

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Indexy SI skloubení
Stanovení normálních hodnot

Bakalářská práce

Autor práce: Karel Mařík
Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Radiologický asistent
Vedoucí práce: MUDr. Ladislav Šabata

Datum odevzdání práce: 2. 5. 2012

Abstrakt

Indexy SI skloubení. Stanovení normálních hodnot. Předkládaná bakalářská práce si klade za cíl stanovit normální hodnoty u dospělých osob bez patologických změn v oblasti SI skloubení, LS páteře a pánve vyšetřených pomocí celotělové scintigrafie skeletu na Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích. U pacientů s podezřením na zánět v oblasti SI skloubení se vyšetřuje aktivita v tomto skloubení pomocí celotělové scintigrafie skeletu, z níž se následně pomocí ROI vypočítává poměr aktivity v SI skloubení proti aktivitě v kosti křížové nebo L páteři. První hypotéza předpokládá, že u osob bez patologie v oblasti SI skloubení se normální hodnoty pohybují v rozmezí 1,0–1,4.

Ke stanovení normálních hodnot byl vytvořen referenční soubor z osob, u kterých celotělový scintigram nevykazoval patologii v oblasti LS páteře a SI skloubení a nebylo u nich klinické podezření na zánět SI skloubení. Osoby vybrané do souboru neměly morbus Bechtěrev, trauma pánve a LS páteře, ložiska změněného kostního metabolismu v oblasti LS páteře či pánve. Jejich věk se v termínu vyšetření pohyboval v rozmezí 25–45 let. Pomocí techniky ROI jsou získány hodnoty z oblastí pravého a levého SI skloubení, z oblasti L4 a os sakrum, z nichž jsou poté vypočítány poměry k ověření druhé hypotézy, která předpokládá, že pro stanovení normálních hodnot v oblasti SI skloubení je vhodnější použít ke komparaci os sakrum než L4. Z těchto oblastí jsou následně pomocí statistických výpočtů stanoveny normální hodnoty pro oblast SI skloubení, které budou nápomocny při diagnostice zánětlivých onemocnění páteře u pacientů vyšetřených celotělovou scintigrafií na Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích.

Abstract

Indices SI joint. Determination of normal values. The present thesis aims to establish normal values in adults without any pathological changes in the SI joint, LS spine and pelvis who are examined at the whole-body bone scintigraphy in the Department of Nuclear Medicine Hospital in Czech Budejovice. The SI joint is examined in patients with suspected inflammation in focusing on the joint activity with the whole-body scintigraphy of the skeleton. Then, using the ROI ratio, the ratio of the activity in the SI joint activity and the sacrum or L spine is calculated. The first hypothesis assumes that people without any pathology changes of the SI joint belong to the range of 1,0–1,4.

To determine the normal values, a reference file was created based on data of people whose whole body scintigram showed no pathology in the LS spine and SI joint and without any clinical suspicions of SI joint inflammation. The people selected for this research had not suffered from Bechterew's disease, pelvic trauma and LS spine, bearing altered bone metabolism in the LS spine or pelvis. Their age at the examination time ranged from 25 to 45 years. Applying the ROI technology, values were obtained from the areas of the right and left SI joint, from the L4 and os.sakrum to verify the second hypothesis. This hypothesis assumes that in order to determinate normal values in the SI joint it is better to make a comparison using os.sakrum than L4. Applying statistical calculations, normal values of the SI joint are determined from these areas. The values will assist in the diagnosis of inflammatory diseases of spine in patients who are examined at the scintigraphy in the Department of Nuclear Medicine Hospital in Czech Budejovice.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně a 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 elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích 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 2. května 2012

Karel Mařík

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce MUDr. Ladislavu Šabatovi za metodické vedení, odborné konzultace a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této práce, a ing. Milanu Dušovi za odbornou pomoc při statistickém zpracování výsledků měření.

Obsah

Úvod	9
1 Současný stav	10
1.1 Historie oboru	10
1.2 Scintigrafie skeletu	12
1.2.1 Fyzikální princip scintigrafie.....	12
1.2.2 Celotělová scintigrafie skeletu.....	13
1.2.3 ROI.....	16
1.3 Spondylartritidy.....	17
1.4 Statistika.....	20
1.5 Měření indexů SI skloubení na Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích.....	21
2 Cíl práce a hypotézy	23
2.1 Cíle práce.....	23
2.2 Hypotéza.....	23
3 Metodika	24
3.1 Metodika práce.....	24
3.2 Charakteristika zkoumaného souboru.....	25
4 Výsledky	26
4.1 Výsledky měření hodnoty ROI.....	26
4.1.1 Hodnoty indexů.....	26
4.1.2 Komparace hodnot indexů.....	27
4.1.3 Hodnoty výběrových průměrů a standardních nejistot typu A	30
4.1.4 Hustota pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot.....	33
4.2 Statistické zpracování výsledků.....	37
4.2.1 Stanovení normálních hodnot	37
4.2.2 Srovnání přesnosti indexů os sakrum s L4.....	40
5 Diskuse	44

6 Závěr.....	47
7 Seznam použité literatury.....	48
8 Klíčová slova	51
9 Seznam zkratek.....	52
Přílohy.....	53

Úvod

V současné době patří bolesti zad mezi jedny z nejčastějších zdravotních problémů, za něž je většinou zodpovědný špatný životní styl, přičemž pouze asi čtvrtina těchto problémů je způsobena skutečným onemocněním páteře. Bolesti zad patří mezi takzvané civilizační nemoci a jsou častou příčinou pracovní neschopnosti. Jejich příčina je sice poměrně často banální, kupříkladu přetížení, špatná statika nebo projev opotřebenosti, podkladem však může být zánětlivý, systémový nebo maligní proces (7).

Tato nemocnění představují hluboký zásah do života člověka. Vyrovnání se s chorobou neprobíhá jednorázově. Je to složitý akt, závisející na osobnosti člověka, na dřívější zkušenosti s překonáváním překážek, na přijetí pacientovy choroby okolím a také na věku, kdy nemoc přichází. Mezi chorobami zad existují rozdíly dopadu na život pacienta. Většinou tyto choroby nezkracují život, ale přinášejí život plný bolesti, útrap, existuje i možnost funkčních poruch až invalidita. Výrazně je změněna kvalita života jednotlivce. Typickým rysem jsou zjevné tělesné změny. Přijetí těchto změn je složitější u žen a u mladých lidí. Mnoho lidí končí v částečném či plném invalidním důchodu.

Jak bylo již uvedeno výše, jednou z mnoha příčin těchto onemocnění jsou záněty. Diagnostiku této příčiny bolesti zad lze rozdělit na několik kmenů a to laboratorní, zobrazovací, anamnestickou a klinickou (7). Zatímco anamnestické údaje, klinické příznaky a laboratorní metody prokázání zánětlivých onemocnění páteře (spondylartritid) nejsou předmětem této práce, pak metody zobrazovací a zejména scintigrafie skeletu jako jedna ze zobrazovacích metod pro své unikátní a jedinečné vlastnosti bude meritem tohoto pojednání. Na odděleních nukleární medicíny představuje scintigrafie skeletu jedno ze základních a nejčastěji prováděných vyšetření, jehož přednost v diagnostickém procesu je založena především na skutečnosti, že v naprosté většině případů metabolické změny ve skeletu předcházejí změnám strukturálním (16).

1 Současný stav

1.1 Historie oboru

Nukleární medicína je lékařský obor zabývající se diagnostikou a léčbou nemocí pomocí ionizujícího záření z otevřených zářičů aplikovaných do vnitřního prostředí organismu (11).

Metody nukleární medicíny jsou založeny na tzv. stopovacím nebo indikátorovém principu, který objevil v roce 1913 maďarský chemik György Hevesy. Radioaktivní izotopy se chovají chemicky zcela shodně jako stabilní izotopy téhož prvku. Princip metody spočívá v možnosti sledovat sloučeniny označené radioaktivním izotopem pomocí ionizujícího záření, jež příslušný izotop vydává. V organismu pak lze označenou látku sledovat a měřit její množství pomocí detektorů záření gama. Za objev indikátorového principu získal Hevesy v roce 1943 Nobelovu cenu za chemii (11).

Rozvoj nukleární medicíny na přelomu třicátých a čtyřicátých let byl umožněn především objevem umělé radioaktivity v roce 1932. První umělý radionuklid ^{32}P připravili Frederic Joliot-Curie a jeho žena Irene v roce 1934. Ve stejném roce byl připraven i ^{128}I (Fermi) a později Livingoodem a Seaborgem také ^{131}I . Na základě Hevesyho experimentů s radionuklidem ^{32}P začali lékaři massachusettské všeobecné nemocnice v Bostonu využívat izotopy jódu ^{128}I a ^{131}I k diagnostice chorob štítné žlázy (11).

Zpočátku se metody nukleární medicíny omezovaly pouze na měření aktivity in vitro a in vivo. Prvním zařízením, které umožňovalo zobrazit distribuci radiofarmaka v organismu, byl pohybový scintigraf. Přístroj zkonstruoval Benedict Cassen se svými spolupracovníky v roce 1951 (19). Zařízení se skládalo z detekční jednotky, elektronické aparatury, zapisovacího zařízení a stojanu s mechanickým zařízením zajišťujícím synchronní pohyb detekční jednotky nad vyšetřovaným a písátka nad papírem. Nevýhodou zařízení byla velmi nízká účinnost měření a zdlouhavost vyšetření; přístroj neumožňoval provádět dynamická vyšetření. Předchůdcem dnešní

gamakamery byl přístroj, který sestrojil H. O. Anger v roce 1952 (19). Zařízení používalo jednoděrový kolimátor a záznam scintilací na fotografickou desku. První scintilační kameru sestrojil Anger v roce 1958. Spojením scintilátoru s fotonásobiči došlo ke zlepšení kvality obrazu a rychlosti záznamu. První gamakamera pro medicínské využití byla vyrobena v roce 1964 americkou firmou Nuclear Chicago (9). V Česku sestrojil první pohybový scintigraf A. Caha na lékařské fakultě v Brně. Pozdější dokonalejší přístroj tohoto druhu pochází od J. Boučka a Z. Dienstbiera z lékařské fakulty v Praze. U nás nejdokonalejší amatérský pohybový scintigraf opatřený již víceotvorovými fokusovanými kolimátory byl uveden do provozu v r. 1963 ve Fakultní nemocnici a Lékařské fakultě UP v Olomouci (9).

Metoda přípravy radiofarmak z neradioaktivní sloučeniny upravené pro značení radionuklidy (tzv. kity) byla zavedena již v roce 1937. Ve stejném roce byl připraven také radioizotop technecia ^{99m}Tc , který se později stal jedním z nejvíce využívaných radionuklidů (10). Medicínské využití radionuklidů se rozvíjelo v souladu s vývojem nových detekčních systémů, později spojených s výpočetní technikou, a dále výrobou a vývojem dalších radiofarmak. Tak vznikla nutnost spolupráce lékařů, farmaceutů, fyziků a chemiků, včetně nutnosti osamostatnění se nového vědního oboru – nukleární medicíny (15).

Základním přístrojem pro diagnostické zobrazování v nukleární medicíně jsou dnes rotační scintilační kamery Angerova typu, obvykle dvouhlavé, s digitálním záznamem dat, vybavené počítačovým vyhodnocovacím systémem. Mezi první nuklidy používané k scintigrafii skeletu patřily ^{45}Ca a ^{32}P , beta zářiče s obtížnou detekcí. Klinicky použitelným radiofarmakem pro zobrazení kostního metabolismu byl až počátkem šedesátých let minulého století ^{85}Sr -chlorid, později i generátorový ^{87m}Sr -chlorid a cyklotronový ^{18}F -fluorid. Pro vysokou energii záření a některé další vlastnosti nebyla však tato farmaka příliš vhodná pro zobrazení postupně zaváděnými scintilačními kamerami (16). Moderní éra kostní scintigrafie začíná po roce 1971, kdy Subramanian a McAfee zavedli k zobrazení metabolické aktivity skeletu fosfátové komplexy značené Techneciem 99m. Zpočátku byl hojně používán ^{99m}Tc -pyrofosfát, v dnešní době jsou nejvíce rozšířenými osteotropními radiofarmaky ^{99m}Tc -

Metylendifosfonát (medronát, MDP) a ^{99m}Tc -hydroxymetylendifosfonát (oxidronát, HDP). Snadno se připravují z komerčně dodávaných lyofilizovaných kitů. Díky zvyšující se dostupnosti PET dochází též k renesanci ^{18}F -fluoridu jako dalšího osteotropního radiofarmaka (16).

1.2 Scintigrafie skeletu

1.2.1 Fyzikální princip scintigrafie

Scintigrafie (z latinského scintilla – jiskra) je lékařská diagnostická (zobrazovací) metoda používaná na odděleních nukleární medicíny. Principiálně je založena na zevní detekci záření γ emitovaného radionuklidu (radiofarmaky) distribuovanými v těle pacienta. Záření se snímá scintilačními kamerami do podoby dvojrozměrných či trojrozměrných obrazů (9). Při rentgenových vyšetřeních je zdroj ionizujícího záření, kterým je rentgenka, umístěn mimo tělo pacienta, záření dopadá na rentgenový film, digitální kazetu, digitální panel či zesilovač obrazu a výsledkem je zobrazení tkání s rozdílnou hustotou (např. kosti a měkké tkáně nebo oblasti bez kontrastní látky a s touto látkou). Při vyšetření v nukleární medicíně je zdroj záření – radiofarmakum – uvnitř těla pacienta, záření gama prochází vrstvou tkáně mezi vyšetřovaným okrskem tkáně a povrchem těla a je registrováno detektorem scintilační kamery (9). Dostáváme zobrazení (mapu) distribuce radiofarmaka ve vyšetřované oblasti. Zatímco vyšetření rentgenovými přístroji dovolují popsat anatomii pacienta a všechny odchylky od normálního stavu, vyšetření v nukleární medicíně toto vinou nízkého rozlišení získaných obrazů dokáží jen nedostatečně. Není to však ani jejich účel. Vyšetření v nukleární medicíně jsou vyšetření funkční, která jsou schopna zobrazit a kvantitativně hodnotit funkci jednotlivých tkání a orgánů. Díky této možnosti umožňují zobrazit i počáteční stádia onemocnění, které ještě nemusí mít viditelnou anatomickou korelaci na rentgenovém snímku, CT, MR či USG (9).

Gama záření, vznikající z radionuklidu obsaženého v látce podané pacientovi (radiofarmaku), je elektromagnetické vlnění o vysoké energii fotonu (nad 10 keV) a krátké vlnové délce ($\lambda < 10^{-12}$ m) a je částečně v těle pacienta absorbováno (Fotoelektrický jev, Comptonův rozptyl) a část je emitována ven z těla pacienta. „Neviditelné“ emitované záření γ je kolimovacím systémem kamery usměrněno na scintilační krystal, kde každý foton gama vyvolá v krystalu scintilační záblesk velkého počtu fotonů (viditelného) světla. Scintilace (záblesky) v krystalu jsou snímány a převáděny na elektrické impulsy soustavou fotonásobičů, opticky přilepených na krystal (viz Příloha 1). Scintilační kamera je tedy přístroj, který snímá fotony záření γ současně z celého zorného pole, převádí je na elektrické impulsy a pomocí nich pak vytváří scintigrafický obraz distribuce radioindikátoru v tomto zorném poli (14).

1.2.2 Celotělová scintigrafie skeletu

Celotělová scintigrafie skeletu je jednou z nejčastějších diagnostických metod používaných na odděleních nukleární medicíny. K celkovému posouzení stavu skeletu je třeba mít dostatečné informace jak o morfologických, tak o metabolických změnách (21). Scintigrafie skeletu poskytuje tuto informaci o celotělové distribuci osteotropního radiofarmaka vychytaného v kostech (vazba na anorganickou kostní matrix) a zobrazuje míru kostní přestavby (osteoblastické aktivity). Na získaných scintigramech je možné identifikovat ložiska se zvýšenou, nebo méně často sníženou osteoblastickou aktivitou vůči okolní kosti. Hlavní předností této metody je její vysoká senzitivita, která umožňuje časnou diagnostiku kostních lézí celého skeletu, případné metastázy ve skeletu lze detekovat již o několik měsíců dříve než na RTG snímku (zde činí detekce 96 %) (21), při propuknutí zánětu v kostní dřeni nebo kloubu je scintigrafie pozitivní již po 24 hodinách. Nevýhodou je naopak nízká specificita – neurčuje jasnou příčinu patologických změn. Ta bývá stanovena až na základě dalších vyšetření, anamnézy a klinického nálezu.

Nejčastější indikací pro celotělovou scintigrafii (Whole Body) skeletu je diagnostika nádorových onemocnění skeletu, a to až v 70 % (primární i sekundární).

Primární – zvýšená osteoblastická aktivita (osteosarkom, Ewingův sarkom).

Sekundární – osteolytické metastázy (vidíme později, jelikož radiofarmakon se dostává do kosti díky osteoblastické aktivitě, mnohočetný myelom, karcinom ledviny, karcinom štítné žlázy, karcinom gastrointestinálního traktu, gynekologické karcinomy), osteoplastické metastázy (karcinom prostaty, karcinoid, neuroblastom, meduloblastom), smíšené metastázy (karcinom mammy, karcinom plic, ovaria, varlete). Menší část indikací (kolem 30 %) představují nenádorová onemocnění skeletu: spondylartritidy, fraktury kostí (patologické fraktury, stress fraktury, syndrom týraného dítěte), diabetická noha, chronická osteomyelitis, Morbus Perthes, avaskulární nekróza, Morbus Paget, osteomalacie, osteoporóza (20).

Kontraindikace: Relativní kontraindikací jsou gravidita a laktace. V graviditě lze vyšetření provést z vitální indikace. Při laktaci je vhodné přerušit kojení dítěte na dobu 12 hodin.

Radiofarmaka: Nejčastěji používané ^{99m}Tc -difosfonáty: metylendifosfonát (MDP), hydroxymethylendifosfonát (HMDP), hydroxyetyldifosfonát (HDP). Mechanismus zachytu značených fosfátových komplexů v kostech a patologických kostních lézích není ještě plně objasněn. Zhruba 50% podaného množství radiofarmaka se kumuluje ve skeletu, a to zejména v minerální složce - krystalech hydroxyapatitu, dále zachyt v nezralém kolagenu a konečně tvorba komplexu radiofarmaka s fosfatázou, s následnou vazbou značeného difosfonátu na enzymové receptory. Dalšími významnými faktory ovlivňující množství a distribuci vychytaného v kostech jsou rychlost kostního obratu a krevní zásobením. Fyziologicky dochází k akumulaci radiofarmaka ve všech živých kostech (16). K maximu kumulace dochází zhruba za cca 1 hodinu, optimální snímání záznamu je za 2–5 hodin vzhledem k faktu, že farmakon zůstává v těle stabilní po mnoho hodin (20). Radiofarmaka podléhají oxidaci, proto je třeba zabránit přístupu vzduchu k radiofarmaku.

Aplikovaná aktivita u dospělého jedince se v průměru pohybuje kolem 500 MBq (300–740 MBq). Radiační zátěž – efektivní dávka dospělí (0,0057 mSv/MBq) 4,2 mSv při 740 MBq (20). Dávky podávané dětem jsou přepočteny podle tělesné hmotnosti dle doporučení EANM, děti do 18 let: max. 500 MBq, min. 40 MBq. Radiační zátěž – efektivní dávka děti (0,014 mSv/MBq): 0,56 mSv při 40 MBq, 7 mSv při 500 MBq (21).

Příprava pacienta před vyšetřením: Dobrá hydratace pacienta před vyšetřením může vést ke zlepšení záznamu (farmakon se vylučuje ledvinami glomerulární filtrací), pokud není zvláštní kontraindikace pro tuto hydrataci (10). Pacient se před vyšetřením vymočí. Dále je třeba z povrchu těla pacienta odstranit kovové předměty, aby se zabránilo vzniku artefaktů.

Akvizice scintigramů: Radiofarmakum je aplikováno intravenózně. Záznam se pořizuje 2–4 hodiny po aplikaci. Vleže na zádech jsou současně pořizovány (v případě dvoudetektorové kamery) přední a zadní záznamy skeletu kontinuálním pohybem kamery (detektory, vyšetřovací lůžko), které jsou počítačem převáděny do matice celotělového snímání o minimální velikosti 256x1024x16. Záznam musí být proveden tak, aby konečný celotělový scintigram z jedné projekce byl tvořen minimálně 2 miliony impulzů (12). Patologický proces ve skeletu se nejčastěji projevuje zvýšeným hromaděním radiofarmaka, které odpovídá zvýšení novotvorby či přestavby kostní tkáně, nezávisle na etiologii procesu, který tuto změnu vyvolal. Zvýšení osteogeneze se může projevit jako ložisko zvýšeného hromadění radiofarmaka – horká ložiska, nebo se může v méně častých případech patologické ložisko v kostech manifestovat jako výpad aktivity – studené ložisko (11).

Zánětlivá onemocnění kloubů a páteře se nejčastěji projevují difúzním až ložiskovým zvýšením akumulace radiofarmaka v oblasti postižených kloubů, v akutních fázích často též se známkami hyperémie na vícefázové scintigrafii skeletu. Při ankylozující spondylitis (Morbus Bechtěrev) je nejčastěji patrna výrazně zvýšená akumulace v oblasti sakroiliakálních skloubení, případně v laterálních partiích obratlů. V některých případech může být zvýšená metabolická aktivita přítomna v kosti patní i jinde.

Při podezření na sakroileitidu je možná kvantifikace záchytu stanovením poměru záchytu radiofarmaka v sakroiliakálním skloubení k přilehlé části os sacrum. U osob bez patologie či oblasti zvýšeného metabolismu v těchto lokalizacích se normální hodnoty poměru pohybují v rozsahu 1,05–1,36 (16).

1.2.3. ROI

Jedním ze základních kroků při analýze obrazových sekvencí vzniklých scintigrafií je definování tzv. oblastí zájmů (region of interest – ROI). Kvantitativní údaje mohou být získány výběrem oblasti zájmu z rovinných – planárních obrazů. Jedním z nich je obvykle snaha o změření buď celkové hodnoty aktivity v oblasti zájmu, nebo koncentraci aktivity v tomto regionu (17). Je třeba mít na paměti, že u planárních snímků z gamakamery každý pixel obsahuje počet impulsů získaný ze všech hloubek tkáně umístěných v tomto bodě. Celkový počet impulsů se vztahuje k celkové aktivitě v rámci oblasti zájmu, počet impulsů na pixel udává hodnotu vyjadřující koncentraci aktivity, např. aktivita z každého čtverečního centimetru zobrazované – snímané plochy (17). Zorné pole kamery je obvykle větší než orgán nebo jeho část, kterou vyšetřujeme. Chceme-li změřit počet impulsů pouze v omezené oblasti obrazu, která nás zajímá, vyznačíme v obraze oblast zájmu. Technicky to lze provést různými způsoby (nejčastěji ovládním kurzoru na obrazovce myši). Oblast zájmu má obvykle nepravidelný tvar, může však být i pravouhlá nebo kruhová. Počítač sečte a zobrazí počet impulsů uvnitř zvolené oblasti (11).

1.3. Spondylartritidy

Spondylartritidy jsou skupina zánětlivých revmatických chorob neznámé etiologie. Revmatické nemoci patří k nejrozšířenějším chorobám vůbec. S některou formou „revmatismu“ se prakticky každý v průběhu života setká. Jejich závažnost je však velice různá, od nemocí velmi nebezpečných, které mohou přímo ohrožovat život nebo těžce nemocného invalidizovat, přes nemoci subjektivně nepříjemné, ale v podstatě benigní, až po stavy zcela nezávažné. I když v příčinách smrti nemají revmatické choroby výraznější postavení, v příčinách invalidity jsou na 3–4. místě, a rovněž v příčinách krátkodobých neschopností mají jedno z předních míst. Postiženým mohou přinášet výrazné, mnohdy dlouhodobé nebo i celoživotní utrpení a i z hlediska ekonomického jsou nesmírně závažné. Velmi strážlivým odhadem představují celostátně roční ekonomickou ztrátu několik miliard korun (13). Pro tato onemocnění je charakteristická náchylnost k postižení axiálního skeletu. Dalšími společnými znaky jsou asymetrická periferní artritida, postižení kořenových kloubů, entezopatie a některé typické kožní, slizniční, gastrointestinální a urogenitální znaky. Spondylartritidy zahrnují tyto jednotky: ankylozující spondylitidu (Bechtěrevova nemoc), psoriatickou artritidu/spondylitidu, progresivní artritidu/spondylitidu, juvenilní progresivní artritidu (Stillova nemoc), Reiterův syndrom a nediferencovanou spondylartritidu (13). Pro skupinu spondylartritid je charakteristické překrývání klinických i radiografických znaků mezi jednotlivými chorobnými jednotkami, neboť tato onemocnění mají podobnou etiopatogenezi. V posledních době bylo prokázáno, že jejich výskyt je vyšší, než se dříve předpokládalo. Byla proto vypracována řada nových diagnostických postupů, která by umožňovala stanovovat diagnózu spondylartritid dříve. Ankylozující spondylartritida (AS) neboli Bechtěrevova choroba je systémové zánětlivé onemocnění, lokalizované především na kloubech sakroiliakálních a synoviálních kloubech páteře (intervertebrálních), přilehlých měkkých tkáních páteře a často i na kloubech periferních, zejména kyčelních a ramenních (17). Sekundární metaplasie zánětlivé tkáně předních a bočních okrajů obratlových těl postupně vyvolává osifikaci periferní části vazivového prstence meziobratlové ploténky a okolních vazů. Téměř v polovině případů

