

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Jana Kubíčková

**Planární scintigrafie a SPECT/CT zobrazení v diagnostice
nádorových onemocnění skeletu**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

Olomouc 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc, 28. července 2016

podpis

Děkuji vedoucí své bakalářské práce, MUDr. Miroslavě Budíkové, Ph.D., za cenné rady, připomínky a odbornou pomoc při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině, zvláště svému otci za trpělivost, podporu a motivaci ke psaní.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: SPECT/CT

Název práce: Planární a SPECT/CT zobrazení u nádorových onemocnění skeletu

Název práce v AJ: SPECT/CT Imaging in the diagnosis of bone cancer

Datum zadání: 2015-09-23

Datum odevzdání: 2016-08-01

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Kubíčková Jana

Vedoucí práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

Oponent práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D

Abstrakt v ČJ: Tato bakalářská práce se zabývá detekcí nádorových onemocnění skeletu pomocí scintigrafických metod v planárním a tomografickém zobrazení. Obsahuje popis funkce a konstrukce přístrojů pro scintigrafii, zejména spojení SPECT a počítačového tomografického zobrazování do hybridního systému SPECT/CT. Bakalářská práce se zabývá indikacemi a kontraindikacemi scintigrafického vyšetření skeletu i jeho interpretací. Zaměřuje se na aktuální použití SPECT/CT v rámci diagnostiky maligních i benigních kostních onemocnění, především v diagnostice sekundárních kostních nádorů a jejich etiologií. Práci uzavírá popis významu scintigrafie u nádorových onemocnění skeletu. Bakalářská práce čerpá z odborné literatury a studií publikovaných v odborných periodikách a také využívá internetových zdrojů.

Abstrakt v AJ: This thesis deals with the detection of neoplastic bone diseases using scintigraphic techniques in planar and tomographic methods. It contains a description of the function and design of machines for scintigraphy, in particular combination of SPECT and computed tomography imaging system into a hybrid SPECT/CT. Bachelor thesis deals with

indications and contraindications for bone scintigraphy and its interpretations. It focuses on the current use of SPECT / CT in the diagnosis of malignant and benign bone diseases, especially in the diagnosis of secondary bone tumors and their etiology. Work concludes description of the importance of scintigraphy in malignant bone diseases. The thesis use information from specialized literature and studies published in professional journals and also utilizes Internet resources.

Klíčová slova v ČJ: Jednofotonová emisní tomografie (SPECT), výpočetní tomografie (CT), hybridní systém SPECT/CT, nádorové onemocnění skeletu, scintigrafie skeletu, radionuklidové vyšetření onemocnění skeletu

Klíčová slova v AJ: Single-photon emission computed tomography (SPECT), computed tomography (CT), hybrid SPECT/CT system, bone cancer, bone scintigraphy, radionuclid examination of bone diseases

Rozsah: 54 stran/ 11 příloh

OBSAH

Úvod	8
1 Konstrukce a princip scintigrafického přístroje	10
1.1 Scintilační kamera (gamakamera).....	10
1.1.1 Detektor scintilační kamery.....	10
1.1.2 Kolimátor a jeho typy.....	11
2 Metody scintigrafického zobrazování v diagnostice nádorových onemocnění skeletu	12
2.1 Planární zobrazování	12
2.2 Tomografické zobrazení.....	12
2.2.1 Principy tomografického zobrazení.....	13
2.2.2 Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT).....	15
2.2.3 Hybridní systém SPECT/CT	16
3 Scintigrafie skeletu	21
3.1 Struktura kostního systému	21
3.2 Radiofarmaka používaná při scintigrafii skeletu.....	22
3.3 Vyšetření pacienta.....	22
3.3.1 Příprava pacienta před vyšetřením	22
3.3.2 Průběh vyšetření.....	24
3.4 Indikace a kontraindikace scintigrafie skeletu	25
3.5 Interpretace scintigrafie skeletu.....	26
3.6 Zdroje chyb při scintigrafii skeletu	27
4 Nádorové postižení skeletu a úloha nukleární medicíny v jeho diagnostice	28
4.1 Nukleární medicína v onkologii.....	28
4.2 Sekundární kostní nádory – kostní metastázy	29
4.2.1 Nádory prostaty	30
4.2.2 Nádory prsu.....	32
4.2.3 Nádory plic.....	33
4.2.4 Nádory ledvin.....	34
4.3 Primární kostní nádory	35
4.3.1 Benigní kostní nádory	35
4.3.2 Maligní kostní nádory	35
4.4 Význam scintigrafie skeletu u nádorových onemocnění.....	36
Závěr	39
Literatura	41
Seznam zkratk	43

Seznam příloh	44
Přílohy	45

Úvod

Nukleární medicína je obor, který využívá radionuklidové zářiče k zobrazení funkce orgánů v těle pacienta. Převážnou část tohoto oboru tvoří zobrazovací diagnostika, v menší míře pak laboratorní diagnostika a léčba.

Cílem této bakalářské práce je prostřednictvím dostupných odborných zdrojů komplexním způsobem přiblížit úlohu scintigrafie v diagnostice nádorových onemocnění skeletu pomocí aktuálních zobrazovacích metod, především se zaměřením na planární scintigrafii a SPECT/CT zobrazení. Proto se v mé práci zabývám především scintigrafickým zobrazením skeletu, které je v nukleární medicíně jedno z nejčastěji používaných.

Bakalářská práce se snaží zodpovědět tyto otázky:

1. Jaké jsou aktuálně používané zobrazovací metody a způsoby vyšetření skeletu v diagnostice nádorového onemocnění?
2. Jaké jsou nejčastější indikace vyšetření scintigrafie skeletu při nádorovém onemocnění?
3. Jaký je přínos použití hybridního systému SPECT/CT u diagnostiky nádorového onemocnění skeletu?

Na základě výše uvedených otázek jsou stanoveny následující cíle:

1. Předložit přehled aktuálních zobrazovacích metod a způsobů vyšetření v diagnostice nádorového onemocnění skeletu.
2. Popsat nejčastější indikace k vyšetření scintigrafie skeletu při nádorovém onemocnění.
3. Vysvětlit přínos hybridního systému SPECT/CT v diagnostice nádorového postižení skeletu.

Tato práce je strukturovaná od popisu konstrukce přístrojů pro scintigrafii přes metody zobrazování v nukleární medicíně a typy nádorových onemocnění skeletu, až po význam scintigrafie v jejich diagnostice.

První kapitola se zaměřuje na princip a konstrukci scintigrafického přístroje (gamakamery), včetně detailů hlavních částí: detektorů, kolimátorů a vyhodnocovací zařízení.

Druhá kapitola rozděluje a popisuje metody scintigrafického zobrazování v diagnostice nádorových onemocnění skeletu na planární a tomografické s detailnějším vysvětlením jednofotonové emisní výpočetní tomografie (SPECT) a hybridního systému SPECT/CT. Obsahuje i popis principu a konstrukce části CT uvedeného hybridního systému.

Ve třetí kapitole se podrobněji hovoří o rozsáhlé problematice scintigrafie skeletu. Obsahuje popis struktury kostního systému, přípravu pacienta a průběh vyšetření, indikace a kontraindikace scintigrafického vyšetření skeletu a interpretaci výsledků.

Poslední kapitola popisuje úlohu kostní scintigrafie v diagnostice nádorových onemocnění skeletu. Zabývá se incidencí, etiologií, diagnostikou a interpretací výsledků scintigrafie jak u primárních kostních nádorů, tak hlavně u sekundárních kostních nádorů. Tato kapitola také shrnuje význam scintigrafie skeletu u nádorových onemocnění.

Pro pochopení problematiky byla prostudována tato vstupní literatura:

KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 s.: il.; 29 cm. ISBN: 978-80-244-4031-6.

KUPKA, Karel; KUBINYI, Jozef; ŠÁMAL, Martin. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, 2007. 185 s. ISBN 9788090358492.

MÍKOVÁ, Vlasta. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: Galén, 2008. 118 s. ISBN 9788072625338.

Informace k tématu mé bakalářské práce byly shromážděny rešeršní činností, při které byla dohledávána následující klíčová slova: Jednofotonová emisní tomografie (SPECT), výpočetní tomografie (CT), hybridní systém SPECT/CT, nádorové onemocnění skeletu, scintigrafie skeletu, radionuklidové vyšetření onemocnění skeletu.

K vyhledávání informací týkající se uvedené problematiky jsem použila knihovnu UP (Lékařská fakulta, Fakulta zdravotnických věd), Vědeckou knihovnu v Olomouci a následující databáze: Medvik, Medline, PubMed, BMČ a Google scholar. Jako vyhledávací jazyk byl zvolen jazyk český a anglický. Bylo využito 7 článků, které se vztahují k tématu bakalářské práce.

1 Konstrukce a princip scintigrafického přístroje

U většiny vyšetření v nukleární medicíně se používá scintigrafický přístroj, jehož konstrukci a princip popisují v následujících podkapitolách. Za pomoci tohoto přístroje a patřičných radiofarmak lze detekovat nádorové onemocnění skeletu.

1.1 Scintilační kamera (gamakamera)

Gamakamera (příloha 1) se používá pro scintigrafické vyšetření, to znamená zobrazování distribuce radiofarmaka v těle. Je to přístroj, který snímá fotony záření gama současně z celého zorného pole, převádí je na elektrické impulsy a pomocí nich pak vytváří scintigrafický obraz distribuce radiofarmaka v tomto zorném poli. Parametry scintilační kamery ovlivňující obraz jsou homogenita zorného pole, prostorová rozlišovací schopnost a citlivost. Gamakamery se také s úspěchem používají i pro detekci rychlých dynamických dějů radiofarmak, bolusových technik nebo celotělových scintigramů. [Koranda, 2014, s. 27]

Scintilační kamera se skládá z detektorů a počítače (příloha 4).

1.1.1 Detektor scintilační kamery

Detektor scintilační kamery obsahuje scintilační krystal, kolimátor a soubor fotonásobičů. [Koranda, 2014, s. 27]

Scintilační detektory se vyznačují vysokou citlivostí na fotonové záření vydávané radionuklidovým zářičem. Jako detekční látka ve scintilačních krystalech se nejčastěji používá jodid sodný aktivovaný thaliem NaI (Tl). Interakce fotonového záření se scintilačním krystalem probíhá na základě fotoefektu nebo Comptonova jevu, při kterých se uvolňují elektrony, které způsobují excitaci atomů detekční látky, což se projevuje záblesky (scintilace) viditelného světla. Záření gama se velmi intenzivně absorbuje v NaI krystalu díky jódu, který má vysokou hustotu a protonové číslo. [Koranda, 2014, s. 24]

Fotonásobič je připojen světlovodivě na krystal a zajišťuje detekci světla vzniklého ze scintilačního krystalu a poté ho převádí na elektrické impulsy, které po zesílení putují dále do amplitudového analyzátoru, kde se vyhodnocují. V nukleární medicíně se dává přednost těm impulsům, jejichž výška spadá do zvoleného „okna“ analyzátoru mezi horní a dolní diskriminační hladinou. [Koranda, 2014, s. 27]

Scintilačním detekčním zařízením spojeným s analyzátozem se měří scintilační spektrum zářiče. Pozadí scintilačních detektorů (impulzy z kosmického záření a z přírodní

radioaktivity materiálů) se snižuje umístěním detektoru do olověného stínícího krytu. [Koranda, 2014, s. 24]

1.1.2 Kolimátor a jeho typy

Kolimátor slouží jako filtr k vymezení fotonového paprsku v žádaném směru. Kolimátory jsou zhotoveny z olova a rozlišují se podle energie záření gama aplikovaného při vyšetření, podle citlivosti, rozlišovací schopnosti a podle počtu a konfigurace otvorů. [Koranda, 2014, s. 27]

Mnohootvorový kolimátor s paralelními otvory probíhajícími kolmo k povrchu scintilačního krystalu, který propouští pouze fotony letící ve směru kolmém k detektoru, má obraz se stejnou velikostí jako ve skutečnosti. [Koranda, 2014, s. 27]

Kolimátor typu pinhole s trychtýřovitým tvarem má jeden otvor o průměru 3 - 5mm a poskytuje zvětšený a obrácený obraz. Umožňuje velmi dobrou rozlišovací schopnost, je však málo citlivý a zkresluje obraz při zobrazování tlustých objektů. [Koranda, 2014, s. 28]

Kolimátor typu fan beam je fokusován v transverzálním směru a je paralelní v axiálním směru. Má až o polovinu vyšší citlivost než kolimátor s paralelními otvory. Používá se u tomografického zobrazování mozku. [Koranda, 2014, s. 28]

Kolimátory se dále rozdělují podle energie detekovaného záření: pro použití se zářiči nízkých energií do 160 keV, středních do 300 keV a vysokých nad 300 keV. Olověné přepážky kolimátoru musí být tím tlustší, čím je energie záření vyšší, avšak při použití tlustějších sept se zhoršuje rozlišení obrazu i citlivost kolimátoru (příloha 5). [Koranda, 2014, s. 28]

2 Metody scintigrafického zobrazování v diagnostice nádorových onemocnění skeletu

V nukleární medicíně se při scintigrafických metodách do těla pacienta intravenózně aplikují radiofarmaka obsahující radioaktivní látky. Tyto radionuklidy emitují při své přeměně fotony elektromagnetického záření, které lze registrovat pomocí vnějších detektorů. K zobrazování distribuce radiofarmaka v těle pacienta jsou používány dvě základní scintigrafické metody: planární a tomografické.

2.1 Planární zobrazování

Planární zobrazení (planární scintigrafie) je obraz distribuce radiofarmaka v těle pacienta v dvojrozměrné zobrazované rovině. Toto zobrazování je založeno na principu detekce záření gama vznikajícího z přeměny radionuklidu obsaženého v podané látce. Nejčastěji se používá ^{99m}Tc , které má energii 140 keV. Záření je zachycováno scintilační kamerou (viz kapitola 1.1) - odtud pochází název scintigrafie. [Kupka, 2007, s. 116]

Planární scintigrafie se provádí jak ve statickém, tak v dynamickém režimu. Výsledkem statické scintigrafie je jeden nebo celá série scintigramů v různých projekcích, přičemž se klade důraz na kvalitu jednotlivých obrazů. Při statické scintigrafii lze provádět tzv. celotělovou scintigrafii, během které se stůl s pacientem posouvá kontinuálním nebo krokovým způsobem mezi detektory scintilační kamery. Těmto kamerám se také říká gamakamery. Během posunu pacienta jsou získané obrazy ukládány do paměti počítače, který nakonec vytvoří obraz celého pacienta v přední a zadní projekci. Dynamická scintigrafie je sériový záznam scintigramů, které na sebe plynule časově navazují. Projekce se během vyšetření nemění. Výsledkem takovéto série je nejčastěji informace o vychytávání a vylučování radiofarmaka v různých orgánech. [Koranda a kol., 2014, s. 34]

2.2 Tomografické zobrazení

Tomografie je zobrazením řezu z třírozměrného objektu ve zvolené rovině. Jejím cílem je zobrazit rovinný výřez, ve kterém lze hodnotit prostorové vztahy zobrazených struktur s vysokým kontrastem a bez projekčního zkreslení. Důležitá je i kvantifikace zobrazených parametrů - ve scintigrafii je to množství radiofarmaka v cílové tkáni. Tomografické zobrazení se v nukleární medicíně označuje jako emisní tomografie. Na rozdíl od transmisní rentgenové tomografie je záření emitováno ze zdroje uvnitř organismu. [Kupka, 2007, s. 49]

V emisní tomografii používáme dvě metody – jednofotonovou emisní výpočetní tomografii (SPECT - single photon emission computed tomography) a pozitronovou emisní tomografii (PET - positron emission tomography). Obě metody se liší používanými radionuklidy, přístrojovým vybavením, klinickými aplikacemi i zpracováním výsledků. SPECT je tomografickou variantou běžné planární scintigrafie. PET je samostatnou vyšetřovací metodou, která nemá svůj „netomografický“ protějšek – tato práce se touto metodou blíže nezabývá. [Kupka, 2007, s. 49]

2.2.1 Principy tomografického zobrazení

Tomografické postupy se rozdělují na metody klasické a výpočetní. Rozdíl spočívá v obsahu výsledných snímků. Klasická tomografie poskytuje snímky, na kterých jsou ostrě zobrazené struktury vybrané tomografické vrstvy a neostré struktury okolních vrstev. Výpočetní tomografie naproti tomu poskytuje pouze ostré snímky struktury vybrané vrstvy. V současné praxi se nejčastěji používají metody výpočetní tomografie. [Kupka, 2007, s. 49]

Výpočetní tomografie je principiálně založena na rekonstrukci obrazu tomografické vrstvy z projekcí. Zobrazuje vrstvy kolmé na pacientovu dlouhou osu těla, proto se označuje také jako transverzální nebo transaxiální (toto označení dnes postupně ztrácí svůj význam). Po rekonstrukci obrazů sousedních vrstev uspořádáme data ve třech rozměrech tak, abychom získali prostorový obraz struktury zobrazovaného objektu. V praxi se také používá i třírozměrné snímání a rekonstrukce prostorových obrazů. Výsledná třírozměrná data zobrazujeme ve formě řezů, které mohou být vedeny libovolným směrem nebo jako průmět objektu. Třírozměrné zobrazení nám umožňuje kvantitativní hodnocení prostorových vztahů. [Kupka, 2007, s. 49]

Tomografické vyšetření probíhá ve dvou fázích: nejprve se provede záznam projekcí a poté rekonstrukce obrazu. Tomografické obrazy jsou vytvářeny ze souboru projekcí vyšetřovaného objektu, které získáváme pod různými úhly. Řádek snímku se označuje jako projekce vrstvy v určitém směru. Směry projekcí se označují úhly. Během snímání se zaznamená řada projekcí lišící se úhlem pohledu na zobrazovanou vrstvu. Postupuje se v krocích buď po jednotlivých stupních kolem dokola, přes 180° nebo celých 360°. Jednotlivé projekce každé vrstvy (řádky), se ukládají do počítače jako řádky pomocného obrazu, který se nazývá sinogram a představuje kompletní sadu projekcí pro rekonstrukci jedné vrstvy. [Kupka, 2007, s. 50]

Rekonstrukce obrazu z projekcí se provádí ze dvou základních postupů: filtrované zpětné projekce a iterativní algebraické rekonstrukční techniky. [Kupka, 2007, s. 50]

Filtrovaná zpětná projekce

Filtrovaná zpětná projekce pracuje na principu promítání jednotlivých projekcí zpět do prázdného obrazu v počítači pod stejnými zaznamenanými úhly, ale v opačném směru. V místě vrstvy, kde leží zdroj záření, postupně vznikne velký součet čísel v obrazovém prvku řádku - projekce, které se přičítají ke všem obrazovým prvkům obrazu vrstvy podél stejné přímky a místo vyznačí. Tento snímek má však vady – jeho struktury jsou neostře a málo kontrastní. K největšímu zkreslení dochází v těsné blízkosti zobrazovaného zdroje příčinou superpozicí paprsků (tzv. hvězdicový efekt - artefakt). K potlačení těchto vad se používá filtrace projekcí. Řádky sinogramu se zpracují filtrem, který výrazně potlačí četnost impulzů v plochých místech bez hran a naopak zdůrazní hrany přičtením negativní hodnoty k obrazovým prvkům na vnější straně průmětu hrany objektu. Po potlačení kontrastu artefaktu je výsledný obraz v porovnání s obrazem vytvořeným bez použití filtru kontrastnější a ostřejší. [Kupka, 2007, s. 50]

Výhodou filtrované zpětné projekce je rychlost výpočtu a jednoduchost. Nevýhodou je zesílení šumu ve výsledném obraze vrstvy a již zmíněné zbytkové artefakty způsobené neostrotí a šumem. Obraz pořízený scintilační kamerou můžeme ještě opravit např. výběrem vhodného energetického okna, korekcí na vzdálenost zdroje od detektoru. Zatímco v běžné planární scintigrafii tyto vady nejsou příliš rušivé, při tomografickém zobrazení mohou vést k závažným artefaktům a chybám, jelikož při rekonstrukci obrazu z mnoha projekcí se důsledky vad v jednotlivých projekcích postupně hromadí. Protože zavedení korekcí zobrazovacích vad do filtrované zpětné projekce není možné, vyvíjejí se alternativní rekonstrukční metody označované jako iterativní algebraické rekonstrukční techniky. [Kupka, 2007, s. 51]

Iterativní algebraické rekonstrukční techniky

Iterativní algebraické techniky fungují tak, že postupně odhadují obraz vrstvy s možností korekce zobrazovacích vad. Prvním takovým odhadem je např. homogenní snímek, v jehož obrazových prvcích je všude stejné číslo. V dalším kroku se sestrojí projekce tohoto obrazu pod stejnými úhly, pod kterými byly získány skutečné projekce. Poté se projekce obrazu porovnají se skutečnými projekcemi a zjištěné rozdíly se zpětně promítnou do obrazu vrstvy. Projekce zpřesněného obrazu se opět porovnají se skutečnými projekcemi, provede se další oprava a tímto způsobem se postupuje tak dlouho, dokud se projekce obrazu liší od skutečných projekcí. Iterativní postupy jsou navzájem odlišné způsobem porovnání

projekcí, způsobem provádění oprav a výběrem kritéria pro posouzení výsledku rekonstrukce. [Kupka, 2007, s. 51]

Výhodou iterativních rekonstrukcí je možnost využití apriorní informace a především zavedení korekcí zobrazovacích vad. Nevýhodou je jejich velká výpočetní náročnost a některé obtížně řešitelné teoretické problémy. [Kupka, 2007, s. 51]

2.2.2 Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT)

Termín ‚emisní‘ označuje registraci záření gama, které je emitované radioaktivní látkou nacházející se v těle pacienta. Tím se liší od transmisní výpočetní tomografie (CT). Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT) rozšiřuje možnosti planární scintigrafie stejným způsobem jako výpočetní tomografie transmisní (CT) rozšiřuje možnosti projekčního rentgenového zobrazení (příloha 3). [Koranda a kol., 2014, s. 29]

Základem SPECT v klinické praxi jsou nejčastěji rotační scintilační kamery s jedním nebo více detektory (stejně jako pro planární scintigrafii), které se během vyšetření otáčejí kolem dlouhé osy pacientova těla a postupně zaznamenávají projekce vyšetřované oblasti z různých úhlů pohledu. Většinou se zaznamenává 120 projekcí na jednu rotaci, která má 360°. [Koranda a kol., 2014, s. 29]

Konstrukce a popis scintilační kamery je uvedena v samostatné kapitole.

Předností SPECT ve srovnání s planárním zobrazováním je nejen třídímní informace o lokalizaci léze, ale také její zobrazení s vyšším kontrastem vůči okolí. Zvýšení kontrastu umožňuje odhalit ložiska, která by na planárním snímku nebyla vůbec detekovatelná, nebo by to bylo obtížné. Při planárním zobrazování je kontrast poměrně nízký z důvodu sumačního charakteru planárního snímku. Příspěvky všech vrstev tkání se sčítají do jednoho obrazu, a proto odlišně akumulující léze ve sledované oblasti může splynout s aktivitou kumulovanou v jiných vrstvách. Při tomografickém zobrazení nedochází k uvedené sumaci, kontrast mezi lézí a okolím je větší a obraz je tak věrnější. [Koranda a kol., 2014, s. 30]

Ve srovnání s planárním zobrazováním má SPECT i některé nevýhody: poněkud horší prostorovou rozlišovací schopnost a o jeden řád vyšší šum v rekonstruovaném tomografickém obraze než v obraze planárním. Přínosy SPECT však z důvodu vyššího kontrastu převyšují tyto nevýhody, což umožňuje široké použití této metody v klinické praxi. [Koranda a kol., 2014, s. 30]

SPECT jako samostatné vyšetření se provádí u perfuzní scintigrafie myokardu a perfuzní scintigrafie mozku.

2.2.3 Hybridní systém SPECT/CT

Tento systém umožňuje pořídít jak záznam funkčního, tak i anatomického zobrazení jedním přístrojem v těsném sledu za sebou. Záznamy z kamery se ukládají do počítače. Z těchto projekcí se poté v počítači zrekonstruuje trojrozměrný obraz, který ukáže distribuci radioaktivní látky ve vyšetřované oblasti. Z něho můžeme získat obraz tomografické vrstvy tkáně. [Koranda, 2014, s. 30]

Hybridní SPECT/CT systémy byly poprvé propagovány Langem a Hasegawem, kteří spojili hardwarové součásti obou dosud samostatných systémů (SPECT a CT) a vynalezli algoritmy pro SPECT korekční zeslabení pomocí CT obrazů. [Adamson, 2009]

Snímek získaný z CT má velkou prostorovou rozlišovací schopnost, dobře zobrazuje anatomické detaily vyšetřované struktury, ale až na výjimky neposkytuje informaci o funkčním stavu tkání. Naproti tomu snímek pořízený jednofotonovou emisní tomografií (SPECT) má menší prostorovou rozlišovací schopnost. Oba typy snímků lze v počítači zkombinovat do jediného obrazu a patologické ložisko vyznačit např. barevně na snímku anatomické struktury. Proces vytváření kombinovaného obrazu se v angličtině označuje jako image registration, fusion nebo matching. [Adamson, 2009]

První komerční systém SPECT/CT představený jako přístroj GE Hawkeye v r. 1999 kombinoval dvoudetektorovou gama kameru s nízkodávkovou rentgenkou postavenou v jedné gantry. Rentgenka pracuje na 140 kVp (počet kilovoltů v píku) s proudem 2,5 mA, takže pacient obdrží signifikantně nižší dávku záření než od konvenčních CT skenerů. Od vzniku prvního hybridního přístroje se značně zvýšilo tempo ve vývoji techniky a různé SPECT/CT systémy jsou nyní k dispozici s odlišnými konstrukcemi CT - od jednovrstvých nízkodávkových CT systémů až k vícevrstevným systémům, které jsou schopny jak nízkodávkového CT zobrazování, tak plně diagnostického režimu. [Adamson, 2009]

Do gamakamer (SPECT kamer) jsou tedy nově zabudované přístroje CT s různou konstrukcí (příloha 2). Některé mají rentgenku pevně připojenou s gantry SPECT kamery, což má za následek omezení rychlosti rotace a proto jsou provozovány pouze v nízkodávkovém režimu (low-dose). Jiné přístroje s rychlou rotací rentgenky umožňují jak low-dose, tak hlavně high-dose režim, který se používá jako plně diagnostický režim s vysokým rozlišením. High-dose režim poskytuje přesnější anatomické informace, avšak je spojen s vyšší radiační zátěží pacienta. [Koranda, 2014, s. 30]

Základem současných hybridních systémů SPECT/CT je jeden nebo dva detektory (detekční hlavy) konstrukčně stejné jako u kamery pro planární scintigrafii. Scintilační

detektory jsou součástí detekčních zařízení používaných v nukleární medicíně při vyšetření in vivo. [Bushberg, 2002]

Při vyšetření metodou SPECT/CT se detektory nejčastěji otáčejí kolem pacienta krokově – po malých úhlech, nebo plynule (méně používaný způsob). Na záznamu pak najdeme 120 projekcí na 360° rotaci - každý detektor zaznamená 60 projekcí po 3°. U jednodetektorové kamery samozřejmě vyšetření trvá déle. [Kupka, 2007, s. 50]

Hybridní systém SPECT/CT tedy využívá tradičních postupů zobrazení nukleární medicíny ve spojení s morfologickým zobrazením výpočetní tomografií. Slouží jako významný doplněk celotělového planárního vyšetření nejčastěji při scintigrafii skeletu. [Powsner, 2006]

Rentgenová transmisní výpočetní tomografie (CT)

Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda, která využívá digitální zpracování dat o průchodu rentgenového záření v mnoha průmětech vyšetřovanou vrstvou. Základní princip je založen na zeslabování svazku rentgenového záření při průchodu vyšetřovaným objektem. Celkový výsledek vyšetření je tvořen z digitálních obrazů množství sousedících vrstev / skenů o šířce 1-10mm. [Nekula, 2005, s. 18]

Jde tedy o dynamickou metodu s velmi dobrou prostorovou rozlišovací schopností umožňující provádět virtuální 3D nebo dynamická 4D vyšetření. Konvenční CT založené na sekvenčním zobrazení relativně širokých vrstev nahradilo multidetektorové CT (MDCT). Je to způsob akvizice dat, kdy je současně získávána více jak jedna datová stopa (nejčastěji 32-62 řad detektorů). [Vomáčka a spol., 2012, s. 42]

Míra oslabení záření v jednotlivých místech vyšetřovaného objektu se registruje jako denzita, která se udává v Hounsfieldových jednotkách (H, HU). Základní stupnice denzit je rozdělena na 4000° od -1000 HU po +3096 HU, kde hodnota -1000 HU odpovídá denzitě vzduchu, 0 HU denzitě vody a hodnoty nad 85 HU denzitě kosti, kalcifikací a posléze kovů. Na obrazech CT skenů jsou denzity reprezentovány stupni šedi. Protože lidské oko je schopno rozlišit jen asi 16 odstínů šedi a ve většině případů nás zajímají rozdíly v tkáních s podobnou denzitou, vybíráme si z celé škály denzit jen určitou část – tzv. okno („kostní“ okno, „plicní“ okno, atd.). Při CT vyšetření lze zjistit jen takové patologické procesy, které se na nativních skenech nebo po podání KL liší svou denzitou od okolí. Při popisu takovýchto obrazů používáme termíny: hypodenzní (s nižší denzitou - tmavší), izodenzní (se stejnou denzitou), hyperdenzní (s vyšší denzitou - světlejší), nejčastěji ve vztahu k normální denzitě orgánu. [Nekula, 2005, s. 19]

Vlastní pracoviště CT se skládá z obslužného a vyhodnocovacího stolu, vyšetřovacího tunelu (gantry) obsahujícího rentgenku a detektory, do kterého zajíždí posuvný stůl s pacientem. Další přídatná zařízení jsou např. tlakový injektor nebo anesteziologický přístroj. [Vomáčka a spol., 2012, s. 43]

Svazek záření, který vychází z rentgenky je vycloněn do tvaru vějíře, jehož šířka určuje šířku zobrazované vrstvy. Záření po průchodu pacientem dopadá na detektory uložené na části kruhové výseče naproti rentgence. V detektorech je registrováno množství dopadajícího záření a převedeno na elektrický signál, který se odesílá ke zpracování do počítače. Během zhotovení jedné vrstvy se systém rentgenka - detektory otočí kolem pacienta o 360°. Doba rotace (expoziční čas) se pohybuje v rozmezí 0,5 - 2 sekundy. Během této rotace se získají řádově stovky dat každým detektorem. Z těchto dat počítač rekonstruuje obraz vyšetřované vrstvy. [Nekula, 2007, s. 19]

Rentgenka CT

Rentgenka, která se správně nazývá rentgenová lampa, je zjednodušeně řečeno trubice s vakuem uvnitř, jejíž základní součástí je katoda a anoda, mezi kterými je udržován elektrický potenciál. Žhavená katoda slouží jako zdroj elektronů, které jsou urychlovány pomocí anodového napětí a dopadají na terčík neboli anodu, čímž vzniká rentgenové záření. [Bushberg, 2002]

Katoda, která je tvořena spirálovitě navinutým wolframovým vláknem o tloušťce 0,2 mm slouží k produkci elektronů. Toto wolframové vlákno je elektricky připojeno ke žhavicímu proudu. Při průchodu elektrického proudu o velikosti 7 – 10 A při napětí cca 10 V žhavicím obvodem dochází vlivem velké teploty k termoemisi elektronů (Edisonův efekt). Termoemisi uvolněné elektrony, výrazně urychlené rozdílným elektrickým potenciálem mezi katodou a anodou, dopadají na kladně nabitou anodu. Aby však elektrony nedopadaly na kterékoliv místo anody, jsou speciálně fokusovány do úzkého svazku elektronů. Svazek elektronů se nazývá anodový proud o hodnotě 1 – 2000 mA. [Bushberg, 2002]

Anoda neboli terčík je tvořena kovovým materiálem, na kterém při dopadu urychlených elektronů dojde k uvolnění obrovského množství kinetické energie elektronů. Pouze 1 % z této uvolněné energie elektronů se přemění v rentgenové záření. Zbývajících 99 % této energie se přemění na teplo, čímž dojde k velkému zahřátí anodového terčíku. Aby se zabránilo tepelnému zničení anodového terčíku, je potřeba při jeho výrobě použít vhodný materiál s dostatečným odváděním nepotřebného tepla. Anoda je nejčastěji vyrobena z wolframu, který má vysokou teplotu tání (kolem 3300°C) a výsledné rtg záření je velmi

kvalitní. Wolfram je vhodný také z toho důvodu, že díky vyššímu atomovému číslu se zvyšuje produkce fotonů rentgenového záření. Pro lepší odolnost terčiku se do wolframu přidává přibližně 10 % rhenia. Pro měkčí záření v mamografii se při výrobě anody používá molybden nebo grafit, který je vhodný u vysoce zatěžovaných rentgenek CT přístrojů. [Bushberg, 2002]

Anoda může být pevná nebo rotační. Pevná anoda je zkosená měděná tyč a terčík z wolframu je uprostřed. Měď zde slouží jednak jako opora wolframového terčiku, ale současně velmi významně odvádí teplo z terčiku. Teplo omezuje maximální použitelný proud rentgenky, a tedy i množství produkovaných rentgenových fotonů. Pevnou anodu používaly některé starší diagnostické přístroje (hlavně v zubním lékařství) a v rentgenkách v radioterapii. [Bushberg, 2002]

Rotační anoda se skládá z disku ze slitiny wolframu a rhenia zavěšeném na tyči, která je rovněž z wolframu. U rotační anody dopadá svazek elektronů na plošinku disku, který však stále rotuje a teplo je tedy rozloženo na větší plochu. To umožňuje větší zatížení rentgenky. Rotační anody jsou s výhodou používány ve většině diagnostických aplikací, protože efektivněji odvádějí teplo a umožňují tak produkci většího množství fotonů potřebných pro prozáření větších objemů, aniž by došlo ke zničení disku. Rotaci anody zajišťuje rozběhový agregát, který se skládá z rotoru a statoru. Rotor je na konci anodové tyče ve vakuu. Stator, tvořený elektromagnety, je umístěn vně vakuované baňky. Rotační anoda rotuje s frekvencí až 11 000 otáček za minutu. [Bushberg, 2002]

Další nepostradatelnou součástí rentgenky je vakuovaná baňka (dioda). Vakuovaná baňka rentgenky, ve které je umístěna katoda i anoda, je obvykle vyrobena ze sklokeramického materiálu a její hlavní funkcí je udržování vakua v trubici. Baňka je obtékána olejem, který odvádí teplo z rentgenky a bývá uschována v krytu, jehož součástí je i olovo k odstínění nepotřebného záření mimo ohnisko. [Bushberg, 2002]

Zatížitelnost rentgenky je omezena teplotou anody, na kterou se může ještě zahřát, aniž by se poškodila. Zatížitelnost se obvykle vyjadřuje v kilowattech, u běžných ohnisek je to 20-50kW. [Bushberg, 2002]

Korekce chyb v zobrazování u SPECT/CT

Hlavním zdrojem chyb při hodnocení snímků SPECT je zeslabení záření, které je způsobené absorpcí fotoefektem a Comptonovým rozptylem. Fotony, jejichž energie byla částečně pohlcena uvnitř těla při Comptonově rozptylu, se náhodně dostávají do směru, který jim umožňuje projít kolimátory a reagovat s detektorem. Vzniklý impulz je tedy nesprávně

lokalizován do místa rozptylu a nikoli do zdroje záření. Rozptýlené záření snižuje kontrast obrazu, zvyšuje pozadí snímku a dochází ke zkreslení intenzity zdroje. Četnost částic, které dopadají na detektor, je proto nižší, než četnost částic, které jsou vyzářeny ze zdroje směrem k detektoru. Pokud tedy scintigrafické obrazy nejsou korigovány na zeslabení a rozptyl záření, neodpovídají skutečné distribuci radiofarmaka ve tkáni. [Kupka, 2007, s. 52]

Zeslabení lze naopak přesně měřit u rentgenové CT. Intenzitu rentgenového záření můžeme popsat vztahem mezi intenzitou vyzářenou rentgenkou a intenzitou změřenou detektorem po průchodu paprsku zobrazovaným objektem - zeslabovacím prostředím s průměrným zeslabovacím koeficientem μ a tloušťkou x . Jas na snímku CT je úměrný jediné veličině, kterou je zeslabovací koeficient pro rentgenové záření. [Kupka, 2007, s. 52]

Na rozdíl od CT nás u SPECT zajímá neznámá hodnota aktivity zdroje záření čili množství radiofarmaka v těle. Jedinou hodnotou, kterou měříme, je proto četnost impulzů zaznamenaná detektorem. [Kupka, 2007, s. 52]

Pro korekci obrazů SPECT na zeslabení záření byla navržena metoda, která předpokládá homogenní zeslabení v celém rozsahu zobrazovaného objektu a pro rekonstrukci používá geometrické průměry protilehlých projekcí nebo různým způsobem definované kontury těla (např. SPECT hlavy). Další, avšak složitější metoda, využívá transmisního měření, které je analogií CT. Místo rentgenky se však používá slabší zdroj záření ve formě radionuklidu. Kamera zaznamenává emisní a transmisní impulzy současně dvěma detektory nebo střídavě jedním detektorem. Z tohoto měření se sestrojí mapa zeslabovacích koeficientů, která připomíná snímek CT. Nověji se místo externího zdroje používá přímo CT zabudované v hybridních přístrojích, které pracuje se sníženou intenzitou rtg záření. [Kupka, 2007, s. 53]

Při korekci na rozptyl záření se využívá faktu, že rozptýlené fotony mají nižší energii. Tyto fotony nejsou propuštěny amplitudovým analyzátozem kamery, protože jejich energie nedosahuje dolního prahu energetického okna, ve kterém se provádí záznam. [Kupka, 2007, s. 53]

3 Scintigrafie skeletu

Scintigrafie skeletu je dnes nejčastější scintigrafické vyšetření z onkologické indikace. Zobrazuje rozložení kostní přestavby celého skeletu a tím umožňuje detekci časného stádia onemocnění. Je to vyšetření s vysokou citlivostí, ale nespecifické v rozlišování abnormálních stavů na kosti. Vychytávání osteotropního radiofarmaka totiž závisí jak na regionálním průtoku krve, tak hlavně na osteoblastické aktivitě kosti. Každý stav vedoucí ke změně těchto faktorů proto může být příčinou abnormálního nálezu na kostním scintigramu, proto je tedy nutné každý nálezu interpretovat v klinickém kontextu. Scintigrafie je obecně citlivější při záchytu onemocnění než kostní rtg sken. [Kupka, 2007, s. 116; Koranda, 2014, s. 131]

Při scintigrafii skeletu použijeme nejprve planární vyšetření jako základ, teprve poté provedeme rozšíření vyšetření o SPECT/CT, jakožto nedílnou součást komplexu vyšetření, které potřebujeme k určení co nejpřesnější diagnózy. [Kupka, 2007, s. 116]

SPECT vyšetření u scintigrafie skeletu slouží k zobrazení lokalizace a intenzity kostní přestavby. Část CT doplňujeme k prokázání morfologických změn (osteoplastická, osteolytická ložiska). [Koranda, 2014, s. 131]

Scintigrafie skeletu umožňuje zobrazit jakoukoli patologii v kostní tkáni již na funkčně metabolické úrovni. [Koranda, 2014, s. 131]

3.1 Struktura kostního systému

Strukturu kostního systému z anatomického hlediska je možné charakterizovat ve čtyřech úrovních: v molekulární, buněčné, tkáňové a orgánové. [Kupka, 2007, s. 116]

Na molekulární úrovni kostní tkáň obsahuje ze dvou třetin anorganickou matrix, která je tvořena kationty (kalcium, magnezium, sodíkem a draslíkem) a anionty (fluorem, fosforem a chloridy), a ty vytvářejí krystaly hydroxyapatitu. Tyto krystaly mají tvar tyčinek a destiček velikosti asi 20-60 nm a jsou rozloženy podél kolagenních vláken skeletu. Poslední jednu třetinu kostní tkáně tvoří organická matrix, která obsahuje zejména kolagen a glykoproteiny. U zdravých mladších osob je v rovnováze katabolická a anabolická fáze remodelace kosti, což je její odbourávání a novotvorba. Kost je tedy metabolicky aktivním orgánem a procesy, které se v ní dějí, jsou řízeny jak hormonálně, tak dostupností vitamínů (parathormon, kalcitonin, vitamin D). [Kupka, 2007, s. 116]

Na buněčné úrovni se v kostní tkáni nacházejí osteoblasty, které vytvářejí organickou matrix, osteocyty a osteoklasty. Osteocyty produkují anorganickou matrix a osteoklasty jsou zodpovědné za resorpci kostní tkáně. Tkáňovou úroveň tvoří kompaktní a spongiózní kost.

Spongiózní kost má až osmkrát aktivnější metabolismus než kost kompaktní, a obsahuje hematopoetické buňky a množství krevních elementů. Na poslední anatomické úrovni se nachází orgánová, která představuje axiální skelet (lebku, páteř, žebra a sternum) a apendikulární skelet (kosti končetin, pánevní a ramenní pletenec včetně klíční kosti a lopatky). [Kupka, 2007, s. 116]

3.2 Radiofarmaka používaná při scintigrafii skeletu

V současné době jsou nejpoužívanějšími osteotropní radiofarmaka na bázi fosfátových komplexů značených ^{99m}Tc charakteristické organickými řetězci P-C-P. Z nich se nejčastěji používají nejjednodušší bifosfonáty s rychlým únikem z měkkých tkání: ^{99m}Tc -MDP (metylendifosfonát), případně ^{99m}Tc -HDP (hydroxymetylendifosfonát). [Kupka, 2007, s. 116]

Výhodou difosfonátů je, že jsou odolnější na působení fosfatáz, chemiresorpcí se totiž váží na povrch hydroxyapatitových krystalů. Intenzita akumulace radiofarmaka v kostní tkáni závisí na prokrvení a osteoplastické aktivitě kosti. Scintigrafie skeletu je tedy vyšetřením, které slouží převážně k zobrazení intenzity kostní přestavby. [Koranda, 2014, s. 131]

Další způsob informování o kostní přestavbě poskytuje pozitronový zářič ^{18}F u PET vyšetření. Výhodou je zřetelně lepší rozlišení avšak za významně vyšší cenu. [Koranda, 2014, s. 131]

3.3 Vyšetření pacienta

3.3.1 Příprava pacienta před vyšetřením

Příprava pacienta před vyšetřením skeletu nevyžaduje speciální péči. Pacient nemusí být nalačno, nutný je ale dostatečný pitný režim (hlavně před a v průběhu vyšetření), tím se snižuje radiační zátěž močového měchýře. V anamnéze pátráme po úrazech, zlomeninách, operacích, radioterapii a užívání steroidů nebo osteotropních léků. Na žádance by měly být uvedeny aktuální obtíže a další onemocnění, které se vztahují k muskuloskeletálnímu aparátu (degenerativní onemocnění, apod.). Před vyšetřením by se měl pacient dokonale vymočit a odložit si všechny kovové předměty. Další důležitou částí před vyšetřením je podepsání informovaného souhlasu (popisují v samostatné kapitole). [Koranda, 2014, s. 131]

Informovaný souhlas pacienta

Důležitou součástí přípravy pacienta před vyšetřením je vyplnění a podepsání informovaného souhlasu (příloha 6). V následujícím textu popisují formulář pro kliniku

nukleární medicíny FN Olomouc. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]¹

Informovaný souhlas pacienta (nebo zákonného zástupce pacienta) obsahuje základní údaje o pacientovi: jméno a příjmení, datum narození, rodné číslo (číslo pojištění), kód zdravotní pojišťovny a adresu trvalého pobytu. V případě zástupu pacienta uvádí navíc k údajům pacienta zákonný zástupce své jméno a své rodné číslo. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]

Další částí informovaného souhlasu je poskytnutí základních informací o prováděném vyšetření na pacientovi. Zde je pacient informován o: názvu výkonu (scintigrafie kostí), účelu výkonu, povaze výkonu, předpokládanému prospěchu výkonu, alternativě výkonu (jestli existuje), o možných rizicích zvoleného výkonu a jeho následcích. Na klinice nukleární medicíny jsou do formuláře přidány propouštěcí informace po podání radiofarmaka. Při scintigrafii skeletu není pobyt s rodinnými příslušníky z důvodu radiační zátěže omezen, je ale vhodné omezit styk s těhotnými ženami a dětmi v řádu několika hodin. V případě inkontinentních a zvracejících pacientů je nutné potřísňené pleny a jiné materiály skladovat 48 hodin v pytlí mimo obytné prostory a až poté lze materiál vyprat nebo vyhodit. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]

Informovaný souhlas pokračuje dotazníkem, ve kterém pacient zakroužkuje ano či ne na následující otázky: zda je pacientka těhotná nebo kojí, jestli byl/a pacient/ka srozumitelně informován/a o alternativách výkonu prováděných ve FN Olomouc, ze kterých má možnost volit, jestli byl/a pacient/ka informován/a o možném omezení v obvyklém způsobu života a v pracovní schopnosti po provedení příslušného zdravotního výkonu, v případě možné nebo očekávané změny zdravotního stavu též o změnách zdravotní způsobilosti. Dále byl/a-li pacient/ka informován/a o léčebném režimu a preventivních opatřeních, která jsou vhodná, a o provedení kontrolních zdravotních výkonů. Pacient/ka dále sdělí, jestli všem vysvětlením a informacím, které byly zdravotnickým personálem sděleny a vysvětleny, porozuměl/a a jestli měl/a možnost klást doplňující otázky a zda byly zdravotnickým personálem zodpovězeny. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]

Po výše uvedeném seznámení pacient/ka prohlašuje, že souhlasí s navrhovanou péčí a s provedením výkonu a v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně života nebo zdraví, souhlasí s jejich provedením. Dále pacient/ka prohlašuje, že nezamlčel/a žádné údaje o svém zdravotním stavu, které by mohly nepříznivě ovlivnit léčbu či ohrozit okolí, zejména

¹ Fm-L009-001-KNM-014

rozšířením přenosné choroby. Pacient/ka dává souhlas k odběru biologického materiálu v případě nutnosti k vyloučení zejména přenosné choroby. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií FN Olomouc, 2016]

Vyjadřuje souhlas také s tím, aby osoby získávající způsobilost k výkonu zdravotnického povolání (studenti SZŠ, VOŠ, studenti LF UP apod.) prováděly lékařskou a ošetrovatelskou péči v rámci výuky v souladu s vnitřními předpisy FNOL a také mohly nahlížet do pacientovy zdravotní dokumentace v rozsahu nezbytně nutném. Všechny tyto osoby jsou povinny zachovávat mlčenlivost o všech pacientových osobních údajích. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]

Důležitou součástí informovaného souhlasu je samotný podpis pacienta včetně data a hodiny podepsání formuláře. Dále se v této části uvádí jméno a příjmení oprávněného zdravotnického pracovníka, který podal informace o přípravě a průběhu daného vyšetření vč. jeho podpisu a razítka. Na formulář uvádí své jméno, příjmení, datum a hodinu podepsání a podpis rovněž lékař, který podal pacientovi informaci o indikacích a kontraindikacích vyšetření. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]

Pokud se pacient nemůže podepsat, uvádíme důvody, pro které se nemohl podepsat a dále jak pacient projevil svou vůli. Uvádí se jméno a příjmení zdravotnického pracovníka/svědka, kterému pacient vyjádřil svoji vůli, pracovníkův podpis, datum a hodina. [Formulář informovaného souhlasu pacienta se scintigrafií skeletu FN Olomouc, 2016]

3.3.2 Průběh vyšetření

Pacientovi se intravenózně podá 500-800 MBq ^{99m}Tc -difosfonátů. U onkologicky nemocných se provádí celotělové planární vyšetření v přední a zadní projekci za 2-4 hodiny po aplikaci radiofarmaka (příloha 8). Volba délky intervalu od aplikace radiofarmaka k hlavnímu vyšetření závisí na věku, hmotnosti a přítomných renálních nebo kardiálních morbidit. Osoby starší 50 let a zejména obézní je vhodné vyšetřovat až za 3-5 hodin po aplikaci. Malé děti naopak už po 1,5-2 hodinách. Pro planární snímání se používá obvykle nízkenergetický kolimátor s vysokým rozlišením. [Koranda, 2014, s. 131; Kupka, 2007, s. 117]

Jednofotonová emisní počítačová tomografie (SPECT) je doplněna v případě potřeby o vybranou zájmovou oblast (příloha 8). Touto oblastí bývají zejména obtížněji hodnotitelné partie jako jsou lebka, pánev a páteř, kde pomáhá v etiologické diferenciální diagnostice ložisek zvýšené osteoblastické aktivity a umožňuje lepší lokalizaci případných abnormalit i vyšší prostorový kontrast. Další způsob zlepšení diagnostiky je použití

kombinace SPECT/CT, které umožňuje odlišit maligní a benigní změny, a tak zvýšit specifitu scintigrafie skeletu díky porovnání funkčních a anatomických obrazů (příloha 10). [Koranda, 2014, s. 131]

CT vyšetření probíhá tak, že je nejprve zhotoven digitální snímek vyšetřované oblasti, který se nazývá topogram. Na získaném snímku se naplánuje rozsah vyšetření, případně sklon gantry. Následuje vlastní vyšetření, při kterém získáváme vrstevné obrazy téměř výhradně v transverzální rovině. Obvykle je jich zhotoveno několik desítek navzájem sousedících, a proto lze z nich poté vytvořit rekonstrukce v libovolné rovině nebo trojdimenzionální, příp. čtyřdimenzionální. [Vomáčka a spol., 2012, s. 42]

Při vlastním vyšetření spirální technikou zobrazujeme celou vyšetřovanou oblast tak, že během kontinuální expozice pacient pomalu projíždí otvorem v gantry. Tím jsou získávána na sebe navazující data, z nichž počítač rekonstruuje obrazy jednotlivých vrstev. Výhodou spirální techniky oproti dřívějšímu konvenčnímu CT vyšetření je kratší doba celého procesu, jistota zachycení celého objemu vyšetřované oblasti a s nižší dávkou můžeme získat překrývající se vrstvy. CT vyšetření trvá obvykle několik minut v závislosti na rychlosti přístroje, rozsahu vyšetřované oblasti a případné aplikace kontrastní látky. [Vomáčka a spol., 2012, s. 42]

Informaci nejen o rozložení kostní přestavby, ale i posouzení prokrvení v postižené oblasti poskytuje třífázové vyšetření (příloha 7). Jak už značí název, toto vyšetření se rozděluje do tří fází - první fáze, tzv. perfuzní sleduje první průtoky radiofarmaka podezřelou oblastí pomocí dynamické scintigrafie. Ihned po této fázi se zaznamená statický scintigram, který zobrazí časné rozložení radiofarmaka v krvi a částečně v měkkých tkáních - fáze krevního poolu (krevně tkáňová fáze). Za 3 až 4 hodiny od aplikace radiofarmaka nastává pozdní fáze skenu, která zobrazuje metabolismus kosti a vykonává se hlavně u ortopedických pacientů s tzv. „diabetickou nohou“. [Koranda, 2014, s. 133]

3.4 Indikace a kontraindikace scintigrafie skeletu

Hlavními indikacemi u scintigrafie skeletu jsou nádorová (jak primární, tak sekundární metastatické postižení) i nenádorová onemocnění skeletu (osteomyelitida a artritida, fraktury a ostatní potraumatické změny, avaskulární nekróza, zobrazování ortopedických protéz, metabolická onemocnění, průkaz Pagetovy nemoci) a diferenciální diagnostika etiologie kostních lézí nebo poznání příčiny bolestivosti kostí. [Koranda, 2014, s. 131]

Scintigrafie skeletu nemá téměř žádné kontraindikace a může se dle potřeby opakovat díky poměrně nízké radiační zátěži. Avšak doporučení tohoto vyšetření se vždy nejprve

zváží, tak jako u každého jiného vyšetření. Relativní kontraindikací jsou gravidita a laktace. V graviditě lze vyšetření provést z vitální indikace. Při laktaci je vhodné přerušit dobu kojení dítěte na 12 hod. [Kupka, 2007, s. 119]

3.5 Interpretace scintigrafie skeletu

Při správné interpretaci scintigrafie skeletu bereme v potaz individuální odlišnosti pacientů, pod které patří fyziologická distribuce osteotropního radiofarmaka ve skeletu jak podle věku vyšetřované osoby, tak podle typu jednotlivých kostí a fyziologického zatěžování, případně návyků. [Kupka, 2007, s. 117]

U starších dětí je zvýšená aktivita zejména v růstových zónách a u starších osob akumulace radiofarmaka v kostech končetin s věkem klesá. Aktivita při rozložení radiofarmaka ve skeletu je obecně výraznější v oblasti páteře a všech kloubů díky intraosseální vaskularizaci a stupně osteogeneze. [Kupka, 2007, s. 117]

Patologický proces ve skeletu se nejčastěji projevuje zvýšenou akumulací radiofarmaka díky zvýšení novotvorby či přestavby kostní tkáně. Na scintigramu lze vidět tzv. „horká ložiska“, což jsou ložiska zvýšeného hromadění radiofarmaka. Naopak méně často lze vidět „studená ložiska“ zobrazující se jako výpad aktivity na scintigramu skeletu. Příčinou takového ložiska může být hypovaskularizace, tedy zábrana v proudění radiofarmaka do oblasti zájmu nebo rozsáhlý osteolytický proces v kosti. [Kupka, 2007, s. 117]

Kostní metastázy se zobrazují jako mnohočetná ložiska zvýšené kostní přestavby. Masivní postižení skeletu se může projevit difúzně zvýšeným hromaděním radiofarmaka v celém axiálním skeletu bez zobrazení ledvin a aktivity močového měchýře, jako tzv. „superscan“. [Kupka, 2007, s. 118]

Ke zlepšení specifity vyšetření scintigrafie skeletu se používá metoda třífázové scintigrafie. Zvýšené regionální prokrvení v prvních dvou fázích odráží aktivitu patologického procesu, buď zánětlivou, nebo nádorovou. Nejvíce se využívá při průkazu osteomyelitidy, artritidy a zánětlivých postižení měkkých tkání. Třetí (kostní) fáze přispívá k poznání příčiny patologické hyperémie, kdy např. při osteomyelitidě přetrvává vysoká aktivita. Negativní nález v třetí fázi znamená, že jde jen o celulitidu měkkých tkání. [Kupka, 2007, s. 118]

Třífázová scintigrafie má však význam i v diagnostice nádorů, a to jak primárních kostních, tak i metastatických procesů. V diagnostice primárního kostního nádoru je hlavně důležité posoudit agresivitu nádoru na základě stupně arteriálního prokrvení. U metastatického procesu má význam vyšetřovat prokrvení zejména při převaze lytických složek v metastázách nebo při málo průkazné standardní kostní scintigrafii. Nejvíce prokrvené

kostní metastázy bývají u karcinomu ledviny a karcinomu štítné žlázy. Při postižení skeletu myelomem nacházíme překrvení v počátečních stádiích, které může být příznakem aktivity onemocnění. Metoda je účinná také při posouzení účinku léčby. [Kupka, 2007, s. 118-119]

3.6 Zdroje chyb při scintigrafii skeletu

Nesprávné interpretace při scintigrafii skeletu mohou být vyvolané nejčastěji paravenózními infiltráty, tzv. artefakty při intravenózní aplikaci nebo díky kontaminaci kůže a oděvu radioaktivní močí, ale i neklidu vyšetřované osoby v průběhu snímání. Dále to mohou být artefakty výpadku záření při jeho absorpci v různých předmětech (např. kovová endoprotéza, kardiostimulátor, prsní protézy, fixátory, mince, apod.) nebo zvýšená aktivita v měkkých tkáních, zapříčiněná kalcifikací nebo osifikací ve svalech nebo nádorech, hyperkalcémií, nekrotickými ložisky, apod.). Dále můžeme pozorovat aktivitu vylučované moče v dutém systému ledvin a při větším měchýřovém reziduu, který může způsobit překrytí lézí v pánevních kostech. Mezi zdroje chybné interpretace patří technická nedokonalost snímání záření gama. Ta může vzniknout buď kvůli vysoké aktivitě pozadí, kdy se začne snímat kostní fáze brzy po aplikaci radiofarmaka anebo kvůli příliš velké vzdálenosti mezi detektorem kamery a povrchem těla, čímž se zhoršuje rozlišovací schopnost, a proto jsou kontury kostí neostré. [Kupka, 2007, s. 119]

4 Nádorové postižení skeletu a úloha nukleární medicíny v jeho diagnostice

Tato kapitola se zabývá nádorovým onemocněním skeletu a úlohou kostní scintigrafie v jeho diagnostice. Popisuje především nádory, které nejčastěji metastazují do kostí, kde tvoří ložiska sekundárních tumorů a pro jejichž diagnostiku se provádí vyšetření scintigrafie skeletu. Jako další neméně důležitou skupinou, která se diagnostikuje pomocí radionuklidových metod, jsou primární kostní nádory. Poslední podkapitola shrnuje význam vyšetření scintigrafie skeletu u těchto onemocnění.

4.1 Nukleární medicína v onkologii

Nástup nových zobrazovacích modalit (ultrazvuku, výpočetní tomografie, magnetické rezonance), moderních endoskopických metod, cytologické diagnostiky a detekce nádorových markerů poněkud změnil roli nukleární medicíny v onkologii, ale přesto nukleární medicína zaznamenala v posledním období rychlý vývoj. Základem tohoto pokroku je jak rozvoj nových moderních radiofarmak, tak hlavně rozvoj nukleárně medicínské zobrazovací techniky a posunutí ohniska zájmu klinických onkologů od pouhé detekce nádorů ke zjištění jejich charakteristiky. [Koranda, 2009]

V rozvoji nových moderních radiofarmak byl důležitý přechod od nespecifických k vysoce specifickým, kdy se radioaktivní indikátor hromadí v nádorové tkáni ve vyšší koncentraci než v okolní tkáni. Tato radiofarmaka využívají různých metabolických a biologických vlastností individuálních nádorů. [Koranda, 2009]

Při rozvoji nukleárně medicínské zobrazovací techniky byl důležitý vývoj digitálních scintilačních kamer s lepší prostorovou rozlišovací schopností a také nástup tomografického zobrazení SPECT, přinášející vyšší kontrast obrazu pomocí trojrozměrné prezentace scintigramů. Důležitá je rovněž možnost celotělových vyšetření s výhodou vizualizace nádorů a jejich metastáz bez ohledu na jejich lokalizaci během jediného vyšetření. Poslední faktor ve vývoji role nukleární medicíny v onkologii je tomografické zobrazení PET, umožňující vizualizaci odlišného metabolismu některých radiofarmak v nádorech. Zatímco cílem radiodiagnostických zobrazovacích technik jsou převážně anatomické informace o nádorech, nukleární medicína poskytuje především funkční charakteristiky. Radiodiagnostické a nukleárně medicínské metody zde přitom nejsou v konkurenčním vztahu, ale naopak se vzájemně doplňují. To umožňuje klinickým onkologům posunout se od pouhé detekce nádorů ke zjištění jejich charakteristiky. [Koranda, 2009]

4.2 Sekundární kostní nádory – kostní metastázy

Průkaz kostních metastáz je zřejmě nejdůležitější úlohou scintigrafie skeletu. Tato metoda umožňuje metastázy diagnostikovat mnohem dříve, než je možné jinými zobrazovacími postupy. Většina metastáz (až 98 %) se zobrazuje jako horká ložiska, případně ložiska s osteoplastickým lemem nebo také jako fotopenická ložiska, která jsou vzácnější a projevují se jako studené léze bez okrajové přestavbové reakce. [Kupka, 2007, s. 120]

Metastatické postižení je velmi často se vyskytující postižení skeletu při pokročilých stádiích nádorového onemocnění. Klinicky se projevuje bolestí, otokem, rezistencí a vznikem patologické zlomeniny při minimálním násilí. Do skeletu nejčastěji metastazuje karcinom mammy, prostaty, plic, ledvin, štítné žlázy, pankreatu, močového měchýře, žaludku a dělohy. [Kupka, 2007, s. 120]

Při metastatickém postižení se jako první vyšetření u pacienta provede celotělový scintigram, který podává obraz o lokalizaci metastáz. Druhým úkonem je cílené rtg vyšetření pro získání informace o morfologických detailech ložiska. Kostní metastázy jsou lokalizovány nejčastěji v axiálním skeletu (příloha 9), zejména v kostech bohatých na krvevornou kostní dřeň, a to v obratlech, zejména v obratlovém těle či pediklu (příloha 10), v dlouhých kostech, pánevní kosti, sternu, kalvě, mandibuly (méně často), pately a dlouhých kostech končetin distálně od loktů a kolen. [Kupka, 2007, s. 120]

Metastázy mohou být jak osteolytické a osteoplastické, tak smíšené. Osteolytické metastázy jsou minimálně mineralizovány a na rtg snímku se projeví jako neostře ohraničené defekty kostí. Zpravidla se nacházejí u karcinomu štítné žlázy, nadledvin, dělohy, někdy i zažívacího traktu. Osteoplastické metastázy jsou vysoce mineralizované, novotvořená kost je nehomogenní. Vyskytují se u karcinomu prostaty, karcinoidu, neuroblastomu a meduloblastomu. Nejčastěji nacházíme smíšené metastázy, které jsou u karcinomu mammy, plic, děložního čípku, ovaria a varlete. [Kupka, 2007, s. 120]

Specifikace nejistých lézí u onkologických pacientů se provádí při kostní scintigrafii s použitím SPECT/CT. V retrospektivní studii (Zadražil, 2013), která analyzovala 471 celotělových kostních skenů u 450 pacientů s rakovinou prsou, plic a prostaty se SPECT/CT nebo CT využilo při 11,9 % vyšetřeních z 12,4 % pacientů. Opakovaná scintigrafie (319 pacientů po kostní scintigrafii a 36 pacientů po SPECT/CT) byla využívána jako referenční vyšetření. Výsledky porovnání s předchozími scintigrafiemi byly užitečné u pacientů s rakovinou prsu před indikovaným SPECT/CT. Tento systém dokázal specifikovat nejasné léze v 90,9 % případů s následujícím výsledkem: senzitivita – 72,8 %, specificita – 96 %, pozitivní prediktivní hodnota – 88,9 % a negativní prediktivní hodnota – 88,9 %. Nebyly

prokázány žádné významné rozdíly mezi skupinou s jednou a bez jakýchkoliv podezřelých lézí v celotělovém skenu ve vývoji metastatického postižení v průběhu dvou let. Ze studie vyplývá, že SPECT/CT tedy příznivě ovlivňuje specificitu scintigrafie skeletu. Zdá se opodstatněné zvážit provedení SPECT/CT v 10-20 % všech případů po porovnání s předchozím kostním skenem. [Zadrazil, 2013]

Odlišit metastázy od primárního kostního nádoru nám umožní nepřítomnost charakteristických znaků – periostální reakce, Codmanův trojúhelník a extraskeletární složka nádoru. Solitární metastázu léčíme chirurgicky, metastazektomií a mnohočetná ložiska zpravidla onkologicky. [Kupka, 2007, s. 120]

V následujících podkapitolách představím primární nádory s osteoplastickými metastázemi ve skeletu, které jsou nejčastěji indikovány v doporučení ke scintigrafickému vyšetření.

4.2.1 Nádory prostaty

Nádory prostaty jsou 3. nejčastější malignitou u mužů, hned po kožních nádorech a karcinomu plic. Incidence tohoto onemocnění dle posledních údajů národního onkologického registru spadá na 119,5 mužů ze 100 000 za rok. Od roku 2000 se výskyt tohoto onemocnění značně zvýšil. [<http://www.svod.cz>]

Etiologicky v kancerogenezi hraje roli vliv androgenů. Rizikové faktory jsou následující: věk, příslušnost k černé rase a pozitivní rodinná anamnéza. Nejvyšší incidenci mají američtí černoši. Mechanismus vzniku nádoru prostaty není znám. U 60 % mužů se v průběhu života vyvine karcinom prostaty, který se často zjistí až při pitvě. [Adam, 2011, s. 77]

Histopatologicky jde nejčastěji o adenokarcinom prostaty, a to v 95 %, přičemž v 70 % se nachází v periferní zóně, ve 20 % v přechodné zóně a v 10 % v zóně centrální. Určuje se histopatologický gradient 1-4. Součástí histopatologického hodnocení je Gleasonovo skóre (GS), které má hodnoty 2-10 a je to důležitý prognostický údaj. [Adam, 2004, s. 169]

U nádorů prostaty převažuje dlouhodobý růst bez klinických příznaků, jelikož se adenokarcinomy častěji vyskytují v periferní zóně. Mnohdy jako první projev karcinomu prostaty jsou vzdálené metastázy. U centrálního růstu záhy nastupuje obstrukce močení. Hematurie se vyskytuje v pozdějším stádiu. [Adam, 2004, s. 169]

Jako další významný prognostický ukazatel je prostatický specifický antigen (PSA). Normálová hodnota PSA je do 4ng/ml, 4-10ng/ml je tzv. šedá zóna. Rovněž se provádí odběr vzorku nádoru asi 8-14-ti vpichy, a to nejlépe pod sonografickou kontrolou. [Adam, 2004, s. 169]

Stanovení stádia tumoru se provádí pomocí TNM klasifikace.

Lokalizovaný karcinom prostaty je onemocnění s vysokou kurabilitou. Provádí se radikální prostatektomie a radikální radioterapie. U lokálně pokročilého nádoru lze kombinovanou léčbou docílit dlouholetého přežívání. [Klener, 2011, s. 80]

Nejčastějším místem vzdálených metastáz karcinomu prostaty je skelet. Kostní metastázy má přibližně 80 % pacientů s pokročilým karcinomem prostaty. Díky využití testu PSA však narůstá počet iniciálních stádií karcinomu prostaty a ubývá počet nově diagnostikovaných pokročilých onemocnění. V současné době jsou metastázy přítomny při prvním vyšetření jen u 5 % mužů s karcinomem prostaty. Metastatický karcinom prostaty je přesto stále závažným problémem pro svou vysokou incidenci a nepříznivý vliv na kvalitu života. Kostní léze se postupně stávají symptomatickými, působí bolest, tělesnou slabost a ztrátu pohybových funkcí. [Jarolím, 2008, s. 109]

Nádorové buňky prostaty metastazují krevní a lymfatickou cestou. Hematogenní rozsev směřuje nejčastěji do axiálního skeletu, kde je hojně červené kostní dřeň a předpokládá se, že kost nebo dřeň produkují zvláštní faktory, které podněcují růst buněk karcinomu prostaty. O konkrétních příčinách metastazování polemizují různé hypotézy. [Jarolím, 2008, s. 109]

Kostní léze metastatického karcinomu prostaty jsou v zásadě osteoblastické. Blízko nich se však nacházejí i místa s nadměrnou kostní resorpcí a přestavbou. Asi 13 % pacientů proto může trpět ložiskovou osteopenií a generalizovanými poruchami kostního metabolismu. K prudkému poklesu kostní denzity může vést mimo jiné i u léčebné metody androgenní deprivace, která má za cíl zpomalit průběh nemoci. [Jarolím, 2008, s. 109]

Kostní metastázy samy o sobě nejsou život ohrožující komplikací, obecně však jejich přítomnost znamená špatnou prognózu. U pacientů s karcinomem prostaty jsou nejčastějším místem metastáz pánevní kosti, páteř (příloha 11), dlouhé kosti a žebra, hlavně femur a humerus. Mimoobratlové fraktury vznikají u 16 % pacientů a obratlové u 8 %. Skeletální morbiditu předpovídají rozsáhlé zobrazitelné kostní léze, zhoršení celkového stavu, výrazné bolesti a vzestup hladiny prostatického specifického antigenu. Kostní morbidita má příčinu v různých komplikacích kostních metastáz, které zahrnují těžkou bolest kostí až u 80 % pacientů, hyperkalcémii u 10-15 % pacientů, kompresi míchy u 12 % pacientů a patologickou frakturu u 9 % pacientů. Tyto komplikace mohou způsobit deformace kostí, poruchy rovnováhy až ztrátu motorických a senzitivních funkcí z neurologického poškození, s následným snížením celkové kvality života. Kompresi míchy vyžaduje okamžitou intervenci. [Jarolím, 2008, s. 110]

Skeletální komplikace tak zvyšují požadavky na podpůrnou léčbu. Snaha o ovlivnění kostních metastáz se zaměřuje nejen na úlevu od bolesti, ale i na zlepšení kvality života a prodloužení přežití. Výskyt fraktur u nemocných navíc snižuje celkové přežití pacientů. [Jarolím, 2008, s. 110]

Současné léčebné možnosti léčby pacientů s kostními metastázemi karcinomu prostaty zahrnují zevní radioterapii, farmakoradioterapii, chirurgické výkony, systémovou terapii (bifosfonáty, hormonální terapie a chemoterapie) a podávání analgetik. Pacienti s metastatickým karcinomem prostaty jsou léčeni s cílem paliace, a to především k odstranění bolesti, snížení incidence kostních komplikací, zlepšení mobility pacienta a celkové kvality života. [Jarolím, 2008, s. 110]

4.2.2 Nádory prsu

Karcinom prsu je nejčastějším nádorovým onemocněním u žen. Incidence se ročně zvyšuje o 1-2 %. Výskyt stoupá s věkem (před dvacátým rokem se objevuje vzácně) – nárůst se projevuje po padesátém roce věku. V ČR se ročně vyskytne 92,4 onemocnění na 100 000 žen. U mužů se vyskytuje asi v 1 % všech zhoubných onemocnění. [<http://www.svod.cz>]

Nádor prsu je hormonálně dependentní, kdy důležitým faktorem je vliv estrogenů. Prodloužená expozice estrogenů zvyšuje riziko vzniku, a to u žen s časnou menarche, u žen s pozdní menopauzou, u bezdětných žen a u žen ve vyšším věku. Další rizikové faktory jsou společné se špatným životním stylem – obezita, zvýšený příjem tuků, nedostatek fyzické aktivity. Zvýšené riziko karcinomu prsu představují i jiná onemocnění prsu – cystické adenomy, duktální adenomy, epiteliální hyperplazie nebo buněčné atypie). Nádor prsu se může projevit i jako stochastický účinek ionizujícího záření. [Adam, 2011, s. 74]

Histopatologicky vychází karcinom prsu z terminálních lalůček a vývodů mléčné žlázy. Nádory prsu rozdělujeme na: duktální karcinom, lobulární karcinom a Pagetův karcinom prsní bradavky. Benigní velké cysty se označují jako cystosarcoma phylloides. Jiné formy nádorů jsou lymfomy, sarkomy a maligní melanomy. [Adam, 2004, s. 213]

Diagnostika probíhá pomocí klinického vyšetření. Zjišťujeme obecnou anamnézu, rodinnou anamnézu, gynekologickou anamnézu a provádíme fyzické vyšetření. Ze zobrazovacích metod je první volbou mammografie, která má výtěžnost 85-90 %. Dále se používá magnetická rezonance a ultrasonografie jako doplňkové vyšetření. Provádí se jak histopatologické vyšetření, tak molekulárně biologické vyšetření. Standardně se vyšetřují hormonální receptory ER a PR. Určuje se mutace genů BRCA 1 a BRCA 2. Vyšetřuje se také protein HER2/neu. Používá se klasická TNM klasifikace. [Klener, 2011, s. 80-84]

4.2.3 Nádory plic

Bronchogenní karcinomy jsou nazývány také jako nádory průdušek a nádory vznikající v plicním parenchymu. Převážně jsou to nádory maligní. Nádory benigního typu existují v 5 % případů a jde o adenomy, hematomy, chondromy, fibromy, hemangiomy a lipomy. [Adam, 2004, s. 41]

Bronchogenní karcinom je celosvětově druhé nejčastěji se vyskytující sledované nádorové onemocnění. Více se vyskytuje u mužů, ovšem v poslední době je to vzrůstající trend také u žen (i mladších). U mužů jeho incidence činí 30 nemocných na 100 000 za rok. Zastává první místo v příčinách úmrtí na maligní onemocnění. [<http://www.svod.cz>]

Bronchogenní karcinomy se rozdělují na nemalobuněčné (Non-Small-Cell-Lung-Cancer) a malobuněčné (Small-Cell-Lung-Cancer). Vyskytují se také jako sekundární nádory, kdy se metastázy nalézají u 25-50 % nemocných s extrathorakálními primárními nádory jako nádory prsu, germinální nádory, osteosarkomy, sarkomy měkkých tkání, štítné žlázy, ledvin, nádory GIT, ORL oblasti, gynekologické nádory, nádory prostaty. [Adam, 2004, s. 41]

Nemalobuněčné bronchogenní karcinomy patří mezi nejpočetnější (80 %). Jsou to relativně pomaleji rostoucí nádory, které diseminují později. Základem léčby je léčba chirurgická, a to u I. a II. stádia. Pokročilejší stádia vyžadují kombinaci radioterapie s chemoterapií. Pětileté přežití je u I. stádia 50-60 %, u II. 33-50 % a u III. 10-15 %. U IV. stádia je pětileté přežití vyjimečné. [Adam, 2004, s. 41]

Malobuněčné bronchogenní karcinomy patří mezi 20 % všech nemocí na nádory plic. Vyznačují se rychlým růstem, časnou diseminací a v léčbě dominuje chemoterapie s radioterapií. Pětileté přežití u limitovaného stádia je 10 - 20 %, u extenzivního stádia je to 3-5 %. [Adam, 2004, s. 41]

Etiologicky významný faktor u bronchogenního karcinomu je kouření – 90 % nemocných v době diagnózy kouří nebo kouřilo v minulosti. Je rozdíl mezi kouřením cigaret a doutníků. Další faktory jsou následující: počet vykouřených cigaret za den, celková doba kouření v letech, věk zahájení aktivního kouření, kvalita tabáku a ochranné prvky (filtry). Zanechání aktivního kouření riziko snižuje. Velký negativní význam má také pasivní kouření. [Adam, 2011, s. 78]

Další etiologicky významný faktor je profesionální expozice kancerogenními látkami – radioaktivními látkami, ionizujícím zářením, azbestem, arsenem, niklem a chromem. Ke vzniku bronchogenního karcinomu přispívá extrémně vysoké znečištění ovzduší, emise radioaktivních látek z přirozených zdrojů, složení potravy chudé na protektivní látky jako

ovoce a zelenina, zánětlivá a fibrotická plicní onemocnění, chronické obstrukční plicní nemoci a familiární nebo genetické faktory. [Adam, 2011, s. 78]

Symptomy bronchogenního karcinomu jsou kašel, hemoptýza, stridor, chrapt, dušnost a bolest. Dále jde o syndrom horní duté žíly, který se vyznačuje otokem od prsou nahoru - pacient má zvýrazněné cévní kresby na prsou. Může být také postižen brachiální plexus (Pancoastův tumor). [Adam, 2011, s. 78]

Mezi příznaky bronchogenního karcinomu také patří projevy ze vzdálených metastáz. U CNS jsou to bolesti hlavy, poruchy vidění, manifestace neurologických poruch a organický psychosyndrom. Metastázy ve skeletu způsobují neuropatie, radikulopatie, transversální léze, bolesti kostí a patologické fraktury. Metastázy do jater způsobují ikterus. [Adam, 2004, s. 41]

Mezi vyšetřovací metody v nukleární medicíně se může zařadit také perfuzní a ventilační plicní scintigrafie. Nádory plic se hodnotí TNM klasifikací, přičemž malobuněčný karcinom má klasifikaci zjednodušenou, a to na limitované stádium a extenzivní stádium. [Adam, 2004, s. 41]

4.2.4 Nádory ledvin

Karcinom ledvin se nejčastěji objevuje ve věku 60. až 75. let. Incidence tohoto nádoru se pohybuje u mužů okolo 35,1 nemocných na 100 000 mužů ročně. U žen je to 19,2 onemocnění na 100 000 žen za rok. Mortalita na toto onemocnění klesá. [<http://www.svod.cz>]

Adenokarcinom ledviny se šíří do okolních struktur především hematogenně – do plic, kostí a jater. Vychází z tubulárních buněk. [Adam, 2004, s. 159]

Nejčastější formou karcinomu ledvin je světlobuněčný, a to v 70 %. Histopatologický grading adenokarcinomu ledvin se určuje podle stupně diferenciacce buněk, a to GX- nelze hodnotit, G1- dobře diferencovaný, G2 středně diferencovaný, G3-4 špatně diferencovaný až nediferencovaný. Určuje se rovněž TNM klasifikace podle velikosti primárního tumoru, postižení lymfatických uzlin a vzdálených metastáz. [Adam, 2004, s. 159]

Až 60 % pacientů je asymptomatických, kdy je nádor diagnostikován náhodně na ultrasonografii. U pokročilého tumoru může nastat makrohématurie, bolesti zad a tumor může být hmatný. Dále může nastat akutní varikokéla (porucha odtoku krve varlat), renální kolika nebo patologická fraktura z kostních metastáz. [Adam, 2004, s. 159]

Primární karcinom ledvin je radiorezistentní, a proto základní strategií léčby je chirurgické odstranění. Převážně u malých nádorů znamená chirurgický zákrok odstranění veškeré nemoci. Kurativní radioterapie není standardní léčebná metoda. Využití radioterapie je v paliativní léčbě – k odstranění symptomů nemoci. U pokročilých nádorů ledvin je léčba

rovněž chirurgická s následnou terapií – u karcinomu ledvin se provádí cílená terapie, imunoterapie nebo biologická léčba. [Adam, 2004, s. 159]

4.3 Primární kostní nádory

Tato kapitola je věnována primárním kostním nádorům, které mají původ v buňkách vyskytujících se v kosti. Rozlišují se na benigní a maligní a vyskytují se v každém věku. Benigní nádory (nezhoubné) není vždy nutno operovat – nejsou agresivní a netvoří metastatická ložiska. Naopak maligní kostní nádory jsou zhoubné, rychle se rozšiřují do dalších orgánů, kde tvoří metastázy, a proto je nezbytná jejich včasná diagnostika pomocí scintigrafie.

4.3.1 Benigní kostní nádory

Benigní kostní nádory většinou neodhalíme jednoznačně na rentgenologickém obrazu, proto často bývají náhodným nálezem mimo hlavní účel vyšetření nebo se zobrazí v rámci diferenciální diagnostiky. Intenzita prokrvení u takovýchto nádorů nebývá vysoká a také stupeň osteogeneze bývá v normě nebo na její hranici. Do této kategorie patří např. chondromy, fibrózní dysplazie, cysty, hemangiomy, osteoidní osteomy, atd. [Kupka, 2007, s. 119]

Vývojové onemocnění skeletu, které se vyskytuje převážně u dětí a vyznačuje se mnohočetnými enchondromy, se nazývá enchondromatóza nebo jako Ollierova nemoc.

U trojfázové scintigrafie skeletu má pozitivitu v prvních fázích osteoidní osteom, jehož nidus bývá dobře prokrvený. Mnohočetné osteomy spolu s výskytem střevní polypózy a fibromy měkkých tkání značí, že se jedná o Gardnerův syndrom. [Urbánek, 2002]

Mezi benigní nádory se dle klasifikace WHO řadí většinou i hemangiomy. Vzácně se vyskytují i nízce maligní formy jako hemangioendoteliom, nebo vysoce maligní formy jako hemangiosarkom. [Kupka, 2007, s. 119]

U nemocných poslaných k detekci kostních metastáz je třeba odlišit benigní léze, které jsou nejčastěji degenerativní nebo potraumatické etiologie. [Kupka, 2007, s. 119]

4.3.2 Maligní kostní nádory

V diagnostice primárních kostních nádorů došlo k renesanci scintigrafie skeletu, protože při scintigrafickém vyšetření je možné posoudit i prokrvení kostního procesu v angiografické fázi třífázové scintigrafie. Právě monitorování prokrvení v průběhu léčby je poměrně spolehlivým markerem léčebné efektivity. Scintigrafie odhalí skryté metastázy v unilaterální končetině, tzv. „skip“ metastázy. Celotělovou scintigrafií je také možné odhalit

vícečetnost nebo metastázování primárního kostního nádoru. Scintigraficky monitorujeme také stavy po léčbě (po chemoterapii a po operaci). Při monitorování léčby primárních kostních nádorů je možno využít i jiných radiofarmak, pomocí nichž posuzujeme viabilitu nádoru, reziduum, případně recidivu nádorového procesu. [Kupka, 2007, s. 119]

Velmi vhodné je použití scintigrafie skeletu v diagnostice osteogenního sarkomu. Osteosarkom je nejčastěji se vyskytujícím primárním nádorem vůbec - v 60 % se nachází u mužů do 20 let. Většinou je lokalizován v dlouhých kostech. V rámci stagingu se provádí scintigrafie skeletu doplněna CT plic. [Kupka 2007, s. 120]

Další důležitou indikací k vyšetření skeletu je podezření na Ewingův sarkom. Je to maligní nádor vycházející z kostní dřeně. Nejčastěji se vyskytuje u chlapců mezi 5. až 15. rokem v dlouhých kostech. Zvýšená akumulace radiofarmaka při scintigrafii skeletu v místě léze je projevem periostální kostní novotvorby. Toto vyšetření pomůže při odhalení polytopnosti nádoru (na více místech), případně jeho kostních metastáz. Prognostický význam má také třífázová scintigrafie, která posoudí prokrvení okolních měkkých tkání. Scintigrafii skeletu zde opět využíváme při detekci metastatického postižení společně s CT plic, do kterých Ewingův sarkom časně metastazuje. [Kupka 2007, s. 120]

V případě chondrosarkomu, který je jeden z nejčastějších maligních nádorů kosti v dospělém věku, vidíme scintigramu skeletu variabilní nález ve třetí kostní fázi, kdy je většinou akumulace snižena a ložisko se zobrazuje jako studené. [Kupka 2007, s. 120]

Zvláštní postavení má ve scintigrafické diagnostice mnohočetný myelom, který vzniká z plazmatických buněk kostní dřeně a má převážně osteolytická ložiska. Nález je často normální, ale lze scintigraficky prokázat studená ložiska v páteři, pánevních kostech, žebrech či kalvě. Nejvhodnější metodou pro tento typ nádoru je třífázová scintigrafie, kde bývá pozitivní zejména první angiografická fáze díky bohatě prokrveným lézím. [Kupka, 2007, s. 120]

Při monitorování léčby primárních kostních nádorů je možno využít i jiných radiofarmak, pomocí nichž lze posoudit viabilitu nádoru, reziduum, případně recidivu nádorového procesu. [Kupka, 2007, s. 120]

4.4 Význam scintigrafie skeletu u nádorových onemocnění

I přes výhody ostatních radiodiagnostických metod, scintigrafie skeletu hraje značnou roli v diagnostice širokého spektra patologií skeletálního systému – od benigních tumorů, traumat a infekcí až k maligním onemocněním. [Kupka, 2007, s. 120]

Při známém primárním nádoru scintigrafie skeletu může v rámci terciární prevence odhalit němé kostní metastázy u všech nádorů, které často metastazují do skeletu (karcinomy tlustého střeva, prostaty, prsu, plic, ledvin, štítné žlázy, močového měchýře, atd.). Ideálním postupem u těchto pacientů by bylo provedení scintigrafie skeletu už jako součást vstupního vyšetření na začátku onemocnění. Scintigrafie se u primárních nádorů skeletu nejčastěji používá v diagnostice osteogenního sarkomu. [Kupka, 2007, s. 121]

Pomocí scintigrafie skeletu můžeme dále odhalit vícečetnosti kostních metastáz při jednom podezřelém ložisku a příčinu kostní bolesti jak při známém primárním nádoru, tak i v případě normální hladiny nádorových markerů (může totiž jít o infrakce nebo fraktury při osteoporóze či v důsledku úrazů). Je možno rozpoznat zvyšující se hladinu nádorových markerů i u nemocných bez bolestí kostí. Při systémových nádorových onemocněních (maligní lymfomy, myelom) je nutné posoudit i prokrvení pro převahu osteoplastických pochodů. Scintigrafii skeletu používáme také pro upřesnění místa biopsie, pokud je při nedostatku jiných informací nezbytná. [Kupka, 2007, s. 121]

Scintigrafie skeletu u nádorových onemocnění je také důležitá při posouzení účinku systémové léčby, do které patří aktinoterapie, chemoterapie a hormonoterapie. Pro správné posouzení účinků léčby je nutno vyhodnotit následující kritéria: První znak účinné léčby v počátečním období je snížení arteriálního prokrvení. Jako druhý znak je možné pozorovat zvýšení intenzity stávajících ložisek, případně manifestace dalších (zvýšená osteogeneze reparativní etiologie), tzv. „flare fenomén“ - efekt „vzplanutí“, který někdy přetrvává až půl roku po zahájení terapie a považuje se za projev stimulace osteoblastické odpovědi na léčbu a ne za důsledek progresu metastatického procesu. V tomhle období je nutno scintigrafický obraz interpretovat opatrně. Jako třetí znak je možné po dlouhodobé účinné léčbě pozorovat vzácně i snížení osteogeneze, snížení intenzity nebo dokonce vymizení původních ložisek patologicky zvýšené aktivity. [Kupka, 2007, s. 121]

Hybridní neboli kombinované zobrazení pomocí metody SPECT/CT zdokonaluje kombinaci snímků ze dvou zobrazovacích metod – z rentgenové výpočetní tomografie a z emisní tomografie do jednoho výsledného obrazu – a tím zlepšuje diagnostiku nádorového onemocnění skeletu. Tento systém využívá přednosti jednotlivých metod, umožňuje záznam kombinovaného anatomického a funkčního zobrazení a poskytuje tak dokonalejší a úplnější diagnostickou informaci. Matematické postupy pro kombinované zobrazení lze využít i pro přesné kvantitativní porovnání dvou snímků získaných stejnou technikou v delším časovém odstupu, např. před a po léčbě. Metoda vyrovnává rozdíly způsobené rozdílnou polohou pacienta, změnou tvaru některých struktur (expozicí snímku apod.), takže ve výsledném

obrazu lze dobře posoudit rozdíly mezi snímky způsobené léčbou nebo vývojem choroby. Nejnověji lze kombinovat diagnostické obrazy nejen navzájem mezi sebou, ale také s realitou operačního pole (obrazově navigovaná chirurgie). [Kupka, 2007, s. 47, 48]

Integrace SPECT a CT tedy poskytuje lepší anatomickou lokalizaci a umožňuje určit charakter různých abnormalit (lézí), které nalezneme na planárním nebo SPECT scintigramu, díky využití strukturálních informací z CT. Aktuální studie potvrzují diagnostické zlepšení a specificitu v diagnostice kostních patologií. Dnešní scintilační kamery jsou schopny zobrazování s vysokým rozlišením v krátkých skenových intervalech a zobrazování pomocí SPECT/CT se stalo mnohem dostupnější. Kombinace funkční informace a anatomického zobrazení v hybridním přístroji SPECT/CT má tak potenciál ovlivnit klinickou praxi využitím nových zobrazovacích postupů. [Adamson, 2009]

Zobrazování nádorů skeletu metodami nukleární medicíny slouží tedy k primárnímu zjištění přítomnosti nádorového onemocnění, stanovení jeho stádia (staging) před zvolením terapeutické strategie, sledování nemocných s nádorem během a po terapii a k využití radionuklidového zobrazení nádoru jako prognostického parametru. [Kupka, 2007, s. 121]

Scintigrafie kostí pomocí osteotropních radiofarmak se provádí už asi čtyřicet let. I když ve srovnání s obdobím zavádění této metody máme dnes v diagnostice kostních změn k dispozici daleko dokonalejší radiologickou zobrazovací techniku (CT a MR vyšetření), v indikovaných případech zůstává scintigrafie skeletu tou nejlepší volbou, díky její dostupnosti a citlivosti. Odhaluje změny na úrovni kostní fyziologie a patofyziologie mnohem dříve než rentgenologické přístroje a v důsledku relativně nízké radiační zátěže nemá v zásadě kontraindikace a může se dle potřeby opakovat. [Koranda, 2014, s. 131]

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo pomocí shromážděných informací přiblížit úlohu scintigrafie v diagnostice nádorových onemocnění skeletu pomocí aktuálních zobrazovacích metod, především se zaměřením na planární scintigrafii a SPECT/CT zobrazení.

V následujících odstavcích popisují splnění stanovených dílčích cílů.

První vytyčený cíl byl formulován otázkou: Jaké jsou aktuálně používané zobrazovací metody a způsoby vyšetření skeletu v diagnostice nádorového onemocnění?

Přehled aktuálních zobrazovacích metod je uveden a detailně vysvětlen popsán v první kapitole. V nukleární medicíně jsou pro diagnostiku nádorového onemocnění skeletu v dnešní době využívány zejména metody planární scintigrafie s následným využitím hybridního zobrazování pomocí systému SPECT/CT. Základem je celotělové vyšetření (standardní kostní scintigrafie). Ke zvýšení specifity se dle potřeby provádí třífázová scintigrafie. Tyto způsoby vyšetření skeletu jsou popsány v třetí kapitole.

Druhý dílčí cíl byl stanoven z této otázky: Jaké jsou nejčastější indikace vyšetření scintigrafie skeletu při nádorovém onemocnění?

Scintigrafické vyšetření skeletu při nádorovém onemocnění a jeho nejčastější indikace popisuje třetí a čtvrtá kapitola. Zřejmě nejdůležitější indikací scintigrafie skeletu je vyloučení osteoplastických kostních metastáz. Tato metoda umožňuje detekovat změny v kosti už v počátečních stádiích – mnohem dříve než se zobrazí na rentgenovém snímku. Scintigrafie skeletu se u onkologických pacientů používá k detekci vzdálených metastáz kostí, pro monitoring pooperačního stavu a při diagnostikování případného relapsu nemoci.

Poslední cíl byl určen z otázky: Jaký je přínos použití hybridního systému SPECT/CT u diagnostiky nádorového onemocnění skeletu?

Princip hybridního systému SPECT/CT je vysvětlen v samostatné podkapitole v rámci první kapitoly. Význam a přínos hybridního systému SPECT/CT v diagnostice nádorového postižení skeletu uvádí podkapitola 4.4. Integrace SPECT a výpočetní tomografie (CT) poskytuje lepší anatomickou lokalizaci a umožňuje charakterizovat různé abnormality, které nalezneme na planárním nebo SPECT scintigramu, a to hlavně díky využití strukturálních informací z CT. Použití SPECT/CT příznivě ovlivňuje specifitu scintigrafie skeletu, hlavně při specifikacích nejistých lézí u onkologických pacientů. Hybridní systém SPECT/CT tedy využívá přednosti obou metod a současně eliminuje nevýhody, tzn. zlepšuje diagnostickou

přesnost a tím zvyšuje schopnost správné interpretace kostních skenů. Díky rozvoji těchto metod se stává diagnostika přesnější a dokáže zachytit časná stádia nemoci.

Planární scintigrafie a SPECT/CT zobrazení má nezastupitelnou úlohu v diagnostice nádorových onemocnění skeletu, zejména při lokalizaci metastatických ložisek.

Literatura

1. ADAM, Zdeněk, Jiří VANÍČEK a Jiří VORLÍČEK. *Diagnostické a léčebné postupy u maligních chorob*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 684 s., s. obr. příl. ISBN 80-247-0896-5.
2. ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK. *Obecná onkologie*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-715-8.
3. ADAMSON K., GNANASEGARAN G., BARWICK T., Multislice SPECT/CT in Benign and Malignant Bone Disease: When the Ordinary Turns Into the Extraordinary. In: ScienceDirect.com[online]. September 30, 2009 [cit. 2016-03-28]. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2009.07.005. Dostupný z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001299809000592>>
4. BUSHBERG JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM. *The essential physics of medical imaging*. Lippincott Williams & Wilkins, 2. Vydání. Philadelphia, 2002. 933s. ISBN: 978-06-8330-118-2.
5. DUŠEK Ladislav, MUŽÍK Jan, aj. Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice [online]. Masarykova univerzita, [2005], [cit. 2016-2-15]. Dostupný z WWW: <http://www.svod.cz>. Verze 7.0 [2007], ISSN 1802 – 8861.
6. JAROLÍM, Ladislav. Problematika kostních metastáz u karcinomu prostaty. *Urologie pro praxi*, 2008, roč. 9, č. 3, s. 109-111. ISSN: 1213-1768.
7. KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 4., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén: Karolinum, 2011. xlii, 1174 s.: il., tab.; 29 cm. ISBN: cnb002236081; 978-80-7262-705-9; 978-80-246-1986-6.
8. KORANDA Pavel, Miroslav Mysliveček: Nukleární medicína v onkologii. *Výukový portál LF UP Olomouc* [online] 30.11.2009, poslední aktualizace 8.9.2012 [cit. 2016-06-17] Dostupný z WWW: <<http://mefanet.upol.cz/clanky.php?aid=39>>. ISSN 1804-5936.
9. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 s.: il.; 29 cm. ISBN: 978-80-244-4031-6.
10. KOTALOVÁ, D., MOŠA, M., NOVÁKOVÁ, O., KUPKA, M., VRÁNA, V. *Slovníček základních fyzikálních, technických, radiobiologických, radiohygienických, farmakologických, počítačových a statistických pojmů pro opakování ke zkoušce z*

nukleární medicíny [online]. Verze 1.4 - 17.10.2005. [cit. 2016-01-23]. Dostupný z WWW: <<http://unm.lf1.cuni.cz/vyuka/slov10.pdf>>

11. KUPKA, Karel; KUBINYI, Jozef; ŠÁMAL, Martin. Nukleární medicína. 1. vyd. Praha: P3K, 2007. 185 s. ISBN 9788090358492
12. MÍKOVÁ, Vlasta. Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína. 1. vyd. Praha: Galén, 2008. 118 s. ISBN 9788072625338
13. MYSLIVEČEK, Miroslav; HUŠÁK, Václav; KORANDA, Pavel. Nukleární medicína 1. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 1995. 123 s. ISBN 8024400812
14. NEKULA, Josef. *Radiologie*. 3. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. 205 s.: il. ISBN: 80-244-1011-7.
15. POWSNER, Rachel A. – POWSNER Edward R. *Essential Nuclear Medicine Physics*. Massachusetts, USA: Blackwell Publishnig, Inc., 2006. ISBN-13: 978-1-4051-0484-5. Praha: Galén, 2011, ISBN 9788072627158.
16. ROSINA, J. - KOLÁŘOVÁ, H. - STANEK, J. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1383-7.
17. SKALA, Evžen. *Rakovina kostí a měkkých tkání*. Praha: Liga proti rakovině, [2000?]. ISBN: 80-239-3627-1; (OCoLC)85117099.
18. URBÁNEK, Jan a kol. Nukleární medicína. 4. vyd. Jilemnice: Gentiana, 2002. 154 s. ISBN 8086527050.
19. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3126-0.
20. ZADRAŽIL, Ladislav a Petr LIBUS. Specifikace nejistých lézí na planární celotělové kostní scintigrafii s použitím SPECT/CT u onkologických pacientů. *Nukleární medicína*, Praha: Olympia, 2013, roč. 2, č. 2, s. 25 - 30. ISSN 1805-1146.

Seznam zkratek

SPECT/CT – hybridní systém, který spojuje jednofotonovou emisní výpočetní tomografii s CT technologií

SPECT – jednofotonová emisní výpočetní tomografie (Single-Photon emission computed tomography)

RTG – rentgenové vyšetření

keV – kiloelektronvolt (jednotka energie záření)

PET – pozitronová emisní tomografie (positron emission tomography)

MR – magnetická rezonance

MBq – megabecquerel (jednotka aktivity radioaktivní látky)

L páteř – bederní páteř

HDP – hydroxymethylendifosfonát

CT – výpočetní tomografie (computed tomography)

^{99m}Tc – izotop technecia

^{18}F – fluorodeoxyglukóza, pozitronový zářič

KL – kontrastní látka

MR – magnetická rezonance

WHO – Světová zdravotnická organizace (World Health Organisation)

nádory GIT – nádory gastrointestinálního traktu

PSA – prostatický specifický antigen

TNM klasifikace – klasifikace nádorů: T (tumor), T1-T4 = rozsah primárního nádoru; N (noduli), N1-N3 = stav regionálních mízních uzlin; M (metastases) = přítomnost (M1) či nepřítomnost (M0) vzdálených metastáz

PNET – primitivní neuroektodermální nádor

Seznam příloh

Příloha 1 - dvouhlavá SPECT gamakamera Discovery NM 630.....	45
Příloha 2 – Hybridní systém SPECT/CT Optima NM CT 640.....	45
Příloha 3 - Akvizice a rekonstrukce SPECT	46
Příloha 4 - Schéma přenosu a záznamu informace o distribuci radiofarmaka v těle pacienta scintilační kamerou	46
Příloha 5 – Typy kolimátorů.....	47
Příloha 6 – Informovaný souhlas pacienta se scintigrafií skeletu.....	48
Příloha 7 – Třífázová scintigrafie skeletu.....	50
Příloha 8 – Scintigrafie skeletu – normální nález, planární zobrazení a SPECT.....	51
Příloha 9 – Scintigrafie skeletu – generalizované metastatické postižení, planární zobrazení a SPECT.....	52
Příloha 10 – Scintigrafie skeletu – pozitivní nález, planární, SPECT, SPECT/CT zobrazení.....	53
Příloha 11 – Scintigrafie skeletu – pozitivní nález, planární zobrazení a SPECT/CT.....	54

Přílohy

Příloha 1 - dvouhlavá SPECT gamakamera Discovery NM 630



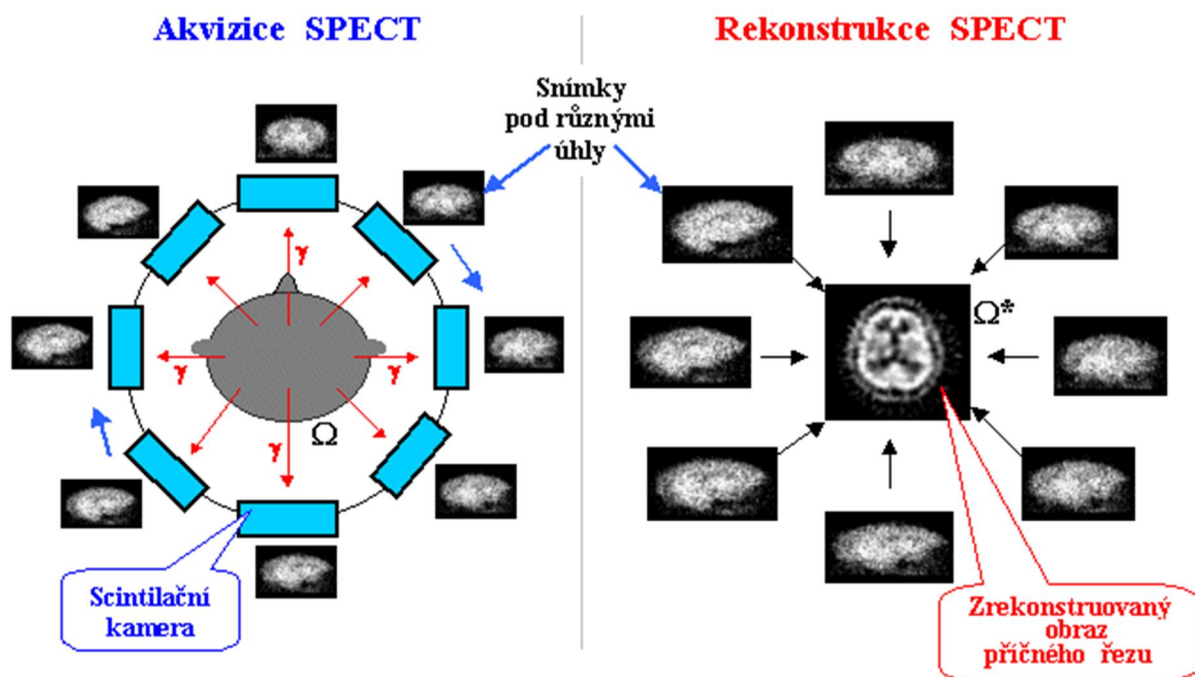
Zdroj: Krajská zdravotní, a.s., Děčín, Chomutov, Most, Teplice, Ústí nad Labem, dostupné z WWW: <www.kzcr.eu>

Příloha 2 – Hybridní systém SPECT/CT Optima NM CT 640



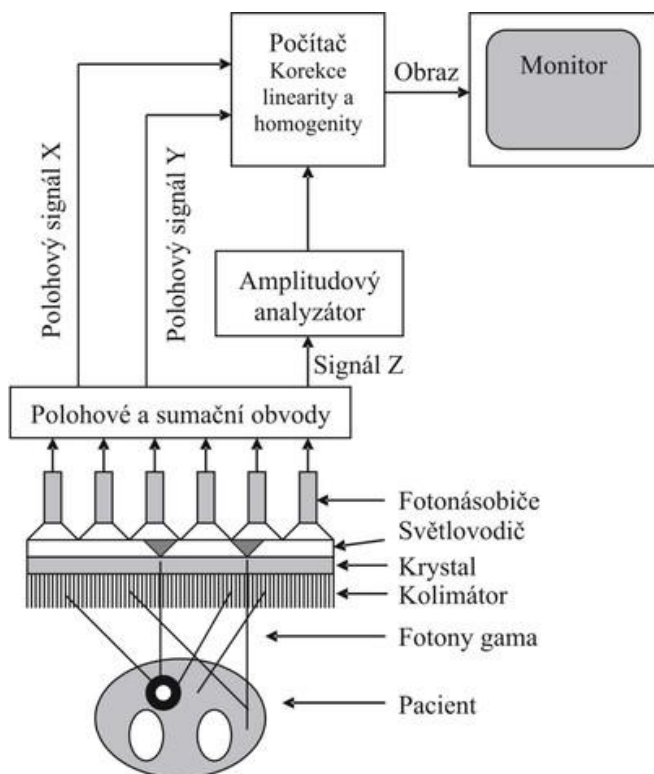
Zdroj: Krajská zdravotní, a.s., Děčín, Chomutov, Most, Teplice, Ústí nad Labem, dostupné z WWW: <www.kzcr.eu>

Příloha 3 - Akvizice a rekonstrukce SPECT



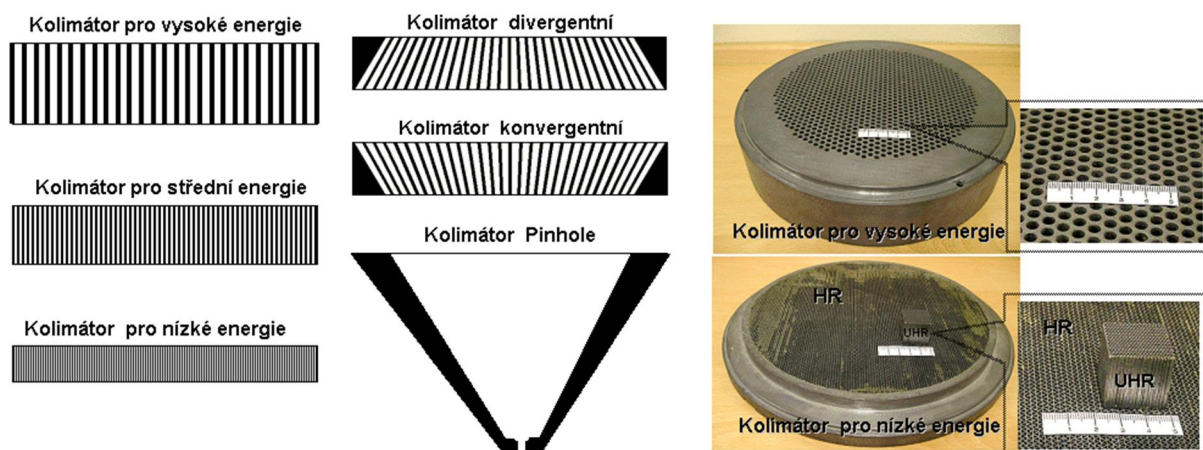
Zdroj: ULLMANN, Vojtěch, RNDr., Scintigrafie, *AstroNuklFyz.cz* [online], dostupné z WWW: < <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm> >

Příloha 4 - Schéma přenosu a záznamu informace o distribuci radiofarmaka v těle pacienta scintilační kamerou



Zdroj: KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 s.: il.; 29 cm. ISBN: 978-80-244-4031-6.

Příloha 5 - Typy kolimátorů



Zdroj: ULLMANN, Vojtěch, RNDr., Scintigrafie, *AstroNuklFyz.cz* [online],
dostupné z WWW: < <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm> >

Příloha 6 – Informovaný souhlas pacienta se scintigrafií skeletu



FAKULTNÍ NEMOCNICE
OLOMOUC

I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc
Tel. 588 441 111, E-mail: fn@fnol.cz
IČO: 00098892

KLINIKA NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY

Dokument č.:
Fm-L009-001-KNM-014

Verze č.: 4

Informovaný souhlas pacienta (zákonného zástupce pacienta) se scintigrafií skeletu

Pacient/ka – jméno a příjmení:	Rodné číslo (číslo pojištěnce):
Datum narození: (není-li rodné číslo)	Kód zdravotní pojišťovny:
Adresa trvalého pobytu pacienta/ky: (případně jiná adresa)	
Jméno zákonného zástupce (opatrovníka):	Rodné číslo:

Název výkonu

Scintigrafie kostí

Účel výkonu

Vyšetření poskytne informaci o rozložení kostní přestavby.

Povaha výkonu

Diagnostické vyšetření spojené s nitrožilní aplikací látky značené radioaktivním izotopem s krátkým poločasem přeměny. Při vlastním vyšetření scintilační kamerou musí pacient ležet v klidu bez pohybu hlavy a krku po dobu až 1 hodiny. Vyšetření bývá zahajováno v odstupu řádově několika hodin od podání radiofarmaka.

Předpokládaný prospěch výkonu

Určení lokalizace ložiska zvýšené kostní přestavby (záněty, degenerativní změny na skloubeních, zlomeniny, onkologická onemocnění), tato ložiska nemusí být zjištěna jinou metodou. Výsledek je významný pro stanovení diagnózy a případnou léčbu.

Alternativa výkonu

K posouzení rozložení kostní přestavby celotělovým způsobem není alternativní vyšetření.

Možná rizika zvoleného výkonu

Radiační zátěž spojená s tímto vyšetřením je obdobná jako u většiny radiodiagnostických postupů. Riziko alergické reakce je extrémně nízké.

Následky výkonu

Výkon není spojen s pravidelně se vyskytujícími nežádoucími následky.

Propouštěcí informace po podání radiofarmaka

Váš pobyt s rodinnými příslušníky není z důvodu radiační zátěže omezen (je vhodné oddálit - v řádu několika hodin - kontakt s dětmi a těhotnými ženami). V případě inkontinentních, zvracejících pacientů apod. je nutné potřísněné pleny nebo jiné materiály skladovat 48 hodin v igelitovém pytlí mimo obytné prostory (např. ve sklepě, garáži) a poté lze materiál vyhodit nebo vyprat.

Souhlas:

Vzor vyplnění (zatržení):	Zakroužkujte správnou odpověď	ANO	NE
Jste těhotná?		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kojíte?		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Byl(a) jsem srozumitelně informován(a) o alternativách výkonu prováděných ve FN Olomouc, ze kterých mám možnost volit.		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Byl(a) jsem informován(a) o možném omezení v obvyklém způsobu života a v pracovní schopnosti po provedení příslušného zdravotního výkonu, v případě možné nebo očekávané změny zdravotního stavu též o změnách zdravotní způsobilosti.		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Byl(a) jsem informován(a) o léčebném režimu a preventivních opatřeních, která jsou vhodná, o provedení kontrolních zdravotních výkonů.	ANO	NE
Všem těmto vysvětlením a informacím, které mi byly zdravotnickým pracovníkem sděleny a vysvětleny, jsem porozuměl(a), měl(a) jsem možnost klást doplňující otázky, které mi byly zdravotnickým pracovníkem zodpovězeny.	ANO	NE

Po výše uvedeném seznámení prohlašuji:		
- že souhlasím s navrhovanou péčí a s provedením výkonu a v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně života nebo zdraví, souhlasím s jejich provedením.	ANO	NE
- že jsem lékařům nezamlčel(a) žádné mně známé údaje o mém zdravotním stavu, jež by mohly nepříznivě ovlivnit moji léčbu či ohrozit mé okolí, zejména rozšířením přenosné choroby.	ANO	NE
- že v případě nutnosti dávám souhlas k odběru biologického materiálu (krev, moč...) na potřebná vyšetření k vyloučení zejména přenosné choroby.	ANO	NE
Souhlasím s tím, aby osoby získávající způsobilost k výkonu zdravotnického povolání (studenti SZŠ, VOŠ, studenti LF UP apod.) prováděly lékařskou a ošetrovatelskou péči v rámci výuky v souladu s vnitřními předpisy FNOL.	ANO	NE
Souhlasím s tím, aby výše uvedené osoby mohly nahlížet do mé zdravotnické dokumentace v rozsahu nezbytně nutném. Všechny tyto osoby jsou povinny o těchto skutečnostech i mém rodném čísle zachovávat mlčenlivost	ANO	NE
Souhlasím s tím, aby externí zdravotničtí auditoři mohli nahlížet do mé zdravotnické dokumentace v souvislosti s jejich kontrolní činností. O všech skutečnostech jsou povinni zachovávat mlčenlivost.	ANO	NE

Datum:	Hodina	Podpis pacienta/ky nebo zákonného zástupce (opatrovníka)

Jméno a příjmení oprávněného zdravotnického pracovníka, který podal informaci o přípravě a průběhu	Podpis oprávněného zdravotnického pracovníka, který podal informaci o přípravě a průběhu

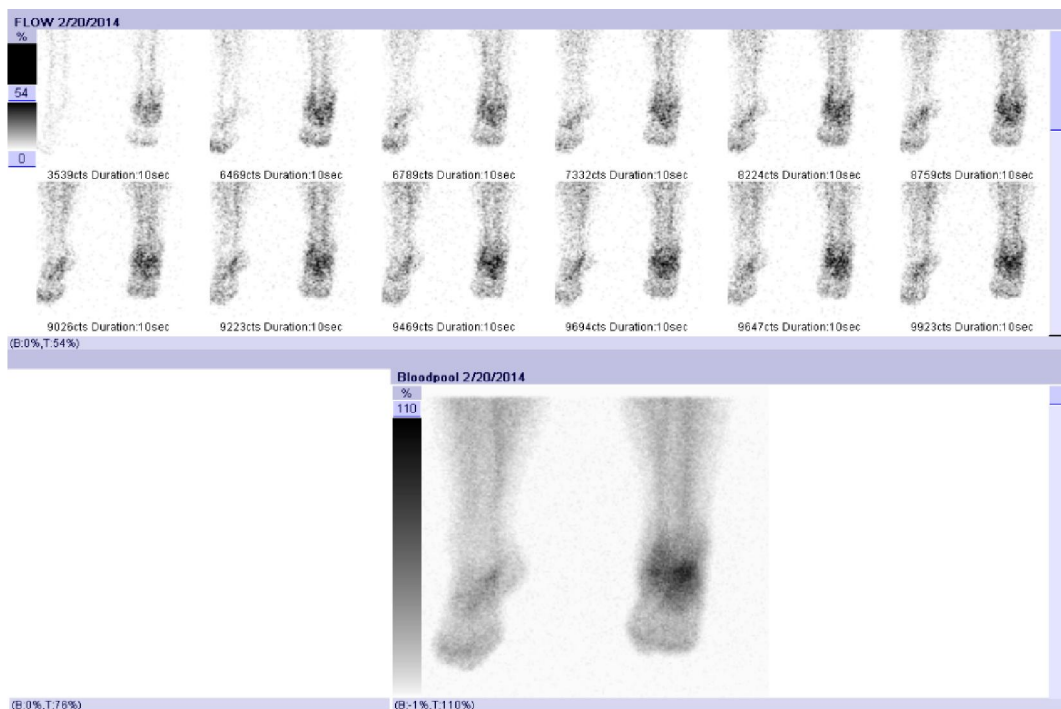
Jméno a příjmení lékaře/ky, který(á) podal(a) pacientovi informaci o indikacích a kontraindikacích vyšetření	Podpis lékaře/ky, který(á) podal(a) pacientovi informaci o indikacích a kontraindikacích vyšetření	Datum:	Hodina

Zpracoval: Vlasta Miková – vedoucí radiologická asistentka, Ing. Jaroslav Ptáček, dohlížející osoba na KNM
 Zástupce přednosta pro LP: MUDr. Pavel Koranda, Ph.D.
 Přednosta: doc. MUDr. Miroslav Mysliveček, Ph.D.

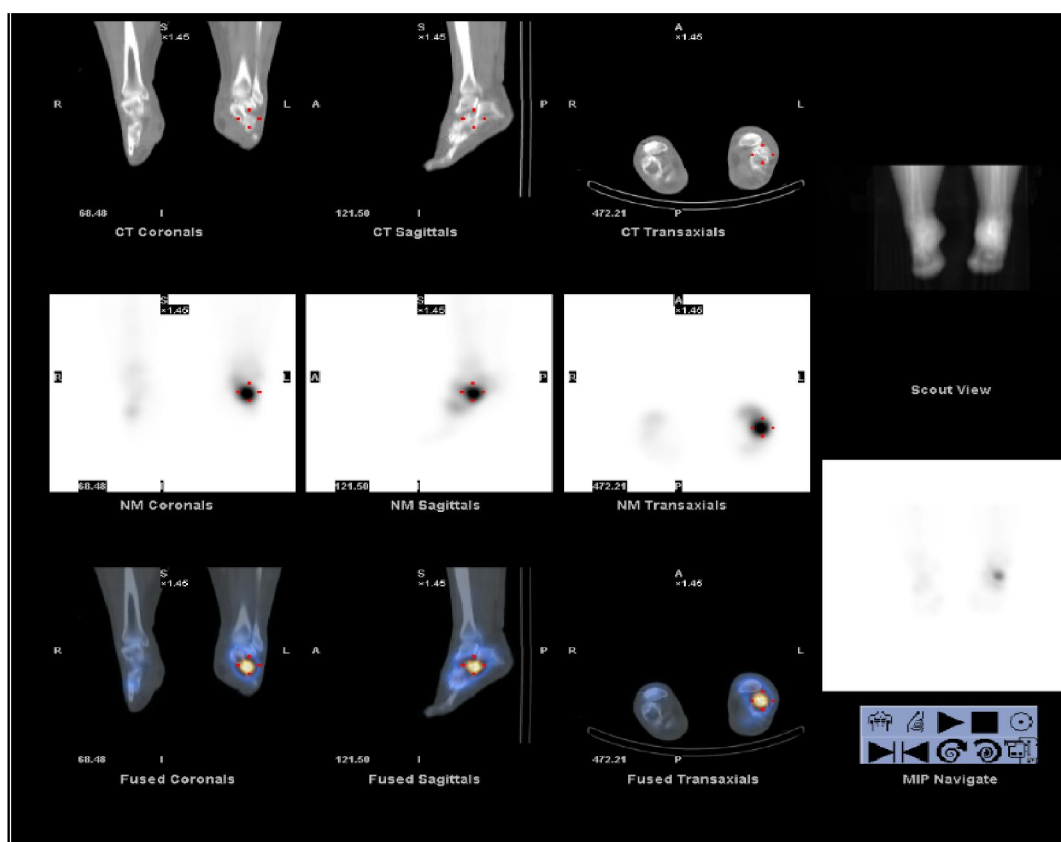
Pokud se pacient/ka nemůže podepsat, uveďte důvody, pro které se pacient/ka nemohl(a) podepsat:			
Jak pacient/ka projevil(a) svou vůli:			
Jméno a příjmení zdravotnického pracovníka/svědka	Podpis zdravotnického pracovníka/svědka	Datum:	Hodina

Příloha 7 - Třífázová scintigrafie skeletu - hyperémie a zvýšená kostní přestavba v oblasti Chopartova kloubu, fáze flow + blood-pool (A) a fúze scintigrafie se SPECT/CT (B)

A



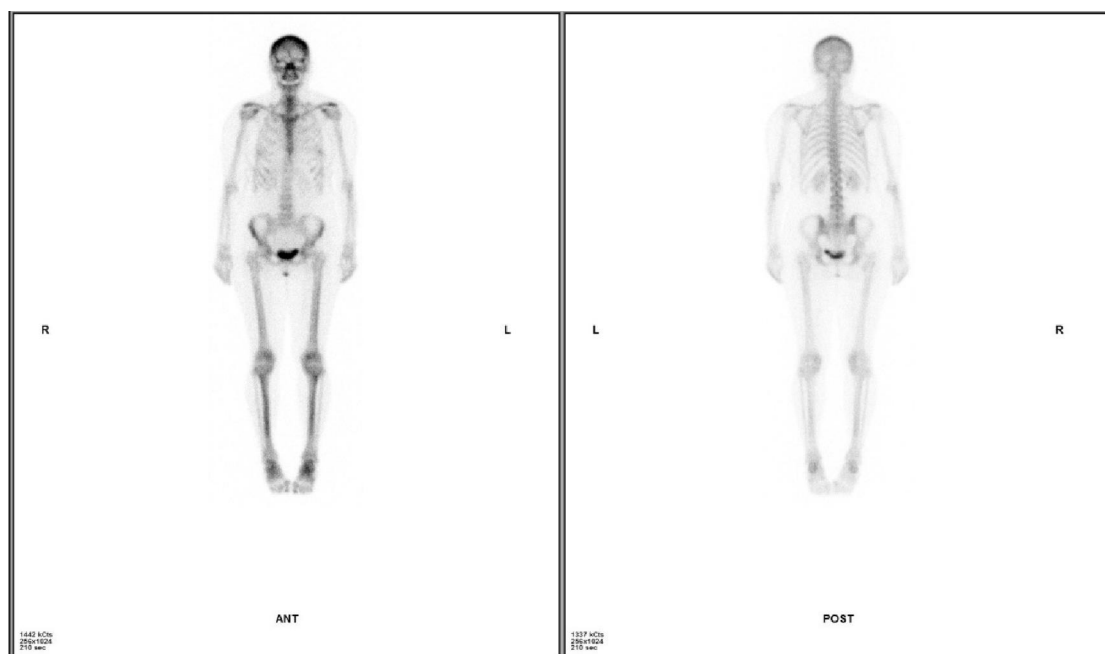
B



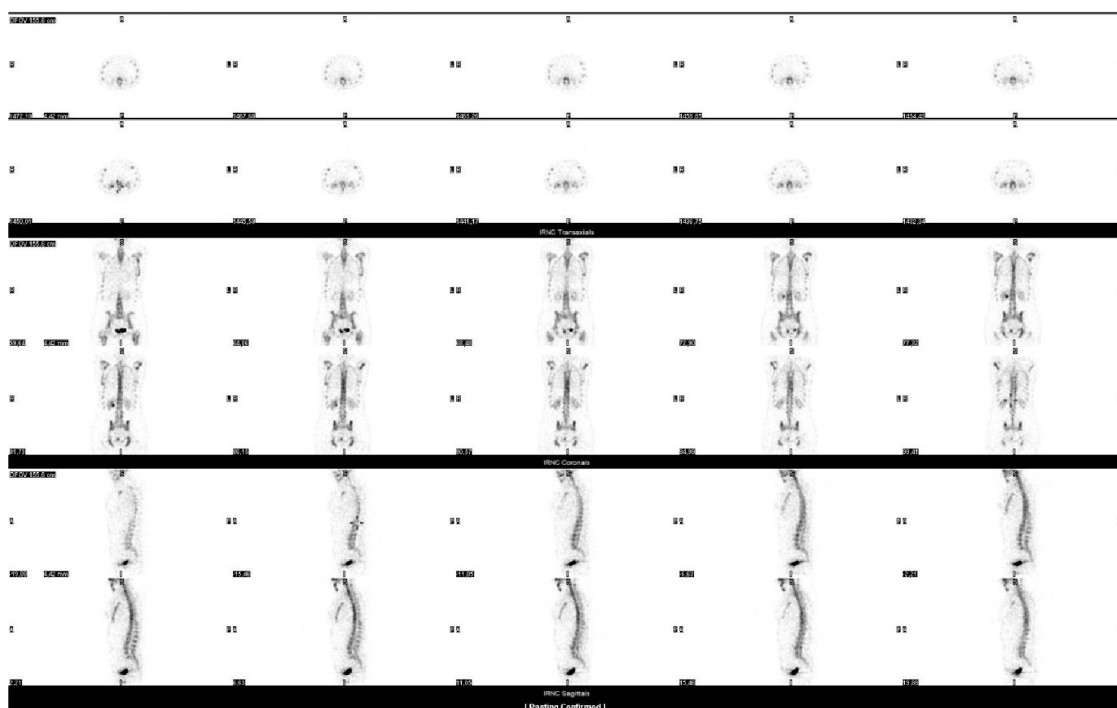
Zdroj: Archiv FNOL

Příloha 8 – Scintigrafie skeletu - bez ložisek zvýšené kostní přestavby, která by svědčila pro generalizaci maligního procesu do skeletu, planární zobrazení (A) a SPECT zobrazení (B)

A

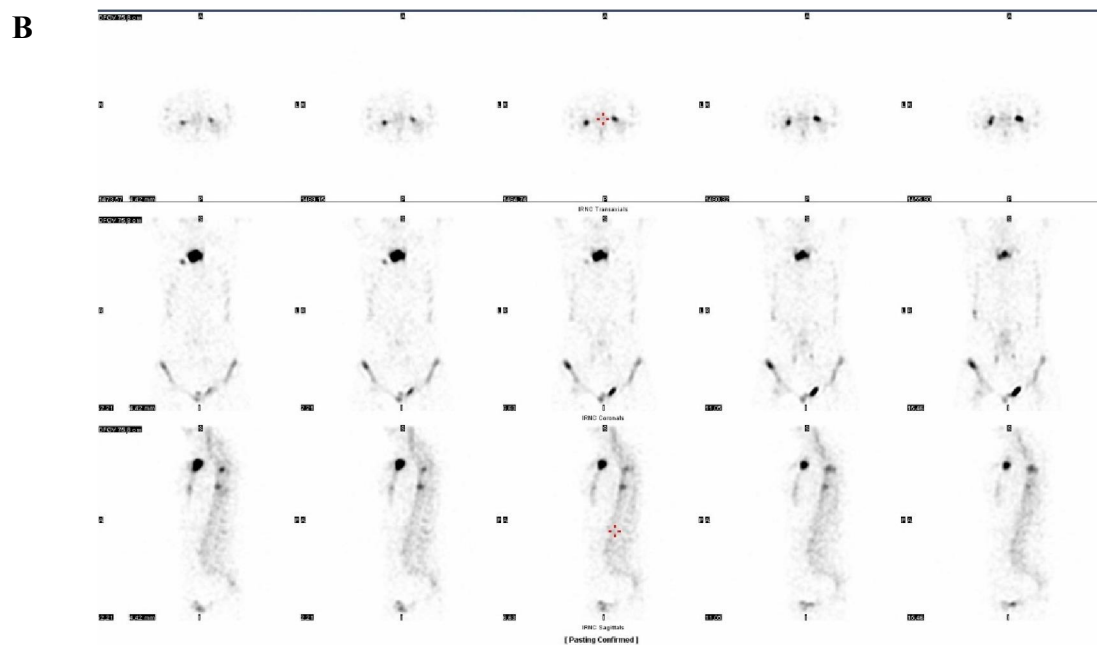


B



Zdroj: Archiv FNOL

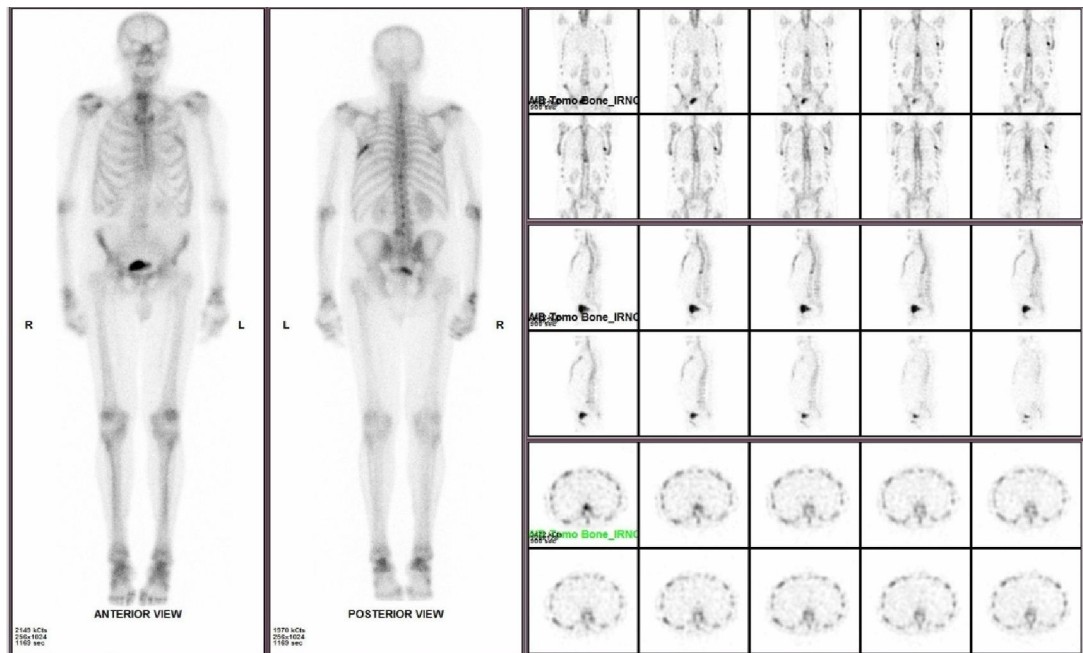
Příloha 9 – generalizované metastatické postižení, planární scintigrafie skeletu celotělová (A) a SPECT zobrazení (B)



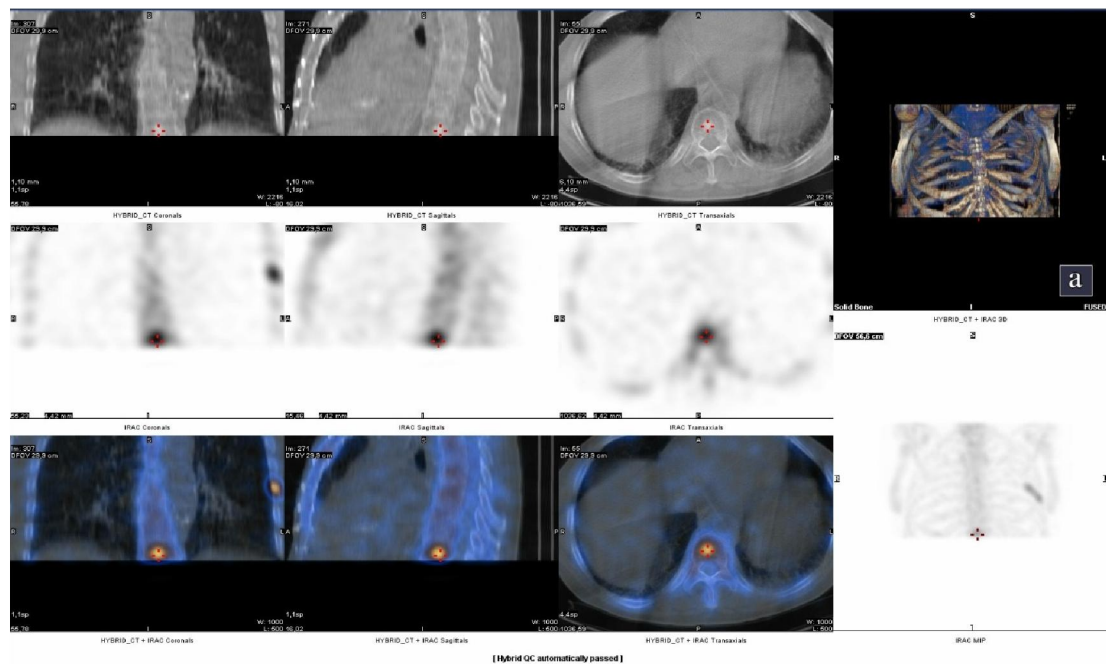
Zdroj: Archiv FNOL

Příloha 10 – pozitivní nález ložiska v těle obratle Th páteře při jeho pravém okraji, planární a SPECT zobrazení (A), SPECT/CT zobrazení (B)

A



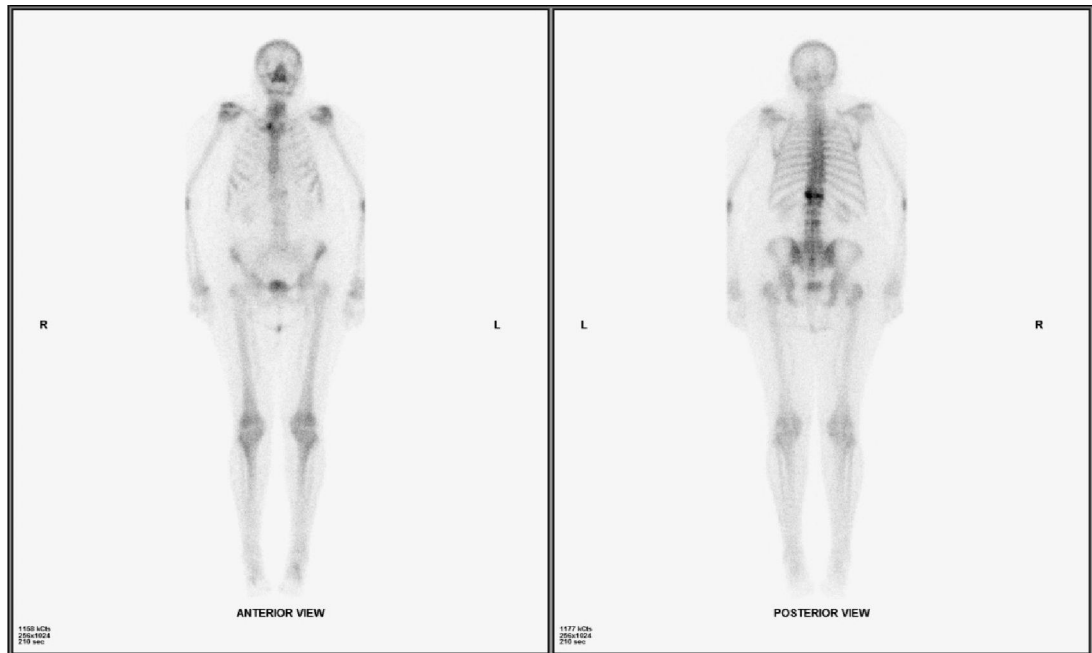
B



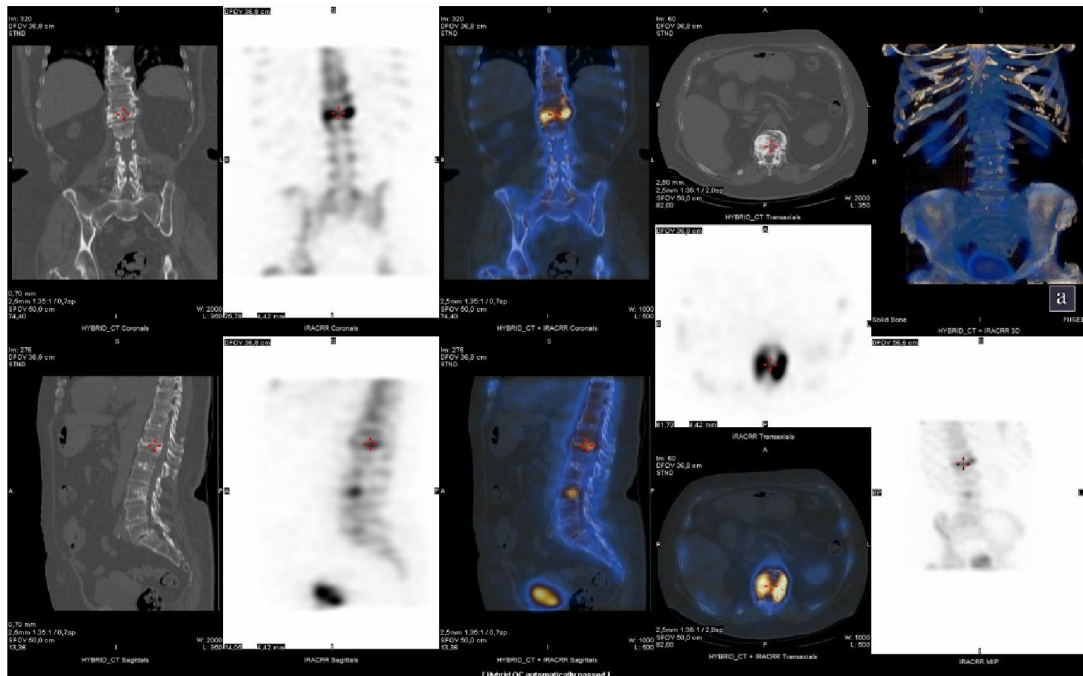
Zdroj: Archiv FNOL

Příloha 11 – pozitivní nález metastatického ložiska v Th 12 s kompresí obratlového těla a suspektního ložiska v těle obratle L 3, planární scintigrafie (A) a SPECT/CT zobrazení (B)

A



B



Zdroj: Archiv FNOL