

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Michaela Čápková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při scintigrafii skeletu

Michaela Čápková

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Čápková**
Osobní číslo: **Z16113**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při scintigrafii skeletu**
Zadávací katedra: **Katedra klinických oborů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická


Seznam odborné literatury:

1. KORANDA, Pavel. Nukleární medicína. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.
2. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. Radiofarmaka. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012, 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.
3. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína: učební text. 6. přepracované vydání, (v Nakladatelství P3K vydání druhé). Praha: P3K, 2015, 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.
4. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. Přehled anatomie. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2015, 416 s. ISBN 978-80-7492-206-0.
5. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná a radiační fyzika. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.

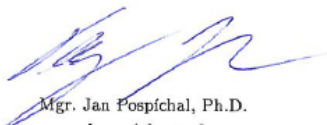
Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Drahomíra Pecinová, Ph.D.
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: 1. prosince 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. května 2019


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 4. března 2019

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 2.5. 2019

Michaela Čápková

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat paní RNDr. Drahomíře Pecinové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat zaměstnancům nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Hradec Králové za vstřícný přístup a pomoc při sbírání informací k praktické části mé bakalářské práce.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá vyšetřením scintigrafie skeletu, které se řadí mezi nejčastěji prováděná vyšetření na oddělení nukleární medicíny.

Práce je členěna do teoretické a praktické části. Teoretická část poskytuje informace o nukleární medicíně, radiační ochraně, dále popisuje práci radiologického asistenta, zabývá se přístrojovou technikou a anatomií skeletu. Praktická část popisuje průběh při vyšetření scintigrafie skeletu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Skelet, scintigrafie, ionizující záření, radiofarmakum, scintilační gama kamera, radiologický asistent

TITLE

Role of radiology assistant in bone scintigraphy

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with the examination of skeletal scintigraphy, which is one of the most frequently performed examinations at the department of nuclear medicine.

The thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part provides information on nuclear medicine, radiation protection, further describes the work of a radiological assistant, deals with instrumentation and skeletal anatomy. The practical part describes the course of skeletal scintigraphy examination.

KEYWORDS

Skeleton, scintigraphy, ionizing radiation, radiopharmaceutical, scintillation gama camera, radiologic assistant

OBSAH

Úvod.....	11
1 Cíl práce.....	12
2 Teoretická část.....	13
2.1 Nukleární medicína.....	13
2.1.1 Základní fyzikální pojmy.....	14
2.1.2 Interakce ionizujícího záření s látkou.....	15
2.1.3 Biologické účinky ionizujícího záření.....	16
2.1.4 Stochastické účinky.....	17
2.1.5 Deterministické účinky.....	17
2.2 Radiační ochrana.....	18
2.2.1 Radiační ochrana pracovníků.....	19
2.2.2 Radiační ochrana pacientů.....	19
2.2.3 Radiační limity.....	19
2.2.4 Klasifikace zdrojů a kategorizace pracovišť, kontrolované a sledované pásmo.....	20
2.2.5 Monitorování osob a pracovního prostředí.....	21
2.3 Radiologický asistent.....	22
2.4 Přístrojová technika.....	22
2.5 Anatomie skeletu.....	27
2.6 Scintigrafie skeletu.....	32
2.6.1 Radiofarmakum.....	33
2.6.2 Indikace k vyšetření.....	34
2.6.3 Kontraindikace.....	34
2.7 Patologie.....	35
2.7.1 Nádorová postižení skeletu.....	35
2.7.2 Nenádorová postižení skeletu.....	37
3 Praktická část.....	43

3.1	Příprava pacienta.....	43
3.2	Vlastní vyšetření.....	43
3.3	Zdroje chyb při vyšetření	47
3.4	Výsledky vyšetření.....	47
4	Diskuze	48
5	Závěr	50
6	Seznam použité literatury	51
7	Přílohy.....	53

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Scintilační kamera.....	23
Obrázek 2 Přehled kolimátorů.....	24
Obrázek 3 Akvizice a rekonstrukce SPECT obrazu.....	25
Obrázek 4 Hybridní SPECT/CT kamera	26
Obrázek 5 Akvizice a rekonstrukce PET obrazu.....	27
Obrázek 6 Anatomie skeletu	31
Obrázek 7 Snímání scintilační gama kamerou	32
Obrázek 8 Schéma molybden – techneciového generátoru.....	33
Obrázek 9 Ewingův sarkom. Na obrázku vpravo je pacient již po operaci	35
Obrázek 10 Smíšené kostní metastázy u karcinomu ledvin	36
Obrázek 11 Osteomyelitida skalní kosti. Pacient se zánětem středního ucha.....	37
Obrázek 12 Perthesova choroba u 10letého chlapce. Fotopenické ložisko v hlavici levého femuru.....	38
Obrázek 13 Fibrózní dysplázie u 16letého chlapce.....	39
Obrázek 14 Morbus Paget	40
Obrázek 15 Revmatoidní artritida	41
Obrázek 16 Sériová zlomenina žeber při osteoporóze	42
Obrázek 17 Digestoř.....	43
Obrázek 18 Aplikační pomůcky.....	44
Obrázek 19 Uložení pacienta.....	45
Obrázek 20 Třífázová scintigrafie cílená na lokty	46
Obrázek 21 Vyšetřovací protokol.....	47

SEZNAM ZKRATEK

ALARA	Tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout
CT	Výpočetní tomografie
D	Absorbovaná dávka
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
FBP	Filtrovaná zpětná projekce
¹⁸ F-FDG	Fluorodeoxyglukóza
FN HK	Fakultní nemocnice Hradec Králové
GM	Geiger – Müllerův počítač
Gy	Gray
HDP	Hydroxymethylendifosfonát - oxidronát
¹³¹ I	Jód
keV	Kiloelektronvolt
LET	Lineární přenos energie
MDP	Methylendifosfonát
MeV	Megaelektronvolt
⁹⁹ Mo	Molybden
mSv	Milisievert
NaI(Tl)	Jodid sodný
NM	Nukleární medicína
ONM	Oddělení nukleární medicíny
PET	Pozitronová emisní tomografie
RF	Radiofarmakum
RTG	Rentgenové záření
SPECT	Jednofotonová emisní tomografie
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚKL	Státní úřad pro kontrolu léčiv
T _(1/2)	Poločas přeměny
^{99m} Tc	⁹⁹ Technecium - metastabilní
TEP	Totální endoprotéza
X	Rentgenové záření

ÚVOD

Bakalářskou práci jsem se rozhodla vypracovat na téma Úloha radiologického asistenta při scintigrafii skeletu. Na oddělení nukleární medicíny je scintigrafie skeletu nejčastěji prováděným vyšetřením. Vyšetření hraje roli v diagnostice onemocnění skeletu, především v nalezení raných změn kostního metabolismu. Scintigrafie je neinvazivní metodou.

Nejčastěji se toto vyšetření provádí pro diagnostiku kostních metastáz. Nádorová onemocnění prostaty, prsu či plic často metastazují do kostí. Scintigrafie skeletu slouží také jako kontrolní vyšetření po některé z těchto prodělaných nemocí.

Dále toto vyšetření slouží ke sledování metabolických změn, onemocnění kloubů, primárním nádorovým onemocněním.

V teoretické části jsem popsala ionizující záření a jeho účinky na živou hmotu, s tím souvisí radiační ochrana, na kterou je nutno dbát při práci na oddělení nukleární medicíny, a to jak z pohledu radiačního pracovníka, tak z pohledu pacienta. V práci se též zabývám přístrojovou technikou, či anatomií skeletu. V neposlední řadě je zde popsán princip scintigrafie skeletu.

Praktická část se zabývá přípravou a průběhem vyšetření, a to z pohledu práce radiologického asistenta.

1 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce je popsat funkci radiologického asistenta při vyšetření scintigrafie skeletu.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Nukleární medicína

Nukleární medicína je lékařský obor, který se zabývá diagnostikou a léčbou, a to pomocí otevřených radioaktivních zdrojů. Tyto zdroje jsou aplikovány do vnitřního prostředí organismu ve formě radiofarmak.⁵

V tomto oboru se využívá indikátorového principu, který umožňuje detekovat radiofarmaka v těle pacienta. Základem tohoto principu je shodné chování stabilních a radioaktivních nuklidů. Označením látek pomocí malého množství radionuklidu jsme schopni detekovat pomocí ionizujícího záření, a to buď v laboratoři – in vitro, nebo vně pacienta – in vivo. Tento princip byl v roce 1913 objeven maďarským chemikem jménem György Hevesy.⁵

Při metodách vyšetření in vivo aplikujeme léčivé látky (radiofarmaka) do těla pacienta. Samotná aplikace radioaktivní látky je prováděna neinvazivně, a to intravenózní injekcí. Během scintigrafie, či jiné diagnostické metody in vivo se používají radionuklidy, které emitují fotony elektromagnetického záření (charakteristické RTG záření, záření gama) a lze ho detekovat za pomoci vnějších detektorů. V průběhu scintigrafického vyšetření dostáváme obraz o přenosu radiofarmaka v těle pacienta a můžeme tak hodnotit a sledovat patofyziologické změny a umístění patologických lézí.²

Při terapeutických vyšetřeních se užívají radiofarmaka, která emitují korpuskulární záření (beta částice, alfa částice). Při této metodě se využívá radionuklidů ve formě uzavřených zdrojů.²

Vyšetření in vitro se využívá při určování koncentrace látek v tělních tekutinách. Pracuje se jen se vzorkem plazmy, nebo jiné tekutiny. Pacient vůbec s radioaktivní látkou nepřichází do styku.²

Zobrazovací metody nukleární medicíny poskytují informace o průběhu fyziologických a patologických dějů, povaze tkání, či funkci orgánů. Vyšetření pomocí hybridních přístrojů, které kombinují tomografické nukleárně medicínské a rentgenové zobrazení (SPECT/CT, PET/CT) nám poskytuje anatomicko – funkční zobrazení.²

2.1.1 Základní fyzikální pojmy

Radioaktivita je přeměna mateřských jader nestabilních atomů na dceřiná jádra, při čemž vzniká ionizující záření. Hlavními druhy radioaktivity jsou přeměny alfa, beta, gama.⁵

Přeměna α – je přeměna, při které z mateřského jádra vylétá alfa částice, která je tvořena 2 protony a 2 neutrony. Po odstěpení těchto částic vznikne nuklid, který se v periodické soustavě prvků posune o 2 místa doleva. Přeměna alfa je specifická pro velmi těžká jádra, která jsou schopna vyzářit tak těžkou částici jako je alfa. Záření alfa je tedy nejméně pronikavé a lze ho odstínit listem papíru.⁵

Přeměnou β se souhrnně označují **β^- , β^+ , elektronový záchyt**

Přeměna β^- - je přeměna, při které je z jádra emitována záporná částice, elektron. Dochází k tomu u jader, které mají nadbytek neutronů. Neutrony se přemění na protony, elektrony a antineutrino. Přeměna beta je důležitým druhem radioaktivity, která se využívá pro terapeutické výkony.⁵

Přeměna β^+ - je jev, při kterém dochází k emisi kladně nabitých částic, pozitronů. Tato přeměna je charakteristická pro radionuklidy, u kterých počet protonů převyšuje nad počtem neutronů. Tento nadbytečný proton se přemění na neutron, pozitron a neutrino. Neutron nadále zůstává v jádře, pozitron a neutrino se za vysoké rychlosti emitují z jádra.⁵

Elektronový záchyt – je přeměna, ke které dochází u jader s nízkým počtem neutronů. Při elektronovém záchytu jde o sloučení protonu a elektronu za vzniku neutronu a neutrino. Neutron setrvává dál v jádře a na místo vyzářeného elektronu se usadí elektron z vyšší slupky, a to za vzniku rentgenového záření.⁵

Záření γ – je průvodním jevem při přeměně alfa a beta. Jedná se o proud fotonů, který se při deexcitaci jádra vyzáří ve formě fotonu záření gama. Toto záření patří mezi nejpronikavější a lze ho odstínit vrstvou olova.⁵

Poločas přeměny $T_{(1/2)}$ – je doba, za kterou se přemění polovina jader daného radionuklidu

Aktivita – je počet radioaktivních přeměn za jednotku času. Jednotkou aktivity je becquerel – Bq

