



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Přínos SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

STUDIJNÍ PROGRAM:

SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ

Autor: Karolína Holubová

Vedoucí práce: MUDr. Ladislav Šabata

České Budějovice 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „**Přínos SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu**“ jsem vypracoval(a) samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3.5. 2021

.....

Karolína Holubová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala své rodině za podporu, svému partnerovi a svým přátelům. Dále bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce panu MUDr. Ladislavu Šabatovi za odborné vedení, čas, příjemnou spolupráci a poskytnutí cenných rad při tvorbě mé bakalářské práce.

Přínos SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním dvou hlavních vyšetřovacích metod v nukleární medicíně, tím je SPECT a celotělová scintigrafie skeletu. Při celotělové scintigrafii skeletu může docházet v různé hloubce k překrytím struktur a tím pádem nejsou zjistitelné, zatímco při SPECT se tyto struktury zobrazí odděleně, zpřesní se anatomická orientace, a navíc se zvýší kontrast ložisek.

Zkušenost ukazuje, že řada ložisek, které jsou ve skeletu velmi dobře poznatelné na SPECT, nemusí být na planárním snímku vůbec detekované nebo jsou špatně anatomicky definované.

V této práci je položena jedna výzkumná otázka: „V jakém procentu přinesl SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu nová zjištění?“. Stanovený cíl byl naplněn a výzkumná otázka byla zodpovězena.

Na výzkum jsou použity anonymní snímky pacientů s vyšetřením SPECT a celotělové scintigrafie skeletu, pro porovnání nálezů z oddělení Nukleární medicíny v Nemocnici České Budějovice.

Klíčová slova

Celotělová scintigrafie skeletu; SPECT; nukleární medicína; výhody

Contribution of SPECT against whole body bone scintigraphy

Abstract

This bachelor thesis compares two of the main examination methods in nuclear medicine, which are SPECT and the whole body scintigraphy of the skeleton. At the whole body scintigraphy of the skeleton, some structures may overlap at different depths and thus they are not detectable. Whereas with SPECT these structures are displayed separately, their anatomical orientation is refined and the contrast of the focuses is increased.

Experience shows, that number of pathological focuses, which are very well recognisable in the skeleton on the SPECT, may not be detected whatsoever or are poorly anatomically defined on the scintigraphic planar image.

One research question is asked in this work: „In what percentage did SPECT brings new findings compared to the whole-body skeletal scintigraphy?“ The given goal was fulfilled and the reasearch question was answerd.

Images of anonymous patients with SPECT examination and whole-body scintigraphy of skeleton are used for the research, to compare the findings from the department of nuclear medicine at the hospital of České Budějovice.

Key words

Whole-body bone scintigraphy, SPECT, Nuclear medicine, advantages

Obsah

Úvod.....	8
1. Teoretická část	9
1.1 Anatomie skeletu.....	9
1.2 Stavba kostí	10
1.2.1 Růst kosti v dětství a dospělosti	11
1.2.2 Obecná stavba kostních spojů.....	12
1.2.3 Lebka (cranium).....	12
1.2.4 Osová kostra (skelet).....	12
1.2.5 Kostí horní a dolní končetiny.....	13
1.3 Biologické účinky ionizujícího záření	14
1.3.1 Radiační ochrana	14
1.4 Radiofarmaka	17
1.5 Detekce záření a scintigrafie.....	18
1.5.1 Přístroje pro měření in vitro a in vivo	18
1.5.2 Scintilační detektor	18
1.5.3 Scintilační kamera a SPECT kamera.....	19
1.5.4 Rozdíly mezi radiodiagnostickým a radionuklidovým vyšetřením	20
1.5.5 Kontrola kvality přístrojové techniky	21
1.5.6 Kontrola kvality prováděná RA	22
1.6 Záznam a zpracování obrazů	23
1.6.1 Digitální obraz.....	23
1.7 Princip scintigrafie skeletu.....	23
1.7.1 Patologické procesy vyšetřované u scintigrafie skeletu	24
1.7.2 Nádor	25

1.7.3	Benigní nádory	25
1.7.4	Maligní nádory	26
1.7.5	Celotělová scintigrafie skeletu a SPECT.....	26
1.7.6	Příprava pacienta	27
1.7.7	Průběh vyšetření a prevence chyb snímání	28
2.	Cíl práce a výzkumná otázka	30
2.1	Cíl práce	30
2.2	Výzkumná otázka	30
3.	Metodika	31
3.1	Počítačové zpracování	34
4.	Výsledky	35
	Diskuse.....	52
	Závěr	54
	Seznam použité literatury	55
	Seznam příloh a obrázků.....	58
	Seznam zkratk	59

Úvod

Scintigrafie skeletu je druhou z nejčastěji používaných metod nukleární medicíny u nás (nejpoužívanější metoda je PET). Pro srovnání v roce 2016 bylo provedeno 1472 vyšetření pomocí celotělové scintigrafie skeletu na ONM v Českých Budějovicích, a k porovnání v roce 2020, bylo provedeno jen 1059 těchto vyšetření. A pro srovnání SPECT vyšetření v roce 2016 bylo provedeno 823, a v roce 2020 bylo provedeno 751 vyšetření na ONM v Českých Budějovicích. Lze tedy konstatovat, že dochází k poklesu využití obou vyšetření jak SPECT tak celotělové scintigrafie skeletu. (NZIS, 2019)

Téma mé bakalářské práce se zajímá o přínos SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu, toto téma jsem si vybrala, protože si myslím, že je tato problematika velice zajímavá a aktuální. Zároveň jsem se chtěla o této problematice dozvědět více a obohatit tak své znalosti. Bakalářská práce se dělí na dvě části, teoretickou část a výzkumnou část.

Celotělová scintigrafie nám umožňuje planární zobrazení patologických procesů v kostech, jež nám umožní nálezy patologických procesů jako jsou nádorová ložiska, metastázy, záněty a podobně. Při celotělové scintigrafii, ale dochází u planárních snímků k sumaci struktur anebo ke špatné detekci a identifikaci ložisek, proto se vyšetření doplňuje o SPECT (Single photon emission computed tomography) na oblast našeho zájmu (v mé práci na pokyn vedoucího práce jsem hodnotila SPECT trupu, z důvodu složitosti hodnocení ostatních struktur jako lebka, končetiny), které zobrazí objekt trojrozměrně. (Šabata, 2019)

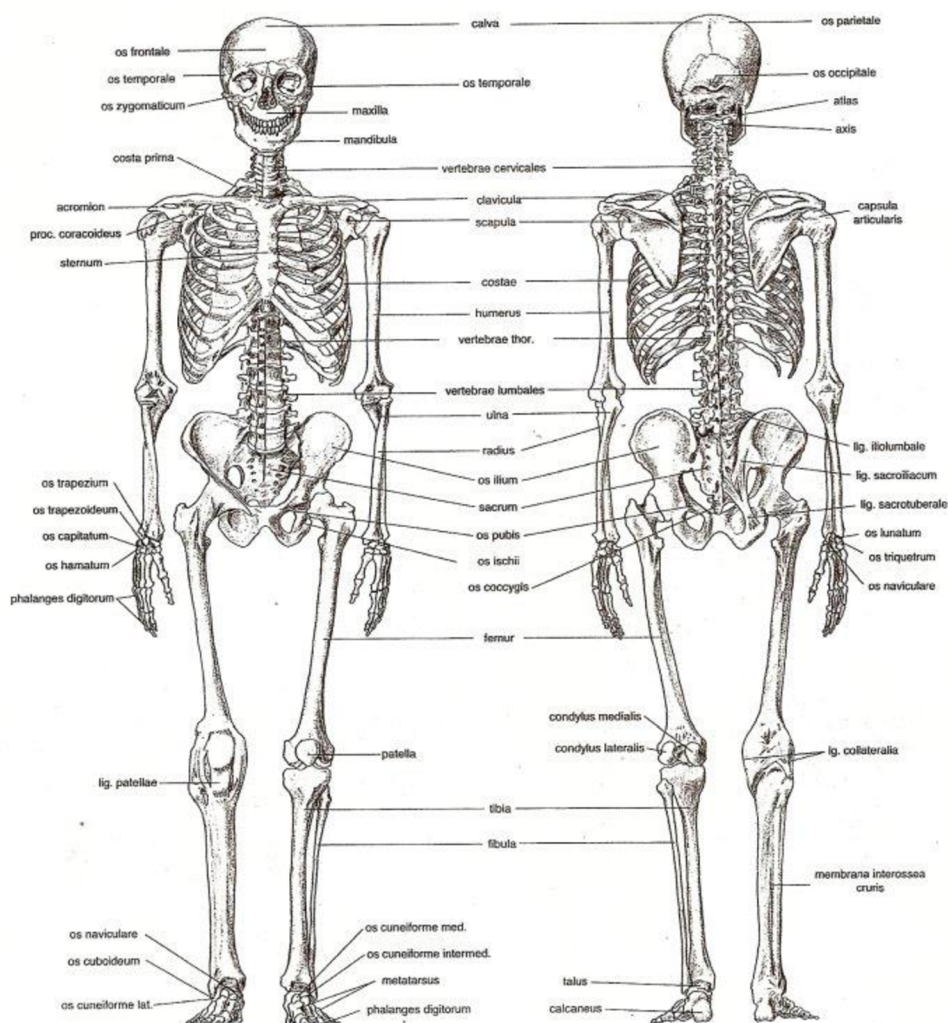
Nejčastěji aplikovanými radiofarmaky při vyšetření pomocí planární scintigrafie skeletu a SPECT v nukleární medicíně u nás jsou ^{99m}Tc -MDP, případně ^{99m}Tc -HDP, množství aplikovaného radiofarmaka se určuje podle hmotnostních tabulek. Celotělový záznam se provede od času aplikace za 2-3 hodiny, aby došlo k vychytání radiofarmaka v kostech oproti pozadí. (Ullmann, 2020)

Scintigrafie skeletu je nejčastěji indikována k detekci nádorového postižení, nenádorového onemocnění, nebo dále k etiologii kostních lézí a bolestivosti kostí. (Kubinyi, 2021)

1. Teoretická část

1.1 Anatomie skeletu

Kostra tvoří pevnou konstrukci lidského těla, jenž chrání určité orgány, jako například mozek. Na kostru se upínají příčně pruhované svaly a prostřednictvím nich je možný pohyb kostí. Průměrná lidskou kostru tvoří 206 kostí. Tvoří jí kostra lebky, kostra trupu a kostra horní a dolní končetiny. (Naňka et al., 2015, Parker, 2016)



Obrázek 1: kostra člověka

(Zdroj: M. Langfelnerová, 2019 [online])

1.2 Stavba kostí

Kost tvoří kostní buňky, vlákna a mezibuněčná hmota (osteocyty, osteoblasty, osteoklasty). Kostra těla má funkci opornou a protektivní. Rozlišujeme dlouhé, krátké, nepravidelné a ploché kosti. Každá kost je tvořena třemi stavebními složkami, na povrchu se nachází periost (okostice), což je silná vrstva vaziva nerovnoměrné tloušťky, která pokrývá celou kostní tkáň s výjimkou kloubních konců, druhou složkou kosti je kostní tkáň, kterou tvoří kompakta a spongióza. A třetí poslední složkou kosti je kostní dřev (medulla ossium) vyplňující prostory mezi trámci spongiózní kosti. (Dylevský, 2006)

Okostice je hodně prokrvená a obsahuje senzitivní nervy. Cévy periostu vyživují kost. Další složkou kosti je kostní tkáň, kterou tvoří kompakta a spongióza. Různorodá kompakta tvoří povrch kosti. Jejimi architektonickými jednotkami jsou kostní lamely, které zajišťují pružnost a cévní zásobení kosti. Uvnitř kosti je spongióza, která je zejména v kloubních koncích. Skládá se z kostních trámů, které jsou uspořádány poměrně nesouvisle, z důvodu různorodého zatížení kosti. (Naňka, et al., 2015)

Další složkou kosti je kostní dřev (medulla ossium) vyplňující prostory mezi trámci spongiózní kosti. Po narození se u člověka tvoří krvetvorná červená kostní dřev (medulla ossium rubra), která je přítomna téměř ve všech kostech. S přibývajícím věkem je nahrazována žlutou, nebo-li tukovou kostní dřeví (medulla ossium flava) a krvetvorba se zachovává pouze v krátkých a plochých kostech. V pozdním věku vzniká šedá kostní dřev (medulla ossium grisea) ze žluté dřevě, což je způsobeno ztrátou tuku. (Dylevský, 2006)

Kosti se vyvíjejí z vazivového nebo chrupavčitého modelu procesem, který nazýváme osifikace. Tvoří-li se kostní tkáň na podkladě vazivového modelu, jde o dezmozogenní osifikaci, ale když se tvoří z chrupavčitého modelu, jde o enchondrální osifikaci. U obou typů osifikací nejdříve proběhne primární osifikace kosti, při které je chrupavčitý nebo vazivový model nahrazen fibrilární kostí. Poté následuje sekundární osifikace kosti, v jejímž průběhu se formuje typický tvar, ale především se změní vnitřní struktura kosti (vznik kosti lamelární). (Dylevský, 2000)

1.2.1 Růst kostí v dětství a dospělosti

Růst je složitý biologický proces, díky kterému dochází během našeho života k neustálé přestavbě kostí. Růstové procesy jsou řízeny hormonálně. Jak kosti osifikují, tak vznikají osifikační jádra, podle kterých určujeme kostní věk. Kostní věk používáme k porovnání vývoje a růstu u dítěte. Osifikační jádra lze zobrazit na rentgenových snímcích anebo ultrazvukem, nejčastěji se k orientaci kostního věku používá snímek zápěstí, protože obsahuje velký počet osifikačních jader. Kost roste takzvanou apozicí, což znamená, že její buňky se nedělí jako u ostatních tkání, ale přikládá se nová tkáň k té starší. Díky tomu dochází k neustálé přestavbě kostí. Růst kostí do délky je umožněn růstovými chrupavkami (fýza), které se nachází mezi epifýzou a diafýzou. Dlouhé kosti končetin mají dvě růstové chrupavky, ploché a krátké kosti mají pak už jen jednu růstovou chrupavku. Růst kosti do šířky je naopak zajištěn apozicí z hlubokých vrstev periostu a endostu. Aby byl zachován tvar a proporce rostoucí kosti, tak dochází k jejímu odbourávání (resorpce) kosti, přičemž dochází k její celkové remodelaci. (Naňka, et al., 2015)

Faktory ovlivňující růst kosti dělíme do dvou skupin na vnitřní a zevní faktory. Vnitřní faktory jsou ovlivněny genetickými informacemi obsažených v genomu chondrocytů, chondroblastů a fibroblastů. Nutritivní a hormonální vlivy, taktéž i mechanické vlivy ovlivňují zevní faktory. Důsledkem poškození fýz může dojít k různým poruchám růstu kostí. Zvyšování tlaku na růstové chrupavky může zapříčinit omezení nebo až zastavení růstu kostí, a naopak snížení tlaku může vést k rychlejšímu růstu kostí. Je dobré v období růstu, vyvíjet tlak, ale nepřetěžovat se (atletika, balet, sport). (Naňka, et al., 2015, Bhargava, 2005)

Mezi nejčastější metabolické kostní poruchy patří osteoporóza (až 10% populace může trpět různým typem osteoporózy, především bývají postižené ženy od 50 roku života po menopauze, kdy dochází k hormonální nerovnováze), osteomalacie, pagetova choroba. Osteoporóza patří mezi ty nejčastější kostní onemocnění, je charakterizovaná úbytkem kostní hmoty v důsledku zvýšeného odbourávání, které převažuje nad novotvorbou kosti. Generalizovaná osteoporóza je nejčastějším onemocněním u starších osob, hlavně u žen po klimakteriu. Osteoporotičtí pacienti mají vyšší sklon k frakturám kostí, nejčastěji krček femuru, kompresivní fraktury obratlů. Lokalizovaná osteoporóza vznikne u

imobilních pacientů. Osteomalacie vznikne důsledkem špatné mineralizace, množství osteoidu je zachováno. Osteomalacie má mnoho příčin, jejichž společným znakem je deficit vitamínu D. Nejčastěji mohou vzniknout kostní deformity, fraktury. (Dylevský, 2006; Kupka et al., 2007)

1.2.2 Obecná stavba kostních spojů

Kosti jsou vzájemně spojené vazivem, chrupavčitou tkání nebo kostní tkání, podle toho rozlišujeme syndesmózy, synchondrózy, synostózy (nepohyblivá kostní spojení). Pohyblivé spojení dvou anebo více kostí s vytvořeným pouzdem a dutinou mezi nimi se nazývá kloub (articulus). Podle umístění a pohyblivosti dělíme kostní spojení na několik typů, jako jsou lebeční švy, páteřní spoje, končetinové spoje. (Naňka, et al., 2015)

1.2.3 Lebka (cranium)

Lebka se dělí na dvě části, na část mozkovou (neurocranium) a obličejovou (splanchnocranium), dohromady lebku tvoří 22 kostí. Neurocranium obaluje a chrání mozek a splanchnocranium je zase kostěnou oporou obličeje. Neurocranium se skládá z kosti týlní (os occipitale, která tvoří celý zadní oddíl lebky), spánkové (os temporale), klínové (os sphenoidale, tvoří střední část lebeční spodiny), čichové (os ethmoidale), čelní (os frontale) a kosti temenní (os parietale). Splanchnocranium tvoří horní (maxila) a dolní čelist je podkovovitá silná kost (mandibula), kosti lícni vytváří společně s kostí spánkovou jařmový oblouk (os zygomaticum), patrové kosti vytváří tvrdé kostěné patro (os palatinum), slzní tvoří vnitřní část očnice a leží v ní slzný váček (os lacrimale), radličné (vomer) a nosní kůstky tvoří podklad kořene nosu (ossa nasalia). Spojení kostí lebky je převážně pevné, pomocí švů. Jediné pohyblivé místo na lebce je čelistní kloub. (Naňka et al., 2015)

1.2.4 Osová kostra (skeleton)

Osovou kostru tvoří páteř (columna vertebralis), žebra (costae) a hrudní kost (sternum) a tvoří osu vzpřímeného těla, na kterou se připojuje pletenec horních a dolních končetin. Páteř se skládá z 33-34 obratlů. Obratle jsou kosti nepravidelného tvaru, rozeznáváme krční obratle, hrudní, bederní, křížové a kostrč. Obratel se skládá z těla, který vybíhá v oblouk s výběžky. Sloupec obratlů vytváří páteřní kanál pro míchu a nervy. Dále

hrudník tvoří 12 párů žeber, která se dělí na žebra pravá (*costae verae*) jež jsou připojena k hrudní kosti pomocí chrupavek, a nepravá která se chrupavčitými konci připojují k poslednímu pravému žeburu (*costae spurinae*) a žebra volná, která jsou vrostlá do svalové stěny hrudníku (*costae liberae*). Žebro je dlouhá, zahnutá kost a skládá se z hlavičky, těla a krčku. (Fiala, et al., 2015)

Hrudní kost (*sternum*) je plochá, hmatná kost, která uzavírá hrudník vepředu. Sternum se skládá z rukojeti (*manubrium*), těla (*corpus sterni*) a mečovitého výběžku (*processus xiphoideus*). Po stranách sternu jsou vytvořeny prohlubně pro žebra a klíční kost. Ve sternu se také po celý život nalézá kostní dřev. (Dylevský, 2000; Naňka et al., 2015; Fiala et al., 2015)

1.2.5 Kostí horní a dolní končetiny

Kostra končetin je připevněna kostěným pletencem (lopatkovým a pánevním) ke kostře trupu. Lopatkový pletenec tvoří klíční kost (*clavicula*) a lopatka (*scapula*) a horní končetinu tvoří kost pažní, vřetenní, loketní, zápěstní, zápěstí a články prstů. Lopatka se řadí mezi ploché kosti, má trojúhelníkový tvar, hřbetní strana lopatky vybíhá v ostrý hřeben, dále hřebenový výběžek vybíhá nad kloubní jamku ramenního kloubu v plochý nadpažek (*acromion*, což je důležitý orientační bod pro měření a vyšetření paže). Klíční kost je spojená s hrudní kostí, má tvar dlouhé a esovitě prohnuté kosti. (Dylevský, 2000, Naňka et al., 2015)

Základ horní končetiny tvoří kost pažní (*humerus*), řadí se mezi dlouhé kosti, s horním polokulovitým koncem, který nasedá do jamky na lopatce. Dolní kloubní konec má kladkovitou kloubní plochu, na kterou nasedá kost loketní a kulovitý výčnělek pro kost vřetenní. Vřetenní kost (*radius*) se nachází na palcové straně ruky, a naopak loketní kost (*ulna*) leží na malíkové straně. Kostra ruky se skládá ze tří částí, zápěstní, zápěstí a články prstů. Zápěstí tvoří osm kůstek ve dvou řadách, kostra zápěstí se skládá z pěti kostí, které prodlouženými konci nasedají na zápěstní kůstky. Články prstů jsou tvořeny, až na palec třemi články. (Dylevský, 2006, Naňka et al., 2015)

Pánevní pletenec tvoří kostěný kruh (pánev), kruh pánevních kostí je spojený chrupavkou a tuhým křížokyčelním kloubem. Pánev je u žen širší a prostornější (kvůli porodu) než mužské pánve. Pánevní kost (*os coxae*) vzniká spojením tří kostí. A to kosti kyčelní (*os*

ilium), sedací (os ischii), stydké (os pubis). Pánevní kosti jsou kloubně spojené s křížovou kostí a tvoří křížokyčelní kloub. Dále kostru volné dolní končetiny tvoří kost stehenní (femur), jedná se o nejtvrdší a nejmohutnější dlouhou kost v těle, do kloubní jamky (acetabula) zapadá kulovitou hlavici. Spodní konec tvoří dva kloubní hrboly, které tvoří hlavici kolenního kloubu. (Dylevský, 2000, Naňka et al., 2015)

Kostru dolní končetiny také tvoří bérec, který se skládá ze dvou kostí, holenní (tibia, je na palcové straně) a lýtkové (fibula, je na malíkové straně). Horní část tibie se rozšiřuje ve dva kloubní hrboly, které jsou jamkou kolenního kloubu. Kolenní kloub doplňuje česka (patella), je to sezamská kost, trojúhelníkového tvaru, která se vyvinula v úponové šlaše čtyřhlavého stehenního svalu. Tibie dole vybíhá ve ztlustělý konec, nebo-li vnitřní kotník. (Naňka et al., 2019)

Fibula dolním koncem vybíhá v zevní kotník, spojením vazů tibie a fibuly vznikne vidlice, nasedající na hlezenní kost. Tato vidlice tvoří jakoby jamku hlezenního kloubu. Hlezenní kost (talus) nasedá na patní kost ze shora, patní kost je jedna ze sedmi kostí zánártních. Dále se na noze nachází pět kostí nártních a 14 článků prstů.

(Dylevský, 2006, Naňka et al., 2019)

1.3 Biologické účinky ionizujícího záření

Projevy škodlivých účinků ionizujícího záření, můžeme nalézt od objevu rentgenových paprsků a radioaktivity v 90. letech 19. století. Při průchodu fotonů gama nebo rentgenového záření tkání může dojít ke třem událostem, bez interakce, částečná absorpce, úplná absorpce záření. Při průchodu může dojít ke zlomům v molekulách DNA, a tím narušit dělení buňky anebo zapříčinit buněčnou smrt. Další změnou může být změna genetické informace buňky a tím dochází k mutacím. (Kupka et al., 2007, Havránková, et al., 2018)

1.3.1 Radiační ochrana

Z pohledu radiační ochrany má velký význam rozdělení účinků záření na deterministické a stochastické. Mezi deterministické účinky patří ANO (akutní nemoc z ozáření), katarakta (šedý zákal), pozastavení krvev tvorby a další., a mezi stochastické účinky řadíme nádory a genetická poškození. (Kupka, et al., 2007, Mattsson, et al., 2013)

Deterministické účinky charakterizuje prahová dávka, která je pro každou tkáň individuální, s rostoucí dávkou roste míra poškození, ale pokud nedojde dosažení prahové dávky tak účinky nenastanou. Mírné poškození má tendenci se reparovat v krátkém časovém intervalu, ale vysoká dávka může způsobit poškození trvalejší. (Kupka et al., 2007)

Akutní nemoc z ozáření vznikne po jednorázové celotělové dávce záření vyšší než 0,7 Gy. Můžeme pozorovat různé změny v celém organismu, ale projevy ANO (akutní nemoc z ozáření) jsou závislé i na pohlaví, věku, zdravotního stavu jedince, dávce záření nebo případná další zranění. Akutní nemoc z ozáření má tři základní formy, dřeňový (hematopoetický), gastrointestinální (GIT) a neurovaskulární syndrom. (Havránková, et al., 2018)

Akutní lokální změny se nejčastěji týkají změn na pokožce. Po jednorázovém ozáření dávkou vyšší než 3 Gy vznikne v oblasti akutní radiační dermatitida. Radiační dermatitida se podobá svým vzhledem popáleninám, ale má pozdější nástup a postihuje hlubší vrstvy pokožky. Velikost poškození závisí na dávce záření, typu záření, velikosti a místě ozáření. Akutní radiační dermatitida má čtyři stupně poškození, ten nejlehčí je erytém (začervenání) a nejtěžší stupeň může být, až nekróza kůže. (Havránková, et al., 2018)

Poškození vývoje plodu (in utero) závisí na velikosti záření a stáří plodu. V zárodečném stádiu, kdy je zárodek málo diferenciováný, může dojít rovnou k zániku plodu ne k deterministickým ani stochastickým účinkům. V pozdějším období může být u zárodku poškozena nervová soustava, kostra, oko. V pozdním období u zárodku může dojít k mentální retardaci. (Havránková, et al., 2018, Mattsson, et al., 2013)

A nakonec k deterministickým účinkům patří pozdní nenádorové poškození, která se mohou projevit, až po letech od doby ozáření. Jedná se o případy, kdy byl jedinec dlouhodobě vystaven záření či opakované malé expozici záření v průběhu života. Řadí se sem chronická radiační dermatitida a radiační katarakta (zákal oční čočky), většinou se tyto případy vyskytovaly u rentgenologů, ale v dnešní pokročilé době se to už nestává díky radiační ochraně. (Havránková et al., 2018)

Stochastické účinky (pravděpodobnostní účinky) jsou vyvolané mutacemi, jelikož i jediná ionizace může zapříčinit poškození DNA. Proto musíme předpokládat, že pro

stochastické účinky neexistuje prahová dávka, jako tomu je u deterministických účinků. Nádor nebo genetické poškození zapříčiněné zářením není rozpoznatelné od spontánních případů. S dávkou záření roste pravděpodobnost poškození organismu. Při obdržení malých dávek záření, je pravděpodobné, že tělo samo reparuje poškození bez dalších následků. Jednotlivé tkáně a orgány mají svou individuální vnímavost, nejcitlivější bývá kostní dřev, žaludek, tlusté střevo. (Havránková, et al., 2018, Mattsson, et al., 2013)

Mezi významnou skupinu stochastických účinků patří postižení potomstva ozářených osob, dochází ke genetickým změnám v buňkách, k mutacím. Teoreticky může dojít ke stochastickým účinkům (pravděpodobnostní) u scintigrafie skeletu, jelikož i jediná ionizace může zapříčinit změny v DNA. (Havránková, et al., 2018, Šabata, 2019)

Radiační ochrana se řídí podle atomového zákonu, který je definován jako systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzické osoby a k ochraně životního prostředí před účinky ionizujícího záření. Osoba je neustále za svůj život ozařována z přírodních, a i umělých zdrojů, proto musíme vymezit pravidla v oblasti radiační ochrany. Důvody vedoucí k ozáření fyzické osoby ionizujícím zářením nazýváme expoziční situace, rozlišujeme tři expoziční situace, plánované, nehodové a existující. V rámci plánované expoziční situace se nachází tři kategorie ozáření, profesní, ozáření obyvatel a lékařské ozáření. (Šabata, 2019)

Principy radiační ochrany závisí na současných poznatcích o účincích ionizujícího záření, a jsou dosahovány principy radiační ochrany. Princip zdůvodnění, patří k prvnímu důležitému principu radiační ochrany, musíme si uvědomit, že ozáření osoby musí převážit užitek nad negativy. Dalším principem je optimalizace radiační ochrany, což znamená udržení radiační úrovně, jak lze rozumně dosáhnout při zvážení hospodářských a společenských hledisek. Mezi další princip radiační ochrany patří dávkové limity, jejichž cílem je celkové omezení ozáření osoby. Dávkové limity jsou stanovené regulačním orgánem daného státu. Dávkové limity je nutno dělit, na limity pro obyvatele, pro radiační pracovníky, pro žáky a studenty. Mezi poslední princip radiační ochrany řadíme zajištění bezpečnosti zdrojů. Do způsobů ochrany zdraví před zářením, řadíme ochranu vzdáleností, stíněním a časem. (Havránková et al., 2018)

1.4 Radiofarmaka

Radiofarmakum je léčivý přípravek složený z různých radionuklidů (izotop s nestabilním jádrem) určených pro lékařství. Mezi důležité charakteristiky radiofarmaka patří poločas přeměny, druh a energie ionizujícího záření. Vytvořené radiofarmaka obsahují radionuklidy v potřebné radiochemické formě. Pod pojmem radiofarmakum označujeme jednoduché anorganické látky, organické molekuly, peptidy, proteiny, krevní elementy a buňky. Radionuklid se nachází ve formě iontů, nebo je případně vázaný. Radiofarmaka se mohou podávat v různorodých formách například roztoky, injekce, plyny, tobolky. Umělé radionuklidy používané v nukleární medicíně se vyrábějí v reaktorech nebo cyklotronech. (Koranda et al., 2014)

Lékové formy radiofarmak se vyrábí podobně jako ostatní léky, ale je nutno dodržet bezpečnostní postupy při jejich přípravě. Lékové formy se vyrábějí v podobě parenterálních radiofarmak, perorálních, inhalačních a pro lokální aplikaci. Parenterální radiofarmaka jsou nejčastějším typem používaným v klinické praxi, podávají se nejčastěji intravenózně, subkutánně, intralumbálně, intra artikulárně, a také intraperitoneálně. (Koranda et al., 2014; Kupka et al., 2007; Šabata, 2019)

Dále aby radiofarmakum bylo použito, musí projít kontrolou jakosti radiofarmaka (sterilita, průzračnost, aktuální acidita), dále je tu fyzikální a chemické hodnocení jakosti radiofarmaka, patří sem stanovení aktivity, radiochemická čistota, rychlost akumulace a vylučování radiofarmaka. Toto jsou všechno hlavní a důležité aspekty radiofarmak pro nukleární medicínu. (Koranda et al., 2014; Kupka et al., 2007)

Pro místní přípravu radiofarmak na oddělení nukleární medicíny používáme radionuklidy z generátorů. Radionuklidový generátor je složen ze dvou radionuklidů, jež je jeden navázán na vhodný nosič (mateřský radionuklid), a který se přeměňuje na dceřiný radionuklid. Oddělení dceřiného radionuklidu provedeme promytím vhodným roztokem, který transportuje dceřiný radionuklid mimo generátor. Celý radionuklidový generátor je krytý olověným krytem v laminárním boxu v laboratoři. Nejvíce se v praxi používá molybden-techneciový generátor. (Koranda et al., 2014; Kupka et al., 2007; Šabata, 2019)

1.5 Detekce záření a scintigrafie

Nukleární medicína je obor, který se zabývá diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radioaktivních zářičů aplikovaných do organismu. Převážnou část tvoří zobrazovací diagnostika, dále v menší míře laboratorní diagnostika a léčba. Nukleární medicína využívá scintigrafie (odvozené od scintilačního detektoru tvořícího základ klasické scintilační kamery) a metody nukleární medicíny jsou postaveny na tzv. indikátorovém neboli stopovacím principu. (Kupka et al., 2007; Ullmann, 2020, Heřmanská, 2005)

1.5.1 Přístroje pro měření in vitro a in vivo

Přístroj pro měření in vitro vzorků tělních tekutin s radiofarmakem, je složen ze studňového scintilačního krystalu o různém průměru, olověného krytu (odstínění pozadí) a vyhodnocovacího zařízení. V praxi se také užívají více detektorová zařízení pro měření většího množství vzorků. Přístroje pro zachycení emitujícího záření beta radionuklidu, nejčastěji využívají kapalných scintilátorů. Vzorek se přidá do kapalného scintilátoru, který zaručí větší citlivost oproti ostatním přístrojům. (Ullmann, 2020)

Přístroje pro měření in vivo obsahují scintilační krystal s fotonásobičem, olověný kryt a kolimátor. Cílem přístroje je změřit akumulaci radioaktivní látky ve vyšetřovaném orgánu nebo sledovat časové změny látky. Aby do scintilačního krystalu dopadalo záření jen z požadovaného směru, tak je kryt olověným kolimátorem, který vytváří zorné pole detektoru. Tloušťka a výška kolimátoru je volena podle záření. (Ullmann, 2020)

Pro měření ionizujícího záření v různých oborech, se používá řada rozlišných detektorů. V nukleární medicíně se nejběžněji uplatňují scintilační detektory, dále se v menší míře využívají ionizační komory, Geiger-Müllerovy detektory anebo proporcionální detektory. (Koranda, et al., 2014)

1.5.2 Scintilační detektor

Scintilační detektor se vyznačuje vysokou citlivostí na záření gama nebo rentgenové záření. V dnešní době scintilační detektory jsou základem většiny detekčních zařízení v nukleární medicíně pro in vitro a in vivo vyšetření. Skládá se ze tří částí, scintilačního krystalu, fotonásobiče a elektronické vyhodnocovací soupravy. Detekční látkou ve

scintilačním krystalu bývá nejčastěji jodid sodný aktivovaný thalliem. Interakce fotonového záření probíhá na základě fotoefektu nebo Comptonova jevu, dochází k uvolňování elektronů, jež způsobí excitaci atomů detekční látky s následným vznikem záblesků viditelného světla (scintilací). Velikost a tvar scintilačního krystalu závisí na použití a aplikaci. Scintilační krystal je spojen světlovodičem k fotonásobiči, při interakci fotonu ze scintilátoru s fotonásobičem dojde k vyzáření fotoelektronu, který dopadne na soustavu dynod a způsobí emisi dalších elektronů a tím dochází proudovému nebo napěťovému impulzu. Impulzy z fotonásobiče se dále zpracují v elektronické části scintilačního detektoru. Impulzy je nutno zesílit v zesilovači a projít amplitudovým analyzátozem. V nukleární medicíně se používají takové impulzy, jejichž výška spadá do vybraného okna analyzátozu. Při každém měření je nutno zajistit pozadí scintilačního detektoru, aby neovlivňovalo výsledné měření, docílíme snížením pozadí pomocí olověných krytů scintilačního detektoru. (Kupka et al., 2007, Ullmann, 2020)

1.5.3 Scintilační kamera a SPECT kamera

Dále v nukleární medicíně pro scintigrafické vyšetření využíváme zobrazení distribuce radiofarmaka v těle pomocí scintilační kamery. Detektor scintilační kamery se skládá ze scintilačního krystalu, světlovodiče, souboru fotonásobičů a kolimátoru. Jak je tomu i u scintilačního detektoru tak i zde je scintilačním krystalem jodid sodný dotovaný thalliem, nejčastěji v obdélníkovém tvaru. Nad krystalem je uloženo 60-90 fotonásobičů, připevněných pomocí světlovodiče ke krystalu. Foton záření gama vyvolá v krystalu scintilaci a dojde k různorodému šíření fotonů, které dopadají na fotokatody jednotlivých fotonásobičů, uložených nad krystalem. Na jeho výstupu vznikne impuls, který je zaznamenán v analyzátozu a dále je digitálně zpracován. Je důležité, aby scintilační kamera snímala homogenně a měla dobrou prostorovou rozlišovací schopnost, dále systémové prostorové rozlišení detektoru kamery závisí na vnitřním prostorovém rozlišení a na rozlišení kolimátoru. Systémové prostorové rozlišení se zhoršuje vzdáleností, proto je důležité, aby detektory kamery byly co nejbližší k tělu pacienta. (Ullmann, 2020)

Kolimátory pro planární a tomografickou scintigrafii jsou zhotovené z olova, rozlišují se podle počtu otvorů, podle energie záření gama radiofarmaka použitého při aplikaci k vyšetření. Nejvíce používané jsou paralelní kolimátory, jež mají podobu desky se

stovkami otvorů, zhotoveného z olova. Do scintilačního krystalu detektoru propustí jen ty fotony gama, které letí v ose otvorů, ostatní se pohltí v okolních přepážkách. Podle energie gama, rozlišujeme různé druhy kolimátorů s různě tlustými přepážkami (LE-low energy, ME-medium energy, HE-high energy), dále kolimátory rozlišujeme podle jejich dosažitelného rozlišení, která závisí na délce přepážek a velikosti otvorů (LEAP-pro nízké energie, LEHR-pro nízkou energii s vysokým rozlišením, LEUHR-kolimátor pro nízkou energii s velmi vysokým rozlišením). Dalším kolimátorem je fan beam, který našel své uplatnění nejvíce při vyšetření mozku a srdce. A nakonec pinhole kolimátor, který je jednoděrový, má nízkou citlivost, ale poskytuje dobré rozlišení malých orgánů a jejich zvětšení, čehož se využívá u vyšetření malých dětí. (Šabata, 2019; Kupka et al., 2007)

Tomografická kamera pro SPECT se svou konstrukcí liší od běžné planární kamery jen tím, že má speciální stojan, na němž je detektor kamery upevněn, tzv. gantry kruhového tvaru. Vlastní tomografická scintigrafie SPECT pak spočívá v tom, že kamera postupně obíhá kolem vyšetřovaného objektu a pod řadou různých úhlů snímá (planární) scintigrafické obrazy vyšetřovaného objektu (počet těchto projekcí je většinou 32, 64 až 128 obrazů pod úhly 0° - 360°). Kamery pro akvizici SPECT jsou opatřeny zpravidla standardními kolimátory s paralelními otvory, stejnými jako se používají při planární scintigrafii. (Ullmann, 2020)

1.5.4 Rozdíly mezi radiodiagnostickým a radionuklidovým vyšetřením

Základní rozdíl mezi vyšetřeními, je takové, že nukleární medicína využívá záření gama s čárovým energetickým spektrem oproti radiodiagnostice, která využívá spojitého spektra. Povaha těchto záření je stejná, jsou tvořeny proudem fotonů, které snadno prochází tělem pacienta a tím odevzdat informace o vyšetřovaných tkáních. Ale na druhé straně této podobnosti jsou velké rozdíly v postupech vyšetření a v jeho výsledcích. Při radiodiagnostice prozařujeme pacienta fotonovým zářením, a naopak u scintilační kamery měříme emitované záření z těla pacienta. (Kupka, et al., 2007, Samei, et al, 2019)

Při nejjednodušším radiodiagnostickém vyšetření je rentgenka (zdroj záření) mimo tělo pacienta, záření dopadá na detektor a tím dojde k zobrazení tkání o různé hustotě. U nukleární medicíny je zdroj záření v těle pacienta (radiofarmakum) a záření se detekuje scintilační kamerou, dostaneme jakousi mapu distribuce radiofarmaka v těle pacienta.

V radiodiagnostice se nám díky tomu dostává detailů a skvělého rozlišení anatomických struktur, ale v nukleární medicíně dostáváme schopnost vyšetřit a pozorovat funkci orgánů a tkání. (Ullmann, 2020)

Nakonec zmíním ještě jeden důležitý společný rys těchto vyšetřovacích metod, a tím je sumační charakter. Jelikož oba snímky uvedených metod musí přenést trojrozměrný objekt do dvourozměrného prostoru, tak následně dochází k výsledné sumaci snímku (překrývání vrstev tkání nad a pod vyšetřovaným okrskem). Sumační snímky jsou vždy užitečné a jako první volbou při vyšetření, ale v některých případech je nezbytné je doplnit o tomografické trojrozměrné zobrazení (CT, SPECT – trojrozměrná zobrazení). (Ullmann, 2020 [online])

1.5.5 Kontrola kvality přístrojové techniky

Kvalita detekce a chyba měření je ovlivněna spousty faktory (objem vzorku, časová rozlišovací schopnost). Detekční účinnost se udává jako pravděpodobnost, že záření, které prochází detektorem je zaznamenáno. Měří se jako počet impulzů zaznamenaných za určitou dobu k celkovému počtu částic, které za stejnou dobu dopadly na detektor. Detekční účinnost též klesá s rostoucí energií záření, vyšší energie záření zvyšuje pravděpodobnost, že částice detektorem proletí nezaznamenané. Detekční účinnost také ovlivňuje tvar a velikost detektoru. Časová rozlišovací schopnost má za úkol odlišit dvě částice, které prošly detektorem těsně za sebou, je charakterizovaná mrtvou dobou, což je časový interval po průchodu jedné částice, během kterého nezaznamenané další částici. Prostorová rozlišovací schopnost je velmi důležitá u zobrazovacích přístrojů a určuje minimální vzdálenost dvou zdrojů, tak aby byly od sebe vzájemně detekovatelné. Energetická rozlišovací schopnost nám pomáhá rozlišit záření dvou podobných zdrojů o blízkých energiích. Objemové závislosti mají největší význam při měření in vitro, kdy je měřená četnost impulzů závislá na objemu vzorku. A platí, že čím je objem vzorku větší tím menší je naměřená četnost impulzů, jelikož dochází k absorpci záření uvnitř vzorku. Tato závislost se nejvíce uplatňuje u zdrojů záření s menší energií. (Samei, et al.,2019, Kupka, 2007)

Záření je ze zdroje vyzařováno všemi směry a tím je závislá celková detekční účinnost na geometrii záření, což znamená na vzájemném uspořádání zdroje a detektoru v prostoru.

Geometrii měření nám určuje podíl záření, které zasáhne detektor, což znamená že malý vzdálený bodový zdroj vyžáří málo záření na požadovaný detektor. Platí že, intenzita záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Nejúčinnější detekce dosáhneme položením vzorku přímo na detektor nebo vložení do dutiny detektoru. (Samei, et al., 2019, Koranda, 2014)

Mohou zde nastat chyby měření buď systematické anebo náhodné. Náhodné chyby, které mění velikost, v případě že měření opakujeme za stejných podmínek. A systematické chyby jsou vždy stejné i při opakování stejných podmínek měření. Systematické chyby bývají často způsobené poruchou přístroje, nebo jeho nesprávným nastavením nebo špatným měřicím postupem. (Lang, 1998)

Správnost výsledku při měření udává, jak blízko se nachází změřená hodnota od skutečné hodnoty. A na rozdíl od správnosti, přesnost popisuje reprodukovatelnost výsledku při opakování měření. Správnou kvalitu funkce složitých přístrojů je důležité kontrolovat, aby nedocházelo k nesprávné interpretaci chybných výsledků měření. Dále je nutné kontrole kvality také věnovat pozornost, aby nedocházelo k závažným diagnostickým omylům (nerovnoměrné zobrazení zorného pole, špatné rozlišení). (Kupka, 2007)

Výsledkem chyb nastavení a rozlišných poruch klesá kvalita výsledného obrazu, je logické, že pokud dojde k výpadku nebo poškození jednoho fotonásobiče v detektoru scintilační kamery, tak výsledný obraz v místě poškození nebo výpadku bude deformován, nebo chybět úplně. Podobně se můžou projevit i jiné poruchy v přístroji, což může mít za důsledek snížení prostorové nebo energetické rozlišovací schopnosti. Všechny výše uvedené ukazatele, jsou v praxi shrnuty do takzvaných standardů NEMA (National Electrical Manufacturers Association), jejichž protokoly shrnují veličiny popisující kvalitu zobrazování. Zajištění kvality výsledků vyšetření na pracovišti nukleární medicíny, zajišťuje provádění testů k ověření důležitých detekčních parametrů. (Kupka et al., 2007; Šabata, 2019)

1.5.6 Kontrola kvality prováděná RA

Radiologický asistent provádí denní test gama kamery, který slouží k odhalení poruchy nebo vážných artefaktů v obraze před zahájením klinického provozu. Ideálně by se test měl provést před aplikací radiofarmak pacientům, aby se předešlo zbytečné radiaci

zátěži při případném odložení vyšetření u pacientů. V rámci denního testu se na pracovišti provádí kontrola pozadí, orientační vizuální a kvantitativní hodnocení homogenity a případně kontrola polohy píku úplné absorpce ve scintilačním spektru. Většina dnešních systémů disponuje výrobcem dodaným akvizičním i hodnotícím protokolem pro denní testy, které zpravidla není nutné upravovat nebo nahrazovat. Pro denní kontrolu se využívá průmyslově vyráběného plošného zdroje ^{57}Co o rozměrech zajišťujících pokrytí celého zorného pole detektoru. (Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, 2019)

1.6 Záznam a zpracování obrazů

K vytvoření dobrého scintigrafického obrazu je nutné, aby kamera zaznamenala dostatečný počet fotonů záření gama. K zvýšení lze dosáhnout větším množstvím radiofarmaka, nebo zvýšit citlivost detekce, ale v praxi se nejvíce používá prodloužení doby expozice. V důsledku dlouhých expozic bývají scintigrafie časově náročnější. (Šabata, 2019, Vomáčka, 2015)

1.6.1 Digitální obraz

Scintigrafický obraz nám představuje rozložení počtu impulsů nad vyšetřovanou oblastí našeho zájmu. Digitální obraz je tvořen takzvanou maticí čísel, ke které jsou přiřazeny stupně šedi. Každý bod má souřadnice x a y vyjadřuje určitou hodnotu impulsů, vyjádřené číslem a následně převedené na barvu šedi. Nevýhodou je, že lidské oko nedokáže rozeznat mnoho odstínů šedi, v literatuře se uvádí, že trénované oko jich dokáže rozlišit 25 odstínů. Digitální obraz má mnoho výhod oproti zastaralému analogovému obrazu, už jen při archivaci ušetří hodně místa, lze ho archivovat elektronicky, dodatečně upravovat určitá zkruslení obrazu, zvětšovat a upravit kontrast snímku. (Šabata, 2019)

1.7 Princip scintigrafie skeletu

Scintigrafie skeletu je nejčastější metodou používanou v nukleární medicíně u nás. Pomocí jejího principu zobrazujeme patologické procesy v kostech. V dnešní době jsou dostupné i jiné vyšetřovací metody jako je CT, MR. Ale ve velkém měřítku se užívá také kostní scintigrafie, kvůli odhalení časných fyziologických a patofyziologických změn ve skeletu. Je možné ji opakovat a nemá významné kontraindikace, ale je na uvážení lékaře

zvážit vyšetření (např. při vyšetření u těhotné ženy lze snížit aplikovanou aktivitu RF nebo při přerušení kojení aspoň na 12 hodin). (Kubinyi, [online], 2021)

Scintigrafie skeletu funguje na principu zobrazení změn distribuce osteotropního radiofarmaka ve skeletu, při kterém přijímáme zevní gama záření, které vychází po aplikaci z těla pacienta. Pro detekci se užívá scintilační kamery. Existuje hned několik modalit scintigrafie skeletu, nejzákladnější je planární dvojrozměrné zobrazení jedné určité oblasti ve skeletu, dále celotělové zobrazení, které zahrnuje celou kostru i s klouby, poté SPECT, který snímá určitou oblast skeletu v zorném poli scintilační kamery a jako poslední třífázová scintigrafie vybrané části skeletu, při které se užívá kombinace dynamické a statické distribuce radiofarmaka při snímání radiofarmaka ve fázi přítoku do oblasti zájmu, a v rovnovážné fázi, a v konečné pozdní kostní fázi. (Koranda, 2014; Ullmann, 2020 [online])

1.7.1 Patologické procesy vyšetřované u scintigrafie skeletu

Mezi nejčastější indikace k vyšetření scintigrafie skeletu můžeme zařadit nádorové postižení skeletu, do kterého se řadí primární nádory a také sekundární metastázy skeletu, dále nenádorová onemocnění skeletu, a nakonec etiologie kostních lézí a poznání příčiny bolestivosti kostí. Primární kostní nádory se dělí na benigní a maligní kostní nádory. (Vižďa, 2006, Bhargava, 2005)

Scintigrafie skeletu pomáhá odhalit rozsáhlost nádoru a jeho metastáz, a tím se scintigrafie stala nejpřínosnější metodou v nukleární medicíně. Scintigrafie pomáhá odhalit metastázy rychleji než kterákoliv jiná zobrazovací metoda. Metastázy se mohou zobrazit buď jako horká ložiska anebo studená. (Kupka, et al., 2007, Šlampa, et al., 2007)

Do nenádorových onemocnění řadíme například osteomyelitidu, jejíž příčinou je infekce v kostní dřeni, která se infiltrovala z primárního ložiska krví, což má za následek destrukci kosti. Dále můžeme uvést avaskulární nekrózu hlavic nebo metafýz dlouhých kostí, která se může projevit spontánně nebo za doprovodu fraktur kostí. Dochází k metabolickému rozpadu nejčastěji u alkoholismu, dlouhodobé užívání kortikoidů. Do nenádorových onemocnění a změn ve skeletu můžeme zařadit mnoho dalších chorob. (Klener, 2011)

Dále se můžeme zmínit o traumatech kostí, čerstvě vzniklé fraktury nezachytí osteotropní radiofarmaka, ale po dvou až třech dnech od traumatu ano. Pomáhá odhalit fraktury které nebyly zachyceny na RTG snímku, nebo při podezření na syndrom týraného dítěte. Kostní scintigrafie je vysoce senzitivní metodou k ověření a prokázání stresové fraktury, která se projeví zvýšenou akumulací radiofarmaka v kostech. (Vižďa, 2006)

Při podání radiofarmaka, může dojít k zjištění vedlejších nálezů, jako je patologie ledvin a močových cest (anomálie počtu ledvin a jejich umístění, tumory a cysty, poruchy odtoku moče). (Kupka et al., 2007; Klener, 2011; Vižďa, 2006)

1.7.2 Nádor

Nádor je shluk buněk, které se nekontrolovatelně množí a tento růst přetrvává v těle i v době, kdy přestala působit příčina vyvolávající nádor. Vymyká se z kontrolních mechanismů růstu normálních tkání a stává se nevratným dějem (už se nemůže přeměnit na normální tkáň). Obecně rozlišujeme nádory primární a sekundární. Primární nádor vznikne bezprostředně z tkání orgánu, ve kterém vznikl. Sekundární nádor vznikne kdekoli jinde v těle, a je jinak označován jako metastáza. (Mačák et al., 2004)

Na vzniku nádoru se podílí řada faktorů, příčin, a některé z nich dodnes neznáme. Ale na vznik nádoru mohou mít vliv různé chemické látky ze zevního prostředí, fyzikální vlivy (záření), viry, hormony, dědičnost a životní styl (stravování, kouření, alkohol). V kostech se nejčastěji vyskytují sekundární nádory, často metastazují nádory prostaty, prsu, plic, ledvin, štítné žlázy. (Mačák et al., 2004)

1.7.3 Benigní nádory

Benigní nádory (nezhoubné nádory) rostou pomalu, jsou ohraničené, někdy i opouzdřené. Benigní nádory často bývají náhodnými nálezy při vyšetřeních, nebývají intenzivně prokrvené a ani nemají vysoký stupeň osteogeneze. Rostou expanzivně což znamená, že utlačují okolní tkáň a orgány. Výhodou je, že netvoří metastázy a bývají lehce vyoperovatelné. Příklad benigního nádoru je osteom, nález připomíná normální kostěnou tkáň a roste na povrchu kosti. (Mačák et al., 2004)

1.7.4 Maligní nádory

Maligní nádory (zhoubné) rostou rychle, infiltrativně, což znamená, že prorůstají do okolních tkání. Jsou neohraničené, těžko vyoperovatelné, mají častou recidivu (opakují se) a tvoří časté metastázy. Příkladem maligního nádoru je chondrosarkom, bývají častěji postiženi muži, vniká v dřevnaté části kosti, nádor vznikne nejčastěji v pánvi a nebo na konci dlouhých kostí, dále mezi maligní kostní nádory lze zařadit osteogenní sarkomy, jež jsou nejčastějším typem kostních nádorů až v 60 %, dále Ewingův sarkom, který vychází z kostní dřevnaté části nejčastěji u chlapců od 5-15 let. Metastázy jsou projevem pokročilého onemocnění, výjimečně jdou ovlivnit primární protinádorovou léčbou, ve většině případů jsme odkázáni na symptomatickou léčbu anebo paliativní. Metastázy se nejčastěji šíří krevní (celulární embolie), lymfatickou (lymfatickou cévou se buňky dostanou do spádových uzlin, a šíří se do dalších lymfatických uzlin), porogenní (cestou dutých orgánů-implantují se) cestou. Nejčastěji metastazující nádory do kostí jsou nádory prsu, prostaty, plic, ledvin. Kostní metastázy vedou ke zhoršení kvality života, dochází díky nim k častým frakturám, kompresi míchy, destrukci kosti. (Mačák et al., 2004, Klener, 2011)

Metastatická ložiska mohou být osteolytická, ty tvoří většina solidních nádorů, nebo osteoplastická (osteosklerotická), ta se vyskytují u karcinomu prostaty, někdy u karcinomu prsu. Převážná většina kostních metastáz nádorů je ale smíšená (zahrnuje jak složku osteolytickou, tak osteoplastickou). (Klener, 2011)

1.7.5 Celotělová scintigrafie skeletu a SPECT

Při vyšetření celotělovou scintigrafií skeletu a SPECT je nutná aplikace radiofarmaka ^{99m}Tc -MDP, případně ^{99m}Tc -HDP, množství aplikovaného radiofarmaka určíme podle hmotnostních tabulek a váhy a pacienta. Diagnostická referenční úroveň pro MDP je 700 MBq, i.v. a celotělový záznam za 2-3 hodiny od aplikace. SPECT na oblast zájmu zvyšuje kvalitu a senzitivitu vyšetření. Mechanismus zachytu radiofarmaka v kostech a patologických kostních lézích není ještě zcela objasněn, předpokládá se hlavně vazba na minerální složku kosti. Dalším významným faktorem je rychlost kostního metabolismu a krevního zásobení, k akumulaci dojde jen v živých kostech. Mějme na paměti, že kost je

aktivní po celý náš život, neustále dochází k přestavbě a novotvorbě kosti. (Kupka, et al., 2007, Vakili, et al., 2018)

Důležitou podmínkou u kvalitního scintigramu skeletu je dostatečný rozdíl mezi aktivitou kostí (množství osteotropního radiofarmaka v kostech) a nahromadění radiofarmaka v okolních měkkých tkáních (pozadí). Musíme zvolit dostatečný časový interval od aplikace radiofarmaka, čas provedení scintigrafie skeletu závisí na věku, hmotnosti a přítomných renálních nebo kardiálních onemocněních (u dětí po aplikaci do 2 hodin, u obézních starších pacientů je lepší počkat 3-5 hodin). Musíme též brát v potaz odlišné fyziologické distribuce u dětí a dospělých, u dětí se sytě akumulují růstové štěrby dlouhých kostí, lebeční švy, za to u dospělých dochází ke zvýšení akumulace v axiálním skeletu a ve sternu naopak v končetinách bývá nižší. Akumulace radiofarmaka se může také lišit v závislosti na fyziologickém zatěžování (například pravák zatěžuje více pravou ruku), celkově aktivita bývá zvýšená v místech pohybu kloubů a v páteři. Vyšetřovaná poloha je na zádech a snímá se z přední i zadní projekce v celotělovém režimu. Pro planární snímání se nejčastěji užívá nízkoenergetického kolimátoru s vysokým rozlišením. Hlavním důležitým rozdílem u celotělové scintigrafie skeletu proti SPECT je, že se jedná o planární snímek, což je dvojrozměrný obraz rozložení radiofarmaka v dané vyšetřované lokalitě, přitom mezitím SPECT je trojrozměrné zobrazení určité části skeletu, který je důležitý k upřesnění nálezů a zvýšení kontrastu. Na planárních snímcích může docházet k překrytí struktur, proto ho doplňujeme o vyšetření SPECT. (Faycal, 2013, Kupka, et al., 2007)

Dále SPECT je cíleně zaměřený na určitou část vyšetřovaného skeletu, bývají to zejména obtížněji hodnotitelné oblasti, například lebka a pánev. Dále pomocí SPECT můžeme lépe hodnotit zvýšenou osteoblastickou aktivitu v páteři, čímž lépe specifikujeme vyšetření. (Kupka et al., 2007)

1.7.6 Příprava pacienta

Na scintigrafii skeletu není nutné speciální přípravy. Pacient musí přijít na lačno, ale měl by být dobře hydratován. V anamnéze pacienta pátráme po zlomeninách, úrazech, operacích, radioterapii a možné užívání léků, které by ovlivnilo následné hromadění osteotropního radiofarmaka v kostech pacienta. Malé děti se utlumí a též možné utlumení

u nespolupracujících pacientů. Při případných bolestech pacienta je vhodné upravit polohu ležení nebo podat analgetickou léčbu. Podané radiofarmakum se vylučuje močí, je vhodné, aby před vyšetřením se pacient vymočil, ale nesmí dojít ke kontaminaci, u malých dětí nutné vyměnit plenu. Díky kontaminaci aktivní močí, by došlo k horkým ložiskům (artefakty) při zobrazení skeletu. Pacient zůstává oblečen, ale je důležité odložit všechny kovové předměty (mince, hodinky, řetízky), které by stály za možnými dalšími artefakty (studená ložiska) v zobrazení. Po vyšetření je pacient nabádán ke zvýšenému příjmu tekutin, aby došlo k co nejrychlejšímu vyloučení radiofarmaka z organismu (čímž sníží radiační zatížení hlavně močového měchýře). (Koranda, 2014; Místní radiologický standard NCB ONM, 2017)

1.7.7 Průběh vyšetření a prevence chyb snímání

Při příjmu pacienta je důležité ověření osobních dat (aby nedošlo k záměně pacientů), je nutné poučit pacienta o průběhu plánovaného vyšetření a získat písemný souhlas k vyšetření. Údaje se zkontrolují na recepci, ale je nutné se opakovaně ptát pacienta na jeho celé jméno a rok narození, a písemný souhlas získá aplikující lékař. Podle potřeby zjišťujeme anamnézu. (Místní radiologický standard NCB ONM, 2017)

I.v. aplikaci provádí sestra nebo radiologický asistent se specializovanou způsobilostí, u dětí do 3 let provádí lékař, pokud již dítě nepřišlo se zavedenou kanylou. Aplikovanou dávku stanoví lékař, do stříkačky připraví aktivitu sestra nebo radiologický asistent se specializovanou způsobilostí. Aktivitu radiofarmaka ověří pomocí měřiče aktivity a zapíše do žádanky a provede záznam o místě a času aplikace. Aplikace se provádí v aplikační místnosti, mimo třífázové scintigrafie, kdy se aplikuje přímo pod kamerou. Za polohu při vyšetření zodpovídá sestra nebo RA, poloha je vleže na zádech, nutné odložit kovové předměty, i mikiny se zipem, knoflíky. Následnou akvizici provádí sestra nebo RA na příkaz lékaře. Použijme kolimátor pro nízké energie, fotopík 140 keV, okno 20%, zahájení po 2-4 hodinách po aplikaci radiofarmaka. Snímáme v přední a zadní projekci. Akviziční parametry při celotělové scintigrafii u GE Discovery jsou, užití matice 1024x256 a rychlost posunu stolu 13 cm/min. Akviziční parametry pro SPECT vyšetření jsou detektory v pozici H mode, matice 128x128, dále obrazy step and shoot po 30 sekundách, standardní je 60 projekcí po 30 vteřinách. (Místní radiologický standard NCB ONM, 2017)

Zpracování a vyhodnocení planárních scintigramů, pomocí zobrazení scintigramu při optimálním obrazovém spektru a při volbě optimálních mezí pro horní zobrazení četnosti impulzů. Při SPECT je standardní zpracování pomocí iterativní rekonstrukce v souladu s doporučením výrobce kamery a s obecnými doporučenými postupy. Zpracování a vyhodnocení provádí lékař nebo RA na vyhodnocovací pracovní stanici Xeleris. Dále je nutný odhad a stanovení efektivní dávky a dávky orgánu s největší radiční zátěží u pacienta vyšetřovaného pomocí radiofarmaka. Za stanovení dávek odpovídá příslušný klinický radiologický fyzik. (Místní radiologický standard NCB ONM, 2017)

Při scintigrafii můžeme pozorovat tzv. artefakty, které mohou být způsobené kontaminací kůže nebo oděvu radioaktivní močí, anebo způsobené nadměrným pohybem pacienta v průběhu snímání. Dále můžeme pozorovat artefakty způsobené předměty (např. kovová endoprotéza, mince, hodinky, kardiostimulátor). Dále se mohou zobrazit ložiska se zvýšenou aktivitou v měkkých tkáních způsobené kalcifikací a osifikací. Na vyšetření také pozorujeme zvýšenou aktivitu v urologickém systému pacienta. K zmírnění pohybů pacienta, můžeme využít pásů a dalších fixačních pomůcek (různé podhlavníky, široké pásy, podložky). (Místní radiologický standard NCB ONM, 2017)

2. Cíl práce a výzkumná otázka

2.1 Cíl práce

Poskytnout procentuální výsledek přínosu SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu.

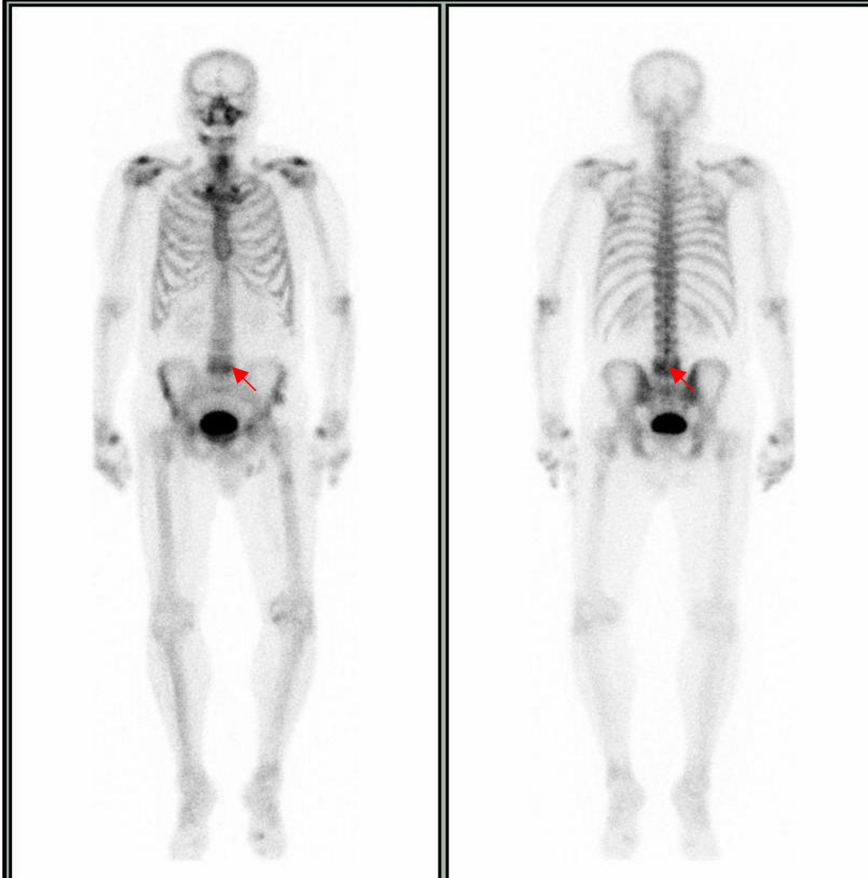
2.2 Výzkumná otázka

V této práci je položena jedna výzkumná otázka: „V jakém procentu přinesl SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu nová zjištění?“

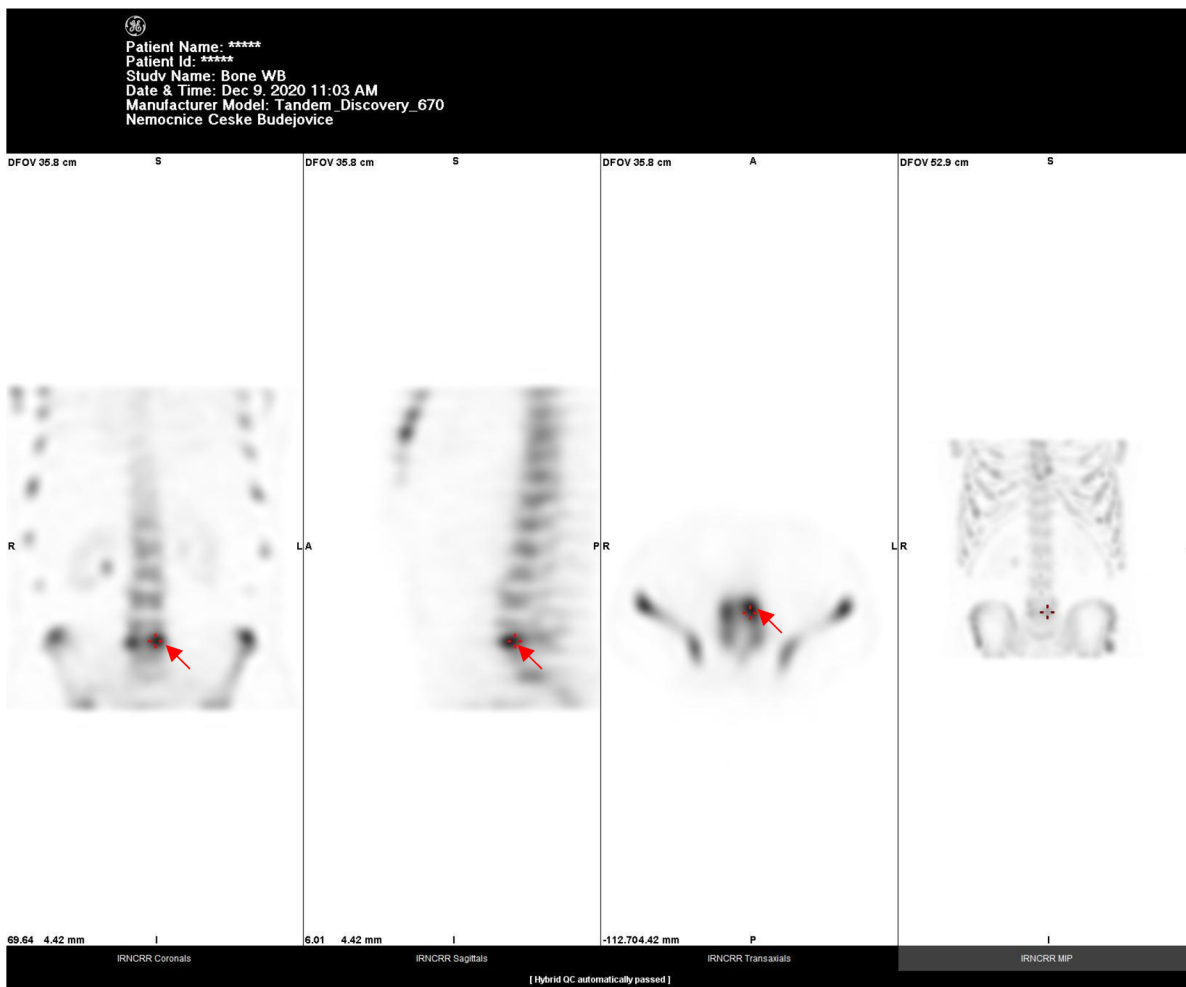
3. Metodika

Na výzkum mé práce jsem použila anonymní snímky pacientů s vyšetřením SPECT trupu a celotělové scintigrafie skeletu (WB), snímky byly získány z ONM v nemocnici České Budějovice, v databázi byly vygenerováni pacienti od 1.12.2020, do 18.2.2021 bylo vybráno 100 odpovídajících pacientů s WB a SPECT trupu (SPECT nohou, pánve atd. jsem do výzkumu nezařadila na pokyn vedoucího práce, z důvodu složitosti hodnocení ložisek pro radiologického asistenta), pro porovnání nálezů a zjištění přínosu SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu z oddělení Nukleární medicíny v Nemocnici České Budějovice. Snímky bylo nutné porovnat mezi sebou a porovnat nálezy z obou snímků, při porovnání jsem si otevřela oba soubory s WB a SPECT trupu na jednotlivé obrazovky počítače a porovnávala nálezy. Patologická ložiska jsou detekovatelná jako místa se zvýšenou akumulací radiofarmaka a bývají ohraničená, ve skeletu se nachází zvýšená aktivita díky námaze (např. páteř bývá výraznější). Dále jsem v programu zesilovala kontrast k upřesnění ložisek ve skeletu a znovu porovnávala. Nejisté nálezy jsem konzultovala s vedoucím práce. (pro názornou ukázkou ložiska - snímek č.1.)

Patient Name: *****
Patient Id: *****
Study Name: Bone WB
Date & Time: 09-Dec-20
Manufacturer Model: Tandem_Discovery_670
Nemocnice Ceske Budejovice



Snímek č.1. WB – jedno ložisko zvýšené aktivity v L5 shodné na WB a SPECT (červená šipka)



Snímek č.1. SPECT – viditelné ložisko v oblasti L5.

Na vzorových snímcích jde názorně vidět pozitivní nález, pozitivní nález je ložisko zvýšené aktivity odpovídající ložiskovému zvýšení kostního metabolismu, je zobrazeno jako ohraničené jasné ložisko L5 na WB tak i na SPECT. V mé práci jsem porovnála všech 100 snímků na WB a SPECT mezi sebou a vyhodnotila, zda se jedná o pozitivní ložiska, sporná, nebo ložiska navíc, jak je uvedeno a názorně ukázáno na vzorových snímcích č.1.

Dále byla ve všech případech SPECT vyšetření zpracována pomocí iterativní rekonstrukce s obnovením rozlišení (firemní program Bone evolution) a vyhlazovací filtr nastavený firemním programem.

Na výzkum jsem použila anonymní snímky pacientů s vyšetřením SPECT trupu a celotělové scintigrafie skeletu (WB), snímky byly získány z ONM v nemocnici České Budějovice, v databázi byly vygenerováni pacienti od 1.12.2020, do 18.2.2021 bylo

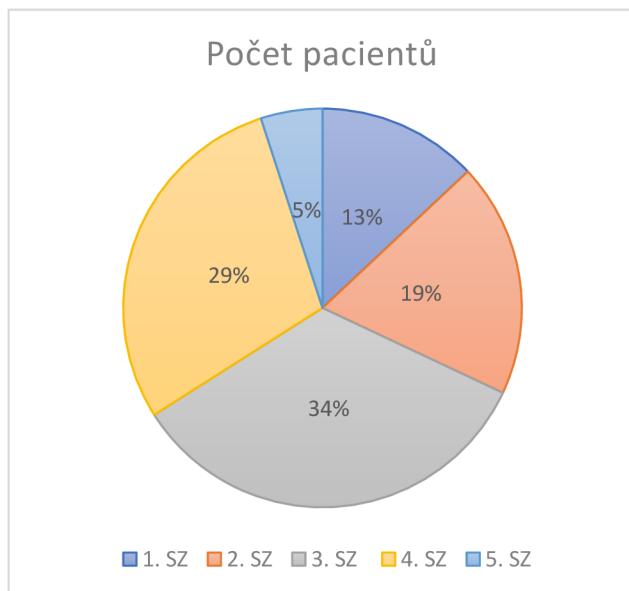
vybráno 100 odpovídajících pacientů s WB a SPECT trupu. Statistická jednotka (SJ) byla vymezena na pacienty s podstoupeným WB a SPECT trupu, a byl získán výběrový statistický soubor (VSS), skládající se ze 100 pacientů. Náhodný výběr v této práci nebyl bohužel umožněn, protože bylo vybráno všech 100 pacientů, kteří podstoupili vyšetření pomocí WB a dodatečného SPECT vyšetření z ONM České Budějovice.

3.1 Počítačové zpracování

Počítačové zpracování probíhalo na ONM ČB v programu whole body a SPECT (firemní program Bone evolution) na pracovní stanici Xeleris. Získaná data byla dále zpracována pomocí Microsoft Excel 2016 do tabulek a grafů. Nasbíraná data jsme následně společně v rámci kontroly prošli s panem MUDr. Šabatou.

4. Výsledky

Ve své práci jak, už jsem zmínila jsem porovnávala celotělovou scintigrafií skeletu proti doplňujícímu vyšetření SPECT a snažila se zodpovědět výzkumnou otázku přínosu SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu. Databáze byla použita od 1.12.2020 do 18.2.2021 z dat ONM v Českých Budějovicích za spolupráce s MUDr. Šabatou. Do výběrového statistického souboru (VSS) bylo zařazeno všech 100 odpovídajících pacientů s WB a SPECT trupu (SPECT nohou, pánve atd. jsem do výzkumu nezařadila na pokyn vedoucího práce, z důvodu složitosti hodnocení ložisek pro radiologického asistenta) (viz. tabulka č.1). Dále jsem vytvořila zvlášť soubory podle statistických znaků (SZ), podle kritérií za 1. pacienti se sporným nálezem na WB, ale potvrzeným nálezem na SPECT (bylo jich 13), za 2. pacienti, u kterých byl negativní nález na WB, a i negativní nález na SPECT vyšetření (19 pacientů), 3. pacienti s pozitivním nálezem na WB, a i s pozitivním nálezem na SPECT, ale s dalšími objevenými ložisky na SPECT (34 pacientů), za 4. pacienti, u kterých byl nález shodný jak na WB tak i na SPECT (29 pacientů), za 5. pacienti s negativním nálezem na WB, ale pozitivním nálezem na SPECT (5 pacientů).



Graf č.1

SZ byl podle kritérií rozdělen na:

Skupiny	Rozdělení	Výsledky
1.SZ	Sporné WB, potvrzení SPECT (■ a +)	13 pacientů
2.SZ	Negativní na WB, a i SPECT (0 a 0)	19 pacientů
3.SZ	Ložisko na WB, potvrzení na SPECT + navíc ložisko (+ a +*)	34 pacientů
4.SZ	Shodné ložisko na WB a na SPECT (+a +)	29 pacientů
5.SZ	Negativní ložisko na WB, ale na SPECT nález (0 a +)	5 pacientů

Bez ložisek 0
Pozitivní ložisko +
Sporný nález ■
Ložisko navíc *

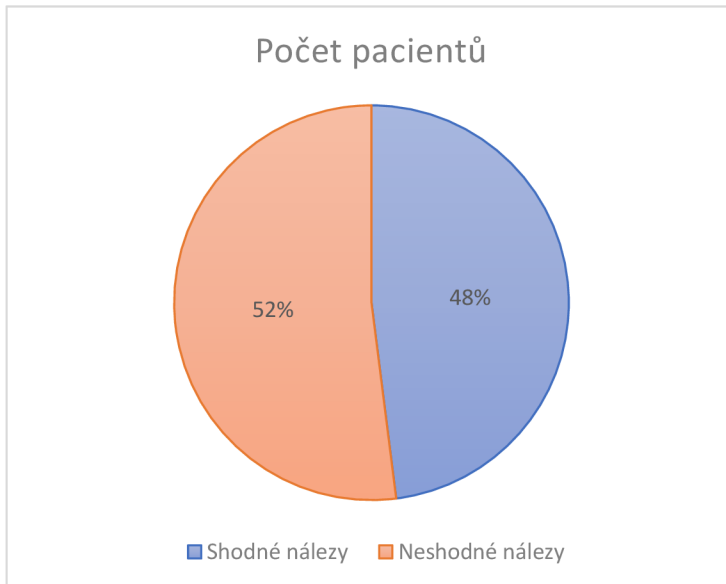
Tabulka č.1. Seznam pacientů

Pacient	WB	SPECT	Pacient	WB	SPECT
1.	++	++	51.	0	0
2.	0	+	52.	++	+++***
3.	++++	++++	53.	0	**
4.	+++	+++*	54.	+	+
5.	+++	+++*	55.	+++	+++
6.	■	+*	56.	+	+*****
7.	++	+++***	57.	++	++
8.	+	+	58.	+	+
9.	++	++*	59.	+	+
10.	+++	+++*	60.	++	++
11.	■ ■	++*	61.	+	+**
12.	++	++	62.	0	0
13.	■	+	63.	+	+*
14.	++	+++**	64.	+	+*
15.	0	0	65.	0	0
16.	+	+	66.	+	+**
17.	■ ■	++*	67.	++	++
18.	+	+	68.	0	0
19.	+++++	+++++*	69.	+	+*
20.	+	+*	70.	++++	++++*
21.	++++	++++*	71.	++ ■	+++
22.	0	0	72.	++++	++++***
23.	+	+	73.	++	++
24.	++	++*	74.	■	+*
25.	+++	+++	75.	0	0
26.	++	++*	76.	0	0
27.	+	+	77.	+	+

28.	+	+ *	78.	++	+++**
29.	0	0	79.	+	+
30.	+	+	80.	+	+*
31.	+ ■	++	81.	++	+++**
32.	++	++	82.	0	*
33.	++	++	83.	+	+*
34.	0	0	84.	■	+**
35.	++++	++++	85.	+ ■ ■	+++
36.	+++++++	+++++++**	86.	0	0
37.	+++	+++*	87.	0	0
38.	+++	+++	88.	0	0
39.	■	+	89.	0	0
40.	+	+***	90.	0	0
41.	+	+	91.	0	*
42.	+	+	92.	0	0
43.	++	+++**	93.	+	+*
44.	+++	+++	94.	0	0
45.	0	0	95.	+	+
46.	+++++	+++++***	96.	■	+
47.	+++	+++***	97.	0	0
48.	+++++	+++++	98.	■ ■	++
49.	+++++	+++++*	99.	+++ ■	++++*
50.	0	**	100	++ ■	+++

Jak je patrné z přehledu pacientů, tak nulou byly označeny negativní (nulové) nálezy na WB tak i na SPECT. Plus označovalo pozitivní jasné nálezy ve skeletu pacienta, za to naopak mínus označoval sporná ložiska ve skeletu, která na WB nebyla vysloveně ohraničená a jasná. A hvězdička nám ukazovala ložiska navíc u vyšetření SPECT proti WB vyšetření skeletu.

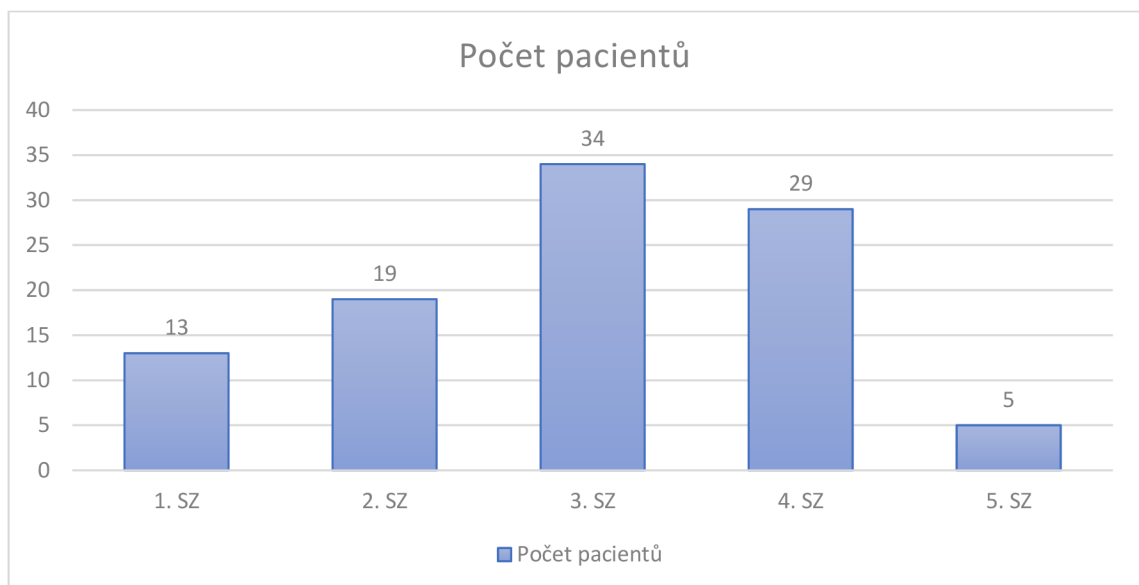
Dále jsem porovnávala shodné nálezy jak na WB a SPECT, do shodných nálezů jsem zařadila nálezy negativní (nulové) a shodné pozitivní nálezy na obou vyšetřeních. Shodných nálezů ze 100 pacientů bylo 48, a neshodných nálezů bylo 52. Do neshodných nálezů byly zařazeny nálezy které se lišily od WB vyšetření skeletu, přinesly nám novou informaci a nebo upřesnili sporná ložiska ve skeletu.



Graf č.2

Z celkového počtu 100 pacientů, kteří podstoupili WB a SPECT bylo 48 % shodných nálezů. Mezi shodné nálezy byly zařazené nálezy se stejným počtem ložisek na WB a SPECT a dále i negativní (nulové) nálezy, jež jsou také shodné. Neshodné nálezy nám zde představují 52% z celkového počtu 100 pacientů, lze tedy říci že v 52% nám SPECT přinesl jinou a novou informaci, nebo upřesnil nález.

Výsledný základní statistický soubor byl podle kritérií rozdělen na statistické znaky, podle kritérií (SZ): 1. pacienti se sporným nálezem na WB, ale potvrzeným nálezem na SPECT (bylo jich 13), za 2. pacienti, u kterých byl negativní nález na WB, a i negativní nález na SPECT vyšetření (19 pacientů), 3. pacienti s pozitivním nálezem na WB, a i pozitivním nálezem na SPECT, ale s dalšími objevenými ložisky na SPECT (34 pacientů), za 4. pacienti u kterých byl nález shodný jak na WB tak i na SPECT (29 pacientů), za 5. pacienti s negativním nálezem na WB, ale pozitivním nálezem na SPECT (5 pacientů).

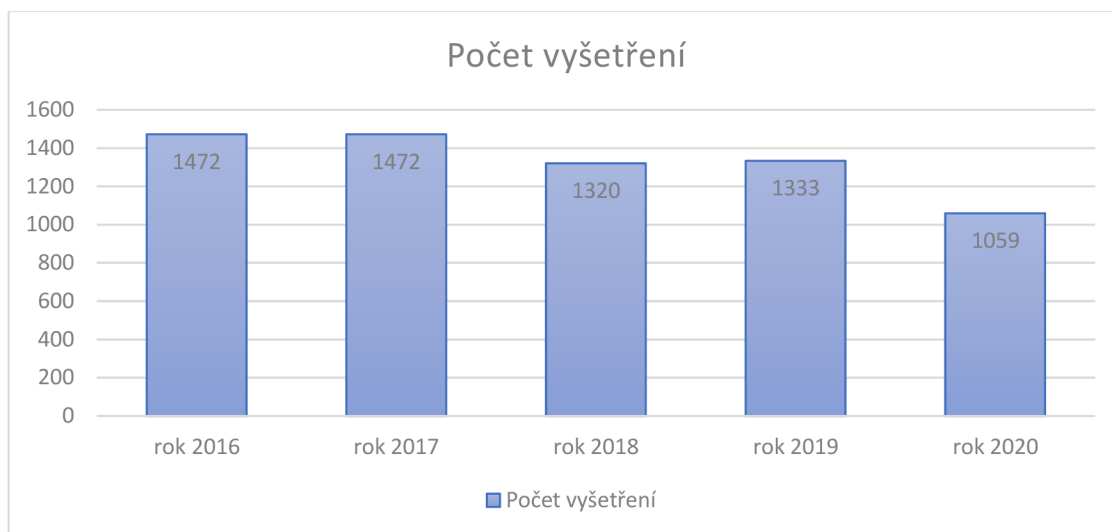


Graf č.3 počet pacientů

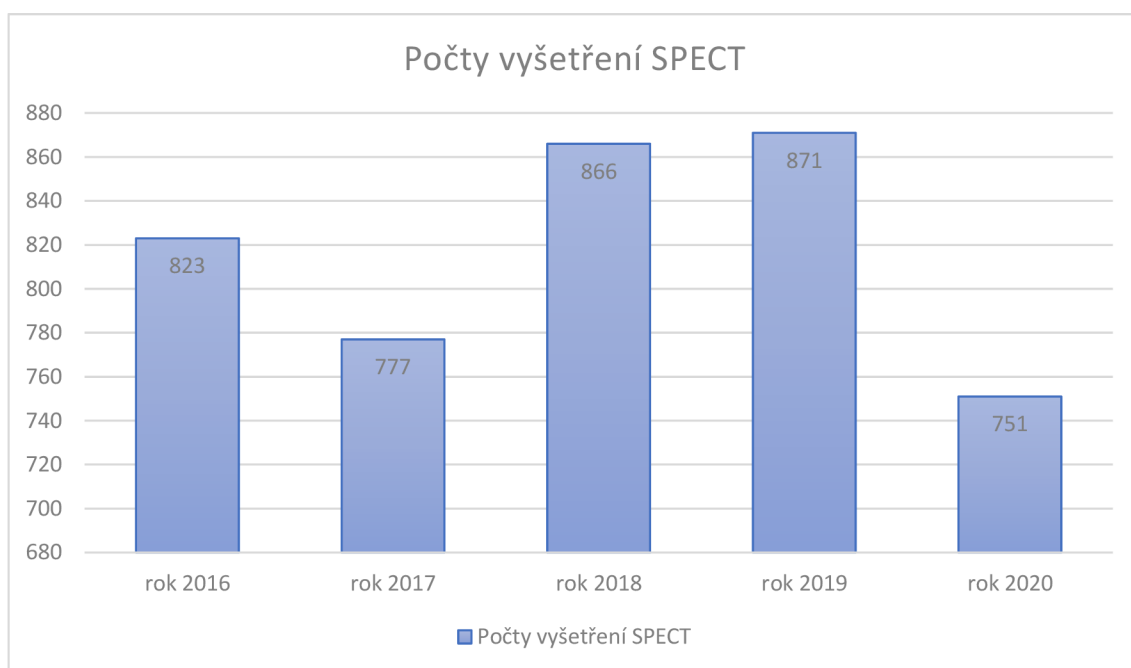
Na grafu č.3 je patrné že nejvíce pacientů bylo ve statistickém souboru č.3, do kterého patří pacienti s nalezeným pozitivním ložiskem na WB a také s pozitivním ložiskem na SPECT, ale na SPECT se objevilo ložisko navíc které nebylo na WB snímcích nalezeno. Celkově se jednalo o 34 pacientů ze 100.

A naopak podle grafu č.3 bylo nejméně nalezených pacientů ve statistickém souboru č.5, jednalo se o pacienty s negativním nálezem na WB, ale s pozitivním nálezem na SPECT vyšetření, jednalo se o 5 pacientů z celkového počtu 100.

Počty všech celotělových scintigrafií skeletu a počty SPECT vyšetření na ONM České Budějovice za posledních 5 let shrnuty v grafu č.4. a č. 5,



Graf č.4 Počty celotělových scintigrafií skeletu na ONM v Českých Budějovicích za posledních 5 let

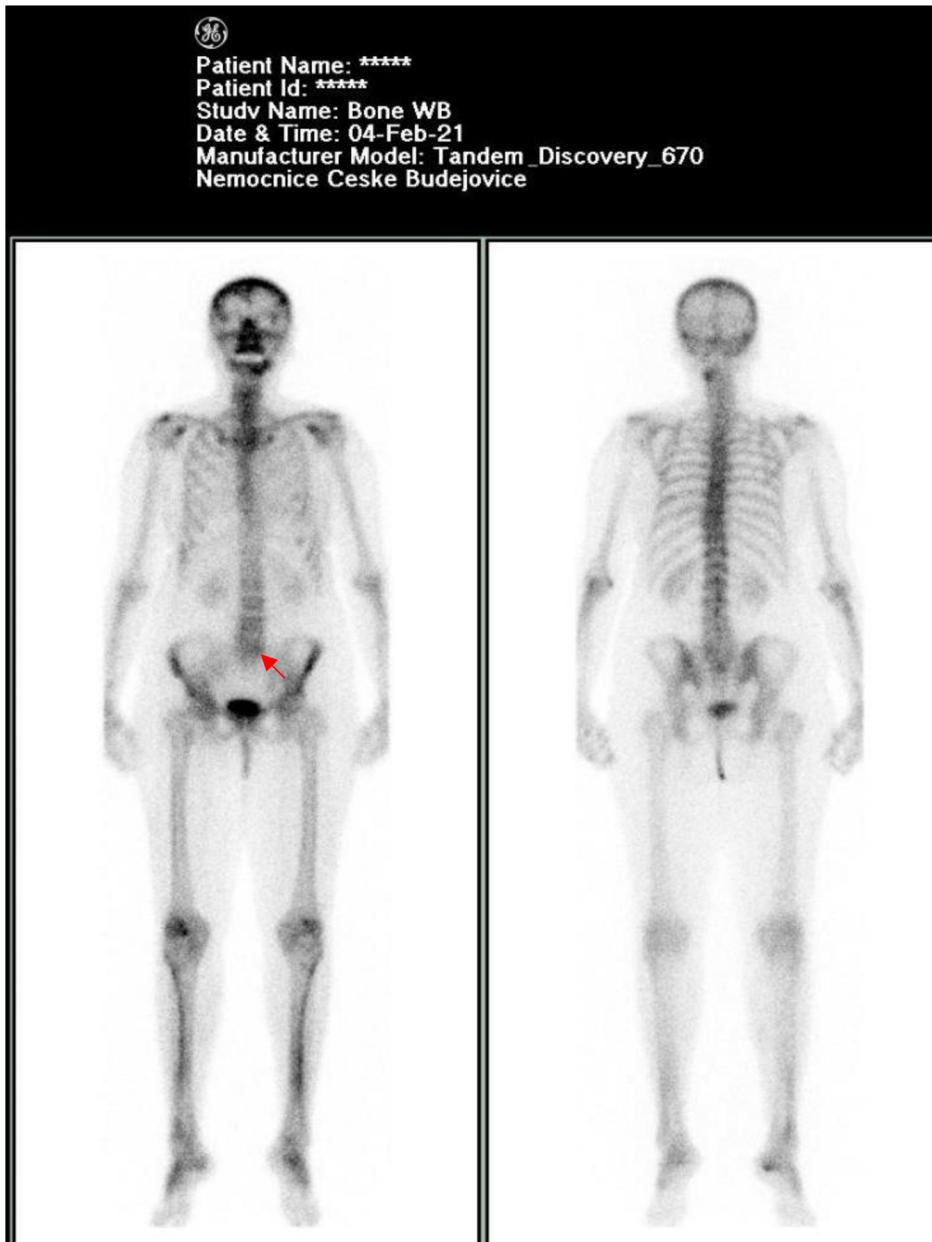


Graf č.5. počty SPECT vyšetření skeletu provedených společně s WB skeletu na ONM České Budějovice za posledních 5 let

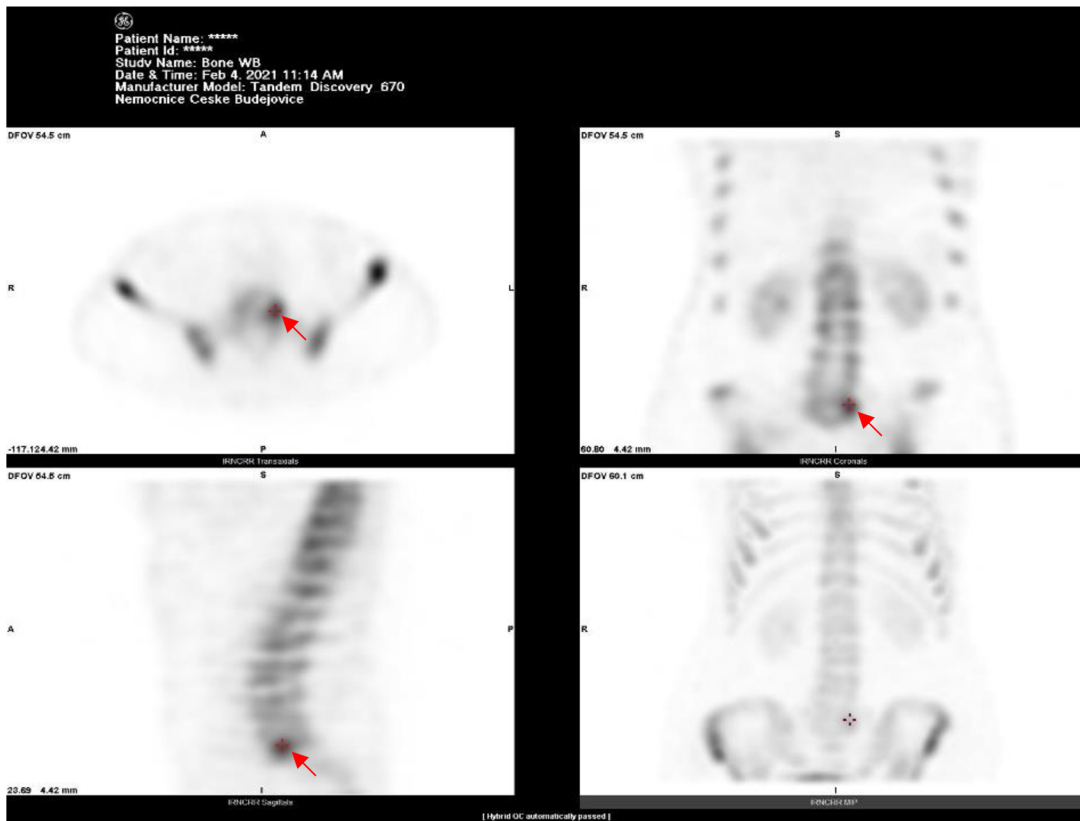
Jak je vidět na grafu č.4 tak počty všech celotělových scintigrafií skeletu na ONM České Budějovice za posledních 5 let mírně klesá, z důvodu jiných metod (CT, MRI). V roce 2016 bylo provedeno 1472 vyšetření celotělovou scintigrafií skeletu a oproti tomu v roce 2020 bylo provedeno jen 1059 vyšetření na ONM v Českých Budějovicích.

Dále v grafu č.5 máme počty všech SPECT vyšetření skeletu provedené současně s WB skeletu na ONM České Budějovice, které byly provedeny za posledních 5 let. Z grafu můžeme říct, že počty vyšetření pomocí SPECT skeletu jsou každý rok rozdílné, z důvodu jiných dostupných metod (CT, MRI). V roce 2016 bylo provedeno 823 vyšetření celotělovou scintigrafií skeletu a oproti tomu v roce 2020 bylo provedeno jen 751 vyšetření na ONM v Českých Budějovicích.

Počet sporných ložisek na WB byl 13, a všechny byly potvrzeny a upřesněny na SPECT vyšetření. Sporná ložiska se jeví jako místa se zvýšenou aktivitou radiofarmaka, ale ne přímo prokazatelnou aktivitou. Na WB byla sporná ložiska, která byla potvrzena na SPECT a dále jsou značená jako SZ č. 1. Sporných ložisek na WB které byly na SPECT potvrzeny z celkových 100 pacientů, bylo 13 %. (vzorový snímek č.2)

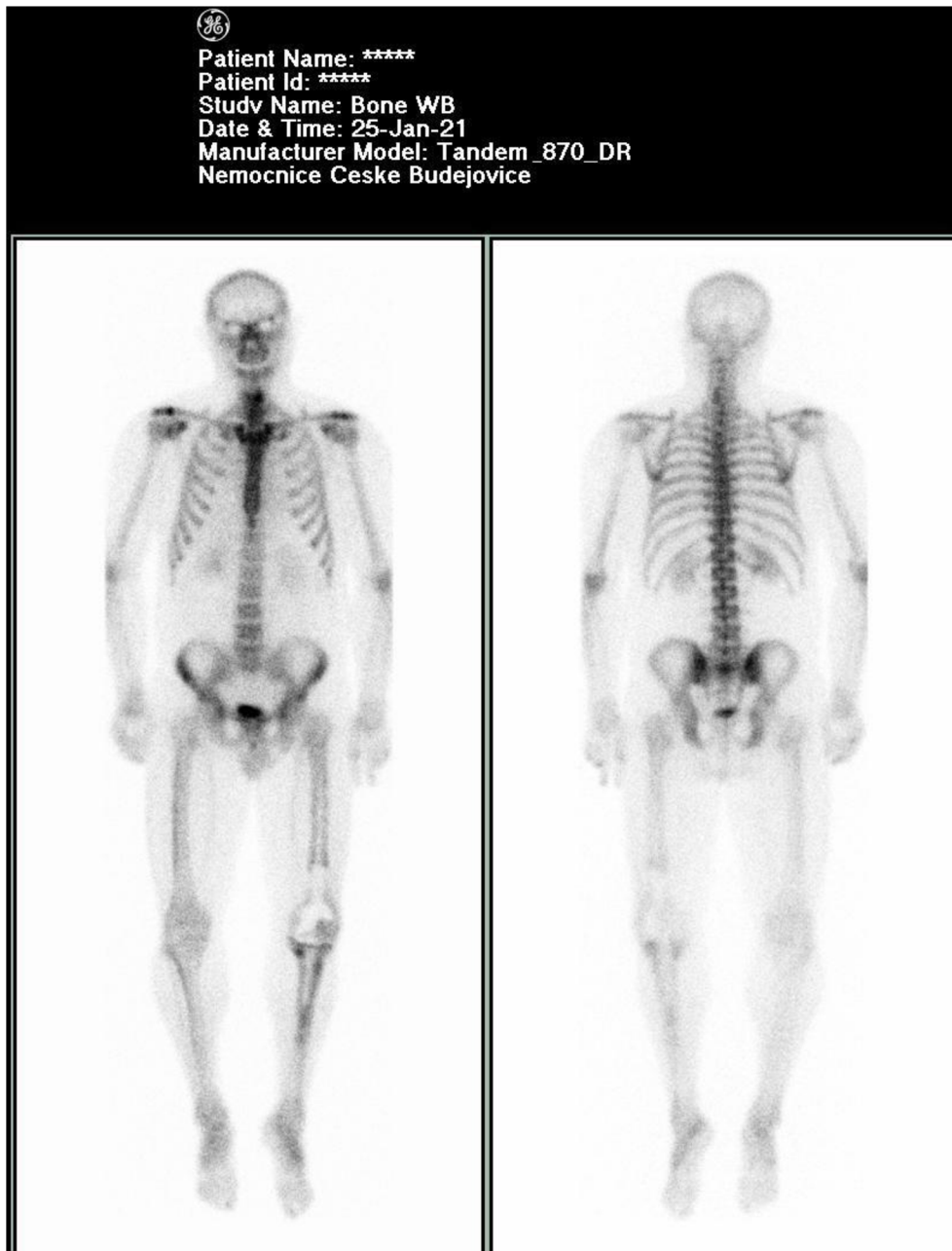


Snímek č.2. WB – na WB bylo hodnoceno jako nejasné ložisko v přechodu L5/S1.



Snímek č.2. SPECT – potvrzení nejasného ložiska na SPECT v oblasti přechodu L5/S1.

Další porovnání bylo z hlediska nálezů negativních nálezů na WB a též na SPECT, vyšetření neprokázala žádná ložiska se zvýšeným vychytáváním radiofarmaka, oproti celkovému počtu všech pacientů. Negativních nálezů shodných jak na WB a SPECT bylo 19 z celkových 100 pacientů, jež je v úvodu označen jako SZ č.2. Oba negativní nálezy jak na WB tak na SPECT, byly nalezeny v 19% ze všech 100 pacientů.

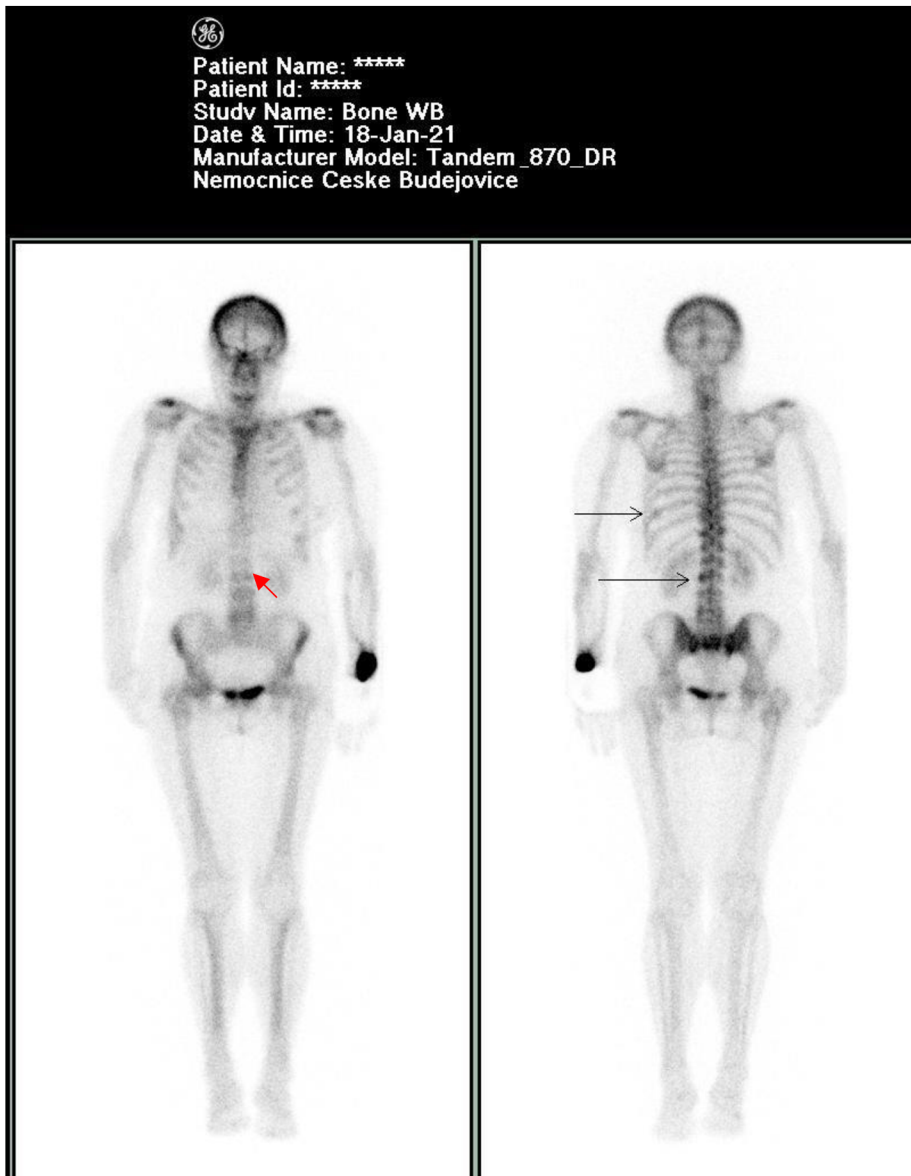


Snímek č.3. WB – snímek bez ložisek zvýšené aktivity v rozsahu zorného pole SPECT.

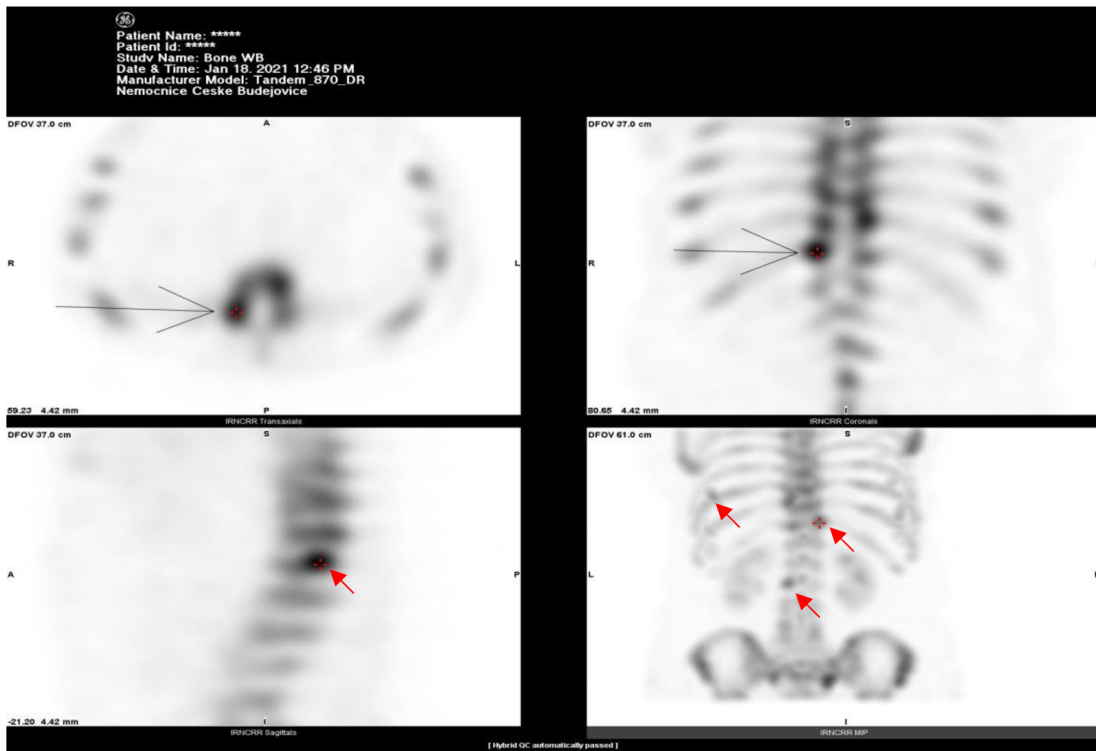


Snímek č.3. SPECT – snímek bez ložisek zvýšené aktivity.

Počet pozitivních nálezů (pozitivní nález, je ložisko zvýšené aktivity odpovídající ložiskovému zvýšení kostního metabolismu) na WB a s potvrzením na SPECT s dalšími nalezenými ložisky navíc, která se nezobrazila na WB. Na počtu nových ložisek nezáleží. Pozitivní nálezy s ložisky navíc jsou značené jako SZ č.3, z celkových 100 pacientů jich bylo 34 pacientů s pozitivním nálezem na WB a s potvrzeným ložiskem navíc na SPECT. Celkový počet všech pozitivních nálezů na WB s následným nálezem ložiska navíc na SPECT, bylo 34 % ze všech 100 pacientů.

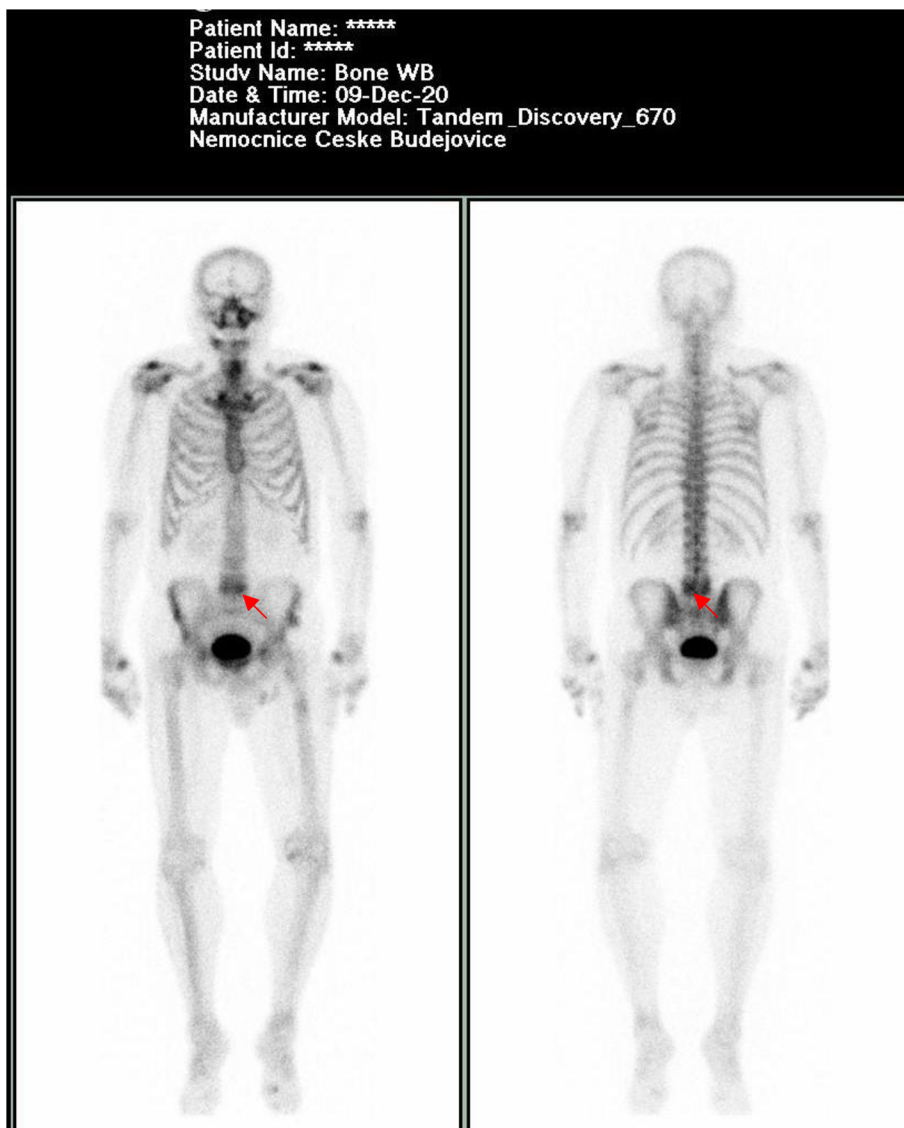


Snímek č.4. WB – na WB ložisko v žeburu, a ložisko v L2.

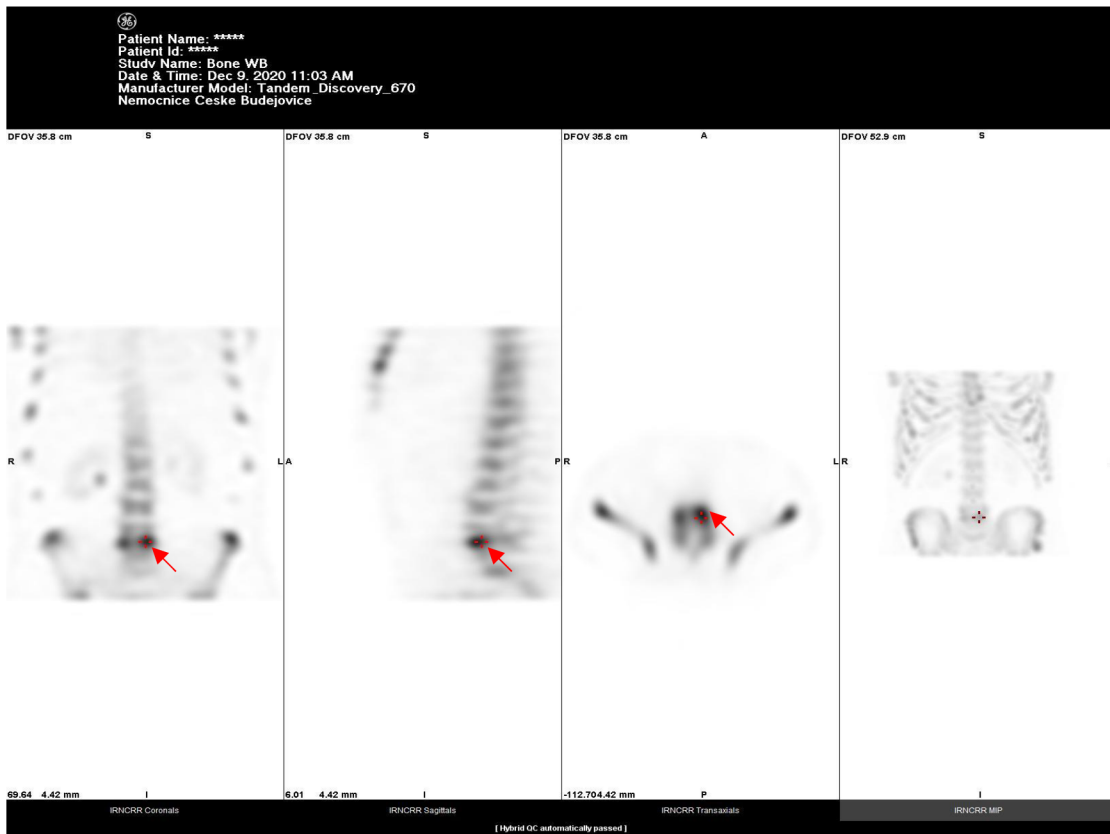


Snímek č.4 SPECT – Na SPECT shodná ložiska v žebří a v L2, ale ložisko navíc v Th11

Dále tu máme počet shodných pozitivních nálezů na WB a SPECT. Shodné pozitivní nálezy jak na WB tak SPECT jsou označeny jako SZ č.4, a ze 100 pacientů jich mělo 29 shodné pozitivní nálezy u obou vyšetření. Dále shodné počty nálezů na WB a SPECT, bylo 29 % z celkového počtu 100 pacientů.

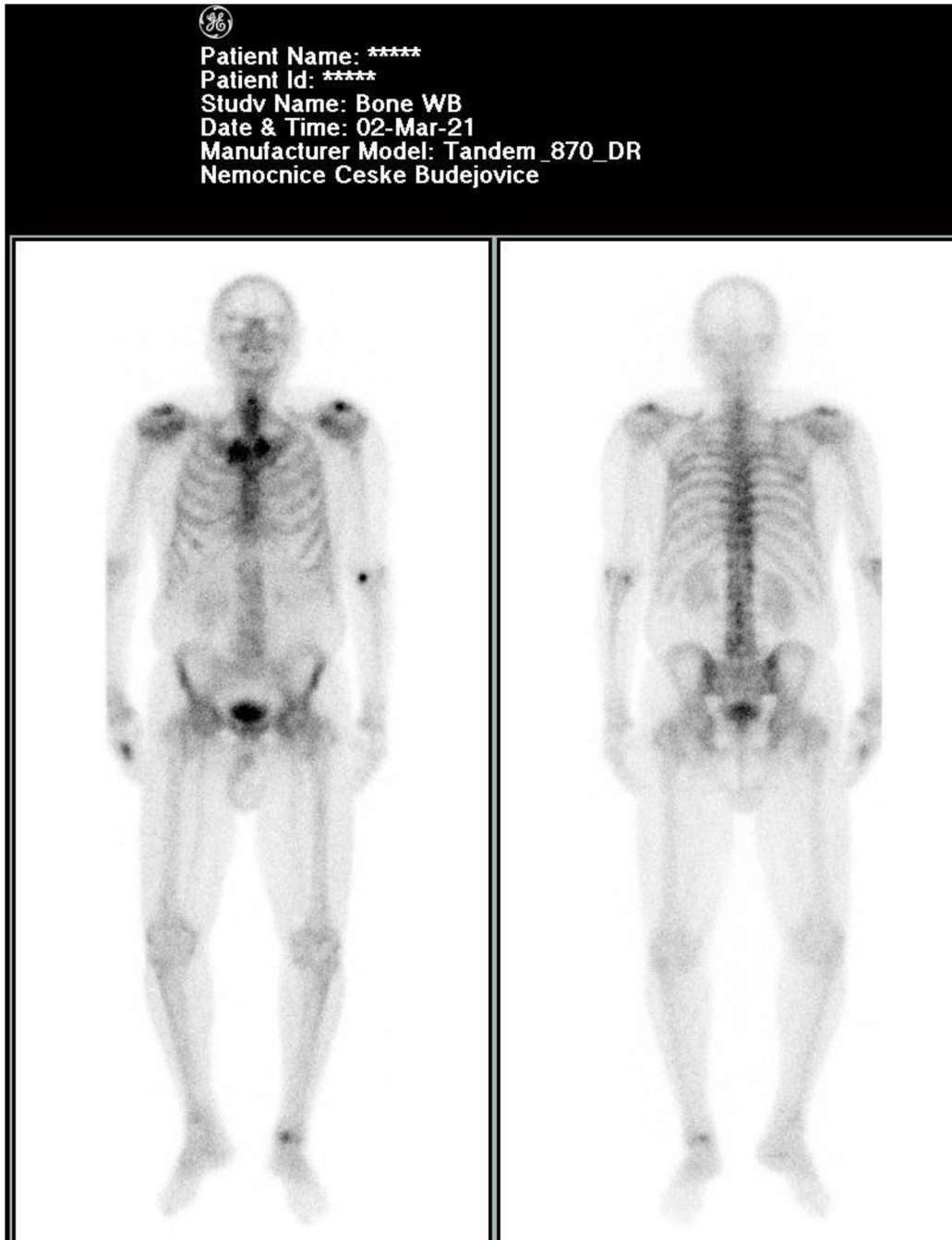


Snímek č.5. WB – nález 1 ložiska zvýšené aktivity v L5, shodné na WB a SPECT.

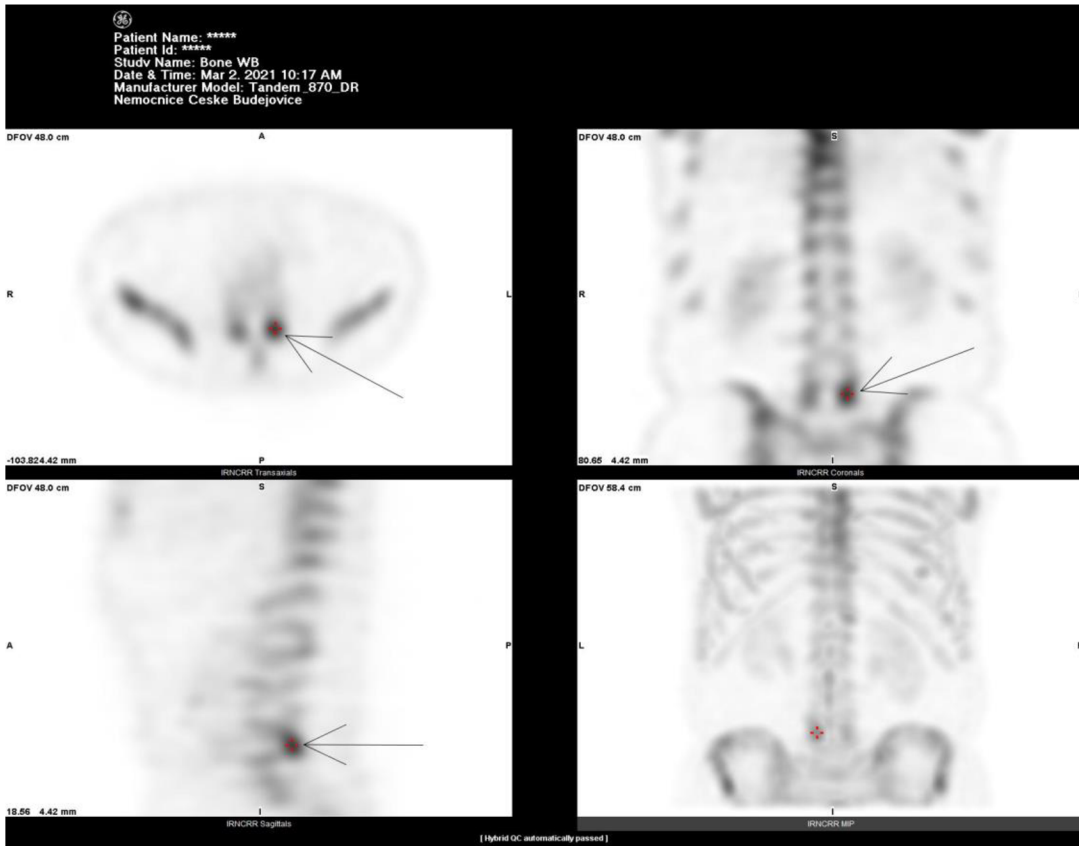


Snímek č.5. SPECT – nález 1 ložiska zvýšené aktivity v L5.

WB bez nálezu ložisek, ale na SPECT vyšetření objevení ložiska. Nálezy řazené jako SZ č.5, z celkových 100 pacientů, jich bylo nalezeno 5. A poslední skupinou byly sporné nálezy na WB, které byly potvrzeny a upřesněny na SPECT. Z celkových 100 pacientů jich 5 % bylo sporných a následně potvrzených.



Snímek č.6. WB – bez ložisek zvýšené aktivity v rozsahu zorného pole SPECT.



Snímek č.6. SPECT – na SPECT jasně ložisko v přechodu L4/5 (kloub).

Diskuse

V úvodní části této práce jsem rozebrala základní teoretické poznatky z anatomie a určitých kapitol nukleární medicíny k pochopení tohoto tématu. Pro pochopení SPECT a celotělové scintigrafie skeletu, bylo důležité projít vhodnou literaturu spojenou s tímto tématem, pomocí níž byly pochopeny rozdíly a výhody obou vyšetření.

V prvních kapitolách získá čtenář podvědomí o anatomii, biologických účincích záření, druhů radiofarmak, o detekci záření a planární scintigrafii. Dále se čtenář dozví, že scintigrafie skeletu je nejčastějším vyšetřením na odděleních nukleární medicíny, které nemají PET, na ONM Českých Budějovicích platí že scintigrafie skeletu je druhá nejčastější metoda po vyšetření PET. Pomocí jehož principu zobrazíme patologické procesy v kostech (nejčastěji nádory a jejich metastázy, ale i nenádorové onemocnění). Scintigrafie skeletu funguje na principu příjmu emitovaného záření gama, které vychází z těla pacienta po aplikaci radiofarmaka $^{99m}\text{Tc-MDP}$, případně $^{99m}\text{Tc-HDP}$ (množství podaného radiofarmaka závisí na hmotnosti pacienta). Existuje hned několik modalit scintigrafie skeletu mezi, než patří planární dvojrozměrné zobrazení, dále tomografická scintigrafie skeletu.

Obecně se užívá celotělové scintigrafie skeletu doplněné o vyšetření SPECT, jelikož celotělová scintigrafie skeletu zobrazí objekt dvojrozměrně, tak dochází k sumaci ložisek a její špatné detekci, proto se využívá SPECTu, který zobrazí určitou část (např. trup, nohy) objektu trojrozměrně. Pro srovnání v roce 2016 bylo provedeno 1472 vyšetření pomocí celotělové scintigrafie skeletu na ONM v Českých Budějovicích, a k porovnání v roce 2020, bylo provedeno jen 1059 těchto vyšetření. A pro srovnání SPECT vyšetření skeletu průběžně provedené s WB skeletu v roce 2016 bylo provedeno 823, a v roce 2020 bylo provedeno 751 vyšetření na ONM v Českých Budějovicích. Lze tedy konstatovat, že dochází k poklesu využití obou vyšetření jak SPECT tak celotělové scintigrafie skeletu. (Graf. č.4 a č.5)

V další části je popsán cíl práce, výzkumná otázka a metodika získání i zpracování dat. Cílem práce je stanovit přínos SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu na Oddělení nukleární medicíny v Českých Budějovicích. Sběr dat a zpracování proběhly na pracovní stanici Xeleris na ONM ČB v programu WB (whole body) a SPECT trupu. Pro získání

výsledků bylo nutné pečlivě projít snímky WB a SPECT a pečlivě je porovnat a zapsat nálezy, případně prokonzultovat pochybnosti s vedoucím práce.

Už i při prvním pohledu jde upozorovat zvýšenou akumulaci v namáhaných kloubech a páteři, nutné bylo odlišit nejasnou aktivitu od jasných ložisek, většina pozitivních ložisek (pozitivní nález, je ložisko zvýšené aktivity odpovídající ložiskovému zvýšení kostního metabolismu) je ohraničená (viz. vzorové snímky č.2, č.3, č.4, č.5, č.6).

V mé práci jsem porovнала výsledky se skripty Nukleární medicíny, kde je stručně popsán přínos SPECT, jež je upřesnění anatomické polohy, odstranění sumace vrstev (umožní oddělené zobrazení struktur ležících za sebou v různé hloubce), zvýšení kontrastu a díky tomu citlivější zachycení lézí ve skeletu, a poslední výhodou je odstranění okolního aktivity pozadí. Přínos mé práce spočívá v potvrzení přínosu SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu, v 52 % SPECT přinesl novou nebo upřesněnou informaci o ložiskách.

Bohužel získaná data nemohou být brána za úplně pevné, protože výzkum proběhl pouze na jednom oddělení a s malým počtem pacientů, může ale posloužit jako orientační.

Závěr

Cílem této práce bylo zjistit v jakém procentu přinesl SPECT proti celotělové scintigrafii skeletu nová zjištění, výzkum probíhal na ONM v Českých Budějovicích od 1.12.2020 do 18.2.2021.

Po zhodnocení nasbíraných dat všech 100 pacientů, jsem dospěla k závěru, že v 52 % došlo k upřesnění nejasného ložiska nebo objevení nového ložiska ve skeletu. Ve 34% nám SPECT přinesl potvrzení WB ložisek a objevení nového ložiska díky SPECTu, dále nám ve 13% potvrdil sporný (nejasný) nález na WB, a v 5% nám přinesl oproti negativnímu WB vyšetření nový nález. Dá se tedy říct, že SPECT ve více než padesáti procentech nám přinesl úplně novou informaci nebo ji alespoň upřesnil a lépe detekoval. A na druhou stranu SPECT ve 48% nepřinesl žádnou novou informaci, buď potvrdil negativní nález jak WB tak i SPECT trupu v 19% případů, a nebo objevil stejný počet ložisek nalezených na WB a SPECT trupu ve 29% případů.

V této práci byl stanovený cíl splněn a výsledky této práce bude možné využít v praxi jako pomocný údaj lékařům na ONM v Českých Budějovicích nebo jako učební materiál pro studenty Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích.

Seznam použité literatury

BHARGAVA, S. K., 2005. *Radiological differential diagnosis*. New Delhi: Jaypee Bros. Medical. ISBN 978-93-5025-290-1.

ČIHÁK, R., 2001. *Anatomie*. 2. upravené a doplněné vydání. Ilustroval Milan MED. Praha: Grada. ISBN 80-7169-970-5.

DYLEVSKÝ, I., 2000. *Somatologie*. 2. vydání. Olomouc: Epava. ISBN 80-86297-05-5.

DYLEVSKÝ, I., 2006. *Základy anatomie*. Praha: Triton. ISBN 80-7254-886-7.

FAYCAL K., 2013. *Principles and Applications of Nuclear Medical Imaging: A Survey on Recent Developments*[online]. [Cit. 2020 -11-12]. DOI: 10.5772/54884.

Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/imaging-and-radioanalytical-techniques-in-interdisciplinary-research-fundamentals-and-cutting-edge-applications/principles-and-applications-of-nuclear-medical-imaging-a-survey-on-recent-developments>

FIALA, P., VALENTA, J., EBERLOVÁ, L., 2015. *Stručná anatomie člověka*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-2693-2.

HAVRÁNKOVÁ, R. et al., 2018. *Základy radiobiologie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-696-8.

HEŘMANSKÁ, J., 2005. *Klinická dozimetrie*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta. 60 s., ISBN 80-7040-759-X.

KLENER, P., 2011. *Základy klinické onkologie*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-716-5.

KORANDA, P., 2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.

KUBINYI, J., *Scintigrafie skeletu* [online]. [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: https://el.lf1.cuni.cz/unm_vysetreni_skeletu

KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M., 2007. *Nukleární medicína*. Učební text. Praha: P3K. ISBN 978-80-903584-9-2.

LANG, O., 1998. *Nukleární medicína*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-721-6.

LANGFELNEROVÁ, M., 2019. *Obrázek č.1. kostra člověka* [online]. [Cit. 2020-09-30] Dostupné z: <http://milada-langfelnerova.cz/operna-soustava-k-o-s-t-i/>

LEPŠ, J., ŠMILAUER P., 2016. *Biostatistika*. České Budějovice: Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-587-9.

MAČÁK, J., MAČÁKOVÁ J., DVOŘÁČKOVÁ, J., 2012. *Patologie*. 2. upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3530-6.

MATTSSON, S., HOESCHEN C., 2013. *Radiation protection in nuclear medicine*. Berlin: Springer. ISBN 978-36-4231-167-3.

Místní radiologický standard NCB ONM, 2017, *Scintigrafie skeletu*, zpracovali: Ing. Eva Tupá, MUDr. Ladislav Šabata

NAŇKA, O., ELIŠKOVÁ, M., 2015. *Přehled anatomie*. 3 doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-206-0.

NZIS., 2018. *NZIS REPORT č. K/23 (08/2020) - Stručný přehled činnosti oboru nukleární medicína za období 2007–2019* [Online]. [Cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/category/tematicke-rady/zdravotnicka-statistika/nuklearnimedicina>.

PARKER, Steve, 2016. *Lidské tělo*. Druhé rozšířené vydání. Přeložil Jiří BRABEC, přeložil Sergej Vladislav BULDOV, přeložil Stanislav CITA, přeložil Irena CITOVÁ, přeložil Veronika NĚMCOVÁ, přeložil Zdeňka NOVÁKOVÁ, přeložil Jaromíra SMAZALOVÁ, přeložil David KACHLÍK. Praha: Knižní klub. Universum (Knižní klub). ISBN 978-80-242-5301-5

SAMEI, E., PECK, D., 2019. *Nuclear Medicine, chapter 8, chapter 6 (Projection X-ray Imaging), chapter 4 (Radiobiology, Dosimetry, and Protection)*. Copyright John Wiley & Sons. ISBN: 978-04-7055-220-9.

ŠABATA, L., 2019. *Nukleární medicína-technické základy: přístrojová a výpočetní technika v nukleární medicíně, základy radiofarmak a specifika radiační ochrany v nukleární medicíně*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-734-7.

ŠABATA, L., CHROUSTOVÁ, D., KRATOCHVÍL, V., 2018. Poznámky z hodin Nukleární medicína 3 (Klinická NUM) + poskytnuté prezentace a PDF soubory. České Budějovice - Jihočeská univerzita, ZSF: autor neznámý.

ŠLAMPA, P., PETERA, J., 2007. *Radiační onkologie*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-469-0.

ULLMANN, V., 2020 *Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína*. AstroNuklFyzika [online]. [Cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm>

VAKILI S. M, SEDAGHAT, S., 2018. *Is 99m Tc-methylene diphosphonate bone scintigraphy a sensitive method for detecting bone lesions in multiple myeloma?* [online]. Caspian J Intern Med. 9(2):140-143. [Cit. 2021-02-01]. DOI:10.22088/cjim.9.2.140. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5912221/>

VIŽĎA, J. et al., 2006. *Atlas kostní scintigrafie*. 1.vydání. Husinec-Řež: LACOMED. ISBN 978-80-239-6676-3.

VOMÁČKA, J., 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2. doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.

ZÁŠKODNÝ, P., et al., 2016. *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. 3.vydání. Praha, Czech Republic: Curriculum, 256 s. Statistics and Probability. ISBN 978-80-87894-12-5.

Seznam příloh a obrázků

Obrázek č.1: Kostra člověka	9
Snímek č.1. WB	31
Snímek č.1. SPECT	32
Graf č.1. Počet pacientů	34
Tabulka č.1. Seznam pacientů	35
Graf č.2. Shodné nálezy a neshodné	36
Graf č.3. Počet pacientů	37
Graf č.4. Počet celotělové scintigrafie skeletu na ONM České Budějovice za 5 let.....	38
Graf č.5. Počet SPECT vyšetření skeletu provedených společně s WB skeletu na ONM České Budějovice za 5 let.....	38
Snímek č.2. WB	39
Snímek č.2. SPECT	40
Snímek č.3. WB	41
Snímek č.3. SPECT	42
Snímek č.4. WB	43
Snímek č.4. SPECT	44
Snímek č.5. WB	45
Snímek č.5. SPECT	46
Snímek č.6. WB	47
Snímek č.6. SPECT	48

Seznam zkratek

ANO	akutní nemoc z ozáření
CT	Computed Tomography
GIT syndrom	gastrointestinální syndrom
HE	high energy
I.v.	intravenózní
LE	low energy
LEAP	Low Energy All Purpose
LEHR	Low Energy High Resolution
LEUHR	Low Energy Ultra High Resolution
ME	medium energy
MR	Magnetic resonance
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
RF	radiofarmakum
RTG	rentgen
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography
WB	whole body (celotělové)