

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Denisa Hašková



**Scintigrafie skeletu při diagnostice kostních metastáz u
karcinomu prostaty**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

Olomouc 2014

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

Olomouc 30. dubna 2015

podpis

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce MUDr. Ivě Metelkové, Ph.D., za odborné vedení mé bakalářské práce, milý přístup a ochotu při konzultacích.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Typ závěrečné práce:	Přehledová bakalářská práce
Téma práce:	Radionuklidová diagnostika u onemocnění muskuloskeletálního systému
Název práce:	Scintigrafie skeletu při diagnostice kostních metastáz u karcinomu prostaty
Název práce v AJ:	Skeletal scintigraphy in diagnosis of bone metastasis in prostate tumours
Datum zadání:	2014-06-09
Datum odevzdání:	2015-05-11
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
Autor práce:	Hašková Denisa
Vedoucí práce:	MUDr. Iva Metelková, Ph.D.
Oponent práce:	MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.
Abstrakt v ČJ:	

Tato bakalářská práce se zabývá karcinomem prostaty, jako nejčastějším onemocněním u mužů. Konkrétně popisuje možnosti diagnostických vyšetření kostních metastáz, které vznikají při progresi tohoto nádoru do kostí. Práce zahrnuje poznatky o kostní scintigrafii a vyšetření PET/CT. Cílem této bakalářské práce bylo tedy předložit dohledané poznatky o problematice karcinomu prostaty, kostních metastáz a dostupných diagnostických metodách. Informace byly čerpány z odborné literatury a odborných periodik.

Abstrakt v AJ:

This bachelor's thesis describes the most common disease in men-prostate cancer. Specifically describes the possibilities of diagnostics of bone metastases. This metastases which arise in the progression of the tumor to the bone. This thesis includes knowledge about bone scintigraphy and PET / CT examination. The aim of this thesis was summarized knowledge about prostate cancer bone metastases and available diagnostic methods. Information was drawn from scientific literature and specialist periodicals.

Klíčová slova v ČJ: karcinom prostaty, nukleární medicína, kostní metastázy, radionuklidové vyšetření, radiofarmakum, scintigrafie skeletu, PET/CT, SPECT/CT

Klíčová slova v AJ: prostate cancer, nuclear medicine, bone metastasis, radionuclide examination, radiopharmaceutical, skeletal scintigraphy, PET/CT, SPECT/CT

Rozsah: 41 s., 6 příl.

OBSAH

OBSAH.....	6
ÚVOD.....	7
1 Karcinom prostaty	9
1.1 Epidemiologie	10
1.2 Etiologie.....	10
1.3 Příznaky onemocnění.....	11
2 Kostní metastázy	12
3 Přehled radiofarmak	14
3.1 Radiofarmaka využívaná při scintigrafii skeletu	16
3.2 Radiofarmaka využívaná při vyšetření PET/CT	17
4 Diagnostická vyšetření	19
4.1 Scintigrafie skeletu	19
4.1.1 Příprava pacienta	20
4.1.2 Metody vyšetření	21
4.1.3 Vyhodnocení.....	22
4.2 PET/CT	24
4.2.1 Příprava pacienta	24
4.2.2 Provedení vyšetření	25
4.2.3 Vyhodnocení vyšetření	26
5 Porovnání kostní scintigrafie a vyšetření PET/CT	27
ZÁVĚR.....	29
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	31
SEZNAM ZKRATEK	34
SEZNAM PŘÍLOH	35
PŘÍLOHY.....	36

ÚVOD

Karcinom prostaty se řadí mezi nejčastější zhoubné onemocnění mužské populace v České republice. Toto onemocnění je druhou nejčastější příčinou úmrtí u mužů. Karcinom prostaty je diagnostikován především u mužů nad 50 let života a incidence tohoto onemocnění stále stoupá. Díky preventivnímu vyšetřování mužů dochází k záchytu onemocnění v počátečních stadiích a tudíž k vyšší šanci na zahájení včasné léčby (Kolombo, 2005, s. 14).

Častým problémem u karcinomu prostaty je jeho generalizace a založení metastáz. Nejčastějším místem vzniku metastáz u tohoto onemocnění jsou pánevní lymfatické uzliny a poté skelet (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 401).

Velmi významnou diagnostickou metodou pro časný průkaz kostních metastáz je radionuklidová diagnostika, jelikož dokáže odhalit metastázy dříve, než jiné zobrazovací techniky. Tato diagnostika spadá pod obor nukleární medicína, která se zabývá diagnostikou pomocí radioaktivních zářičů, které jsou aplikovány do těla pacienta .

Záření je poté zachyceno detektory scintilační kamery a je získán obraz distribuce radiofarmaka v těle pacienta. Lékař poté může zhodnotit uložení patologických ložisek. Toto vyšetření není příliš vhodné pro zobrazení anatomických detailů, ale pro zobrazení funkce určitého orgánu. Proto došlo k vývoji hybridních přístrojů SPECT/CT a PET/CT, které umožňují zobrazit jak funkci orgánu, tak i jeho anatomické struktury. Spojení těchto dvou možností umožňuje podat ucelenější diagnostickou informaci o vyšetření (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 116).

Cílem této bakalářské práce bylo předložit dohledané poznatky o problematice karcinomu prostaty, kostních metastáz a dostupných diagnostických metodách. Cíl práce byl specifikován v těchto 3 dílčích cílech:

1. Předložit dohledané informace o karcinomu prostaty a kostních metastázách.
2. Předložit dohledané informace o jednotlivých radionuklidových vyšetřeních a využívaných radiofarmacích.
3. Porovnat diagnostickou výtěžnost u kostní scintigrafie a PET/CT vyšetření.

Pro stanovení cílů práce byla využita následující vstupní literatura:

1. KUPKA, Karel; KUBINYI Josef; ŠÁMAL a kol. Nukleární medicína. 1. vydání. Příbram: P3K, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.
2. MYSLIVEČEK, Miroslav; KAMÍNEK, Milan ; KORANDA, Pavel ; HUŠÁK, Václav. Nukleární medicína - 1. díl. 1. vydání. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 131 s. ISBN 978-80-244-1723-3.
3. MÍKOVÁ, Vlasta. Nukleární medicína : průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína. Praha: Galén, 2008. 118 s. ISBN 9788072625338.
4. METTLER, F.A.; MILTON, J.G. Essentials of nuclear medicine imaging. 5. vydání. Philadelphia : Saunders Elsevier, 2006. 577 s. ISBN 0721602010.
5. ČIHÁK, Radomír. Anatomie 1. 3. vydání. Praha : Grada Publishing, 2011. 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.

Po řádném nastudování vstupní literatury byla pro rešerši zvolena tato česká a anglická klíčová slova: karcinom prostaty, nukleární medicína, kostní metastázy, radionuklidové vyšetření, radiofarmakum, scintigrafie skeletu, PET/CT, SPECT/CT, prostate cancer, nuclear medicine, bone metastasis, radionuclide examination, radiopharmaceutical, skeletal scintigraphy. Pro vyhledávání byly použity odborné databáze EBSCOhost, ProQuest, PubMed a databáze MEDLINE. Kromě databází bylo využito i vyhledávače Google Scholar. Vyhledávání bylo limitováno na odbornou literaturu z období od roku 1991 do současnosti. Při této práci bylo využíváno především odborných knižních titulů, poté odborných časopisů a odborných internetových článků.

1 Karcinom prostaty

Karcinom prostaty je zhoubný nádor vycházející ze žlázoového epitelu. Z 98 % se jedná o adenokarcinom, mezi další vzácnější typy malignit patří malobuněčný karcinom, sarkomatoidní karcinom či uroteliální karcinom (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 247-251).

Pro adenokarcinom je charakteristický abnormální růst epiteliálních buněk prostatických acinů (lalůčků), se současnou ztrátou jejich funkce. Vyznačuje se invazivním růstem do okolí a zakládáním vzdálených metastáz. Typickým znakem karcinomu prostaty je jeho hormonální dependence, které se využívá při jeho léčbě. Tento karcinom vyrůstá především z periferní zóny prostaty (Vorlíček, 2012, s. 61). Z histologického hlediska v nádorových žlázoových strukturách chybí bazální buňky, které jsou přítomné v normálních prostatických žlázkách. Vyšetřením těchto buněk můžeme rozlišit benigní a maligní léze (Mačák a Mačáková, 2005, s. 294). Stupeň malignity je určován Gleasonovým skóre, které vyhodnotí stupeň změny normálních buněk v buňky nádorové. Buňky jsou hodnoceny čísly od 1 do 5. Nádorové buňky nízkého stupně vypadají skoro jako normální buňky, zatímco nádorové buňky vyššího stupně se od normálních velice liší. Patolog při zkoumání vzorku přiřadí jeden stupeň nejpodobnějšímu typu a další stupeň k druhému nejpodobnějšímu typu. Tyto stupně se sečtou a vyhodnotí se skóre. Rakovina s nízkým hodnocením do 6, je méně agresivní než rakovina s hodnocením vyšším (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 245-247). Dále je rozsah nádorového šíření určován hodnocením podle systému TNM¹ a o progresi nádoru nás informuje hladina PSA² (Vorlíček, 2012, s.65).

¹ Systém určující základní kategorie pro klasifikaci nádorů, kdy písmeno T určuje rozsah primárního nádoru, písmeno N popisuje stav regionálních uzlin a písmeno M určuje, zda jsou nebo nejsou přítomny metastázy (Binarová, 2012, s. 11).

² PSA je zkratka pro specifický antigen prostaty. Při podezření na rakovinu prostaty se provádí test na PSA, což je enzym produkováný buňkami prostaty. Malé množství tohoto enzymu v krvi je fyziologické, je-li však prostata poškozená či podrážděná, tak se PSA v krevním oběhu vyskytuje ve větším množství. Toto množství může být zjištěno v krevním testu. Mírné až střední zvýšení hladiny PSA v krvi neznamená ihned výskyt rakoviny, pouze však zvyšuje její pravděpodobnost. Jinými důvody pro zvýšení hladiny je zánět nebo infekce prostaty, nedávná operace, biopsie, zavedený močový katetr či prosté zvětšení prostaty (Marks, 2000, s. 42-43)

1.1 Epidemiologie

Karcinom prostaty se řadí mezi celosvětově nejčastější nádor u mužů. Tento karcinom je také druhou hlavní příčinou úmrtí na rakovinu u mužů. První příčinou úmrtí na rakovinu je karcinom plic. Nejčastěji se vyskytuje u starších mužů ve věku nad 50 let (Kolombo, 2005, s. 13-14). Dle údajů Národního onkologického registru z roku 2011 se incidence karcinomu prostaty stále zvyšuje, avšak úmrtnost na toto onemocnění je v posledních letech konstantní. Věk pacientů s tímto onemocněním za období 1977-2011 se pohybuje okolo 70-74 let a nejvíce pacientů nemoci podlehnou ve věku 75-79 let.