2.1.2 Interakce ionizujícího záření s látkou

To, jakým způsobem interaguje záření s látkou v oboru energií používaných v nukleární medicíně, závisí především na jeho typu. Dalším faktorem je náboj, který částice nese. Ionizující záření dělíme do dvou skupin, a to na přímo ionizující a nepřímo ionizující.⁵

Přímo ionizující záření se skládá z elektricky nabitých částic, které předávají látce energii přímo zejména ionizacemi a excitacemi. Do této skupiny řadíme záření alfa, beta-, beta+ a protony.⁵

Nepřímo ionizující záření se skládá z částic, které nemají náboj. Tyto částice předají svou kinetickou energii hmotnému prostředí nepřímo tím, že jejich interakcí vznikají sekundární částice – elektrony. Tyto elektrony následně látku ionizují a excitují. O nepřímo ionizujícím záření mluvíme v případě záření gama, rentgenového a neutronového.⁵

Při interakci β^- částice s látkou se vyráží elektrony z atomového obalu a atomy látky jsou ionizovány nebo excitovány. Při střetu s hmotou elektron změni směr své dráhy a na konci dráhy nemá dostatek energie k další ionizaci. Poté dochází k zachycení jiným atomem a následně k rekombinaci.⁵

Při interakci β^+ částice neboli pozitronu s látkou se vyražené elektrony z atomového obalu budou též ionizovat. Poté ale pozitrony ztratí svou energii a při střetu s elektrony dochází k anihilaci látky. Následně se oba přemění na fotony gama a letí opačným směrem pod úhlem 180° a energiích 511keV.⁵

Záření gama a X interaguje s látkou třemi procesy. Prvním zásadním procesem je *fotoelektrický jev*, kdy foton interaguje s elektronem z vnitřní slupky atomu a předá mu veškerou energii. Prázdné místo po vyraženém elektronu z obalu zaplní elektron z vyšší vrstvy, a to za vzniku charakteristického rentgenového záření. Druhým jevem je *Comptonův rozptyl*, ke kterému dochází na slabě vázaném elektronu, přičemž foton předá jen malé množství energie elektronu a zbylou část energie přijme nově vzniklý foton. Posledním procesem je *tvorba elektron – pozitronového páru*. K této interakci dochází pouze za vysoké energie fotonu, a to vyšší než 1,02 MeV. V oboru energií radionuklidů, které používáme v NM, uvažujeme zejména procesy dva: fotoefekt a Comptonův rozptyl. Comptonův rozptyl je zdaleka nejvýznamnějším druhem interakce v nukleární medicíně.⁵

2.1.3 Biologické účinky ionizujícího záření

Procházející gama fotony mohou s tkání reagovat Comptonovým rozptylem nebo fotoefektem. Může se také stát, že nedojde k absorpci fotonů a tím i žádné reakci s živou tkání.⁹

První stadium mechanismu účinku záření se nazývá **fyzikální**. Po zachycení fotonů ve tkáni dojde buď k ionizaci nebo excitaci atomů molekul. Nastane-li ionizace přímo v molekule kyseliny deoxyribonukleové (DNA), jedná se o přímý účinek záření. Dalším stadiem je fáze **chemická**, při které dochází k radiolýze vody, a tak ke vzniku radikálů H^+ a OH^- . Při reakci těchto radikálů s molekulou DNA dochází k jejímu poškození. Jedná se o nepřímý účinek ionizujícího záření. Posledním stadiem je **biologická** fáze. Zde dochází k morfologickým a funkčním změnám na buňce. Na molekule dvoušroubovici může docházet k úplnému zlomu dvojitá vlákna DNA. Jedná se o poškození, ke kterému dochází při průchodu částice hustě ionizujícího záření jádrem buňky. Takové částice jsou např. alfa částice, či neutrony a vyznačují se vysokou hodnotou lineárního přenosu energie (LET – linear energy transfer). LET je energie částice předávající energii elektronům za jednotku dráhy. Další poruchou může být zlom jednoho vlákna dvoušroubovice. K tomuto typu poškození dochází při průchodu částice s nízkým LET. Při hrubém poškození buňky může dojít k narušení buněčného dělení, které způsobuje reprodukční smrt buňky. Další poškození buňky může zapříčinit změny v genetické informaci buňky a docházet tak k mutacím. Rozlišujeme mutace genetické a somatické.²

Biologické účinky definujeme veličinou, která se nazývá **absorbovaná dávka D**. Vyjadřuje množství absorbované energie ve tkáni na jednotku hmotnosti ozářené tkáně. Jednotkou absorbované dávky je **gray (Gy)**.²

Každá buňka lidského těla se vyznačuje určitou senzitivitou k ionizujícímu záření, a tím tedy ke vzniku klinických příznaků. Největší radiosenzitivitu vykazují tkáně s velkým počtem rychle se dělících, málo diferencovaných buněk. Mezi takové buňky se řadí kostní dřev, samčí gonády, střevní epitel. Naopak mezi tkáně s málo se dělícími nebo nedělícími se diferencovanými buňkami řadíme nervové buňky a buňky myokardu.²

2.1.4 Stochastické účinky

Tyto účinky se vyskytují s určitou pravděpodobností po vystavení organismu ionizujícímu záření. Neexistuje pro ně dávkový práh, jsou náhodné a nepředvídatelné. Pravděpodobnost výskytu stochastických účinků je lineárně závislá na dávce, avšak tyto účinky mohou být vyvolány i velmi malými dávkami. Působením ionizujícího záření může dojít ke genetickým mutacím či nádorovému poškození.²

2.1.5 Deterministické účinky

Tyto účinky se objevují při překročení určitých limitů, přičemž s rostoucí dávkou roste pravděpodobnost a závažnost poškození. Při vystavení organismu vysokým dávkám je počet poškozených buněk natolik vysoký, že je organismus není schopen všechny opravit. Dojde tak k zániku mnoha buněk a ke vzniku nemocí z ozáření. Čím dříve se projeví příznaky, tím byla dávka větší a následky jsou závažnější. Zprvu se objeví **prodromální fáze**, která se projevuje bolestmi hlavy, horečkou, nauzeou, zvracením, průjmami. Druhou fází je **období latence**, které je závislé na formě a množství absorbované dávky. Délka této fáze je nepřímo úměrná absorbované dávce. Poslední fází je **období manifestace**, při kterém se plně rozvíjí onemocnění. Rozlišujeme tři typy akutních nemocí z ozáření, při ozáření celého těla vysokými dávkami.²

Dřeňová forma: Po ozáření těla dávkami 3–4 Gy vzniká poškození orgánů krvetvorby. Dochází k poklesu počtu lymfocytů, bílých krvinek, červených krvinek a krevních destiček. Při ozáření nižší dávkou může po 6–8 týdnech docházet k postupné regeneraci buněk. Prodromálními příznaky je zde bolest hlavy, nauzea, průjem. V období latence může docházet ke krvácení do sliznic.⁹

Gastrointestinální forma: Tento syndrom vzniká při dávkách okolo 10 Gy a je velmi závažným až smrtelným onemocněním. Dochází zde k destrukci buněk střevní výstelky, tím k dehydrataci a poruše hospodaření s minerály. Prodromální fáze se projevuje průjmami, zvracením či bolestmi břicha. Po nástupu latentní fáze může dojít k ústupu symptomů, poté ale opět dochází k návratu prodromálních příznaků, které způsobí neprůchodnost střev a krvácení, což vede k následné sepsi, selhání ledvinných funkcí a smrti jedince.¹¹

Neurovaskulární forma: Tato nemoc vzniká po obdržení dávky 50 Gy na organismus. Symptomy prodromální fáze jsou horečka, nízký krevní tlak, dezorientace, zmatenost, ztráta rovnováhy. Latentní fáze se vyznačuje průjmami, problémy s dýcháním a kardiovaskulárním šokem. Dochází k otoku mozku a následné smrti.¹¹

2.2 Radiační ochrana

Na oddělení nukleární medicíny je důležité dodržovat zásady radiační ochrany, které jsou formulovány v **atomovém zákoně č. 263/2016 Sb.** (pojednává o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření) a **vyhlášce č. 422/2016 Sb.** (o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje). Pracoviště nukleární medicíny je pravidelně kontrolováno Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

„Cílem radiační ochrany je vyloučení deterministických účinků ionizujícího záření a snížení pravděpodobnosti stochastických účinků na rozumně dosažitelnou úroveň.“ (9, str. 157) V radiační ochraně obecně existují čtyři základní principy, které je nutné dodržovat. Jedná se o princip zdůvodnění, princip optimalizace, limitování dávek a bezpečnost zdrojů.⁹

Princip zdůvodnění: Práce, která vede k ozáření osob ionizujícím zářením musí být vždy přínosná a měla by převažovat rizika vzniklá při této práci. Jednoduše řečeno to znamená, že podstoupí-li pacient nějaký výkon s použitím ionizujícího záření, které je škodlivé a způsobuje tedy určitou újmu pacientovi, měl by z tohoto výkonu plynout pro tohoto pacienta určitý přínos.¹

Princip optimalizace: Každý, kdo využívá jadernou energii nebo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen postupovat tak, aby riziko ohrožení fyzické osoby a životního prostředí bylo tak nízké, jakého lze rozumně dosáhnout při zohlednění současné úrovně vědy a techniky a všech hospodářských a společenských hledisek. Tento princip říká tedy, že indikované diagnostické vyšetření má být provedeno s co nejnižší možnou dávkou při zachování dostatečné diagnostické informace. Tento princip se také označuje zkratkou **ALARA** (As Low As Reasonably Achievable) – tak nízké, jak je rozumně možné.¹

Princip limitování: Při práci s ionizujícím zářením je nutné omezovat ozáření osob tak, aby získaná dávka nepřekračovala stanovené limity za určitá období.¹

Princip zabezpečení zdrojů: Každý, kdo vykonává činnosti v rámci expozičních situací, je povinen přednostně zajišťovat jadernou bezpečnost a radiační ochranu, a to při respektování stávající úrovně vědy a techniky a správné praxe. Toto v praxi znamená zabezpečení radionuklidových zdrojů před nepovoleným přístupem a použitím. Dále také pravidelnou kontrolu zdrojů ionizujícího záření.¹

2.2.1 Radiační ochrana pracovníků

Úlohou radiační ochrany je snížení absorbované dávky ionizujícího záření v organismu na co nejnižší dosažitelnou míru a tím snížení rizika vzniku nežádoucích deterministických či stochastických účinků záření. Absorbovaná dávka je ovlivněna druhem a energií emitovaného záření, dobou expozice, intenzitou, vzdáleností či stíněním. Základními způsoby ochrany jsou:

Čas: Snížit absorbovanou dávku ve tkáni je možné při co nejkratším pobytu v poli záření. Každý pracovník by se neměl příliš dlouho zdržovat v exponovaném místě a při práci s radioaktivními látkami by měl dbát na přípravu.⁹

Vzdálenost: Dávkový příkon je nepřímo úměrný druhé mocnině vzdálenosti od zdroje záření. Pracovník by měl stát co nejdále od zdroje ionizujícího záření (na nukleární medicíně od pacientů) a při práci se zářiči používat pomůcky (pinzety, manipulátory).⁹

Stínění: Pro odstínění ionizujícího záření jsou vhodné stínící materiály, které zeslabí nebo úplně odstíní tok záření. Pro ochranu pracovníků je oddělena vyšetřovna od ovladovny.⁹

Zabránění kontaminace: Při práci s otevřenými radionuklidy může dojít k vnitřní i vnější kontaminaci radioaktivní látkou. K vnitřní kontaminaci může dojít při poruše pravidel hygieny, kdy pracovník v kontrolovaném pásmu jí či nepoužívá ochranné rukavice. Vnitřní kontaminaci lze také zapříčinit inhalací či průnikem přes kůži. K vnější kontaminaci může docházet při rozbití lahvičky a potřísnění kůže. V takovém případě je nutná důkladná dekontaminace. Pracovníci jsou povinni používat ochranné pomůcky. (gumové rukavice, pinzety, olověná pouzdra, kontejnery na zářiče, stínící zástěry...)⁹

2.2.2 Radiační ochrana pacientů

Možností, jak chránit pacienty před účinky ionizujícího záření je vyšetřovat pacienty jiným způsobem než za použití radionuklidových zdrojů. V nukleární medicíně bychom měli dbát na užití co nejnižší dávky záření, zabraňovat průniku radiofarmaka do kritických orgánů a užívat látky pro rychlejší únik radiofarmaka ze tkání.⁹

2.2.3 Radiační limity

U pracovníků nukleární medicíny se limity vztahují na dávky způsobené jak zevním ozářením mimo tělo, tak i vnitřním ozářením z radionuklidů způsobené vnitřní kontaminací. Dávky získané z ozářením přírodním pozadím se do limitů nezahrnují. Limity dělíme do několika skupin:

Obecné limity: jsou určeny pro obyvatele, součet efektivních dávek 1mSv/rok, ekvivalentní dávka v oční čočce 15mSv/rok, průměrná ekvivalentní dávka v 1cm² kůže je hodnota 50mSv/rok.⁹

Limity pro radiační pracovníky: jedná se o profesní ozáření, efektivní dávka nesmí být vyšší než 20mSv/rok, ekvivalentní dávka v oční čočce 150mSv/rok, průměrná dávka na končetiny 500mSv/rok a v 1cm² kůže nesmí přesahovat 500mSv/rok.⁹

Limity pro učně a studenty: součet efektivních dávek nesmí překročit 6mSv/rok, ekvivalentní dávka v oční čočce 50mSv/rok, průměrná dávka na končetiny 150mSv/rok a v 1cm² kůže nesmí převyšovat 150mSv/rok.⁹

2.2.4 Klasifikace zdrojů a kategorizace pracovišť, kontrolované a sledované pásmo

Abychom mohli správně posoudit rizika vzniklá při nakládání se zdroji ionizujícího záření, rozdělujeme zdroje do několika kategorií:

Nevýznamné

Drobné

Jednoduché

Významné

Velmi významné

Tato klasifikace zdrojů je důležitým kritériem pro stanovení kategorie pracovišť. Na oddělení nukleární medicíny se setkáváme s kategoriemi I. až III.: Příklady kategorizace pracovišť:

I. kategorie (kostní denzitometr)

II. kategorie (ambulace nukleární medicíny)

III. kategorie (ozařovače v radioterapii, urychlovače, terapie radiojódem)

IV. kategorie (jaderné reaktory, úložiště radioaktivních odpadů, výroba radionuklidů)

Oddělení nukleární medicíny jsou pracoviště s otevřenými radionuklidovými zdroji. Tato pracoviště se kategorizují zejména dle vybavení pracoviště a pracovních míst (ventilace, izolace, stínění, provedení kanalizace ...).¹⁰

V prostorách nukleární medicíny se z důvodu radiační ochrany vymezuje sledované a kontrolované pásmo. **Sledované pásmo** je stanoveno všude tam, kde by efektivní dávka mohla překročit roční limit pro obyvatelstvo tj, 1mSv/rok. Řadíme sem čekárny pro pacienty nebo

prostory sousedící s kontrolovaným pásmem. **Kontrolované pásmo** se vymezuje všude tam, kde by mohla roční efektivní dávka překročit 6mSv. Je zde zapotřebí dodržovat zesílený ochranný režim, platí zde zvláštní pravidla radiační ochrany. Tyto prostory musí být dále zabezpečeny před vstupy cizích osob, platí zákaz vstupu těhotným ženám (které zde nepracují) a osobám mladším 18 let. Pracují zde pracovníci kategorie A.¹⁰

2.2.5 Monitorování osob a pracovního prostředí

Pracovníci oddělení nukleární medicíny jsou vybaveni osobními dozimetry, které nosí na levé straně hrudníku, a to po celou dobu pobytu v kontrolovaném pásmu a při práci s ionizujícím zářením. Jedná se o filmové dozimetry, které jsou vyhodnocovány jednou měsíčně, naměřené hodnoty dávek jsou v jednotkách mSv. Většina pracovníků je ještě opatřena prstovým luminiscenčním dozimetrem. Sledování pracovníků je dále zajištěno pomocí lékařských prohlídek. Patří sem vstupní, periodické, mimořádné a výstupní kontroly.¹

Do monitorování pracovníků spadá také měření vnitřní kontaminace radionuklidy. Nejčastěji k tomu dochází při práci s ^{131}I , který uniká do vzduchu a kontaminovaný vzduch je následně inhalován pracovníky. Vnitřní kontaminace radiojódem je detekována pomocí kolimovaného scintilačního detektoru, který je přikládán na oblast štítné žlázy.¹

Neméně důležitou součástí monitorování je měření výpustí. Radioaktivní látky obsažené v odpadní vodě musí splňovat určité hodnoty, aby mohly být vypuštěny do přírody.² Pracoviště ONM je vybaveno odpadními jímkami, do kterých jdou všechny kapalné odpady kontaminované radiojódem z lůžkové části, kde probíhá radioterapie radioaktivním jódem ^{131}I . Po naplnění dané jímky se tato uzavře, nechá 3 měsíce „vymírat“ a potom se vypustí a dále upravuje čističkou odpadních vod FN HK. Tento režim zajišťuje, že při vypouštění jímky nepřesahuje úroveň radioaktivity ^{131}I v jímce hodnotu 454 Bq/l. Těchto vymíracích jímek má ONM k dispozici 6. Všechny jsou stíněné a monitorované GM počítači.

2.3 Radiologický asistent

Radiologický asistent je nelékařský zdravotnický pracovník, který se uplatňuje v oborech radiodiagnostiky, radioterapie a nukleární medicíny. Tento pracovník je řazen do kategorie A nebo B, a to dle možné obdržené efektivní dávky za rok.¹

Zákon č. 96/2004 Sb. popisuje náplň práce radiologického asistenta takto:

„Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony. Radiologický asistent provádí činnosti související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany může radiologický asistent vykonávat, pokud splňuje požadavky stanovené zvláštním právním předpisem.“¹²

2.4 Přístrojová technika

Scintilační kamera (gamakamera)

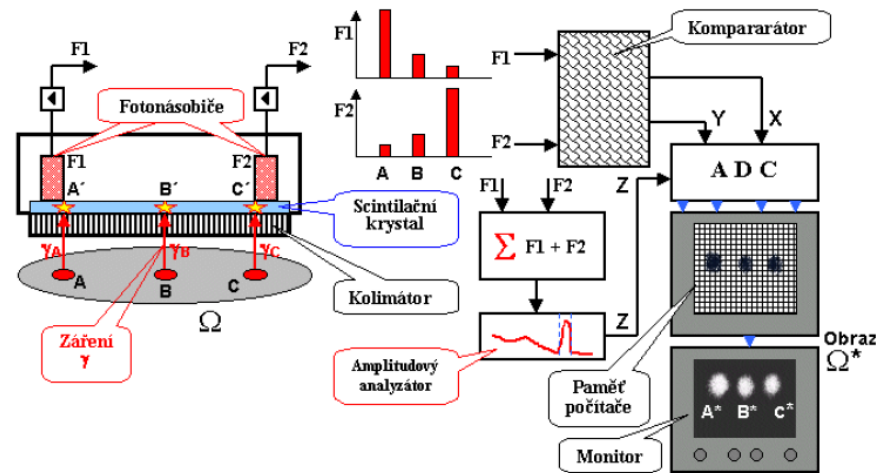
Vyšetření scintigrafie skeletu se neobejde bez přístroje, který nám zobrazí distribuci radiofarmaka v těle pacienta. Scintilační kamera je složena ze scintilačního krystalu, kolimátoru, fotonásobiče a počítače.²

Luminiscenční krystal je vyroben z jodidu sodného aktivovaného thaliem – NaI(Tl) o rozměrech cca 40–50 cm, obdélníkového tvaru, schopného detekovat ionizující záření ve formě gama nebo rentgenového paprsku. Za krystalem je rozmístěno kolem 65 fotonásobičů, jejichž úkolem je násobit a přeměňovat paprsky viditelného světla na elektrický impuls. K tomuto ději dochází při dopadu záblesků z krystalu na fotokatodu. Po dopadu fotonů na fotokatodu fotonásobiče dochází k fotoefektu, tedy uvolnění elektronů z povrchu fotokatody. Násobícím procesem na dynodách dochází k tvorbě měřitelného elektrického impulsu, který je dále zpracován elektronicky. uvolněné elektrony začnou vzájemně působit s elektrodami, jejichž povrch umožňuje znásobení impulsu. Po uvolnění velkého množství elektronů se vytvoří měřitelný elektrický impuls, který je dále zpracován v zesilovací soustavě.²

Prvotním místem, kterým vstupuje gama záření do detektoru je kolimátor. Úlohou kolimátoru je provést co nejlepší projekci rozmístění radiofarmaka ve vyšetřované oblasti na plochu scintilačního krystalu. Kolimátor a jeho vlastnosti značně ovlivňují výslednou kvalitu scintigrafického obrazu. Kolimátor je clonou, která vymezuje směr fotonů, které dopadají na

scintilační krystal a zorné pole kamery. Kolimační systém si můžeme představit jako desku se spoustou otvorů různých tvarů a velikostí.²

U scintilačních gama kamer používáme kolimátory, které se dají vyměňovat podle způsobu využití. Rozdíly kolimátorů spočívají v počtu, velikosti a konfiguraci otvorů, v energii záření, rozlišovací schopnosti a citlivosti.²



Obrázek 1 Scintilační kamera¹

Rozdělení kolimátorů

Dle konfigurace otvorů:

Kolimátor s paralelními otvory – nejčastější, velké množství otvorů, obraz odpovídá skutečné velikosti

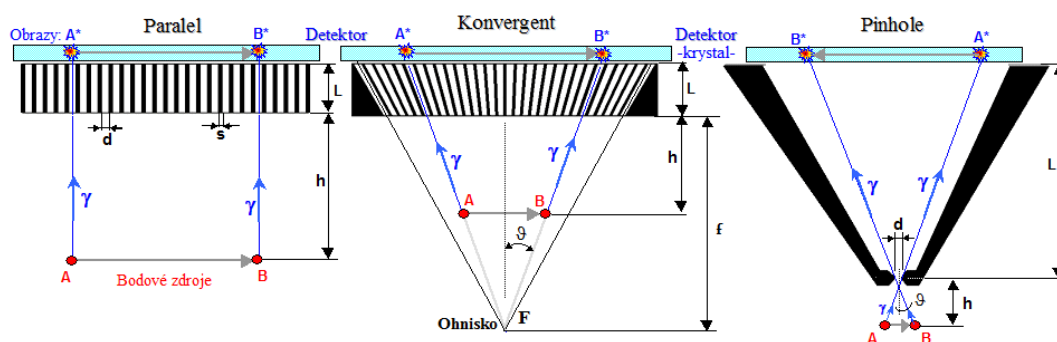
Kolimátor divergentní – otvory se rozbíhají směrem ke zdroji záření, obraz objektu je zmenšený

Kolimátor konvergentní – otvory se sbíhají směrem ke zdroji záření, obraz objektu je zvětšený

Kolimátor Pinhole – jeden otvor ve tvaru nálevky a průměru 3–5 mm, pro detekci malých prostorů, nejvíce využíván k zobrazení štítné žlázy

Kolimátor fan beam – zvláštní typ kolimátoru s ohniskem v transverzální rovině a v axiální rovině je paralelní, poskytuje vysoké rozlišení i přes vyšší vzdálenost pacienta, hojně využití při snímání mozku

¹ ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>



Obrázek 2 Přehled kolimátorů²

Dle energií:

Kolimátor pro nízké energie (LE – Low Energy) – mnoho otvorů, vysoké využití při ^{99m}Tc o energii 140 keV.

Kolimátor pro střední energie (ME – Medium Energy) – pevnější a větší svou konstrukcí, využití při ^{131}I .

Kolimátor pro vysoké energie (HE – High Energy) – nižší počet otvorů, robustní konstrukce

Jednofotonová emisní výpočetní tomografie – SPECT

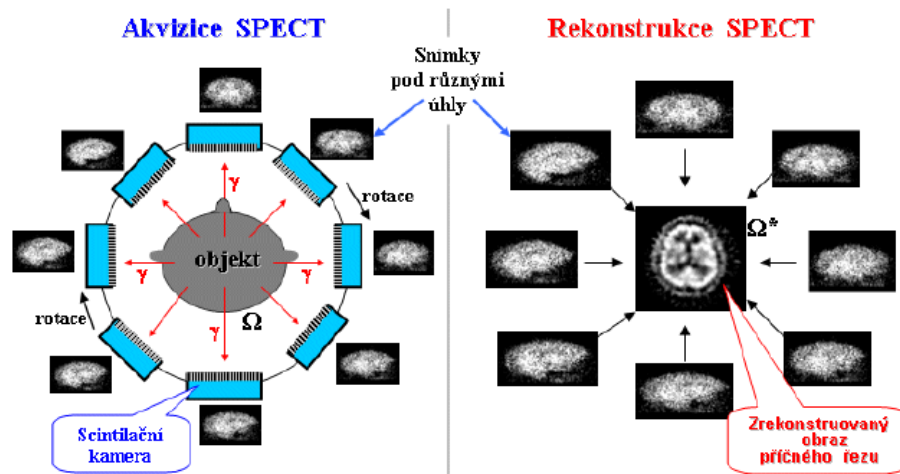
Zobrazování pomocí SPECT je důležitou metodou v oboru nukleární medicíny. Tato metoda nám umožňuje získat trojrozměrné snímky, které zobrazí skutečnou lokalizaci patologického ložiska. Další výhodou vyšetření je průkaz lézí s vyšším kontrastem, tím pádem lepší detekce patologií než na planární scintigrafii.²

Při vyšetření se pacient nehýbe, leží stále ve stejné poloze a detektor gamakamery se otáčí okolo pacienta a zaznamenává jednotlivé snímky v různých projekcích a pod různými úhly. Detektor se pohybuje v rozmezí malých úhlů, nebo plynule. Rozmezí snímaných oblastí závisí na rozměru zorného pole detektoru. Pokud je potřeba nasnímat větší oblast, tak musíme provést vícečetnou akvizici po částech. Po skončení snímkování je výsledkem soubor snímků různých projekcí, které se dále rekonstruují. Používá se buď filtrovaná zpětná projekce (málokdy v dnešní době) anebo iterativní metody.⁵

Filtrovaná zpětná projekce označována též filtered back projection (FBP), je rekonstrukcí rychlejší a jednodušší ale s nižší kvalitou obrazu. Častým problémem je zde hvězdicovitý

² ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>

artefakt nebo také neschopnost zahrnout složitější korekce do dané rekonstrukce. Lepším způsobem rekonstrukce je využití iterativní metody, která je náročnější na výkon počítačů, ale zato nám dává kvalitnější obraz a možnost složitých korekcí. Tato metoda je nazývána též jako ordered subsets expectation maximization (OSEM).⁵



Obrázek 3 Akvizice a rekonstrukce SPECT obrazu³

Hybridní systém SPECT/CT

Jedná se o metodu snímání, při které jsou zjišťovány funkční a anatomické vlastnosti, a to bezprostředně za sebou. Nejdříve je provedeno vyšetření pomocí SPECT a po skončení je spuštěno CT (výpočetní tomografie) vyšetření. Konstrukce CT přístrojů ve spojení SPECT se mohou lišit. Prvním příkladem mohou být CT přístroje s pevně připojenou rentgenkou ke gantry SPECT kamery, kde dochází ke snížení rychlosti rotace a možnosti provozu pouze v nízko dávkovém režimu. Výsledkem jsou orientační obrazy struktur s nízkým rozlišením. Druhým příkladem jsou SPECT/CT přístroje s rychlou rotací rentgenky s možností provozu i v diagnostickém režimu a s vysokým rozlišením. Pomocí diagnostického CT získáme detailní zprávy o anatomii, avšak za cenu vyšší radiační zátěže.²

³ ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>



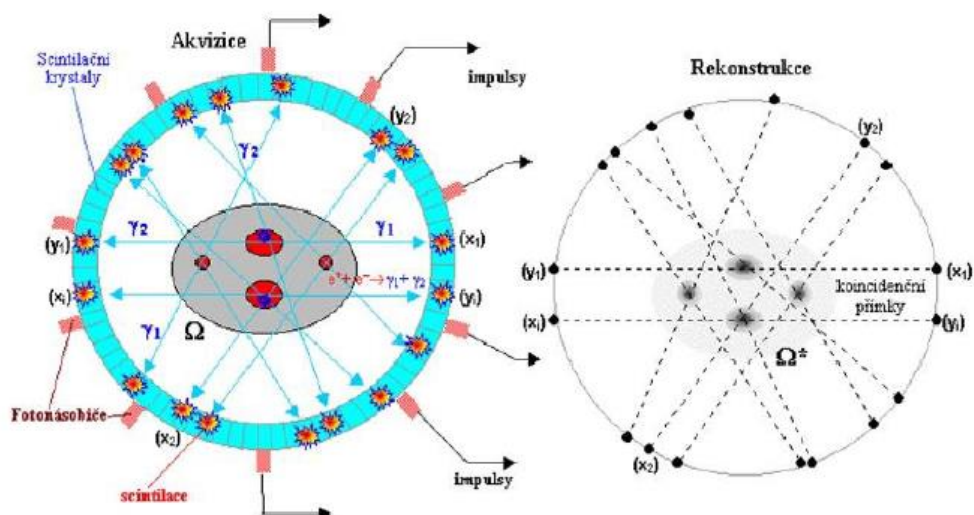
Obrázek 4 Hybridní SPECT/CT kamera⁴

Pozitronová emisní tomografie PET

Zobrazování pomocí pozitronové emisní tomografie je považováno za velmi náročnou a finančně nákladnou metodu v oboru nukleární medicíny. Detekční krystaly PET jsou uspořádány do kruhu okolo pacienta. Celá metoda je založena na anihilaci dvou pozitronů, které se přeměňují na dva fotony o energii 511keV, a to při přeměně Beta + radioaktivního zářiče. Anihilované fotony od sebe letí vysokou rychlostí na protilehlé detektory, kde dopadají. Pokud fotony dopadnou ve stejný čas, lze předpokládat, že místem emise je průtnutí bodů na detektorech, kde byly impulzy zachyceny. Detektory zaznamenávají jen ty fotony, které dopadnou ve stejnou dobu v rámci koincidenčního obvodu. Díky tomu získáváme informace o směru a poloze dopadajícího fotonu, tudíž není podmínkou použít olověné kolimátory jako u předešlých metod.²

Na základě surových dat ve formě sinogramů se matematickou rekonstrukcí v počítači vytváří trojrozměrný obraz distribuovaného radiofarmaka. Nejpoužívanějším radiofarmakem při tomto vyšetření je fluorodeoxyglukóza se zkratkou ¹⁸F-FDG.²

⁴ Foto autor



Obrázek 5 Akvizice a rekonstrukce PET obrazu⁵

Hybridní systém PET/CT

Tento systém nám umožňuje získat funkční a anatomické informace během jednoho vyšetření. Fúze PET a CT obrazu zobrazuje přesnou lokalizaci a povahu tkáňových struktur, především tam, kde je zvýšená akumulace pozitronového radiofarmaka. Radiační zátěž pacienta je zde vyšší než při samotném vyšetření pomocí PET přístroje.²

2.5 Anatomie skeletu

Kostra lidského těla plní opěrnou a ochrannou funkci pro vnitřní orgány, jímž je mozek, srdce, plíce a orgány uložené v oblasti pánve. Kostra spolu s klouby, chrupavkami a vazivem zajišťuje pohyb celého těla. Uvnitř kosti dochází ke tvorbě krvinek a nachází se zde i úložiště minerálů.⁶

Základní stavební jednotkou kostí jsou osteocyty. Dále je kost tvořena fibrilami a mezibuněčnou hmotou, která obsahuje ossein – složku kolagenních vláken a vápenatých solí. Tyto soli poskytují kosti pevnost, pružnost a do určité míry i ohyb kosti. Vývoj kosti se rozděluje do fáze primární (fibrilární) a sekundární (lamelární). Primární kost se nachází v oblasti úponů šlach a také tam, kde došlo ke zlomenině kosti a jejímu hojení. Tyto kosti jsou méně odolné, méně mineralizované a s nepravidelným uspořádáním kolagenních vláken. Sekundární kost tvoří většinu kostí dospělého jedince. Tato kost je na povrchu tvořena kompaktní kostí, vnitřní část je vyplněna trámečky a nazývá se tak trámčitá, spongiózní.⁶

⁵ ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>

Kosti těla rozdělujeme dle tvaru na krátké, dlouhé, ploché, nepravidelné a pneumatizované. **Dlouhé kosti** jsou tvořeny dlouhým tělem – diafýzou a koncové části kostí epifýzou. Povrch diafýzy je tvořen lamelami a kompaktní, pod kterou se nachází spongióza a v ní následně kostní dřev. Epifýza je pokryta kompaktní a uvnitř je tvořena spongiózou. Na konci epifýzy se nachází chrupavky, které spojují kosti s klouby. Dlouhou kostí je např. kost pažní, kost stehenní. **Krátké kosti** obsahují též spongiózu a kostní dřev, jejich povrch je kryt slabou vrstvou kompakty a nasedají na ně kloubní chrupavky. Mezi krátké kosti se řadí např. zápěstní kosti. **Ploché kosti** tvoří lamely a tenká vrstva spongiózy. Do této skupiny kostí řadíme např. kosti lebky.⁶

Kostru lidského těla dělíme na část osovou a kostru končetin.

Skelet hlavy

- **Lebka – cranium:** se dělí na dvě části, a to část mozkovou – neurocranium a na část obličejovou – splanchocranium. Mozková část tvoří ochranný obal a je složena z kostí klenby lební a z kostí baze lební. Bazi lební tvoří kost čelní, kosti čichové, kosti klínové, kosti spánkové a zadní část tvoří kost týlní. Obličejová část se skládá z kostí párových a nepárových. Do párových kostí řadíme kosti nosní, kosti slzní, kosti lící, kosti patrové a také horní čelist. Nepárovými kostmi jsou radličná kost a dolní čelist.⁶

Skelet trupu

Kostru trupu je tvořena obratli, žebry a kostí hrudní. Páteř je esovitě zahnutá a je tvořena 33–34 obratli.⁶

- **Páteř – columna vertebrarum:** plní opěrnou funkci těla a je kostěnou schránkou pro míchu. Páteř je tvořena obratli, které dělíme na obratle krční (vertebrae cervicales), obratle hrudní (vertebrae thoracicae), obratle bederní (vertebrae lumbales), křížové obratle (vertebrae sacrales) a obratle kostrční (vertebrae coccygeales). Těla obratlů jsou tvořena obratlovými těly, oblouky a několika obratlovými výběžky. Spojení jednotlivých obratlů zajišťují meziobratlové ploténky, vazy a meziobratlové klouby. Na páteři se fyziologicky nachází dvě zakřivení, kyfóza a lordóza. Kyfóza je zakřivením zadním a lordóza předním.⁶

Skelet hrudníku

Kosti hrudníku tvoří ochrannou schránku pro důležité orgány, jako je srdce, plíce a orgány uložené v svrchní části břicha.⁶

- **Hrudní kost – sternum:** se nachází uprostřed a na povrchu hrudníku. Sternum je v horní části tvořeno rukojetí, uprostřed se nachází tělo a dolní část ukončuje mečovitý výběžek trojúhelníkovitého tvaru.⁶
- **Žebra – costae:** jsou složena z hlavičky, těla a krčku. Na hrudníku je vytvořeno 12 párů žeber. Horní část tvoří 7 párů pravých žeber, která jsou ke sternu připojena chrupavkou. Nepravá žebra tvoří další 3 páry. Posledními žebry jsou žebra volná a tvoří je 11. a 12. žebro. U žeber se nachází předozadní, příčné a torzní zakřivení, která umožňují roztažení hrudníku při dýchání.⁶

Skelet horní končetiny

Horní končetiny se skládají z pletence a volné končetiny. Součástí pletence je klíční kost a lopatka. Volnou končetinu tvoří kost pažní, kost loketní, kost vřetenní, zápěstní a záprstní kůstky a články prstů.⁶

- **Klíční kost – clavícula:** je dlouhá asi 15 cm a je spojnicí hrudní kosti s výběžkem lopatky. Ze dvou třetin vystupuje pod kůži v předním směru a z jedné třetiny je vyklenutá dozadu.⁶
- **Lopatka – scapula:** je kostí plochou s trojúhelníkovým tvarem. Lopatka má horní, mediální a laterální okraj.⁶
- **Pažní kost – humerus:** je dlouhá kost tvořená hlavicí a na spodní části z ní vybíhají dva epikondyly. Hlavice humeru je s lopatkou spojena kloubně.⁶
- **Vřetenní kost – radius:** je tvořena hlavicí, tělem a distálním koncem. Nachází se na předloktí na straně palce.⁶
- **Loketní kost – ulna:** se nachází na předloktí na straně malíku.⁶
- **Zápěstní kůstky – ossa carpi:** se skládají z osmi kostí, které tvoří dvě řady. První řada je tvořena kostí loďkovitou (os scaphoideum), kostí poloměsíčitou (os lunatum), kostí trojhrannou (os triquetrum) a kostí hráškovou (os pisiforme). Druhou řadu tvoří kost mnohohranná větší (os trapezium), kost mnohohranná menší (os trapezoideum), kost hlavatá (os capitatum) a kost hákovitá (os hamatum). Dohromady všechny tyto kosti vytváří zápěstí (carpus).⁶

- **Záprstní kůstky – ossa metacarpi:** jsou krátké kůstky, které leží mezi zápěstními kůstkami a články prstů. Dohromady jich máme pět a jsou číslovány od I. do V.⁶
- **Články prstů – phalanges digitorum:** dělíme na proximální, střední a distální část. První část tvoří basis, střed je tvořen tělem a koncová část se nazývá caput. Celkový počet článků je 14.⁶

Skelet dolní končetiny

Dolní končetiny jsou též složeny z pletence a volné končetiny. Pletenec dolní končetiny je tvořen pravou a levou pánevní kostí (os coxae), která se spojuje v kost křížovou (os sacrum) v zadní části a ve sponu stydkou (symphysis pubica) v části přední. Spojení všech těchto kostí tvoří pánev (pelvis). Volnou končetinu vytváří stehenní kost, holenní kost, lýtková kost, zánártní a nártní kůstky a články prstů.⁶

Pánevní kost – os coxae: je spojením kosti kyčelní (os ilium), kosti sedací (os ischii) a kosti stydké (os pubis). Všechny tyto kosti vedou do kloubní jamky kyčelního kloubu (acetabulum).⁶

Stehenní kost – femur: je nejdelší a hmotnostně největší kostí lidského těla. Je tvořena hlavicí, krčkem, uprostřed dlouhým tělem a dvěma kondyly.⁶

Češka – patella: je největší sezamskou kostí a trojúhelníkového tvaru v lidském těle.⁶

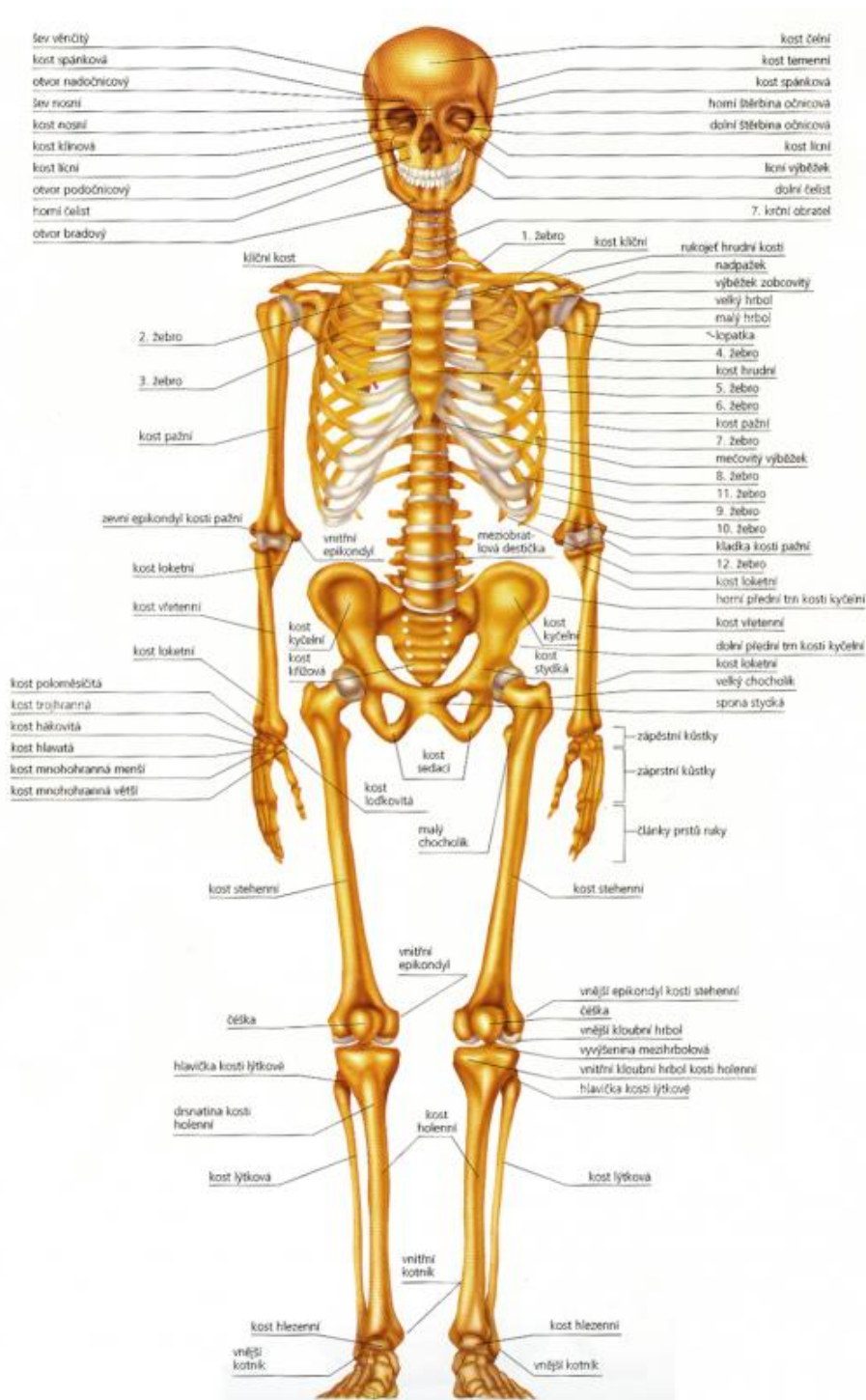
Holenní kost – tibia: je součástí kostí bérce, distální částí tvoří kotník a leží na palcové straně.⁶

Lýtková kost – fibula: společně s holenní kostí tvoří bérec a kotník, nachází se na malíkové straně.⁶

Zánártní kosti – ossa tarsi: jsou tvořeny kostí hlezenní (talus), kostí patní (calcaneus), kostí lodřkovitou (os naviculare), kostí krychlovou (os cuboideum) a vnitřní, střední a zevní kostí klínovou (os cuneiforme mediale, intermedium et laterale).⁶

Nártní kosti – ossa metatarsi: nártních kostí je pět. Jsou tvořeny bazí, tělem a hlavicí.⁶

Články prstů nohy – phalanges digitorum pedis: dohromady jich je 14 a též jsou tyto kosti složeny z baze, těla a hlavice. Proximální články jsou dlouhé, střední a distální jsou kůstkami krátkými.⁶



Obrázek 6 Anatomie skeletu⁶

⁶MUDr. Zbyněk Mlčoch [online]. 2009 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/anatomie-lidske-telo/kostra-cloveka-s-popisem-obrazek-anatomie-anatomicke-udaje-a-pocet-kosti>

2.6 Scintigrafie skeletu

Scintigrafie je metoda, díky které zjišťujeme funkce tkání. Při scintigrafii skeletu zobrazujeme časné metabolické změny v kostní tkáni. Principem této metody je měření aktivity podaného radiofarmaka, které se akumuluje v příslušném orgánu. Po vychytání radiofarmaka ve tkáni dochází ke snímání gama záření, které vychází z těla pacienta, a to za pomoci scintilační gama kamery. Vyšetření můžeme provádět staticky či dynamicky. **Statická scintigrafie** nám poskytuje jeden snímek prošetřované tkáně. Naopak **dynamická scintigrafie** se skládá z více snímků pořízených za určitou dobu.⁵

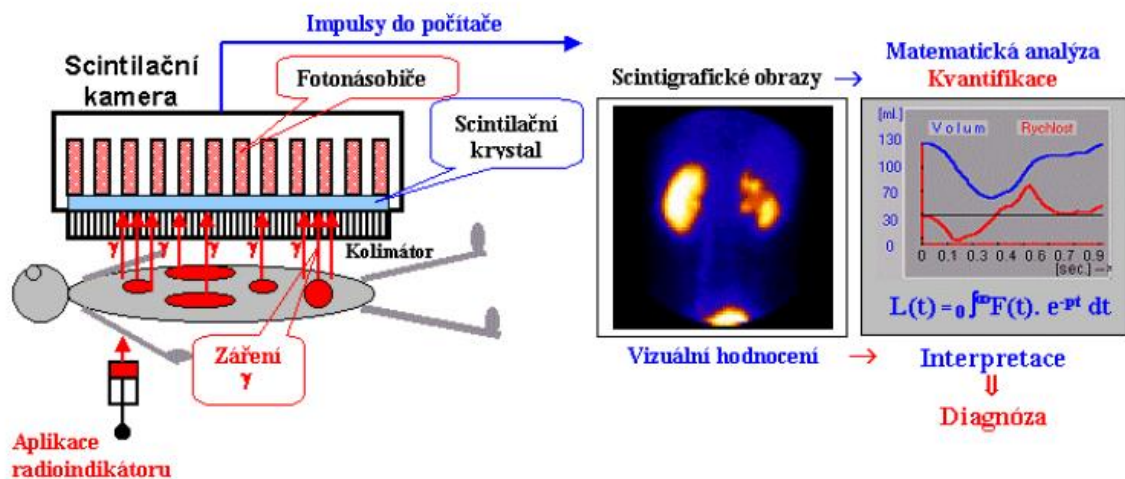
Scintigrafii skeletu provádíme třemi typy:

Planární scintigrafie: dvojrozměrné zobrazení skeletu

Celotělová scintigrafie: vyšetření celého skeletu

Tomografická scintigrafie (SPECT): zobrazení určitých částí skeletu

Třífázová scintigrafie: zobrazení distribuce radiofarmaka ve fázi perfuzní, tkáňové a pozdní



Obrázek 7 Snímání scintilační gama kamerou⁷

⁷ ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>

2.6.1 Radiofarmakum

Radiofarmakum jako molekula je složená ze dvou částí. První částí je vazebná část (farmakum), která má za úkol vázat se na buněčné struktury nebo tkáň. Farmakum je vybíráno dle svého šíření a chování v lidském těle. Druhá část je signální (radionuklid), ta nasedá na vazebnou část molekuly a informuje nás o poloze a množství v daném místě. Radionuklid se napojuje na vhodný nosič neboli farmakum.⁵

Pojmem radiofarmakum se v nukleární medicíně označuje léčivý přípravek obsahující radionuklid. Tyto látky jsou určeny k terapeutickým a diagnostickým účelům a jsou vpravovány do těla pacienta. Radiofarmaka patří do skupiny léčiv, kde je nutné splňovat dané požadavky, a to především při přípravě, manipulaci a výrobě.³

Pro zobrazení skeletu pomocí scintigrafie se využívá osteotropních radiofarmak na základě fosfátových komplexů, které jsou značeny metastabilním techneciem (^{99m}Tc). Metastabilní technecium je gama zářič o energii 140 keV a poločasem rozpadu 6 hodin.⁵

Radioizotop ^{99m}Tc získáme pomocí elučního generátoru molybden – technecium ($^{99}\text{Mo} - ^{99m}\text{Tc}$). Mateřskou složkou je zde molybden ve formě molybdenanu sodného a vysoce čistý oxid hlinitý. Poločas rozpadu molybdenanu sodného ^{99}Mo na technecium ^{99m}Tc je 66 hodin. Dceřiné technecium se vymývá z eluční kolony pomocí sterilního roztoku chloridu sodného (NaCl) do připravené sterilní a apyrogenní nádoby. Tímto postupem získáme technecium ve formě technecistanu sodného ($\text{Na } ^{99m}\text{TcO}_4$).³

Nejčastěji užívanými difosfonáty jsou $^{99m}\text{Tc} - \text{MDP}$ (methyldifosfonát) a $^{99m}\text{Tc} - \text{HDP}$ (hydroxymethyldifosfonát – oxidronát) podávané intra venózně a o aktivitě 300–740 MBq.³



Obrázek 8 Schéma molybden – techneciového generátoru⁸

⁸ KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012, 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.

2.6.2 Indikace k vyšetření

Hlavní indikací k vyšetření jsou nádorová onemocnění, která metastazují do skeletu. Jedná se o karcinomy prsů, prostaty a plic. Tímto vyšetřením se dají detekovat také primární maligní nádory skeletu, jako je osteosarkom, mnohočetný myelom nebo Ewingův sarkom. Z primárních benigních nádorů sem patří hemangiomy, cysty, fibrózní dysplazie, osteochondromy aj. Pomocí scintigrafie můžeme také diagnostikovat artritidu, osteomyelitidu, fraktury a posttraumatické změny. Další indikací může být avaskulární nekróza, různá metabolická kostní onemocnění nebo také zobrazování ortopedických protéz.²

2.6.3 Kontraindikace

Mezi kontraindikace je třeba zařadit období gravidity a laktace. Při scintigrafii se doporučuje přerušit kojení nejméně na 12 hodin. Další možnou kontraindikací je klaustrofobie, kterou lze však zmírnit seznámením pacienta s vyšetřovací místností a přístroji.²

2.7 Patologie

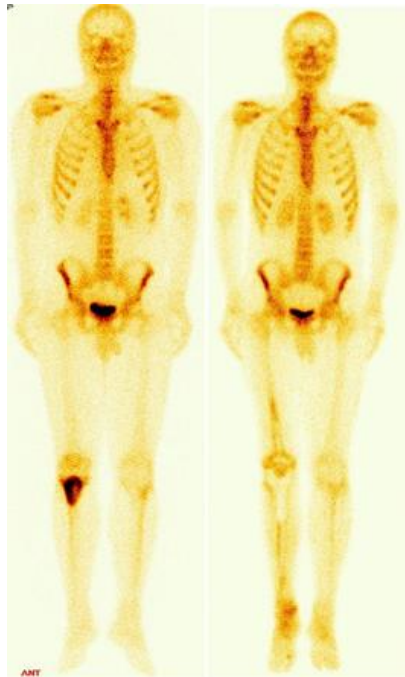
Zde jsou uvedena onemocnění, jež postihují skeletální systém.

2.7.1 Nádorová postižení skeletu

Primární kostní nádory

Skupinu kostních nádorů rozdělujeme na benigní a maligní. **Benigní nádory** bývají často detekovány náhodně, z důvodu složitějšího rozlišení. Osteogeneze těchto nádorů je nízká, též jejich prokrvení. Tuto skupinu tvoří chondromy, hemangiomy, enchondromy. Specifickým nádorem této skupiny je osteoidní osteom, který se vyznačuje vysokou osteoblastickou aktivitou a výrazným prokrvením.⁵

Maligní nádory nejčastěji tvoří osteogenní sarkom, který se vyskytuje v dlouhých kostech. Objevuje se u mladších pacientů a často metastazuje. Dalším typem je Ewingův sarkom, který se objevuje u mladých lidí, nejvíce se lokalizuje v dlouhých kostech. Zvláštním typem je mnohočetný myelom, který pochází z plazmatických buněk kostní dřeně. Tento nádor je unilokulární nebo multilokulární a manifestuje v páteři, kalvě, pánevních kostech a v žebrech.⁵

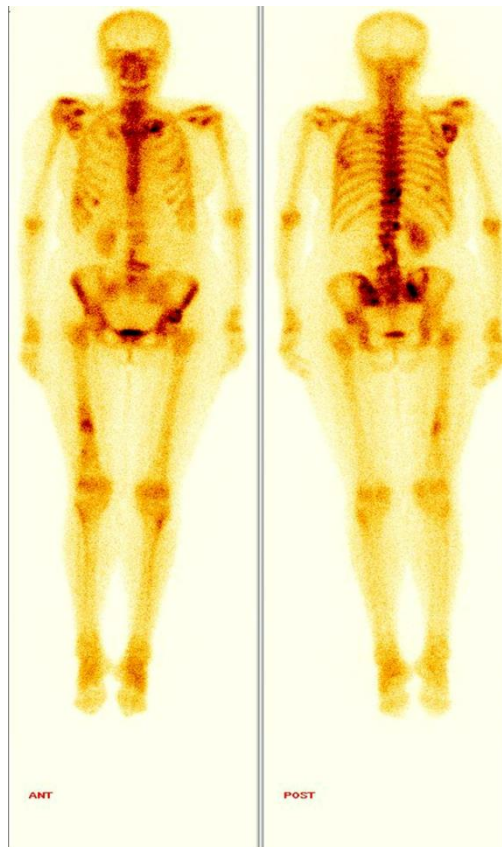


Obrázek 9 Ewingův sarkom. Na obrázku vpravo je pacient již po operaci⁹

⁹ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kosti* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

Sekundární kostní nádory

Do této skupiny řadíme kostní metastázy. Scintigrafie skeletu je právě důležitým vyšetření při detekci těchto metastáz. Díky této metodě je možné diagnostikovat sekundární nádory o mnoho dříve než při rentgenovém vyšetření. Lokalizace metastáz je nejčastější v axiálním skeletu, v kostech s vysokým obsahem kostní dřeně. Postižená ložiska vyznačují vysokou akumulaci radiofarmaka. Metastázy se dělí na **osteolytické**, mezi které patří karcinom štítné žlázy, dělohy, nadledvinky. Do skupiny **osteoplastických** metastáz patří karcinom prostaty, neuroblastom a meduloblastom. Posledním typem jsou **smíšené** metastázy, které vznikají při karcinomu prsu, plic, vaječníku, děložního čípku či varlete.⁵



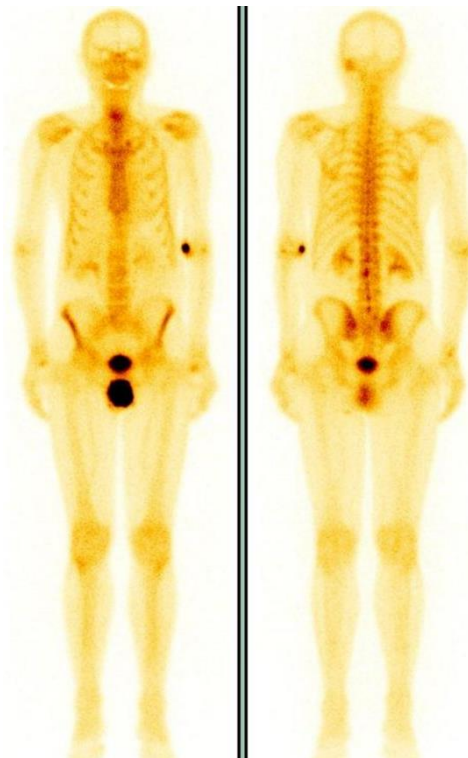
Obrázek 10 Smíšené kostní metastázy u karcinomu ledvin¹⁰

¹⁰ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kosti* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

2.7.2 Nenádorová postižení skeletu

Kostní infekce

Akutní osteomyelitida je způsobena infekcí, která se krevní cestou dostává až do kostní dřeně, kde následně poškozuje kostní tkáň. Scintigrafické vyšetření může odhalit akutní formu již za 24 až 48 hodin.⁵



Obrázek 11 Osteomyelitida skalní kosti. Pacient se zánětem středního ucha¹¹

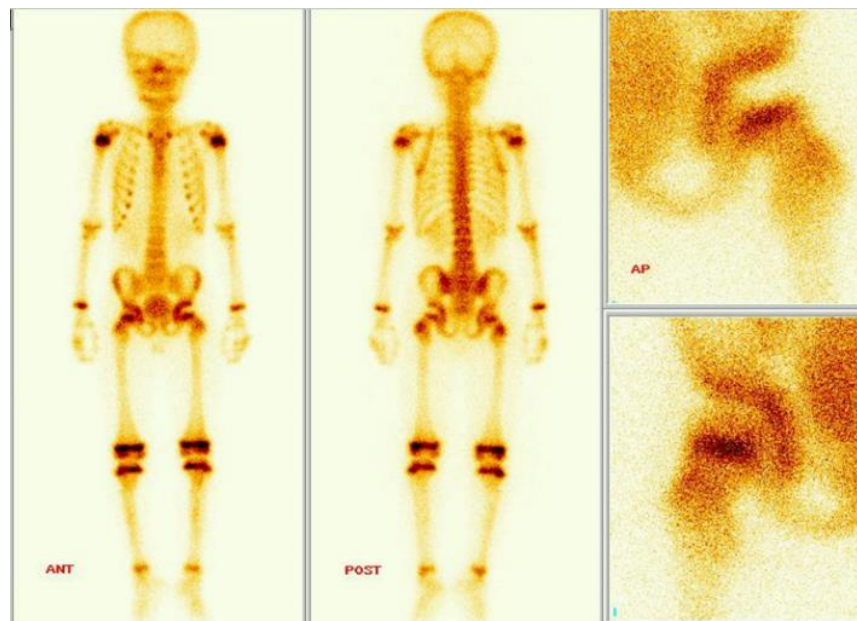
Fraktury a stresové fraktury

K diagnostice běžných zlomenin se užívá rentgenologické vyšetření, ale v určitých případech je vhodnější využít scintigrafického zobrazení. Zlomeniny drobnějších kůstek jako jsou os lunatum, os naviculare, kosti lebky, lopatky či žeber vykazují vysokou akumulaci radiofarmaka v místě poškození. Průkaz nově vzniklých fraktur je viditelný během 72 hodin od úrazu. Další skupinou jsou **stresové fraktury**, které se objevují u sportovců nebo lidí s příliš zatěžovanou částí těla. Do této skupiny se řadí i **syndrom týraného dítěte**. V tomto případě se na scintigramu zobrazí drobné hojící se zlomeniny.⁵

¹¹ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kostí* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

Avaskulární nekróza

„Tato porucha se vyskytuje nejčastěji v hlavě femuru a má mnoho příčin, včetně traumatu, určitých léků a systémových onemocnění.“ (7, str. 169) Na scintigramu bude nulová aktivita v avaskulární části kosti. Naopak fáze hojení se projeví aktivací osteoblastů a zvýšenou akumulací radiofarmaka. Nejčastějším projevem avaskulární nekrózy je **Legg-Perthesova choroba**, která se objevuje v dětském věku. Projevem tohoto onemocnění je kulhání a bolestivost kyčelního kloubu. Provádí se cílené scintigrafické snímky za pomoci kolimátoru pin hole.⁵



Obrázek 12 Perthesova choroba u 10letého chlapce. Fotopenické ložisko v hlavici levého femuru¹²

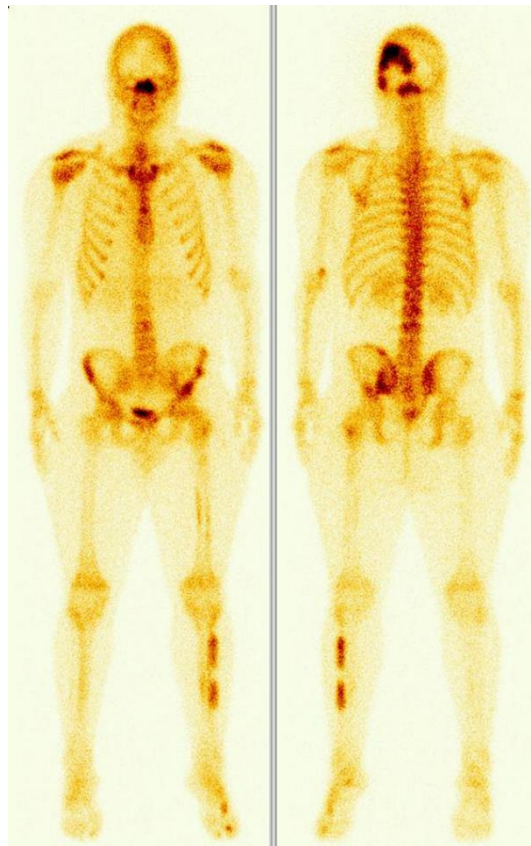
¹² DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kosti* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

Hypertrofická plicní osteoartropatie

Toto onemocnění se vyskytuje u plicních chorob jako je bronchogenní karcinom, tuberkulóza či emfyzém. Lokalizuje se v dlouhých kostech, ale také v lebce, lopatkách, klíční kosti.⁵

Fibrózní dysplazie

Fibrózní dysplazie se vyznačuje výraznější osteogenezí dlouhých kostí a vyšší prokrveností. Provádí se zde třífázová scintigrafie.⁵

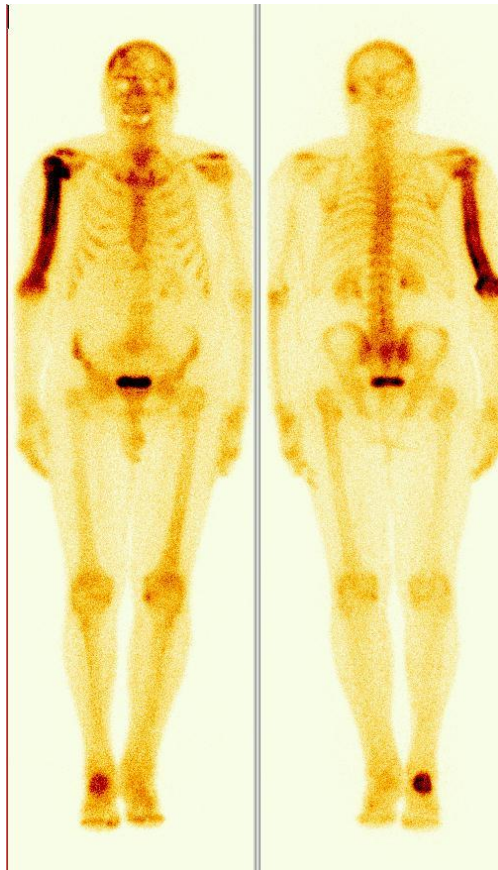


Obrázek 13 Fibrózní dysplázie u 16letého chlapce¹³

¹³ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kostí* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

Pagetova choroba

Onemocnění morbus Paget je nejasné příčiny. Na scintigramu se zobrazuje jako poškození s vysokou mírou osteogeneze.⁵ „Pagetova choroba se může objevit v jakékoliv kosti, ale nejčastěji se vyskytuje v pánvi, femuru, holenní kosti, páteři a lebce. V dlouhých kostech se proces rozšiřuje od kloubního povrchu do hřídle a má typickou náběhovou hranu ve tvaru plamene.“ (7, str. 162) Postižení je sledováno u pacientů starších 50 let.



Obrázek 14 Morbus Paget¹⁴

Onemocnění kloubů

K diagnostice kloubních onemocnění se nejčastěji využívá třífázová scintigrafie. Tato metoda dobře rozliší **artritidu** od **artrózy**, jelikož zvýšená aktivita je u artrózy značná jen ve třetí kostní fázi. Artritida je zánětlivé kloubní onemocnění, které způsobuje bolest, zduření či deformity

¹⁴ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kostí* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

kloubů. Na scintigramu bude zvýšená akumulace radiofarmaka ve všech fázích. **Synovitida** se naopak projeví zvýšenou aktivitou ve fázi první. Přítomnost vyššího množství kloubní tekutiny zapříčiňuje nižší intenzitu radiofarmaka ve fázi druhé (blood pool).⁵

Třífázová scintigrafie se dále využívá ke zjištění časných komplikací po implantaci endoprotéz. Může docházet k jejich prostému uvolnění (loosening). *“Femorální komponenty se v scintigrafickém obraze totální endoprotézy (TEP) kyčelního kloubu manifestuje jako okrouhlé ložisko zvýšené osteogeneze v oblasti distálního konce jejího dřívku.”* (5, str. 76) Dále po implantaci endoprotézy může docházet k infekci v jejím okolí. Za pomoci třífázové scintigrafie můžeme sledovat zvýšenou aktivitu ve všech třech fázích. Pro upřesnění výsledků je možné provést scintigrafii se značenými leukocyty nebo imunoscintigrafii.⁵



Obrázek 15 Revmatoidní artritida¹⁵

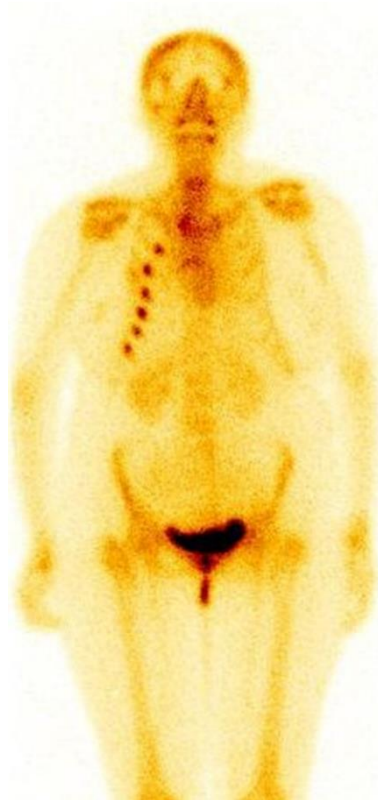
¹⁵ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kostí* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

Metabolické kostní poruchy

Nejčastějším metabolickým onemocněním je **osteoporóza**. „*Osteoporóza je charakterizována sníženou hustotou kostí a zvýšeným odstupňováním, nejčastěji u starších žen. Vertebální kompresní fraktury jsou charakteristickým znakem tohoto onemocnění.*“ (7, str. 156)

Generalizovaná osteoporóza je spojená s postklimakterickými změnami u žen, které jsou více náchylné k frakturám. Zlomeniny nejčastěji vznikají v oblasti předloktí, krčku stehenní kosti, či obratlů. Osteoporóza se na scintigramu objeví jako normální nález, ale ve fázi hojení je sledována zvýšená akumulace radiofarmaka.⁵

Onemocnění **osteomalacie** se projevuje při nedostatku vitamínu D.⁵ „*U této metabolické nemoci je kost špatně mineralizovaná a podléhá specifickým lézím, známým jako pseudofrakture. Ty se vyskytují typicky v žebrech, lopatkách, pánvi a proximální části femuru.*“ (7, str. 157)



Obrázek 16 Sériová zlomenina žeber při osteoporóze¹⁶

¹⁶ DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kosti* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktickou část jsem zpracovávala na základě informací získaných na oddělení nukleární medicíny, kde jsem absolvovala praxi.

V této části je popsán podrobný postup při vyšetření scintigrafie skeletu z pohledu radiologického asistenta.

V praktické části nejsou uvedeny žádné osobní údaje pacientů.

3.1 Příprava pacienta

Na toto vyšetření není nutné se nijak zvlášť připravovat. Před vyšetřením je pacient poučen o zvýšeném pitném režimu, který by měl dodržet z důvodu vylučování radiofarmaka močí. Od uplynulé doby od aplikace radiofarmaka je pacient vyzván radiologickým asistentem, aby si zašel na toaletu a vyprázdnil tak močový měchýř. Naplněný močový měchýř by při vyšetřování akumuloval příliš velké množství radiofarmaka a výsledný obraz by pak mohl být špatně čitelný. Dále je pacient pozván do vyšetřovny, kde ho radiologický asistent požádá o sejmutí všech kovových prvků (pásek, náušnice, náramky, aj.), které by způsobovaly artefakty.

3.2 Vlastní vyšetření

Ráno v den vyšetření se v digestoři vyrobené ze stínícího materiálu připravuje radiofarmakum, které si radiologický asistent o příslušné aktivitě natáhne do injekční stříkačky. Pacient přichází v ranních hodinách na oddělení nukleární medicíny, kde jsou zkontrolovány jeho osobní údaje, zjišťujeme, zda není alergický, neprodělal v minulosti nějaké zlomeniny či úraz. U žen v reprodukčním věku zjišťujeme, zda není přítomno těhotenství.



Obrázek 17 Digestor¹⁷

¹⁷ Foto autor

Dále je informován o tom, že po aplikaci radiofarmaka se stává zdrojem ionizujícího záření, tudíž by se neměl zdržovat v okolí malých dětí a těhotných žen. Také bychom měli připomenout, aby dodržoval zvýšený pitný režim, který je důležitý z důvodu snížení radiační zátěže. Nakonec pacient obdrží informovaný souhlas „Souhlas pacienta/tky – zákonného zástupce s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gama kameře“ (Příloha A). Na základě indikovaného vyšetření se provádí celotělová, třífázová, nebo planární scintigrafie.

Celotělová scintigrafie

V aplikační místnosti si radiologický asistent připraví pomůcky k aplikaci radiofarmaka. Patří sem rukavice, škrtidlo, dezinfekce, sterilní čtverce, náplast a stříkačka s nataženým radiofarmakem ^{99}Tc – medronát o aktivitě 800MBq. Stříkačka s radiofarmakem je uložena do olověného krytu pro odstínění ionizujícího záření. Během aplikace je radiologický asistent nápomocen aplikujícímu lékaři. Informace o času, způsobu a místě vpichu zaznamená radiologický asistent do informovaného souhlasu (Příloha B).



Obrázek 18 Aplikační pomůcky¹⁸

Za 2 hodiny po aplikaci je pacient vyzván, aby si zašel na toaletu. Radiologický asistent si zadá do počítače údaje o pacientovi – jméno, příjmení, rodné číslo, pohlaví a zvolí příslušný protokol o vyšetření. Na vyšetřovací lůžko připraví čistý papír pod pacienta a polštářek pod hlavu. Poté pozveme pacienta na vyšetřovnu, ukážeme mu, kde si má sundat boty a odložit všechny kovové věci i náhrady (zubní, prsní, aj.). Pacienta požádáme, aby se položil na lůžko tak, aby nohy

¹⁸ Foto autor

směřovaly směrem do gantry. Pomocí metru, který je součástí lůžka, se asistent ujistí, že na vzniklém scintigramu bude zobrazen celý skelet.



Obrázek 19 Uložení pacienta¹⁹

Vyšetření probíhá z přední a zadní projekce. Parametry pro vyšetření jsou předem přednastavené v počítači, rychlost stolu se pohybuje okolo 12-20 cm/min a zvolenou maticí by měla být 256 x 1024. Nastavit bychom měli funkci body contouring, která zajistí co nejbližší opis těla detektorem. Délka vyšetření je 15 minut. Lékař může pro detailnější zobrazení vyžadovat doplnit vyšetření o SPECT nebo SPECT/CT. Vyšetření se provádí jen na požadovanou oblast. Zde se nastavuje 2 x 60 nebo 2 x 30 obrázků s posunem detektorů o 3 až 6°. Nastavení matice je 128 x 128. Opět zvolíme funkci body contouring. Po skončení vyšetření radiologický asistent připomene pacientovi dodržování zvýšeného pitného režimu z důvodu snížení radiační zátěže. Poté se pacient oblékne a odchází domů.

Třífázová scintigrafie

Pacient je vyzván radiologickým asistentem do vyšetřovny, aby si sundal boty a odložil všechny věci s kovovými prvky. Asistent si v počítači vyplní jméno, příjmení, rodné číslo, pohlaví a zvolí protokol pro třífázovou scintigrafii. Nastavení matice je 128 x 128 a rychlost 4 sekundy na 1 scintigram. Poté požádá pacienta, aby se položil na záda tak, aby nohy směřovaly do

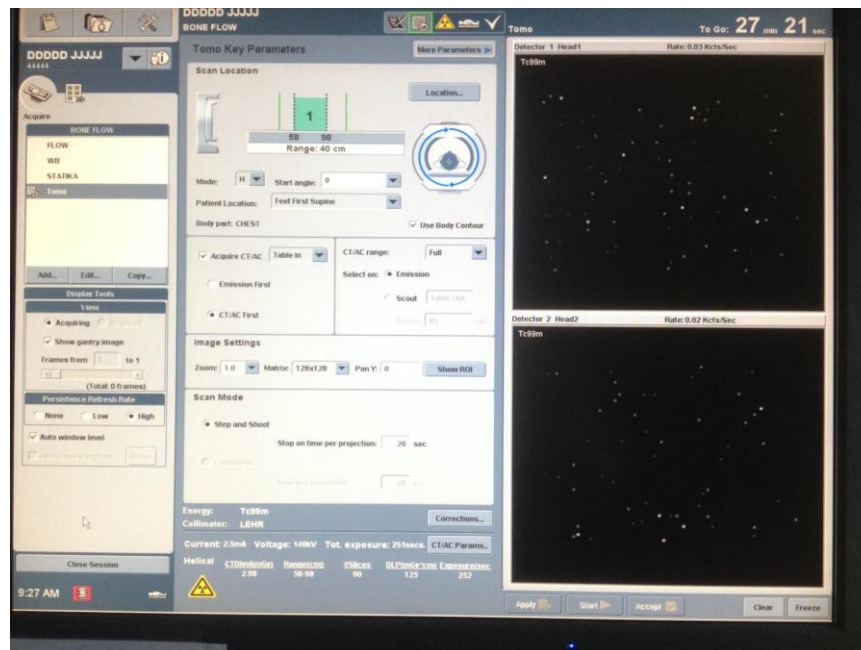
¹⁹ Foto autor

gantry. Radiologický asistent zajede s pacientem do pozice, ve které začíná snímání skeletu. V tuto chvíli dochází k aplikaci radiofarmaka lékařem. Bezprostředně po aplikaci dochází ke snímání v perfuzní fázi, ve které se zobrazuje průtok krve. Z této fáze získáváme několik obrázků, jedná se tedy o dynamickou scintigrafii. Snímání trvá 2–3 minuty. Následně nastupuje fáze tkáňová, ve které sledujeme přesun radiofarmaka z krve do kostí. Tento jev probíhá za 3–5 minut po aplikaci. Nastavení matice je 256 x 256. Délka trvání této fáze je 5–10 minut. Poslední fáze se provádí až za 2 hodiny po aplikaci radiofarmaka a vyšetřuje se vybraná oblast nebo celé tělo. Radiofarmakum je již plně akumulováno v kostech. Je možné vyšetření doplnit o SPECT nebo SPECT/CT.



Obrázek 20 Třífázová scintigrafie cílená na lokty²⁰

²⁰ Foto autor



Obrázek 21 Vyšetřovací protokol²¹

Cílené planární scintigramy

Jedná se o vyšetření na určitou část těla. Snímky jsou vytvářeny z přední a zadní projekce. Radiologický asistent zvolí matici 256 x 256 a detektory přiblíží co nejvíce k tělu pacienta. Délka trvání vyšetření je 5–10 minut. Vyšetření lze doplnit o SPECT či SPECT/CT.

3.3 Zdroje chyb při vyšetření

Při scintigrafickém vyšetření mohou vznikat chyby stejně tak, jako při jiných zobrazovacích metodách. Vzniknout může mnoho různých vad, které negativně ovlivňují výsledný obraz. Pokud radiologický asistent nedostatečně poučí pacienta o sejmutí všech kovových věcí, objeví se na scintigramu artefakty. Dalšími častými zdroji chyb je neklid pacienta, kontaminace kůže či oděvu radioaktivní močí nebo příliš velká vzdálenost mezi pacientem a detektory.

3.4 Výsledky vyšetření

Za normální nález se považuje akumulace radiofarmaka v oblasti axiálního skeletu, kloubů a dobře viditelné může být sternum.

Za patologická ložiska se považují místa se zvýšenou akumulací radiofarmaka, nebo také místa, která radiofarmakum běžně neakumulují.

²¹ Foto autor

4 DISKUZE

Na tomto místě bych se ráda zastavila u několika důležitých bodů. Metodu scintigrafie je nutno porovnat s metodou skiografie. Použitím skiografie získáme rentgenové snímky, které nám zobrazí anatomii vyšetřované části těla, avšak při zvolení scintigrafie se dozvíme informace i o funkci tkáně. U mnoha onemocnění je velmi důležitá právě funkce, nikoli anatomie dané tkáně. Dále nám scintigrafie odhalí případné patologie mnohem dříve než samotný rentgenový snímek. Myslím si, že metoda scintigrafie si drží první místo v diagnostice onemocnění skeletu.

V teoretické části jsem zmínila radiační ochranu, která je velmi důležitou součástí při práci na oddělení nukleární medicíny. Povinností radiologického asistenta by mělo být dodržování pravidel radiační ochrany třemi způsoby. Patří sem ochrana časem, stíněním a vzdáleností. V praxi se často stává, že pacienti přistupují velmi blízko k personálu, jelikož si neuvědomují, že právě oni jsou zdrojem ionizujícího záření, i přesto, že jsou řádně poučeni zdravotnickým personálem. Za své praxe jsem se ale také setkala s tím, že sám radiologický asistent se někdy zdržoval zbytečně dlouhou dobu v přítomnosti pacienta. Myslím si, že by zdravotnický personál měl více dbát na radiační ochranu, a to ve vlastním zájmu.

V praktické části jsem se věnovala samotnému vyšetření scintigrafie skeletu, jeho přípravě a průběhu. Smyslem praktické části je popsat práci radiologického asistenta při tomto vyšetření. Během praxe jsem došla k poznatku, že radiologický asistent plní nezastupitelnou roli na oddělení nukleární medicíny. Jeho úkolem je provést vyšetření co nejlépe a být pravou rukou lékaře.

Vyšetření by mělo vždy probíhat podle podmínek, které jsou podrobně popsány v národních radiologických standardech. Existují národní radiologické standardy pro nukleární medicínu, které jsou doporučené. Vydává je ministerstvo zdravotnictví formou věstníku a pravidelně je aktualizuje. Součástí národních radiologických standardů jsou doporučené diagnostické referenční úrovně pro dané RF a druh vyšetření pro standardního pacienta. Dále je tam tabulka pro přepočítání na jinou hmotnost (např. dítě, velký pacient.). V NM jsou referenčními úrovněmi hodnoty aplikované aktivity radiofarmaka. Každé pracoviště dle atomového zákona musí mít utvořené svoje místní radiologické standardy, které obsahují místní radiologické referenční úrovně. Ty závisí na druhu přístroje, který se na pracovišti používá, jsou vytvořeny tzv. na míru danému zobrazovacímu přístroji. Měly by být nejvýše rovny těm národním, tedy doporučeným, ale v odůvodněných případech mohou být vyšší. Ale to se pak řeší při kontrolách SÚJBu a SÚKLu. Každý rok se také musí provádět revize místních diagnostických referenčních úrovní.

Oddělení nukleární medicíny, kde jsem vykonávala svou praxi, provádělo scintigrafické vyšetření dle místních radiologických standardů, které se ale jen mírně lišily od národních.

O tom, jak bude scintigrafické vyšetření probíhat rozhoduje lékař. Každý pacient má jiný nález, a proto je důležitý individuální přístup.

Během praxe jsem se setkala se spoustou vyšetření skeletu. Nejčastěji indikovaným vyšetřením byla celotělová scintigrafie skeletu kvůli kostním metastázám vzniklých při nádorových onemocnění. Dalším častým vyšetřením byla třífázová scintigrafie.

5 ZÁVĚR

Onemocnění, která postihují skeletální systém stále přibývají. U starších lidí je častou diagnózou artritida a artróza. Dalším běžným onemocněním je osteoporóza, která postihuje především ženy ve vyšším věku. Po implantaci umělého kloubu mohou mít pacienti problém s jeho uvolněním. Nezbytným krokem je včasná diagnostika těchto onemocnění. Scintigrafická vyšetření i ve spojení se SPECT/CT jsou nezastupitelnou metodou v diagnostice onemocnění skeletu.

Ve své bakalářské práci jsem popsala fyzikální pojmy užívané v oboru nukleární medicíny. Též jsem se zaměřila na přístrojovou techniku, která je nezbytnou součástí při provedení vyšetření. Popsána tu je radiační ochrana pracovníků, limity a monitorování a kategorizace pracoviště. Další kapitola se zabývá výrobou a využitím radiofarmak. Také je zde popsána anatomie skeletu a samotná scintigrafie skeletu. V poslední kapitole teoretické části se zaměřuji na patologii skeletu.

V praktické části je popsána příprava pacienta a provedení scintigrafického vyšetření. Je zde popsáno, jak důležitá je úloha radiologického asistenta při vyšetření. Výsledná kvalita provedeného vyšetření je závislá na šikovnosti a znalostech radiologického asistenta.

K vypracování bakalářské práce jsem použila především odbornou literaturu a informace ze školy. Dále jsem získala velmi cenné informace od radiologických asistentů z oddělení nukleární medicíny. Doufám, že obsah mé práce bude užitečný pro každého, kdo se bude chtít něco dozvědět o scintigrafii skeletu.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s. Skripta. ISBN 978-80-244-2350-0.
2. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.
3. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012, 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.
4. KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018, 304 s. ISBN 978-80-271-0168-9.
5. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína: učební text*. 6. přepracované vydání, (v Nakladatelství P3K vydání druhé). V Praze: P3K, 2015, 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.
6. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2015, xii, 416 s. ISBN 978-80-7492-206-0.
7. SHARP, Peter F., Howard G. GEMMELL a Alison D. MURRAY. *Practical Nuclear Medicine*. 3rd edition. London: Springer, 2005, 361 s. ISBN 978-1-85233-875-6.
8. SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2018, 273 s. ISBN 978-80-271-0709-4.
9. ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.
10. VLČEK, Petr. *Praktická cvičení z nukleární medicíny*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2010, 187 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-1819-7.

Internetové zdroje

11. Akutní nemoc z ozáření. *Lucie Sůkupová* [online]. 2013 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/akutni-nemoc-z-ozareni/>
12. ČESKO. Zákon č. 96/2004 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 3. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96>

13. MUDr. Zbyněk Mlčoch [online]. 2009 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/anatomie-lidske-telo/kostra-cloveka-s-popisem-obrazek-anatomie-anatomicke-udaje-a-pocet-kosti>
14. ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika: Radioisotopová scintigrafie* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>
15. DOLEŽAL, Jiří. *NM – Kosti* [online]. 2017, 16. 9. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

7 PŘÍLOHY

Příloha A Informovaný souhlas – přední strana.....54

Příloha B Informovaný souhlas – zadní strana.....55



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové - Nový Hradec Králové
Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906
Oddělení nukleární medicíny - 6681
Tel.: 495 832 337

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

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: **Pojišťovna:**

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

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

Plánovaný výkon: **Scintigrafie skeletu**

Radiofarmakum: ^{99m}Tc -oxidronát

Vážená paní, vážený pane,

na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař scintigrafické vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na gamakameře po předchozí aplikaci radiofarmaka (léku označeného radioaktivním izotopem), obvykle nitrozilní. Zobrazení záchytu radiofarmaka umožňuje posoudit stav orgánů, přítomnost patologických ložisek apod.. Dle potřeby je scintigrafie doplněna nízkodávkovým CT. Interval mezi aplikací a vyšetřením závisí na typu výkonu. Vyšetření způsobuje nevelkou radiační zátěž organismu.

Nežádoucí vedlejší účinky (alergické reakce) se po aplikaci radiofarmak vyskytují zcela ojediněle. Pokud by se objevily po odchodu z našeho oddělení, obraťte se na svého ošetřujícího lékaře nebo pohotovost v místě bydliště, event. na Oddělení urgentní medicíny FN HK (495834120 nebo 495834130).

Před vyšetřením sdělte případné alergie v minulosti, u žen v reprodukčním věku těhotenství, podezření na těhotenství, kojení.

V den vyšetření je doporučen zvýšený příjem tekutin. Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Po celý den vyšetření, je třeba omezit kontakt s malými dětmi a těhotnými ženami.

Podrobnější dotazy Vám ochotně zodpoví lékař aplikující radiofarmakum nebo jiný lékař oddělení.

Byl/a jsem srozumitelně seznámen/a s průběhem vyšetření. Byly mi zodpovězeny všechny mé otázky, a to srozumitelně, včetně všech rizik či komplikací.

Prohlašuji, že jsem lékařům nezamlčel/a žádné údaje o svém zdravotním stavu (včetně alergií), mně známé, které by mohly nepříznivě ovlivnit průběh vyšetření. Současně prohlašuji, že v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

Souhlasím s plánovaným vyšetřením dne: v hodin

Podpis:

Aplikace radiofarmaka

Čas:

Způsob: i.v. s.c. jiný:

Místo: kubitální žíla vpravo vlevo

 předloktí vpravo vlevo

 dorsum ruky vpravo vlevo

 dorsum nohy vpravo vlevo

 jiné

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

Alergie:

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

– jmenovka a podpis:

Vyšetření provedl/a: