o metodu vysoce senzitivní, ale zároveň nespecifickou. Je přínosná v diagnostice osteomyelitidy v periferním skeletu. Kdy současně pomáhá při diferenciální diagnostice tohoto onemocnění a zánětu měkkých tkání.

### 2.2.1 Metodika třífázové scintigrafie skeletu

Jak již název napovídá má toto vyšetření tři fáze:

**Fáze perfúzní** – vyšetření začíná ihned po i.v aplikaci  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -fosfonátů dynamickou scintigrafií zaměřenou na podezřelou oblast, která hodnotí období prvních průtoků radiofarmaka.

**Fáze krevního poolu** – bezprostředně navazuje na fázi perfúzní. Je to statický scintigram z období čtvrté až páté minuty, zobrazující rozložení radiofarmaka rovnoměrného rozptýleného v krvi a současně již přestupujícího do tkání.

**Fáze pozdní** – klasická scintigrafie kostí v odstupu asi 3 hodin od aplikace, která hodnotí rozložení kostní přestavby, je označována jako fáze pozdní.

## 2.3 Leukocyty značené radionuklidy

Ložiska bakteriálních zánětů se často úspěšně detekují pomocí leukocytů označených radionuklidy. Při tomto vyšetření se prokazuje koncentrace leukocytů v zánětlivém ložisku.

Fyziologicky se leukocyty kumulují v játrech, ve slezině a v krvetvorné kostní dřeni. Předpokladem úspěšného vyšetření je udržení životaschopnosti leukocytů, což současně vede k tomu, že tyto krvinky zpětně migrují do kostní dřene, která se tak stává orgánem jejich výrazné přirozené kumulace. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002), (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

Vzhledem k této skutečnosti může být u části pacientů obtížné odlišit přirozeně zobrazenou kostní dřev a ložisko osteomyelitidy v periferní skeletu. Tento problém je možno vyřešit srovnáním podezřelé oblasti na časném a pozdním scintigramu, kdy v případě zánětu je zřejmý trend k nárůstu aktivity radiofarmaka v ložisku. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

Jinou možností k vyřešení výše uvedené diagnostické nejednoznačnosti je srovnání scintigramu zobrazující značené leukocyty se scintigramem po aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -koloidu, který zobrazuje pouze kostní dřev. Pro přítomnost osteomyelitidy svědčí ložisko kumulace značených leukocytů bez depozice koloidu. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

V oblasti páteře s velkou přirozenou koncentrací značených leukocytů se osteomyelitické ložisko zobrazí pouze jako defekt v depozici radiofarmaka. Tento nálezn je nespecifický, protože se podobně zobrazují také tumory a stavy po kompresi obratlů, a proto při pátrání po osteomyelitickém ložisku v páteři by mělo být upřednostněno vyšetření magnetickou rezonancí před scintigrafií. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

### 2.3.1 Postup značení leukocytů in vitro

In vitro metodika značení leukocytů vychází z obecného postupu.

1. Odběr krve (60ml) do injekčních stříkaček s ACD roztokem k zabránění srážení krve. Vyšetření lze provést jen u pacientů s počtem leukocytů vyšším než  $2,5 \times 10^9$  leu/l.
2. V laboratoři oddělení leukocytů při zachování jejich životaschopnosti.
3. Značení leukocytů lipofilními radiofarmaky  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO nebo  $^{111}\text{In}$ -oxinem.
4. Připravený preparát je znovu injekčně vpraven do těla pacienta. Aplikovaná aktivita  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO leukocytů je 700 MBq.

## 2.3.2 Leukocyty značené pomocí $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO

### 2.3.2.1 Farmakokinetika $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO leukocytů

$^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO je lipofilní látka, která se bezprostředně po průniku buněčnou membránou mění v hydrofilní sloučeninu, čímž je zafixována uvnitř leukocytů. Ložisko zánětu se zobrazuje v důsledku aktivní migrace značených leukocytů. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

Vazba  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO na leukocyty není bohužel plně stabilní a dochází k částečnému uvolňování hydrofilních komplexů  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO, které jsou poté vylučovány ledvinami a v určitém časovém odstupu i játry do žluči. V typickém případě se zobrazuje žlučník v 2.-3. hodině po aplikaci a následně dochází k transportu radioaktivní žluči do střev. U 20-30 % dětí je proces vylučování ještě rychlejší a radioaktivita je ve střevech přítomna již za 1 hodinu. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

### 2.3.2.2 Metodika vyšetření

Vzhledem k výše uvedené možnosti přirozené koncentrace radiofarmaka v abdominální oblasti je nutno scintigrafii břicha provést za 1 hod. po aplikaci, tedy v době, kdy ještě ve střevech nebývá radiofarmakum vyloučené žlučí, které by komplikovalo detekci skutečného zánětlivého ložiska. Kompletní celotělová scintigrafie se provádí za 4 hod. po aplikaci. V obou fázích vyšetření, je vhodné doplnit i SPECT. V případě potřeby potvrzení skutečností, že ložisková depozice radiofarmaka je skutečně důsledkem zánětlivého procesu, je nutno doplnit i scintigrafii za 24 hodin. Průkaz dalšího relativního nárůstu kumulace preparátu v ložisku odpovídá zánětlivému procesu. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

### 2.3.2.3 Indikace

Indikací pro scintigrafii značenými leukocyty je podezření na:

- infekci ledvin
- záněty střeva
- infekci měkkých tkání
- infekci cévních náhrad
- endokarditida
- akutní osteomyelitidu periferního skeletu
- horečku neznámého původu (FUO)

### 2.3.3 Leukocyty značené $^{111}\text{In}$ -oxin

$^{111}\text{In}$  má z fyzikálního hlediska obdobné nevýhody jako  $^{67}\text{Ga}$ .  $^{111}\text{In}$  je také cyklotronový produkt s delším fyzikálním poločasem přeměny (67 hodin). Jeho atomová přeměna je spojena s emisí gama záření o energii 173 a 247 keV, a proto je i v tomto případě nutno při scintigrafii použít kolimátor pro střední energie. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

#### 2.3.3.1 Farmakokinetika $^{111}\text{In}$ -oxinu WBC

Významnou výhodou je skutečnost, že na rozdíl od  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO je vazba  $^{111}\text{In}$ -oxinu na leukocyty stabilní, a proto nedochází během vyšetření k významnější rušivé exkreci radionuklidu do střev a nedochází ani k jeho vylučování ledvinami do moči. Preparát také nevykazuje kumulaci v hojících se ranách. Jediným významným mechanismem, který rozhoduje o rozložení radiofarmaka v organismu, je tedy migrace leukocytů pod vlivem chemotaktických stimulů. Fyziologickou kumulaci radiofarmaka zjišťujeme pouze ve slezině kostní dřeni a játrech. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

#### 2.3.3.2 Indikace

$^{111}\text{In}$ -oxin WBC se uplatňuje dobře pouze na stavy se zvýšeným podezřením na zánět v oblastech, ve kterých se přirozeně kumulují ostatní radiofarmaka používaná k detekci zánětů:

- záněty ledvin, močového měchýře a malé pánve
- záněty žlučníku
- chronická zánětlivá střevní onemocnění (CIBD) – M. Crohn a ulcerózní kolitida

### 2.3.4 Scintigrafie pomocí $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -nanokoloid a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -liposomy

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -nanokoloidy jsou preparáty tvořené velmi malými částicemi s průměrnou velikostí řádově v desítkách nanometrů. Tato metoda se využívá k prokázání zvýšené permability kapilár. Velikost částic zabezpečuje možnost difúze těchto částic přes kapilární stěnu s patologicky zvýšenou endoteliální permeabilitou. Za vedlejší mechanismus kumulace nanokoloidů v místě infekce je považováno i předpokládané aktivní vychytávání preparátu aktivovanými endoteliálními buňkami.