jsou postiženy ramenní a kyčelní klouby, asi ve 20 % případů i jiné periferní klouby. Ankylozující spondylitida bývá provázena i extraspinálními projevy, z nichž nejčastější je postižení oka uveitidou. Epidemiologické práce z posledních let prokazují, že onemocnění je mnohem častější, než se dříve předpokládalo (17). Podle dřívějších literárních údajů se v dospělé populaci choroba vyskytovala u 0,1 % populace, novější studie udávají výskyt 0,5 % u mužů a 0,05 % u žen. Některé studie hovoří až o více než 1,1 % postižených (1, 2). Muži jsou postiženi 10× častěji než ženy (17). Etiologie ankylozující spondylitidy je zatím neznámá (13). Svoji úlohu v etiopatogenezi hrají faktory infekční, genetické i imunogenetické. Z infekčních faktorů se traduje teorie častějších infekcí urogenitálního traktu, v poslední době se více hovoří o velmi častém nespecifickém zánětu střevní sliznice. Důležitou úlohu jistě hraje genetická predispozice, neboť byl jednoznačně prokázán vysoký stupeň asociace mezi genem kódujícím antigen HLA-B27 a ankylozující spondylitidou (12). Uvádí se, že 20 % HLA-B27 pozitivních pacientů onemocní ankylozující spondylitidou. V patogenezi ankylozující spondylitidy má pravděpodobně nejvýznamnější úlohu geneticky determinovaná odpověď vnímavého jedince na vnější faktory (infekce, zevní prostředí), přičemž přesná úloha antigenu HLA-B27 v patogenezi ankylozující spondylitidy dosud nebyla zcela objasněna (17). Onemocnění se začíná projevovat nejčastěji u mladých mužů, hlavně ve druhém a třetím deceniu, začátek po 40. roce je neobvyklý. Onemocnění začíná obvykle pozvolně, bez celkových příznaků, projevuje se nevýraznou bolestí v křížovobederní oblasti. Mezi nejčastější příznaky ankylozující spondylitidy patří v nárazech přicházející nebo trvalá bolest, jenž má charakter zánětlivé páteřní bolesti a ztuhlost v kříži, největší potíže má nemocný v klidu, po rozcvičení dochází k úlevě. Bolest se často projevuje v noci. Pacient si také zpravidla stěžuje na bolesti vystřelující do hýždí, do třísel nebo do obou stehien, bez neurologického nálezu. Nezřídka se vyskytuje pásovitá bolest v oblasti hrudníku, pocit tísně na hrudníku, bolesti hrudní kosti, v páteři a hrudním koši při kašli a kýchání (12). V předchorobí mívají nemocní recidivující hydropsy kolen, bolesti pat a opakované iridocyklitidy. Poměrně častým úvodním projevem je epizodická artritida periferních kloubů, která je typicky asymetrická, hlavně v oblasti velkých kloubů dolních končetin

a pat. Pro ankylozující spondylitidu jsou také typické entezitidy (nejčastěji v oblasti úponu Achillovy šlachy, plantární facie, úponů na pánevní kosti, na trochanter major i minor, v oblasti ramene, lokte atd.). Pocit nemoci, hmotnostní úbytek, sklon k pocení (12). Diagnóza ankylozující spondylitidy je dosud postavena na splnění diagnostických kritérií z r. 1984, kdy ke stanovení diagnózy ankylozující spondylitidy musí být splněno radiologické kritérium (nález sakroileitidy na rentgenu) a dále alespoň jedno ze tří následujících klinických kritérií: 1) současná nebo anamnestická páteřní bolest, která má zánětlivý charakter, nebo 2) omezení hybnosti bederní páteře ve 3 rovinách, nebo 3) omezení dýchacích pohybů hrudníku na 2,5 cm, nebo méně – měřeno ve IV. mezižebří. Splnění radiologického kritéria je stále nezbytnou podmínkou pro stanovení definitivní diagnózy ankylozující spondylitidy, i když je v posledních letech jasné, že tento bod vede ke značnému zpoždění v diagnóze, neboť rentgenové známky sakroileitidy se mohou projevit až po několika letech po objevení prvních potíží. Je známo, že celosvětově dochází ke zpoždění v diagnóze ankylozující spondylitidy od prvních projevů v průměru o 7–9 let (17). V současnosti proto spolupracuje mezinárodní skupina expertů na vypracování nových diagnostických kritérií pro tzv. preradiologické stadium ankylozující spondylitidy, která by umožňovala stanovit diagnózu již v časnějších stadiích (17). Důležitou zobrazovací metodou, která pomáhá v diagnóze časných stadií onemocnění, je magnetická rezonance, která pomáhá diagnostikovat zánětlivé změny především v oblasti sakroiliakálních kloubů a páteře (výpotek, edém, kostní dřeně) a samozřejmě scintigrafie skeletu pro svoji schopnost odhalit počínající chorobu v její ranné fázi.

Rentgenový a CT obraz. Na rentgenových či CT snímcích lze zachytit obvykle první změny na sakroiliakálních kloubech, jejichž štěrby jsou zprvu rozšířeny, místy se manifestují uzurace kloubních ploch facetových kloubů. V pozdějším vývoji se objevují osifikace kolaterálních vazů intervertebrálních kloubů. Na snímcích je patrný zhuštěný, osifikovaný pruh (viz Příloha 5). Osifikují dále interspinózní vazy a vazivová vlákna periferní části anuli fibrosi, která vytvářejí syndesmofyty (19). Na tělech obratlů jsou poměrně často patrné usurpace předních okrajů, později

osteoporóza a osifikace meziobratlových destiček. Po jisté době dochází k přemostění meziobratlových prostorů. Postupně se vyvíjí akylóza pohybových segmentů. Sloupec páteře ztrácí flexibilitu a stává se rigidním. Obratlová těla ve střední části vlivem porosy atrofují a páteř dostává tvar “bambusové tyče“ (13), (viz Příloha 4).

Scintigrafický obraz. Scintigramy u spondylartritid se liší podle toho, v jaké fázi onemocnění jsou pořízeny. Na časných scintigrafických záznamech je typické (není však zákonitostí, že to platí vždy) symetrické rozložení aktivity radiofarmaka v obou SI kloubech. Na pozdějších snímcích je scintigrafií odhaleno nesystematické a nesymetrické vychytávání indikátoru v apofyzeálních kloubech, horizontální pruhovitá kumulace radiofarmaka v intervertebrálních kloubech a interspinózních vazech (12).

1.4. Statistika

Pro precizně provedená měření by se hodnoty relativních nejistot (standardních typu A) výsledků přímých měření měly pohybovat okolo 1 až 3 % (18). Při vyhodnocování všech výsledků dílčích-přímých měření pracujeme s maximálně možným počtem desetinných míst, a to s ohledem na co nejpřesnější interpretaci výsledku. Obě komponenty výsledku (střední hodnotu i nejistotu) zapisujeme na stejný počet desetinných míst. Nejistotu zaokrouhluje a uvádíme na maximálně 2 platné číslice. Řád nejistoty pak určuje přesnost střední hodnoty (18).

Gaussova křivka je funkcí dvou proměnných: střední hodnoty μ a rozptylu σ^2 (nebo směrodatné odchylky, což je vlastně odmocnina z rozptylu). Gaussova křivka je symetrická, střední hodnota μ leží právě pod jejím vrcholem. Tvar křivky s extrémem v místě střední hodnoty vlastně říká to, že při opakování náhodného pokusu řídicího se Gaussovým rozdělením budou nejčastěji vycházet hodnoty v okolí střední hodnoty. Symetrie křivky pak říká to, že výsledky vychýlené nad i pod střední hodnotu budou vycházet zhruba stejně často. Parametr σ^2 určuje, jak těsně se křivka přimyká střední

hodnotě; čím nižší je tento parametr, tím je graf „ostřejší“. V praxi se často používá tzv. pravidlo tří sigma, někdy i dvou nebo jednoho sigma (18). Platí, že výsledek náhodného pokusu s rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$ leží v intervalu:

$(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$ s pravděpodobností 68,27 %

$(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$ s pravděpodobností 95,45 %

$(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ s pravděpodobností 99,73 %

Intervalový odhad je reprezentovaný intervalem (G_d, G_b) , který s danou pravděpodobností bude obsahovat skutečnou hodnotu odhadované charakteristiky základního souboru. Tato pravděpodobnost se nazývá spolehlivost odhadu a označuje se $1 - \alpha$. Interval, jehož dolní a horní hranice je G_d , resp. G_b (přičemž platí $G_d < G_b$), nazýváme $100(1 - \alpha)\%$ intervalem spolehlivosti pro charakteristiku G , přičemž platí:

$$P(G_d < G < G_b) = 1 - \alpha$$

Většinou se α stanovuje na 0,05 nebo 0,01, což odpovídá 95% a 99% intervalu spolehlivosti (6).

1.5. Měření indexů SI skloubení na Oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice

Scintigrafie skeletu patří na Oddělení nukleární medicíny v nemocnici České Budějovice k jednomu z nejčastějších a nejzákladnějších vyšetření z portfolia, které toto oddělení nabízí (zhruba 40 vyšetření týdně). Tento fakt je způsoben přednostmi této metodiky, k níž se v první řadě počítá časnost záchytu metabolických změn, jež jsou ve většině případů zřetelnější mnohem dříve než změny strukturální. Dalším faktem, proč je toto vyšetření v takové míře preferováno, je jeho poměrně nízká cena a nižší radiační zátěž než u celotělového RTG vyšetření.

Scintigrafické vyšetření skeletu se provádí na 2 SPECT kamerách: Infina GE (viz Příloha 2) a DST-XL Sopa umožňující snímání v režimu „Whole Body“. Dvoudetektorové kamery snímají při kontinuálním pohybu gantry (vyšetřovacího stolu) zároveň přední a zadní projekce skeletu. Díky speciální akviziční matici 256x1024x16, do které jsou data ukládána, lze zobrazit celý skelet v jednom obraze, čímž se podstatně zkracuje čas snímání a eliminují případné pohybové artefakty způsobené pacientem. Získaná data jsou transportována z akvizičních konzolí do procesních počítačů Xeleris, kde jsou následně zpracována. Samotná akvizice celotělového scanu obvykle probíhá 2–4 hodiny po intravenózní aplikaci radiofarmaka. Aplikovaná aktivita se pohybuje průměrně kolem 700 MBq. Při snímání pacient leží na zádech, optimální počet získaných impulsů by měl být vyšší než 1,5 milionu z jedné projekce. Výsledným scintigrafickým obrazem je mapa rozložení radiofarmaka v celém skeletu pacienta (viz Příloha 3). Tento scintigram obsahuje přední a zadní celotělový záznam v dvojí intenzitě, tzv. Dual intenzity whole body display. Možnost využít zobrazení skeletu ve dvou škálách intenzity má své opodstatnění při znázornění osového skeletu a skeletu dlouhých kostí, kde bývá kumulace radiofarmaka rozdílná. Po celotělovém vyšetření skeletu je možné dle indikace lékaře pokračovat cílenými (planárními) snímky či tomografickým vyšetřením pomocí metody SPECT (SPECT/CT) na suspektní oblast. Ze získaných celotělových či planárních scintigramů lze pomocí softwaru na vyhodnocovací konzoli Xeleris komparativní metodou ROI vypočítat informace o aktivitě či jejím rozložení v oblasti našeho zájmu.

2 Cíle práce a hypotézy

2.1 Cíl práce

Stanovení normálních hodnot u dospělých osob bez patologických změn v oblasti SI skloubení, LS páteře a pánve.

2.2 Hypotéza

1. U osob bez patologie v oblasti SI skloubení se normální hodnoty pohybují v rozmezí 1,0–1,4.
2. Pro stanovení normálních hodnot v oblasti SI skloubení je vhodnější použít k výpočtu indexů os sakrum než L4.

3 Metodika

3.1. Metodika práce

Pro výzkum zjištění Indexů SI skloubení a stanovení normálních hodnot byl zvolen kvantitativní výzkum. Podkladem k získání údajů potřebných k ověření hypotézy bylo vytvoření referenčního souboru z klientů vyšetřených celotělovou kostní scintigrafií na Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích. Zdrojem těchto dat byl archivační systém oddělení.

U každé osoby z referenčního souboru vymezují u zhotoveného celotělového scintigramu snímaného ze zadní projekce pomocí vyhodnocovacího zařízení Xeleris 2 tři oblasti zájmu pravoúhlého tvaru odlišené barevnou škálou, a to ve dvou krocích. V prvním definují pomocí myši počítače dva obdélníkové ROI stejné velikosti pro každé SI skloubení a jeden ROI pro oblast L4, ke kterému jsou naměřené hodnoty z jednotlivých ROI SI skloubení vztaženy pro výpočet hodnoty poměrů aktivity. Získané hodnoty zapisují do tabulky a měření opakují. Při druhém kroku využijí již dvou nadefinovaných obdélníkových ROI pro SI skloubení, která jsem použil při první komparaci a nově definují ROI pro os sacrum, které musí mít stejnou velikost jako předchozí ROI použitý pro oblast L4 z důvodů objektivity a přesnosti měření. Opět pomocí techniky ROI porovnávám hodnoty získané z oblasti SI skloubení s hodnotami získaných z oblasti sákra. Stejně jako v prvním případě i zde provádím dvě měření, jejichž výsledky zapisují do tabulky. Pomocí aritmetického průměru ze dvou hodnot získaných z každé měřené oblasti zájmu získávám výslednou hodnotu, kterou použiji k dalšímu zpracování. Pro přesnost měření a validity výsledků je bezpodmínečně nutné zachovat stejný postup u všech měření, nelze měnit pořadí měření mezi jednotlivými ROI.

Pomocí tabulkového kalkulátoru Microsoft Excel provádím statistické výpočty. Porovnávám výsledné hodnoty poměrů aktivit získaných z poměru SI skloubení, L4 obratle a os sakrum s hodnotami vyslovenými v první hypotéze této práce. Pomocí odhadů význačných intervalů spolehlivosti stanovuji normální hodnoty pro scintigrafickou kameru Infinia GE. K ověření druhé hypotézy práce jsem použil dvojitý t-test pro testování hypotézy o rovnosti středních hodnot při neznámých rozptylech a po získání výsledků se vyjadřuji k druhé hypotéze. Výsledné údaje jsou pro větší přehlednost zpracovány do tabulek a grafů.

3.2. Charakteristika zkoumaného souboru

Referenční soubor byl získán pomocí zvolených kritérií z databáze klientů vyšetřených celotělovou kostní scintigrafií na nukleární medicíně nemocnice v Českých Budějovicích pomocí scintilační kamery GE Infinia. Věk pacientů se v termínu vyšetření pohybuje v rozmezí 25–45 let (rok narození 1965–1986, rok vyšetření 2010–2011) a jejich celotělový scintigram nevykazuje patologii v oblasti LS páteře a SI skloubení a není u nich klinické podezření na zánět SI skloubení. Osoby vybrané do souboru neměly a nemají Morbus Bechtěrev či jiné zánětlivé onemocnění pánve nebo páteře, trauma pánve a LS páteře, ložiska změněného kostního metabolismu v oblasti LS páteře či pánve. Z takto definovaného výběru získávám při první filtraci 50 osob odpovídajícího věku, ze kterého po vyřazení osob, u kterých bylo klinické podezření na patologický proces či úraz v oblasti SI skloubení, LS páteře či pánve, získávám soubor 43 osob složený z 9 mužů a 34 žen a splňující výše uvedená kritéria.

4 Výsledky

4.1 Výsledky měření hodnoty indexů ROI

4.1.1 Hodnoty indexů

Pro následné statistické řešení bylo nutné stanovit hodnoty výběrových průměrů (aritmetické průměry z n -tic naměřených hodnot). Pro výpočty jsem použil tabulkový kalkulátor Microsoft Excel. Zaznamenával jsem hodnoty získané z poměru ROI z SI skloubení ku ROI z L4 nejprve pro levou stranu a následně pro stranu pravou, toto měření jsem provedl dvakrát. Výsledné hodnoty pro každou stranu jsem sečetl a dělil počtem měření, hodnoty takto získané jsem zapsal do tabulky. Stejný postup jsem použil pro hodnoty vypočtené z ROI SI a z os sakrum. I přes fakt, že jsem měření prováděl pomocí dostatečně přesného měřicího nástroje a že po celou dobu měření se měřená veličina ani podmínky, které mohly ovlivnit měření, neměnily, je při odečtení patrný jistý rozptyl. Potom bude pro počet n naměřených hodnot L_1, L_2, \dots, L_n odhad hodnoty měřené veličiny ΔL daný vztahem:

$$\Delta L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad \wedge \quad \Delta S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}$$

Výstupem je průměrná hodnota indexu pro pravé a levé SI skloubení vztažená k L4 a os sakrum, viz Tabulka 1.

Tab. 1. Hodnoty indexů pro levé a pravé SI skloubení vztažené k L4 a os sakrum

	SI : L4		SI : OS	
	LSI	PSI	LSI	PSI
1	1.63	1.62	1.42	1.41
2	0.99	0.97	1.13	1.1
3	1.3	1.32	1.11	1.12
4	1.48	1.58	1.18	1.26
5	1.32	1.29	1.11	1.8
6	1.82	1.84	1.38	1.39
7	1.49	1.52	1.17	1.2
8	1.13	1.16	1.1	1.4
9	1.51	1.3	1.7	1.47
10	1.88	1.8	1.13	1.9
11	1.16	1.13	1.17	1.14
12	1.73	1.92	1.44	1.6
13	1.55	1.6	1.4	1.44
14	1.34	1.39	1.63	1.7
15	1.54	1.48	1.38	1.33
16	1.28	1.2	1.19	1.11
17	1.37	1.31	1.8	1.4
18	1.19	1.13	1.29	1.23
19	1.81	1.85	1.8	1.84
20	1.82	1.81	1.78	1.77
21	1.46	1.53	1.14	1.2
22	1.31	1.22	1.42	1.33
23	1.43	1.5	1.4	1.51
24	1.12	1.7	1.22	1.17
25	1.31	1.29	1.18	1.16
26	1.45	1.4	1.39	1.35
27	1.38	1.43	1.5	1.56
28	1.61	1.54	1.35	1.29
29	1.51	1.54	1.56	1.59
30	1.19	1.21	1.28	1.3
31	1.57	1.64	1.23	1.28
32	1.63	1.61	1.55	1.53
33	1.76	1.73	1.61	1.58
34	1.11	1.12	1.24	1.25
35	1.37	1.37	1.42	1.42
36	1.38	1.37	1.45	1.43
37	1.35	1.36	1.21	1.22
38	1.18	1.16	1.12	1.11
39	1.41	1.40	1.34	1.32
40	1.54	1.55	1.38	1.35
41	1.62	1.65	1.5	1.55
42	1.11	1.10	1.9	1.11
43	1.33	1.34	1.29	1.24
průměr	1.429	1.426	1.334	1.331

4.1.2 Komparace hodnot indexů

Druhým krokem byla komparace naměřených hodnot indexů aktivit z jednotlivých oblastí zájmu s hodnotami vyslovenými v první hypotéze, které jsou v literatuře brány jako normální (4), viz Tabulka 2 a Tabulka 3, kde sloupce 1, 2, 5 a 6 vyjadřují v tabulce 2 a 3 pořadí pacienta a naměřených hodnot v původní sestavě. Sloupce 4 a 8 přeskupené hodnoty indexů podle vzrůstající hodnoty a sloupec 3 a 7 je pořadí pacienta v původní sestavě. Pro větší přehlednost jsem hodnoty ve sloupcích 3, 4, 7 a 8 barevně označil. V dolní části tabulek je vyjádřeno procentuelně zastoupení

hodnot indexů, které svým rozsahem spadají do intervalu normálních hodnot uváděných v literatuře (4).

Tab. 2. Zastoupení předpokládaných normálních hodnot v měřeném souboru SI:L4

	SI : L4					SI : L4			
	LSI		LSI			PSI		PSI	
1	1,63	2	0,99	1	1,62	2	0,97		
2	0,99	34	1,11	2	0,97	24	1,07		
3	1,3	42	1,11	3	1,32	42	1,1		
4	1,48	24	1,12	4	1,58	34	1,12		
5	1,32	8	1,13	5	1,29	11	1,13		
6	1,82	11	1,16	6	1,84	18	1,13		
7	1,49	38	1,18	7	1,52	8	1,16		
8	1,13	18	1,19	8	1,16	38	1,16		
9	1,51	30	1,19	9	1,3	16	1,2		
10	1,88	16	1,28	10	1,8	30	1,21		
11	1,16	3	1,3	11	1,13	22	1,22		
12	1,73	22	1,31	12	1,92	5	1,29		
13	1,55	25	1,31	13	1,6	25	1,29		
14	1,34	5	1,32	14	1,39	9	1,3		
15	1,54	43	1,33	15	1,48	17	1,31		
16	1,28	14	1,34	16	1,2	3	1,32		
17	1,37	37	1,35	17	1,31	43	1,34		
18	1,19	17	1,37	18	1,13	37	1,36		
19	1,81	35	1,37	19	1,85	35	1,37		
20	1,82	27	1,38	20	1,81	36	1,37		
21	1,46	36	1,38	21	1,53	14	1,39		
22	1,31	39	1,41	22	1,22	26	1,4		
23	1,43	23	1,43	23	1,5	39	1,4		
24	1,12	26	1,45	24	1,07	27	1,43		
25	1,31	21	1,46	25	1,29	15	1,48		
26	1,45	4	1,48	26	1,4	23	1,5		
27	1,38	7	1,49	27	1,43	7	1,52		
28	1,61	9	1,51	28	1,54	21	1,53		
29	1,51	29	1,51	29	1,54	28	1,54		
30	1,19	15	1,54	30	1,21	29	1,54		
31	1,57	40	1,54	31	1,64	40	1,55		
32	1,63	13	1,55	32	1,61	4	1,58		
33	1,76	31	1,57	33	1,73	13	1,6		
34	1,11	28	1,61	34	1,12	32	1,61		
35	1,37	41	1,62	35	1,37	1	1,62		
36	1,38	1	1,63	36	1,37	31	1,64		
37	1,35	32	1,63	37	1,36	41	1,65		
38	1,18	12	1,73	38	1,16	33	1,73		
39	1,41	33	1,76	39	1,4	10	1,8		
40	1,54	19	1,81	40	1,55	20	1,81		
41	1,62	6	1,82	41	1,65	6	1,84		
42	1,11	20	1,82	42	1,1	19	1,85		
43	1,33	10	1,88	43	1,34	12	1,92		
	20 ze 43, tj.46,5 %					22 ze 43, tj 51,2 %			

Tab. 3. Zastoupení předpokládaných normálních hodnot v měřeném souboru SI:OS

	SI : OS					SI : OS			
	LSI		LSI			PSI		PSI	
1	1,42	8	1,01		1	1,41	8	1,04	
2	1,13	17	1,08		2	1,1	17	1,04	
3	1,11	42	1,09		3	1,12	5	1,08	
4	1,18	3	1,11		4	1,26	10	1,09	
5	1,11	5	1,11		5	1,08	2	1,1	
6	1,38	38	1,12		6	1,39	16	1,11	
7	1,17	2	1,13		7	1,2	38	1,11	
8	1,01	10	1,13		8	1,04	42	1,11	
9	1,7	21	1,14		9	1,47	3	1,12	
10	1,13	7	1,17		10	1,09	11	1,14	
11	1,17	11	1,17		11	1,14	25	1,16	
12	1,44	4	1,18		12	1,6	24	1,17	
13	1,4	25	1,18		13	1,44	7	1,2	
14	1,63	16	1,19		14	1,7	21	1,2	
15	1,38	37	1,21		15	1,33	37	1,22	
16	1,19	24	1,22		16	1,11	18	1,23	
17	1,08	31	1,23		17	1,04	43	1,24	
18	1,29	34	1,24		18	1,23	34	1,25	
19	1,8	30	1,28		19	1,84	4	1,26	
20	1,78	18	1,29		20	1,77	31	1,28	
21	1,14	43	1,29		21	1,2	28	1,29	
22	1,42	39	1,34		22	1,33	30	1,3	
23	1,4	28	1,35		23	1,51	39	1,32	
24	1,22	6	1,38		24	1,17	15	1,33	
25	1,18	15	1,38		25	1,16	22	1,33	
26	1,39	40	1,38		26	1,35	26	1,35	
27	1,5	26	1,39		27	1,56	40	1,35	
28	1,35	13	1,4		28	1,29	6	1,39	
29	1,56	23	1,4		29	1,59	1	1,41	
30	1,28	1	1,42		30	1,3	35	1,42	
31	1,23	22	1,42		31	1,28	36	1,43	
32	1,55	35	1,42		32	1,53	13	1,44	
33	1,61	12	1,44		33	1,58	9	1,47	
34	1,24	36	1,45		34	1,25	23	1,51	
35	1,42	27	1,5		35	1,42	32	1,53	
36	1,45	41	1,5		36	1,43	41	1,55	
37	1,21	32	1,55		37	1,22	27	1,56	
38	1,12	29	1,56		38	1,11	33	1,58	
39	1,34	33	1,61		39	1,32	29	1,59	
40	1,38	14	1,63		40	1,35	12	1,6	
41	1,5	9	1,7		41	1,55	14	1,7	
42	1,09	20	1,78		42	1,11	20	1,77	
43	1,29	19	1,8		43	1,24	19	1,84	
29 ze 43, tj. 67,4 %				28 ze 43, tj. 65, 1%					

4.1.3 Hodnoty standardních nejistot typu A

Standardní nejistota typu A (střední kvadratická chyba) tohoto odhadu se rovná výběrové směrodatné odchylce aritmetického průměru μ , kterou jsem definoval pomocí vzorce:

$$\mu_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta L_i)^2}{n(n-1)}} \wedge \mu_S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta S_i)^2}{n(n-1)}}$$

Pro výpočet relativní nejistoty dílčích, přímo měřených hodnot jsem použil vzorec:

$$\rho_L = \frac{\mu_L}{\Delta L} 100\% \wedge \rho_S = \frac{\mu_S}{\Delta S} 100\%$$

Dílčí výsledky přímých měření můžeme tedy vyhodnotit konkrétně:

$$L_l = (1,43 \pm 0,03) , \rho_{Ll} = 2,3 \%$$

$$L_p = (1,43 \pm 0,04) , \rho_{Lp} = 2,5 \%$$

$$S_l = (1,33 \pm 0,03) , \rho_{Sl} = 2,2 \%$$

$$S_p = (1,33 \pm 0,03) , \rho_{Sp} = 2,3 \%$$

Pro pečlivě provedená měření by se hodnoty relativních nejistot (standardních typu A) výsledků přímých měření měly pohybovat okolo 1 až 3 % (18). Tabulka 4.a 5.

Tab. 4. Hodnoty výběrových průměrů a standardních nejistot typu A pro SI : L4

SI : L4						
	LSI	dif-l	(dif-l) ²	PSI	dif-p	(dif-p) ²
1	1,63	0,20047	0,040186	1,62	0,19326	0,037348
2	0,99	-0,43953	0,193191	0,97	-0,46674	0,208615
3	1,3	-0,12953	0,016779	1,32	-0,10674	0,011394
4	1,48	0,05047	0,002547	1,58	0,15326	0,023487
5	1,32	-0,10953	0,011998	1,29	-0,13674	0,018699
6	1,82	0,39047	0,152463	1,84	0,41326	0,170780
7	1,49	0,06047	0,003656	1,52	0,09326	0,008697
8	1,13	-0,29953	0,089721	1,16	-0,26674	0,071152
9	1,51	0,08047	0,006475	1,3	-0,12674	0,016064
10	1,88	0,45047	0,202919	1,8	0,37326	0,139320
11	1,16	-0,26953	0,072649	1,13	-0,29674	0,088057
12	1,73	0,30047	0,090279	1,92	0,49326	0,243301
13	1,55	0,12047	0,014612	1,6	0,17326	0,030018
14	1,34	-0,08953	0,008016	1,39	-0,03674	0,001350
15	1,54	0,11047	0,012203	1,48	0,05326	0,002836
16	1,28	-0,14953	0,022381	1,2	-0,22674	0,051413
17	1,37	-0,05953	0,003544	1,31	-0,11674	0,013629
18	1,19	-0,23953	0,057377	1,13	-0,29674	0,088057
19	1,81	0,38047	0,144754	1,85	0,42326	0,179145
20	1,82	0,39047	0,152463	1,81	0,38326	0,146885
21	1,46	0,03047	0,000928	1,53	0,10326	0,010662
22	1,31	-0,11953	0,014289	1,22	-0,20674	0,042743
23	1,43	0,00047	0,000000	1,5	0,07326	0,005366
24	1,12	-0,30953	0,095812	1,07	-0,35674	0,127266
25	1,31	-0,11953	0,014289	1,29	-0,13674	0,018699
26	1,45	0,02047	0,000419	1,4	-0,02674	0,000715
27	1,38	-0,04953	0,002454	1,43	0,00326	0,000011
28	1,61	0,18047	0,032668	1,54	0,11326	0,012827
29	1,51	0,08047	0,006475	1,54	0,11326	0,012827
30	1,19	-0,23953	0,057377	1,21	-0,21674	0,046978
31	1,57	0,14047	0,019730	1,64	0,21326	0,045478
32	1,63	0,20047	0,040186	1,61	0,18326	0,033583
33	1,76	0,33047	0,109207	1,73	0,30326	0,091964
34	1,11	-0,31953	0,102103	1,12	-0,30674	0,094092
35	1,37	-0,05953	0,003544	1,37	-0,05674	0,003220
36	1,38	-0,04953	0,002454	1,37	-0,05674	0,003220
37	1,35	-0,07953	0,006326	1,36	-0,06674	0,004455
38	1,18	-0,24953	0,062268	1,16	-0,26674	0,071152
39	1,41	-0,01953	0,000382	1,4	-0,02674	0,000715
40	1,54	0,11047	0,012203	1,55	0,12326	0,015192
41	1,62	0,19047	0,036277	1,65	0,22326	0,049843
42	1,11	-0,31953	0,102103	1,1	-0,32674	0,106762
43	1,33	-0,09953	0,009907	1,34	-0,08674	0,007525
průměr	1,4295			1,4267		
stř. kvad. chyby:		U _l			U _p	
		0,03352			0,03611	
Výsledky měření:						
(poměr stř. kv. chyby ku střední hodnotě arit.)						
LSI = 1,43 ± 0,03 relat. nejistota p _l = 2,3%						
PSI = 1,43 ± 0,04 relat. nejistota p _p = 2,5%						
výpočet stř. kv. chyby:						
součet 2.mocnin diferencí		2,029391				2,3555442
děleno (n krát (n-1))		0,001124				0,0013043
odmocnit		0,03				0,04

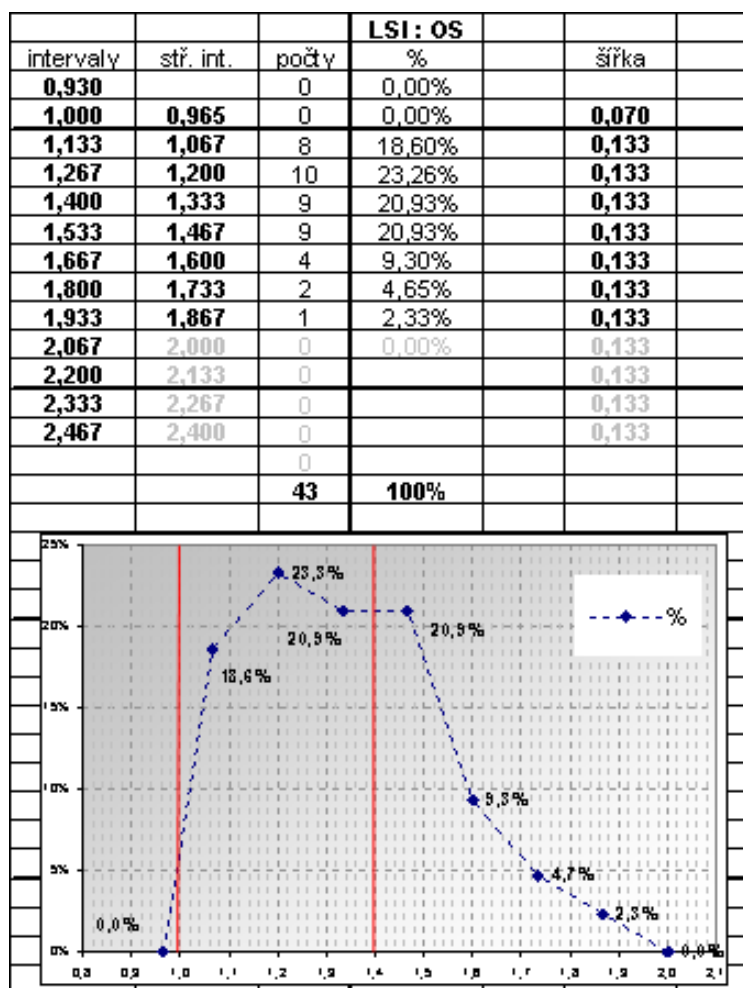
Tab. 5. Hodnoty výběrových průměrů a standardních nejistot typu A pro SI : OS

SI : OS						
	LSI	dif-l	(dif-l) ²	PSI	dif-p	(dif-p) ²
1	1,42	-0,0858	0,007364	1,41	-0,0795	0,006326
2	1,13	0,2042	0,041692	1,1	0,2305	0,053114
3	1,11	0,2242	0,050259	1,12	0,2105	0,044296
4	1,18	0,1542	0,023773	1,26	0,0705	0,004965
5	1,11	0,2242	0,050259	1,08	0,2505	0,062733
6	1,38	-0,0458	0,002099	1,39	-0,0595	0,003544
7	1,17	0,1642	0,026957	1,2	0,1305	0,017021
8	1,01	0,3242	0,105097	1,04	0,2905	0,084370
9	1,7	-0,3658	0,133820	1,47	-0,1395	0,019470
10	1,13	0,2042	0,041692	1,09	0,2405	0,057823
11	1,17	0,1642	0,026957	1,14	0,1905	0,036277
12	1,44	-0,1058	0,011197	1,6	-0,2695	0,072649
13	1,4	-0,0658	0,004331	1,44	-0,1095	0,011998
14	1,63	-0,2958	0,087506	1,7	-0,3695	0,136558
15	1,38	-0,0458	0,002099	1,33	0,0005	0,000000
16	1,19	0,1442	0,020790	1,11	0,2205	0,048605
17	1,08	0,2542	0,064611	1,04	0,2905	0,084370
18	1,29	0,0442	0,001952	1,23	0,1005	0,010093
19	1,8	-0,4658	0,216983	1,84	-0,5095	0,259626
20	1,78	-0,4458	0,198750	1,77	-0,4395	0,193191
21	1,14	0,1942	0,037708	1,2	0,1305	0,017021
22	1,42	-0,0858	0,007364	1,33	0,0005	0,000000
23	1,4	-0,0658	0,004331	1,51	-0,1795	0,032233
24	1,22	0,1142	0,013038	1,17	0,1605	0,025749
25	1,18	0,1542	0,023773	1,16	0,1705	0,029058
26	1,39	-0,0558	0,003115	1,35	-0,0195	0,000382
27	1,5	-0,1658	0,027494	1,56	-0,2295	0,052686
28	1,35	-0,0158	0,000250	1,29	0,0405	0,001637
29	1,56	-0,2258	0,050992	1,59	-0,2595	0,067358
30	1,28	0,0542	0,002936	1,3	0,0305	0,000928
31	1,23	0,1042	0,010855	1,28	0,0505	0,002547
32	1,55	-0,2158	0,046576	1,53	-0,1995	0,039814
33	1,61	-0,2758	0,076073	1,58	-0,2495	0,062268
34	1,24	0,0942	0,008871	1,25	0,0805	0,006475
35	1,42	-0,0858	0,007364	1,42	-0,0895	0,008016
36	1,45	-0,1158	0,013413	1,43	-0,0995	0,009907
37	1,21	0,1242	0,015422	1,22	0,1105	0,012203
38	1,12	0,2142	0,045876	1,11	0,2205	0,048605
39	1,34	-0,0058	0,000034	1,32	0,0105	0,000110
40	1,38	-0,0458	0,002099	1,35	-0,0195	0,000382
41	1,5	-0,1658	0,027494	1,55	-0,2195	0,048196
42	1,09	0,2442	0,059627	1,11	0,2205	0,048605
43	1,29	0,0442	0,001952	1,24	0,0905	0,008184
průměr	1,3342			1,3305		
stř. kvad. chyby:			U _l			U _p
			0,02981			0,03094
<u>Výsledky měření:</u>						
(poměr stř. kv. chyby ku střední hodnotě aritm.)						
LSI = 1,33 ± 0,03 relat. nejistota r l = 2,2%						
PSI = 1,33 ± 0,03 relat. nejistota r p = 2,3%						
vypočet stř. kv. chyby:						
součet 2. mocnin diferencí		1,8048465				1,729391
děleno (n krát (n-1))		0,0008886				0,000958
odmocnit		0,03				0,03

4.1.4. Hustota pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot

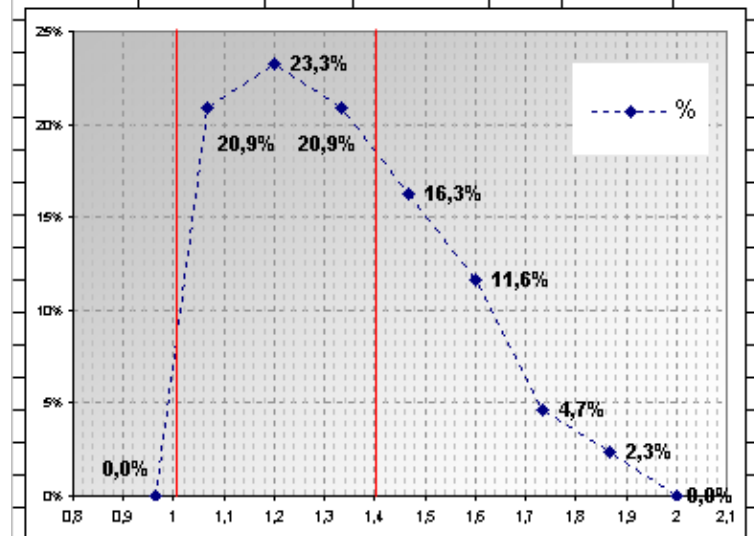
Získané střední hodnoty μ a hodnoty rozptylu ρ jsem použil k sestavení Gaussovy křivky (hustoty pravděpodobnosti) pro jednotlivé oblasti zájmu, viz. Tabulka 6, 7, 8 a 9. Po stanovení šířky intervalu jsem ze dvou sousedních intervalů vypočetl střední intervaly, jejichž počet jsem vyjádřil procentuelně. Výsledky jednotlivých měření byly seskupeny do tříd četnosti a tyto četnosti zakresleny do grafu

Tab. 6. Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot LSI : OS



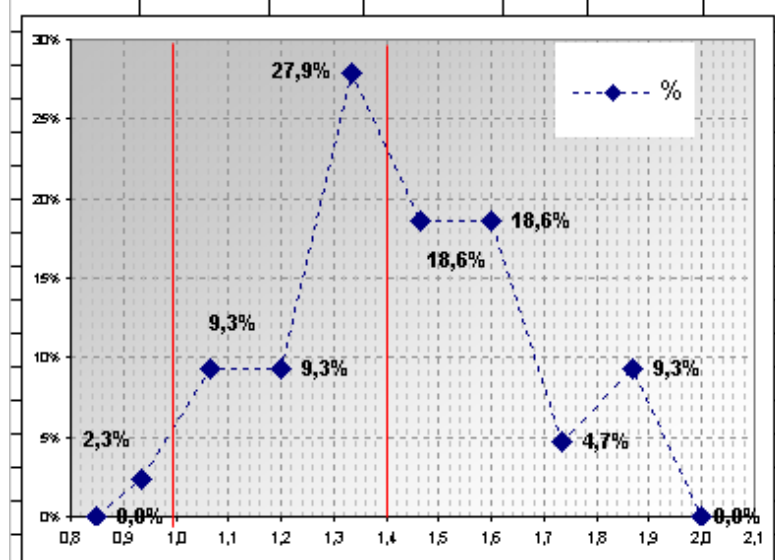
Tab. 7. Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot PSI : OS

intervaly	stř. int.	počty	PSI : OS		šířka
				%	
0,930		0		0,00%	
1,000	0,965	0		0,00%	0,070
1,133	1,067	9		20,93%	0,133
1,267	1,200	10		23,26%	0,133
1,400	1,333	9		20,93%	0,133
1,533	1,467	7		16,28%	0,133
1,667	1,600	5		11,63%	0,133
1,800	1,733	2		4,65%	0,133
1,933	1,867	1		2,33%	0,133
2,067	2,000	0		0,00%	0,133
2,200	2,133	0		0,00%	0,133
2,333	2,267	0		0,00%	0,133
2,467	2,400	0		0,00%	0,133
		0		0,00%	
		43		100%	



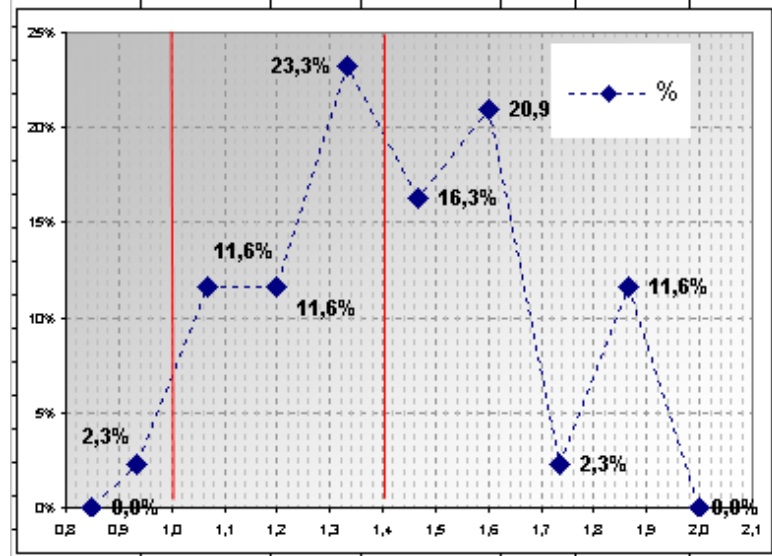
Tab. 8. Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot LSI : L4

intervaly	stř. int.	počty	LSI : L4 %	šířka
0,867	0,850	0	0,00%	0,87
1,000	0,933	1	2,33%	0,133
1,133	1,067	4	9,30%	0,133
1,267	1,200	4	9,30%	0,133
1,400	1,333	12	27,91%	0,133
1,533	1,467	8	18,60%	0,133
1,667	1,600	8	18,60%	0,133
1,800	1,733	2	4,65%	0,133
1,933	1,867	4	9,30%	0,133
2,067	2,000	0	0,00%	0,133
2,200	2,133	0	0,00%	0,133
		0		
		43	100,00%	



Tab. 9. Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot PSI : L4

PSI : L4					
intervaly	stř. int.	počty	%		šířka
0,867	0,850	0	0,00%		0,87
1,000	0,933	1	2,33%		0,133
1,133	1,067	5	11,63%		0,133
1,267	1,200	5	11,63%		0,133
1,400	1,333	10	23,26%		0,133
1,533	1,467	7	16,28%		0,133
1,667	1,600	9	20,93%		0,133
1,800	1,733	1	2,33%		0,133
1,933	1,867	5	11,63%		0,133
2,067	2,000	0	0,00%		0,133
2,200		0	0,00%		
		43	100,00%		



4.2. Statistické zpracování výsledků

4.2.1 Stanovení normálních hodnot

K ověření první hypotézy provedeme odhady některých význačných intervalů spolehlivosti jak pro variantu L4, tak pro OS, načež budeme moci tyto intervaly navzájem porovnat co do polohy vzhledem ku známému rozmezí, danému poměrovými čísly 1,0 až 1,4. V obou případech budeme pracovat s kvantily pro st. vol. = 85, které získáme interpolací z tabulky Studentova rozdělení (rozdělení pravděpodobnosti), mezi řádky pro st. 80 a 90.

Intervaly spolehlivosti souborů definujeme podle vztahu:

$$\bar{X} - t_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{5}{\sqrt{n}}} < \mu < \bar{X} + t_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{5}{\sqrt{n}}}$$

kde t = kvantil studentova rozdělení ve stupni volnosti $n-1$

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

s = standardní výběrová odchylka (rozptyl)

Varianta L4:

Aritmetický průměr hodnot $\bar{x} = 1,4281$

Rozptyl, získaný jako součet kvadratických odchylek od aritmetického průměru dělený číslem $(n-1)$, tedy 85 $s = 0,05159$

Nalezené hodnoty pro dvě význačné hladiny významnosti a spočítané meze daných intervalů uvádím v Tabulce 10.

Tab. 10. Hodnoty mezí daných intervalů pro L4

hladina významnosti α	$1-\alpha$	$t-\alpha/2$	dol. mez intervalu (L4)	hor. mez intervalu (L4)	šířka
0,05	0,95	1,9875	1,280	1,576	0,296
0,01	0,99	2,6345	1,232	1,625	0,393

Pro $\alpha = 0,05$ leží náš interval v požadované oblasti úsekem 1,280 až 1,400, tj. šířkou 0,120 z celkových 0,296 (= 40,5 %), pro $\alpha = 0,01$ leží v požadované oblasti úsekem 1,232 až 1,400, tj. šířkou 0,168 z celkových 0,393 (= 42,75 %).

Varianta OS:

Aritmetický průměr hodnot $\bar{x} = 1,3323$

Rozptyl, získaný jako součet kvadratických odchylek od aritmetického průměru dělený číslem (n-1), tedy 85 $s = 0,03923$

Nalezené hodnoty pro dvě význačné hladiny významnosti a spočítané meze daných intervalů uvádím v Tabulce 11.

Tab. 11. Hodnoty mezí daných intervalů pro OS

hladina významnosti α	$1-\alpha$	$t-\alpha/2$	dol. mez intervalu (L4)	hor. mez intervalu (L4)	šířka
0,05	0,95	1,9875	1,203	1,462	0,259
0,01	0,99	2,6345	1,161	1,504	0,343

Pro $\alpha = 0,05$ leží náš interval v požadované oblasti úsekem 1,203 až 1,400, tj. šířkou 0,197 z celkových 0,259 (= 76,1 %), pro $\alpha = 0,01$ leží v požadované oblasti úsekem 1,161 až 1,400, tj. šířkou 0,239 z celkových 0,343 (= 69,7 %).

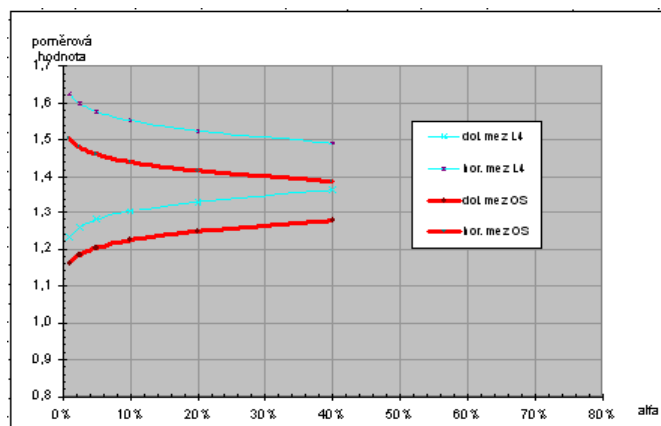
podíl hodnot přísluš. do požad. pásma (%) hladina významnosti α	L4	OS	zlepšení
0,05	40,5	76,7	1,9 krát
0,01	42,75	69,1	1,6 krát

Lze tedy konstatovat, že pro dvě nejzajímavější hladiny významnosti se experimentálně nalezené intervaly hodnot daleko lépe kryjí s literárními hodnotami poměrových čísel 1,0 až 1,4.

Provedeme-li dále toto srovnání i pro jiné hladiny významnosti, nacházíme i markantní rozdíl ve trendech konvergence těchto intervalů (s $t-\alpha/2$ klesajícím na 90%, 80%, či i hlouběji), kdy pro OS se rozmezí ustaluje kolem hodnot cca **1,28 až 1,38**, zatímco pro L4 je tomu tak mezi hodnotami cca **1,37 až 1,49**, viz Tabulka 12.

Tab. 12. Hodnoty jiných hladin významnosti pro OS a L4

$1-\alpha/2$	hladina α	$t-\alpha/2$	násobek	dol. mez L4	hor. mez L4
0,8	0,4	0,8465	0,063	1,365	1,491
0,9	0,2	1,292	0,096	1,332	1,525
0,95	0,1	1,6635	0,124	1,304	1,552
0,975	0,05	1,9875	0,148	1,280	1,576
0,9875	0,025	2,2815	0,17	1,258	1,598
0,995	0,01	2,6345	0,196	1,232	1,625
$\sqrt{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ 0,074585					
$1-\alpha/2$	hladina α	$t-\alpha/2$	násobek	dol. mez OS	hor. mez OS
0,8	0,4	0,8465	0,055	1,277	1,387
0,9	0,2	1,292	0,084	1,248	1,416
0,95	0,1	1,6635	0,108	1,224	1,441
0,975	0,05	1,9875	0,129	1,203	1,462
0,9875	0,025	2,2815	0,148	1,184	1,481
0,995	0,01	2,6345	0,171	1,161	1,504
$\sqrt{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ 0,065038					



4.2.2. Srovnání přesnosti indexů os sakrum s L4

K ověření druhé hypotézy práce jsem použil dvojitý t-test pro testování hypotézy o rovnosti středních hodnot při neznámých rozptylech σ_1^2 a σ_2^2 na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Druhou hypotézou práce je, že pro stanovení normálních hodnot v oblasti SI skloubení je vhodnější použít ke komparaci os sakrum než L4. Ke statistickému zpracování jsem vybral referenční soubor, který byl tvořen pacienty vyšetřených na Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích, jejichž celotělová scintigrafie skeletu nevykazovala patologii či místo zvýšené metabolické aktivity v oblasti SI skloubení, pánve a LS páteře. Věk pacientů se v době vyšetření pohyboval v rozpětí od 25–45 let.

Budeme tedy srovnávat střední hodnoty poměrů získaných z SI skloubení a os sakrum se středními hodnotami poměrů SI skloubení s L4 nyní již bez stranového rozlišení viz Tabulka 13. Hodnoty pro ratio mezi SI a L4 jsou označeny indexem 1, hodnoty pro SI a os sakrum indexem 2. Pro výpočet volíme nulovou a alternativní hypotézu:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

Vypočteme střední hodnoty pro os sakrum a L4:

$$\text{Pro L4 platí: } \mu_1 = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{122,28}{86} = 1,42814$$

$$\text{Pro os sakrum platí: } \mu_2 = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{114,58}{86} = 1,33232$$

Nyní je třeba vypočítat rozptyl $\sigma_1'^2$ a $\sigma_2'^2$:

$$\text{Pro L4 platí: } \sigma_1'^2 = \frac{1}{n-1} \sum n_i (x_i - \mu_1)^2 = \frac{1}{86-1} \sum (x_i - 122,82)^2 = 0,051588$$

$$\text{Pro os sakrum platí: } \sigma_2'^2 = \frac{1}{n-1} \sum n_i (y_i - \mu_2)^2 = \frac{1}{86-1} \sum (y_i - 114,58)^2 = 0,039226$$

Nyní můžeme přistoupit k výpočtu experimentálního t kritéria pro dvojitý t-test:

$$t_{\text{exp}} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(n_1 - 1) \sigma_1'^2 + (n_2 - 1) \sigma_2'^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

$$t_{\text{exp}} = \frac{1,42814 - 1,33232}{\sqrt{(86 - 1) 0,051588 + (86 - 1) 0,039226}} \sqrt{\frac{86 \cdot 86 (86 + 86 - 2)}{86 + 86}} = 2,9485$$

Pro kritický obor W platí:

$$W = (-\infty, -t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2)) \cup (t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2), \infty)$$

Kritickou hodnotu t-testu vyhledáme ve statistických tabulkách (8) a pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ a počet stupňů volnosti $\nu = n_1 + n_2 - 2 = 22$ nacházíme hodnotu **$t = 1,9600$** .

Kritický obor je tedy v našem případě:

$$W = (-\infty, -1,96) \cup (1,96, \infty)$$

Jelikož t-experimentální ani v jednom z případů nespadá do intervalu dle hodnoty nalezené v tabulce ($t_j \pm 1,96$), tedy nulovou hypotézu nelze na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ přijmout. Takto hodnoceno, není tedy odlišné rozložení dat pro obě metody dílem náhody.

Tab. 13. Střední hodnoty poměrů z SI skloubení, os sakrum a L4

	SI : L4			SI : OS		
1	1,63	-0,201	0,040401	1,42	-0,086	0,007396
2	0,99	0,439	0,192721	1,13	0,204	0,041616
3	1,3	0,129	0,016641	1,11	0,224	0,050176
4	1,48	-0,051	0,002601	1,18	0,154	0,023716
5	1,32	0,109	0,011881	1,11	0,224	0,050176
6	1,82	-0,391	0,152881	1,38	-0,046	0,002116
7	1,49	-0,061	0,003721	1,17	0,164	0,026696
8	1,13	0,299	0,089401	1,01	0,324	0,104076
9	1,51	-0,081	0,006561	1,7	-0,266	0,133956
10	1,86	-0,451	0,203401	1,13	0,204	0,041616
11	1,16	0,289	0,072361	1,17	0,164	0,026696
12	1,73	-0,301	0,090601	1,44	-0,106	0,011236
13	1,55	-0,121	0,014641	1,4	-0,066	0,004356
14	1,34	0,089	0,007921	1,63	-0,296	0,087616
15	1,54	-0,111	0,012321	1,38	-0,046	0,002116
16	1,28	0,149	0,022201	1,19	0,144	0,020736
17	1,37	0,059	0,003481	1,08	0,254	0,064616
18	1,19	0,239	0,057121	1,29	0,044	0,001936
19	1,81	-0,381	0,145161	1,8	-0,466	0,217156
20	1,82	-0,391	0,152881	1,78	-0,446	0,198916
21	1,46	-0,031	0,000961	1,14	0,194	0,037636
22	1,31	0,119	0,014161	1,42	-0,086	0,007396
23	1,43	-0,001	0,000001	1,4	-0,066	0,004356
24	1,12	0,309	0,095481	1,22	0,114	0,012996
25	1,31	0,119	0,014161	1,18	0,154	0,023716
26	1,45	-0,021	0,000441	1,39	-0,056	0,003136
27	1,38	0,049	0,002401	1,5	-0,166	0,027556
28	1,61	-0,181	0,032761	1,35	-0,016	0,000256
29	1,51	-0,081	0,006561	1,56	-0,226	0,051076
30	1,19	0,239	0,057121	1,28	0,054	0,002916
31	1,57	-0,141	0,019881	1,23	0,104	0,010816
32	1,63	-0,201	0,040401	1,55	-0,216	0,046656
33	1,76	-0,331	0,109561	1,61	-0,276	0,076176
34	1,11	0,319	0,101761	1,24	0,094	0,008836
35	1,37	0,059	0,003481	1,42	-0,086	0,007396
36	1,38	0,049	0,002401	1,45	-0,116	0,013456
37	1,35	0,079	0,006241	1,21	0,124	0,015376
38	1,18	0,249	0,062001	1,12	0,214	0,045796
39	1,41	0,019	0,000361	1,34	-0,006	3,6E-05
40	1,54	-0,111	0,012321	1,38	-0,046	0,002116
41	1,62	-0,191	0,036481	1,5	-0,166	0,027556
42	1,11	0,319	0,101761	1,09	0,244	0,056536
43	1,33	0,099	0,009801	1,29	0,044	0,001936
44	1,62	-0,194	0,037636	1,41	-0,079	0,006241
45	0,97	0,466	0,207936	1,1	0,231	0,053361
46	1,32	0,106	0,011236	1,12	0,211	0,044521
47	1,58	-0,154	0,023716	1,26	0,071	0,005041
48	1,29	0,136	0,018496	1,08	0,251	0,063001
49	1,84	-0,414	0,171396	1,39	-0,059	0,003481
50	1,52	-0,094	0,008836	1,2	0,131	0,017161
51	1,16	0,286	0,070756	1,04	0,291	0,084681
52	1,3	0,126	0,015876	1,47	-0,139	0,019321
53	1,8	-0,374	0,139876	1,09	0,241	0,058081
54	1,13	0,299	0,089401	1,14	0,191	0,036481
55	1,92	-0,494	0,244036	1,6	-0,289	0,072361
56	1,6	-0,174	0,030276	1,44	-0,109	0,011881
57	1,39	0,036	0,001296	1,7	-0,269	0,136161
58	1,46	-0,054	0,002916	1,33	0,001	0,000001
59	1,2	0,226	0,051076	1,11	0,221	0,048841
60	1,31	0,116	0,013456	1,04	0,291	0,084681
61	1,13	0,296	0,087616	1,23	0,101	0,010201
62	1,85	-0,424	0,179776	1,84	-0,509	0,259081
63	1,81	-0,384	0,147466	1,77	-0,439	0,192721
64	1,53	-0,104	0,010816	1,2	0,131	0,017161
65	1,22	0,206	0,042436	1,33	0,001	0,000001
66	1,5	-0,074	0,005476	1,51	-0,179	0,032041
67	1,07	0,356	0,126736	1,17	0,161	0,025921
68	1,29	0,136	0,018496	1,16	0,171	0,029241
69	1,4	0,026	0,000676	1,35	-0,019	0,000361
70	1,43	-0,004	0,000016	1,56	-0,229	0,052441
71	1,54	-0,114	0,012996	1,29	0,041	0,001681
72	1,54	-0,114	0,012996	1,59	-0,259	0,067081
73	1,21	0,216	0,046656	1,3	0,031	0,000961
74	1,64	-0,214	0,045796	1,28	0,051	0,002601
75	1,61	-0,184	0,033856	1,53	-0,199	0,039601
76	1,73	-0,304	0,092416	1,58	-0,249	0,062001
77	1,12	0,306	0,093836	1,25	0,081	0,006561
78	1,37	0,056	0,003136	1,42	-0,089	0,007921
79	1,37	0,056	0,003136	1,43	-0,099	0,008801
80	1,36	0,066	0,004356	1,22	0,111	0,012321
81	1,16	0,286	0,070756	1,11	0,221	0,048841
82	1,4	0,026	0,000676	1,32	0,011	0,000121
83	1,55	-0,124	0,015376	1,35	-0,019	0,000361
84	1,65	-0,224	0,050176	1,55	-0,219	0,047961
85	1,1	0,326	0,106276	1,11	0,221	0,048841
86	1,34	0,086	0,007396	1,24	0,091	0,008281
průměr	1,42814		4,384971	1,332326		3,334251
rozptyl:			0,051588			0,039226

5 Diskuse

Cílem této práce bylo stanovení normálních hodnot u dospělých osob bez patologických změn v oblasti SI skloubení, LS páteře a pánve vyšetřených celotělovou kostní scintigrafií pomocí scintigrafické kamery GE Infinia na Oddělení nukleární medicíny nemocnice České Budějovice a posoudit, zda k přesnějšímu výpočtu těchto hodnot je vhodnější použít naměřené hodnoty z os sakrum či L4. V současnosti jsou bolesti zad jedny z nejčastějších zdravotních problémů, za něž je většinou zodpovědný špatný životní styl. Bolesti zad patří mezi takzvané civilizační nemoci a jsou častou příčinou pracovní neschopnosti. Jejich příčina je sice poměrně často banální, kupříkladu přetížení, špatná statika, nebo projev opotřebování, podkladem však může být zánětlivý, systémový nebo maligní proces. K diagnostice těchto příčin bolestí zad lze použít rozličné zobrazovací metody, z nichž pro své unikátní a jedinečné vlastnosti dominuje zejména scintigrafie skeletu. Scintigrafie skeletu je jednou ze základních a nejvíce rozšířených metod na odděleních nukleární medicíny. Tento fakt je způsoben skutečností, že vyšetření scintigrafie skeletu je poměrně levná a oproti celotělovému vyšetření pomocí RTG přístrojů méně radiačně zatěžující metoda. Hlavní předností je ale především časnější diagnostika oproti radiodiagnostickým metodám vzhledem k faktu, že v naprosté většině případů metabolické změny ve skeletu předcházejí změnám morfologickým.

Pro potřeby této práce bylo třeba definovat reprezentativní soubor, který tvořili pacienti vyšetření na Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích pomocí scintilační kamery GE Infinia, u nichž celotělová scintigrafie skeletu nevykazovala známky patologie či zvýšeného kostního metabolismu v oblasti pánve, SI skloubení a LS páteře a jejichž věk se v době vyšetření pohyboval v rozmezí 25–45 let. Bohužel reprezentativní soubor obsahoval pouze 43 pacientů, což pro co nejpřesnější statistické účely není počet příliš vysoký. Tento poměrně nízký počet pacientů vyhovujícím výběrovým kritériím byl způsoben faktem, že postižení zad či pánve je u této věkové skupiny pacientů velmi časté. U každého jednotlivce ze souboru bylo pomocí vyhodnocovacího zařízení Xeleris provedeno několik měření. V první řadě bylo důležité

stanovit oblasti zájmu pro SI skloubení, os sakrum a L4. Tyto oblasti zájmu musely mít stejnou velikost pro objektivitu a přesnost měření, neboť rozdílná velikost ROI by znamenala i rozdílný počet pixelů, ve kterých je uložena informace o počtu a rozložení impulsů ve vyšetřované oblasti, což by mohlo znehodnotit výsledky práce. Zvýšený metabolický obrat radiofarmaka v kostech signalizuje počínající či již probíhající patologický proces či zánět ve skeletu. V určování velikosti a umístění oblastí zájmu spatřuji jistou slabinu této metody pro užití v praxi a to pro její značnou variabilitu ovlivněnou subjektivním hodnocením lékaři, kteří mohou mít na stejný problém různý pohled co se velikosti a umístění ROI týče. Dále potom fakt, že pravděpodobnost, že by existoval „univerzální“ softwarem definovaný ROI použitelný pro všechny vyšetřované pacienty, je vzhledem k mnohotvárnosti lidského skeletu téměř nulová. Poměrem oblastí zájmů z obou SI skloubení a os sakrum či L4 jsem získal poměrové hodnoty indexů aktivity. Při této operaci bylo nutné dodržet jednotný postup (pořadí) při srovnávání jednotlivých ROI, při záměně pořadí by opět došlo ke zkreslení získaných hodnot a tím i konečného výsledku. K porovnání naměřených hodnot je třeba, aby lékaři měli k dispozici definované normální hodnoty, které by sloužily k posouzení případných odchylek. Tímto problémem se zabývala první hypotéza mé práce. Po provedení odhadů některých význačných intervalů spolehlivosti jak pro variantu L4, tak pro OS, jsem mohl tyto intervaly navzájem porovnat co do polohy vzhledem ku známému rozmezí, danému poměrovými čísly 1,0 až 1,4 které jsou brány jako normální hodnoty SI indexů. Po tomto porovnání lze konstatovat, že pro dvě nejzajímavější hladiny významnosti se experimentálně nalezené intervaly hodnot kryjí s literárními hodnotami poměrových čísel 1,0 až 1,4, kdy pro OS se rozmezí ustaluje kolem hodnot cca 1,28 až 1,38, zatímco pro L4 je tomu tak mezi hodnotami cca 1,37 až 1,49. Lékaři využívající k diagnostikování metodu ROI často řeší problém, zda-li k výpočtu hodnot použít poměry získané ze všech oblastí zájmů tj. z SI skloubení z os sakrum a L4, či použít pouze hodnoty SI skloubení vztažené k L4 nebo os sakrum. Výpočet ze všech definovaných oblastí je časově náročnější a rozdílné hodnoty mohou vnést nejistotu do rozhodnutí lékaře, též rozhodnutí, zda-li k diagnostice použít získané poměry z L4 či os sakrum, není vždy jednoduché a mnohdy záleží na konkrétních

zvyklostech jednotlivých oddělení, tzn. jaké hodnoty k výpočtu použijí. Na tento problém byla zaměřena druhá hypotéza této práce, která měla ukázat, která ze dvou oblastí je pro výpočet vhodnější a přesnější vzhledem k normálním hodnotám. Po vytvoření souhrných souborů pro os sakrum a L4 bez stranové definice jsem vypočítal střední hodnoty a rozptyl pro obě oblasti. Tyto hodnoty jsem posléze použil k výpočtu experimentálního t kritéria pro dvojitý t-test, jehož výsledek jsem konfrontoval s definovaným kritickým oborem. Z tohoto srovnání zcela jednoznačně vyplynulo, že odlišné rozložení dat pro obě metody není dílem náhody a že pro výpočet SI indexů je přesnější a tudíž vhodnější použít ROI z os sakrum.

6 Závěr

Ve své práci jsem pomocí statistických výpočtů stanovil normální hodnoty indexů SI skloubení pro pacienty, kteří byli vyšetřeni celotělovou kostní scintigrafií na Oddělení nukleární medicíny v Českých Budějovicích pomocí scintigrafické kamery Infinia GE a jejichž scintigram nevykazoval patologii či zvýšenou metabolickou aktivitu v oblasti pánve, SI skloubení a LS páteře. Dále jsem ve své práci předložil hodnoty měření a statistické výsledky, které poukazují na fakt, že pro výpočet indexů je vhodnější a přesnější použít ke stanovení ratio z ROI z SI skloubení a ROI z os sakrum oproti ROI z L4, neboť lépe spadají do intervalu normálních hodnot.

Výsledky práce poslouží jako pomocný nástroj lékařům Oddělení nukleární medicíny nemocnice České Budějovice ke kompletaci informace a ke stanovení diagnózy u pacientů vyšetřených celotělovou kostní scintigrafií scintigrafickou kamerou Infinia GE, u nichž je podezření na patologický proces v oblasti SI skloubení, os sakrum a LS páteře.

7 Seznam použité literatury

- (1) ANDREW TAYLOR, David M. *A clinician's guide to nuclear medicine*. Reston, VA: Society of Nuclear Medicine, 2000. ISBN 09-320-0472-5.
- (2) BŘÍNEK, Zdeněk. Radionuklidová diagnostika onemocnění skeletu . *Praktická radiologie*. 2003. Roč. 8, č. 4, s. 10–17. ISSN 1211-5053
- (3) FERDA, Jiří, Milan NOVÁK a Boris KREUZBERG. *Výpočetní tomografie*. 2nd ed. Praha: Galén, c2002, 663 s. ISBN 80-726-2172-6.
- (4) FOGELMAN, Ignac, Michael N. MAISEY a Susan E. M. CLARKE. *An atlas of clinical nuclear medicine*. 2. Aufl. Köln: Dt. Ärzte-Verl, 1994. ISBN 37-691-0273-8.
- (5) FOREJTOVÁ, Š. Diagnostika a léčba spondylartritid. *Medicína pro praxi: časopis praktických lékařů*, 2009, vol. 1/6, no. 1, p. 30–33. ISSN 1214-8687.
- (6) GÜNTER, Clauss, Heinz, EBNER. *Základy štatistiky pre psychologov, pedagogov a sociológov*. Bratislava: SPN, 1988.
- (7) HADORN, W., ZÖLLNER, N., et al. *Od symptomu k diagnóze*. Praha: Avicenum, 1986. 600 p. ISBN 08-050-86.
- (8) HAVRÁNEK, Jiří. *Základy zdravotnické statistiky*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2004, 100 s. ISBN 80-704-0663-1.
- (9) HUŠÁK, Václav, et al. *Fyzikální základy zobrazování v nukleární medicíně a*

Radiační ochrana. Dostupné on line:

<http://www.upol.cz/fakulty/lf/struktura/pracoviste/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana>. LF Univerzity Palackého, Olomouc: 2007.

Cit. 20. ledna 2012

- (10) KUNI CHristopher C. , Christopher C.Ren'e P. *Manual of nuclear medicine imaging*. New York: Thieme, 1997. ISBN 08-657-7568-0.
- (11) KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. Praha: P3K, c2007, 218 s. ISBN 978-809-0358-492.
- (12) SILBERSTEIN, Abdelhamid H. Elgazzar. With a foreword by Edward B. *Orthopedic nuclear medicine*. Berlin [u.a.]: Springer, 2004. ISBN 35-400-0614-1.
- (13) ŠTORK, A., et al. *Lékařské repetitorium svazek 2. M-Z. 4. přepracované a rozšířené vydání*. Praha: Avicenum, 1982. 1968.
- (14) ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření*. Dostupné on line: <http://astronuklfyzika.cz/Fyzika-NuklMed.html>. Cit. 20. ledna 2012
- (15) URBANOVÁ, E.; VIŽĎA, J. Nukleární medicína: minulost, současnost a trendy do budoucna. *Praktická radiologie*. 2003. Roč. 8, č. 4, s. 4–6. ISSN 1211-5053
- (16) VIŽĎA, Jaroslav, Hana KRÍŽOVÁ a Elen URBANOVÁ. *Atlas kostní scintigrafie: Atlas of bone scintigraphy*. 1. vyd. Husinec - Řež: LACOMED, 2006, 71 s. ISBN 80- 239-6676-6.

- (17) WAGNER, Henry N, Zsolt SZABO a J BUCHANAN. *Principles of nuclear medicine*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders, c1995, 1254 s. ISBN 07-216-9091-2.
- (18) ZVÁROVÁ, J. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2002, 218 s. ISBN 80-718-4786-0.
- (19) 50-Year Commitment to Improved Healthcare through Nuclear Medicine. *Medical Science Technology*. Dostupné on line:
<http://www.doemedicalsciences.org/pubs/sc0033/vital.shtml>. Cit. 18. února 2012
- (20) European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Guidelines for Bone Scintigraphy (2003)*. Dostupné on line:
<http://eanm.org/publications/guidelines/index.php?navId=37>. Cit. 21. ledna 2012
- (21) European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Guidelines for Bone Scintigraphy in Children (2010)*. Dostupnost on line:
<http://eanm.org/publications/guidelines/index.php?navId=37>. Cit. 21. ledna 2012

8 Klíčová slova

nukleární medicína (nuclear medicine)

scintigrafie skeletu (bone scintigraphy)

spondylartritida (spondylarthritis)

indexy (indices)

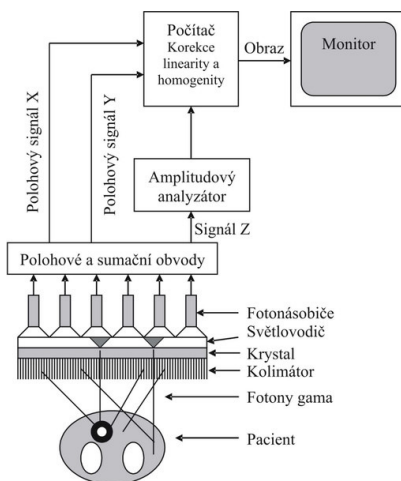
oblast zájmu (region of interest)

normální hodnoty (normal values)

9 Seznam použitých zkratk

CT	computed tomography (výpočetní tomografie)
MR	magnetic resonance (magnetická rezonance)
USG	ultrasonography (sonografické vyšetření)
WB	whole body (celotělové vyšetření)
MBq	megabecquerel
EANM	The European Association of Nuclear Medicine
keV	kiloelektronvolt
AS	ankylozující spondylartritida
MDP	metylendifosfonát
RF	radiofarmakum
ROI	region of interest (oblast zájmu)
mSv	milisievert
SPECT	Single photon emission computed tomography (jednofotonová emisní výpočetní tomografie)

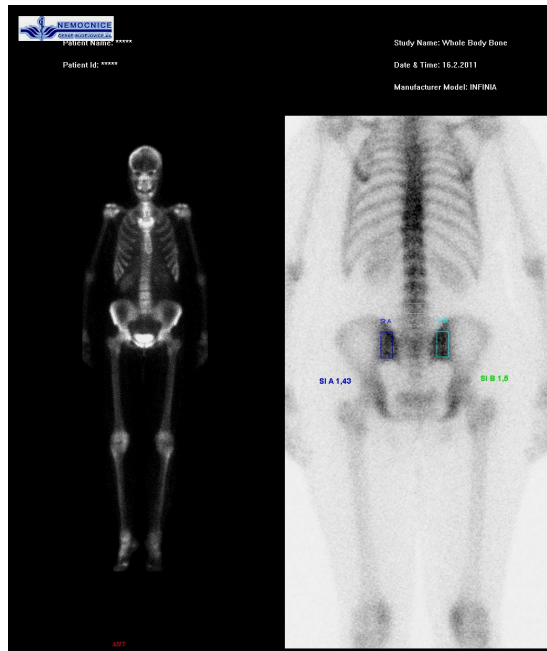
Přílohy



1. Schéma detekce a vzniku obrazu na scintilační kameře
(zdroj: <http://www.lf.upol.cz/typo3temp/pics/9829f60b23.jpg>)



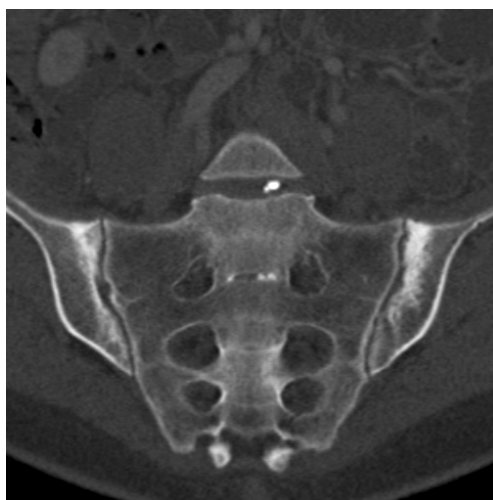
2. Dvoudetektorová scintilační kamera INFINIA firmy GE
(zdroj autor: ONM České Budějovice)



3. Whole Body scintigrafie s definovanými ROI
(zdroj autor: ONM České Budějovice)

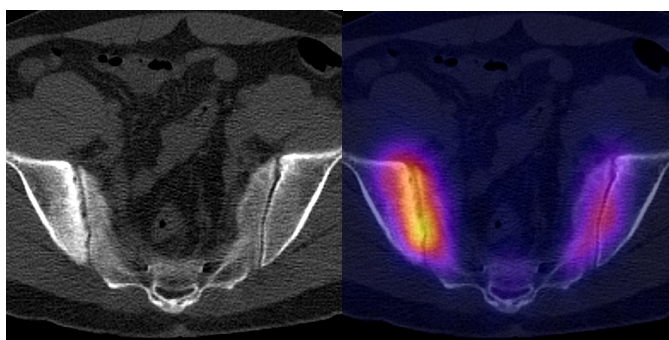


4. Ttzy. "bamboosá tyč" u Morbus Bechtěrev
(zdroj autor: Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň-Lochotín)



5. Osifikace při spondylartritidě

(zdroj autor:Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň-Lochotín)



6. Spondylartritida – SPECT/CT obraz

(zdroj autor:Klinika zobrazovacích metod FN Plzeň-Lochotín)

Přehled tabulek:

- Tabulka 1. *Hodnoty indexů pro levé a pravé SI skloubení vztažené k L4 a os sakrum*
- Tabulka 2. *Zastoupení normálních hodnot v měřeném souboru SI : L4*
- Tabulka 3. *Zastoupení předpokládaných normálních hodnot v měřeném souboru SI : OS*
- Tabulka 4. *Hodnoty výběrových průměrů a standardních nejistot typu A pro SI : L4*
- Tabulka 5. *Hodnoty výběrových průměrů a standardních nejistot typu A pro SI : OS*
- Tabulka 6. *Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot LSI : OS*
- Tabulka 7. *Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot PSI : OS*
- Tabulka 8. *Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot LSI : L4*
- Tabulka 9. *Přehled hustoty pravděpodobnosti výskytu naměřených hodnot PSI : L4*
- Tabulka 10. *Hodnoty mezí daných intervalů pro L4*
- Tabulka 11. *Hodnoty mezí daných intervalů pro OS*
- Tabulka 12. *Hodnoty jiných hladin významnosti pro OS a L4*
- Tabulka 13. *Střední hodnoty poměrů z SI skloubení, os sakrum a L4*