

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Veronika Svatoňová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při detekci zánětů nejasného původu

Veronika Svatoňová

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Svatoňová**
Osobní číslo: **Z14134**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při radionuklidové detekci zánětů 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. 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. KORANDA, Pavel. Nukleární medicína. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
2. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. Radiofarmaka. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1.
3. MYSLIVEČEK, Miroslav, Pavel KORANDA a Václav HUŠÁK. Nukleární medicína v diagnostice nádorů a zánětů. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0509-1.
4. ROZSYPAL, Hanuš. Základy infekčního lékařství. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2932-2.
5. SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulíř**

Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 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 19. 4. 2017

Veronika Svatoňová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce, panu Ing. Jiřímu Kulíři, který mi dával užitečné rady během psaní závěrečné práce, a dále bych ráda poděkovala pracovníkům oddělení nukleární medicíny ve FNHK, kteří mi poskytli možnost podívat se na vyšetření k mému tématu.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá detekcí zánětů nejasného původu na pracovišti nukleární medicíny. Cílem práce je přiblížit práci radiologického asistenta a sdělit možnosti nukleární medicíny v detekci zánětů nejasného původu. Součástí je i kapitola o nukleární medicíně jako o důležité části zdravotnictví a také o přístrojích užívaných na oddělení nukleární medicíny.

KLÍČOVÁ SLOVA

radiologický asistent, nukleární medicína, zánět, radionuklidové vyšetření

TITLE

The role of radiology assistant in radionuclide detection inflammation of unknown origin

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with the detection of inflammation of unknown origin at department nuclear medicine. The aim is to bring the work of radiology assistant and show the options nuclear medicine in detection inflammation of unknown origin. One part of the bachelor is about nuclear medicine as important part of health and about device use dat department nuclear medicine.

KEYWORDS

radiology assistant, nuclear medicine, inflammation, radionuclide examination

OBSAH

Úvod.....	11
Teoretická část	12
1 Radiologický asistent.....	12
2 Radiační ochrana, legislativa	15
2.1 Radiační limity.....	16
2.2 Kategorizace zdrojů ionizujícího záření.....	16
2.3 Kategorizace pracovišť se zdroji ionizujícího záření.....	17
3 Zánět	18
3.1 Horečka neznámého původu	21
4 Nukleární medicína.....	22
4.1 Radiofarmaka	22
4.2 Výroba radiofarmak	24
4.2.1 Lékové formy a aplikace radiofarmak	26
4.2.2 Kontrola kvality radiofarmak.....	27
4.3 Přístroje užívané v nukleární medicíně	28
4.3.1 Scintilační kamera.....	28
4.3.2 Jednofotonová emisní tomografie.....	32
4.3.3 Pozitronová emisní tomografie.....	33
5 Vyšetření při detekci zánětů	35
5.1 Třífázová scintigrafie skeletu.....	35
5.2 Scintigrafie s ⁶⁷ Ga-citrátem.....	37
5.3 Leukocyty značené radionuklidy	38
5.3.1 Leukocyty značené ^{99m} Tc-HMPAO.....	38
5.3.2 Leukocyty značené ¹¹¹ In-oxin.....	39
5.4 Receptorově specifické proteiny a peptidy	40

5.5	Značené protilátky.....	40
5.6	PET/CT s fluorodeoxyglukózou (^{18}F -FDG).....	42
6	Metodika praktické části.....	43
6.1	Příprava pacienta při scintigrafii se značenými leukocyty $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO.....	43
6.2	Příprava radiofarmaka.....	43
6.3	Postup vyšetření.....	44
6.4	Příprava pacienta pro PET/CT vyšetření s ^{18}F -FDG.....	46
6.5	Příprava ^{18}F -FDG.....	47
6.6	Postup PET/CT vyšetření s ^{18}F -FDG.....	47
7	Diskuse.....	51
8	Závěr.....	52
9	Použitá literatura.....	53
10	Přílohy.....	55

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Schéma cyklotronu	24
Obrázek 2 Průřez elučním generátorem a pohled shora	25
Obrázek 3 Evakuovaná lékovka (kit).....	26
Obrázek 4 Scintilační kamera s vyšetřovacím stolem	28
Obrázek 5 Detektory scintilační kamery	29
Obrázek 6 Dělení kolimátorů dle energie detekovaného záření	31
Obrázek 7 Kolimátor pro střední energie	31
Obrázek 8 PET/CT přístroj	34
Obrázek 9 Uspořádání CT a detektorů PET kamery	34
Obrázek 10 Laminární box	44
Obrázek 11 Vnitřní prostor laminárního boxu.....	44
Obrázek 12 Olověný kryt pro označené leukocyty.....	45
Obrázek 13 Aplikační křeslo, stůl s pomůckami k aplikaci kanyly	48
Obrázek 14 Jodová kontrastní látka (Mannitol 2 %)	48
Obrázek 15 Olověný vozík pro přemístění radiofarmaka s olověným krytem na injekční stříkačku s radiofarmakem.....	49
Obrázek 16 Odstíněné kontejnery na jehly a injekční stříkačky po aplikaci radiofarmaka	49
Tabulka 1 Příklad užívaných radiofarmak	23
Tabulka 2 Přehled vyšetření s radiofarmaky a indikacemi k vyšetření	35

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ACD	roztok kyseliny citronové a dextrosy
CNS	centrální nervová soustava
CRP	C reaktivní protein
CT	výpočetní tomografie
FDG	fluorodeoxyglukóza
FUO	horečka neznámého původu
HMPAO	hexametylpropylenaminoxin
HVLP	hromadně vyráběné léčivé přípravky
IPLP	individuálně připravované léčivé přípravky
MAb	monoklonální protilátka
MDP	metylendifosfát
MR	magnetická resonance
PET	pozitronová emisní tomografie
PET/CT	hybridní přístroj – pozitronová emisní tomografie s výpočetní tomografií
PET/MR	hybridní přístroj – pozitronová emisní tomografie s magnetickou resonancí
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
SPECT/CT	hybridní přístroj – jednofotonová emisní tomografie s výpočetní tomografií
SUJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SUKL	Státní úřad pro kontrolu léčiv

Úvod

Práce radiologického asistenta zasahuje do několika odvětví zdravotnictví. Konkrétně do radiodiagnostiky, radioterapie a nukleární medicíny, což z něj dělá důležitý a nepostradatelný článek českého zdravotnictví.

Nukleární medicína je samostatný lékařský obor, který hraje významnou roli v ostatních odvětvích zdravotnictví. K vyšetření na oddělení nukleární medicíny se využívají radiofarmaka, což jsou otevřené radionuklidové zdroje. Tyto zdroje se aplikují do těla pacienta za účelem diagnostiky nebo terapie. Nukleární medicína se dá využít i k detekci zánětů v lidském těle pomocí scintigrafických metod.

Cíl práce

Seznámit čtenáře s prací radiologického asistenta, nukleární medicínou obecně, rolí nukleární medicíny v detekci zánětů a přibližnou finanční náročností těchto vyšetření (bude-li brána hodnota bodu v Kč dle úhradové vyhlášky MZČR pro rok 2017).

Teoretická část

1 Radiologický asistent

Radiologický asistent je osoba pracující ve zdravotnictví a nachází uplatnění v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně.

Povolání radiologického asistenta může vykonávat osoba dle zákona č. 96/2004 Sb., která absolvovala:

- akreditované zdravotnické bakalářské studium pro přípravu radiologických asistentů,
- tříleté studium v oboru radiologický asistent na vyšší zdravotnické škole (pokud bylo studium zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005),
- střední zdravotnické školy v oboru radiologický laborant (pokud studium bylo zahájeno nejpozději ve školním roce 1996/1997).

Činnost radiologického asistenta je stanovena vyhláškou č. 55/2011 Sb. následovně platí:

1. V radiodiagnostice může radiologický asistent dle vyhlášky č. 55/2011 bez odborného dohledu na základě požadavku indikujícího lékaře provádět lékařské ozáření, za která nese klinickou zodpovědnost:
 - skiagrafické zobrazovací postupy včetně screeningových,
 - peroperační skiaskopii,
 - kostní denzitometrii,
 - provádět radiologické zobrazovací postupy používané při lékařském ozáření,
 - asistovat a instrumentovat při postupech intervenční radiologie,
 - provádět léčebné a zobrazovací výkony, které využívají jiné fyzikální principy než ionizující záření.
2. V radioterapii radiologický asistent provádí bez odborného dohledu na základě indikace lékařem, který je aplikujícím odborníkem léčebné ozařovací techniky a za provedení tohoto ozáření přebírá klinickou zodpovědnost. Pod odborným dohledem radiačního fyzika se specializovanou způsobilostí v radioterapii vykonává dílčí činnosti při plánování radioterapie.

3. Na oddělení nukleární medicíny radiologický asistent provádí zobrazovací i nezobrazovací postupy, přičemž za ně nese klinickou zodpovědnost.
4. Ve všech třech odvětvích lékařství radiologický asistent bez odborného dohledu a indikace lékařem:
 - provádí specifickou ošetrovatelskou péči poskytovanou v souvislosti s radiologickými výkony,
 - přejímá, kontroluje a ukládá léčivé přípravky, může s nimi manipulovat a zajišťovat jejich dostatečnou zásobu,
 - přejímá, kontroluje a ukládá zdravotnické prostředky a prádlo, manipuluje s nimi a zajišťuje jejich dezinfekci a sterilizaci a jejich dostatečnou zásobu.
5. V radiační ochraně radiologický asistent může bez odborného dohledu a indikace:
 - provádět a vyhodnocovat zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojů ve všech typech zdravotnických radiologických pracovišť,
 - zajišťovat, aby lékařské ozáření nebylo v rozporu se zásadami radiační ochrany, a v rozsahu své odborné způsobilosti vykonávat činnosti při zajišťování optimalizace radiační ochrany, včetně zabezpečování jakosti,
 - vykonávat činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, pokud splní požadavky jiného právního předpisu.
6. Na základě indikace lékaře radiologický asistent aplikuje léčivé přípravky nutné k provedení výkonů trávicím traktem, dýchacími cestami, formou podkožních, kožních a nitrosvalových injekcí a pod odborným dohledem lékaře může aplikovat intravenózní léčiva nutná k provedení vyšetření.

Radiologický asistent při výkonu své práce přichází do styku s ionizujícím zářením, viz výše, tudíž se o něm mluví jako o pracovníkovi se zdroji ionizujícího záření. Tito pracovníci se dělí do dvou kategorií kategorie A a kategorie B. Pracovníci s ionizujícím zářením se dělí do těchto kategorií podle očekávaného rizika ohrožení jejich zdraví ionizujícím zářením za běžného provozu a potenciálního ozáření radiačních pracovníků.

Do skupiny radiačních pracovníků kategorie A, dle zákona č. 422/2016 Sb., patří pracovníci, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně, dále ekvivalentní dávku vyšší než 15 mSv na oční čočku či ekvivalentní dávku vyšší než 3/10 limitu ozáření pro kůži a končetiny. Ostatní pracovníci, u kterých je dle atomového zákona nutná jejich kategorizace spadají do skupiny radiačních pracovníků kategorie B.

2 Radiační ochrana, legislativa

Hlavním cílem radiační ochrany je úplné zamezení výskytu deterministických účinků a zároveň snížení výskytu stochastických účinků na rozumně dosažitelnou mez pro jednotlivce a společnost. K dosažení těchto cílů se využívají tři až čtyři principy - princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip nepřekročení limitů a princip zabezpečení zdrojů.

(1)

- Princip zdůvodnění – vždy před ozářením musí být zdůvodněno, proč k ozáření má dojít a musí se zvážit přínosy vedoucí z použití ozáření a rizika s ním společná. Přínosy vždy musí převažovat vznikající rizika (možná rizika) vznikající po ozáření.
- Princip optimalizace – snaha dosáhnout co nejnižší dávky ozáření osob a zároveň co nejnižšího rizika ohrožení života, zdraví a životního prostředí, jak nerozumně dosáhnout z hlediska ekonomických nákladů.
- Princip nepřekročení limitů – každá osoba provádějící činnosti vedoucí k ozáření musí dbát na to, aby při ozáření nedošlo k překročení limitů stanovených ve vyhlášce č. 422/2016 Sb.
- Princip zabezpečení zdrojů – každý zdroj ionizujícího záření musí být zabezpečen proti odcizení či zneužití a musí být pravidelně kontrolován. Provádí se přijímací zkouška, zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky provozní stálosti. (1)

Ozáření lze obecně rozdělit do tří skupin - ozáření při práci (profesionální ozáření), lékařské ozáření a ozáření obyvatel.

- Profesionální ozáření - veškeré ozáření radiačních pracovníků, k nimž došlo během výkonu práce a jako důsledek práce.
- Lékařské ozáření - ozáření osob za diagnostickým nebo léčebným účelem.
- Ozáření obyvatelstva – veškerá ostatní ozáření. (1)

Jediné lékařské ozáření z těchto tří skupin se řídí jen principem zdůvodnění, optimalizace a zabezpečení zdrojů ionizujícího záření a neřídí se principem nepřekročení limitů. Důvodem je to, že omezení dávek z důvodu nepřekročení limitů při diagnostice by mohlo vést k nepřesné nebo špatné diagnóze a v případě léčby by mohlo vést k neúplnému uzdravení. (1)

2.1 Radiační limity

Radiační limity jsou hodnoty buď efektivní dávky, ekvivalentní dávky nebo osobního dávkového ekvivalentu, jejíž překročení je nepřípustné. Limity jsou stanoveny jak pro zevní ozáření tak i vnitřní ozáření proniknutím radionuklidu do těla (vnitřní kontaminací). Do radiačních limitů se nezapočítává lékařské ozáření, havarijní ozáření zasahujících osob a ozáření z přírodních zdrojů, pokud nejsou záměrně využívány.

Limity jsou určeny ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. zvlášť pro obyvatelstvo, radiační pracovníky, žáky a studenty a zvláštní skupinu tvoří odvozené limity, které vyjadřují dávku na a pod povrchem těla.

- Obecné limity pro obyvatelstvo za kalendářní rok – nesmí překročit efektivní dávku 1 mSv, ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv a ekvivalentní dávku na 1 cm² 50 mSv.
- Limity pro radiačního pracovníka – pro efektivní dávku platí nepřekročení 20 mSv za kalendářní rok nebo hodnota schválena Úřadem podle atomového zákona, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku na oční čočku 100 mSv za kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku na 1 cm² kůže 500 mSv za kalendářní rok a pro ekvivalentní dávku na ruce a nohy 500 mSv za kalendářní rok.
- Limity pro žáka a studenta za kalendářní rok – platí nepřekročení efektivní dávky 6 mSv, pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv, pro ekvivalentní dávku na 1 cm² kůže 150 mSv a pro ekvivalentní dávku na ruce a nohy 150 mSv.
- Odvozené limity za kalendářní rok jsou – pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm hodnota 500 mSv, v hloubce 3 mm a 10 mm hodnota 20 mSv.

2.2 Kategorizace zdrojů ionizujícího záření

Zdroje ionizujícího záření se rozdělují do několika skupin dle aktivity, příkonu prostorového dávkového ekvivalentu, technické úpravy, možnosti úniku radionuklidů z radionuklidových zdrojů, možnosti vzniku radioaktivního odpadu, rizika vzniku radiační nehody nebo havárie a následků takové události. Jedná se dle vyhlášky 422/2016 Sb. o:

- Nevýznamné zdroje – k jejich vlastnění není třeba povolení, ionizační hlásič požáru.
- Drobné zdroje – ohlašovací povinnost pro jejich používání, rentgen pro měření difrakce (na práškových vzorcích).
- Jednoduché zdroje – osoba, která s nimi provádí radiační činnost, musí mít povolení SÚJB, zubní rentgen, kostní denzitometr, radionuklidy v nukleární medicíně.
- Významné zdroje osoba, která s nimi provádí radiační činnost, musí mít povolení SÚJB, urychlovač částic, zdroje pro radioterapii.
- Velmi významné zdroje – jaderný reaktor.

2.3 Kategorizace pracovišť se zdroji ionizujícího záření

Pracoviště se zdroji ionizujícího záření jsou ve vyhlášce 422/2016 rozdělena do čtyř kategorií. Kategorie pracoviště je určena podle užívaných zdrojů (otevřené, uzavřené, kategorie zdroje), náročnosti zajištění radiační ochrany, rizika ohrožení pracovníků, obyvatelstva a životního prostředí při potenciálních poruchách, možnosti vzniku radioaktivního odpadu a náročnosti jeho zneškodnění, možnosti radioaktivní kontaminace pracoviště nebo jeho okolí, rizika vzniku radiační nehody či havárie.

- Pracoviště I. kategorie – pracoviště s drobnými zdroji ionizujícího záření např. veterinární rentgen, kostní denzitometr, zubní rentgen, není vyžadováno vymezení kontrolovaného pásma
- Pracoviště II. kategorie – pracoviště s jednoduchými zdroji ionizujícího záření (nespadající do I. kategorie), rentgenová zařízení pro radiodiagnostiku a radioterapii, oddělení nukleární medicína
- Pracoviště III. kategorie – pracoviště s významnými zdroji, lineárními urychlovači částic, oddělení nukleární medicíny
- Pracoviště IV. kategorie – pracoviště s jaderným zařízením, úložiště radioaktivního odpadu

3 Zánět

Zánět je univerzální odpověď organismu na působení škodliviny (agens). Další definice zánětu je komplex dějů a morfologických změn, které jsou vyvolané působením škodlivého činitele. Jednoduše řečeno jedná se o odpověď organismu na poškození tkáně. Tuto schopnost mají jak lidé, tak zvířata. (2)

Zánět může být vyvolán:

- infekcí (infekčními mikroorganismy i pouhými částmi z rozpadlých mikroorganismů),
- poraněním vzniklým chemickým vlivem,
- poraněním způsobeným fyzikálním vlivem,
- nekrózou,
- ischemií tkáně. (2)

Reakce na zánět z makroskopického hlediska jsou lokální (místní) a systémové (celkové). Jako lokální reakce se označují reakce v místě poranění a jako celkové ty, které se projeví na celém organismu. (2)

Mezi místní reakce patří Celsovy znaky:

- zčervenání (rubor),
- zahřátí (calor),
- bolest (dolor),
- zduření (tumor),
- porucha funkce (functio laesa). (2)

Zčervenání a zahřátí jsou způsobeny hyperémií (překrvením tkáně), ke které dochází v důsledku dilatace cév v místě poranění tkáně. Vasodilatace cév je způsobena snížením pH a přítomností vazoaktivních látek jako jsou například histamin a prostaglandiny. Dráždění nervových zakončení způsobuje bolest. Zduření místa se váže k vyšší permeabilitě kapilár a s tím spojeným průnikem plazmatických proteinů do extravaskulárních prostorů. Zvýšená permeabilita kapilár může mít i negativní systémový dopad a to ve formě hypotenze a úniku tekutiny z cévního řečiště. (2, 3)

Mezi celkové reakce (syndrom systémové zánětlivé odpovědi, SIRS) na zánět se řadí:

- horečka,
- tachypnoe,
- tachykardie,
- leukocytóza,
- zvýšená sedimentace,
- zvýšený C reaktivní protein (CRP). (3)

Ke zvýšené tělesné teplotě dojde účinky mediátorů zánětu, která působí na centrum termoregulace v mozku, a mohou také vyvolat např. nechutenství, metabolické změny. Zrychlená frekvence dýchání a srdeční činnost jsou odpověď organismu na vasodilataci kapilár. Dalším celkovým projevem zánětu je leukocytóza způsobená přesunem leukocytů z kostní dřeně (kde se zvýšeně množí) do krevního oběhu a následně do místa zánětu. Toto se také děje na podnět mediátorů zánětu. Sedimentace (rychlost usazování erytrocytů) se zvýší díky obsahu protilátek v krvi. Erytrocyty se rychleji shlukují a klesají ke dnu. CRP je protein, který se v krvi začne zvyšovat již po 6–9 hodinách po začátku zánětlivého onemocnění. CRP protein usnadňuje opsonizaci, což je proces, který zvyšuje účinnost fagocytózy. (2)

Druhou skupinou reakcí na zánět jsou mikroskopické projevy zánětu. Tyto reakce nejsou viditelné okem, ale je zapotřebí použít mikroskop.

Pod mikroskopické projevy patří:

- alternace, alternativní změny
- exsudace, exsudativní změny
- proliferace, produktivní změny (2)

Alternativní změny znamenají poškození buněk v místě zánětu, což může vést až k jejich zániku (nekróze). Jinak řečeno se jedná o regresivní změny způsobené zánětem. Různé typy zánětů charakterizují jiné stupně alternace. Záněty způsobené např. viry a bakteriálními toxiny mohou nekrózu způsobit již v počáteční fázi zánětu, jindy nekróza nastává až v průběhu zánětu. Alternace může od mikroskopických změn postupem zánětu vést až k makroskopickým změnám. U většiny zánětů se alternace v jejich průběhu mění. Často dochází k největším alternativním změnám na začátku zánětu, jelikož v jeho místě je nejvíce škodlivé látky. Účinky škodliviny ustupují a tím pádem ustupuje i alternace a následují (převažují) ostatní složky zánětu. (2)

Exsudace neboli únik tekutiny z krevního řečiště v důsledku zvýšené propustnosti cév bývá způsoben mediátory zánětu. Nejprve dojde k dilataci kapilár a venul v místě zánětu, následně ve stěnách těchto cév vznikají prostory, kterými vystupují bílkovinné i buněčné složky do mezibuněčného prostoru okolních tkání. Složky, které prostoupily stěnou cév, s vodou a nízkomolekulárními látkami tvoří kolem cév exsudát (zánětlivý výpotek). Exsudát může obsahovat albuminy, globuliny, fibrinogen a ne tak často erytrocyty, jen při velkém poškození stěny cév. Termín zánětlivý infiltrát nebo zánětlivá celulizace označuje buňky zánětlivého exsudátu ve tkáních, kde tyto buňky udržují zvýšenou permeabilitu cév. Principem udržování

zvýšené propustnosti cév je nahromadění leukocytů na stěně kapilár, ty se později protlačují z cév ven a dochází k dalšímu přitahování leukocytů do místa zánětu a k fagocytóze. Zánětlivý exsudát se za určitých okolností může šířit dále, například ze seriózních blan do tělních dutin nebo ze sliznic do kůže do zevního prostředí. Exsudativní změny většinou následují po alternaci, která poškodila tkáň a cévy a byly uvolňovány mediátory zánětu. Tyto exsudativní změny plní obrannou a úklidovou funkci, aktivují reparační funkci zánětu s produktivními změnami a jsou tlumeny s ústupem škodliviny. (1, 3, 4)

Proliferace je projevem reparačních změn. Při produktivních změnách jsou v místě zánětu přítomny proliferující kapiláry a fibroblasty, díky kterým dochází k tvorbě jizvy. Reparační má dvě formy, nespecifickou a specifickou granulační tkáň. (3)

Nespecifická granulační tkáň vzniká v řídké mezibuněčné hmotě s malým množstvím kolagenních vláken, kde se díky látkám uvolněným z makrofágů množí fibroblasty a v okolí pučení kapilár vznikají nové kapiláry. Funkcí fibroblastů je tvorba kolagenu, z něhož jsou tvořena kolagenní vlákna, ze kterých vzniká řídké vazivo, které zraje ve vazivo tuhé. Na pohled je nejprve tato tkáň jemně zrnitá, živě červená, má granulovaný povrch a lehce krvácí. Časem granulační tkáň bledne, tuhne a stává se pevnější, což je způsobeno úbytkem kapilár a množstvím kolagenních vláken, objevuje se hyalinní přeměna, konečnou fází je jizva. V jizvové tkáni je malé množství klidových fibrocytů, je to bledá a tuhá tkáň. (3)

Specifická granulační tkáň vzniká u tzv. specifických zánětů např. u tuberkulózy. Buňky specifické granulační tkáně (nahromadění monocytů, makrofágů) jsou charakteristické a tvoří granulomy, které se po čase mohou změnit v jizvy. Ve středu této tkáně může být specifická nekróza, jinak je bez krevních kapilár. Morfologický obraz této tkáně je na rozdíl od nespecifické granulační tkáně je natolik charakteristický, že díky ní se může stanovit původce onemocnění. (3)

Záněty mají dvě funkce a to obrannou a reparační.

Obranná funkce je zaměřena proti cizím agens. Obranné prostředky lokalizují, potlačují a následně ničí infekci. Ničivé prostředky působí na většinu mikroorganismů i na vlastní tkáň, proto je důležitý imunitní systém, který ničivé účinky směřuje na cizorodé látky. Obrannou složkou je fagocytóza. Buňky se schopností fagocytózy pohlcují škodlivé látky a také vlastní poškozené buňky při úklidové reakci. (2)

Reparační funkce slouží ke tvorbě nové tkáně, která nahradí poškozenou. Nekrotická tkáň je nahrazena vazivem a částečně je obnovena původní tkáň. (2)

3.1 Horečka neznámého původu

V roce 1961 byla stanovena definice pro horečku neznámého původu (fever of unknown origin, FUO) jako stav přetrvávající teploty více jak 38,3°C po dobu 3 a více týdnů přičemž se na příčinu této horečky nepřišlo ani po týdnu intenzivního vyšetřování (i při hospitalizaci). (2)

FUO bývají způsobené infekcemi z 30–40 %, nádory z 20–30 % a systémovým onemocněním z 10–20 %, 5–15 % případů zůstává bohužel neobjasněno. Infekcí, které mohou FOU způsobit je mnoho. Může se jednat o tuberkulózu, intraabdominální či pánevní absces, subakutní bakteriální endokarditida, virus HIV, chronická sinusitida, malárie, atd. Z malignit se nejčastěji může jednat o lymfom, nádory jater, karcinom pankreatu, CNS tumory, atd. Co se týče systémových onemocnění FUO může způsobovat revmatická artritida, cirhóza jater, subakutní thyroditida, plicní embolie, atd. (5)

Diagnostika FUO je složitá a využívá se mnoho laboratorních testů i zobrazovacích metod. Základem laboratorních testů bývá krevní obraz, sedimentace, přes hemokultury, virová sérologie, sérový feritin a mnoho dalších biochemických a hematologických vyšetření. Ze zobrazovacích metod lze využít ultrazvuk břicha, rentgenový snímek plic, CT či MR hrudníku, břicha, pánve, atd. Při hledání zánětlivých ložisek lze využít nukleární medicíny (scintigrafie se značenými leukocyty, PET vyšetření, atd.). (2, 5)

Pacienti se známkami zánětu jako jsou například vysoká hodnota C-reaktivního proteinu, zvýšená sedimentace či horečky neznámého původu, mohou být odesláni na oddělení nukleární medicíny, jelikož jiná vyšetření (např. laboratorní vyšetření, CT, MR) neprokázali příčinu těchto symptomů.

4 Nukleární medicína

Nukleární medicína je samostatný lékařský obor, který úzce spolupracuje s ostatními klinickými obory a je důležitá i v diagnostice zánětů. V nukleární medicíně se využívají radiofarmaka, což jsou otevřené radionuklidové zdroje ionizujícího záření. Radiofarmaka mohou mít různá skupenství – kapalné, tuhé, plynné či aerosoly. Pro diagnostiku se obecně používají gama zářiče, nejčastěji jde o ^{99m}Tc . V diagnostice zánětů se využívají krom technecia i jiné radionuklidy například ^{67}Ga , ^{111}In nebo ^{18}F . (6)

V nukleární medicíně jsou dvě metody pro vyšetřování a to in vivo a in vitro.

Metoda in vivo znamená, že radiofarmakum je aplikováno přímo do těla pacienta. Způsob aplikace radionuklidu do těla pacienta závisí na skupenství radiofarmaka. Jde o neinvazivní způsob jako je intravenózní injekce, vdechování aerosoly či plynu, tuhá radiofarmaka se užívají per os. Následně je zevně detekováno gama záření vyzařované z těla pacienta. Mezi tato vyšetření patří scintigrafie, pozitronová emisní tomografie (PET). (6)

„Vyšetření in vitro zahrnuje radioimunoanalytické metody určené ke stanovení koncentrace látek v tělních tekutinách. Při této vysoce citlivé analýze se pracuje jen se vzorkem plazmy nebo jiné tekutiny, pacient do styku s radioaktivní látkou vůbec nepřichází.“ (6, str. 7)

Při detekci zánětů se používají in vivo metody.

Při vyšetřeních v nukleární medicíně lze získat informace o funkci orgánů, průběhu fyziologických a patofyziologických procesů a nacházet patologická ložiska. Ovšem v porovnání s ostatními zobrazovacími metodami nám nedává nejkvalitnější informace o anatomii. Dnes je možné využívat hybridní přístroje např. SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI, které kombinují tomografické nukleárně medicínské a rentgenové zobrazení. Kombinace těchto přístrojů a fúze obrazů umožňuje vytvářet anatomicko-funkční zobrazení. (6)

4.1 Radiofarmaka

Radiofarmaka spadají pod kontrolu Státního ústavu pro kontrolu léčiv. Všechna používaná radiofarmaka v českém zdravotnictví musí být v ČR registrovaná nebo v ČR schválena dle zákonných předpisů. Dále jejich výroba, příprava a manipulace s nimi musí probíhat za zvláštních podmínek. (SUKL) Radiofarmaka jsou léčivé látky využívané ve zdravotnictví na oddělení nukleární medicíny pro diagnostické nebo terapeutické účely. Jedná se o látku, která obsahuje radionuklid a farmakum, což je léčivý přípravek, který plní funkci nosiče.

Radionuklid je volený podle svého poločasu přeměny, druhem emitovaného záření a energií záření. V nukleární medicíně se využívá uměle vytvořených radionuklidů. U farmaka je důležitý jeho metabolismus v lidském organismu (jeho distribuce, vylučování, vychytávání v určitém orgánu, atd.). (7)

Tabulka 1 Příklad užívaných radiofarmak

Radiofarmakum	Radionuklid	Farmakum	Druh záření, energie záření	Poločas přeměny
^{111}In - pentetreotid	^{111}In	pentetreotid	γ , 171, 245 keV	2,83 dne
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - HMPAO	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	HMPAO hexamethylpropylenaminoxin	γ , 140 keV	6 hod
^{67}Ga - citrát	^{67}Ga	citrát	γ , 91, 185, 300, 394 keV	78 hod
^{90}Y - citrát	^{90}Y	citrát	β^- , 2,28 MeV	64, 1 hod
^{18}F - FDG	^{18}F	deoxyglukóza	β^+ , 0,635 MeV	110 min

Léčivé přípravky se obecně rozdělují do dvou skupin podle způsobu přípravy na hromadně vyráběné (HVLP) a individuálně připravované (IPLP). Stejně se rozdělují i radiofarmaka. Radiofarmaka s dlouhým poločasem přeměny (dny, týdny) jsou vyráběny jako HVLP a radiofarmaka s krátkým poločasem přeměny (sekundy, minuty, hodiny) jsou vyráběny IPLP. Individuálně připravovaná radiofarmaka jsou používány při klinické diagnostice a jsou většinou připravovány na klinickém pracovišti v laboratořích k tomu určených. (7)

4.2 Výroba radiofarmak

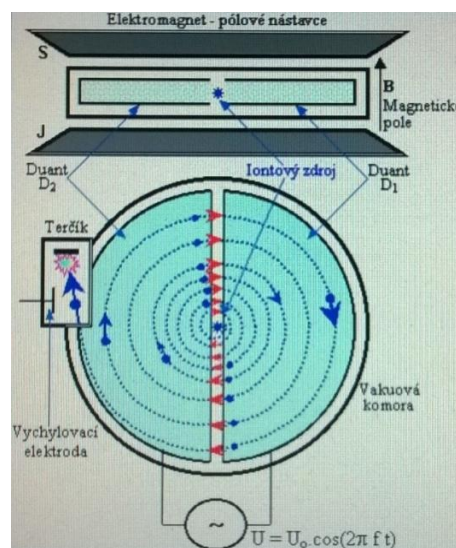
Na pracovištích nukleární medicíny se ve speciálně upravených laboratořích připravují radionuklidy jen z radionuklidových generátorů, ostatní radionuklidy se na pracoviště dováží.

Radionuklidy pro klinické využití na oddělení nukleární medicíny lze vyrobit třemi způsoby:

- jaderným reaktorem (^{99}Mo , ^{131}I , ^{133}Xe , ^{153}Sm),
- cyklotronem (^{111}In , ^{67}Ga , ^{123}I , ^{201}Tl , ^{81}Rb , ^{18}F),
- radionuklidovým generátorem ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{68}Ga , ^{90}Y).

Principem jaderného reaktoru je řízená řetězová reakce. Probíhá buď aktivací neradioaktivních látek neutronovým tokem, nebo separací štěpených částí mateřského nuklidu. Pro výrobu radiofarmak je nejdůležitější získání ^{99}Mo , ze kterého se získává $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Jako jaderné palivo nejčastěji používá ^{235}U a ^{239}Pu . (7)

V cyklotronu jsou kladně nabitě částice (protony, heliony, deuterony) urychlované v magnetickém poli a poté jsou ve vysoké energii směřovány na terč. Při dopadu urychlené částice (mateřského prvku) na terč vzniká dceřiný prvek (obrázek č. 1). (7)



Obrázek 1 Schéma cyklotronu¹

¹ ULLMANN, Vojtěch. astroNuklFyzika: Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/>

Uvnitř cyklotronu se nachází dvě duanta umístěna ve vakuu, nad a pod duanty je magnetické pole, díky kterému dochází k urychlování kladně nabitých částic, které se pohybují po spirále, jejíž poloměr se zvětšuje, při dostatečně velké rychlosti dopadnou na terč a způsobí chemickou reakci, při které vzniká dceřiný prvek. (8)

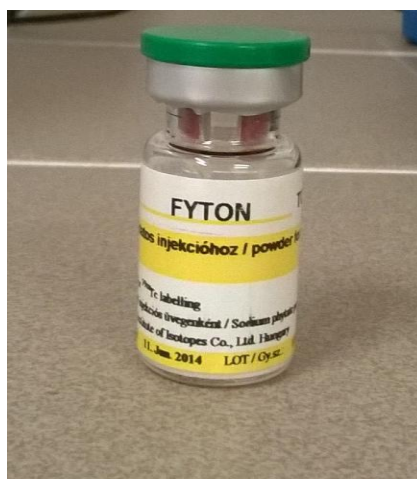
Radionuklidový generátor je systém, ve kterém je mateřský radionuklid, ze kterého rozpadem vzniká dceřiný radionuklid. Celý systém musí být dobře stíněn olovem a používá se k získání radionuklidů s krátkým poločasem přeměny. Tyto generátory se dle konstrukce dělí na sublimační, extrakční a chromatografické (eluční). (7)

Nejběžnější radionuklidový generátor využívaný na oddělení nukleární medicíny je eluční generátor molybden/techneciový, přičemž poločas přeměny ^{99}Mo je 66,2 hodin a poločas přeměny $^{99\text{m}}\text{Tc}$ je 6 hodin. U tohoto generátoru, je mateřský prvek (^{99}Mo) absorbován v koloně s oxidem hlinitým. Rozpadem molybdenu vzniká metastabilní technecium, které se velmi slabě váže na přítomný oxid hlinitý. Kolona se propláchne (vymyje) sterilním roztokem chloridu sodného (fyziologickým roztokem) a tímto způsobem se získá technecistan sodný do sterilní evakuované lékovky (kitu obrázek č. 3). Průřez elučním generátorem a pohled shora je vidět na obrázku č. 2. (7)



Obrázek 2 Průřez elučním generátorem a pohled shora²

² Fakultní nemocnice Hradec Králové



Obrázek 3 Evakuovaná lékovka (kit)³

Jako další generátory se používají například rubidium/kryptonový (^{81}Kr , použití – zobrazení ventilačně plicního parenchymu), germanio/galiový (^{68}Ga , použití – PET diagnostika nádorového onemocnění), stronciovo/ytriiový (^{90}Y , použití - radiační synovektomie). (9)

4.2.1 Lékové formy a aplikace radiofarmak

Pojem léková forma znamená konečnou podobu léčiva, které je již připraveno k podání pacientovi. Radiofarmakum musí být netoxické, lehce detekovatelné a absorbovaná dávka by měla být co nejnižší. Nejčastěji se radiofarmaka aplikují:

- parenterálně,
- inhalačně,
- perorálně. (7)

Injekční podání radiofarmaka je v dnešní praxi nejpoužívanější. Podle fyzikálního složení se parenterální radiofarmaka dělí do tří skupin:

- pravé roztoky – jsou složeny z radioaktivní značené sloučeniny, rozpouštědla (voda), stabilizační látky a látky upravující osmotický tlak a aktuální aciditu (dosažení izotonického a zároveň izoacidního roztoku),
- koloidní disperze – jsou stabilizovány želatinou či poloxamery, v diagnostice se značí metastabilním techneciem (vychytávání v RES systému, játrech, slezině, kostní dřeni) a pro terapeutické účely se využívá značení ytriem, rheniem či erbiem (radionuklidové synovektomie),

³ Fakultní nemocnice Hradec Králové

- suspenze – optimální velikost aplikovaných částic intravenózně je 20–50 μm , často se značí metastabilním techneciem, kdy pro diagnostiku se značí autologní krevní elementy (erytrocyty, leukocyty). (7)

Inhalačně se radiofarmaka podávají buď ve formě plynu, nejčastěji se jedná o $^{81\text{m}}\text{Kr}$, který se získává z radiačního generátoru rubidium (^{81}Rb)/kryptonový ($^{81\text{m}}\text{Kr}$) nebo inhalací dispergovaných roztoků, které obsahují radionuklidy. (7)

Per os lze podávat radiofarmaka ve formě pevných látek, emulzí nebo formou roztoků. Tuhé látky jsou vždy podávány v želatinových tobolkách.

4.2.2 Kontrola kvality radiofarmak

Radiofarmaka podléhají stejné kontrole jako ostatní léčiva, přičemž se u nich kontrolují jejich vlastnosti, které se týkají obsahu radionuklidů. Fyzikálními a chemickými metodami se stanovuje radioaktivita radiofarmaka, hodnotí se radionuklidové čistota a radiochemická čistota. Pomocí biologických metod se hodnotí sterilita a pyrogenita radiofarmak pro parenterální podání. (7)

Celková radioaktivita se stanovuje vložením celého objemu radiofarmaka do ionizační komory, kde se změří jeho radioaktivita a následně se porovná s radioaktivitou standardního zářiče. (7)

Radionuklidová čistota se stanovuje jako podíl aktivity deklarovaného radionuklidu a součtu radioaktivit ostatních radionuklidů přítomných v radiofarmaku. Ostatní radionuklidy, které jsou přítomny v objemu radiofarmaka, jsou brány jako nečistoty. Pomocí spektrometrie lze určit, jakým prvkem nečistota je. (7, 9)

Radiochemická čistota se stanovuje jako poměr radioaktivity daného radionuklidu přítomného v radiofarmaku v určité chemické formě a celkové radioaktivity tohoto radionuklidu. Pro stanovení radiochemické čistoty se využívá chromatografie. Kontroluje se obsah chtěné radioaktivní látky a obsah všech ostatních rušivých či nenavázaných radioaktivit, které nejsou nijak přínosné pro diagnostiku či terapii. (7)

Sterilita radiofarmak podávaných intravenózně je velmi důležitá z hlediska mikrobiálního znečištění. Z tohoto důvodu musí být radiofarmaka připravována dle předpisů daných Státním úřadem pro kontrolu léčiv. (7)

Zkoušky na pyrogenní látky se provádí jen pro určitá radiofarmaka běžnými metodami jako například zkouška na bakteriální endotoxin (LAL-test). (7)

4.3 Přístroje užívané v nukleární medicíně

Většina přístrojů v nukleární medicíně ve své konstrukci obsahuje scintilační detektory. Mezi tyto přístroje patří scintilační kamera. Metody díky nim prováděné se nazývají jednofotonová emisní tomografie (SPECT) a dvoufotonová emisní tomografie (PET, pozitronová emisní tomografie).

Všechny tyto přístroje umožňují zobrazit rozložení radiofarmaka v těle pacienta, ale každý z nich pracuje na jiném principu. Radiofarmakum může být aplikováno intravenózně, inhalačně či per os. Po aplikaci radiofarmaka do těla pacienta se tato látka zapojuje do metabolismu a distribuuje se v organismu podle farmakokinetiky daného radiofarmaka. (9)

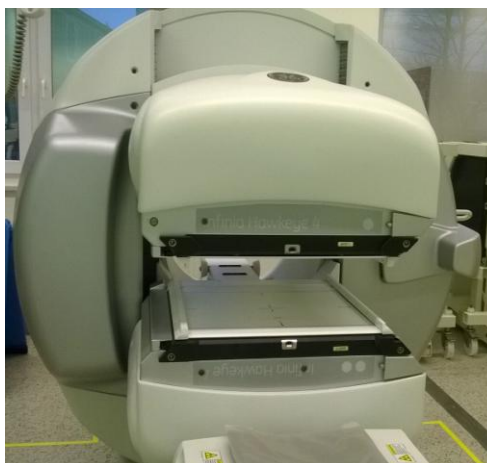
4.3.1 Scintilační kamera

Scintilační kamera neboli gamakamera (obrázek číslo 4) snímá z celého zorného pole fotony záření gama a převádí je na elektrické impulzy, pomocí kterých se vytváří scintigram. Lze provádět statickou nebo dynamickou scintigrafii. Rozdíl je v tom, že dynamická scintigrafie se provádí bezprostředně po aplikaci radiofarmaka a statická scintigrafie se provádí s časovým odstupem od aplikace radiofarmaka do těla pacienta. Gamakamera se skládá z detektorů a počítače (vyhodnocovací zařízení). Samotný detektor (obrázek číslo 5) se skládá ze scintilačního krystalu, kolimátoru a souboru fotonásobičů. (1, 6)



Obrázek 4 Scintilační kamera s vyšetřovacím stolem⁴

⁴ Fakultní nemocnice Hradec Králové



Obrázek 5 Detektory scintilační kamery⁵

Jako scintilační krystal je nejčastěji používán jodid sodný aktivovaný thaliem NaI(Tl) , což je látka s vlastností emitovat světelné záblesky po absorbování ionizujícího záření. Velikost scintilačního krystalu bývá nejčastěji 40–50 cm (tvar obdélníka) a tloušťka 6–12 mm. Za krystalem je rozloženo 60–65 fotonásobičů, které jsou ke krystalu připevněny světlovodivou hmotou (průhledný plastický materiál). Tato hmota zajišťuje dobrý optický kontakt mezi scintilačním krystalem a fotokatodou fotonásobiče, má stejný index lomu jako krystal a proto zabraňuje lomu světla z vycházejícího z krystalu na optických rozhraních. (6, 10)

Scintilační krystal nejúčinněji zaznamenává fotony záření gama s energií do 100 keV, ale při energii 150 keV je absorbováno kolem 90 % fotonů dopadajících na krystal. Platí, že s rostoucí energií fotonů klesá detekční účinnost, proto je scintilační krystal NaI(Tl) použitelný pro energie zhruba do 500 keV. Modrozelené světlo emitované scintilačním krystalem má vlnovou délku 415 nm. (10)

Scintilace v krystalu vyvolaná fotonem se šíří všemi směry. Nejvíce modrofialového světla dopadá na fotonásobič umístěný nad místem interakce fotonu s krystalem. Uvnitř fotonásobiče je fotokatoda, ze které vyletí elektron při dopadu světelného kvanta. Tento elektron je urychlován soustavou dynod, ze kterých uvolňuje další sekundární elektrony. Tímto způsobem dochází k záplavě elektronů, které svým pohybem vyvolávají v měřicích obvodech fotonásobičů elektrický impulz. Impulzy ze všech fotonásobičů jsou vedeny do sumačního obvodu, z něhož zjistíme informace o energii fotonového záření, které vyvolalo záblesk. Pro tvorbu scintigramu se využijí pouze scintilace, které vyvolaly fotony o stejné energii jako je energie použitého radionuklidu. (6, 10)

⁵ Fakultní nemocnice Hradec Králové

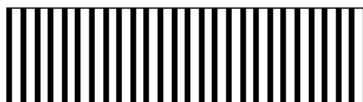
Místo, ze kterého byly fotony gama záření vyzářeny, určíme pomocí elektronického polohového obvodu. Tento obvod vyhodnotí výstupní signály všech fotonásobičů a poskytne informaci o přesné poloze, kde v krystalu došlo ke scintilaci. Díky kolimátoru víme, z jakého směru fotony přiletěly. Jakmile se tyto informace sloučí, lze určit místo v těle pacienta, odkud byly fotony vyzářeny. (6)

Kolimátor je umístěn mezi zdrojem záření (pacientem) a scintilačním krystalem, tudíž jím záření prochází jako první. Kolimátor je deska z olova nebo wolframu s otvory, kterými projde jen část záření letící v žádaném směru. Na vlastnostech kolimátoru do jisté míry závisí i kvalita scintigramu. Lze je rozdělit podle energie radiofarmaka, které se použije při vyšetření, podle citlivosti a rozlišovací schopnosti a v neposlední řadě podle počtu otvorů a jejich konfigurace. (6, 9)

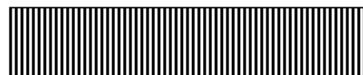
Z hlediska energie detekovaného záření se dělí na kolimátory pro nízké energie (do 160 keV, např. ^{201}Tl , $^{99\text{m}}\text{Tc}$), pro střední energie (do 300 keV, např. ^{111}In) a na kolimátory pro vysoké energie (nad 300 keV, např. ^{131}I). Rozdíl mezi nimi je v tloušťce přepážek mezi otvory. Čím je vyšší energie detekovaného záření, tím jsou přepážky silnější. Šíře přepážek u kolimátorů pro nízké energie se pohybuje v rozmezí 0,2–0,3 mm, u kolimátorů pro vysoké energie je šířka přepážek mezi 2–3 mm. Tlustší přepážky zhoršují citlivost kolimátoru a rozlišení obrazu. (9)

Zobrazení rozdílů mezi tloušťkami přepážek a mezi otvory je na obrázku číslo 6. Na obrázku číslo 7 je kolimátor pro střední energie. (6)

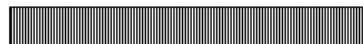
Kolimátor pro vysoké energie



Kolimátor pro střední energie



Kolimátor pro nízké energie



Obrázek 6 Dělení kolimátorů dle energie detekovaného záření⁶



Obrázek 7 Kolimátor pro střední energie⁷

⁶ ULLMANN, Vojtěch. astroNuklFyzika: Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/>

⁷ Fakultní nemocnice Hradec Králové

Dělení podle citlivosti a rozlišovací schopnosti se týká jen kolimátorů pro nízké energie neboť u kolimátorů pro střední a vysoké energie se kvůli silným přepážkám nedá mluvit o vysoké citlivosti či dobré rozlišovací schopnosti. Jsou kolimátory typu HR s vysokým rozlišením a nízkou citlivostí, kolimátory typu AP se středním rozlišením a střední citlivostí (senzitivitou), kolimátor typu HS s vysokou citlivostí, jsou i kolimátory typu UHR s ultra-vysokým rozlišením, aj. Rozdíly u tohoto dělení jsou v délce a velikosti otvorů. Kolimátory typu HS mají krátké a drobné otvory, typ HR má delší a drobnější otvory (1–2 mm) a typ UHR má dlouhé a velmi drobné otvory (cca 1 mm). (6, 8)

Rozdělení podle počtu a konfigurace otvorů je následující. Kolimátor s jedním otvorem se nazývá pinhole. Má tvar vějíře a otvor o velikosti 3–5 mm je v čele vějíře. Poskytuje zvětšený a převrácený obraz, proto je nejvíce využíván pro vyšetření štítné žlázy. Zvětšení obrazu závisí na vzdálenosti objektu od kolimátoru. Čím je čelo kolimátoru blíže vyšetřované oblasti, tím je větší a má lepší rozlišení. Nevýhoda kolimátoru je ovšem v nízké senzitivitě a zkreslení objektu o velké tloušťce. (1, 6)

Ostatní kolimátory jsou mnohootvorové (tisíce otvorů). Liší se pouze jejich konfigurací. Jedná se o paralelní, konvergentní a divergentní. U kolimátorů s paralelními otvory jsou otvory navzájem rovnoběžné, kolmé na scintilační krystal a zobrazovaný objekt má stejnou velikost jako vytvořený obraz. Tyto kolimátory se používají nejčastěji. Konvergentní kolimátory mají otvory sbíhajícím do určitého bodu, kterému se říká ohnisko. Tyto kolimátory umožňují zvětšení obrazu. Naopak u divergentních kolimátorů se otvory rozbíhají, a tudíž umožňují zmenšení obrazu promítnutého na scintilační krystal. (6)

4.3.2 Jednofotonová emisní tomografie

Díky této metodě (SPECT, single-photon emission computed tomography) získáváme informace o funkci tkáně po podání radiofarmaka. Přístroj umožňující SPECT se moc neliší od klasické gamakamery. Principem metody SPECT je otáčení detektorů kolem vodorovné osy pacienta a je snímán obraz pod různými úhly. Detektor se může kolem pacienta pohybovat plynule (kontinuálně) nebo krokově po malých úhlech (step-by-step). Metoda s posunem po malých úhlech je v praxi více užívaná. Toto vyšetření se dá zrychlit tím, že se umístí dva detektory naproti sobě. Tudíž se oba dva otočí o 180° a vyšetřovaný čas se zkrátí na polovinu. Obrazy ze všech úhlů se ukládají do paměti počítače a následně může být rekonstruován 3D obraz distribuce radiofarmaka v těle pacienta. (6, 8, 11)

SPECT nelze provést jako dynamické vyšetření, protože v každém úhlu detektory snímají pouze část záření vycházejícího z vyšetřované oblasti a ostatní fotony gama nejsou detekovány. (8)

V porovnání SPECT s planární scintigrafií je největší výhodou trojrozměrné zobrazení vyšetřované oblasti a další výhodou je vyšší kontrast zobrazení ložiska se zvýšenou akumulací radiofarmaka. V rekonstruovaném tomografickém obrazu je vyšší šum než u planární scintigrafie. Ze samotného SPECT se získá pouze informace o funkci tkáně. Pro získání informací o přesné lokalizaci zvýšené akumulace radiofarmaka se používá hybridní přístroj SPECT/CT. Díky přidanému CT se získají přesné informace o anatomické struktuře vyšetřované oblasti. (6)

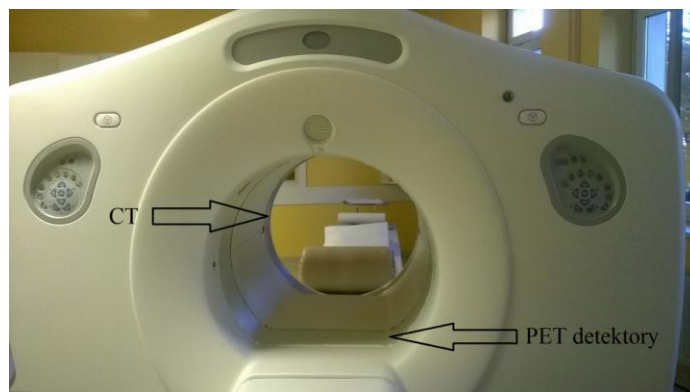
4.3.3 Pozitronová emisní tomografie

Díky pozitronové emisní tomografii (PET, positron emission tomography) získáváme trojrozměrné zobrazení distribuce radiofarmaka v organismu. Pro tvorbu radiofarmak se využívá radionuklidů emitujících pozitrony neboli pozitronové zářiče. Nejčastěji se používá radionuklid ^{18}F , která se rozpadá β^+ rozpadem. Při β^+ rozpadu je emitován pozitron, který ve tkáni má dolet jen několik milimetrů. Ve tkáni anihiluje s elektronem a vznikají dva fotony. Tyto fotony mají tři vlastnosti: z místa anihilace vylétají současně a šíří se od sebe v úhlu 180° , rychlostí světla a oba dva mají energii 511 keV. Těchto vlastností se využívá pro koincidenční detekci dvojice fotonů anihilačního záření gama neboli elektronickou kolimaci tohoto záření. Pro tuto detekci slouží dva koincidenční detektory naproti sobě a jsou spojeny koincidenčním obvodem. Aby anihilované fotony byly zaznamenány do výsledného obrazu, musí dopadnout na detektory ve stejnou chvíli a přesně naproti sobě. Pokud se toto nestane a detektor zachytí jen jeden foton, impulz neprojde koincidenčním obvodem a nebude zaznamenán. Z těchto důvodů je PET označována jako dvoufotonová. V detektorech PET kamer musí být zabudovány scintilační krystaly s vyšší hustotou a vyšším atomovým číslem např. vizmut-germanát BGO nebo sloučenina s luteciem LSO. Tyto detektory se nepohybují kolem pacienta, ale malé scintilační krystaly jsou uspořádány do prstence v gantry po celé ose 360° . (11)

Kombinací PET a CT lze získat přesnější informace o místech se zvýšenou akumulací radiofarmaka. Sjednotí se obrazy z PET vyšetření a anatomických obrazů z CT. Obě série snímků jsou prováděny ve stejné poloze pacienta, tudíž se mohou obrazy promítnout na sebe. Hybridní přístroj PET/CT je na obrázku číslo 8 a obrázku číslo 9.



Obrázek 8 PET/CT přístroj⁸



Obrázek 9 Uspořádání CT a detektorů PET kamery⁹

⁸ Fakultní nemocnice Hradec Králové

⁹ Fakultní nemocnice Hradec Králové

5 Vyšetření při detekci zánětů

Metody nukleární medicíny lze využít při detekci zánětů nejasného původu. Do této skupiny vyšetření patří třífázová scintigrafie skeletu, scintigrafie s ^{67}Ga , leukocyty značené radionuklidy, receptorově specifické proteiny a peptidy, značené protilátky, PET/CT s ^{18}F -FDG.

Tabulka 2 Přehled vyšetření s radiofarmaky a indikacemi k vyšetření

Vyšetření - radiofarmakum	Radiofarmakum	Indikace
Třífázová scintigrafie skeletu	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -fosfonát ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP)	Osteomyelitis, zánět měkkých tkání
Scintigrafie s ^{67}Ga	^{67}Ga -citrát	Známky zánětu v těle
Značené leukocyty	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO	Známky zánětu v těle
	^{111}In -oxin	Zánět v oblasti močového ústrojí a střev
Receptorově specifické proteiny a peptidy	^{111}In -pentetreotid	Granulomatózní zánět
Značené protilátky	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb	FUO
PET/CT	^{18}F -FDG	FUO

5.1 Třífázová scintigrafie skeletu

Třífázová scintigrafie skeletu se využívá při průkazu přítomnosti zánětu ve skeletu na základě průkazu hyperémie a zvýšené kostní přestavby v místě léze. Toto vyšetření se využívá i při diferenciální diagnostice osteomyelitidy v periferním skeletu od zánětu měkkých tkání. Toto vyšetření je velmi senzitivní (zvláště od 2. dne po vzniku zánětu) a jedná se o nespecifickou metodu. (6)

Postup vyšetření

Vyšetření probíhá ve třech fázích, jak je zjevné z názvu. Jedná se o perfuzní fázi, fázi krevního pólu (popřípadě tkáňová fázi) a pozdní fázi. Jako radiofarmakum se používá $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -

fosfonát (^{99m}Tc -MDP). Mohou se doplnit cílené scintigramy za 6 a 24 hodin po aplikaci radiofarmaka. (6)

- Perfuzní fáze znamená spuštění dynamické scintigrafie ihned po intravenózní aplikaci radiofarmaka (první 2-3 minuty po aplikaci radiofarmaka). V tuto chvíli se sleduje a hodnotí první průtok radiofarmaka ve tkáni. V tkáni, kde je ložisko zánětu je již v této fázi vidět zvýšená akumulace radiofarmaka.
- Po dynamické scintigrafii následuje další scintigrafie, která je provedena mezi čtvrtou a pátou minutou po aplikaci radiofarmaka. Tato fáze se nazývá krevního poolu neboli tkáňová fáze. V tomto období je radiofarmaku rovnoměrně rozptýleno v krevním řečišti a prostupuje do tkání.
- Pozdní fáze probíhá zhruba po třech hodinách od aplikace radiofarmaka. Proveďte se statická scintigrafie ve stejné poloze jako předešlé dvě. V této fázi se hodnotí rozložení kostní přestavby. (6)

Zvýšená akumulace radiofarmaka je patrná v místě zánětu měkkých tkání či osteomyelitidy, maligních lézích či v hojících se frakturách. Aplikovaná aktivita se pohybuje v rozmezí 500 až 800 MBq dle standardů na pracovišti a podle váhy pacienta. Přibližná cena třífázové scintigrafie kostí s doplněním SPECT se pohybuje okolo 8 000 Kč (záleží na aplikované aktivitě). (12, 13)

V příloze č. 1 je uveden výsledný scan z třífázové scintigrafie. Na malých obrázcích nahoře je zachycen dynamický záznam ihned po aplikaci radiofarmaka neboli perfuzní fáze. Již zde lze rozeznat zvýšený záchyt radiofarmaka v pravé dolní končetině. Křivky znázorňují závislost aktivity na čase a opět je rozeznatelná zvýšená radioaktivita v pravé dolní končetině. Vpravo dole je statický scintigram tzv. blood pool. Všechny scany ukazují zvýšený záchyt v pravé dolní končetině v oblasti kotníku a nohy.

Indikace

Obecně se dá říci, že třífázová scintigrafie skeletu se využívá k diferenciaci diagnostice zánětu měkkých tkání od osteomyelitidy v periferním skeletu, další indikace může být aseptické nebo septické uvolnění totální endoprotézy, komplexní či regionální bolestivý syndrom (M. Sudeck), ložiskové léze ve skeletu nejasné etiologie. (6)

5.2 Scintigrafie s ^{67}Ga -citrátem

^{67}Ga -citrát patří do skupiny kovových iontů a je to analog železa. Jedná se o cyklotronový prvek s poločasem přeměny 78 hodin. Emituje záření gama o vyšší energii než $^{99\text{m}}\text{Tc}$ proto je nutné používat pro vyšetření s ^{67}Ga kolimátor pro střední energie jako u ^{111}In . Fyziologická akumulace ^{67}Ga je patrná ve slinných žlázách, nazofaryngu, slzných žlázách (variabilně), skeletu, prsních žlázách, thymu, játrech a slezině. Ihned po aplikaci do těla pacienta se začíná vylučovat močí a postupem času dominuje vylučování střevy. (6)

Nevýhodou tohoto vyšetření je vyšší radiační zátěž.

Farmakokinetika ^{67}Ga

Po intravenózní aplikaci radiofarmaka se 30 % ^{67}Ga -citrátu naváže na transportní protein transferin. Zbylých 70 % koluje volně v krvi. Radiofarmakum je v místě zánětu vychytáváno díky porušené permeabilitě kapilár a vyšší afinitě ^{67}Ga k laktoferinu uvolňovaného z leukocytů než k transferinu. Dalším důležitým faktem je to, že ^{67}Ga se také váže na kyselé mukopolysacharidy, které jsou také přítomny v místě zánětu. (6)

Příprava pacienta

Den před vyšetřením se pacientovi podá projímadlo, celý tento den by měl jíst jen bezobzobkovou stravu a k večeři jen něco lehkého. Tato opatření jsou zavedena kvůli dobrému vyprázdnění střev, jelikož je ^{67}Ga vylučováno stolicí. Ráno před vyšetřením by pacient neměl jíst, ale měl by být hydratovaný.

Postup vyšetření

Pacientovi se intravenózně aplikuje radiofarmakum o aktivitě v rozmezí 120 až 170 MBq. Pacient odejde z oddělení a vrací se za 48 hodin (někdy již za 24 hodin). Provádí se celotělová scintigrafie z přední a zadní projekce. Scintigrafii lze doplnit o SPECT či boční projekce. Přibližná cena tohoto vyšetření se pohybuje okolo 10 000 Kč, přičemž velmi záleží na aplikované aktivitě radiofarmaka. (12, 13)

Indikace

Dříve byla scintigrafie s ^{67}Ga -citrátem velmi důležitá v detekci zánětů především díky tomu, že akumulace není závislá na aktivní kumulaci leukocytů. V dnešní době tyto záněty jsou také detekovatelné ^{18}F -FDG PET, proto se více užívá tohoto vyšetření.

Dnes se za vhodné indikace pro scintigrafii s ^{67}Ga -citrátem považují horečky neznámého původu, atypické plicní a mediastinální záněty, chronická osteomyelitida páteře, lymfocytární a granulomatózní záněty (např. sarkoidóza), záněty při AIDS. (6)

5.3 Leukocyty značené radionuklidy

Jelikož jsou leukocyty důležitou součástí imunitního systému, lze díky nim detekovat ložisko bakteriální infekce. Leukocyty se vychytávají v místě zánětlivého ložiska a tohoto faktu lze využít tím, že se autologní leukocyty označí vhodným radionuklidem a následně pomocí scintigrafických metod se zjišťuje místo jejich vychytávání. Je důležité, aby při označování leukocytů byla zachována jejich viabilita. Fyziologická akumulace leukocytů je patrná v krvetvorné kostní dřeni, játrech a slezině.

Značení leukocytů

1. Odběr krve pacienta do injekční stříkačky s ACD (roztok kyseliny citronové a dextrosy) roztokem proti sražení krve, dospělému se odebírá 60 ml krve. Vyšetření lze provést, jen pokud pacient má vyšší počet leukocytů než $2,5 \times 10^9$ leu/l.
2. Laboratorní oddělení leukocytů se zachováním jejich životaschopnosti.
3. Značení separovaných leukocytů lipofilním radiofarmakem ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO nebo ^{111}In -oxim). Lipofilní substance mohou prostoupit buněčnou membránou leukocytů a fixovat se uvnitř těchto buněk.
4. Označené leukocyty se opět vrátí do krevního řečiště pacienta. (13, 14)

Příprava pacienta

Pacient přichází dostatečně hydratovaný a lačný. S sebou si může donést něco lehkého k jídlu.

5.3.1 Leukocyty značené $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO

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

Aby se $^{99\text{m}}\text{Tc}$ navázalo do buněk leukocytů, musí být označeno hexamethylpropylenaminoxinem (HMPAO). Vzniklý komplex $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO je lipofilní, což znamená rozpustný v tucích. Díky této vlastnosti difunduje do leukocytů (přednostně do granulocytů). Po průniku membránou leukocytů se z lipofilního komplexu stává hydrofilní sloučenina, která zůstává zafixována v buňkách leukocytů. Takto označené leukocyty aktivně migrují do ložiska zánětu a na scintigramu se zobrazí jako ložiska zvýšené akumulace. (6, 7)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO není stabilně navázáno na leukocyty, tudíž dochází k jeho časnému uvolňování z leukocytů a následnému vylučování ledvinami. Po uplynutí časového odstupu

od aplikace značených leukocytů se ^{99m}Tc -HMPAO dostává dále do jater, ze kterých se vylučuje do žluči a proto je u běžných případů mezi 2. a 3. hodinou zobrazen žlučník. Následně se radioaktivní žluč dostává do střev. (6)

Indikace

Indikace k tomuto vyšetření se značenými leukocyty ^{99m}Tc -HMPAO jsou například teploty nejasného původu, známky zánětu v těle (zvýšená hodnota sedimentace, zvýšené CRP, vysoké teploty, atd.), pátrání po abscesu, septické artritidy, infekty cévních protéz, záněty měkkých tkání, osteomyelitis (zánět kostní dřeně) mimo páteř, odlišení septického a aseptického uvolnění totálních endoprotéz, komplikace při chronických zánětlivých střevních onemocnění, nespecifické střevní záněty, endokarditis (nutno použít SPECT). (6)

Aplikovaná aktivita leukocytů značených ^{99m}Tc -HMPAO je 300-600 MBq (dle váhy pacienta a standardů oddělení). Špatně označené leukocyty ^{99m}Tc se poznají na scintigramu zvýšenou akumulací ve štítné žláze, slinných žlázách, občas i zvýšenou akumulací ve sliznici žaludku. Cena scintigrafie se značenými leukocyty se odvíjí od aplikované aktivity. Přibližná cena vyšetření s aplikovanou aktivitou 600 MBq je necelých 17 000 Kč. (12, 13)

5.3.2 Leukocyty značené ^{111}In -oxin

Farmakokinetika ^{111}In -oxinu značených leukocytů

Ve srovnání se značenými leukocyty ^{99m}Tc -HMPAO je vazba ^{111}In -oxinu stabilnější, proto výsledné scintigramy nejsou rušeny exkrecí radionuklidu do střev ani nedochází k jeho vylučování ledvinami do moče. Leukocyty značené tímto radionuklidem nevykazují akumulaci v hojících se ranách. (14)

^{111}In je cyklotronový produkt jehož atomová přeměna je provázena emisí gama záření o energii 173 a 247 keV, proto při vyšetření s tímto radionuklidem musíme použít kolimátor pro střední energie. Fyzikální poločas rozpadu je delší než ^{99m}Tc (6 hodin), konkrétně 67 hodin. Kvůli vysoké energii gama záření se aplikují nižší dávky (40–80 MBq) a radiační zátěž pacienta je vyšší než při použití leukocytů značených ^{99m}Tc -HMPAO. Z těchto důvodů v praxi toto radiofarmakum není běžně užíváno nehledě na jeho vyšší pořizovací cenu. (14, 13)

Indikace

Dobré indikace k vyšetření se značenými leukocyty ^{111}In -oxinem se týkají především zánětů, které se předpokládají v oblasti močového ústrojí a střev. Časté indikace jsou záněty ledvin, močového měchýře a malé pánve, záněty žlučníku či chronické zánětlivé střevní onemocnění (např. M. Crohn). (6)

5.4 Receptorově specifické proteiny a peptidy

Další možností detekce zánětů nejasného původu je využití značených chemotaktických peptidů, cytosinů a chemokinů. Všechny tyto látky se podílejí na procesech zánětu.

Jako radiofarmakum je používáno ^{111}In -pentetreotid, který se váže na somatostatinové receptory. ^{111}In -pentetreotid je vychytáván v oblastech s přítomností aktivovaných leukocytů a v granulomatózních zánětech a je možné ho využít i v detekci nádorů s přítomností somatostatinových receptorů. (14)

Aplikovaná aktivita je průměrně 175 MBq, pokud pacient váží více či méně než 70 kg aplikovaná aktivita se přepočítává podle tabulky uvedené v Národním radiologickém standardu. Scintigrafie pro detekci zánětů s ^{111}In -pentetreotidem se využívá málo kvůli vyšší pořizovací ceně samotného radiofarmaka (orientační cena ^{111}In je 22 000 Kč). (12)

5.5 Značené protilátky

Vyšetření s protilátkami značenými radionuklidy se nazývá radioimunoscintigrafie. Radioimunoscintigrafie se používá k detekci ložiska zánětu. Lze označit monoklonální protilátky, jejich fragmenty nebo polyklonální protilátky. Pro toto vyšetření se využívá značení $^{99\text{m}}\text{Tc}$, získávaného z molybdenového generátoru. (14)

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

O tomto vyšetření se dá mluvit jako o vyšetření se „značenými leukocyty in vivo“ (v těle pacienta), neboť se radiofarmakum intravenózně aplikuje do těla pacienta a následně se antigranulocytární protilátky vážou na leukocyty. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -antigranulocytární MAb se po intravenózní aplikaci všechny nenavážou na kolující leukocyty v krvi, ale zůstávají i volně a tím pádem se vychytávají na leukocyty již v místě ložiska zánětu. Antigranulocytární protilátky se vychytávají i v aktivní kostní dřeni na vytvářející se granulocyty (na scintigramu je dobře viditelná). (6)

V porovnání s vyšetřením s leukocyty značenými in vitro je vyšetření in vivo méně technicky (laboratorně) náročné, neseparují se krevní elementy a následně se neoznačují. Další výhodou „značení leukocytů in vivo“ je fakt, že část ^{99m}Tc -antigranulocytární MAb v krvi několik hodin po aplikaci volně koluje a je schopna nescifického průniku do oblasti s poruchou endoteliální membrány kapilár. To znamená nahromadění radiofarmaka v místě zánětu bez přítomnosti leukocytů. (6)

Ložisko zánětu může být detekováno z dvou příčin. Může to být zapříčiněno migrací označených leukocytů pod vlivem chemotaxe nebo nescifickou kumulací nenavázaných protilátek kolujících v plazmě (v místech s porušenou endoteliální membránou kapilár). S tímto faktem jsou spojeny falešně pozitivní nálezy, které mohou způsobit hematomy, kontuze, aseptické záněty či rány po operaci. Dále může být složité odlišit akumulaci radiofarmaka v aktivní kostní dřeni a ložisko osteomyelitidy v periferním skeletu. V tomto případě lze porovnat scintigramy z časné a pozdní scintigrafie. (6)

Nevýhodou ovšem je vyšší finanční náročnost. Další nevýhoda tohoto vyšetření je reakce organismu na myší antigen tvorbou protilátky HAMA (tyto protilátky HAMA se vyskytnou zhruba u 5 % vyšetření). Vyvarovat se této reakci lze snížit podáním preparátů tvořených fragmenty monoklonálních antigranulocytárních protilátek. (6)

Postup vyšetření

Celotělová scintigrafie doplněná o SPECT vybrané oblasti se provádí po 4–6 hodinách po aplikaci radiofarmaka a následně se většinou doplňuje po 24 hodinách od aplikace radiofarmaka o scintigrafii vybrané oblasti. (6)

Aplikovaná aktivita se pohybuje mezi 370–550 MBq podle standardů na pracovišti a podle váhy pacienta. Přibližná cena vyšetření se značenými protilátkami se pohybuje okolo 19 000 Kč, přičemž záleží na aplikované aktivitě. (12, 13)

Indikace

Mezi vhodné indikace ke scintigrafii s ^{99m}Tc -antigranulocytární MAb patří horečka neznámého původu, abdominální zánětlivá ložiska a abscesy, záněty vaskulárních štěpů, osteomyelitis v periferní části skeletu, endokarditis či chronická zánětlivá střevní onemocnění. (6)

5.6 PET/CT s fluorodeoxyglukózou (^{18}F -FDG)

Při tomto vyšetření se využívá faktu, že v místě zánětu dochází ke zvýšené spotřebě glukózy. Toho lze využít tím, že se glukóza označí radionuklidem ^{18}F a intravenózně aplikuje pacientovi. Nevýhodou tohoto vyšetření je to, že maligní nádory se také zobrazí jako zvýšené ložisko akumulace ^{18}F -FDG.

Aplikovaná aktivita se pohybuje mezi 370-740 MBq dle standardů na pracovišti a podle váhy pacienta. Přibližná cena PET/CT vyšetření s ^{18}F -FDG se pohybuje okolo 50 000 Kč (záleží na aplikované aktivitě) přičemž provedené vyšetření je dražší než samotné radiofarmakum. (12, 13)

Praktická část

6 Metodika praktické části

Metodika mé praktické části spočívá v popsání přípravy pacienta před vyšetřením, průběhu vyšetření a principu scintigrafického vyšetření se značenými leukocyty ^{99m}Tc -HMPAO a PET/CT vyšetření s ^{18}F -FDG.

6.1 Příprava pacienta při scintigrafii se značenými leukocyty ^{99m}Tc -HMPAO

Pacient přijde ráno na oddělení nukleární medicíny. Nahlásí se u administrativy, kde odevzdá žádanku, a pracovnice zkontroluje identifikační údaje (jméno, příjmení, rodné číslo) a zapíše aktuální váhu a výšku pacienta. Pacient dostane informovaný souhlas o scintigrafii se značenými leukocyty (příloha 2 a příloha 3), kde si přečte stručný souhrn vyšetření a možných nežádoucích účinků. Pacient s sebou musí mít výsledky krevního obrazu, kde je důležitý počet leukocytů. Aby bylo možné vyšetření provést, počet leukocytů musí být vyšší než $2,5 \times 10^9$ leu/l. Pacient by měl být nalačno a dobře hydratovaný.

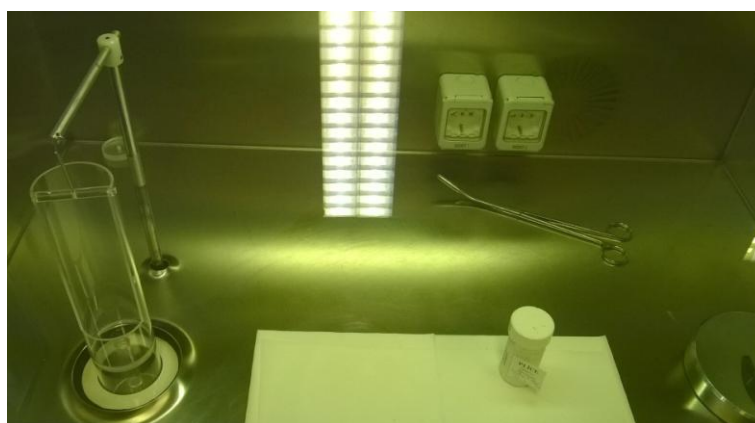
Poté co si pacient přečte informovaný souhlas je zavolán do aplikační místnosti, kde mu jsou zodpověděny případné dotazy. Následně mu radiologický asistent zavede periferní žilní kanylu a odebere 60 ml krve do injekčních stříkaček s roztokem ACD, označí se iniciály pacienta a odnesou se farmaceutům ke zpracování.

6.2 Příprava radiofarmaka

Farmaceuti ve speciálně upravené laboratoři odseparují leukocyty. Životoschopné leukocyty jsou označeny ^{99m}Tc -HMPAO v laminárním boxu (tělo je chráněno clonou, pouze ruce jsou uvnitř digestoře) pro přípravu radiofarmak (obrázek číslo 10, 11). ^{99m}Tc se získá z molybden/techneciového elučního generátoru. Práce v digestoři pro přípravu radionuklidů by měla být co nejkratší, aby došlo k co nejmenšímu ozáření rukou. Po označení leukocytů se ve studnové ionizační komoře změří aktivita označených leukocytů. Tento vzorek se označí štítkem s iniciály pacienta, aktivitou vzorku v čas měření aktivity. Následně se tento vzorek odnese zpět do aplikační místnosti.



Obrázek 10 Laminární box¹⁰



Obrázek 11 Vnitřní prostor laminárního boxu¹¹

6.3 Postup vyšetření

Pacient se zavolá do aplikační místnosti, kde jsou již v olověném krytu připraveny označené leukocyty (obrázek číslo 12). Ověří se jeho totožnost a lékař mu intravenózně aplikuje zhruba 10 ml označených leukocytů. Za 30 minut po aplikaci označených leukocytů se pacient zavolá do vyšetřovací místnosti. Ověří se jeho totožnost a je požádán, aby si odložil veškeré oblečení, na kterém jsou kovové věci (knoflík, zip, atd.) a zuje si boty. Radiologický asistent již v tuto chvíli má zadaného pacienta v počítači. Pacient se položí na záda na vyšetřovací stůl. Radiologický asistent dle potřeby posune pacienta tak, aby ležel v rozmezí SPECT, kdyby bylo potřeba vyšetření doplnit o SPECT, a přiváže pacientovi ruce k tělu pomocí popruhu na suchý zip. Poté pacienta pomocí ovladače scintilační kamery odveze mezi detektory a spouští se záznam scintigrafie. Při scintigrafii se značenými leukocyty pro detekci zánětu nejasného původu, se dělá celotělová scintigrafie. Po ukončení vyšetření se pacientovi uvolní ruce, sjede se stolem dolů, pacient může odejít.

¹⁰ Fakultní nemocnice Hradec Králové

¹¹ Fakultní nemocnice Hradec Králové



Obrázek 12 Olověný kryt pro označené leukocyty¹²

Pacientovi se sdělí, v kolik hodin se má vrátit k provedení dalších snímků s časovým odstupem. Další snímky se provádí po 2–3 hodinách a poslední scintigrafie je provedena za 24 hodin od aplikace označených leukocytů. Pokaždé je pacient ve stejné poloze.

Lze provést i třífázovou scintigrafii. Pacient se položí na záda na vyšetřovací stůl scintilační kamery. Pacienta radiologický asistent nastaví tak, aby vyšetřovaná oblast byla mezi detektory záření. Poté lékař aplikuje označené leukocyty pacientovi a ihned se spouští scintigrafie vybrané oblasti. Již v perfuzní fázi je vidět zvýšená akumulace označených leukocytů ve vyšetřované oblasti. Další snímky se provedou se stejným časovým odstupem, jako je popsáno výše.

¹² Fakultní nemocnice Hradec Králové

6.4 Příprava pacienta pro PET/CT vyšetření s ^{18}F -FDG

Pacient je před vyšetřením poučen o tom, že alespoň 2 dny před vyšetřením by se měl vyvarovat zvýšené tělesné námaze. Neměl by dělat těžší fyzickou práci, posilovat v posilovně či cvičit doma, ručně řezat dřevo, nosit těžší nákupy a zavazadla, jezdit na kole, atd. Zátěž svalů by znehodnotilo vyšetření, jelikož by se radioaktivní glukóza vychytala v namáhaných svalech a tím by mohlo dojít k zastínění patologického ložiska.

Pro vyšetření PET/CT s ^{18}F -FDG je důležité mít před aplikací radiofarmaka minimální fyziologický metabolismus glukózy. Proto pacient musí 6 hodin před vyšetřením lačnit a zároveň být hydratovaný, ovšem může pít jen čistou vodu nebo hořký čaj. Hospitalizovaným pacientům nesmí být podána infuze obsahující glukózu, dextrózu nebo parenterální výživa 6 hodiny před vyšetřením. Pro diabetiky také platí lačnění 6 hodin před vyšetřením s tím, že vynechají ranní dávku perorálních antidiabetik (PAD) nebo bolusovou dávku inzulínu. S sebou si vezmou jídlo a PAD či bolusový inzulín jelikož po skončení PET/CT se mohou najíst a vzít si své léky. Diabetici užívající biguanidy užijí poslední dávku tohoto léku 24 hodin před vyšetřením a zároveň 6 hodin před vyšetřením lační. Po vyšetření si vezmou své léky podle obvyklého užívání. Před samotným vyšetřením se každému pacientovi odebere kapilární krev z prstu na ruce a glukometrem se změří glykémie. Pokud se hodnota pohybuje v normě, zavede se do periferní žíly kanyly pro následnou aplikaci radiofarmaka. Pokud je ovšem glykémie vysoká nelze vyšetření provést.

Lze provést premedikaci vzhledem k jodové kontrastní látce, která je pacientovi podána per os. Například se může podat intravenózně hydrokortizol nebo jiný kortikoid. Premedikace může předcházet i kvůli klaustrofobii nebo k utlumení kašle.

Vyšetření s ^{18}F -FDG se doporučuje provést nejdříve za 2 týdny po ukončení chemoterapií, 2–3 měsíce po ukončení radioterapie a 6–8 týdnů po operaci. Časový interval po radioterapii a operaci platí jen pro ozařovanou či operovanou část těla, vzdálená místa mohou být vyšetřována kdykoliv.

Vzhledem k tomu, že bude provedeno CT vyšetření s jodovou kontrastní látkou, je nutné, aby pacient s sebou přinesl výsledky sérové hodnoty urey a kreatininu a odhadu glomerulární filtrace, které nesmí být starší než 7 dnů před termínem vyšetření na PET/CT.

V příloze č. 4 jsou na horních obrázcích vidět řezy ve třech rovinách z CT, které udávají přesné anatomické informace o náhradě kolenního kloubu. Na obrázcích pod nimi, jsou opět zobrazeny řezy ve třech rovinách z gamakamery, na nichž je zjevný vyšší záchyt leukocytů

označených radionuklidem v oblasti zmíněné kloubní náhrady pravé dolní končetiny. Poslední obrázky představují fúzi scanů z CT a scintigrafické kamery. Touto počítačovou rekonstrukcí se získá zobrazení anatomického uložení zánětlivého ložiska, ze kterého je zjevný záchyt označených leukocytů kolem endoprotézy a v měkkých tkáních, což vypovídá o purulentním zánětu.

6.5 Příprava ^{18}F -FDG

Radionuklid ^{18}F je vyráběn v cyklotronu. Příprava radionuklidu probíhá ve speciální laboratoři pro přípravu radiofarmak. Příprava musí být co nejrychlejší nejen kvůli minimalizaci ozáření osob manipulujících s radionuklidem a radiofarmakem ale také kvůli krátkému poločasu radionuklidu. Samotná příprava ^{18}F -FDG probíhá ve speciálně upravené laboratoři pro přípravu radiofarmak v laminárním boxu stejně jako u značení leukocytů $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO. Jakmile je radiofarmakum hotové, změří se jeho aktivita ve studnové ionizační komoře. Radiofarmakum se označí štítkem s iniciály pacienta a aktivitou vzorku v čase, kdy byla aktivita měřena. Následně se radiofarmakum odnese v oloveném krytí do aplikační místnosti.

6.6 Postup PET/CT vyšetření s ^{18}F -FDG

Žádanka na toto vyšetření musí být zaslána na oddělení dopředu, aby bylo možné zjistit, zda je toto vyšetření správně indikované a nelze provést jiné vyšetření (například méně finančně náročné, s menší radiační zátěží pacienta).

Pacient přijde v objednaný čas na oddělení nukleární medicíny a nahlásí se u administrativy, kde se zkontrolují identifikační údaje pacienta (jméno, příjmení, rodné číslo, aj.) a zapíše se aktuální míry (výška, váha). Následně pacient dostane souhlas pacienta s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -FDG (příloha 5 a příloha 6) a jodové kontrastní látky, anamnestický dotazník před vyšetřením PET/CT (příloha 7), posadí se do čekárny, kde tyto formuláře vyplní. Poté je zavolán do aplikační místnosti, kde odevzdá souhlas s vyšetřením i anamnestický dotazník, odloží si věci (bundu, tašku, apod.), posadí se do křesla (obrázek číslo 13), zdravotní sestra nebo radiologický asistent mu odebere kapku kapilární krve z prstu na ruce, glukometrem změří glykémii a pokud je v normálních hodnotách, zavede kanylu do periferní žíly (vedle křesla je připravený stolek s pomůckami k zavedení kanyly, (obrázek číslo 13).



Obrázek 13 Aplikační křeslo, stůl s pomůckami k aplikaci kanyly¹³

Dále dá pacientovi jodovou kontrastní látku s kelímkem (obrázek číslo 14), kterou si bude v kabince popíjet a vedle křesla, kde sedí pacient, postaví vozík s připraveným radiofarmakem od farmaceuta (obrázek číslo 15). Na rukojeti vozíku je štítek s iniciály pacienta a informacemi o radiofarmaku jako je například jeho druh a aktivita. Tento štítek se po aplikaci radiofarmaka nalepí do karty pacienta k dokumentům o PET/CT vyšetření. Zdravotní sestra nebo radiologický asistent zavádějící kanylu sdělí pacientovi, že přijde lékař, který si s ním bude chvíli povídat (ověření informací např. alergie) a poté mu aplikuje radiofarmakum. Po aplikaci radiofarmaka pacient odchází do uzavřené kabinky, kde bude alespoň 45 minut v klidu sedět. Po příchodu lékaře odchází zdravotní sestra nebo radiologický asistent z aplikační místnosti. Lékař aplikuje radiofarmakum do již zavedené kanyly a použité pomůcky (jehla, injekční stříkačka, atd.) odloží do odstíněných kontejnerů (obrázek číslo 16).



Obrázek 14 Jodová kontrastní látka (Mannitol 2 %)¹⁴

¹³ Fakultní nemocnice Hradec Králové

¹⁴ Fakultní nemocnice Hradec Králové



Obrázek 15 Olověný vozík pro přemístění radiofarmaka s olověným krytem na injekční stříkačku s radiofarmakem¹⁵



Obrázek 16 Odstíněné kontejnery na jehly a injekční stříkačky po aplikaci radiofarmaka¹⁶

Za 45-60 minut po aplikaci radiofarmaka radiologický asistent vyzve mikrofonem pacienta, aby si došel na toaletu a to z důvodu, že radiofarmakum se vylučuje močí. Plný močový měchýř by mohl zakrývat případnou patologii. Dále si radiologický asistent před příchodem pacienta do vyšetřovací místnosti zadá do počítače všechny potřebné informace o pacientovi (jméno, příjmení, rodné číslo, typ vyšetření, atd.). Následně je pacient zavolán do vyšetřovací místnosti. Pro kontrolu identity musí říci své iniciály (jméno, příjmení, rodné číslo).

Lehne si na záda na vyšetřovací stůl, ruce si nechá podél těla a pod kolena je vložen klín. Ruce jsou fixovány pásem k hrudníku. Během vyšetření musí být pacient v klidu, pouze komunikuje s personálem.

¹⁵ Fakultní nemocnice Hradec Králové

¹⁶ Fakultní nemocnice Hradec Králové

PET/CT se běžně provádí od baze lební do poloviny stehen. Při detekci zánětů nejasného původu lze vyšetřovanou oblast rozšířit a provést celotělové PET/CT vyšetření. Při PET/CT vyšetření se dle požadavků lékaře může podat i jodová kontrastní látka intravenózně do zavedené kanyly.

V příloze č. 8 jsou výsledky vyšetření PET/CT s ^{18}F -FDG. Nahoře je celotělový scintigram v předozadní projekci a na obrázku dole je opět fúze scintigramu s CT. Oba obrázky jsou průkazem sarkoidózy. Sarkoidóza může být bezpříznaková nebo se může projevit určitými příznaky. Příznaky této nemoci velmi záleží na orgánech, které jsou postiženy.

7 Diskuse

Vyšetření na oddělení nukleární medicíny se k diagnostice zánětů jsou nenahraditelnou částí diagnostiky obzvláště při detekci těchto zánětů jak v České republice, tak i v zahraničí. V porovnání českého a slovenského zdravotnictví se indikace vyšetření, popisovaných v této práci, neliší. Nejčastěji se na odděleních nukleární medicíny na Slovensku pro diagnostiku zánětů nejasného původu využívá scintigrafické vyšetření s ^{67}Ga -citrátem, scintigrafie se značenými leukocyty techneciem a pozitron emisní tomografie s ^{18}F -FDG. Neopomenutelnou roli v diferenciální diagnostice osteomyelitid a zánětů měkkých tkání hraje třífázová scintigrafie kostí s technecium difosfonáty.

Při porovnání jednotlivých vyšetření se na Slovensku třífázová scintigrafie kostí provádí rutině pro diagnostiku osteomyelitidy a zánětu měkkých tkání stejně jako na území České republiky. Scintigrafie s ^{67}Ga -citrátem se také používá pro diagnostiku zánětů nejasného původu, i když se používá spíše pro nádorovou diagnostiku (maligní lymfomy, maligní melanomy, karcinom plic). Pro značení leukocytů se na Slovensku spíše používá $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO stejně jako na našem území. Používá se často u diabetických nohou, osteomyelitid v periferním skeletu, pro diagnostiku infekcí v okolí kloubních náhrad stejně jako vícefázová scintigrafie kostí, horeček neznámého původu, atd. Vyšetření PET/CT s fluorodeoxyglukózou se u našich sousedů provádí při horečkách neznámého původu, podezření na sarkoidózu a dalších infekčních onemocnění, dále v kardiologii například při hodnocení viability myokardu, při diagnostice neurologických onemocnění a je často využíváno pro hledání tumorů primárních či recidiv, neboť nádorové buňky pro svůj metabolismus spotřebovávají velké množství glukózy. Z tohoto plyne, že PET/CT s ^{18}F -FDG se přímo pro diagnostiku zánětů využívá jen z části.

8 Závěr

Cílem této práce bylo především seznámit čtenáře s prací radiologického asistenta (zejména v praktické části), který je neopominutelnou součástí všech vyšetření na oddělení nukleární medicíny, a s vyšetřeními prováděnými na tomto oddělení využívaných pro diagnostiku zánětů nejasného původu.

Při diagnostice zánětu nebývá nukleární medicína první volbou a to minimálně ze dvou následujících důvodů. První, asi nejzávažnější, je radiační zátěž pro pacienta. Do těla pacienta je aplikován otevřený zářič ve formě radiofarmaka, tudíž se z něho stává na určitou dobu (podle aplikovaného radionuklidu) zdroj radioaktivního záření. Druhým důvodem může být i vyšší finanční náročnost scintigrafických vyšetření a PET vyšetření prováděných na oddělení nukleární medicíny oproti například ultrazvukovému či skiagrafickému vyšetření, které by při diagnostice zánětu mohlo být přínosné. Proto se při každém podezření na zánět v těle nejprve využijí metody méně zatěžující organismus člověka, jako jsou laboratorní testy, UZ, CT, atd. Většinou až po vyčerpání těchto metod se přistupuje ke scintigrafickým vyšetřením.

Scintigrafická vyšetření popsaná v mé práci mají ovšem velký význam v lokalizaci zánětlivého ložiska, dávají lékařům možnost plně využít možnosti dnešní medicíny ve prospěch pacienta a díky výsledkům z těchto vyšetření lze podat pacientovi správnou a účinnou léčbu.

9 Použitá literatura

Literární zdroje:

1. MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007-. ISBN 978-80-244-1723-3.
2. ROZSYPAL, Hanuš. *Základy infekčního lékařství*. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2932-2.
3. BÁRTOVÁ, Jarmila. *Patologie pro bakaláře*. 4. vyd. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0794-8.
5. SCHLOSSBERG, David. *Clinical infectious disease*. New York: Cambridge University Press, 2008. ISBN 978-0521871129.
6. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
7. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1.
11. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
12. *Seznam zdravotních výkonů s bodovými hodnotami: aktualizované znění ..* Olomouc: EZ Centrum, 2008. ISBN 978-80-905236-5-4.
14. MYSLIVEČEK, Miroslav, Pavel KORANDA a Václav HUŠÁK. *Nukleární medicína v diagnostice nádorů a zánětů*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0509-1.

Internetové zdroje:

4. *Detekce zánětů scintigrafickými metodami*. [online]. Plzeň, 2001 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: http://zanety.czweb.org/#_Toc64035473
8. ULLMANN, Vojtěch. astroNuklFyzika: Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/>
9. DOLEŽAL, Jiří. Fyzika [online]. 2016, 14. 9. 2016 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
10. *Přehled typů scintilačních kamer používaných na pracovištích nukleární medicíny* [online]. Praha, 2007 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: http://rtg.kvalitne.cz/prace/scintilacni_kamery.pdf

13. *Státní úřad pro kontrolu léčiv* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/sukl/ooop-07-16-stanoveni-vyse-a-podminek-uhrady-pripravovanych>
- Slovenská spoločnosť nukleárnej medicíny a radiačnej hygieny* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.ssnm.sk/>
- Inštitút nukleárnej a molekulárnej medicíny* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.inmm.sk/>

Legislativní zdroje:

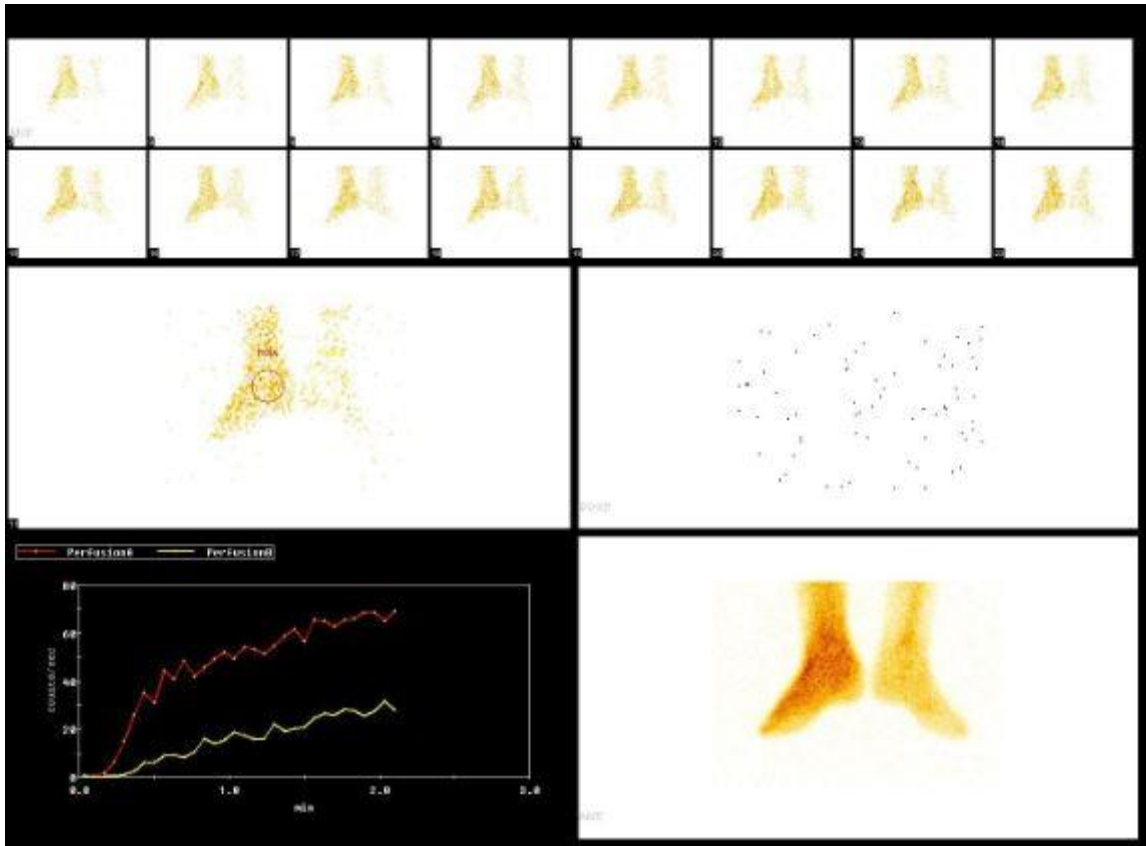
Parlament České republiky, 2004. Zákon č. 96/2004 Sb. o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů. Sbírka zákonů, č. 30/2004, s. 1455

Ministerstvo zdravotnictví, 2011. Vyhláška č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. Sbírka zákonů, č.20/2011, s. 487-488

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016. Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Sbírka zákonů, č. 172/2016, s. 6619-6626

10 Přílohy

Příloha 1 Třífázová scintigrafie kostí.....	56
Příloha 2 Přední strana souhlasu pacienta se scintigrafií značenými leukocyty.....	57
Příloha 3 Zadní strana souhlasu pacienta se scintigrafií značenými leukocyty.....	58
Příloha 4 Scintigrafie se značenými leukocyty.....	59
Příloha 5 Přední strana souhlasu pacienta s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -FDG a jódové kontrastní látky.....	60
Příloha 6 Zadní strana souhlasu pacienta s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -FDG a jódové kontrastní látky.....	61
Příloha 7 Anamnestický dotazník.....	62
Příloha 8 Celotělový scintigram (nahore) a fúze vyšetření PET/CT s ^{18}F -FDG (dole).....	63



Příloha 1 Třífázová scintigrafie kostí

Zvýšený záchyt radiofarmaka v oblasti pravého kotníku a nohy.



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

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny - 6681

Tel.: 495 832 337

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

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: Pojišťovna:

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

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

Plánovaný výkon: **Scintigrafie značenými leukocyty**

Radiofarmakum: ^{99m}Tc

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. Po celý den vyšetření, 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:

Příloha 2 Přední strana souhlasu pacienta se scintografií značenými leukocyty.

Vyplňuje pacient.

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:

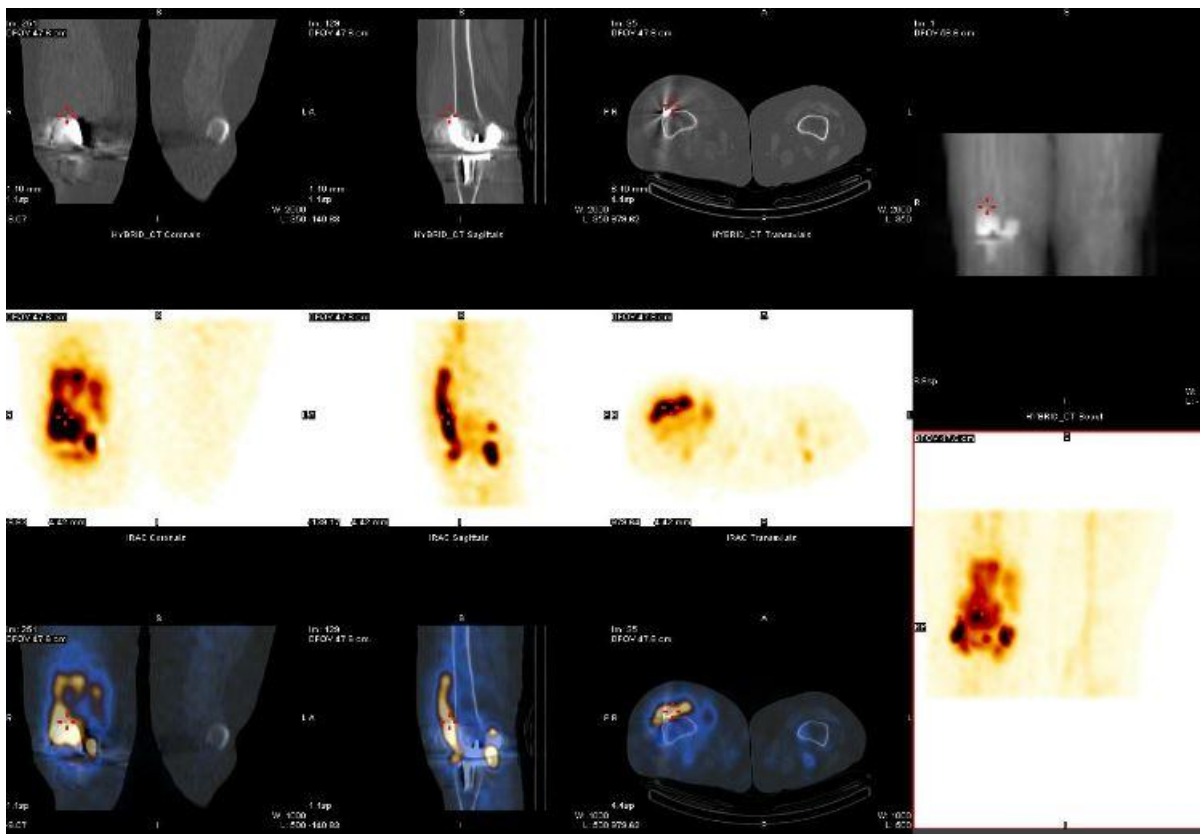
Lékař/ka provádějící poučení a aplikaci radiofarmaka. Lékařské ozáření schválil/a lékař/ka:

– jmenovka a podpis:

Vyšetření provedl/a:

Příloha 3 Zadní strana souhlasu pacienta se scintigrafií značenými leukocyty.

Vyplňuje lékař.



Příloha 4 Scintigrafie se značenými leukocyty.

Zvýšený záchyt značených leukocytů v okolí endoprotézy a měkkých tkáních.



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

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny - 6682

tel./fax: 495 834 542

**Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce
s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -FDG
a jódové kontrastní látky**

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: **Pojišťovna:**

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

.....
příjmení jméno titul pracovní zařízení
(zdravotní sestra, sanitář, ...)

Plánovaný výkon: **PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka a jódové kontrastní látky**
Radiofarmakum: **^{18}F -FDG (fludeoxyglukosa)**

Vážená paní, vážený pane,

na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na moderním přístroji PET/CT. Tato metoda umožňuje velmi podrobně zobrazit změny na vnitřních orgánech pomocí radioaktivní látky. Často je součástí vyšetření i nitrožilní podání jódové kontrastní látky s cílem dosažení kvalitnějšího zobrazení.

Před vyšetřením prosím vyplňte krátký anamnestický dotazník.

Popis výkonu:

Do žíly Vám bude zavedena kanyla (hadička), během zavádění můžete pocítit mírnou bolest obdobně jako při odběru krve. Podání radiofarmaka ^{18}F -FDG se provede do zavedené kanyly a není spojeno s nežádoucími účinky. V indikovaných případech se před vyšetřením podává ještě kontrastní roztok perorálně (pije se) k lepšímu zobrazení stěv. Po cca 1 hodině (nutný interval k dostatečné akumulaci radiofarmaka) následuje vlastní vyšetření na přístroji PET/CT. Vyšetření se provádí vleže a trvá 20 - 40 minut.

Bezprostředně před uložením do přístroje se zavedená nitrožilní kanyla spojí s automatickým dávkovačem jódové kontrastní látky, jejíž krátkodobá aplikace výrazně zvyšuje hodnotu prováděného vyšetření. Kontrastní látka je rychle vylučována ledvinami, takže je prakticky všechna vyloučena do jedné hodiny po jejím podání. Po vyšetření je vhodné podpořit její vylučování pitím dostatečného množství tekutin.

Podání nitrožilní kontrastní látky může být spojeno s mírnými průvodními pocity, mezi něž patří sucho v ústech a pocit tepla v těle. Vzácně může na jódovou kontrastní látku vzniknout i nežádoucí alergická reakce. Vznik alergické reakce nelze předem předvídat. Projevy alergické reakce mohou být kýčání, pocit dušnosti, kožní reakce (např. kopřivka), ale ojediněle i těžké život ohrožující stavy. Vyšší rizika jsou u nemocných s astmatem a mnohočetnou přecitlivělostí (polyvalentní alergie).

Vzácně se zhoršení základního onemocnění může objevit po podání jódové kontrastní látky u nemocných se srdečním selháním, s pokročilým poškozením funkce ledvin, feochromocytomem, myasthenií gravis, paraproteinemií, epilepsií a u některých osob trpících cukrovkou.

Příloha 5 Přední strana souhlasu pacienta s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -FDG a jódové kontrastní látky.

Vyplňuje pacient.

Abychom snížili riziko alergické reakce na minimum, podáváme velice kvalitní přípravek, který je na celém světě považován za bezpečný, a u něhož je výskyt nežádoucích alergických reakcí vzácný. Podání kontrastní látky provádíme v souladu s doporučením výrobce a jsme připraveni při výskytu případných nepříznivých účinků kontrastní látky poskytnout odpovídající péči k jejich odstranění či zmírnění.

Jódovou kontrastní látku nelze podat osobám s těžkou poruchou funkce ledvin nebo léčících se pro tyreotoxikózu (zvýšená funkce štítné žlázy). Osobám, které v minulosti proděly nežádoucí reakci na nitrožilně podanou jódovou kontrastní látku, lze kontrastní látku podat jen po speciální přípravě. U ostatních osob se podání kontrastní látky považuje za bezpečné.

Nežádoucí vedlejší účinky (alergické reakce) se po aplikaci 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 v Hradci Králové.

Alternativou je provedení vyšetření jen s aplikací radiofarmaka bez podání kontrastní látky, ale za cenu snížení přínosu vyšetření.

Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Pro dočasnou přítomnost radioaktivní látky v těle se doporučuje v den vyšetření omezit kontakt s 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 nezaměřel/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 souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

Souhlasím s plánovaným PET/CT vyšetřením s podáním jódové kontrastní látky

Souhlasím s plánovaným PET/CT vyšetřením bez podání jódové kontrastní látky
(zaškrtněte zvolenou odpověď)

dne: v hodin

Podpis:

Místo aplikace radiofarmaka a kontrastní látky:

kubitální žíla vpravo vlevo

předloktí vpravo vlevo

dorsum ruky vpravo vlevo

flexila vpravo vlevo

jiné

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

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

jmenovka a podpis:

Příloha 6 Zadní strana souhlasu pacienta s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ¹⁸F-FDG a jódové kontrastní látky.

Horní část vyplní pacient a podepíše. Dolní část vyplní lékař.



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

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny – 6682

tel./fax: 495 834 542

ANAMNESTICKÝ DOTAZNÍK PŘED VYŠETŘENÍM PET/CT

(vybranou odpověď zakroužkujte)

Příjmení a jméno pacienta:

Rodné číslo: Pojišťovna:

Mám alergii na jód (v potravě, lécích, dezinfekci)	ANO	NEVÍM	NE
Měl/a jsem již alergii na nitrožilně podané kontrastní látky	ANO	NEVÍM	NE
Mám sennou rýmu	ANO	NEVÍM	NE
Mám astma	ANO	NEVÍM	NE
Mám vleklé onemocnění ledvin se sníženou funkcí ledvin	ANO	NEVÍM	NE
Mám cukrovku (diabetes mellitus)	ANO	NEVÍM	NE
Mám onemocnění krve, krvetvorby nebo mnohočetný myelom	ANO	NEVÍM	NE
Podstoupil/a jsem operaci	ANO	NEVÍM	NE
Kdy a jakou?			
Podstoupil/a jsem cytostatickou léčbu (chemoterapii)	ANO	NEVÍM	NE
Kdy byla ukončena?			
Podstoupil/a jsem léčbu zářením (radioterapii)	ANO	NEVÍM	NE
Kdy byla ukončena?			
Užívám antirevmatika (léky jako např. Ibalgin, Brufen, Ibuprofen, Nimesil, Aulin,...) nebo kortikosteroidy	ANO	NEVÍM	NE
Užívám streptomycin nebo neomycin	ANO	NEVÍM	NE
Mám vysoký krevní tlak (arteriální hypertenzi)	ANO	NEVÍM	NE
Mám srdeční nedostatečnost (srdeční měštnání)	ANO	NEVÍM	NE
Mám vleklé onemocnění jater	ANO	NEVÍM	NE
Mám zvýšenou funkci štítné žlázy (hypertyreózu)	ANO	NEVÍM	NE
Jsem těhotná, mám podezření na těhotenství, kojím	ANO	NEVÍM	NE

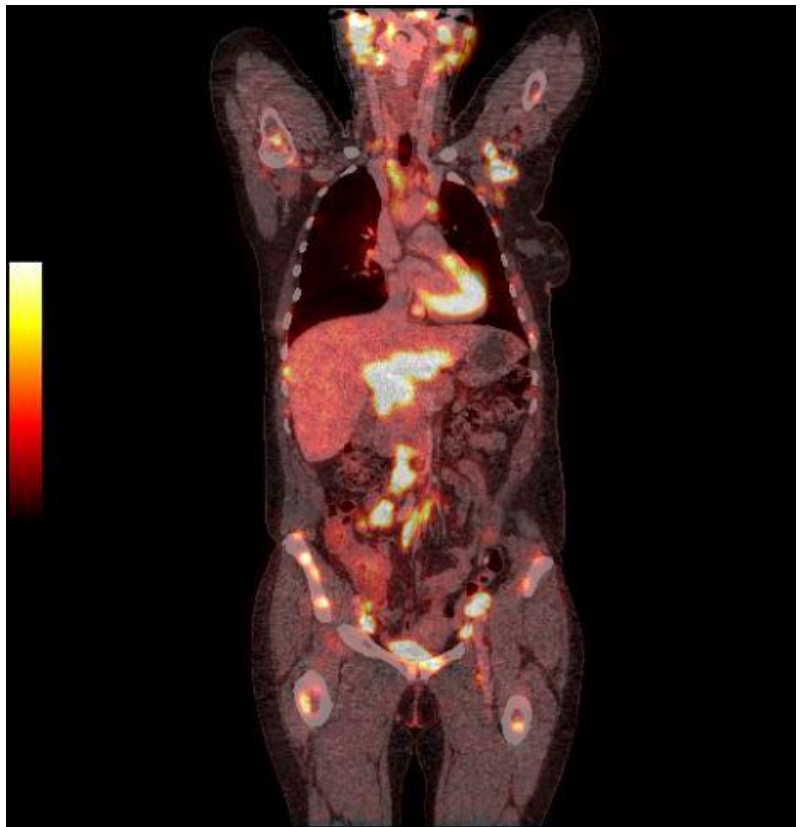
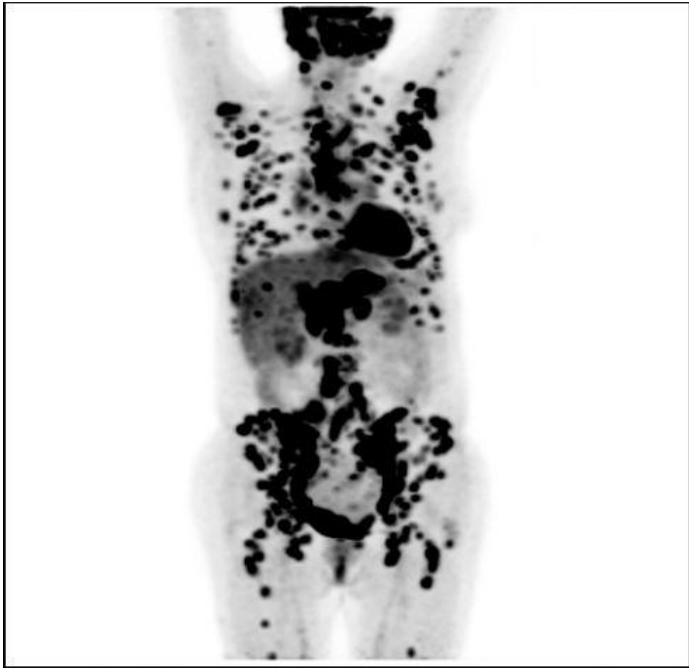
Pokud jste něčemu nerozuměl/a nebo máte doplňující otázky – obraťte se na lékaře či sestru

Datum:

Podpis pacienta – zákonného zástupce:

Příloha 7 Anamnestický dotazník.

Vyplňuje sám pacient, případně se doplní s lékařem při nejasnostech.



Příloha 8 Celotělový scintigram (nahore) a fúze vyšetření PET/CT s ^{18}F -FDG (dole).

Průkaz sarkoidózy.