#### 2.3.4.1 Farmokokinetika

Biokinetika tohoto radiofarmaka se vyznačuje rychlým poklesem krevního poolu v důsledku intenzivního vychytávání preparátu v játrech, slezině a kostní dřeni. Negativním důsledkem této skutečnosti je velmi krátká doba, po kterou mohou nanokoloidy difundovat do

místa infekce, a proto jsou tomto místě deponována poměrně malá množství radiofarmaka. Tyto faktory významně omezují použitelnost této metody.

Prodloužení doby cirkulace radiofarmaka v oběhu a tedy prodloužení doby po kterou částice pronikají do místa zánětu, umožňuje použití  $^{99m}\text{Tc}$ -liposomů stericky stabilizovaných polyethylenglykolem. Tyto částice nejsou opsonizovány mononukleárně fagocytárním systémem, a nejsou proto kumulovány tak výrazně v játrech a slezině.

#### **2.3.4.2 Indikace**

Možnými indikacemi použití těchto preparátů jsou záněty kostí a kloubů končetin. Vzhledem k tomu, že nanokoloid je vychytáván jak v zánětu tak i v aktivní kostní dřeni, je doporučováno při diagnostice osteomyelitidy doplnit i scintigrafii  $^{99m}\text{Tc}$ -S-koloidem, který je vychytáván pouze v kostní dřeni. Pro přítomnost zánětu pak svědčí nález kumulace nanokoloidu v oblasti bez kumulace S-koloidu. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

#### **2.3.5 Značené protilátky**

Radioimunoscintigrafie využívá k detekci ložiska zánětu značených monoklonálních protilátek, jejich fragmentů nebo polyklonálních protilátek. Při použití monoklonálních protilátek jde o principálně stejný postup jako při radioimunoscintigrafii nádorů.

##### **2.3.5.1 Antigranulocytární monoklonální protilátky značené $^{99m}\text{Tc}$ ( $^{99m}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb), „leukocyty značené in vivo“**

##### **2.3.5.2 Farmakokinetika $^{99m}\text{Tc}$ -antigranulocytárních MAb**

Radiofarmakum aplikujeme při tomto vyšetření intravenózně a k vazbě radionuklidem značených antigranulocytárních protilátek na leukocyty dochází přímo v organismu vyšetřované osoby – tuto metodu lze proto také označit jako „značení leukocytů in vivo“. Preparát se navazuje nejen na cirkulující leukocyty a leukocyty již kumulované v zánětlivém ložisku, ale také na vytvářející se granulocyty. Charakteristické pro tento typ vyšetření je proto velmi kvalitní zobrazení kostní dřene.

Ve srovnání se značením leukocytů in vitro je výhodou skutečnost, že metoda nevyžaduje speciální laboratorní vybavení potřebné pro práci s krevními elementy, nevýhodou je relativně vyšší finanční náročnost metody.

Příčinou možné odlišnosti zobrazení zánětů po aplikaci leukocytů značených in vitro a in vivo je skutečnost, že část protilátek obíhá v plazmě v nenavázané formě i v odstupu několika hodin od aplikace a je tedy schopna nespecifického průniku do oblasti s poruchou endoteliální membrány kapilár. Může tedy dojít k hromadění farmaka i v zánětech bez kumulace leukocytů.

Za příčinu zobrazení ložiska zánětu je tedy možno považovat nejen migraci označených leukocytů po vlivem chemotaxe, ale i nespecifickou kumulaci volných cirkulujících protilátek, tzn. kumulaci v místech s prostou poruchou endoteliální membrány. Vzhledem k této skutečnosti je nutno mít při interpretaci nálezu na zřeteli možnost, že radiofarmakum se vychytává i mimo oblast s hromaděním leukocytů. Falešně pozitivní nálezy mohou způsobit hematomy, kontuze, aseptické záněty a rány po operaci. Na pozdních scintigramech za 24 hodin od aplikace je někdy zřejmá chabá přirozená depozice radiofarmaka ve vzestupném tračníku a céku.

Obecnou nevýhodou radioimunoscintigrafie je možnost indukce tvorby protilátek proti myšimu antigenu HAMA, při podání méně než 0,5 mg MAb je však riziko vzniku této komplikace nízké. Dále se pravděpodobnost indukce HAMA protilátek snižuje při použití preparátů tvořených fragmenty monoklonálních antigranulocytárních protilátek. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

### **2.3.5.3 Metodika vyšetření**

Při vyšetření se provádí celotělová scintigrafie a SPECT za 4-6 hodin od aplikace, většinou se doplňuje i cíleně zaměřená scintigrafie za 24 hodin od podání preparátu. Obdobně jako při scintigrafii in vitro značenými leukocyty i při radioimunoscintigrafické detekci osteomyelitidy může být u části pacientů obtížně odlišit přirozeně zobrazenou kostní dřev a skutečné ložisko osteomyelitidy v periferním skeletu. I v tomto případě je možno tento problém vyřešit srovnáním podezřelé oblasti na časném a pozdním scintigramu, kdy v případě zánětu je zřejmý trend k nárůstu aktivity radiofarmaka v patologickém ložisku. Druhou možností je srovnání scintigramu zobrazujícího rozložení antigranulocytárních protilátek se scintigramem po aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -koloidu, který zobrazí pouze kostní dřev. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

### **2.3.5.4 Indikace**

Pro diagnostiku měkkých tkání a gastrointestinálního traktu se moc nehodí. Za vhodné indikace pro scintigrafii pomocí  $^{99m}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb jsou považovány:

- abdominální zánětlivá ložiska a abscesy

- horečka neznámého původu (FUO)
- osteomyelitis v periferním skeletu
- záněty vaskulárních štěpů endokartidis
- synovitida

#### **2.3.5.5 Ostatní monoklonální protilátky**

Do této skupiny patří protilátky proti jiným bílým krvinkám (např.: T-lymfocytům) a protilátky proti specifickému mikrobiálnímu agens (např. Proti antigenu aeruginosa). Tyto preparáty však nejsou dosud registrovány pro rutinní použití. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

#### **2.3.5.6 Polyklonální protilátky**

Při zkoumání distribuce i.v. podaných lidských nespecifických polyklonálních imunoglobulinů bylo zjištěno, že dochází k jejich depozici v zánětlivých ložiscích typu revmatoidní artritidy. Za příčinu této kumulace je však považováno zvýšení kapilární permability v oblasti zánětu a makromolekulární vychytávání v pojivové tkáni. Nebylo totiž prokázáno hromadění těchto imunoglobulinů v zánětu v důsledku specifických imunologických vazebných mechanismů. Představitelem radiofarmaka z této skupiny je <sup>99m</sup>Tc-HIG (human immunoglobuline).

Možnými indikacemi této scintigrafie jsou osteomyelitida a rematoidní artritida, ale v žádném z těchto případů nejde o metodu první volby.

## **2.4 Receptorově specifické proteiny a peptidy**

Oblastí, ve které lze očekávat významný pokrok v detekci zánětů, je použití značených chemotaktických peptidů, cytokinů a chemokinů, které se spolupodílejí na procesech zánětu.