1.2 Etiologie

Etiologie karcinomu prostaty není zcela známa, avšak ovlivňuje ji řada rizikových faktorů (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 231). Mezi nejčastější rizikové faktory se řadí věk, který hraje největší roli při vzniku karcinomu prostaty. Toto onemocnění se vyskytuje, jak již bylo zmíněno, u mužů nad 50 let života. Je to dáno především tím, že se délka lidského života neustále prodlužuje a počet lidí ve vyšším věku stále stoupá. Asi 80 % karcinomů prostaty je diagnostikováno u mužů ve věku nad 65 let, avšak ve vyspělých zemích lze zaznamenat posun k nižším věkovým kategoriím, který je ovlivněn vyšší informovaností obyvatel, vyšším zájmem o onemocnění a v neposlední řadě také dostupností vyšetření PSA (Kolombo, 2005, s. 14)

Dalším rizikovým faktorem je rodinná anamnéza. Riziko stoupá při výskytu karcinomu u mužských členů jedné rodiny a roste s počtem postižených příbuzných prvního stupně, kam se řadí např. otec nebo bratr. Při onemocnění více členů rodiny je riziko největší (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 233).

Jelikož je u tohoto nádoru typická dependence na hormonech, tak se jako další rizikový faktor uvádí hormonální vlivy. Bylo zjištěno, že karcinom prostaty se jen zřídka vyskytuje u mužů vykastrovaných. Význam pro vznik karcinomu mají především androgeny³,

³ Androgeny jsou hormony, které jsou nezbytné pro vývoj a funkci pohlavních orgánů muže (Marks, 2000, s. 262). Vznikají v kůře nadledvin a ve varlatech se přeměňují na testosteron. Redukcí testosteronu v semenných vajíčcích, prostatě nebo zevním genitálu vzniká dihydrotestosteron. Tyto hormony mají zásadní význam pro vznik a rozvoj karcinomu, jelikož rakovinné buňky jsou na těchto hormonech závislé (Mourek, 2012, s. 122-123).

na kterých je nádor závislý a jejich potlačením může karcinom regredovat. Toho se využívá zejména při hormonální léčbě (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 232).

Jako jeden z mnoha rizikových faktorů se uvádí také rasová příslušnost. Je dokázáno, že černošská populace má až dvojnásobně vyšší riziko vzniku nádoru než ostatní etnické skupiny. U černochů se také věková hranice pro vznik karcinomu posouvá do nižších věkových skupin (Sabra, 1996, s. 13). Podle Dvořáčka a Babjuka (2000, s. 232) je mortalita u mužů do 65 let 2-3 krát vyšší u černochů než u bělochů. Naopak nejnižší incidenci a mortalitu mají Japonci, jelikož mají nižší aktivitu 5-alfa-reduktázy, což je enzym, který pomáhá přeměnit testosteron na jeho aktivnější formu dihydrotestosteron (Adam, 2005, s. 237).

1.3 Příznaky onemocnění

Časná stadia karcinomu prostaty bývají většinou asymptomatická. Symptomy se objeví až v pokročilém stadiu a jsou velice podobné jako u benigní hyperplazie. Rozlišit tato dvě onemocnění mohou až speciální vyšetření (Binarová, 2012, s. 225).

Příznaky mohou být obstrukční, které jsou způsobeny kompresí močové trubice rostoucím nádorem. Sem řadíme přerušované močení, pocit nedokonalého vyprázdnění močového měchýře nebo retenci moči.

Dalšími příznaky jsou iritační potíže, které vznikají z déletrvající obstrukce, kdy dochází k přestavbě svalu v močovém měchýři. Tím může dojít k zesílení stěny, ztenčení svalu měchýře nebo vzniku divertiklů. Mezi takové symptomy řadíme polakisurii, nykturii až urgentní inkontinenci.

Další příznaky nastupují až s progresí nádoru nebo se vznikem metastáz. Při progresi nádor může prorůstat až do močového měchýře a to může způsobit hematurii. Nádor může také uzavřít konečné úseky močovodů a tím dilatovat horní cesty močové. V tomto případě dochází k městnání moči, což značně zatíží ledviny a může vést k jejich poškození. V nejhorších případech není vyloučeno renální selhání. Nádor se ovšem nešíří pouze močovými cestami, ale může postupovat do oblasti konečníku, což se může projevit zácpou nebo krví ve stolici (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 273-274).

Při metastázách pacient pociťuje bolesti v oblasti pánve nebo lumbosakrální páteře. Metastázy mohou zapříčinit patologické zlomeniny, nejčastěji pánve, obratlů nebo dlouhých kostí. Metastázy v lymfatických uzlinách mohou být na první pohled viditelné jako „boule“ v tříselech, podpaží nebo na krku (Marks, 2005, s. 35-41).

2 Kostní metastázy

Kost je druhým nejčastějším místem lokalizace metastáz karcinomu prostaty. Prvním cílem metastáz bývají pánevní lymfatické uzliny (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 401). Při nově diagnostikovaném nádoru má kostní metastázy kolem 5 % mužů, zatímco v pokročilém stadiu onemocnění je metastaticky postiženo přibližně 80-85 % pacientů. Díky využití testu PSA počet nově diagnostikovaných nádorů v pokročilém stadiu stále klesá (Jarolím, 2008).

Metastázováním rozumíme schopnost primární nádorové buňky narušit kostní tkáň, uchytit se a následně začít růst. Metastázy dělíme na osteolytické, které odbourávají kost a vyplňují ji nádorovými buňkami a osteoplastické, pro které je typická kostní novotvorba. Karcinom prostaty vytváří metastázy osteoplastické. Mechanismus vzniku těchto metastáz není přesně znám. Jedna hypotéza udává, že se na vzniku pravděpodobně podílí endotelin-1. Je dokázáno, že hladina endotelinu-1 je o 50 % vyšší u osob s hormonálně refrakterním karcinomem prostaty (HRPC)⁴, než u osob s pouze lokalizovaným onemocněním nebo u osob zdravých (Kolombo, 2005, s. 19-23). Endotelin-1 stimuluje osteoblasty, které poté tvoří kostní matrix a zároveň stimuluje růstové faktory. Ty potom stimulují růst nádorových buněk. Pro růst nádorových buněk je nezbytný proces osteolýzy, způsobený osteoklasty, které začnou odbourávat kostní tkáň na okrajích, aby vznikl prostor pro vznik metastázy (Adam, 2005, s. 29-30).

U pacientů s karcinomem prostaty je nejčastějším místem vzniku metastáz axiální skelet a to konkrétně páteř, žebra a pánevní kosti. Tyto oblasti jsou postiženy metastázami až z 90 %. Méně často mohou metastázy postihnout i proximální části dlouhých kostí, hlavně femuru a humeru (Jarolím, 2008). V axiálním skeletu je zachována tvorba červené kostní dřevě a proto se metastázy začínají šířit hematogenně ve dřevěné dutině a poté se dostávají až na povrch kosti (Paulíková et al., 2011). Lokalizace metastáz právě v axiálním skeletu je vysvětlována šířením nádorových buněk přes Batsonův vertebrální žilní plexus, který komunikuje s periprostatickými cévami a tím se dostává do pánevních kostí a obratlů a může se dále šířit (Jarolím, 2008).

⁴ Za hormonálně refrakterní se považuje nádor, který přestává reagovat na léčbu blokadou androgenů. Karcinom totiž přestává být dependentní na hormonech a dochází k progresi růstu nádorových buněk. Je to konečná a nevléčitelná fáze onemocnění, kdy se střední doba přežití od začátku progresu odhaduje na 23-25 měsíců (Dvořáček a Babjuk, 2005, s.283).

Metastázy nejsou život ohrožující komplikací, avšak jejich přítomnost znamená špatnou prognózu. Zároveň zhoršují kvalitu života, zvyšují mortalitu a také minimalizují šanci nemocného na vyléčení. Samotné metastázy však nezhoršují celkový stav pacienta. K tomu přispívají kostní příhody, které mohou vzniknout při metastatickém postižení nemocného. Patří sem především patologické zlomeniny, které zvyšují riziko úmrtí až o 23 %. Nejčastěji dochází k frakturám hrudních a bederních obratlů, které vznikají při minimálním pohybu nebo ohybu páteře. Méně často dochází ke zlomeninám dlouhých kostí (Paulíková, Petera a Paulík, 2011).

Se vznikem patologických fraktur také vzrůstá riziko komprese míchy a míšních nervů, ke kterému někdy dochází při zborcení obratle. Komprese může vzniknout i přímým prorůstáním nádoru do míchy. Největší nebezpečí hrozí u komprese hrudní páteře, jelikož páteřní kanál je zde nejužší (Adam, 2005, s. 116).

Další závažnou komplikací může být anémie, která vzniká z narušení krvevorbny v postižené kostní dřeni. S narušením krvevorbny také souvisí dysfunkce imunity a dysfunkce krevních destiček (Dvořáček a Babjuk, 2005, s. 404).

V důsledku zvýšené kostní resorpce se často vyskytuje hyperkalcémie, tedy zvýšená hladina vápníku v séru (Adam, 2005, s. 64).

U většiny pacientů se při rozšíření nemoci do skeletu objeví kostní bolest, která bývá prvním příznakem. Vzniká hluboko v kosti, bývá tupého charakteru a špatně lokalizovatelná. Tato bolest neustupuje při odpočinku, spánku a pacient je touto bolestí sužován. Někdy přichází bolest ostrá a dobře lokalizovatelná, která vzniká při poškození periostu kosti (Paulíková, Petera a Paulík., 2011).

3 Přehled radiofarmak

Definice

Radiofarmaka jsou léčivé přípravky obsahující jeden nebo více radionuklidů, které jsou zdrojem ionizujícího záření. Radiofarmakum se skládá ze dvou částí, kterými jsou radionuklid jako účinná složka a farmakum, které slouží jako nosič radionuklidu⁵ (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 31). Farmakum je voleno na základě biologické distribuce v těle pacienta. Musí docházet k jeho vychytávání nebo vylučování lidským organismem tak, aby radionuklid přivedl k cílovému orgánu, tkáni nebo buňkám, které chceme vyšetřit. Radionuklid je vázán na různé nosiče, což mohou být chemické či biologicky aktivní látky. Nosiči mohou být tedy anorganické soli, organické látky, komplexní soli, buňky, krevní elementy, peptidy, protilátky či imunoglobuliny. Nosičem sloužícím k zobrazení skeletu jsou cheláty (Kraft, 2012, s. 7-8).

Historie

Mezi první osteotropní radionuklidy používané při kostní scintigrafii patřily ⁴⁵Ca a ³²P-beta zářiče, které byly těžko detekovatelné. První radiofarmakum, které bylo použitelné k zobrazení kostního metabolismu byl ⁸⁵Sr-chlorid, poté generátorový ^{87m}Sr-chlorid a cyklotronový ¹⁸F-fluorid. Tato radiofarmaka však měla příliš vysokou energii a další vlastnosti, pro které nebyla vhodná k zobrazování zaváděnými scintilačními kamerami. Subramanian a McAfee zavedli k zobrazení skeletu fosfátové komplexy značené techneciem. Nejdříve byl používán ^{99m}Tc-pyrofosfát a v dnešní době jsou nejvíce používaná osteotropní

⁵ Radionuklid je nuklid s nestabilním jádrem, který má přebytek energie a ta se uvolňuje vyzářením energie v podobě ionizujícího záření. Tento děj nazýváme radioaktivita a dochází při ní tedy k přeměně nestabilního jádra určitého prvku na stabilnější jádro jiného prvku. Rozlišujeme radionuklidy přirozené, které se nacházejí v přírodě a umělé. V nukleární medicíně není používán žádný přirozený radionuklid (Lázníček a Komárek, 1998, s. 27).

radiofarmaka ^{99m}Tc -metylendifosfonát (medronát, MDP) a ^{99m}Tc -hydroxymetylendifosfonát (oxidronát, HDP). Při vyšetření PET/CT se začal opět využívat ^{18}F -fluorid.

