

**Univerzita Karlova v Praze**

**2.Lékařská fakulta**



# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Téma: Úloha radiologického asistenta**

**při scintigrafii skeletu**

**2007**

**zpracovala: Kristýna Tejnorová**

**vedoucí práce: MUDr.Kateřina Táborská**

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Úloha radiologického asistenta při scintigrafii skeletu vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

Souhlasím s použitím práce k vědeckým účelům.

V Praze 11.2.2008

Kristýna Tejnorová

---

## Poděkování

---

### **Poděkování :**

Děkuji touto cestou vedoucímu bakalářské práce paní MUDr. Kateřině Táborské za cenné rady a připomínky poskytované v průběhu vypracování bakalářské práce.

---

## Abstrakt

Kostní scintigrafie je jednoduchá neinvazivní metoda. Hlavní úlohou je zobrazení změn kostního metabolismu díky záchytu radiofarmaka. Nejčastěji používanými radiofarmaky jsou difosfonáty značené  $^{99m}\text{Tc}$ . Distribuce těchto indikátorů zobrazuje jednak krevní zásobení, jednak kostní obrát. Indikátor, který není vázán ve skeletu, je vylučován ledvinami.

Nejčastějšími indikacemi pro scintigrafii skeletu jsou primární a sekundární kostní nádory, osteomyelitidy, fraktury. Kontraindikací je těhotenství. Nevýhodou kostní scintigrafie je nízká specifická vyšetření.

Práce přibližuje pracovní náplň radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny. Je popsána příprava pacienta a techniky provedení. Součástí kostní scintigrafie může být radionuklidová angiografie a fáze krevního poolu (zobrazení měkkých tkání) v časně fázi, které jsou následovány pozdní kostní fází. Tato technika se nazývá třífázová scintigrafie. Standardní kostní scan se provádí za 2-5 hodin po intravenózní aplikaci radiofarmaka. Po inspekci celotělového zobrazení může lékař nukleární medicíny rozhodnout o doplnění dalšího vyšetření –jednofotonové emisní výpočetní tomografie (SPECT) nebo na novějších přístrojích i SPECT/CT. Tyto techniky poskytují lepší anatomickou lokalizaci a mohou zlepšit diagnostickou přesnost kostní scintigrafie.

Část práce tvoří zhodnocení přínosu moderní hybridní techniky SPECT/low dose CT, která se nachází na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie ve Fakultní nemocnici v Motole. Bylo zařazeno 49 po sobě jdoucích onkologických nemocných, kteří absolvovali kostní scintigrafii v roce 2007 a na celotělovém scanu se objevila nová nebo dosud neobjasněná ložiska s abnormální kostní aktivitou. Ověření konečné etiologie ložisek by vyžadovalo doplnění dalších vyšetřovacích postupů. Proto byl proveden SPECT/low dose CT. Změny kostního metabolismu byly benigního původu u 26 pacientů (53%), u 13 nemocných (27%) byly přítomny metastázy. Nálezy u 11 pacientů (20%) zůstaly neurčeny. SPECT/low dose CT technika přispěla k objasnění nálezu u 80% onkologických pacientů zahrnutých do této skupiny.

---

## **Abstrakt**

Bone scintigraphy is an easy noninvasive method. The major function is to image changes of bone metabolism due to the uptake of radiopharmaceutical. Technetium <sup>99m</sup>Tc-labeled diphosphonates are the most widely used radiofarmaceuticals. The distribution of these tracers reflects blood flow and bone formation. Tracer that does not localize to bone is cleared by the kidney.

Primary and secondary bone tumors, osteomyelitis and fractures are the most common indications for bone scintigraphy. Contraindication is pregnancy. Disadvantage of the bone scintigraphy is a low specificity of examination..

The work explains a working content of a technologist at the department of the nuclear medicine. Patient preparation and techniques are described. Skeletal scintigraphy may include radionuclide angiography and tissue phase at early phase, which is followed by skeletal phase imaging at late phase. This technique is called three phases scintigraphy. Standard bone scan is obtained 2-5 hours later after intravenous injection of radiotracer. A nuclear medicine specialist can decide after inspection the whole-body (WB) examination about addition single photon emission computed tomography (SPECT) or even SPECT/CT at newer scanners. These techniques provide a better anatomic localisation and may improve sensitivity and diagnostic accuracy of bone scintigraphy.

A part of work is composed by evaluation of contribution the modern hybrid technique SPECT/low dose CT which is located at Clinic of Nuclear Medicine and Endocrinology in Motol Hospital. 49 consecutive oncologic patients were included who underwent bone scintigraphy in 2007 and new or unclear foci with abnormal bone activity were detected on WB scan. Assessment of foci could require further workup because a definite etiology could not be established. Thus SPECT/low dose CT was completed. Changes of the bone activities were caused by benign etiology at 26 patients ( 53%), at 13 patients (27%) were present metastases. Findings at 11 patients (20%) remained indeterminate. SPECT/low dose CT was able to clarify finding at 80% of oncologic patients in this group.

---

---

**OBSAH**

<b>1. Úvod</b> .....	7.
<b>2. Scintigrafie skeletu</b> .....	8.
2.1 Princip metody .....	8.
2.2 Anatomie a fyziologie kostí .....	8.
<b>3. Radiofarmaka</b> .....	10.
3.1 Farmakokinetika <sup>99m</sup> Tc-fosfátových komplexů .....	11.
3.2 Příprava radiofarmaka .....	12.
<b>4. Provedení vyšetření</b> .....	13.
4.1 Příprava gammakamery .....	13.
4.2 Způsoby zobrazení .....	13.
4.3 Průběh vyšetření .....	15.
4.3.1 Příprava pacienta .....	15.
4.3.2 Aplikace radiofarmaka .....	15.
4.3.3 Uložení pacienta .....	16.
4.3.4 Průběh vyšetření .....	16.
4.3.5 Ukončení vyšetření .....	18.
<b>5. Vyhodnocení scintigrafického nálezu</b> .....	19.
5.1 Interpretace třífázové scintigrafie .....	20.
<b>6. Indikace a kontraindikace scintigrafie skeletu</b> .....	21.
6.1 Indikace .....	21.
6.2 Kontraindikace .....	21.
<b>7. Onemocnění skeletu</b> .....	23.
7.1 Kostní nádory .....	23.
7.1.1 Primární kostní nádory .....	23.
7.1.2 Kostní metastázy .....	24.
7.1.3 Benigní kostní tumory .....	25.
7.2 Kostní infekce .....	26.
7.3 Metabolické poruchy .....	26.
7.4 Fraktury .....	27.
7.5 Kostní a kloubní změny vyvolané zátěží .....	28.
7.6 Avaskulární nekróza .....	28.

## Obsah

---

7.7 Pethesova choroba.....	28.
7.8 Onemocnění kloubů .....	28.
7.9 Vedlejší nálezy .....	29.
<b>8. Vlastní práce.....</b>	<b>30.</b>
<b>9. Závěr .....</b>	<b>35.</b>
<b>Použitá literatura.....</b>	<b>36.</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>38.</b>





### 1. Úvod

Kostní scintigrafie je jednoduchá neinvazivní metoda, citlivě ukazující změny kostního metabolismu zobrazením záchytu osteotropního radiofarmaka <sup>(3)</sup>.

Tato metoda zaznamenala největší rozvoj v sedmdesátých letech. Velký rozvoj byl způsoben hlavně díky zlepšení detekční techniky a zavedení do praxe účinnějších radiofarmak. Je to diagnostická metoda, která dlouhodobě patří mezi nejčastěji prováděné metody na pracovišti nukleární medicíny. Je to vysoce senzitivní vyšetření. Scintigrafie skeletu umožňuje odhalit řadu patologických procesů ve skeletu. Velkou výhodou kostní scintigrafie je její časně odhalení patologických změn. Při použití klasických RTG snímků musí být odbouráno 30-70% kostního minerálu, aby změny byly vidět. Kdežto při scintigrafii skeletu jsou posuzovány metabolické změny ve skeletu, které předcházejí změnám strukturálním. Můžeme také provádět celotělovou kostní scintigrafii, díky které jednorázově zobrazíme metabolické aktivity v celém skeletu. Velkou výhodou je, že tato metoda nemá absolutní kontraindikaci kromě těhotenství. U použitých radiofarmak se neobjevují nežádoucí účinky a radiační zátěž vyšetření je nízká. Tato metoda má i přijatelnou cenu. Jedinou nevýhodou je její nízká specifita.

## 2. Scintigrafie skeletu

### 2.1 Princip metody

Nukleární medicína je oborem, který využívá otevřených radioaktivních zářičů k diagnostickým účelům<sup>(7)</sup>.

Kostní scintigrafie je funkční vyšetření, které je obrazem metabolické kostní aktivity. Díky tomuto vyšetření se nám zobrazí časné změny v metabolismu kostní tkáň. Jeho podstatou je zevní detekce gama záření, které po aplikaci osteotropního radiofarmaka vychází z těla vyšetřované osoby. Distribuce tohoto radiofarmaka závisí na krevním zásobení kosti a metabolickém kostním obratu.

Jsou možné tři typy zobrazení:

- a) celotělové zobrazení kostních a kloubních struktur
- b) tomografické zobrazení určité oblasti skeletu, toto vyšetření se nazývá SPECT (**S**ingle **P**hoton **E**mission **C**omputerized **T**omography - jednofotonová emisní počítačová tomografie)
- c) třífázová kostní scintigrafie cílená na určitou část skeletu

### 2.2 Anatomie a fyziologie kostí

Kosti jsou považovány za orgány, protože obsahují několik různých tkání. Přestože hlavní část tvoří tkáň kostní, nalezneme zde také tkáň nervovou, krevní, chrupavčitou v kloubních chrupavkách a epitelální tkáň, jenž vystýlá krevní cesty<sup>(2)</sup>.

Hlavní úlohou kostí je udržování celkového tvaru těla. Tvoří také pevnou konstrukci těla, nesou celou váhu těla a chrání vnitřní orgány. Například páteř chrání míchu a lebka mozek.

V těle je asi 200 kostí mnoha tvarů a velikostí. Tvar i velikost kosti je přizpůsoben speciálním potřebám (dlouhé, krátké, ploché,...). Na povrchu kosti je vnější hustá vrstva, která se nazývá kompakta. Pod ní leží houbovitá kost, která nám připomíná plástev medu s malými trámci. Mezi trámci jsou prostory, které jsou vyplněny červenou nebo žlutou kostní dřeví. Červená kostní dřeví vytváří krevní buňky

## 2. Scintigrafie skeletu

---

a žlutá je zásobárnou tuku. Na kosti jsou také označovány diafýzy a epifýzy. Střední část dlouhé kosti se nazývá diafýzou a konce epifýzou.

Kost má metabolickou úlohu a zároveň je to rezerva minerálů. Kost je tvořena z 1/3 organickou složkou (tj. kolagenní vlákna, osteoblasty, osteocyty, osteoklasty) a ze 2/3 anorganickou složkou (tj. Na, Mg, F, P, Ca). Organická část je tvořena hlavně kolagenními vlákny a anorganická složka je z krystalů hydroxyapatitu. Na krystaly se váže až 90% vápníku.

Dlouhé kosti mají několik zdrojů cévního zásobení. S cévním zásobením kosti, s jeho bohatostí a s jeho trvalou přestavbou souvisí také trvalá, po celý život probíhající přestavba kosti <sup>(1)</sup>.

U osob je tkáň nepřetržitě vstřebávána (katabolická fáze) a dotvářena (anabolická fáze) a to díky hormonálním a mechanickým podmínkám. Nazývá se to jako přestavba kostí. Tento proces řídí hormony (parathormon, kalcitonin a vitamín D). Růst a modelace skeletu jsou dokončeny v 3. dekádě věku. U plodu probíhá růst v přesně stanoveném časovém plánu. V průběhu puberty objem kostní hmoty nejvíce vzrůstá. Kolem 40. roku života začíná odbourávání převyšovat novotvorbu.

**Obr.1. Struktura kosti <sup>(8)</sup>**



### 3. Radiofarmaka (RF)

Prvními osteotropními radionuklidy byly beta zářiče s obtížnou detekcí stávajícími gamakamerami.

Radionuklidy  $^{45}\text{Ca}$  a  $^{32}\text{P}$  byly dříve používané ke studiu kostního metabolismu. Počátkem 60. let minulého století se začal používat  $^{85}\text{Sr}$ -chlorid,  $^{87\text{m}}\text{Sr}$ -chlorid a  $^{18}\text{F}$ -fluorid. Sloužily nám pro zobrazení kostního metabolismu. Pro svou vysokou energii záření nebyla tato radiofarmaka vhodná pro zobrazení scintilačními kamerami.

Moderní éra kostní scintigrafie začíná po roce 1971, kdy Subramanian a McAfee zavedli k zobrazení metabolické aktivity ve skeletu fosfátové komplexy značené techneciem  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Zpočátku byl hojně používán  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pyrofosfát, v dnešní době jsou nejvíce rozšířenými osteotropními radiofarmaky  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -metylendifosfonát (medronát, MDP) a  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hydroxymetylendifosfonát (oxidronát, HDP). Nejjednodušším a nejrozšířenějším radiofarmakem je právě methyldifosfonát (MDP) značený  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Je snadno připravován z komerčně dodávaných lyofilizovaných kitů. Díky zvyšující se dostupnosti PET dochází též k renesanci  $^{18}\text{F}$ -fluoridu jako dalšího osteotropního radiofarmaka <sup>(3)</sup>.

Dalším velkým přínosem osteotropních radiofarmak, která jsou značena beta zářiči, je paliativní léčba bolestivých kostních metastáz.

**Tab.1: Diagnostická osteotropní radiofarmaka <sup>(3)</sup>**

Radionuklid	Fyzikální poločas	Chemická forma	Max. energie záření $\beta$ (MeV)	Energie elmg. záření (keV)	Apl. aktivita u dospělého (MBq)
$^{18}\text{F}$	1,8 hod.	fluorid	-	511	110-370
$^{85}\text{Sr}$	65 dní	chlorid	-	514	5-10
$^{87\text{m}}\text{Sr}$	2,9 hod	chlorid	-	388	110-370
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6 hod	MDP, HDP	-	140	600-800

**Tab.2:Terapeutická osteotropní radiofarmaka <sup>(3)</sup>**

Radionuklid	Fyzikální poločas	Chemická forma	Max. energie záření $\beta$ (MeV)	Energie elmg. záření (keV)	Apl. aktivita u dospělého (MBq)
<sup>32</sup> P	14,3 dne	ortofosfát	1,71	-	185
<sup>89</sup> Sr	50,6 dne	chlorid	1,46	-	150
<sup>153</sup> Sm	1,9 dne	EDTMP	0,81	103	2600
<sup>186</sup> Re	3,8 dne	HEDP	1,07	137	1300

Pozn.: V tabulkách jsou uváděny energie elektromagnetického záření využívaného pro scintigrafické zobrazení a nejčastější hodnoty aplikované aktivity <sup>(3)</sup>.

### 3.1 Farmatokinetika <sup>99m</sup>Tc-fosfátových komplexů

Mechanismus záchytu značených fosfátových komplexů v kostech a patologických kostních lézích není ještě plně objasněn. Předpokládá se hlavně vazba na minerální kostní složku ( hydroxyapatitové krystaly) – chemisorpce, dále záchyt v nezralém kolagenu a konečně tvorba komplexu radiofarmak s fosfatázou, s následnou vazbou značeného disfosfonátu na enzymové receptory <sup>(3)</sup>.

Radiofarmaka se akumulují ve všech živých kostech. Velmi záleží na osteoblastické aktivitě kostního obratu a krevním zásobením. Tyto faktory nám určují množství a distribuci radiofarmaka, které se vychytává v kostech. U kostní scintigrafie jsou radiofarmaka podávána intravenózně. RF rychle přejde z intravaskulárního prostoru do extravaskulárního. Až 50% radiofarmaka se akumuluje v kostech. Maximum akumulace radiofarmaka v kostech je 1 hodinu po intravenózní aplikaci radiofarmaka. Po dobu 72 hodin se množství akumulované látky téměř vůbec nemění. V krevním řečišti hladina radiofarmaka velmi rychle klesá. Už po 3 hodinách, od aplikace radiofarmaka, je aktivita pouze 3%. Radiofarmakum, které se neváže v kostech, se vyloučí glomerulární filtrací.

Patologický stav se nám může projevit jako „horké“ či „studené“ ložisko. Horkými ložisky jsou nazývány změny, kde dochází ke zvýšené akumulaci podaného radiofarmaka. Studená ložiska se projevují sníženou akumulací podaného radiofarmaka. Studená ložiska se objevují podstatně méně než horká.

#### **3.2 Příprava radiofarmaka**

Radiofarmaka jsou přípravky, které obsahují jeden nebo více radionuklidů. Musí vyhovovat určitým normám. U radiofarmak je kontrolována radionuklidová čistota, radiochemická čistota, chemická čistota, hmotnostní aktivita a objemová aktivita. Neméně důležité je správné uchovávání radiofarmak. Jsou uchovávány ve vzduchotěsných obalech na dobře stíněném místě. Musí být zachována radiační ochrana, jak pracovníků nukleární medicíny, pacientů tak i okolí. Velký důraz je kladen na správné označení radiofarmak. Obal radiofarmaka musí obsahovat celý název radiofarmaka, výrobce, identifikační číslo, celkovou aktivitu (1 tobolky, 1ml kapalného radiofarmaka,...) způsob podání, doba použitelnosti, Výrobce je zodpovědný za správné označení radiofarmaka.

Radiofarmaka jsou vyráběna hromadně a poté jsou dodávána na oddělení nukleární medicíny. Nebo jsou připravovány přímo na oddělení nukleární medicíny.

## 4. Provedení vyšetření-úloha radiologického asistenta

Scintigrafie skeletu je vyšetření, které smí být indikováno pouze lékařem. Povinností radiologického asistenta není pouze uložení pacienta a obsluha kamery.

### 4.1 Příprava gamakamery

Za nastavení a obsluhu zodpovídá radiologický asistent. Radiologický asistent provádí denně vnější vizuální kontrolu gama kamery Symbia T. CT check up kontrolu, při této proceduře dojde k zahřátí rentgenky na provozní teplotu, automatickým kontrolám a kalibraci. Dále CT Quality, při této proceduře se stanovuje CT číslo vody, šum pixelu, napětí rentgenky. Blank emission –náběr pozadí s kolimátorem a nakonec kontrola polohy energetického maxima. Výsledky se zapisují do deníku kontroly. Také se provádí týdenní, měsíční a roční kontroly kvality gama kamery<sup>(9)</sup>.

### 4.2 Způsoby zobrazení

- a) třífázová scintigrafie
- b) celotělové zobrazení
- c) SPECT
- d) SPECT/CT

#### a) třífázová scintigrafie

je prováděna k posouzení změn perfuze kosti a okolních měkkých tkání. U třífázové scintigrafie je používána jak dynamická tak statická scintigrafie. Nejčastěji se tato metoda používá v diferenciální diagnostice osteomyelitidy a zánětu měkkých tkání.

Třífázová scintigrafie má 3 fáze:

*1. fáze se nazývá perfuzní neboli angiografickou.* V této fázi se nám zobrazí regionální prokrvení sledované části skeletu. Radiologický asistent začne snímat vyšetřovanou oblast ihned s intravenózním podání radiofarmaka. Nejčastěji se snímá 60 obrázků. Rychlost snímání je 1 obrázek za 1 vteřinu. Matice je nastavená na 64 x 64, může být i jemnější. Zoom je 1.

2. fáze se nazývá tkáňovou neboli „ blood pool“. Tato fáze navazuje ihned na angiografickou fázi. V této fázi jsou vytvářeny statické obrazy zachytu RF. Je sledován průběh RF, které prochází z krevní cesty do extracelulárního prostoru měkkých tkání a kostí. Dělá se 1 snímek po 3 minutách. Matici používáme nejméně 128 x 128.

3.fáze se nazývá pozdní „kostní“. Je to poslední fáze třífázové scintigrafie. Radiologický asistent zahajuje poslední fázi mezi 2. až 4. hodinou po podání radiofarmaka. Matice se používá stejná jako v 2.fázi 128 x 128.

#### **b) celotělové zobrazení**

U celotělového zobrazení je poloha pacienta na zádech. Dolní končetiny je nutno snímat ve vnitřní rotaci. Je nutné zadat délku scanu dle délky pacienta.

Matice je 256 x 1024 a zoom je 1. Rychlost posunu stolu je zadána dle věku pacienta.

**Tab.3 : Rychlost posunu stolu <sup>(9)</sup>**

Dospělý	14 cm /min
Dítě 4-8 let	8 cm / min
Dítě 8-12 let	10 cm / min
Dítě 12-16 let	12 cm / min

#### **c) SPECT**

Tomografická scintigrafie SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography - jednofotonová emisní počítačová tomografie) je realizována jako série planárních obrazů vyšetřovaného místa, snímaných pod mnoha různými úhly (0°-360°) detektorem kamery obíhajícím kolem pacienta. Počítačovou rekonstrukcí se pak z těchto obrazů konstruuje tomografické obrazy příčných řezů vyšetřovaným objektem. Série těchto obrazů transverzálních řezů pak vytváří celkový trojrozměrný obraz distribuce radioindikátoru<sup>(5)</sup>.

#### **d) SPECT/CT**

V novějších přístrojích se kombinuje funkční zobrazení s anatomickým, aby se využily výhody a potlačily nevýhody obou technik. SPECT i CT využívají vlastnosti



elektromagnetického vlnění. SPECT vychází z principu emise záření, jehož zdrojem je radiofarmakum nitrožilně aplikované do těla pacienta. CT vytváří obraz na podkladě transmise záření, kdy zdroj záření je umístěn mimo tělo pacienta a vyšetřovaný objekt je umístěn mezi zdroj záření a detekční systém. Spojení obou metod do jedné hybridní modalitě přispívá ke zvýšení senzitivity i specificity obou metod a CT může být využito i ke korekci na absorpci záření.

### **4.3 Průběh vyšetření**

#### ***4.3.1 Příprava pacienta***

Před scintigrafií skeletu není žádná speciální příprava pacienta. Na vyšetření nemusí přijít pacient nalačno. Před a po vyšetření by měl být dobře hydratován. Před samotným vyšetřením je nutné, aby se pacient vymočil. Plný močový měchýř by nám mohl překrývat struktury pánve. Pacient si musí odstranit všechny kovové předměty, které by mohly být zdrojem artefaktů. Malé děti jsou přebaleny do čistých plen. Musíme však počítat s artefakty, které vzniknou z předmětů, které nelze odstranit. Jsou to například : kardiostimulátor, prsní náhrady, endoprotézy. Také u pacientů s únikem moči nám vzniká artefakt, který je způsoben kontaminací moče. Paravenózní aplikace radiofarmaka nám způsobí artefakt v místě vpichu. Podáním radiofarmaka do centrálního katétru se může zobrazit jeho stěna. Na záznamu se nám většinou také zobrazí stěna cévky z močového měchýře. Radiologický asistent je povinen vše zkontrolovat.

#### ***4.3.2 Aplikace radiofarmaka***

Dle vyhlášky 424/2004 radiofarmaka smí předepisovat pouze lékař s atestací z nukleární medicíny. Aplikovat radiofarmakum smí jen lékař nebo sestra pro nukleární medicínu. Sestra aplikuje radiofarmakum na základě indikace lékaře. Radiologický asistent nesmí podávat radiofarmaka intravenózně a ani žádným jiným způsobem, neboť tato činnost není uvedena ve výše zmiňované vyhlášce.

Radiofarmakum je aplikováno intravenózně. Množství aplikovaného radiofarmaka závisí na hmotnosti pacienta. Dospělému pacientovi o hmotnosti 70-85 kg

činí aplikovaná aktivita 700 MBq. Pro dospělé s hmotností menší než 70kg a větší než 85kg je aplikovaná aktivita vypočítána ze vzorce:

$$A_p = A_{\text{pro pac.o hmotnosti 70kg}} \times F, F = W^{0,7}/70^{0,7} \quad (9)$$

U velmi malých dětí musí být aktivita radiofarmaka minimálně 40MBq <sup>99m</sup>Tc.

#### **4.3.3 Uložení pacienta**

Pacienta ukládá na vyšetřovací stůl radiologický asistent nebo sestra pro NM. Sestra nebo radiologický asistent pošle pacienta vymočit. U scintigrafie skeletu radiologický asistent uloží pacienta na záda. Jiná poloha se provádí pouze dle ordinace lékaře. Ruce jsou přiloženy k tělu pacienta, nohy jsou nataženy. Důležité je dodržet symetrii uložení. Dolní končetiny, při celotělovém zobrazení, jsou snímány ve vnitřní rotaci. Pokud má pacient centrální katétr, tak ho položíme mimo tělo pacienta. Nakonec je pacient připevněn speciálním pásem kolem hrudníku, aby se nemohl pohybovat nebo aby nespadol ze stolu. Radiologický asistent zkontroluje správné uložení pacienta. Pacient je poučen, že se nesmí hýbat. U nespolupracujících pacientů se indikují uklidňující látky nebo anestezie. Toto platí i u velmi malých dětí, které nevydrží v klidu.

#### **4.3.4 Průběh vyšetření**

Pacient přichází na vyšetření informovaný a poučený. Důležitá je dokumentace pacienta, kam je s velkou přesností zapisován průběh vyšetření. Radiologický asistent ověří osobní údaje pacienta a jeho identitu. Dokumentace se nazývá pracovní list vyšetření. V něm je uvedeno jméno pacienta, rodné číslo, pojišťovna, datum vyšetření a objednané vyšetření. Dále je zde uvedeno, jestli má pacient kardiostimulátor, kloubní náhrady, alergie a u žen jestli nejsou těhotné a jestli kojí. Pacient svým podpisem stvrdí správnost uvedených údajů, a že byl poučen o nakládání s kontaminovaným materiálem, který vzniká po podání radiofarmaka. Pracovní list obsahuje také záznam o průběhu podání RF a o průběhu vyšetření. Jsou zde informace o aplikovaném RF, čas natažení, natažená aktivita a kdo natáhl. Dále aplikace RF, čas aplikace, místo aplikace a kdo aplikoval. A také na jakém přístroji je vyšetření prováděno, čas zahájení snímání a kdo snímá. Radiologický asistent kontroluje, jestli snímání je zahájeno ve správnou dobu po aplikaci radiofarmaka.

Radiologický asistent provádí bez odborného dohledu obsluhu kamery. Provádí to na základě požadavku indikujícího lékaře. Smí provádět pouze vyšetření, které je indikováno lékařem. Obsluhovat kameru smí i sestra NM bez odborného dohledu. Obsluhuje přístroje pro dynamické a statické studie. Také připravuje záznamy vyšetření pro vyhodnocení lékařem. Za nastavení a obsluhu přístroje má zodpovědnost obsluhující radiologický asistent.

Scintigrafie skeletu se nejlépe provádí na dvoudetektorové gamakameře. Radiologický asistent zadá do počítače jméno a příjmení pacienta, rodné číslo, pohlaví a typ studie a zvolí akviziční protokol. U celotělové scintigrafie se zadává whole body a rychlost posunu stolu. Radiologický asistent provádí bezpečnostní test, kdy se dotkne „ polštářů „ detektorů. Provádí se z důvodu bezpečnosti pacienta. Radiologický asistent nastaví kamery na přední i zadní projekci. Detektory jsou přiblíženy co nejbližší k pacientovi, ale zároveň se nesmí po celou dobu snímání detektor dotknout pacienta. Snímání by se zastavilo. U novějších přístrojů je tento proces zajišťován automaticky díky tzv. autoconturingu, který je řízen laserovými čidly. Velká vzdálenost detektoru kamery od těla pacienta může být zdrojem chyb. Pokud pacient trpí klaustrofobií, lze kameru dát dále od těla pacienta. Jsou používány paralelní kolimátory pro nízké energie. Posun kamery u celotělového snímání je 6-14 cm za minutu. Radiologický asistent zvolí na počítači vyšetření a nastaví rychlost snímání. Snímání je nastaveno tak, aby bylo získáno více jak 1.5 miliónů impulsů pro projekci. Chceme-li vyšetřit drobné klouby nebo malé děti, používáme jednotvorový kolimátor, který se nazývá pin hole. Před zahájením snímání je pacient upozorněn, aby se nehýbal. Pohyb pacienta při snímání je zdrojem chyb.

Zahájení vyšetření musí být ve správnou dobu od aplikace radiofarmaka. Zahájí-li radiologický asistent snímání příliš brzy, přetrvává vysoká aktivita měkkých tkání tělesného pozadí. Po zahájení snímání se zvolená oblast skeletu snímá do vyhodnocovacího počítače.

Na obrazovce radiologický asistent vidí dva obrázky. První obrázek, který je z prvního detektoru v přední projekci a druhý, který je z druhého detektoru v zadní projekci. Na obrazovce počítače také vidíme, kdy byla provedena kalibrace kamer, jaký je tam kolimátor, izotop, rychlost snímání a délka v cm ( počítáno od začátku zorného pole kamery do konce stolu ). Také vidíme celkový čas snímání, zbývající čas (ve vteřinách) a četnost impulsů.

Z důvodu bezpečnosti, musí radiologický asistent sledovat celý průběh vyšetření přes olovnaté okénko.

### **4.3.5 Ukončení vyšetření**

Po skončení vyšetření radiologický asistent zapíše průběh vyšetření do dokumentace. Do knihy záznamů, která zůstává na NM, se zapisuje jméno pacienta, rodné číslo, datum, typ vyšetření a kdo ho provedl. Každý radiologický asistent má povinnost zapsat všechny údaje.

Celotělová scintigrafie skeletu u dospělého člověka trvá přibližně 15-20 minut. SPECT trvá také přibližně 20 minut.

Po skončení snímání pomůže radiologický asistent pacientovi vstát z vyšetřovacího lůžka, dbá na to, aby se pacient neporanil o gamakameru. Také je nutno počítat s tím, že se pacientovi může motat hlava, radiologický asistent přidržuje pacienta a zjistí jak se cítí. Po skončení vyšetření se pacientům doporučuje, aby dbali na dostatečnou hydrataci. Zvýšená hydratace a časté močení pacienta urychlí vyloučení podaného radiofarmaka. Tím je snižována radiační zátěž pacienta.

Data z vyšetření jsou uložena do počítače, kde s nimi dále pracuje lékař.

Lze provést i další doplňující vyšetření, které vždy indikuje lékař.

## 5. Vyhodnocení scintigrafického nálezu

U scintigrafie skeletu je nutné znát odlišnou fyziologickou distribuci radiofarmaka u skeletu dětí a dospělých. Různá akumulace radiofarmak je u dětí, dospělých i starších lidí.

- ***Dětský věk***

V místě, kde je vyšší metabolismus, je záchyt radiofarmaka také vyšší. Lékař musí odlišit, jestli to je stav fyziologický či patologický.

U dětí se vždy zobrazuje sytá akumulace radiofarmaka v růstových štěrbinách dlouhých kostí. Velmi záleží na věku dítěte. U velmi malých dětí je akumulace radiofarmaka eliptického tvaru. U starších dětí vidíme lineární akumulaci radiofarmaka. Čím je dítě starší, tím je akumulace v růstových štěrbinách nižší. Dalším normálním nálezem záchytu radiofarmaka v dětském věku, je akumulace ve sfenoocipitální synchondróze, kterou můžeme vidět na bočním snímku hlavy. Také na pánvi může být vidět akumulace podaného radiofarmaka v ischiopubické synchondróze. Není-li ložisko symetrické, může být považováno za patologii. Dalším ložiskem zvýšené akumulace  $^{99m}\text{Tc}$  fosfátů, které v dospělosti vymizí, je v kostochonrálím přechodu žeber. Hrudní kost je zobrazena homogenně a to u dětí do 12.roku života. Naproti tomu v dospělosti může být akumulace RF ve sternu heterogenní. U mladých jedinců může být také viděn sytější výběžek C2.

- ***Dospělý věk***

V dospělém věku může být zvýšená akumulace radiofarmaka v axiálním skeletu. Na páteři se nám sytěji zobrazuje spinální výběžek obratle C7. Fokální akumulace ve střední části S1 se nám zobrazuje až u 4% mužů. Nesmí být opomenut ani záchyt radiofarmaka v lebních švech. Tato zvýšená akumulace může přetrvávat i v dospělém věku a může být interpretována jako ložisko. Osteotropní radiofarmakum se může být lehce vychytáváno u žen v prsou nebo v děloze v průběhu menstruace. U žen po porodu lze najít vyšší akumulaci v symfýze.

- ***Starší věk***

U starších lidí je možno vidět ložiskově vyšší záchyt radiofarmaka na přechodu těla a manubria sterni, které může být chybně považováno za patologii. Mylně interpretována může být také osteolýza, vidíme-li sníženou akumulaci radiofarmaka a

zároveň sytější lem v dolní části sternu. Vyšší akumulace v místě svalových úponů je způsobena větším svalovým zatížením. Ve starším věku může být pozorována nižší akumulace ve skeletu. Kalcifikace může být viděna v chrupavkách ( např. : žeber, chrupavce štítné, hyoidální,...)

### 5.1 Interpretace třífázové scintigrafie

Interpretace třífázové scintigrafie: příčinou regionální hyperemie může být kostní trauma, osteomyelitis, arthritis, kostní hemangiom, primární kostní nádory, ale i zánětlivé postižení měkkých tkání. V převážné většině případů platí, že absence výraznější lokální hyperemie v 1. a 2. fázi scintigrafie vylučuje infekční zánětlivý proces. K odlišení etiologického substrátu patologické hyperemie přispívá obraz v pozdní fázi , kdy např. u osteomyelitidy vysoká aktivita přetrvává i v 3. fázi, zatím co u prosté celulitidy měkkých tkání je aktivita v této fázi normální. Tak lze metodu s výhodou použít i pro odlišení zánětlivých lézí měkkých tkání od kostních abnormit <sup>(1)</sup>.

## 6. Indikace a kontraindikace scintigrafie skeletu

### 6.1 Indikace

- nádorová onemocnění skeletu-primární a metastatická
- osteomyelitis
- avaskulární nekróza
- okultní fraktury
- kostní infarkty
- potvrzení viability kostního transplantátu
- nevysvětlitelné kostní bolesti <sup>(4)</sup>

### 6.2 Kontraindikace

Kostní scintigrafie nemá absolutní kontraindikaci.

Indikující lékař musí pečlivě zvážit nutnost vyšetření u dětí a mladistvých. Dochází u nich k relativně vysoké zátěži v růstových zónách kostí. Stanovení a hodnocení radiační zátěže u dospělé osoby a 5-letého dítěte je uvedeno v tabulce č.4. U pacientů s těžkou renální insuficiencí máme zhoršenou kvalitu záznamu a zároveň se zvyšuje radiační zátěž pacienta. Velmi vážnou relativní kontraindikací je těhotenství i laktace. Zde vždy musí lékař posoudit riziko a přínos vyšetření. U těhotných žen můžeme vyšetření provést pouze v případě, že prospěch vyšetření převyšuje rizika. U kojících žen se doporučuje přerušit kojení na dobu nejméně 12 hodin. Přestože není prokázáno, že by <sup>99m</sup>Tc-fosfonáty prostupovaly do mateřského mléka.

U pacientů, kteří trpí inkontinencí, musíme dbát zvýšené opatrnosti. Dbáme, aby nedošlo ke kontaminaci okolí močí, protože moč je radioaktivní. Také různé léky nám mohou nepříznivě ovlivnit kvalitu obrazu. Jsou to např. difosfonáty, tetracykliny, sloučeniny hliníku a železa.

## 6. Indikace kontraindikace scintigrafie skeletu

---

**Tab 4: Radiační zátěž<sup>(10)</sup>**

Scintigrafie skeletu <sup>99m</sup> Tc-fosfonáty a fosfáty		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,063 povrchy kostí	0,0057
Děti 5 let	0,22 povrchy kostí	0,014



## 7. Onemocnění skeletu

Skelet nejčastěji postihují:

- kostní nádory
- kostní infekce
- metabolické poruchy
- fraktury
- onemocnění kloubů
- avaskulární nekróza
- Perthesova choroba
- Sudeckova atrofie
- Ankylozující spondylitis

### 7.1 Kostní nádory

#### 7.1.1 Primární kostní nádory

U maligních kostních nádorů můžeme vidět zvýšenou akumulaci radiofarmaka ve všech třech fázích třífázové kostní scintigrafie. Zvýšená akumulace podaného radiofarmaka je hlavně v oblasti nádoru. Ale v mnoha případech postihuje celou končetinu, tzn. v kostní fázi je zvýšená akumulace v celé končetině.

U Ewingova sarkomu bývá v kostní fázi akumulace obvykle homogenní, nález může být obdobný jako u osteomyelitidy. U Ewingova sarkomu lokalizovaného v malé pánvi a os sacrum však byl na pozdním scanu popsán i normální nález. Osteosarkom mívá v kostní fázi typicky vysokou akumulaci, často však nehomogenní, s propagací do okolních měkkých tkání<sup>(3)</sup>.

Dalším nádorem postihující skelet je chondrosarkom. Chondrosarkom má různou akumulaci radiofarmaka v kostní fázi, u dospělých jedinců se akumulace redukuje. Mnohočetný myelom se nám zobrazuje jako studená ložiska a někdy i jako falešně negativní nález.

Scintigrafie skeletu má velký význam u primárních kostních nádorů hlavně k vyhledávání kostních metastáz a polytopních lézí. Scintigrafie skeletu má velký význam v monitorování pooperačního stavu a hlavně v diagnostice relapsu onemocnění. Někdy, ale jen výjimečně, se nám zobrazí plicní nebo měkkotkáňové metastázy.

Nevýhodou kostní scintigrafie je, že není vhodná k posouzení velikosti nádoru. Protože akumulace radiofarmaka může přesahovat rozsah postižení.

Zajímavé je, že po amputaci dolní končetiny je vyšší akumulace radiofarmaka v místě osteotomie a v kyčli. Zvýšená akumulace přetrvává až několik měsíců. Jelikož amputovaná končetina je méně zatěžována, je později akumulace v kyčli menší než u zdravé končetiny. Kostní štěpy jsou nejdříve fotodeficitní a snížená akumulace v místě štěpu může přetrvávat i několik let.

Scintigrafie je citlivou metodou pro diagnostiku komplikací ( např. fraktury nebo zánětu).

### **7.1.2 Kostní metastázy**

U nádorů metastazujících do skeletu, je hlavní výhodou kostní scintigrafie to, že detekce kostních metastáz je časnější než u klasického RTG. Díky kostní scintigrafii lze odhalit metastázy až o 2-18 měsíců dříve než pomocí RTG. Do skeletu nejčastěji metastazují karcinom prsu, prostaty, plic, ledvin, atd. Nejvíce ložisek se nachází v axiálním skeletu a projevuje se z 98% jako „horká“ ložiska.

Osteoblastické léze se nám zobrazují buď jako mnohočetná nebo jako solitární ložiska, kde vidíme zvýšený záhyt radiofarmaka. Nejčastěji to je lokalizované v páteři, pánvi, žebrech a kalvě. Na páteři vznikají metastázy hlavně na obratlovém těle a pediklu.

U solitárních nebo nečetných lézí, které mají nízkou specifitu vyšetření, děláme další vyšetření. Je to např. biopsie k posouzení etiologie.

U pacientů, kteří mají mnohočetná ložiska, narůstá pravděpodobnost metastatického procesu. Musíme si dávat pozor, aby to nebylo způsobeno jinou příčinou (např. pseudofraktury, Pagetova choroba, polytrauma,...)

Osteolytické léze, např. u tumorů ledvin, se mohou projevit ložiskovým výpadem akumulace, případně s periferním lemlem zvýšené kostní přestavby. U osteolýzy s rychlou destrukcí kosti je možné se setkat i s normálním nálezem až do doby, kdy velikost léze překročí mez rozlišení nutnou pro detekci „studeného“ ložiska. Přínosem může být třífázová kostní scintigrafie, která prokazuje v místě osteolýzy lokální hyperémii<sup>(3)</sup>.

Diseminovaný metastatický proces do kostní dřene se projevuje jako tzv. „superscan“, který se projevuje zvýšenou distribucí radiofarmak ve skeletu, který obsahuje aktivní kostní dřev, většinou chybí zobrazení ledvin a močového měchýře. Akumulace radiofarmaka je homogenní a je zde vysoký poměr akumulace skelet/měkké tkáně.

Senzitivitu i specificitu vyšetření můžeme zvýšit pomocí SPECT (např. detekce metastáz v páteři se zvýší až o 50%). Můžeme použít i hybridní systémy s CT. Ve srovnání s MRI, je scintigrafie první volbou díky dostupnosti a ceně.

Scintigrafii skeletu používáme i k monitorování efektu léčby zejména u pacientů s osteoblastickými metastázami. U pozitivní léčby se nám může snížit počet ložisek nebo pokles akumulace v ložiskách. U chemoterapie a i u hormonální terapie se nám může pozitivní léčba projevit zvýšeným počtem ložisek nebo zvýšenou akumulací v ložisku. Nazýváme to jako „flare“ fenomén. Zvýšená akumulace může přetrvávat až 12 týdnů. U většiny pacientů do 6 měsíců od počátku terapie akumulace výrazně klesá. Naproti tomu u pacientů po radioterapii je v místě ozařování akumulace nižší a to po dobu 3-4 měsíců.

### **7.1.3 Benigní kostní tumory**

Kostní scintigrafií nelze jednoznačně oddělit benigní a maligní tumory. Jsou tady většinou různorodé nálezy. Normální a lehce zvýšená akumulace radiofarmaka je hlavně u enchondromu a u neosifikujícího fibromu. Osteochondrom a chondroblastom se může projevovat jak normální či lehce zvýšenou akumulací tak i zvýšenou.

Cysty se zobrazují také různě. Je-li cysta malá a nekomplikovaná, je nález normální bez zvýšené akumulace. Větší cysta se může zobrazit jako fotopenické ložisko, někdy mívá vyšší akumulaci v periférii.

Osteoblastom i osteoidní osteom se vyznačuje zvýšenou akumulací radiofarmaka, která je ve všech třech fázích třífázové kostní scintigrafii.

Při rychlém nárůstu akumulace v benigním nádoru v průběhu času je nutné pomýšlet na frakturu nebo maligní transformaci<sup>(3)</sup>.

Obrovskobuněčný kostní nádor má nejčastěji lem zvýšené akumulace kolem fotopenického centra a to ve fázi krevního poolu a i v kostní fázi.

Hemangiom se může projevit různě. Jak zvýšenou akumulací tak i jako fotodeficitní léze. Stejně se projevuje i Langerhansova histiocytóza.

### 7.2 Kostní infekce

Osteomyelitida nebo-li kostní infekce je způsobena usídlením infekce v kostní dřeni. Infekce se do kostní dřene nejčastěji dostává krevní cestou z primárního ložiska. Dochází k destrukci kostní tkáně. Postihuje děti a to hlavně konce jejich dlouhých končetin. V dospělosti postihuje i obratlová těla.

Ložisko zánětu se zobrazuje zvýšenou akumulací radiofarmaka a to už za 14-48 hod. Pacient si stěžuje na bolestivost a v místě postižení je otok a zarudnutí. RTG snímek je pozitivní až během 10-14 dnů. Pozitivní nález přetrvává i delší dobu. Nevýhodou je, že ze scintigramu nepoznáme, jestli se jedná o chronické stádium, nedostatečnou odpověď na léčbu či je to reparativní proces.

U osteomyelitidy je prováděna také třífázová scintigrafie( mimo neonatální osteomyelitidy, která má atypický scintigrafický obraz), která je velmi přínosná. Lze indikovat vyšetření pomocí značených leukocytů či antigranulocytárních protilátek. Lze použít i  $^{67}\text{Ga}$ -citrát.

Chronická osteomyelitida se nejčastěji projevuje zvýšenou akumulací radiofarmak.

### 7.3 Metabolické poruchy

U kostní tkáně se s ložiskovými procesy setkáváme jen velmi vzácně. Nejčastěji je tkáň postižena difúzně. Dochází zde k velmi intenzivnímu vychytávání radiofarmaka. Velmi výrazně se nám zobrazuje axiální skelet, dlouhé kosti, kalva a mandibula. Je zde taky velmi nápadné, že ledviny jsou nezřetelné. Je to způsobeno masivním vychytáváním radiofarmaka v kostním systému a díky tomu jde málo radiofarmaka do ledvin. Vylučování je také velmi nízké. Patří sem hlavně renální osteodystrofie a primární hyperparatyreóza.

Je-li hladina parathormonu zvýšená, aktivuje osteoblasty a tím je zvýšen kostní obrat. Díky tomu je akumulace radiofarmaka zvýšená. Někdy může být zvýšená akumulace pouze v místě kostní léze a to hlavně u méně vyjádřených forem.

U osteomalacie, kde Looserovy zóny jsou postiženy nekompletními frakturami, jsou na scintigramu vidět vícečetná ložiska aktivity. Někdy je nálezn považován za metastázy.

Normální obraz se ukazuje u osteoporózy, pokud nejsou přítomny osteoporotické fraktury.

### 7.4 Fraktury

U dětí a dospělých, kteří prodělali frakturu kosti nebo kostí lze na scintigramu vidět znaky hojení. Hojení se projevuje zvýšenou akumulací radiofarmaka v místě zlomeniny a to už do 72 hodin po úraze. U starších osob se akumulace radiofarmaka, která je znakem hojení, může projevit až po 5 dnech.

Běžné fraktury se často zobrazí na skiagramu. Zlomeniny v oblasti ruky (os lunatum), nohy (os naviculare), lopatky, žeber, lebky a někdy i fraktury obratlů se nemusí při rengenovém vyšetření projevit, a proto je při přetrvávajícím podezření indikována scintigrafie postiženého skeletu<sup>(3)</sup>.

Může docházet také ke stresovým frakturám. Tzv. stresové fraktury jsou způsobené vysokou námahou a dochází k nim nejčastěji na dolních končetinách u výkonných sportovců. Projevují se velkými bolestmi nohou a zejména plosek. Tady je velkou výhodou scintigram, který je pozitivní. Protože radiologické vyšetření je většinou negativní. Na scintigramu vidíme drobné infrakce.

Stěžuje-li si dítě na různé bolesti, nejčastěji na bolest hrudníku a RTG je negativní, indikuje se scintigram. Na scintigramu se nám ukáží drobné fraktury, které jsou příčinou bolesti.

Metoda se také využívá při podezření na týrání dítěte. Na scintigramu se nám projeví různě staré hojící se fraktury, které vznikají u týraného dítěte.

Zajímavé je, že kompresivní fraktury obratlů se projeví zvýšenou akumulací i po několika letech.

### 7.5 Kostní a kloubní změny vyvolané zátěží

Sem patří mimo jiné Sudeckova atrofie (komplexní bolestivý regionální syndrom) a syndrom rameno-ruka (reflexní sympatetická dystrofie), kdy lokální hyperemie vede k ložiskovému zvýšení akumulace radiofarmaka v okrajových partiích postižených kloubů.

Scintigraficky lze prokázat i změny při entezopatiích (např. epikondylitidách). Diagnosticky lze využít i třífázové scintigrafie skeletu <sup>(3)</sup>.

### 7.6 Avaskulární nekróza

Avaskulární nekróza nejčastěji postihuje hlavice nebo metafýzy dlouhých kostí. U některých jedinců se projeví spontánně nebo doprovází fraktury. Alkoholismus nebo dlouhodobá léčba kortikoidy jsou také zdrojem této nemoci. Na scintigramu nám chybí akumulace radiofarmaka v avaskulární kosti. Hojení se prokazuje zvýšenou akumulací radiofarmaka v místě avaskulární kosti. Dochází tak k aktivaci osteoblastů.

### 7.7 Perthesova choroba

Perthesova choroba je idiopatická avaskulární nekróza hlavice femuru. Perthesova choroba postihuje rostoucí děti a především chlapce. Příčiny nejsou objasněny. Nekróza hlavice femuru je vaskulárního původu. Děti si stěžují na bolesti kyčelního kloubu, ale Rtg snímek bývá v počátcích negativní. Indikuje se scintigrafické vyšetření kyčelního kloubu, kdy použijeme pin hole kolimátor. Na scintigramu vidíme chybějící nebo sníženou akumulaci radiofarmaka v oblasti hlavice femuru. Později používáme scintigrafii na průkaz hojení, kdy se nám zvyšuje akumulace radiofarmaka.

### 7.8 Onemocnění kloubů

U onemocnění kloubů nejčastěji používáme třífázovou scintigrafii. Jde hlavně o akutní artritidy, kdy v časně fázi onemocnění dochází k hyperémii, exsudaci a proliferaci synovie. Díky třífázové scintigrafii lze odlišit zánětlivou artritidu od jiných artropatií. U zánětlivé artritidy je zvýšená aktivita ve všech třech fázích třífázové

scintigrafie. U jiných artropatií je zvýšená aktivita pouze v pozdní fázi třífázové scintigrafie.

U chronického zánětlivého nebo degenerativního postižení kloubu (artrózy) dochází ke změnám přilehlé kostní tkáně (osteoartropatie), jejichž reakce se na scintigramu projeví zvýšenou akumulací radiofarmaka.

Scintigrafie se indikuje také u revmatoidní artritidy, u zánětlivých, nezánětlivých a degenerativních procesů kloubů.

### **7.9 Vedlejší nálezy**

Kromě potvrzení nebo vyvrácení diagnózy nám kostní scintigrafie někdy odhalí i jiná onemocnění. Může zachytit vrozené nebo získané patologie ledvin nebo močových cest. Odhalí jak anomálie ledviny, tak jejich počet, tvarové atypie nebo tumory a cysty.

Osteotropní radiofarmaka se mohou akumulovat i v extraoseálních nádorech ( u neuroblastomu, tumorech prsu, mozku, plic, jaterních metastáz, U nemocných s hyperparatyreózou můžeme vidět difúzně zvýšenou akumulaci v plicích a žaludku.

Díky scintigrafii můžeme zobrazit i iatrogenní trauma, jsou to změny po thorakotomii nebo kraniotomii.

## 8. Vlastní práce

### Zvýšení specifity kostní scintigrafie u onkologických nemocných pomocí hybridní techniky SPECT/low dose CT.

Cílem mé práce bylo posoudit, zda hybridní technika SPECT/low dose CT přispívá k zvýšení specifity kostní scintigrafie u onkologických nemocných.

Retrospektivně jsem se zaměřila na onkologické pacienty odeslané na Klinikou nukleární medicíny a endokrinologie FN Motol k provedení scintigrafie skeletu v rámci stagingu nebo restagingu v roce 2007. Do souboru jsme zařadila pacienty, u kterých na celotělové scintigrafii bylo patrné jedno nebo více ložisek s abnormální metabolickou kostní aktivitou nejednoznačně určených, a proto u nich byl doplněn SPECT/low dose CT na hybridní kameře Symbia T cílený na oblast přítomných ložisek.

Hybridní přístroj Symbia T firmy Siemens je sestaven z dvoudetektorového CT přístroje EMOTION DUO, vybaveného UFC (Ultra Fast Ceramic) detektory a SPECT kamerou. Oba přístroje jsou spojeny v jednom gantry, které je ovládáno z jednoho řídicího panelu. CT má v hybridním přístroji dvě funkce. Jednak slouží ke korekci absorpce emitovaného gama záření registrovaného SPECT kamerou, jednak k upřesnění anatomické lokalizace ložiska zobrazeného pomocí SPECT. U tohoto modelu je využívána tzv. technika low dose CT. I když low dose CT technika neposkytuje řezy v „diagnostické“ hodnotě, v některých situacích mohou obrazy přinášet stejnou diagnostickou informaci jako standardní obrazy.

Do souboru bylo zařazeno 49 pacientů (29 žen, 20 mužů) ve věkovém rozmezí 21-85 let.

Nejčastější diagnóza byla karcinom prsu, dále karcinom prostaty a ledvin.

Pacientům byl aplikován  $^{99m}\text{Tc}$  MDP. Aplikovaná aktivita byla pro každého pacienta stanovena dle hmotnosti, podle vzorce:

$$A_p = A_{\text{pro pac.o hmotnosti 70kg}} \times F, F = W^{0,7}/70^{0,7} \quad (9)$$

### Akvizice SPECT/low dose CT

Pro akvizici SPECT byly detektory vybaveny kolimátory pro nízké energie s vysokým rozlišením. Energetické okno snímání bylo nastaveno na 15% a snímání impulzů bylo centrováno na fotopík 140keV.



Akvizice byla registrována v matici 128x128, bylo nahráno 128 projekcí po dráze 360 stupňů, každá projekce trvala 20 sekund a detektory se pohybovaly po nekruhové orbitě. Rekonstrukce byla provedena iterativně metodou 3D OSEM (12 iterací, 4 subsety), obrazy byly vyhlazeny 3D filtrem gaussian 7 mm. Před vlastní CT akvizicí byl proveden topogram, na kterém byly vymezeny hranice CT snímání. CT parametry byly nastaveny na 130kV, kolimaci 5mm, napětí a čas byly přizpůsobeny módu low dose CT (obvykle 17-21mAs). Rekonstrukce užívala algoritmus B30s kernel.

***Obr.2. Hybridní kamera SPECT/CT Symbia T je na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie v Motole <sup>(6)</sup>.***



### **Výsledky**

Z celkového počtu 49 pacientů byly změny kostní aktivity u 20 pacientů (40%) vyvolány degenerativními změnami, u 13 pacientů byly přítomny metastázy, u 6 pacientů se jednalo o lytická ložiska, u 6 o sklerotická, 1 pacient měl metastázy smíšené.

U 3 pacientů byly odhaleny jiné nemaligní strukturální změny, u dalších 3 byla přítomná extraosseální akumulace RF v měkkých tkáních nebo se jednalo o vyloučenou radioaktivní moč. Pouze u 10 (20%) pacientů etiologie ložisek nešla upřesnit a bylo doporučeno jiné morfologické zobrazení.

Indikace SPECT/low dose CT přispěla ke zvýšení specifity kostní scintigrafie až u 80% pacientů.

Výsledky jsou shrnuty v tabulce č.5

Příklady abnormální akumulace RF jsou uvedeny v příloze.

Tab.č.5 Tabulka pacientů

Pacient	Diagnóza	WB	Strukturální změny				Bez změn	Přínos LDCT
			Degenerativní	Lytické	Sklerotické	Jiné		
1.	C 64	C 7/lopatka		x			x	Ano
2.	C 509	kalva					x	Ne
3.	C 509	L 3	x					Ano
4.	C 349	10.žebro dx					x	Ne
5.	C 349	7.žebro		x				Ano
6.	C 61	Os pubis				x		Ano
7.	C 509	L 5	x					Ano
8.	C 509	C páteř	x					Ano
9.	C 64	Femur dx					x	Ne
10.	C 64	4.žebro sin		x				Ano
11.	C 509	LS	x					Ano
12.	C 539	pánev		x	x			Ano
13.	C 504	L1,5	x					Ano
14.	C 504	L2			x			Ano
15.	C 180	10.žebro dx			x			Ano
16.	C 504	pánev				x		Ano
17.	C492	Th2,6,8		x				Ano
18.	C 679	L páteř	x					Ano
19.	C 20	TH páteř			x			Ano
20.	C 61	C,Th	x					Ano
21.	C 349	femury				x		Ano
22.	C 61	tibie sin				x		Ano
23.	C 505	L 4,5	x					Ano
24.	C 508	sternum					x	Ne
25.	C 509	L 3		x				Ano
26.	C 504	Th		x				Ano
27.	C 492	Calcaneus d					x	Ne
28.	C 509	Th 10			x			Ano
29.	C 504	Th páteř	x					Ano
30.	C 729	C páteř	x					Ano
31.	C 509	Th páteř	x					Ano
32.	C 61	L páteř	x					Ano
33.	C 19	Th 9			x			Ano
34.	C 189	žebra					x	Ne
35.	C 349	Th 6,7				x		Ano
36.	C 509	Th páteř	x					Ano
37.	C 64	L 4					x	Ne
38.	C 349	4.žebro si					x	Ne

## 8. Vlastní práce

---

39.	C 61	Th, L	x					Ano
40.	C 64	Th 8					x	Ne
41.	C 504	Th 7,8					x	Ne
42.	C 509	L 4,5	x					Ano
43.	C 549	klavikula		x				Ano
44.	C 61	L,S	x					Ano
45.	C 501	L	x					Ano
46.	C 509	Th7-11	x					Ano
47.	C 765	L 5, S 1	x					Ano
48.	C 504	Dx tibie					x	Ano
49.	C541	L páteř	x					Ano

## 9. Závěr

Tato bakalářská práce ve stručnosti představuje metodu, která odhaluje patologické léze ve skeletu. Je to funkční metoda zobrazující metabolické změny ve skeletu závislé jednak na prokrvení kosti, jednak na aktivitě osteoblastů a osteoklastů. Kostní scintigrafií nelze určit původ změn. Vyšetření má velkou senzitivitu, ale nízkou specifitu.

Práce je rozdělena do několika samostatných kapitol, které na sebe navazují.

První částí je úvod do problematiky kostní scintigrafie.

Ve druhé části jsem se zaměřila na anatomii kostí.

Třetí část popisuje radiofarmaka, které se používají při scintigrafii skeletu. Dále je zde popsáno, jak se radiofarmaka získávají a uchovávají. Velmi důležité je znát různou distribuci radiofarmak u dětí, dospělých a starších lidí.

V další kapitole jsem popsala jakou úlohu při vyšetření má radiologický asistent. Jak vyšetření probíhá a jaká je příprava pacienta.

Další dvě kapitoly popisují indikace, kontraindikace a nejčastější onemocnění skeletu, kde se hlavně zaměřuji na kostní nádory.

Poslední kapitola tvoří samostatná práce, který jsem prováděla na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie v Motole. Práce byla zaměřena na ověření přínosu hybridní techniky SPECT/low dose u onkologických nemocných, odeslaných k scintigrafii skeletu v rámci stagingu nebo restagingu jejich onemocnění. SPECT/low dose CT technika objasnila původ nejednoznačných ložisek s abnormální kostní aktivitou u 80% nemocných. Přínosem bylo zvýšení specifity kostní scintigrafie a zkrácení dalšího vyšetřovacího postupu.

## **Použitá literatrura**

- (1) ČIHÁK R. Anatomie. 4.vyd. Praha: Avicenum 1987, ISBN 08-102-87
- (2) MARIEB E., MALLETT J. Anatomie lidského těla. 1.vyd. Brno:CP Books. 2005. 863s. překl.z Human anatomy, ISBN 80-251-0066-9
- (3) VIŽDA J., KRÍŽOVÁ H., URBANOVÁ E.,Atlas kostní scintigrafie. 1. vyd. Husinec-Řež: LACOMED. 2006. 71s. překl.z Atlas of Bone Scintigraphy ISBN 80-239-6676-6
- (4) URBÁNEK J. A KOLEKTIV. Nukleární medicína. 4.vyd. Jilemnice:Gentiana. 2002.154s. ISBN 80-86527-05-0

## **Internetové zdroje**

- (5) [www.astronuklfyzika.cz](http://www.astronuklfyzika.cz)
- (6) [www.lf3.cuni.cz](http://www.lf3.cuni.cz)
- (7) [www.nemfm.cz](http://www.nemfm.cz)
- (8) [www.kst.cz](http://www.kst.cz)

## **Jiné zdroje**

- (9) Standardní operační postup č.3 scintigrafie skeletu, Klinika nukleární medicíny a endokrinologie ve Fakultní nemocnici v Motole, datum vydání 1.9.2007
- (10) Věstník MZČR, Národní radiologické standarty- nukleární medicína, návrh ke dni 15.6.2005

### **Seznam obrázků**

Obr.1: Struktura kosti

Obr.2: Hybridní kamera

### **Seznam tabulek**

Tab.1: Diagnostická osteotropní radiofarmaka

Tab.2: Terapeutická osteotropní radiofarmaka

Tab.3: Rychlost posunu stolu

Tab.4: Radiační zátěž

Tab.5: Tabulka pacientů