Mezi registrovanými radiofarmaky jsou již nyní receptorově specifické peptidy – analogy somatostatinu, jejichž představitelem je <sup>111</sup>In-pentetreotid. O tomto preparátu je známo, že je kumulován i v oblastech s přítomností aktivovaných leukocytů a v granulomatózních zánětech. Širšímu využití tohoto preparátu při zánětlivých indikacích, bohužel, brání jeho cena. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)



## 2.5 Infekton

K detekci zánětu lze použít i značené baktericidní chemoterapeutikum z fluorochinolové řady  $^{99m}\text{Tc}$ -ciprofloxacin („infekton“). U tohoto preparátu je zjišťována vyšší specifita vyšetření při průkazu infekce, než při použití značených leukocytů, současně je však konstatována ale poněkud nižší senzitivita. Potenciální indikací pro tento preparát je například detekce osteomyelitidy v oblasti endoprotéz. (MYSLIVEČEK M. & HUŠÁK V., 2002)

## 2.6 PET s $^{18}\text{F}$ -FDG

### 2.6.1 Princip PET (pozitronová emisní tomografie)

Pozitronová emisní tomografie (PET) je metoda scintigrafického zobrazení distribuce pozitronových (beta+) radionuklidů, využívající koincidenční detekci dvojice fotonů anihilačního záření gama (o energii 511 keV), vznikajících při anihilaci pozitronu beta+ s elektronem ve tkáni a vylétající z místa svého vzniku v protilehlých směrech pod úhlem  $180^\circ$ .

Této koincidenční detekce dvojice anihilačních fotonů gama je využito k elektronické kolimaci záření gama a k následné rekonstrukci tomografických obrazů.

Fotony gama vzniklé při anihilaci pozitronu a elektronu mají tři význačné vlastnosti.

- vylétávají z místa anihilace současně a protisměrně pod úhlem  $180^\circ$
- pohybují se po přímkových drahách
- pohybují se rychlostí světla, takže v laboratorních podmínkách můžou být detekovány prakticky současně

Tyto vlastnosti umožňují tzv. koincidenční detekci dvojic anihilačních fotonů. Měřený pozitronový zářič umístíme mezi dva detektory, jejichž výstupy zapojíme do elektronického koincidenčního obvodu. Tímto obvodem projdou do další elektronické aparatury jen impulsy odpovídající současné detekci fotonů v obou detektorech. Vzhledem k uvedeným geometrickým vlastnostem mohou být detekovány jen fotony z anihilací, k nimž došlo na přímkové spojnici citlivých míst obou detektorů. Nastane-li anihilace mimo tento prostor spojnice, pak i v případě detekce některého z fotonů jedním detektorem, není druhý z anihilačních fotonů zachycen protilehlým detektorem. Na výstupu koincidenčního obvodu se impuls neobjeví. Když se tedy na výstupu koincidenčního obvodu objeví impuls, znamená to, že v některém z bodů na spojnici obou detektorů nastala anihilace pozitronu a elektronu. Obklopíme-li vyšetřovaný objekt s pozitronovým radionuklidem větším počtem umístěných detektorů v koincidenčním zapojení, dosáhneme tím cílové směrové detekce anihilačních gama fotonů- jejich elektronické kolimace, bez nutnosti fyzického odstínění oloveným

děrovým kolimátorem. Detektor scintilační kamery PET má prstencové uspořádání segmentů velkého počtu malých scintilačních krystalů v optickém kontaktu s fotonásobiči, snímajícími záblesky vzniklé interakcí záření gama se scintilačním krystalem. Vzhledem k poměrně vysoké energii anihilačního záření 511 keV se ve scintilačních krystalech místo obvyklého NaI(Tl) používá materiál BGO nebo LSO s větší hustotou a vyšší detekční účinností v oblasti vyšších energií gama. (astronuklfyzika.cz/strana2.htm)

### **2.6.1.1 Rozdíly mezi PET a SPECT**

Detektory u PET přístroje nejsou opatřeny olověnými kolimátory s mnoha otvory. Kolimace se provádí elektronicky, což vede k vyšší detekční účinnosti ve srovnání se SPECT, kde je část záření pohlcena v septech kolimátoru.

Další rozdíl je v tom, že zobrazovací detektor se musí otáčet kolem pacienta aby byly zaznamenány projekce pod různými úhly. U PET se detektory neotáčejí, prstencové detektory střídají data ze všech úhlů současně.

### **2.6.2 Detekce zánětů pomocí $^{18}\text{F}$ -FDG**

Aktivované leukocyty a lymfocyty mají zvýšenou glykolýzu, takže  $^{18}\text{F}$ -FDG vysoce akumulují. Podle histologických studií koreluje kumulace  $^{18}\text{F}$ -FDG s počtem přítomných makrofágů.

Dosud  $^{18}\text{F}$ -FDG byla použita u řady zánětlivých chorob, jako jsou abscesy různých lokalizací, záněty plic osteomyelitida, záněty cévních protéz, autoimunitní a granulomatózní záněty. Výsledky jsou velice slibné např. Pro detekci osteomyelitidy páteře je FDG lepší než značené leukocyty.  $^{18}\text{F}$ -FDG se používá také u FUO.

Výhodou je rychlost poskytnutí výsledku, obrazy s vysokým prostorovým rozlišením a vysoký kontrast obrazu. To vede k vysoké spolehlivosti nálezů. Hlavní limitací je diagnostika zánětu ve tkáních, kde se  $^{18}\text{F}$ -FDG fyziologicky kumuluje tj. v mozku a ledvinách. Obtížná je interpretace v oblasti srdce žaludku a kosterního svalstva, neboť v těchto orgánech může být kumulace nadstandardně fyziologicky zvýšená. Dále může být vyšetření vzhledem k zánětu falešně pozitivní u tumorů, hematomů a hojících se chirurgických ran. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)<sup>18</sup>

### 2.6.2.1 Farmakokinetika

$^{18}\text{F}$ -FDG je fosforylován aktivovanými leukocyty v místě zánětu pomocí hexokinázy na deoxyglukózu-6-fosfát, který již není následně metabolizován a zůstává ireversibilně v leukocytech. Pro zánět je charakteristické akumulace  $^{18}\text{F}$ -FDG.  $^{18}\text{F}$ -FDG je v místě infekce navázán poměrně rychle, během několika minut a za 35 minut je 95%  $^{18}\text{F}$ -FDG vázáno v místě zánětu.

### 2.6.2.2 Metodika vyšetření

Aplikovaná aktivita  $^{18}\text{F}$ -FDG je 370 MBq intravenózně. Je prováděno SPECT/CT vyšetření od baze lebni do poloviny stehen popř. celotělově. Scan je prováděn za 45-60 min od aplikace  $^{18}\text{F}$ -FDG.

### 2.6.2.3 Indikace

Ve více jak 90 % případů je vyšetření pomocí PET/CT indikováno k diagnostice onkologických onemocnění, menší podíl k diagnostice zánětů, v kardiologii a neurologii. Mezi onkologické indikace patří: diagnostika maligních lézí, hodnocení rozsahu onemocnění, grading malignity, lokalizace neznámého primárního tumoru při známé metastáze, plánování raditoterapie, hodnocení reakce nádoru na léčbu, prognostické informace. Mezi neonkologické indikace patří zobrazení zánětu včetně FUO, vyšetření viability myokardu, vyšetření perfúze myokardu, diagnostika epilepsie a demencí.

PET/CT pro zobrazení zánětu je indikováno, až v případech kdy jsou indikovány všechny konvenční metody a to jak laboratorní tak zobrazovací. FDG je používáno k detekci:

- chronické osteomyelitidy zájmena v oblastí páteře
- odlišení osteomyelitidy od celulitidy (díky dobrému prostorovému rozlišení hlavně ve spojení s PET/CT)
- u pacientů se syndromem diabetické nohy
- zánět kloubní endoprotézy
- FUO
- u pacientů s AIDS, sarkoidózou
- vaskulitis
- v predikci rejekce po transplantaci

#### **2.6.2.4 Kontraindikace**

Vyšetření je kontraindikováno u gravidních žen. Relativní kontraindikace je klaustrofobie a neschopnost ležet pacienta déle jak 30 min. Další věcí může být nosnost vyšetřovacího stolu, která je omezená do 180 kg. Relativní kontraindikací je dekompenzovaný stav Diabetes Mellitus nebo jeho čerstvý záchyt, hrozí akumulace v kosterním svalstvu, což zhoršuje schopnost metody zobrazit místo, kde se zvýšeně glukóza vychytává. Další kontraindikace je krátký časový odstup od radioterapie a chemoterapie. (MIKOVÁ, 2008) (VOTRUBOVÁ, 2009)

## 2.7 Volba radiofarmaka dle typu zánětu

Typ zánětu	Scintigrafická metoda
<u>teploty neznámého původu:</u>	
s delší anamnézou febrilií	$^{67}\text{Ga}$ -citrát
s krátkou anamnézou febrilií a leukocytózou	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ antigranulocytární MAb, (popř. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-WBC)
<u>osteomyelitis:</u>	
periferní	třífázová scintigrafie skeletu, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-WBC, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb
páteř	pouze při kontraindikaci MRI: $^{67}\text{Ga}$ -citrát nebo PET
abscesy v břiše	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-WBC $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb
záněty plic a mediastina	$^{67}\text{Ga}$ -citrát
infekty cévních protéz	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-WBC $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb
CIBD	$^{111}\text{In}$ oxin-WBC, popř. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-WBC nebo $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb
infekty ledvin	$^{111}\text{In}$ oxin-WBC, $^{67}\text{Ga}$ -citrát
endokarditis (vždy SPECT)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-WBC $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb

Tab. č. 4 Volba radiofarmaka dle typu zánětu

## **2.8 Základní klinické pohledy**

Metody zobrazení zánětu měkkých tkání závisí především na klinické symptomatologii. Důležitá je doba trvání příznaků a přítomnost lokalizačních známek.

### **2.8.1 Lokalizační známky přítomny**

#### **2.8.1.1 Záněty v břišní dutině**

Metodami první volby je ultrazvuk a CT, především pro jejich vynikající anatomické rozlišení a všeobecnou dostupnost, mohou se také pro cílenou biopsii. Základní nevýhodou je špatná detekce iniciálních stadií zánětu (flegmóna) a špatné odlišení pooperačních změn (modifikovaná základní anatomická struktura).

V případě nedиагностických morfologických metod je možno k detekci zánětu v břišní dutině použít scintigrafii značenými leukocyty. Výhodou je možnost celotělového zobrazení. Celková senzitivita se udává 95 %, specifita 91 % a správnost 94 %. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

#### **2.8.1.2 Záněty v oblasti hrudníku**

Základní zobrazovací metodou je skiagram doplněný podle potřeby CT hrudníku. V případě nejasnosti je z metod nukleární medicíny nejvhodnější galliová scintigrafie. Zájmena je indikována u imunokompromitovaných pacientů (AIDS) k detekci pneumocystové pneumonie. Je také přínosná u pacientů s plicní fibrózou a sarkoidózou, zájmena k posouzení aktivity patologického procesu a reakce na léčbu. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

### **2.8.2 Lokalizační známky nepřítomny**

V těchto případech je vhodné použití metod nukleární medicíny vzhledem k možnosti celotělového zobrazení. Volba metody záleží na délce trvání příznaků. U akutních zánětů (do 2 týdnů) je vhodná scintigrafie značenými leukocyty u chronických a neinfekčních zánětů galliová scintigrafie nebo FDG-PET (PET/CT). (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

### 3 Radiační ochrana

Cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření a omezit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na míru přijatelnou pro jednotlivce a společnost.

Každý, kdo provádí činnost vedoucí k záření se musí řídit těmito principy:

1. je povinen dbát na to, aby toto jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který převáží rizika, jež při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout (princip zdůvodnění)
2. je povinen dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby dávky ozáření osob a riziko ohrožení života, zdraví a životního prostředí byly tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek (princip optimalizace)
3. je povinen omezovat ozáření osob tak, aby nepřesahovalo stanovené limity (princip nepřekročení limitů)

Obecně se rozlišují tři druhy ozáření (expoziční):

1. **ozáření při práci** - zahrnuje všechna ozáření pracovníků, k nimž došlo při práci jako důsledek práce.
2. **lékařské ozáření** - ozáření osob jako součást vyšetřovacích a léčebných postupů na nich prováděných, patří sem i ozáření dobrovolníků neprofesionálů (rodinných příslušníků) při pomoci pacientům, návštěvníků pacientů a ozáření při lékařských výzkumech pomocí ionizujícího záření.
3. **ozáření obyvatel** - sem spadají veškerá ostatní ozáření.

Zatímco profesionální ozáření a ozáření obyvatel jsou regulovány všemi třemi principy, tj. zdůvodněním, optimalizací a nepřekročením limitů, při lékařském ozáření pacientů se uplatňují jen prvé dva principy - lékařské ozáření nepodléhá limitům. (1.)

#### 3.1 Radiační limity

Limity se vztahují na dávky způsobené jak zevním ozářením ze zdrojů mimo tělo, tak i vnitřním ozářením z radionuklidů vniklých do těla při vnitřní kontaminaci. Do dávek vztahovaných k limitům se nezahrnuje ozáření z přírodního pozadí.

1. **obecné limity** - jsou platné pro obyvatele: pro efektivní dávku je to 1 mSv/rok, pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv/rok a pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm<sup>2</sup> kůže hodnota 50 mSv/rok.
2. **limity pro pracovníky v prostředí radiačního rizika** - platí 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních, ekvivalentní dávka v oční čočce 150 mSv za rok, průměrná ekvivalentní dávka na končetiny a kůži 500 mSv za rok.
3. **limity pro studenty** - efektivní dávka nesmí překročit 6 mSv, ekvivalentní dávka v oční čočce 50 mSv, průměrná ekvivalentní dávka na končetiny a kůži 150 mSv.
4. **limity pro ozáření ve zvláštních případech** - jsou platné pro osoby, které pečují o pacienty s aplikovanými radionuklidy doma (rodinné příslušníky) a ty, které s nimi přicházejí do styku - u dětí je to 1 mSv za rok, u dospělých 5 mSv za rok. (1.)

### 3.2 Kategorizace pracovišť nakládajících s ionizujícím zářením

Dělí se vzestupně podle stupně ohrožení zdraví a životního prostředí. Kategorizace závisí na míře možného ozáření pracovníků a obyvatelstva, zaměření radiační činnosti a náročnosti na zajištění radiační ochrany a rizika vzniku radiační nehody nebo havárie. V ČR dělíme pracoviště do čtyř kategorií.

1. **I. kategorie** - pracoviště s kostním denzitometrem, zubním nebo veterinárním rentgenem.
2. **II. kategorie** - pracoviště s rentgenovým zářením určeným k radiodiagnostice nebo radioterapii, oddělení nukleární medicíny.
3. **III. kategorie** - pracoviště s otevřenými zářiči jako je oddělení nukleární medicíny, pracoviště s významným zdrojem (brachyterapie), lineární urychlovače
4. **IV. kategorie** – jaderné elektrárny, úložiště radioaktivního odpadu

### 3.3 Kategorizace zdrojů ionizujícího záření

Dělí se na základě příkonu dávkového ekvivalentu, aktivity a hmotnostní aktivity radionuklidových zářičů. (vyhláška č. 307/2002 Sb.) Podle vzestupného ohrožení zdraví a životního prostředí se dělí:

1. Nevýznamné (požární hlásič)
2. Drobné (požární hlásiče s vyšší aktivitou zdroje)
3. Jednoduché (RTG, skiaskopie, CT, radionuklidy v NM)
4. Významné (zdroje pro radioterapii)
5. Velmi významné (jaderný reaktor)



### **3.4 Monitorování pracovníků, pracovního prostředí a okolí pracoviště**

Pracovníci kategorie A na odděleních nukleární medicíny se vybavují osobním dozimetrem záření beta a gama dodávaným laboratoří Celostátní služby osobní dozimetrie (CSOD) v Praze. Filmový dozimetr je pracovníky nošen na levé přední straně pracovního oděvu v oblasti hrudníku po dobu jednoho měsíce. Po uplynutí tohoto kontrolního období se dozimetr odesílá k vyhodnocení do CSOD, o zjištěných dávkách je informováno pracoviště a současně SUJB. Dozimetry měří osobní dávkový ekvivalent, který se v CSOD přepočítává na efektivní dávku, v níž je vyjádřen radiační limit pro pracovníky vztahující se ke stochastickým účinkům. Pracovníci, u nichž jsou vystaveny zvýšené expozici ruce, nosí navíc prstové termoluminiscenční dozimetry, které se zasílají též k vyhodnocení do CSOD. Účelem měření radiační zátěže pracovníků pomocí osobních dozimetrů je kontrola, zda nebyl překročen roční limit efektivní dávky 20 mSv a ekvivalentní dávky na ruce 500 mSv. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

### **3.5 Monitorování pracoviště**

Uskutečňuje se měření dávkového příkonu záření gama a kontaminace povrchů radioaktivními látkami na řadě míst stanovených v kontrolovaném pásmu i mimo něj dle schváleného programu monitorování. K tomuto účelu se používají vhodné přístroje vybavené nejčastěji GM detektory. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

### **3.6 Monitorování výpustí**

Rozumí se měření objemové aktivity radionuklidů obsažených v odpadní vodě odcházející přes čističku nemocnice do městské kanalizace.

V programu monitorování vypracovaném na každém oddělení nukleární medicíny jsou stanoveny hodnoty měřených veličin dávkového příkonu, povrchové kontaminace, objemové aktivity odpadní vody aj., které nesmějí být během provozu pracoviště překročeny. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

### **3.7 Radiační ochrana pracovníků**

V nukleární medicíně a v jiných oborech využívajících ionizující záření se k radiační ochraně pracovníků využívají níže uvedené metody. Tam, kde je to možné se tyto metody kombinují.

1. **ochrana vzdáleností** - zakládá se na tom, že dávka resp. dávkový příkon záření gama a rentgenového záření klesají s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Pracovníci se musejí snažit, aby byli při práci od zdrojů co nejdále (použití pinzet, peánů a manipulátorů při uchopení lahviček s radiofarmaky), nesmějí zbytečně prodlévat v blízkosti pacientů, kterým byla aplikována radiofarmaka aj. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)
2. **ochrana časem** - využívá skutečnost, že dávka pracovníka roste s dobou, po kterou pobývá v blízkosti zdroje záření. snižování času potřebného pro manipulaci s radiofarmaky závisí na optimalizaci pracovních úkonů. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)
3. **ochrana stíněním** - realizuje se tím, že mezi zdroj záření a pracovníka se umístí vrstva vhodného materiálu a vysoké hustotě, který výrazně zeslabuje svazek záření. Z dostupných materiálů s touto schopností se používá nejvíce olovo, příp. wolfram. (KUPKA, KUBINYI, & ŠÁMAL, 2007)

## 4 Praktická část

### 4.1 Metodika vypracování praktické části

Metodika vypracování mé části bakalářské práce je popsát průběh a postup při scintigrafickém vyšetření zánětu se značenými leukocyty. Také popsát praktické plnění principů a způsobů radiační ochrany, způsoby informování pacienta o výkonu apod.

### 4.2 Příprava pacienta ke scintigrafii se značenými leukocyty

Pacient přijde v den vyšetření na Oddělení nukleární medicíny. Pacient přichází dobře hydratován a nalačno. Pacient si sebou může donést lehké jídlo. K vyšetření si pacient musí donést výsledek krevního obrazu. Podmínkou pro provedení vyšetření je že počet leukocytů nesmí být výrazně snížen. Dolní hranice bývá uváděna  $2,0 \cdot 10^9$  leu / l. Další příprava pacienta není nutná. Pacient podepíše informovaný souhlas, který obsahuje stručný popis vyšetření a případná rizika z něj plynoucí. Pacient je poté pozván do aplikační místnosti, kde mu zdravotnický personál zodpoví jeho otázky a zeptá se ho na jeho alergie, v případě žen, zda nejsou gravidní nebo nekojí. Pacient je požádán aby po celý den více pil, kvůli rychlejšímu vylučování radiofarmaka z těla a aby se nezdržoval v blízkosti jiných osob zejména těhotných žen a dětí.

Zde se pacientovi odebere 60 ml krve u dospělé osoby v případě dítěte minimálně 12 ml. Krev je odebírána do injekčních stříkaček, které obsahují ACD stabilizátor (acid citrat dextrose – roztok kyseliny citronové a dextrosy), roztok užívaný ke konzervování čerstvé krve a nedochází tak k její srážení. Odběr se provádí jen u pacientů, kteří mají počet leukocytů vyšší než  $2,5 \times 10^9$  leu/l.

V laboratoři se provede separace leukocytů, přičemž se musí zachovat jejich viabilita. Odebrané leukocyty se označí lipofilními (rozpuštěnými v tucích) radiofarmaky  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO (300-500 MBq) nebo  $^{111}\text{In}$ -oxinem (20-40 MBq).

Značené autologní leukocyty se intravenózně reinjekují vyšetřovanému pacientovi.

### 4.3 Příprava radiofarmaka

Radiofarmakum  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO je připravováno farmaceuty z elučního generátoru  $^{99}\text{Mo}$  –  $^{99m}\text{Tc}$ . Pro měření stanoveného množství pro pacienta je radiofarmakum umístěno do speciálního boxu se studnou ionizační komorou pro měření aktivity. Osoba připravující radiofarmakum stojí celým tělem v zákrytu stěny boxu a pouze ruce má uvnitř otvorů

určených pro manipulaci s radiofarmaky. Množství radiofarmaka musí být přesné a připravené co možno v nejkratším čase, aby nedocházelo zbytečně k ozáření manipulujících osob.



Obrázek č. 1 Generátor



Obrázek č. 2 Ionizační studnová komora

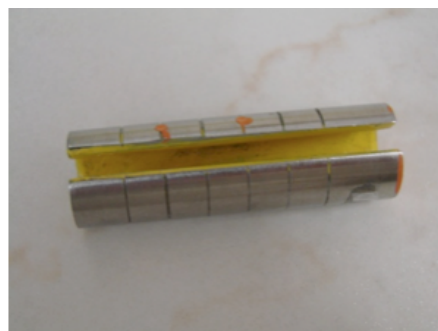


Obrázek č. 3 Digestor pro přípravu radiofarmak

Radiofarmakum připravené pro konkrétního pacienta v injekční stříkačce s olověným obalem musí být vloženo do olověného krytu.



Obrázek č. 4 Olověné kryty na injekční stříkačky



Obrázek č. 5 Olověné krytí používané na ONM FNHK



Obrázek č. 6 Olověný kryt na injekční stříkačky

Pro správnou aplikaci radiofarmaka se lékaři připraví stolek s pomůckami. A to vatovými tampóny, desinfekcí, rukavicemi, škrtdlem a náplastmi. Dalšími věcmi jsou radiofarmakum v uzavřeném olověném krytu, periferní kanyla a stříkačky s fyziologickým roztokem. Při tomto výkonu asistuje lékaři také radiologický asistent.



Obrázek č. 7 Stolek s pomůckami pro aplikaci radiofarmaka

Aplikace  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO se provádí intravenózně, kdy se reinjekují již označené leukocyty. Aplikovaná aktivita  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO je 700 MBq. Po aplikaci lékař napíše na druhou stranu informovaného souhlasu čas, způsob a přesné místo aplikace (např.: kubitální žíla vlevo). Případné neúspěšné vpichy se také musí zapsat. Nakonec se lékař podepíše a tím se zavazuje, že pacienta poučil, naaplikoval radiofarmakum a schválil lékařské ozáření.

Po aplikaci se použité stříkačky a jehly vhazují do speciálních olověných kontejnerů, které jsou za olověnou bariérou. Kontejner na ostatní použitý zdravotnický materiál je také olověný.



Obrázek č. 8 Olověný kontejner na použité injekční stříkačky



Obrázek č. 9 Kontejner na použitý zdravotnický materiál



Obrázek č. 10 Část olověné bariéry

Po aplikaci si pacient sedne do čekárny a vyčká hodinu. Před příchodem do vyšetřovací místnosti je radiologickým asistentem vyzván, aby si došel na toaletu a vymočil se. Dělá se to z důvodu lepšího zobrazení v oblasti břicha, protože se radiofarmakum z těla vylučuje močí a tudíž by se mohlo zvýšeně kumulovat v močovém měchýři. Před vstupem se radiologický asistent zeptá na jméno a rok narození aby nedošlo k záměně pacientů.

Po vstupu do vyšetřovací místnosti je pacient vyzván aby se svlékl do spodního prádla a odložil ze sebe všechny kovové věci, které by mohli tvořit nechtěné artefakty v obraze. Jako např.: mince, řetízky, hodinky apod..

Mezitím si radiologický asistent v počítači zadá identifikační údaje o pacientovi a zvolí typ vyšetření. Dále zadá polohu pacienta na stole a délku oblasti, která má být snímána.

Pacient si lehne zády na vyšetřovací stůl gamakamery. Mezitím radiologický asistent informuje pacienta o tom co se s ním bude dít a jak bude probíhat vyšetření. Snímat se bude prvně abdominální (břišní) oblast, takže radiologický asistent si pacienta patřičně nastaví mezi detektory gamakamery. Poté spustí vyšetření. Kolimátory na toto vyšetření jsou paralelní, nízkoenergetické s vysokým rozlišením. Po skončení může pacient odejít, ale je informován o tom, že za 4 hodiny musí být zpět na oddělení nukleární medicíny, protože se bude dělat druhá část vyšetření a sice celotělové snímání. V této části se obvykle doplňuje SPECT/CT podezřelé oblasti.

Po skončení druhé části vyšetření pacient odchází domů. Vyšetření se v případě nejasností může opakovat za 24 hodin.



Obrázek č. 11 Gamakamera GE Infinia v ONM FNHK



Obrázek č. 12 Ovladač gamakamery



## 5 Diskuse

Scintigrafické vyšetření zánětů má v současné medicíně neoddiskutovatelné místo i přesto, že se u některých specifických vyšetření upřednostňuje skiografie. Tento trend je pochopitelný, protože pacient je tak méně radiačně zatížen, zájmena u vyšetření MRI. U některých zánětlivých stavů je vyšetření pomocí scintigrafie až poslední volbou. Například vyšetření  $^{18}\text{F}$ -FDG, které využívá technologii PET se využívá v drtivé většině k diagnostice onkologických problémů a jen zlomek k detekci zánětů. Hojně využívaným radiofarmakem k detekci zánětu je  $^{67}\text{Ga}$ -citrát. Využívá se u řady zánětlivých stavů jako jsou osteomyelitida, FUO nebo granulomatózních zánětů (sarkoidóza).

V zahraniční literatuře jsem se ovšem dočetl o klinické studii, při které byl využíván  $^{68}\text{Ga}$ -citrát-PET pro zobrazení *Staphylococcus aureus* na krysách a intraabdominálních zánětech na člověku. Infekce byla u krysy vyvolána vpichem *Staphylococcus aureus* do svalů. Poté bylo připraveno radiofarmakum  $^{68}\text{Ga}$ -citrát-PET (15 MBq/krysa a 150 MBq/pacient), které bylo aplikováno intravenózně a snímky byly pořizovány po dobu 10 min v obou případech. U krysy bylo pozorováno mírné vychytávání, již do 5 min od i.v. aplikace radiofarmaka avšak intenzivní vychytávání bylo pozorováno od 30 min až po 6 hod. U zkoumaného pacienta byla postižená oblast v místě operace slepého střeva detekována již do 30 min po i.v. aplikaci  $^{68}\text{Ga}$ , což je srovnatelné s laboratorním vyšetření nebo CT. Vzhledem k jednoduché metodě přípravy  $^{68}\text{Ga}$ -citrát a výbornými výsledky, je toto radiofarmakum vhodné pro běžnou klinickou praxi.

Velkým přínosem pro klinickou praxi bylo zavedení hybridních přístrojů SPECT/CT a PET/CT, které umožňují přesné určení anatomické struktury, kde se nachází patologické ložisko.

V teoretické části mé bakalářské práce jsem popsal co je zánět, FUO nebo infekční onemocnění a nejčastější metody k jejich detekci. Také jsem zmínil nejčastěji užívaná radiofarmaka. Je potřeba, aby byl radiologický asistent naprostý profesionál a uvědomoval si rizika plynoucí z ozáření. Musí chránit sebe, pacienta i ostatní zdravotnický personál před zbytečně velkým ozářením.

V praktické části jsem popsal vyšetření s  $^{67}\text{Ga}$ -citrát z pohledu radiologického asistenta. Cílem bylo zjistit jakou úlohu hraje radiologický asistent při tomto vyšetření. Během mé praxe jsem zjistil, že radiologický asistent je velice důležitý článek. Nejen při tomto vyšetření musí radiologický asistent zajistit perfektní provedení scintigrafického vyšetření.

Průběh vyšetření by měl probíhat podle místních radiologických standardů, které si každé pracoviště vytváří. Proto různá pracoviště v nemocnicích mohou mít tyto standarty nepatrně odlišné.

Vyšetření každého pacienta je individuální záležitostí a podle toho se k němu i tak přistupuje.

## **6 Závěr**

U některých specifických druhů zánětů se mohou před scintigrafií upřednostnit skiagrafické metody jako například CT nebo ultrazvuk, především pro jejich dobré anatomické rozlišení a relativně dobrou dostupnost. Scintigrafie bude stále hrát velkou roli při detekci kostních zánětů, granulomatózních zánětů, FUO a jiných.

Ve své bakalářské práci jsem popsal nejčastěji využívané metody a používaná radiofarmaka k detekci zánětů a také úlohu radiologického asistenta při těchto vyšetřeních.

Radiologický asistent hraje důležitou roli při scintigrafickém vyšetření, ať se jedná o detekci zánětu nebo při jakémkoliv jiném scintigrafickém vyšetření.

Během své praxe jsem nabyl mnoho nových poznatků a cenných zkušeností. Personál mi udílel cenné rady, ať už to bylo na oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Hradec Králové a nebo v Chrudimské nemocnici. Jsem rád, že jsem měl čest pracovat s těmi nejlepšími.

Doufám, že jsem vytvořil práci, která by mohla být přínosná pro radiologické asistenty nejen budoucí ale i současné.

## 7 Seznam použité literatury

### Zdroje:

1. KUPKA, Karel, et al. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.
2. MÍKOVÁ, Vlasta. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, 2008. 118 s. ISBN 978-80-7262-533-8.
3. MYSLIVEČEK, Miroslav; KORANDA, Pavel; HUŠÁK, Václav. *Nukleární medicína vdiagnostice nádorů a zánětů*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. 69 s. ISBN 80-244-0509-1.
4. URBÁNEK, Jan, et al. *Nukleární medicína*. 4. vyd. Jilemnice: Gentiana, 2002. 154 s. ISBN 80-86527-05-0.
5. VOTRUBOVÁ, Jana, et al. *Klinické PET a PET/CT*. Praha: Galén, 2009. 207 s. ISBN 978-80-7262-619-9
6. HUSA, Petr; KRBKOVÁ Lenka; DRAHOMÍRA Bartošová, et al. *Infekční lékařství*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. 159 s. ISBN 978-80-210-5660-2
7. DOSTÁL, Václav, et al. *Infektologie*. Praha: Karolinum, 2005. 226 s. ISBN 802-460-749-2

### Internetové zdroje:

1. VIJAYi, Kumar; DILIP K., Boddeti; SCOTT, G. Evans a SOCRATES, Angelides (68)Ga-Citrate-PET for diagnostic imaging of infection in rats and for intra-abdominal infection in a patient [online]. [cit. 2014-20-04].  
Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22074481>

2. ULLMANN, Vojtěch. AstroNuklFyzika: Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/strana2.htm>
3. DOLEŽAL, Jiří. Fyzika [online]. 2012, 20. 6. 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://portal.upce.cz/portal/moje-studium/materialy.html>
4. DOLEŽAL, Jiří. Záněty [online]. 2012, 20. 6. 2013 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://portal.upce.cz/portal/moje-studium/materialy.html>

## 8 Seznam zkratek

ACD - acid citrate dextrose

CT – výpočetní tomografie

FDG – fluorodeoxyglukóza

FUO – horečka neznámého původu, z angl. Fever Of Unknown Origin

HAMA – lidské protilátky proti myšímú antigenu, z angl. Human Antimouse Antibody

HIG – humánní imunoglobulin

HMPAO – hexamethylpropylenaminoxid

MAb – monoklonální protilátka

MDP – methylen difosfonát

PET – pozitronová emisní tomografie

SPECT – jednofotonová emisní tomografie

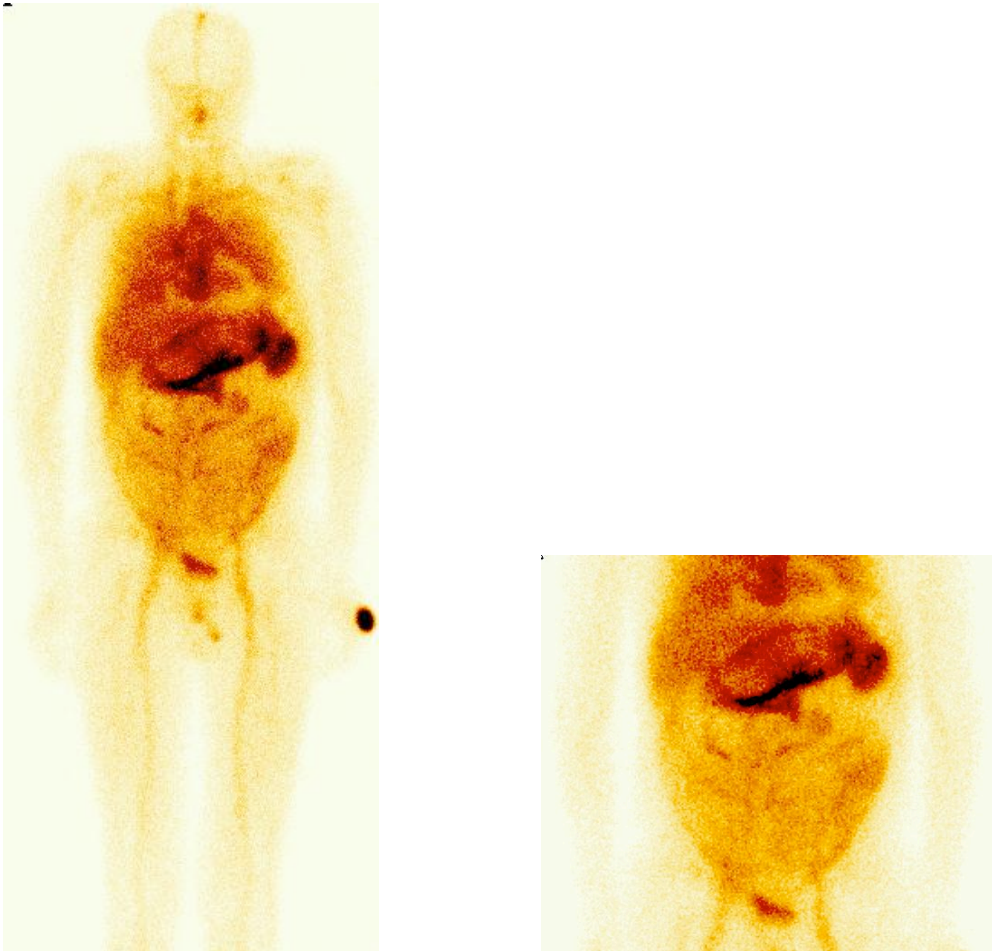
WBC – leukocyty, z angl. White Blood Cells

CSOD – celostátní služby osobní dozimetrie

## 9 Seznam příloh

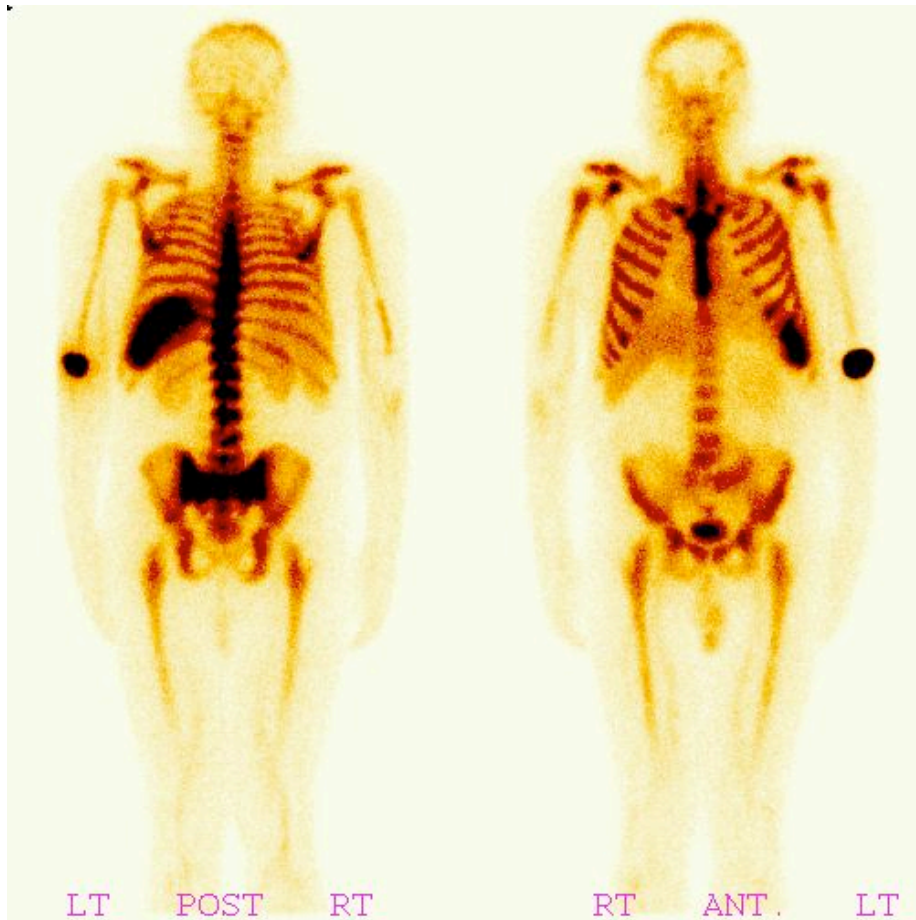
Příl. 1 – Celotělová scintigrafie značenými leukocyty $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO.....	38
Příl. 2 – Celotělová scintigrafie pomocí $^{99m}\text{Tc}$ -sulesomab-granulocyty.....	39
Příl. 3 – $^{18}\text{F}$ -FDG PET.....	40
Příl. 4 – Celotělová scintigrafie pomocí $^{67}\text{Ga}$ -citrát.....	41

## 10 Přílohy



**Příl. 1**  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO-leukocyty, celotělová scintigrafie

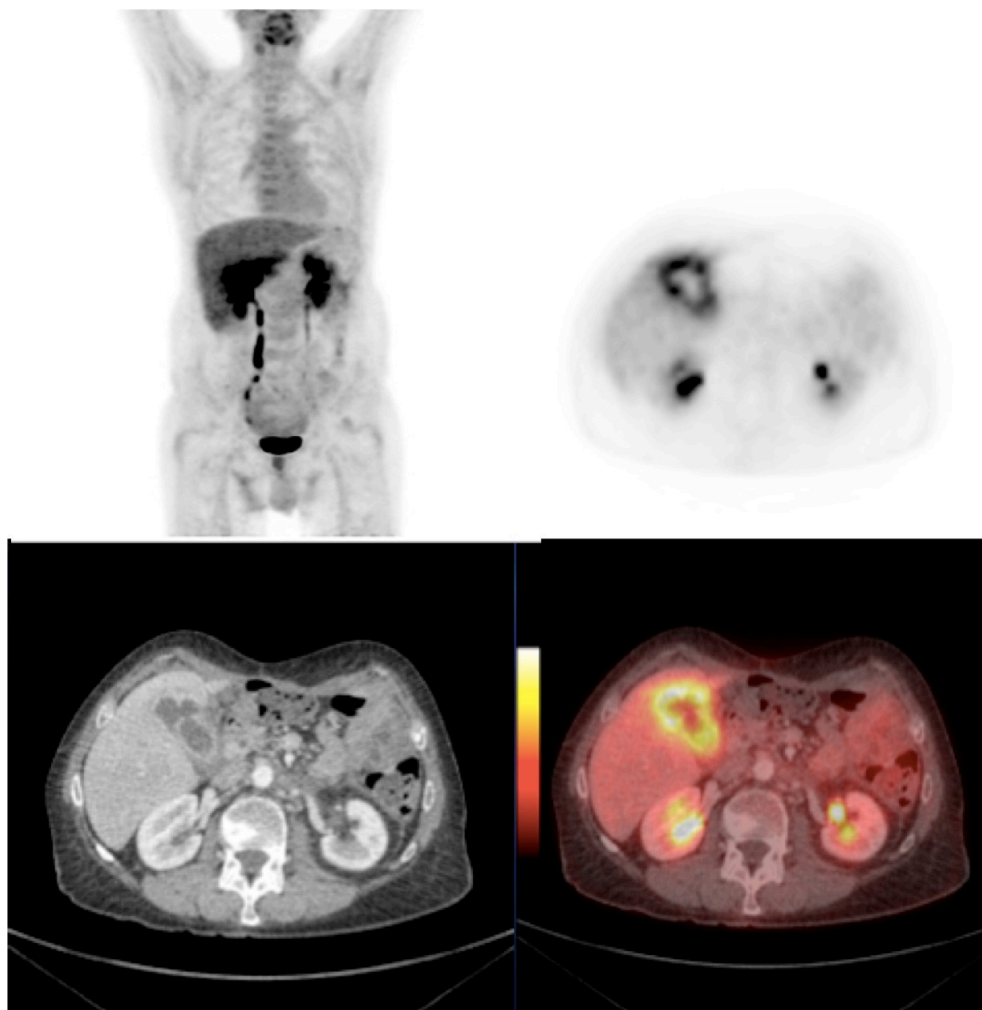
Akutní nekrotizující pankreatitida s peripankreatickou leukocytární infiltrací a peritonitidy.



**Příl. 2**  $^{99m}\text{Tc}$ -sulesomab-granulocyty, celotělová scintigrafie

Pacient indikován pro FUO. Granulocytární infiltrace v levém hypogastriu  
Ulcerózní kolitida.





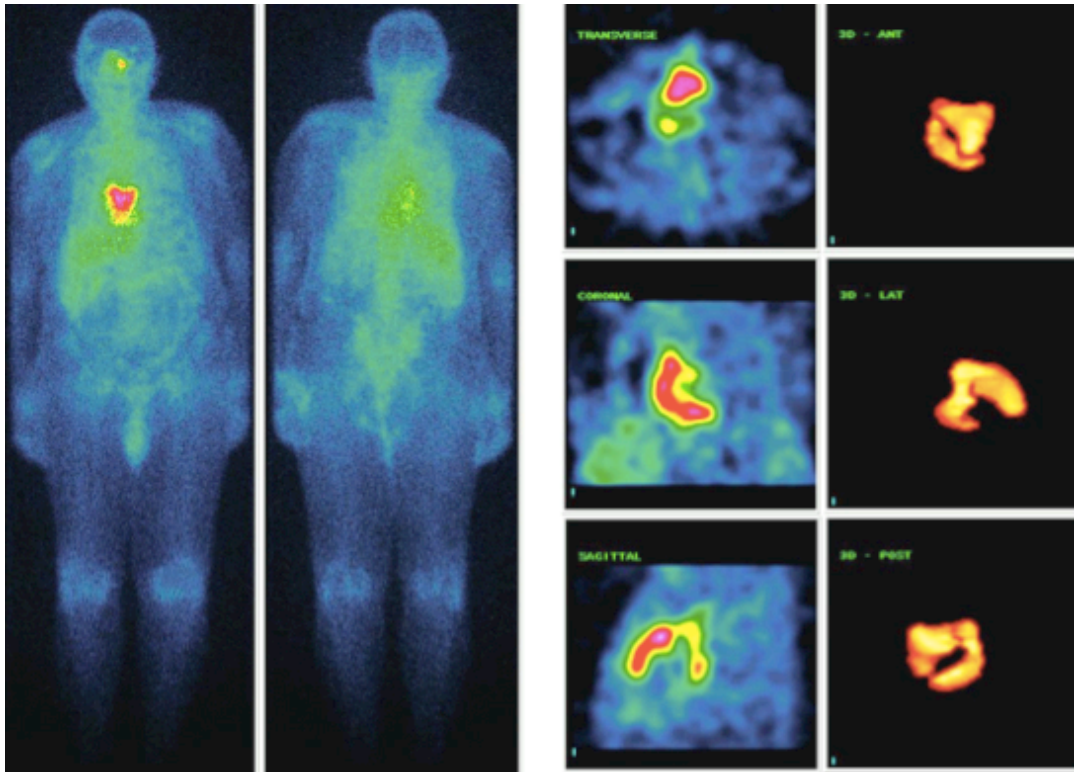
**Příl. 3**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET, 3D rekonstrukce

56 letý muž, stav po chemoterapii a splenektomii pro lymfom.

Indikován pro týden trvající bolest v levém podžebří.

PET/CT zjistil perforovanou cholecistitidu s abscesy.

Na obrázku vidíme  $^{18}\text{F}$ -FDG PET,CT a PET/CT fúze.



**Příl. 4**  $^{67}\text{Ga}$ -citrát, celotělová scintigrafie, SPECT a 3D rekonstrukce

Indikace pro FUO

Perikarditida