Osteotropní radiofarmaka, která se naznačí beta zářiči lze také použít k paliativní terapii kostních metastáz (Vižďa, Křížová a Urbanová, 2006, s. 5).

Příprava radionuklidu

Radionuklidy, které jsou využívány v nukleární medicíně se připravují několika způsoby. Prvním způsobem je výroba v jaderných reaktorech, což jsou zařízení, v nichž je uskutečňována řetězová štěpná reakce. Radionuklidy jsou zde připravovány ozařováním stabilních jader neutrony o malé energii (Lázníček a Komárek, 1998, s. 31). Štěpným materiálem v reaktoru je ^{235}U . Výroba probíhá buď aktivací neradioaktivních látek ozařováním neutrony nebo separací radionuklidů ze štěpných produktů. V prvním případě tepelný neutron proniká do jádra atomu terčového radionuklidu, kde dochází k jeho zachycení a emisi záření gama. Při tomto ději vzniká radioaktivní izotop stejného prvku. Takto se získávají používané radionuklidy, jako jsou např. ^{131}I , ^{125}I , ^{51}Cr nebo ^{59}Fe . Tímto způsobem je také možná výroba ^{99}Mo , ale většinou se používá metoda separace, kdy při ozáření štěpného materiálu vznikají štěpné produkty, které se poté využívají jako zdroj radionuklidů. Použitelné jsou pouze ty, kterých při štěpení vzniká nejvíc a které mají dostatečně dlouhý poločas rozpadu. Pro nukleární medicínu jsou využitelné ^{99}Mo , ^{131}I a ^{133}Xe (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 32; Lázníček, 1998, s. 31-32).

Druhým způsobem získávání radionuklidů je příprava v cyklotronu. Cyklotron je zařízení, které umožňuje urychlovat kladně nabitě částice, jako jsou protony, deuterony, alfa částice atd. v elektrickém poli na tak velkou energii, že částice jsou schopny po dopadu na terč a interakci s jeho jádry vyvolat požadovanou jadernou reakci. Dráha částic je zakřivována magnetickým polem tak, že se částice pohybují po spirále, dokud nenarazí na připravený terč. Při přípravě dochází ke změně protonového čísla jádra, proto jadernou reakcí vzniká jádro jiného chemického prvku, než jsou jádra terčová (Lázníček a Komárek, 1998, s. 31).

Poslední možností, jak vyrobit radionuklidy je výroba v generátoru. Tento způsob výroby radionuklidů je výhodný kvůli možnosti použití ve vzdálených místech od primárních zdrojů radionuklidů, jako jsou cyklotrony nebo jaderné reaktory (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 32-33).

Generátor radionuklidů je zařízení, ze kterého lze získat požadovaný radionuklid s krátkým poločasem přeměny. Podle konstrukce dělíme generátory na sublimační, extrakční nebo chromatografické (eluční). Nejčastěji využívaným a rozšířeným je generátor chromatografický, který je nenáročný na obsluhu a má malé rozměry (Kraft, 2012, s. 14). Obsahuje pevně vázaný mateřský radionuklid, který se přeměnou β^- mění na dceřinný radionuklid. Jelikož jsou chemické vlastnosti mateřského a dceřinného radionuklidu odlišné, tak je možné je snadno od sebe separovat. Separace může proběhnout chemicky, hydrodynamicky, nebo profukováním vzduchem.

Nejčastěji využívaným generátorem v nukleární medicíně je molybden-techneciový generátor, kde se v oloveném stínění nachází kolonka ze skla obsahující čistý oxid hlinitý, v kterém je adsorbován mateřský radionuklid ^{99}Mo . Při přeměně molybdenanu amonného vzniká technecistanový iont $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$, který se ze sloupce odloučí promytím fyziologickým roztokem. Tento děj se nazývá eluce. Molybdenan amonný se na technecium přeměňuje s poločasem 66 hodin a vzniklé technecium má poločas přeměny 6 hodin. Generátor je na pracovišti možné používat 14 dní, poté je nutná výměna za nový generátor (Lázníček a Komárek, 1998, s. 33).

Tento způsob výroby radionuklidů je výhodný kvůli možnosti použití ve vzdálených místech od primárních zdrojů radionuklidů, jako jsou cyklotrony nebo jaderné reaktory (Myslivoček, 2007, s. 22; Kupka, Kubinyi a Šámal 2007, s. 32-33).

3.1 Radiofarmaka využívaná při scintigrafii skeletu

Při zjišťování kostních metastáz pomocí kostní scintigrafie se využívají fosfátové komplexy značené techneciem $^{99\text{m}}$. Konkrétně se jedná o osteotropní radiofarmaka $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -metylendifosfonát (medronát, MDP) a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hydroxymetylendifosfonát (oxidronát, HDP). Tato radiofarmaka se vyrábí z dodávaných lyofilizovaných kitů, což jsou farmaceutickým výrobcem dodávané soupravy neradioaktivních látek. Do tohoto kitu se přidá pouze roztok radionuklidu a k naznačení dojde samovolně. Takto je připraveno výsledné radiofarmakum k použití (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 116).

Princip vazby radiofarmaka není přesně znám, ale předpokládá se chemisorpce fosfátových sloučenin na minerální složku, tzv. hydroxyapatitové krystaly. Faktory které ovlivňují množství a distribuci radiofarmaka jsou prokrvení, kdy se při vyšším průtoku krve

akumuluje více radiofarmaka, a také osteoblastická aktivita kosti, která ovlivňuje tvorbu a růst hydroxyapatitových krystalů (Vižďa, Křížová a Urbanová, 2006, s. 5-6).

Ve fázi výzkumu se nachází radiofarmakum ^{99m}Tc -MIP-1404. Toto radiofarmakum se po intravenózní aplikaci pacientovi váže na prostatický specifický antigen (PSA), který je produkován buňkami karcinomu prostaty. PSA můžeme považovat za potenciální nádorový marker. U pacienta se provede celotělové scintigrafické vyšetření, SPECT, popřípadě SPECT/CT vyšetření. Celotělové vyšetření se může provádět po 1, 2, 4-5 a 24 hodinách od aplikace a rychlost snímání je závislá na době uplynulé po aplikaci. SPECT či SPECT/CT je možné provést po 4-5 hodinách od aplikace. Ve dvou studiích byla zjištěna rychlá distribuce tohoto radiofarmaka v těle pacienta a rychlá renální clearance⁶, což znamená minimální akumulaci v močovém měchýři. Toto je významné hlavně pro zobrazení oblasti pánve

Největší výhodou tohoto radiofarmaka je možnost zobrazení metastáz v kostech, lymfatických uzlinách a v měkkých tkáních zároveň (Vallabhajosula et al., 2014)

3.2 Radiofarmaka využívaná při vyšetření PET/CT

Pro PET/CT vyšetření lze využít širokou škálu radiofarmak. Existuje více než 600 radionuklidů, které produkují pozitrony, avšak největšího uplatnění v PET/CT diagnostice jich našlo jen pár. Nejvíce využívaným radionuklidem pro zobrazování je ^{18}F (Votrubová, 2009, s. 16-18). Konkrétně pro diagnostiku kostních metastáz u prostaty se využívá ^{11}C -cholin (^{11}C -methylcholin), ^{18}F -FCh (^{18}F -fluorometylcholin) a ^{18}F -NaF. ^{11}C -cholin je kvůli krátkému poločasu rozpadu 20 minut v praxi nepoužitelný, zatímco ^{18}F -FCh má poločas rozpadu 110 minut a je pro vyšetření vhodnější. Cholin je bioaktivní látka, která je pro organismus stavebním a energetickým zdrojem. Je součástí buněčných membrán a při postižení karcinomem prostaty dochází ke zvýšení jeho hladiny v proliferující tkáni (Ferdová a Ferda, 2014). Fyziologicky se cholin vychytává v játrech, slinných žlázách, ledvinách, močovém měchýři, kostní dřeni a slinivce. Patologicky dochází k akumulaci v karcinomu prostaty a jeho metastázách, ale také v plicních tumorech, adenomech nadledvin a adenomech příštítných tělísek (Bělohávek a Jarolím, 2012).

Dalším vhodným radiofarmakem pro zobrazování kostních metastáz pomocí PET/CT je již zmíněný ^{18}F fluorid sodný (NaF). Toto radiofarmakum s poločasem rozpadu 110 minut

⁶ Renální clearance se definuje jako objem krevní plazmy očištěné ledvinami od určité látky za jednotku času (Mourek, 2012, s. 108).

je dobře dostupné a lze jej vyrobit v malých cyklotronech. Dlouhý poločas rozpadu umožňuje dovoz tohoto radionuklidu do vzdálenějších míst (Koranda, 2014, s. 151). $^{18}\text{F}(\text{NaF})$ se vychytává především v kostní matrix v místech vysoké kostní přestavby, kdy se poté chemisorpcí naváže na povrch kosti a výměnou hydroxylové skupiny $-\text{OH}$ hydroxyapatitu dojde ke vzniku fluoroapatitu (Ferdová et al., 2011). Dá se tedy říci, že toto radiofarmakum je analogické v porovnání s radiofarmaky používanými při kostní scintigrafii ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -fosfonáty) (Koranda, 2014, s. 151-153). Zajímavostí je, že toto radiofarmakum bylo kdysi využíváno ke kostní scintigrafii, ale z důvodu příliš vysoké energie záření nebyl pro zobrazování scintilačními kamerami vhodný (Vižďa, Křížová a Urbanová, 2007, s. 5). Nyní se využívá pouze pro zobrazování systémy PET/CT, jelikož je dosaženo většího kontrastu a vyšetření se jeví více spolehlivým (Votrubová, 2009, s. 17).

4 Diagnostická vyšetření

4.1 Scintigrafie skeletu

Scintigrafie skeletu je nejčastěji využívanou metodou nukleární medicíny, která umožňuje zobrazit změny kostního metabolismu. Jedná se o velice senzitivní vyšetření umožňující zobrazení patologických procesů ve skeletu dříve, než ostatní klasické zobrazovací metody (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 116). Senzitivita scintigrafie kostních metastáz se pohybuje kolem 95 procent a nález můžeme vidět o několik měsíců dříve než na klasickém rentgenovém snímku. Patologický proces se na rentgenovém snímku může objevit až tehdy, pokud dojde ke snížení obsahu minerálů v kosti zhruba o 50% (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 125). Dvořáček a Babjuk (2005, s. 291) udává, že pacienti, kteří na běžném rentgenovém snímku neměli metastázy, tak při scintigrafii skeletu mělo až 25 % pacientů pozitivní nález. Rentgenové vyšetření je indikováno pouze v případech, kdy potřebujeme potvrdit nejistý scintigrafický nález a zhodnotit, zda může dojít k patologické zlomenině v důsledku kostní metastázy.

Scintigrafie skeletu je velmi senzitivním, neinvazivním a dostupným vyšetřením. Výhodou je také nízká radiační zátěž pro pacienta. Jako nevýhoda se uvádí jeho nižší specifita, kterou lze však zvýšit doplněním SPECT nebo SPECT/CT vyšetřením. Za další nevýhodu se považuje také časová náročnost (Bělohlávek a Jarolím, 2012).

Základem tohoto vyšetření je zvýšené vychytávání osteotropního radiofarmaka v místech zvýšené kostní přestavby, která je dána vysokou osteoblastickou aktivitou (Paulíková, Petera a Paulík, 2011). Princip vyšetření spočívá v detekci gama záření, které po aplikaci radiofarmaka vychází z pacientova těla. Toto záření je zachycováno detektory scintilační kamery⁷ a dochází k zobrazení distribuce radiofarmaka v těle pacienta (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007).

⁷ Detektor scintilační kamery je zařízení, které detekuje distribuci fotonů záření gama. Fotony záření gama prochází kolimátorem, který svazek fotonů usměrní a ty poté dopadají na scintilační krystal. Detekční látkou scintilačního krystalu je jodid sodný aktivovaný thaliem NaI(Tl). Krystal přemění fotony na viditelné světlo a tyto světelné fotony poté prochází světlovodičem do fotonásobiče, kde dochází k uvolňování elektronů. Tyto elektrony jsou ve fotonásobiči znásobeny a na výstupu vzniknou impulzy, které jsou vyhodnoceny sumačními a polohovými obvody a jsou dále zpracovány. Zpracovaný signál se v počítači zobrazí jako obraz distribuce radiofarmaka v těle pacienta (Rosina, Kolářová a Stanek, 2006, s. 171-173).

Scintigrafii skeletu můžeme dělit na statickou, kdy pořizujeme jeden obraz po určité době od aplikace radiofarmaka. Pokud pořizujeme sérii snímků postupně v určitých časech a sledujeme jednotlivé fáze průchodu radiofarmaka, potom hovoříme o scintigrafii dynamické (Rosina, Kolářová a Stanek, 2006, s. 202). Dále rozlišujeme scintigrafii planární, kdy se nám vytváří obraz ve dvojrozměrné zobrazovací rovině a scintigrafii tomografickou, která poskytuje trojrozměrné zobrazení určité vyšetřované části. U scintigrafie tomografické se detektor otáčí kolem pacienta a snímá se série planárních obrazů pod úhly 0 °-360° (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 45). Co se týče diagnostiky kostních metastáz, využívá se několik metod, o kterých se postupně zmíním v podkapitole Metody vyšetření.

4.1.1 Příprava pacienta

K tomuto vyšetření není třeba se speciálně připravovat. Pacient nemusí být nalačno, ale měl by být dostatečně hydratován. Radiofarmakum nevyčytané v kosti se vylučuje močí, proto je zavodnění důležité ke snížení radiační zátěže močového měchýře (Koranda, 2014, s. 131). Zdravotnický personál si ověří identitu pacienta, zjistí si výsledky z předchozí kostní scintigrafie, jiných nukleárních vyšetření nebo z vyšetření ostatními zobrazovacími metodami. Nezbytné je zjistit informace o možných úrazech, frakturách či ostatních onemocněních spojených se skeletem. Důležité je také zjištění historie předchozí onkologické léčby, zahrnující např. léčbu steroidy, chemoterapii, radiační terapii, léčbu bifosfonáty aj.

Personál si musí dát pozor také na možné kontraindikace. Pro toto vyšetření neexistuje žádná absolutní kontraindikace, ale za relativní kontraindikaci se považuje renální insuficience, která výrazně zhoršuje kvalitu vyšetření a zvyšuje radiační zátěž u pacienta (Vižďa, Křížová a Urbanová 2006, s. 6).

Po poučení pacienta a podepsání informovaného souhlasu je pacientovi intravenózně naaplikováno radiofarmakum, nejčastěji ^{99m}Tc -MDP nebo ^{99m}Tc -HDP. Obvyklá aktivita radiofarmaka aplikovaná dospělému pacientovi je 500-800 MBq, dle hmotnosti pacienta. U dětí je aktivita stanovena podle tabulek (Vižďa, Křížová a Urbanová, 2006, s. 6).

Pacient se po aplikaci radiofarmaka dále zavodňuje a těsně před vyšetřením se vymočí, jelikož by plný močový měchýř mohl překrývat struktury pánve. Důležité je odložení všech kovových předmětů, jako jsou hodinky, klíče, knoflíky u oblečení aj., aby nedocházelo ke vzniku artefaktů (Koranda, 2014, s. 131).

Samotné vyšetření se provádí za 2-4 hodiny po aplikaci radiofarmaka (Vižda, Křížová a Urbanová, 2006, s. 6).

4.1.2 Metody vyšetření

U scintigrafie skeletu při diagnostice kostních metastáz se setkáváme se 3 metodami vyšetření. První metodou je celotělové vyšetření pacienta, které se provádí v přední i zadní projekci. Při tomto vyšetření leží vyšetřovaná osoba na zádech na pohyblivém lůžku, které se pomalu, krokově nebo kontinuálně posouvá mezi detektory. Častěji se setkáváme s krokovým (step-by-step) posuvem. Pro toto snímání se většinou využívá nízkoenergetického kolimátoru s vysokým rozlišením (LEHR). U každé projekce by mělo být získáno více než 1,5 milionu impulzů (Vižda, Křížová a Urbanová, 2006, s. 6). V počítači se jednotlivé snímky skládají v celotělový obraz. Někdy se podle potřeby provádí doplňující planární snímky určité oblasti skeletu. Nevýhodou planárních snímků je sumace, kdy dochází k překrývání kostních struktur (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 117).

Další způsobem nahrávání je jednofotonová emisní tomografie (dále jen SPECT), která se provádí podle potřeby, pokud je nález na celotělovém obrazu nejasný. Provádí se snímání zaměřené na určitou oblast skeletu, zejména na páteř, pánev nebo kalvu. Kontrast ložiska oproti planárnímu snímku je 3-5 krát vyšší. U SPECT se detektory otáčí plynule nebo krokově kolem osy pacienta a snímají pod určitými úhly řadu obrazů (Rosina, Kolářová a Stanek, 2006, s. 204). Většinou se zaznamenává 120 projekcí na 360° rotaci. V praxi to znamená, že se vyšetření provádí na kameře s dvěma detektory a každý z detektorů zaznamená 60 projekcí po 3°. V tomto případě se každý detektor může otočit jen o 180°. Jedná se tedy o rovinné obrazy, které se v počítači zrekonstruují v trojrozměrný obraz (Koranda, 2014, s. 29-30). Nevýhodou tohoto vyšetření je anatomická nepřesnost nalezených abnormalit. Tento nedostatek odstraňuje přístroj SPECT/CT (Seidl, 2012, s. 71).

SPECT/CT je další způsob, jak lze ještě více zlepšit diagnostickou přesnost a zvýšit specifitu při nejasném nálezu. Je to tzv. hybridní systém, který je kombinací přístroje CT a SPECT přístroje. Tento přístroj umožňuje zobrazení jak funkčního, tak anatomického obrazu (Rosina, Kolářová a Stanek, 2006, s. 204). Tyto systémy mohou pracovat ve dvou režimech. První je systém s nízkodávkovým (low dose) CT, který slouží pouze k získání orientačních anatomických obrazů tkání s nízkým rozlišením. Druhým je systém s plnohodnotným CT zařízením, které podrobně informuje o lokalizaci anatomických struktur a má vysoké

rozlišení. Tento systém dokáže díky snížení anodového proud pracovat i v nízkodávkovém režimu. Při využití plnohodnotného režimu musíme počítat s vyšší radiační zátěží u pacienta (Koranda, 2014, s. 30).

4.1.3 Vyhodnocení

Scintigrafie skeletu sleduje především kostní reakci na metastatický rozsev. Při hodnocení scintigramu je potřeba znát fyziologickou distribuci radiofarmaka podle věku pacienta (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 117). U dospělých klesá akumulace v končetinách a kalvě, ale u některých jedinců může přetrvávat zvýšený záchyt aktivity v lebních švech. Za normální nález u dospělých se také považuje výraznější aktivita v oblasti axiálního skeletu a všech kloubů. Se zvyšujícím se věkem akumulace radiofarmaka klesá, avšak mohou se objevit kalcifikace v oblasti chrupavek žeber nebo na chrupavce štítné (Vižďa, Křížová a Urbanová, 2006, s. 6-7).

Metastatický proces se projevuje zvýšeným hromaděním radiofarmaka v místech zvýšené osteogeneze. Na scintigramu se mohou zobrazit tzv. horká ložiska, což jsou ložiska zvýšeného hromadění radiofarmaka, nebo ložiska studená, tzv. fotopenické defekty, u kterých dochází k absenci akumulace radiofarmaka nebo jsou provázeny pouze osteoblastickým lemem (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 117). Tato studená ložiska se vyskytují pouze u 2 % nálezů, typická jsou pro onemocnění mnohočetným myelomem⁸ a Langerhansově histiocytóze⁹ (Vaníček, Krupa a Adam, 2006). Metastázy karcinomu prostaty bývají čistě osteoblastického charakteru, proto se na scintigramu zobrazují horká, ve většině případů mnohočetná ložiska. Pokud dojde k masivnímu postižení kostní dřene a skeletu (především axiálního), dochází k difúzně zvýšenému vychytávání radiofarmaka a poté tento nález interpretujeme jako superscan (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 118). Superscan se vyznačuje zvýšeným kontrastem mezi kostmi a měkkými tkáněmi v důsledku zvýšeného difúzního vychytávání radiofarmaka ve skeletu a minimálního vychytávání v měkkých tkáních. Nápadné bývá málo kontrastní zobrazení ledvin, či dokonce vymizení jejich obrazu .

⁸ Je to maligní onemocnění vycházející z lymfocytární tkáně. Dochází při něm k infiltraci kostní dřene plazmatickými buňkami a typický je útlak fyziologické novotvorby kostní dřene a osteolytická ložiska (Adam, 2008, s. 209).

⁹ Je to vzácné onemocnění Langerhansových buněk imunitního systému, které se vyskytují v kůži. Toto onemocnění postihuje jak kůži, tak i ostatní orgány včetně kostí (Adam, 2008, s. 295). Za hlavní klinickou manifestaci se považuje přítomnost lytických kostních lézí. Jelikož toto onemocnění způsobuje inaktivitu osteoblastů, tak v nich nemůže dojít k vychytávání radiofarmaka a ložisko se na scintigramu jeví jako studené (Adam, 2004, s.519).

Pokud není metastaticky postižen skelet končetin, může to mít za následek také jejich nezobrazení. S podobným obrazem je však možno se setkat i při jiných nenádorových a metabolických nemocech skeletu (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 118). Při scintigrafii po léčbě nádoru se můžeme setkat s tzv. flare fenoménem (efektem vzplanutí), kdy se na scintigramu mohou objevit nová ložiska zvýšené aktivity radiofarmaka. Tato ložiska vznikají jako pozitivní odezva na léčbu s následnou osteoplastickou aktivitou. Další příčinou mohou být zánětlivá ložiska vznikající z destrukce nádorových buněk a z toho plynoucí zvýšené vychytávání radiofarmaka. Tato aktivita postupně klesá a za šest měsíců můžeme nález vyhodnotit jako pozitivní odpověď na léčbu, nebo jako progresi postižení skeletu. Po léčbě může dojít také ke snížení intenzity nebo úplnému vymizení ložisek (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 121).

Při vyhodnocování celotělového scintigramu je třeba dát si pozor na možné artefakty, které mohou být způsobeny kardiostimulátory nebo endoprotézami. Dále může dojít ke kontaminaci spodního prádla močí pacienta. Někdy dochází také k paravenózní aplikaci radiofarmaka a následnému zobrazení regionálních mízních uzlin. Při podání radiofarmaka do centrálního katétru je na snímku možno vidět jeho stěnu. Viditelné mohou být také cévky vycházející z močového měchýře (Vižďa, Křížová a Urbanová, 2006, s. 6).

Osteotropní radiofarmaka se mohou vychytávat také mimo skelet, dochází k tzv. extraosseální akumulaci. K vychytávání dochází v měkkých tkáních a to jak normálních, tak i patologicky změněných. Při scintigrafii je možné zachytit vrozené i získané patologie ledvin a močových cest, např. anomálie ledvin, tumory, cysty, poruchy odtoku moče nebo hydronefrózu. Dále se mohou hromadit v některých extraosseálních nádorech, jako jsou některé mozkové nádory, tumory prsu, plic nebo jater. K hromadění může docházet také ve tkáních postižené zánětem nebo nekrózou. U 20-30 % pacientů se radiofarmakum vychytává i v místech poranění páteře (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 119; Vižďa, Křížová a Urbanová, 2006, s. 6).

4.2 PET/CT

Tento hybridní systém vzniká spojením pozitronové emisní tomografie (PET) a počítačové tomografie (CT) v jeden přístroj. Umožňuje tedy spojení funkčních a anatomických dat během jednoho vyšetření. Princip této metody je založen na detekci fotonů záření gama, které vznikají při přeměně pozitronového zářiče β^+ . Při přeměně zářiče dochází k vyzáření kladného pozitronu, který po krátké době interaguje se záporným elektronem z blízkého okolí. Při setkání pozitronu s elektronem dochází k zániku obou částic a jejich energie se vyzáří v podobě dvou fotonů s energií 511 keV, které odlétnou opačnými směry pod úhlem 180° (Myslivoček, 2007, s. 45-47). Tyto fotony jsou detekovány soustavou mnoha nerotujících detektorů uspořádaných do jednoho nebo více prstenců, kdy v každém prstenci se nachází tisíce detektorů. Kolimace záření probíhá elektronicky, což se projeví vyšší detekční citlivostí. Scintilační krystaly NaI(Tl), využívané u planární scintigrafie či SPECT, nejsou pro zobrazování PET vhodné, jelikož mají nižší detekční účinnost. Užívají se scintilační krystaly s vyšší hustotou na bázi lutecia (LSO) nebo na bázi gadolinia (GSO) (Votrubová, 2009, s. 13-14). Podmínkou registrace impulzů je dopad fotonů ve stejný čas na protilehlá místa prstence. K tomu slouží elektronický koincidenční obvod, který registruje pouze ty impulzy, které na jeho vstup přijdou současně. Díky tomuto obvodu je získána informace o poloze fotonů a zároveň o směru jejich příletu. Pomocí počítače se poté matematicky zrekonstruuje trojrozměrný obraz distribuce radiofarmaka v těle pacienta (Koranda, 2014, s. 30-31).

4.2.1 Příprava pacienta

Příprava pacienta je nutná ke správnému provedení a vyhodnocení vyšetření. Důležité je, aby se pacient dostavil na vyšetření na lačno. Měla by stačit 4-6 hodinová pauza od posledního jídla. Pacient by měl být také dostatečně hydratován. Doporučován je příjem neslazených tekutin v podobě čisté vody či neslazeného čaje až do doby vyšetření. Hydratace je důležitá z hlediska snížení radiační zátěže z radioaktivní látky a také pro správné rozložení látky v těle pacienta. Zároveň se hydratace doporučuje k prevenci nefropatií po případné aplikaci kontrastní jodové látky (Votrubová, 2009, s. 46-48).

Je třeba znát pacientovu alergickou anamnézu, z důvodu možných komplikací po podání kontrastní látky. Pokud je pacient těžce alergický na jodové kontrastní látky, je možné

vyšetření provést pouze po déle trvající přípravě (24-48 hodin) a to za přítomnosti anesteziologa. Pokud má pacient jiné typy alergií, doporučuje se perorální podání Prednisonu¹⁰ 40 mg (12-18 hodin před aplikací kontrastní látky) a poté 20 mg (6-9 hodin před aplikací jodové látky). V případě, kdy není možno pacienta připravit předem, podáváme intravenózně kortikoidy (Mechl, 2007).

Po poučení pacienta a podepsání informovaného souhlasu je pacientovi zavedena intravenózní kanyla. Kanylou se poté aplikuje jak radiofarmakum, tak i CT kontrastní látka. Kontrastní látka se může aplikovat i do centrálního žilního katétru, u radiofarmaka se to však nedoporučuje z důvodu možného vzniku artefaktů v oblasti klíční kosti či hrudníku.

Před vyšetřením by se měl pacient vymočit, aby měl při vyšetření prázdný močový měchýř (Votrubová, 2009, s. 48).

4.2.2 Provedení vyšetření

Metodika není u vyšetření pomocí ¹⁸F-FCh zatím ustálená. Podle Bělohlávka a Jarolíma se po uložení pacienta na vyšetřovací stůl aplikuje radiofarmakum v dávce 2 MBq/kg do zavedené kanyly. Poté následuje krátké dynamické PET/CT snímání zaměřené na oblast prostaty. Toto snímání slouží k odlišení časné patologické akumulace radiofarmaka v nádoru a v lymfatických uzlinách v pánvi, od pozdějšího nahromadění aktivity v močovém měchýři. Po 10 minutách následuje snímání od baze lební po třísla, které lze někdy doplnit odloženým snímáním jednu hodinu po aplikaci (Bělohlávek a Jarolím, 2012). Ferdová et al. (2014, s. 22-29) uvádí snímání po 45-120 minutách po aplikaci radioaktivní látky. Akvizice dat CT je prováděna bez aplikace jodové kontrastní látky a vyšetření PET se provádí také od baze lební po třísla. Vyšetření je provedeno v šesti až osmi pozicích, kdy každá pozice je nahrávána po dobu 3 minut. Podle Ďulíkové je snímání prováděno nejprve dynamicky se zaměřením na oblast pánve, které trvá 8 minut. Po 45 minutách následuje High Dose PET/CT celotělové vyšetření s intravenózní aplikací kontrastní látky (Sborník abstrakt: XXXVII., 2010)

Před vyšetření pomocí ¹⁸F(NaF) se pacientovi nejdříve aplikuje radiofarmakum v dávce 2 MBq na kilogram tělesné váhy. Nejvyšší aktivita 370 MBq se používá u obézních pacientů (Segall et al., 2010). Po aplikaci dochází k akumulaci radiofarmaka minimálně 30 minut. Vyšetření se provádí zpravidla v časovém rozmezí 30-60 minut. Z důvodu vysoké

¹⁰ Léčivo ze skupiny kortikoidů, tlumící alergické projevy.

vazby radiofarmaka v kosti a delšího poločasu rozpadu je možné provádět akvizici i 4 hodiny po aplikaci. Podle Ferdové je vyšetření provedeno bez aplikace kontrastní látky, kdy akvizice probíhá od oblasti hlavy po proximální třetinu bérců. V případě nejasností je možno provést zobrazení distálních částí dolních končetin. Akvizice se provádí v pěti až devíti pozicích, kdy každá z pozic je nahrávána 2-5 minut. Čas nahrávání jednotlivých pozic se odvíjí dle aplikované aktivity a doby uplynulé od aplikace (Ferdová et al., 2011).

4.2.3 Vyhodnocení vyšetření

Hodnocení vyšetření pomocí ^{18}F -FCh spočívá v hodnocení fúze PET a CT obrazů. Sleduje se metabolická aktivita se zaměřením na prostatickou tkáň, akumulaci radiofarmaka v lymfatických uzlinách a ve skeletu (Ferda et al., 2012). Pro správnou interpretaci vyšetření PET/CT je důležitá přesná znalost fyziologické distribuce radiofarmaka v těle pacienta. Jak již bylo zmíněno, cholin se fyziologicky vychytává v játrech, slinných žlázách, ledvinách, močovém měchýři, kostní dřeni a slinivce.

Při vyšetření ^{18}F -NaF platí, že každé, viditelně vyšší vychytání radiofarmaka v kostní tkáni znamená změnu kostního metabolismu. Toto vychytání však nemusí znamenat přítomnost nádoru. Zvýšené vychytávání radiofarmaka může způsobit například kloubní poranění, zejména malých kloubů nohou a rukou. Výjimkou není zvýšené vychytávání při poranění žeber a kostochondrálních spojení. Zubní onemocnění také způsobuje zvýšené vychytávání ^{18}F -NaF.

Obecně platí, že při každém nálezu je důležité znát pacientovu anamnézu, symptomy a předchozí klinické diagnostické testy a vyšetření. Významné nálezy by měly být popsány dle lokalizace a rozsahu léze. Rozsah by měl být popsán jako lokální nebo difúzní a léze by měla být rozlišena na lytickou, blastickou nebo smíšenou. Posouzeny by měly být i významné nálezy mimo skelet (Segall et al., 2010).

5 Porovnání kostní scintigrafie a vyšetření PET/CT

Každé nukleárně medicínské vyšetření má svá pozitiva a negativa. Jestliže srovnáme vyšetření kostní scintigrafií pomocí ^{99m}Tc -MDP a ^{99m}Tc -HDP, nebyl prokázán žádný výrazný rozdíl mezi těmito dvěma komerčními radiofarmaky. U obou radiofarmak byla zjištěna lepší kvalita obrazu při snímání po třech hodinách po aplikaci, než po dvou hodinách od aplikace radiofarmaka. Nepatrně lepší se však zdá být krevní clearance u ^{99m}Tc -HDP než u ^{99m}Tc -MDP. Co se týče srovnání kvality obrazu, zdá se být mírně lepší ^{99m}Tc -hydroxymethylendifosfonát, jelikož má větší vazebnou aktivitu než druhé radiofarmakum. Nepatrně vyšší (v řádu setin) je však efektivní dávka u ^{99m}Tc -HDP (Carciona, 1998).

V případě srovnání PET/CT vyšetření pomocí radiofarmak ^{18}F -Ch a ^{18}F -NaF, prokázal vyšší citlivost ^{18}F -NaF, ale rozdíl nebyl nijak statisticky významný. Nevýhodou u tohoto radiofarmaka je však skutečnost, že nedokáže detekovat metastázy v měkkých tkáních a lymfatických uzlinách. V tomto případě je výhodnější použít ^{18}F -Ch.

Nejzásadnější rozdíl je při obecném srovnávání vyšetření pomocí kostní scintigrafie a PET/CT. Kostní scintigrafie je velice senzitivní a dostupné vyšetření s relativně nízkou radiační zátěží (Ferdová, 2012). Jeho specificita je ovšem poměrně nízká, jelikož vychytávání radiofarmaka nemusí značit přítomnost nádoru. Difosfonáty se totiž mohou vychytávat při přítomnosti různých patologií po úrazech, operacích, zánětech či degenerativních změnách. Specificitu lze zvýšit jedině doplněním SPECT nebo SPECT/CT. Další nevýhodou je také vyšší časová náročnost. Oproti tomu PET/CT umožňuje provést velice specifické vyšetření, které nabízí výborné funkční zobrazení, vysoké rozlišení, kontrast a detailní anatomickou lokalizaci nálezu. Všechny tyto vlastnosti vedou k lepší identifikaci nádorových lézí. Jako všechna vyšetření, se ani PET/CT neobejde bez nevýhod. Zásadní nevýhodou tohoto vyšetření je jeho horší dostupnost (Guohua, 2014). V současné době se totiž na území ČR nachází pouze osm PET center. Jako další nevýhoda se uvádí větší radiační zátěž pacienta než při klasické kostní scintigrafii.

Za zmínku stojí také náklady vynaložené za jednotlivá vyšetření. Otakárek uvádí srovnání nákladů vyšetření SPECT s difosfonáty a PET/CT s ^{18}F -NaF. Náklady při celotělovém vyšetření PET/CT jsou 2,9krát vyšší a při cíleném vyšetření 3,4 vyšší než při celotělovém a cíleném SPECT vyšetření.

I přes všechny výhody i nevýhody u obou vyšetření nelze přesně říci, které vyšetření je pro diagnostiku kostních metastáz vhodnější. Kromě těchto dvou vyšetření existují i další vhodné diagnostické metody zobrazené v tabulce (Čapoun, 2011).

Tabulka 1 Senzitivita a specifita jednotlivých zobrazovacích metod a jejich kombinací

Metoda	Reference	Senzitivita	Specifita
Scintigrafie	32	46 %	32 %
Scintigrafie + cíleně rtg	32	63 %	64 %
Scintigrafie + cíleně rtg + cíleně MRI	32	83 %	100 %
MRI osového skeletu	33	100 %	88 %
¹¹ Cho-PET/CT	34	97 %	77 %
¹⁸ F-FDG-PET	35	62–100 %	96–100 %
¹⁸ F-NaF-PET	36	81 %	93 %

Zdroj: (Čapoun, 2011).

ZÁVĚR

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo shrnutí dohledaných poznatků o problematice karcinomu prostaty a kostních metastáz. V práci byla popsána epidemiologie onemocnění, kde bylo zmíněno, že karcinom prostaty je nejčastějším zhoubným onemocněním u mužů a druhou nejčastější příčinou úmrtí v mužské populaci. Podle Dvořáčka (2005, s. 231) není etiologie karcinomu známa, ale ovlivňuje ji řada rizikových faktorů, které byly podrobně popsány v jedné z podkapitol. Ke zjištění tohoto onemocnění pomáhá řada příznaků, které se projevují v pokročilých stádiích onemocnění a jsou podobné benigní hyperplazii (Binarová, 2012, s. 225). Mnoho příznaků nastupuje až s progresí nádoru a vzniku metastáz (Dvořáček, 2005, s. 273-274). Nejčastěji se metastázy nachází v pelvických lymfatických uzlinách a skeletu. Kostní metastázy jsou závažnou, ale nikoliv život ohrožující komplikací. Prognózu u pacienta nezhoršuje metastáza, ale kostní příhody, které úzce souvisí se vznikem metastázy. Vznik metastázy není přesně znám, ale existuje několik hypotéz (Dvořáček, 2005, s. 401).

Dalším cílem bylo dohledání informací o jednotlivých vyšetřeních a využívaných radiofarmacích. U využívaných radiofarmak byla popsána jejich definice, historie a možnosti přípravy. Následně byla popsána jednotlivá radiofarmaka využívaná při vyšetření kostní scintigrafii a PET/CT vyšetření. Při kostní scintigrafii se konkrétně jedná o osteotropní radiofarmaka ^{99m}Tc -metylendifosfonát (medronát, MDP), ^{99m}Tc -hydroxymetylendifosfonát (oxidronát, HDP) a radiofarmakum ^{99m}Tc -MIP-1404, které s nachází teprve ve fázi výzkumu. Při PET/CT vyšetření se využívá radiofarmak ^{18}F -FCh (^{18}F -fluorometylcholin) a ^{18}F fluorid sodný (NaF). U každého radiofarmaka byl popsán princip vazby v kosti.

Při zjišťování kostních metastáz u karcinomu prostaty se využívá kostní scintigrafie a PET/CT vyšetření. Celotělová scintigrafie skeletu je nejčastěji využívanou metodou nukleární medicíny a umožňuje zobrazit změny kostního metabolismu. Toto vyšetření je velice senzitivní, neinvazivní a dostupné vyšetření. Jeho nevýhodou je nižší specifita, která může být doplněna SPECT nebo SPECT/CT vyšetřením (Kupka, 2007, s. 116). Před tímto vyšetřením je důležitá příprava pacienta, která byla v kapitole Kostní scintigrafie podrobněji popsána. V kapitole se nachází také vyhodnocení nálezu s popisem fyziologické a patologické akumulace radiofarmaka. PET/CT systém vzniká spojením pozitronové emisní tomografie (PET) a počítačové tomografie (CT) v jeden přístroj. Umožňuje tedy spojení funkčních a anatomických dat během jednoho vyšetření (Mysliveček, 2007, s. 45-47). V kapitole je

popsána příprava pacienta, provedení vyšetření s využitím jednotlivých radiofarmak a vyhodnocení vyšetření.

Posledním stanoveným cílem bylo srovnání diagnostické výtěžnosti u kostní scintigrafie a PET/CT vyšetření. Každé radionuklidové vyšetření má svá pozitiva a negativa. Při srovnávání vyšetření kostní scintigrafií pomocí dvou osteotropních radiofarmak (^{99m}Tc HDP, ^{99m}Tc MDP) nebyl prokázán žádný významný rozdíl. Rozdíl nebyl prokázán ani u PET/CT vyšetření s pomocí radiofarmak ^{18}F -Ch a ^{18}F -NaF. Nejzásadnější rozdíl nastal při srovnání vyšetření kostní scintigrafii a PET/CT. Kostní scintigrafie je velmi senzitivní vyšetření s poměrně nízkou radiační zátěží. Nevýhodou je vyšší časová náročnost a nízká specifita. Oproti tomu PET/CT vyšetření je velice specifické, s vysokým kontrastem a rozlišením. Nevýhodou je však vyšší radiační zátěž a horší dostupnost. Za zmínku stojí také vynaložené náklady za vyšetření. PET/CT vyšetření je v průměru 3krát dražší než vyšetření pomocí kostní scintigrafie. I přes všechny zmíněné výhody a nevýhody nelze přesně říci, které vyšetření je pro diagnostiku kostních metastáz vhodnější.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ADAM, Zdeněk. *Kostní nádorová choroba*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005, 296 s. ISBN 80-247-1357-8.

BĚLOHLÁVEK, Otakar a Ladislav JAROLÍM. *Zobrazení karcinomu prostaty metodami nukleární medicíny*. Česká urologie. 2012 16(4) [cit. 2015-01-22]. ISSN 1211-8729. Dostupné z: http://www.czechurolog.cz/artkey/cur-201204-0002_Zobrazeni_karcinomu_prostaty_metodami_nuklearni_mediciny.php#.VS6hpfmsWaQ

BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, 253 s. ISBN 978-80-7368-701-4.

ČAPOUN Otakar. *Kostní metastázy u karcinomu prostaty a ostatních urologických nádorů – 1. část*. Urologie pro praxi. 2011, 12(3) [cit. 2015-01-29]. ISSN 1803-5299. Dostupné z: <http://solen.cz/pdfs/uro/2011/03/04.pdf>

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2001, 497 s. ISBN 80-7169-970-5.

ĎULÍKOVÁ, Z., a R. KUČERA. *Edukační sborník: Brněnské onkologické dny a ... Konference pro nelékařské zdravotnické pracovníky* : Brno. Brno : Masarykův onkologický ústav. 2010. 2010. ISSN 1214-7664.

FERDA et al. *Zobrazení karcinomu prostaty na molekulární úrovni-naše zkušenosti*. Česká radiologie. 2012, 66(3) [cit. 2015-01-27]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=380>

FERDOVÁ Eva a Jiří Ferda. *F-FDG-PET/CT muskuloskeletálních nádorů*. Česká radiologie. 2010, 64(1) [cit. 2015-01-21]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=273>

FERDOVÁ et al. *PET/CT s 18F-fluorocholinem karcinomu prostat, dvouleté zkušenosti*. Česká radiologie. 2014, 68(1) [cit. 2015-01-27]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=451>

FERDOVÁ et al. *Zobrazení kostních metastáz pomocí 18F-NaF-PET/CT*. Česká radiologie. 2011, 65(1) [cit. 2015-01-22]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=317>

GUOHUA et al. Comparison of choline-PET/CT, MRI, SPECT, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer: a meta-analysis. *Skeletal radiology*. 2014, 11(43) [cit. 2015-01-29]. ISSN 1432-2161. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00256-014-1903-9#>.

JAROLÍM, Ladislav. *Problematika kostních metastáz u karcionomu prostaty*. Urologie pro praxi. 2008, 9(3) [cit. 2015-01-15]. ISSN 1803-5299. Dostupné z: <http://www.urologiepropraxi.cz/artkey/uro-200803-0002.php>

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

KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012, 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.

KRAFT, Otakar. *Vybraná témata nukleární medicíny pro radiologické asistenty: studijní opora*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2014, 66 s. ISBN 978-80-7464-581-5.

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, 2007, 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2.

LÁZNIČEK, Milan a Pavel KOMÁREK. *Základy radiofarmacie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1998, 106 s. ISBN 80-7184-781.

MAČÁK, Jiří a Jana MAČÁKOVÁ. *Patologie*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2004, 347 s. ISBN 80-247-0785-3.

MARKS, Sheldon. *Rakovina prostaty: rodinný průvodce diagnózou, léčbou a možnostmi přežití*. Praha: Pragma, 2000, 275 s. ISBN 80-7205-698-0.

MECHL Marek. *Metodický list intravaskulárního podání jodových kontrastních látek*. Česká radiologie. 2007, 61(1) [cit. 2015-01-22]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=79>

MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008, 302 s. ISBN 978-80-247-1521-6.

MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012, 222 s. ISBN 978-80-247-3918-2.

MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 131 s. ISBN 978-80-244-1723-3.

NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, 2009, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.

PÁČ, Libor a Ladislava HORÁČKOVÁ. *Anatomie pohybového systému člověka*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009, 146 s. ISBN 978-80-210-4953-6.

PAULÍKOVÁ, S., J. PETERA a A. PAULÍK. *Metastatické postižení kostí*. Postgraduální medicína. 2011, 12(7) [cit. 2015-01-16] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/metastaticke-postizeni-kosti-461279>

ROSINA, Jozef, Hana KOLÁŘOVÁ a Jiří STANEK. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2006, 230 s. ISBN 80-247-1383-7.

SABRA, Riad. *Karcinom prostaty do roku 2000: nová pojetí*. Praha: Maxdorf, 1996, 63 s. ISBN 80-85800-60-8.

SEGALL et al. SNM Guideline for Sodium 18F-Fluoride PET/CT Bone Scans. SNM, 2010.

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012, 368 s., ISBN 978-80-247-4108-6.

STÁHALOVÁ, Vladimíra. *Rakovina prostaty*. Praha: Liga proti rakovině, 2008, 16 s. ISBN 978-80-254-2970-9.

VALLABHAJOSUL et al. *^{99m}Tc-Labeled Small-Molecule Inhibitors of Prostate-Specific Membrane Antigen: Pharmacokinetics and Biodistribution Studies in Healthy Subjects and Patients with Metastatic Prostate Cancer*. The Journal of nuclear medicine. 2014, 55(11) [cit. 2015-01-20] ISSN 0161-5505. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/early/2013/06/01/jnumed.112.116624.full.pdf>

VANÍČEK, J., P. KRUPA a Z. ADAM. *Diagnostika postižení kostí maligní chorobou*. Postgraduální medicína. 2006, 7(3) [cit. 2015-01-25] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/diagnostika-postizeni-kosti-maligni-chorobou-173263>

VIŽĎA, Jaroslav, Hana KŘÍŽOVÁ a Elen URBANOVÁ. *Atlas kostní scintigrafie: Atlas of bone scintigraphy*. 1. vyd. Husinec - Řež: LACOMED, 2006, 71 s. ISBN 80-239-6676-6.

VORLÍČEK Jiří [ed.] *Onkologie*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2012, 250 s. ISBN 978-80-7387-603-6.

VOTRUBOVÁ, Jana. *Klinické PET a PET/CT*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 207 s. ISBN 978-80-7262-619-9.

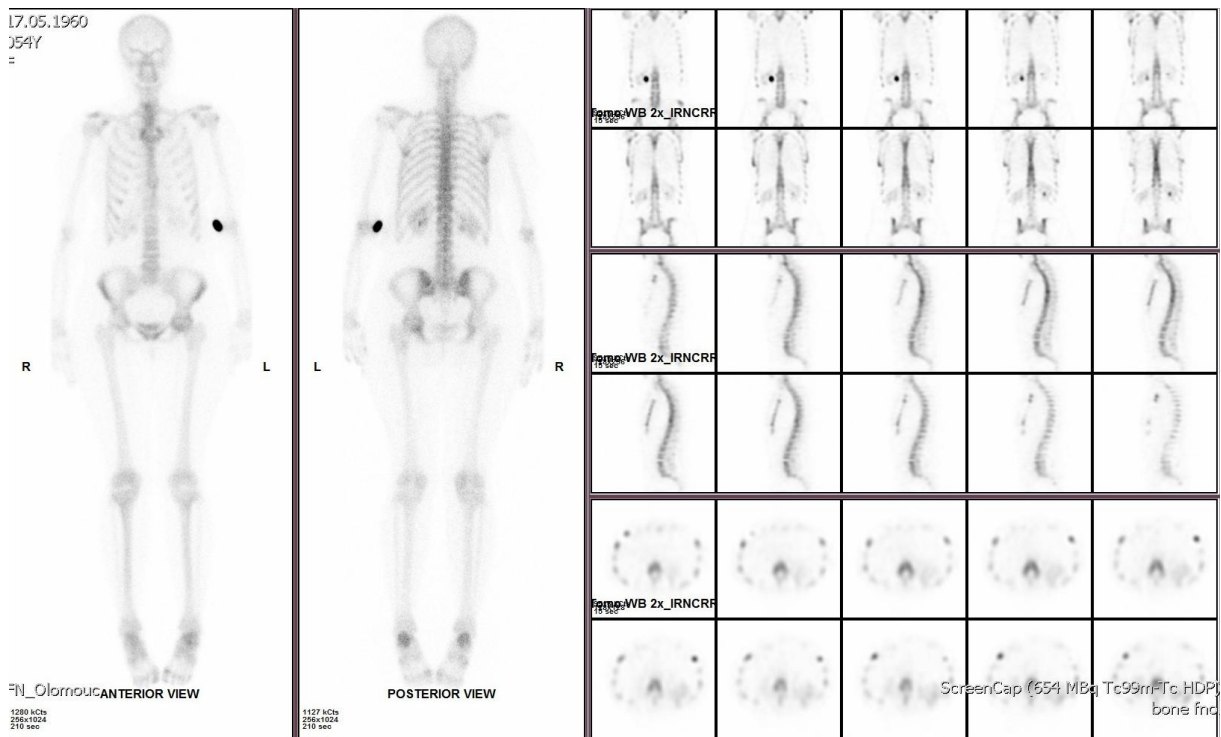
SEZNAM ZKRATEK

atd.	a tak dále
GSO	gadolinium orthosilikát
HDP	hydroxymetylendifosfonát
HRPC	hormonálně refrakterní karcinom prostaty
LEHR	nízkoenergetické kolimátory s vysokým rozlišením
LSO	lutecium orthosilikát
MBq	megabecquerel (jednotka aktivity radioaktivní látky)
MDP	metylendifosfonát
PET	pozitronová emisní tomografie
PSA	prostatický specifický antigen
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
TNM	system klasifikace zhoubných novotvarů

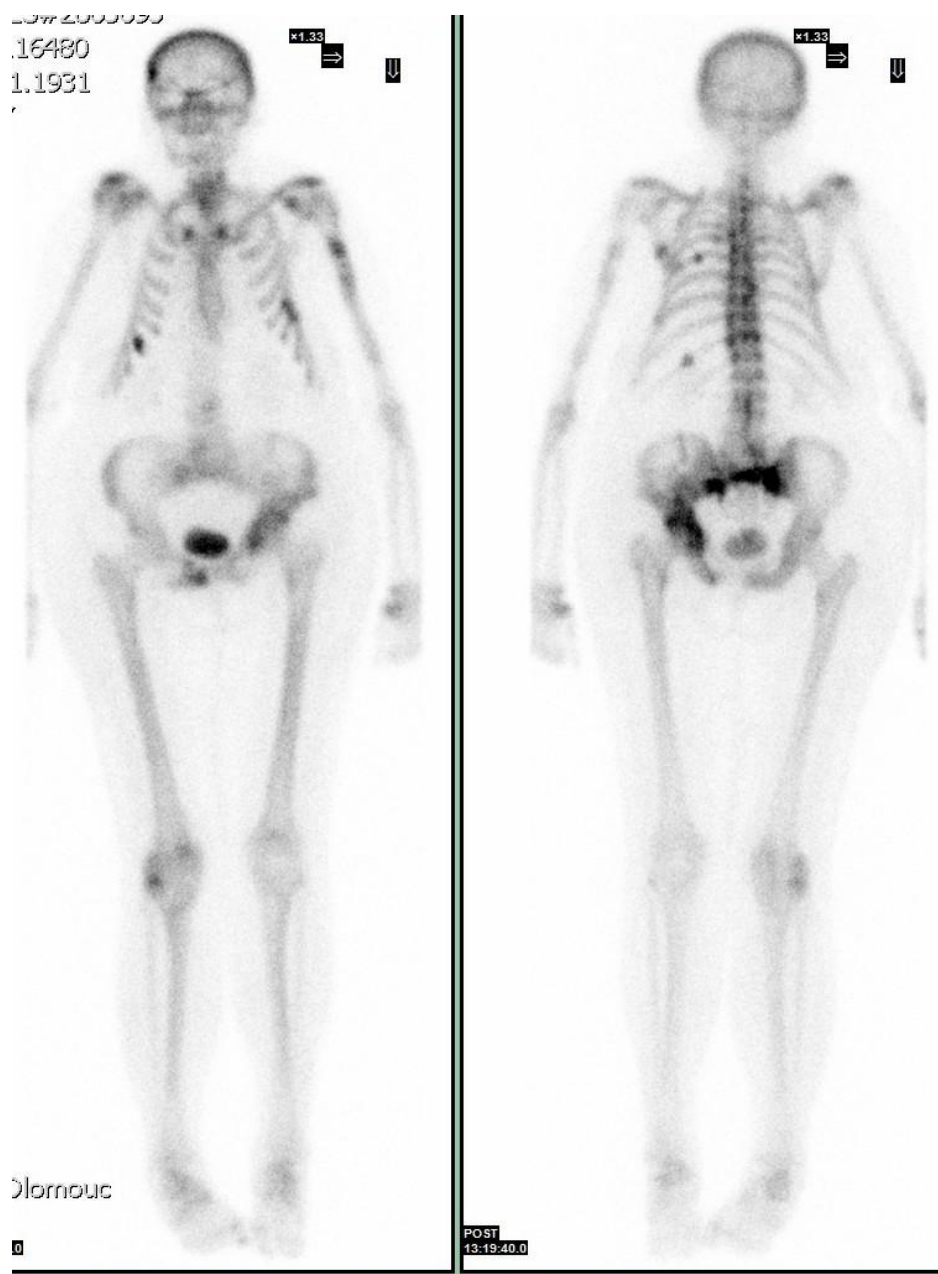
SEZNAM PŘÍLOH

Obrázek 1	Scintigrafie skeletu pomocí ^{99m}Tc -difosfonátu (normální nález).....	36
Obrázek 2	Scintigrafie skeletu pomocí ^{99m}Tc -difosfonátu (s patologií-koronální řezy).....	37
Obrázek 3	Scintigrafie skeletu pomocí ^{99m}Tc -difosfonátu (s patologií-ve 3 rovinách)	38
Obrázek 4	PET/CT pomocí 18F-fluorocholinu (s patologií-koronální řezy).....	39
Obrázek 5	PET/CT pomocí 18F-fluorocholinu (s patologií-sagitální řez).	40
Obrázek 6	PET pomocí 18F-fluorocholinu (s patologií-transverzální řez)	41

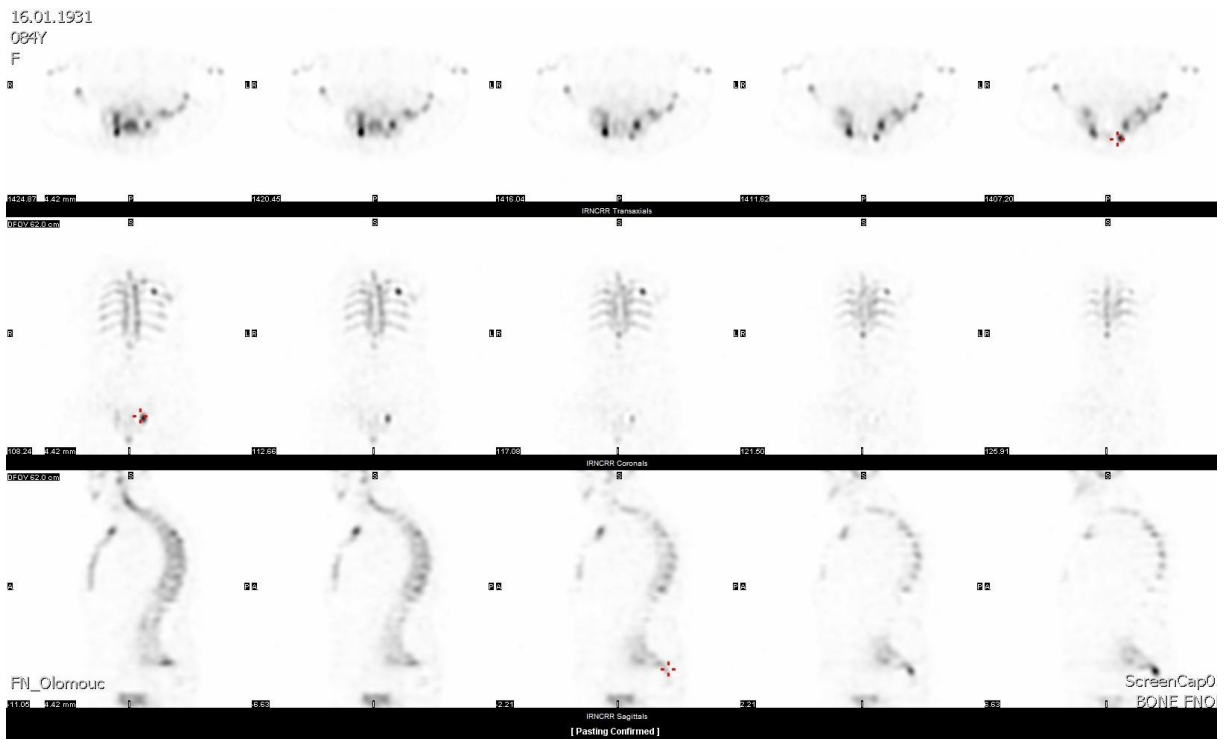
PŘÍLOHY



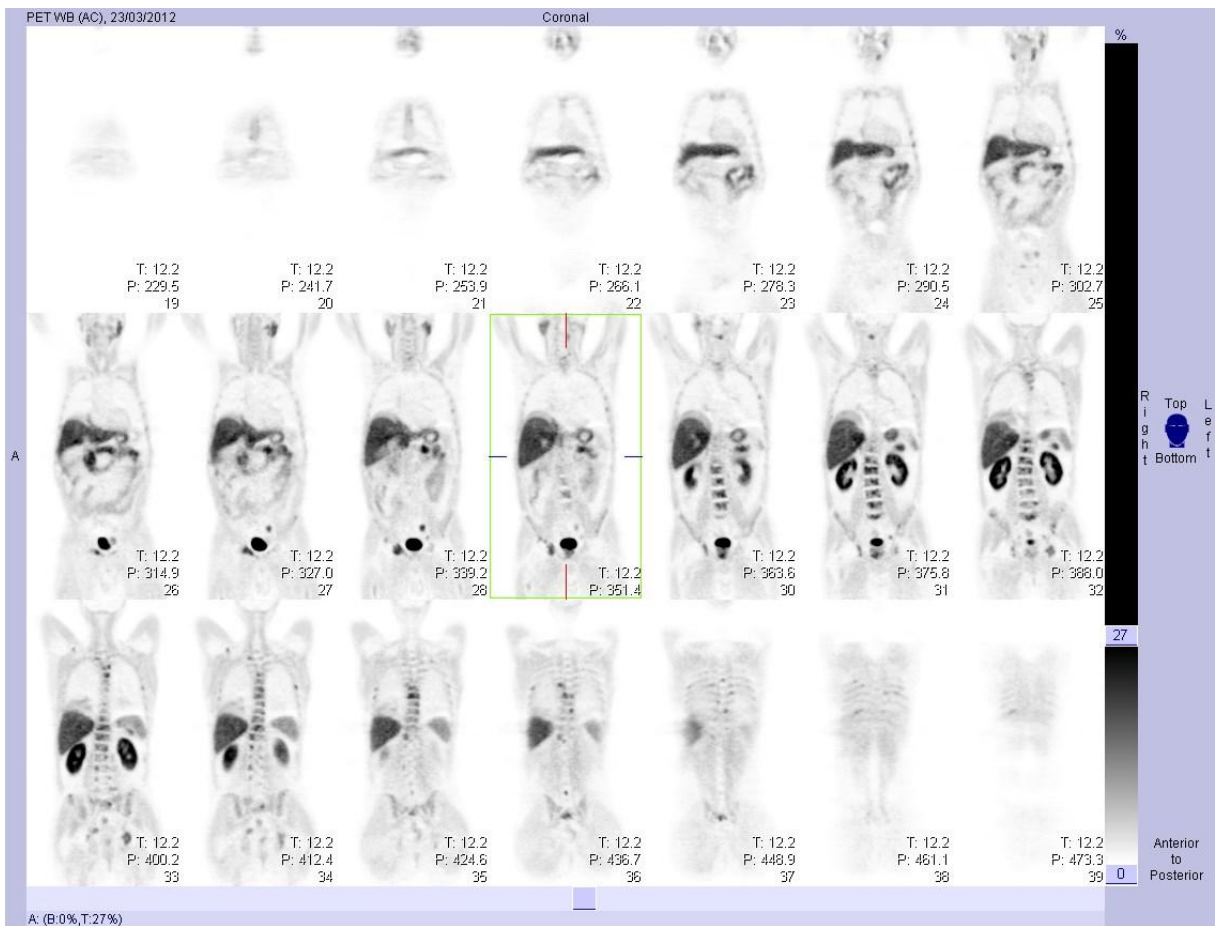
Obrázek 1 Scintigrafie skeletu pomocí ^{99m}Tc -difosfonátu - celotělové vyšetření a SPECT (normální nález). Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc



Obrázek 2 Scintigrafie skeletu pomocí ^{99m}Tc -difosfonátu - celotělové vyšetření. Ložiskově zvýšená kostní přestavba v žebrech, páteři, levém humeru a pánevních kostech svědčí pro osteoplastické metastázy ve skeletu. Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc

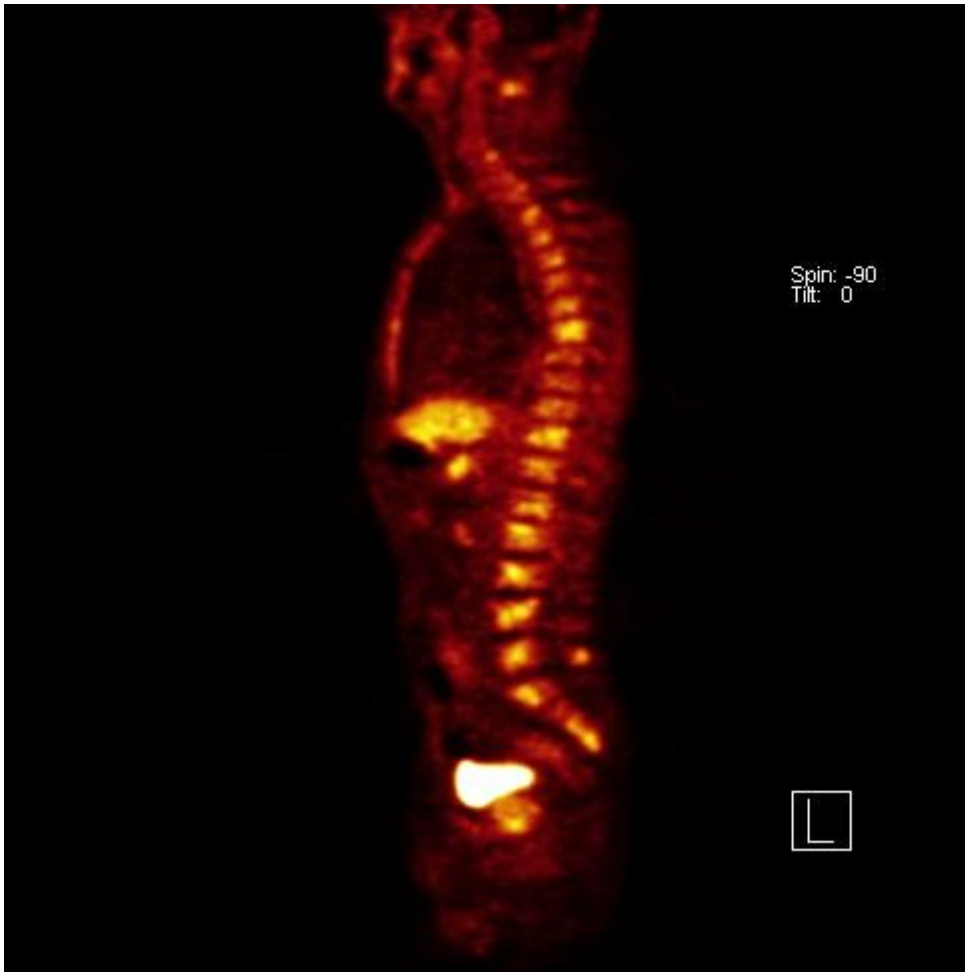


Obrázek 3 Scintigrafie skeletu pomocí ^{99m}Tc -difosfonátu - SPECT u téhož pacienta jako na obrázku č. 2 (transverzální, koronální a sagitální řezy). Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc

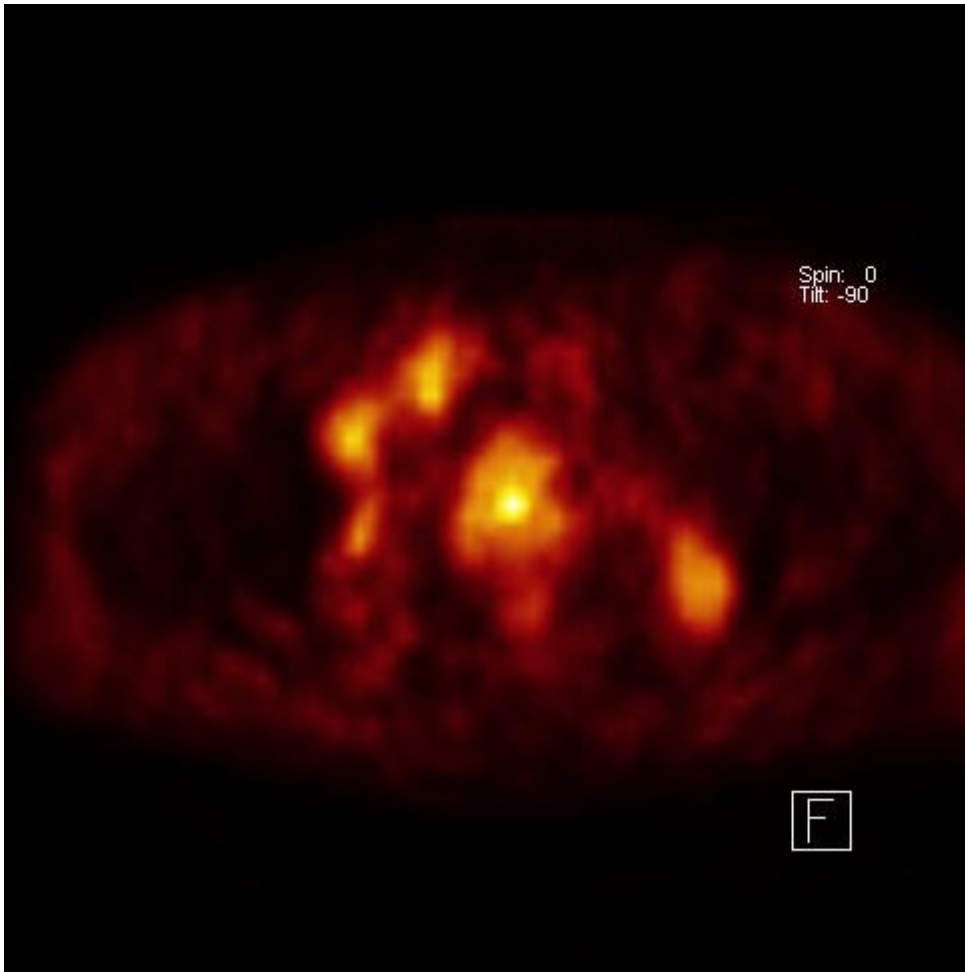


Obrázek 4

PET/CT pomocí 18F-fluorocholinu (koronální řezy) s fyziologickou akumulací radiofarmaka v játrech, pankreatu, ledvinách, močovém měchýři a slinných žlázách. Lze rozpoznat mnohočetné metastázy ve skeletu (především v obratlech), mnohočetné metastázy v lymfatických uzlinách a pánvi oboustranně a patologickou akumulaci v karcinomu prostaty. Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc



Obrázek 5 PET/CT pomocí 18F-fluorocholinu (sagitální řez). Patologická akumulace se nachází v páteři. Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc



Obrázek 6 PET pomocí 18F-fluorocholinu (transverzální řez). Zvýšená akumulace v karcinomu prostaty a v pánevních kostech. Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc