

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Dominika Kuderová

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Dominika Kuderová

Radiodiagnostická vyšetření kyčelního kloubu

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jan Hrbek

Olomouc 2015

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

Olomouc 11. května 2015

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji MUDr. Janu Hrbkovi za odborné vedení bakalářské práce, za poskytnutí obrazové dokumentace a za připomínky při její tvorbě.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název práce v ČJ: Radiodiagnostické vyšetření kyčelního kloubu

Název práce v AJ: Radiodiagnostic examination hip joint

Datum zadání: 2014-09-20

Datum odevzdání: 2015-05-11

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Kuderová Dominika

Vedoucí práce: MUDr. Jan Hrbek

Oponent práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Abstrakt v ČJ:

Bakalářská práce se zabývá vyšetřováním kyčelního kloubu za pomoci základních radiodiagnostických metod. Kyčelní kloub patří mezi významné statické klouby a má důležitou roli při pohybu. K včasnému stanovení správné diagnózy musíme zvolit vhodnou zobrazovací metodu. Ve své práci se zabývám využitím základních radiodiagnostických metod při vyšetření kyčelního kloubu. V jednotlivých kapitolách je popsána anatomie a zobrazovací metody jako ultrazvuk, rentgen, výpočetní tomografie a magnetická rezonance. Zaměřila jsem se hlavně na jejich princip a postup při vyšetřeních. Poslední kapitolu jsem věnovala radiační ochraně.

Abstrakt v AJ:

The bachelor thesis deals with examination of the hip joint with the help of basic radiodiagnostic methods. The hip joint belongs among important static joints and it has an important role in movement. For an early and correct diagnosis we must select the appropriate imaging method. In my work I deal with the use of basic radiodiagnostic methods for the examination of the hip joint. The individual chapters describe the anatomy and imaging methods such as ultrasound, x-ray, computed tomography and magnetic

resonance. I focused mainly on their principles and procedures of examinations. The last chapter is devoted to radiation protection.

Klíčová slova v ČJ:

kyčelní kloub, ultrasonografie, zobrazovací metody, skiografie, výpočetní tomografie, magnetická rezonance

Klíčová slova v AJ:

hip joint, ultrasonography, imaging methods, skiagraphy, computed thomography, magnetic resonance

Rozsah: 43 stran, 10 příloh

Obsah

Obsah	7
ÚVOD.....	9
1 Anatomie a funkčnost kyčelního kloubu	11
1.1 Stavba kostí a kloubu	11
1.2 Onemocnění kyčelního kloubu	11
2 Ultrasonografie	13
2.1 Vznik ultrasonografických vln.....	13
2.2 Ultrasonografický obraz a přístroj	14
2.3 Vyšetření kyčelního kloubu pomocí US	15
2.4 Vývojová dysplazie kyčelního kloubu.....	15
2.4.1 Vlastní vyšetření kyčelního kloubu při podezření na VDK	16
3 RTG zobrazení.....	17
3.1 Vznik rentgenového záření	17
3.2 Rentgenový obraz	18
3.3 Obecné zásady projekcí	18
3.3.1 Projekce kyčelního kloubu	19
4 Výpočetní tomografie	25
4.1 Princip CT.....	25
4.1.1 CT přístroje.....	26
4.2 Vlastní vyšetření	26
4.2.1 CT vyšetření kyčelních kloubů.....	27
4.3 Indikace.....	29
5 Magnetická rezonance	30
5.1 Princip MR.....	30
5.2 Obraz MR	31
5.3 Kontrastní MR vyšetření.....	32
5.4 MR přístroj.....	32
5.5 Indikace a kontraindikace	33
5.6 MR kyčelního kloubu	33
6 Radiační ochrana	35
6.1 Účinky ionizujícího záření.....	35

6.2	Monitorování a dozimetrie.....	36
6.3	Ochrana personálu a pacientů	37
	Závěr.....	39
	Bibliografické a internetové zdroje	40
	Seznam zkratek.....	42
	Seznam příloh.....	44
	PŘÍLOHY	45

ÚVOD

Zobrazovací metody hrají klíčovou roli při hodnocení typu a stupně poranění muskuloskeletálního systému. Muskuloskeletální systém je ale obsáhlé téma, a proto jsem se ve své bakalářské práci zaměřila na radiodiagnostiku kyčelního kloubu.

Kyčelní kloub patří mezi synoviální kulovité klouby. Zajišťuje spojení mezi volnou dolní končetinou a kostí pánevní. Řadí se také mezi klouby párové. Oba kyčelní klouby mají za úkol vyrovnávajícími pohyby přispět k udržení rovnováhy trupu, přičemž zároveň celý trup nesou. Umožňuje pohyb volné dolní končetiny vůči pánvi např. flexi, extenzi, abdukci, addukci, rotaci a další. Bývá prakticky neustále vystaven fyzické zátěži, což vede nejen k vzniku častých traumat, ale i k dalším onemocněním. Pro potvrzení či vyvrácení podezření a pro rozhodnutí o případné léčbě používáme zobrazovací metody – ultrazvuk, rentgen, magnetickou rezonanci, počítačovou tomografii.

Ultrasonografie užívá mechanické podélné vlnění, které se pohybuje mimo slyšitelné spektrum. Pro diagnostiku se nejčastěji používají frekvence v rozmezí 7 až 15 MHz. Za pomoci této metody jsou velmi dobře zobrazeny orgány a měkké tkáně, které obsahují větší množství vody (podkoží, svaly, cévy, naplněný kloub nebo naplněný močový měchýř), nebo také patologické léze naplněné tekutinou - hematomy, abscesy, cystické léze.

Skiografie patří mezi diagnostické metody využívající rentgenové záření pro zobrazení tvrdých i měkkých tkání. Funguje na principu různé absorpce RTG záření tkáněmi, kdy z rentgenky vychází záření a prochází pacientem, kde je absorbováno. Zbytek záření, které se v organismu nepohlí, dopadá na záznamové medium (film, kazetu, detektor). Ve většině případů patří mezi první volbu z diagnostických metod u většiny onemocnění.

Počítačová tomografie je vyšetřovací metoda, která také využívá rentgenové záření a absorpce záření ve tkáních. Několik rentgenek a několik řad detektorů (liší se podle přístroje) jsou uspořádány do kruhu kolem pacienta, což umožňuje podrobné zobrazení jednotlivých částí těla v tenkých vrstvách. Využívá se při diagnostice široké škály chorob. Její největší nevýhodou je vystavení pacienta významné expozici ionizujícího záření.

Magnetická rezonance patří mezi moderní zobrazovací metody, která je velmi přesná a podrobně zobrazuje požadované oblasti lidského těla. Jednotlivé orgány snímá v tenkých řezech. Nepracuje s rentgenovým zářením, ale s velmi silným magnetickým polem, což považujeme za její největší přednost. Nevýhodou je hluk a vysoká cena jednotlivých

vyšetření. Velmi často se používá při vyšetření mozku, míchy a hraje významnou roli při neurologických, ortopedických a onkologických vyšetřeních a dalších.

Pro moji bakalářskou práci jsem čerpala převážně informace z odborné literatury a stanovila jsem si tyto otázky a cíle:

Otázky bakalářské práce:

1. Jaké jsou základní zobrazovací metody při vyšetřování kyčelního kloubu?
2. Kterou zobrazovací metodu využíváme nejčastěji při vyšetřování kyčelního kloubu?

Cíle bakalářské práce:

Cíl 1. Vytvořit přehledný souhrn základních zobrazovacích metod užívaných při vyšetření kyčelního kloubu.

Cíl 2. Porovnat jednotlivé zobrazovací metody.

Při tvorbě bakalářské práce jsem použila vyhledanou literaturu na základě odborné rešerše. Využila jsem knižní databáze Ústřední knihovny UP, knihovny Fakulty zdravotnických věd, Lékařské fakulty, Fakulty tělesné kultury a Vědecké knihovny. Z důvodů shody informací knižní odborné literatury a dohledaných článků jsem při psaní nevyužila žádný článek.

Před vyhledáváním odborné literatury a relevantních článků byla prostudována následující vstupní literatura:

NEKULA, Josef et al. *Radiologie*. 3. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-1011-7.

VOMÁČKA, Jaroslav - NEKULA, Josef - KOZÁK, Jiří T. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.

POUL, Jan. *Dětská ortopedie*. 1. vyd. Praha: Galén, c2009. xi, ISBN 9788072626229.

GALLO, Jiří. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2486-6.

1 Anatomie a funkčnost kyčelního kloubu

Muskuloskeletální systém zahrnuje kosti, klouby a přilehlé měkké části jako pojivovou tkáň, svaly a cévy. Moderní zobrazovací metody (převážně tedy MRI) mohou velice dobře zobrazit dokonce i synovii, chrupavku, vazy, kostní dřev a ovšem i přiléhající měkké tkáně, což před 10 lety nebylo vůbec možné (Nekula et al., 2005, s. 61).

1.1 Stavba kostí a kloubu

Kost rozdělujeme na kostní dřev a pevnou část (kompaktní a spongiózní), která obsahuje minerály, převážně tedy vápník a fosfor, které absorbují RTG záření. Množství minerálů v kostech je různé, jelikož je ovlivnitelné mnoha faktory např. hormony, fyzickou zátěží, výživou, funkcí ledvin a další. Dlouhé kosti se skládají z epifýzy (proximální a distální) a diafýzy. Přejechod mezi epifýzou a diafýzou se nazývá metafýza, což je metabolicky neaktivnější oblast, ale zároveň časté sídlo nádorů a zánětů. Vazivový obal kosti – periost – není na snímku za normálních okolností vidět (Nekula et al., 2005, s. 61).

Kloub (latinsky articulatio) představuje spojení dvou či více kostí za pomoci plošek povlečených chrupavkou. Skládá se z kloubní jamky a kloubní hlavice, mezi nimiž je kloubní dutina vyplněná synoviální tekutinou. Jamku a hlavici chrání a spojuje kloubní pouzdro, které tvoří vazivová tkáň (Linc; Doubková, 2001, s. 85).

Kyčelní kloub (articulatio coxae) patří mezi klouby kulovité omezené s hlubokou jamkou a spojuje volnou dolní končetinu s pánví, přičemž kloubní spojení tvoří hlavice kosti stehenní (caput femoris) a jamka (acetabulum) doplněná chrupavčitým lemem (Holibková; Laichman, 2006, s. 44). Kloubní pouzdro je zesilováno pomocí vazů - ligamentum iliofemorale, ligamentum pubofemorale a ligamentum ischiofemorale (Naňka, Elišková, 2009, s. 41).

1.2 Onemocnění kyčelního kloubu

Onemocnění kyčelního kloubu je mnoho a velkou část můžeme diagnostikovat i za pomoci zobrazovacích metod. Mezi onemocnění patří patologické změny, jako např. porucha velikosti a tvaru kosti nebo změna hutnosti tkáně. Další postižení spadá do traumatologie a jedná se o zlomeniny (fraktury), luxace a luxační fraktury. Časté jsou i záněty kostí a kloubů (artritidy), dále degenerativní onemocnění kloubů (osteoartrózy), kostní

nádory, pseudotumory, ischemické změny, metabolické osteopatie a intrinzické poruchy (Nekula, 2001, s. 13 – 24).

V traumatologii je základním a prvním vyšetřením rentgenový snímek, který musí být proveden přesně projekčně i expozičně. V případě nejasností následuje CT vyšetření a magnetická rezonance, která rozliší chrupavku od vlastní kosti. Také dobře dokáže zobrazit ligamenta, vazy a menisky, dokonce i změny v přiléhajících měkkých tkáních a svalech. Pomocí sonografie vyšetřujeme měkké části, zjišťujeme tekutinu v kloubní dutině, poranění vazů nebo svalů (hematomy, ruptury). Nejběžnější indikací je screeningové vyšetření kyčlí u kojenců (Nekula et al., 2005, s. 61).

2 Ultrasonografie

Ultrasonografie USG (sonografie nebo také ultrazvuk) je zobrazovací metoda, která využívá odrazů ultrazvuků od tkání s různou akustickou impedancí (důvodem je absorpce, rozptyl a odraz). Intenzita odrazu je tím větší, čím je větší rozdíl v hustotě prostředí, kterými prochází (Nekula et al., 2005, s. 16). Ultrasonografie je přínosná metoda. Je samozřejmostí, že vyšetřující lékař musí mít značné zkušenosti. (Poul, 2009, s. 21). Společně s rentgenovým vyšetřením se stala důležitou součástí klinického vyšetření a její užívání se rozšiřuje v celosvětovém měřítku. Využívá se nejen v porodnictví, ale je velmi užitečná při vyšetřeních břicha, měkkých tkání a u dětí při vyšetření dysplazie kyčelních kloubů (Palmer, 2000, s. 13). USG vyšetření může vyvolat biologické účinky, mezi které patří všechny jevy, jež jsou buď přímo vyvolány, nebo působí jako spouštěcí a podporující faktor jejich rozvoje v tkáni organismu. Základními mechanismy USG jsou ohřev tkání a kavitační účinky (Chmelová, 2006, s. 71).

2.1 Vznik ultrasonografických vln

Ultrazvuk je vysokofrekvenční mechanické vlnění o frekvenci vyšší jak 20 000 kmitů za sekundu (20 kHz), což je nad prahem slyšitelnosti pro člověka, přičemž se v diagnostice využívá frekvence v rozmezí 2-10 MHz (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 38). Zdrojem je piezoelektrický krystal, který deformuje svůj tvar působením střídavého proudu. Krystal nebo krystaly se nacházejí v sondě, která může být různě konstruována - sonda sektorová, lineární nebo konvexní. Sondy se liší počtem krystalů, tvarem ale i vysílanou frekvencí (pro zobrazování hlubších struktur 2-5 MHz, pro povrchové struktury 5-15 MHz). Čím vyšší frekvence, tím lepší rozlišovací schopnost, ale menší dosah (Nekula et al., 2005, s. 16). Při vyšetřování muskuloskeletálního systému se užívají lineární sondy s frekvencí v rozmezí 7 – 10 MHz (Poul, 2009, s. 20). Aby přešly vlny lépe do vyšetřované oblasti, aplikujeme na kůži kontaktní gel, čímž odstraníme vrstvu vzduchu mezi kůží a sondou (Nekula et al., 2005, s. 16). Chování ultrazvukových vln se liší v různých tkáních – v některých dochází k rozptylu, než se impuls vrátí do vyšetřovací sondy, jiné přímo odráží vlnu.

2.2 Ultrasonografický obraz a přístroj

Během přijímání odražených vln musí dojít k jejich zesílení, protože odrazy od tkání, které jsou uloženy hluboko pod povrchem těla, jsou tlumenější. Ultrazvukový přístroj je vybaven zařízením, kterým lze měnit celkovou citlivost, tzv. „práh“ přístroje, dále i sílu odrazů z různých hloubek (je nutné pro přehlednost a lepší kvalitu vyšetření dosáhnout vyrovnaného obrazu). Po návratu vln do vyšetřovací sondy je možné zrekonstruovat dvourozměrný obraz tkání, kterými svazek prošel. Získané informace se zobrazují na monitoru (Palmer, 2000, s. 19-20). Dynamický B-mode je nejčastěji užívaný typ ultrazvukového záznamu. Obraz vznikne zachytáváním velkého množství vedle sebe umístěných odrazů, kterým je v závislosti na jejich intenzitě přiřazen stupeň šedi. Tkáně se nám zobrazují s různou echogenitou – hyperechogenní jsou tkáně s vyšší echogenitou a na obraze se nám zobrazují světleji, hypoechogenní jsou tkáně s nižší echogenitou a zobrazují se tmavší barvou, anechogenní jsou bez vnitřních ech a zobrazují se výrazně tmavou barvou. Setkat se můžeme také s akustickým stínem, což je oblast, do které neprošlo žádné vlnění. Většinou je to způsobeno přítomností kosti, kalcifikace, kamene nebo plynu (Nekula et al., 2005, s. 16). Protože se jedná o 2D zobrazení, ztrácí se informace o jednom rozměru a to o objemu (Poul, 2009, s. 20).



Obr. 1: USG přístroj

(zdroj: <http://www.hospital-bn.cz/>)

Ultrasonografický přístroj se skládá z monitoru, elektrické aparatury, ultrazvukového přístroje (nejlépe pojízdného, aby bylo možné přístroj dle potřeby přesunout na jiné oddělení) a vyšetřovacích sond - konvexní, lineární a sektorové (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 39).

Při USG vyšetření patří mezi základní pravidla dobrá orientace na monitoru. Musíme pamatovat na to, že při zobrazování v transverzální rovině se na pravé straně obrazovky zobrazuje levá strana pacienta a na levé straně obrazovky zase pravá. V případě sagitální roviny se vlevo zobrazí ‚pacientova hlava‘ a vpravo zase jeho ‚nohy‘. Musíme také dbát na to, abychom si před začátkem vyšetřování zkontrolovali indikátor (značku) stranového označení na sondě. V případě stranového převrácení by mohlo dojít k nesprávnému nálezu. Kvalitu obrazu také ovlivňuje použití gelu - pro lepší šíření USG vln do vyšetřované oblasti (Chmelová, 2006, s. 27 -28).

2.3 Vyšetření kyčelní kloubu pomocí US

V poslední době USG vyšetření nahradilo rentgenové vyšetření kojenců ve věku 3 – 4 měsíců. Po čtvrtstoletí se rozvíjí diagnostika kyčelních kloubů u novorozenců a kojenců za pomoci ultrasonografie, ale stále jsou určité nesrovnalosti v interpretaci nálezů. Rozdíl byl i v chápání onemocnění. V německy mluvících zemích se diagnostika formovala na základě hodnocení dysplastických známek. Naopak v anglicky mluvících zemích chápali vznik nemoci tak, že se primárně vysune hlavice femuru z acetabula a až vlivem tlaku hlavice dojde k deformaci jamky (Poul, 2009, s. 189).

U novorozenců má ultrazvukové vyšetření široké zastoupení. Jedním z vyšetření je ultrazvukové vyšetření dislokace kyčelního kloubu. U tohoto diagnostického vyšetření musíme zobrazit dolní část kyčelní kosti a kyčelní jamku, zejména stříšku kloubu a lem jamky. Dále nám umožňuje určit polohu hlavice stehenní kosti uvnitř kloubu a diskrepanci tvaru a velikosti kyčelního kloubu. Je-li při vyšetření kyčle novorozence konstatována odchylka nebo podezření na ni, vyšetření opakujeme po 4-6 týdnech, často totiž dojde k normalizaci (Palmer, 2000, s. 343-344).

2.4 Vývojová dysplazie kyčelního kloubu

Vývojová dysplazie kyčle (VDK) je spojitě spektrum morfologických a funkčních poruch kyčelního kloubu od volnější kyčle přes různé stupně subluxací až po vysokou luxaci kyčelního kloubu. Výskyt této nemoci v naší zemi je celkem častý. Na vzniku nemoci se

podílí mnoho faktorů např. genetické predispozice, hormony, mechanické vlivy a další. Nejčastěji onemocnění diagnostikujeme krátce po narození (Gallo a kol., 2011, s. 52 - 53).

Zásadní průlom v diagnostice VDK nastal v 70. letech, kdy bylo zavedeno tzv. trojí síto. Toto zahrnovalo první vyšetření novorozence v prvním týdnu po narození v porodnici – první síto. Dále se jednalo o vyšetření 6 týdnů po narození – druhé síto a třetí síto bylo vyšetření za pomoci RTG snímku ve 12. až 16. týdnu života dítěte. V 90. letech došlo k vytvoření ještě efektivnějšího trojího síta zavedením do každé etapy sonografického vyšetření kyčelních kloubů (Gallo a kol., 2011, s. 53).

V žádném případě nestačí jen USG vyšetření. Před samotným ultrasonografickým vyšetřením musíme odebrat klinickou, osobní a rodinnou anamnézu. Přítomnost patologického nálezu není vyloučena při klinicky negativním nálezu, ale klinické podezření zvyšuje naši pozornost při vyšetření. Pro dosažení požadovaných výsledků je nutné splnit několik předpokladů a to přesnost, účelnost a rychlost vyšetření (Kiliján, Dungal a Karpíšek, 1996, s. 14).

2.4.1 Vlastní vyšetření kyčelního kloubu při podezření na VDK

Dítě leží ve spontánní poloze na boku pouze s mírně flektovanou dolní končetinou v koleni i kyčli a s mírnou vnitřní rotací kyčelního kloubu, přičemž velikost flexe nebo rotace kyčelního kloubu nemá žádný vliv na hodnocení nálezu. Před přiložením vyšetřovací sondy aplikujeme přiměřené množství sonografického gelu na vyšetřovanou oblast. Je nutné pro vyhledání ideálních obrazů správné držení sondy vzhledem k pacientovi. Zhotovujeme 2 snímky po dvou různých měřeních vyšetřované kyčle, následně dítě přetáčíme a vyšetřujeme stejným způsobem druhou kyčel. Během vyšetření je nutná spolupráce rodičů (pomoc při přetáčení dítěte a držení dítěte během vyšetření), jelikož se často setkáváme s neklidem dítěte a spontánním pohybem. Je také nezbytná zkušenost vyšetřujícího lékaře pro nalezení správného obrazu (Kiliján, Dungal a Karpíšek, 1996, s. 15-17).

Klasické vyšetření je možné doplnit ještě dynamickým USG vyšetřením, ale musí se brát v potaz riziko, že dojde k přecenění nálezu, a tím zavlečení zdravého dítěte do terapie (Poul, 2009, s. 191).

3 RTG zobrazení

Objevení paprsků X německým fyzikem Wilhelmem Konrádem Röntgenem 8. listopadu roku 1895 je chápáno jako začátek moderní éry zobrazovací diagnostiky. Během dvacátého století prošla standartní rentgenová diagnostika bouřlivým rozvojem. Za zásadní nedostatky RTG zobrazení považujeme vedlejší nežádoucí účinky, které ohrožují zdraví pacienta. Tento problém řešíme tak, že se snažíme omezit vystavení pacienta rentgenovým paprskům na nejmenší možnou míru (Zuna a Poušek, 2000, s. 12).

Rentgenové snímky jsou základní a úvodní zobrazovací metodou při vyšetřování skeletu. Je to hlavně díky snadné dostupnosti, nízké ceně a relativně nízké radiační zátěži. Za pomoci snímků můžeme odhalit tvarové odchylky kostí a kloubů, změnu hutnosti kosti a dále v klinické praxi různá poranění - zlomeniny, vykloubení a degenerativní změny kloubů např. artrózy, spondylózy, osteochondrózy (Gallo a kol., 2011, s. 28).

3.1 Vznik rentgenova záření

Zdrojem RTG záření je rentgenka, která se skládá z vnitřní části (anody a katody), krytu a vysokonapěťových kabelů. Wolframová katoda, umístěná ve fokusační misce, je zahřívána na více než 2 000°C a tím dochází k termoemisi. Po zapojení anodového napětí, v diagnostice v rozmezí 17-150 kV, dopadají elektrony v úzkém svazku na rotační anodu, kde se většina energie přemění na teplo a zbytek (přibližně 1%) na RTG záření, které vychází výstupním okénkem (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 15). Rentgenové záření se řadí mezi záření elektromagnetické o velmi malé vlnové délce $10^{-8} - 10^{-11}$ m. Svazek záření vycházející z rentgenky označujeme jako primární záření. Jedná se o směs paprsků s různou vlnovou délkou (záření s krátkou vlnovou délkou a s dlouhou vlnovou délkou). Primární záření musíme upravit za pomoci clon a odfiltrovat záření s dlouhou vlnovou délkou, které nemá na vznik RTG obrazu žádný vliv nebo by jej mohl znehodnotit (Svoboda, 1976, s. 15 a 20). K tomu používáme primární clony, které jsou umístěné hned za výstupním okénkem a clony sekundární, které filtrují sekundární záření vznikající v pacientovi při průchodu primárního záření. Sekundární záření nemá stejný směr jako primární a mohlo by RTG snímek znehodnotit (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 17 – 18).

3.2 Rentgenový obraz

Svazek záření prochází vyšetřovanou oblastí, kde se následně v závislosti na vyšetřovací tkáni absorbuje a následně dopadá na detektor, případně kazetu s filmem (Nekula a kol., 2005, s. 12). Míra absorpce závisí přímo na struktuře tkáni, kterými prostupují rentgenové paprsky. Obraz je ve stupních šedi, kde světlým až bílým místům odpovídají tkáně s vysokým atomovým číslem (více absorbují ionizující záření) např. kosti nebo kovové předměty. Naopak tmavým až černým místům odpovídají oblasti, které absorbují málo záření (plyn) např. plíce, střevní plyn. Absorpční schopnost měkkých tkání je nízká, a proto jejich rozlišení na rentgenovém snímku je obtížné a nedostatečné. Tento problém lze změnit aplikací kontrastních látek lokálně (do anatomických dutin a prostorů) nebo do cévního řečiště (Dungl a kol., 2005, s. 66-67). Rentgenový obraz je dvojrozměrný, jedná se o stínový obraz trojrozměrného objektu (Nekula a kol., 2005, s. 12).

3.3 Obecné zásady projekcí

Máme několik druhů projekcí, které rozeznáváme podle směru centrálního paprsku – sagitální (předozadní a zadopřední), bočné, axiální a šikmé. Prochází-li záření pacientem směrem z ventrální strany dorzálně, jedná se o předozadní AP snímek, v opačném směru, kdy paprsek vstupuje do pacientova těla z dorzální strany a směřuje ventrálně, se jedná o zadopřední PA projekci. Bočný snímek může být pravý nebo levý. V tomto případě záleží na tom, jakou stranou pacient doléhá na záznamové medium. Šikmé projekce jsou charakteristické tím, že frontální rovina pacientova těla svírá s vyšetřovacím stolem určitý úhel (většinou 30, 45 nebo 60 stupňů) a dnes se řadí mezi tzv. speciální nebo také doplňující projekce. Užívají se např. v mamografii, při vyšetřování páteře, ruky nebo nohy. Dnes se užívají i některé projekce nesoucí název svého autora - dle Waterse, Schüllera či Stenverse a další (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 36).

Pro správné určení diagnózy je nutné zhotovit snímky nejméně ve dvou na sebe kolmých projekcích (nejčastěji předozadní a bočná projekce). Dvě na sebe kolmé projekce děláme, protože se zachycené struktury promítají do dvojrozměrného obrazu, čímž může dojít k překrývání a splývání struktur, což může maskovat patologický nálezn, nebo naopak uměle vytvořit chorobné znaky (Gallo a kol., 2011, s. 28 – 29). Výjimkou z tohoto standardu (zhotovování dvou na sebe kolmých snímků) jsou ramenní klouby, kyčelní klouby, klíční kosti a další. Standardně se dělají pouze sagitální projekce, bočné snímky nemají kvůli sumaci

žádný smysl. Je možné doplnit šikmé snímky, pokud je tak indikováno klinickým lékařem (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 37). Stále se často v praxi setkáváme se stresovými a drženými snímky, které nám pomáhají odhalit nestabilitu kloubu při těžkých poraněních vazů a kloubního pouzdra (Gallo a kol. 2011, s. 28 – 29). V rentgenové diagnostice se setkáváme i s vyšetřením za pomoci kontrastní látky (KL). Využíváme nejčastěji jodovou KL, která je za pomoci jehly vstříknuta do anatomicky perforovaných či patologických prostor. V oblasti muskuloskeletálního systému se jedná např. o zevní ústí píštělí či kloubní štěrbinu. V dnešní době bylo kontrastní RTG vyšetření (artrografie) z velké části nahrazeno jinými metodami (CT a MR). Dnes se používá pouze v několika málo indikacích např. pro zobrazení reperiční překážky u luxované dětské kyčle (Gallo a kol., 2011, s. 29 – 30).

Každý snímek by měl obsahovat značku laboranta, označení strany a samozřejmě by měla být zobrazena správná anatomická oblast. Mezi nejčastěji vyšetřované oblasti patří skelet, břicho a hrudník. Skiografie je v diagnostice ve většině případů první používanou metodou. Relativní kontraindikace nejen skiografie, ale i dalších vyšetření, v nichž se využívá ionizující záření, je těhotenství (Nekula a kol., 2005, s. 13).

3.3.1 Projekce kyčelního kloubu

Předozadní projekce, nebo také ventrálnědorzální

Pacient, obnažený od pasu dolů, leží na zádech na vyšetřovacím stole. Nohy má napnuté, špičky směřují k sobě a paty od sebe (Svoboda, 1976, s. 280). V rámci radiační ochrany použijeme olovnatou ochranu těla a vykryjeme pohlavní orgány pacienta, ale zároveň dáváme pozor, aby krytí nezasahovalo do kyčelního kloubu. Centrální paprsek míří kolmo a jeho střed centrujeme na střed krčku femuru (Vydavatelství RAIV, 2006, s. 48). Pro zhotovení kvalitního RTG snímku se pacient nesmí pohnout a nemůžeme zapomenout ani na stranové označení a značku laboranta (Franek a Třetinová, 2009, s. 234). Dále musí být zobrazen kloub v celém rozsahu, to i včetně jamky a celé hlavice s krčkem a oběma trochantery (Svoboda, 1976, s. 82).



Obr. 2: Prostý snímek kyčelního kloubu – AP projekce
(zdroj: Hrbek, Prášil, 2014, snímek 5)

Medio-laterální projekce – Lauensteinova projekce

Pacient leží pohodlně na zádech na vyšetřovacím stole. Vyšetřovanou končetinu má ohnutou v kyčelním a kolenním kloubu, přičemž koleno vytáčí laterálně (Svoboda, 1976, s. 284). Centrální paprsek míří kolmo na střed třísla (Vydavatelství RAIV, 2006, s. 49). Nezapomínáme zároveň na vykrytí pacienta a v distálním rohu stranové označení se značkou radiologického asistenta, který snímek zhotovoval. Pacient dostane povel, aby se nehýbal a chvíli nedýchal.

Na snímku musí být zobrazen krček femuru v celém rozsahu zároveň s hlavicí a jamkou (Svoboda, 1976, s. 284 – 285).



Obr. 3: Prostý snímek kyčelního kloubu – Lauensteinova projekce
(zdroj: Hrbek, Prášil, 2014, snímek 6)

Šikmá ilická projekce (šikmá projekce dle Judeta I)

Pacient má polohu na znak, dolní končetinu má napnutou. Nevyšetřovaný kloub oddálíme od stolu pomocí nekontrastních molitanových pomůcek (podložky, klíny), díky čemuž bude pacientovo tělo s vyšetřovacím stolem svírat úhel 45°. Centrální paprsek směřuje na střed třísla (na caput femoris) vyšetřované končetiny (Vydavatelství RAIV, 2006, s. 52). Použijeme gonádové krytí, které nesmí zasahovat do zobrazované oblasti, a cloníme na oblast zájmu. Pacientovi dáme pokyn, aby se nehýbal a chvíli nedýchal.

Na snímku musí být zachyceno celé acetabulum (Franek a Třetinová, 2009, s. 236), polovina pánve v celém rozsahu a nezkrácená kost kyčelní (Svoboda, 1976, s. 143).



Obr. 4: Prostý snímek - Ilická projekce
(zdroj: Hrbek, Prášil, 2014, snímek 8)

Šikmá obturatorová projekce (šikmá projekce dle Judeta 2)

Pacient leží na zádech. Vyšetřovaný kyčelní kloub má pomocí molitanového klínu mírně zvednutý a tím pádem svírá frontální rovina pánve s vyšetřovacím stolem 45° . Centrální paprsek míří kolmo na caput femoris (střed třísla). V rámci radiační ochrany tvarujeme záření pouze na oblast zájmu a používáme gonádové krytí, které nesmí zasahovat do snímané oblasti (Franek a Třetinová, 2009, s. 238).

Na snímku musí být zobrazen foramen obturatorium jako ovál. Dále musí být ve středu filmu kloubní štěrbina a pánevní pletenec zobrazen v celém rozsahu (Vydavatelství RAIV, 2006, s. 53).

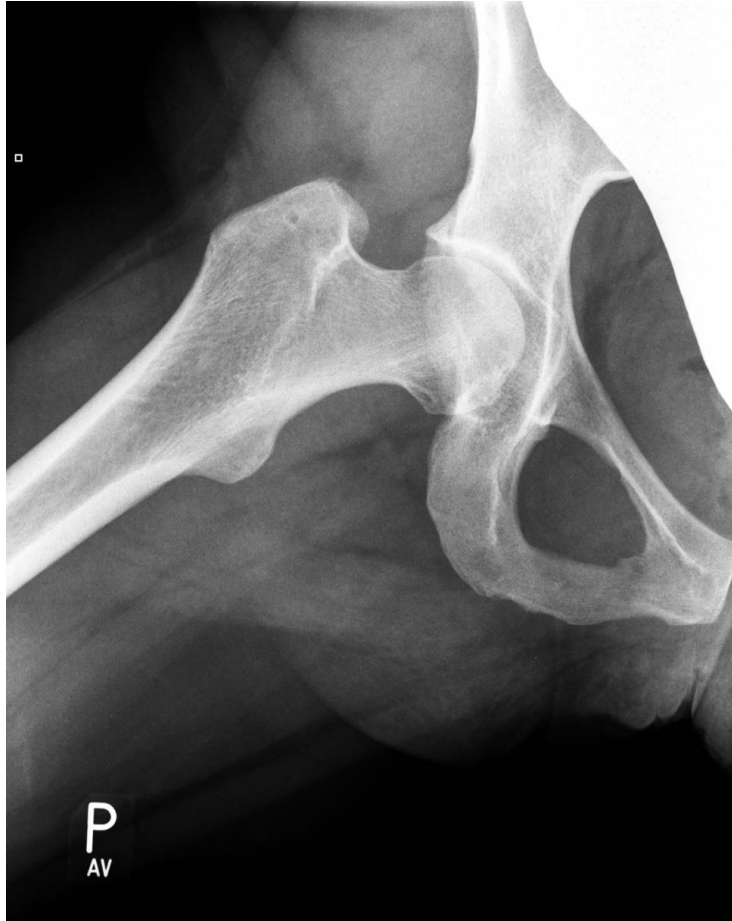


Obr. 5: Prostý snímek – Obturátorová projekce
(zdroj: Hrbek, Prášil, 2014, snímek 7)

Axiální – mediolaterální projekce

Pacient leží na vyšetřovacím stole na zádech. Vyšetřovanou nohu má nataženou a natočená mírně dovnitř. Nevyšetřovanou končetinu zvedne, ohne v koleni a přitahuje ji za podkolenní jamku k břichu, u starších nebo nepohyblivých pacientů stačí, když se končetina zvedne a podloží (Svoboda, 1976, s. 142). Záznamové medium je rovnoběžně umístěno s krčkem femuru a co nejbližší k pacientovu tělu, nesmí být přiložena těsně ke stehnu (došlo by k oddálení od kyčelního kloubu a ke zkreslení snímku).

Centrální paprsek míří horizontálně na mediální stranu snímkaného kyčelního kloubu, kolmo na krček femuru (Ort a Strnad, 1997, s. 73).



Obr. 6: Axiální projekce
(zdroj: Hrbek, Prášil, 2014, snímek 9)

4 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie (CT – computed tomography) je zobrazovací metodou využívající digitální zpracování dat o průchodu rentgenového záření v mnoha průmětech vyšetřovanou vrstvou (Nekula a kol., 2005, s. 18). Tuto techniku vyšetřování objevil anglický vědec Hounsfield, který za ni dostal i Nobelovu cenu. V diagnostice je považována za kvalitativní skok, jelikož zobrazuje neagresivním způsobem tkáň jako mozek, játra, slezinu, pankreas, některé patologické procesy a další (Chudáček, 1995, s. 264). Během posledních dvou desetiletí byla zařazena mezi standartní vyšetřovací metody a je dostupná téměř v každé nemocnici. Jedná se o dynamickou metodu s vynikající prostorovou rozlišovací schopností, která nám umožňuje provádět virtuální 3D nebo dynamické 4D vyšetření (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 42).

4.1 Princip CT

Základní princip je založen na detekci zeslabeného svazku RTG záření po průchodu vyšetřovaným objektem. Celé vyšetření se skládá z více vrstev (skenů) o šířce 1-10 mm.

Z rentgenky vychází svazek záření, který je formován do vějíře. Po průchodu pacientem dopadá na detektory uložené na části kruhové výseče naproti rentgence, kde je registrováno množství dopadajícího záření a následně je převedeno na elektrický signál, který se odesílá do počítače ke zpracování (Nekula a kol., 2005, s. 18 - 19). Rentgenka a detektor jsou pevně spojeny, takže když dojde ke změně polohy rentgenky v gantry, změní se zrcadlově i poloha detektorů (Chudáček, 1995, s. 264). Počet detektorů se u CT přístrojů liší, ale většina moderních multidetektorových přístrojů má 800 až 1200 detektorů. Během expozice se rentgenka s detektory otáčí kolem pacienta a ze získaných dat se zhotoví v počítači obraz vyšetřované vrstvy, který je digitální (tvořen maticí bodů nejčastěji v počtu 512x512). Doba expozice je u jednotlivých CT přístrojů různá, pochybuje se v rozmezí 0,5 až 7 sekund. U novějších přístrojů se nejčastěji setkáme s expozičním časem v rozmezí jedné až dvou sekund (Nekula a kol., 2005, s. 19).

Míra zeslabení paprsku dopadajícího na detektor je registrovaná jako denzita v tzv. Hounsfieldových jednotkách (zkratka H nebo HU z anglického Hounsfield unit). Stupnice denzit je v rozmezí od -1000 HU (vzduch) do +3096 HU (kov, kosti). Na obrazech CT skenů reprezentují denzity stupně šedi (celkem 64 stupňů). Bohužel lidské oko má schopnost rozlišit pouze 16 odstínů šedi, takže nás spíše zajímají rozdíly v tkáních s podobnou denzitou

(Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 42). Z toho důvodu si z celé škály denzit vybíráme pouze určitou část tzv. okno. S jeho pomocí získáváme informace o tkáních s různými denzitami např. o měkkých tkáních a skeletu (Nekula a kol., 2005, s. 19). Musíme si dávat pozor, abychom okénko příliš nerozšířili nebo nezúžili, jelikož by mohlo dojít k vymizení některého odstínu a došlo by ke zkreslení a možnému přehlédnutí patologického procesu (Chudáček, 1995, s. 265). Okna pro jednotlivé orgány a kosti jsou různá. Liší se ve své šíři a středu okna (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 42 – 43). V dnešní době jsou tato okna už připravena v počítači, ale je možné šíři a střed okna individuálně upravit. Musíme ale vybrat správné přednastavení pro vyšetřovaný orgán (Chudáček, 1995, s. 266). Základní protokoly provádíme ve standardizovaných oknech, přičemž je někdy nutné doplnit vyšetření i v jiných oknech (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 42 – 43).

4.1.1 CT přístroje

CT přístroj se skládá z vyšetřovacího stolu s polohovací deskou (zdvihání a posun), dále gantry, ve které je uložena rentgenka a řada detektorů a uprostřed má otvor, kterým projíždí pacient a dalších přídatných zařízení např. tlakový injektor či anesteziologický přístroj (Chudáček, 1995, s. 268 – 269; Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 43). Nedílnou součástí je také ovládací konzola a vyhodnocovací počítač. Počítače musí být vybaveny speciálním programem, jelikož v nich dochází k rekonstrukcím a měřením úrovně okna v různých orgánech (Chudáček, 1995, s. 270 – 271).

Existuje několik různých druhů CT přístrojů např. klasické multidetektorové CT (MDCT), dále dvouzdrojové CT (obsahuje dvě rentgenky s různou energií a dvě soustavy detektorů), hybridní přístroje PET/CT nebo SPECT/CT (Vomáčka, Nekula a Kozák, s. 2012, 43).

4.2 Vlastní vyšetření

Před vlastním vyšetřením musíme dbát na řádnou přípravu pacienta. Nesmíme zapomenout ani na správně vyplněný a podepsaný informovaný souhlas. Před vyšetřením, kdy je nutné aplikovat kontrastní látku KL, odebíráme alergologickou anamnézu. V pozitivním případě adekvátním způsobem premedikujeme pacienta (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 44).

Vlastní vyšetření probíhá následně – nejprve je zhotoven digitální snímek vyšetřované oblasti (topogram). Během snímání topogramu se rentgenka ani detektory nepohybují, pohybuje se jedinež deska s pacientem. Pomocí tohoto snímku naplánujeme vyšetření, přičemž

následuje vlastní vyšetření konvenční nebo spirální technikou. Konvenční technika je taková, kdy jsou postupně zhotovovány jednotlivé vrstvy. Jakmile je jedna vrstva zhotovena, deska s pacientem se posune o zvolenou vzdálenost a natáčí se další vrstva. Spirální technika se liší tím, že během snímání jednotlivých vrstev se deska s pacientem pomalu posunuje otvorem v gantry, čímž získáme na sebe navazující data celé vyšetřované oblasti. Výhodou této techniky je kratší doba celého vyšetření, s čímž je spojena nižší dávka a jistota zachycení celého objemu vyšetřované oblasti (Nekula a kol., 2005, s. 20 - 21). V rámci radiační ochrany volíme optimální rozsah vyšetření, abychom nadbytečně nezozařovali tkáň a tím nezvyšovali expoziční dávku. Následně nastavujeme akviziční data – expozice, rychlost posunu stolu, kolimace, rychlost otáčení a sklon gantry (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 44). Získáme několik desítek navzájem se sebou sousedících nebo i překrývajících obrazů, ze kterých lze vytvořit rekonstrukci v libovolné rovině nebo 3D rekonstrukci.

Vyšetření se provádí nejen nativně, ale i po intravenózní aplikaci KL (Nekula a kol., 2005, s. 22). Před podáním KL intravenózně je nutné zajistit žilní přístup flexibilní kanylou o šířce 16 až 20 G (Ferda, Mírka a Baxa, 2009, s. 16). Hlavní důvody pro vyšetření pomocí KL je lepší odlišení cév od ostatních struktur a rozdílné sycení normálních a patologicky změněných tkání. Vyšetření trvá obvykle 5 – 30 minut, doba závisí na rychlosti přístroje, rozsahu vyšetřované oblasti a případné aplikaci kontrastní látky (Nekula a kol., 2005, s. 21 – 22).

4.2.1 CT vyšetření kyčelních kloubů

Tumory kyčelního kloubu

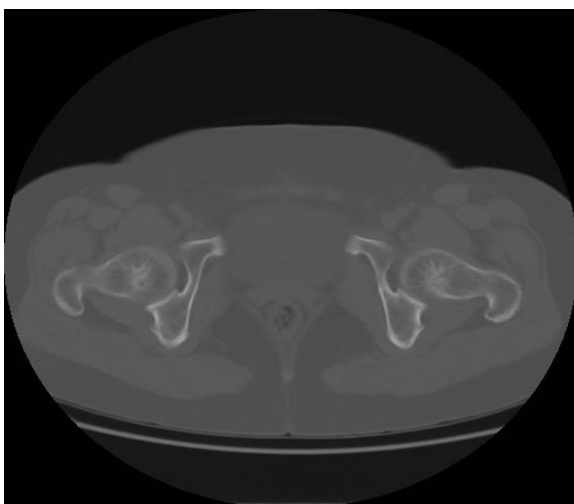
Při vyšetření muskuloskeletálních tumorů kyčelního kloubu využíváme CT vyšetření s podáním kontrastní látky.

Nejdříve položíme pacienta na posuvnou desku a zajistíme žilní přístup, který je následně hadičkou napojen na tlakový injektor. Zacentrujeme na kyčelní kloub a sjedeme plánovací topogram, na kterém naplánujeme rozsah vyšetření. Pacientovi je do těla postupně po 3 – 4 ml/s aplikovaná kontrastní látka o celkovém objemu 80 až 100 ml. Šíře vrstvy je nastavená na 0,5 až 0,75 mm. Je nezbytné dobře zobrazit arteriální i venózní fázi pro případné zhodnocení prokrvení tumoru. Při rekonstrukci využíváme rekonstrukční algoritmy pro HRCT (high resolution computer tomography), jedná se o velmi tenké skeny a rekonstrukční algoritmus pro měkké tkáň. Výsledné skeny pro hodnocení nálezu jsou široké 3 mm, kdy měkkotkáňové okno má šíři 350 HU se středem 50 HU a kostní okno o šířce 1500 HU a jeho střed je 300 HU. Mezi indikace tohoto vyšetření řadíme určování cévního

zásobení nádorů, staging nádorů kostí a kloubů nebo volumetrii nádorů (Ferda, Mírka a Baxa, 2009, s. 198 – 199).

Vyšetření kloubů a kostí

Za pomoci CT přístroje můžeme vyšetřovat i kosti a klouby, kdy se zabýváme ortopedickou a traumatologickou problematikou. Jedná se o nativní vyšetření (bez použití kontrastní látky). Po vytvoření topogramu a naplánování rozsahu vyšetření začínáme vlastní vyšetření, kdy šíře vrstvy je 5 mm. Po vyšetření dochází ke zpracování získaných dat a rekonstrukcím (převážně 2D a 3D rekonstrukce). Výsledné skeny jsou v axiální, sagitální a koronární rovině. Dochází i k přepočtu v kostním okně, jehož šíře činí 1500 HU a střed 300 HU. Měkkotkáňové okno má šíři 400 HU a střed 50 HU. Indikací k tomuto vyšetření může být např. žádost o zobrazení šlach, o zobrazení urátové artropatie nebo kloubní chrupavky. Pro vyšetření kloubů a kostí můžeme využít i DECT (Ferda, Mírka a Baxa, 2009, s. 200 – 201).



Obr. 7: CT kyčlí v transverzální rovině

Obr. 8: CT kyčlí v sagitální rovině

(zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 15 – 16)

CT-artrografie

Dalším nástavbovým vyšetřením je CT-artrografie. Indikací k vyšetření je několik např. poranění měkkých tkání kloubu, zjištění integrity kloubního pouzdra, syndrom rotátorové manžety a další. Před začátkem aplikujeme do kloubu kontrastní látku (intraartikulárně) o objemu 10 – 15 ml. Vlastní vyšetření začínáme do 20 minut po aplikaci KL. Výsledné skeny 1,5 mm a 3 mm široké jsou v axiální, sagitální a koronární rovině. K hodnocení využíváme pouze jedno okno o šíři 1500 HU a středu 300 HU (Ferda, Mírka a Baxa, 2009, s. 196 – 197).

Poranění skeletu

Indikace k CT vyšetření při podezření na poranění skeletu jsou následující – zobrazení zlomeniny, klasifikace zlomeniny a předoperační plánování. Je nezbytné zobrazit poraněnou kost nebo kloub v celku. Na rozsah vyšetření má vliv rozsah poranění. Samotné vyšetření probíhá podobně jako vyšetření kloubů a kostí, jedná se tedy o nativní vyšetření. Po vyšetření dochází k zpracování CT obrazů za použití rekonstrukčních algoritmů pro HRCT a pro měkké tkáně. Výsledné skeny mají šířku 1,5 mm a 3 mm. Jelikož se jedná o vyšetření skeletu, šíře okna je 1500 HU a střed 300HU (Ferda, Mírka a Baxa, 2009, s. 194 – 195).

4.3 Indikace

Indikace k vyšetření jsou rozsáhlé a zahrnují prakticky všechny části těla a všechny skupiny diagnóz (Nekula a kol., 2005, s. 22). V mnoha případech se v posledních letech uplatňuje CT jako metoda první volby (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 45). Za pomoci CT přístroje můžeme vyšetřit řadu orgánů a to nejen nativně, ale některé i pomocí i. v. nebo per os podání kontrastní látky. Indikací k CT vyšetření je mnoho a týkají se onemocnění všech orgánů. Je díky němu možné zjistit takové patologické procesy, které se na prostých skenech nebo po podání kontrastní látky liší svojí denzitou od okolí (Chudáček, 1995, s. 272).

Nejčastěji se jedná o vyloučení či potvrzení přítomnosti ložiskových lézí (tumorů) a jejich stážování (klasifikování podle TNM). K akutním CT vyšetření jsou indikovány traumata lebky a páteře, cévní mozkové příhody (pro vyloučení nebo potvrzení krvácení), poranění břicha a hrudníku. Lze také provádět terapeutické drenáže tekutinových korelací a diagnostické biopsie. Absolutní kontraindikace k CT nejsou žádné, relativní kontraindikací je těhotenství (Nekula a kol., 2005, s. 20 - 21).

5 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance MR vůbec nevyužívá ionizující záření, vyšetření je založeno na jiné metodice než CT nebo rentgen. Principem je zjišťovat změny magnetického momentu jader prvků s lichým protonovým číslem, které jsou uloženy v silném magnetickém poli po aplikaci radiofrekvenčních pulzů. Detekovaný signál se následně měří a využívá k rekonstrukci obrazu. MR má několik zásadních předností např. podrobněji zobrazuje měkké tkáně, vyšetření je ve třech základních rovinách, vyšetření mozkových cév lze bez použití KL a další (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 47).

5.1 Princip MR

Teorie MR je velmi složitá, jelikož se zde uplatňuje kvantová fyzika a pro její detailní pochopení je nutná znalost vysokoškolské matematiky a fyziky (Nekula a Chmelová, 2009, s. 7).

Atomová jádra rotují kolem své osy (spin), čímž vzniká kolem jader s lichým protonovým číslem magnetické pole - magnetický moment (Nekula a kol., 2005, s. 22). Nejčastějším prvkem s lichým protonovým číslem v lidském těle je vodík ^1H (obsažen ve 2/3 lidské tkáně), který obsahuje ve svém jádře jediný proton a jeho magnetický moment je relativně silný (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 47).

Umístíme-li vyšetřovanou tkáň do silného magnetického pole, spiny protonů se uspořádají do jednoho směru. V tuto chvíli vykonávají protony dva pohyby – rotuje kolem své osy (spin) a rotuje po plášti pomyslného kužele (precese). Vyšleme-li radiofrekvenční impuls, který se svojí frekvencí shoduje s frekvencí precese protonu, dochází k vychýlení původních magnetických momentů o určitý úhel (Nekula a kol., 2005, s. 22). Dojde k excitaci – proton získává větší energii a vychyluje se o 90° nebo 180° , což označujeme slovním spojením „překlopení spinu“. Po vypnutí radiofrekvenčního impulsu dochází k návratu excitovaných protonů do původní polohy. Uplynulá doba, než se vrátí protony do původní polohy, se nazývá doba relaxace a bývá delší než doba excitace, což se u různých tkání liší, např. struktury s velkým obsahem tekutin mají relaxační čas dlouhý (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 48). Při zobrazování magnetickou rezonancí MRI využíváme dva relaxační časy – T1 a T2, kdy relaxační čas T1 zastupuje čas nutný k návratu vychýleného magnetického momentu (nutno dosáhnout 63% původní hodnoty) a při relaxačním času T2

dochází k rozsynchronizování precese, musíme dosáhnout 37 % původní hodnoty (Nekula a Chmelová, 2009, s. 10).

Energie protonu v podobě elektromagnetického záření se uvolňuje a v gradientní cívce na povrchu těla se převádí na elektrickou energii, která se následně měří. Odlišnost relaxačních časů u normálních a patologických tkání hraje zásadní roli (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 48).

5.2 Obraz MR

Technické zobrazení MR obraz závisí na několika faktorech, mezi které patří také výběr vrstvy (závislé na gradientní cívce) a kódování prostorových souřadnic. Kvalita obrazu se také odvíjí od kontrastu a prostorového rozlišení detailů na obraze. Výsledný obraz jsou ovlivňovány vnitřními (počet protonů ^1H ve vyšetřované oblasti, schopnost tkáně se zmagnetizovat, relaxační časy jednotlivých tkání) a vnějšími podmínkami (velikost statického magnetického pole, velikost matice, tloušťka vrstvy, počet excitací) (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 50 – 51). Na kvalitu obrazu má negativní vliv šum, který vzniká nahodilými elektrickými mikroproudy a částečně i tepelnými proudy z celého těla. Velikost šumu se zvyšuje se zmenšením voxelu a tenčí vrstvou. Šum rovněž ovlivňuje velikost statického magnetického pole (čím je menší, tím je větší šum) a kvalita cívek (Nekula a Chmelová, 2009, s. 14 – 15).

Během vyšetření zhotovujeme na sebe navazující obrazy za pomoci různých typů sekvencí, díky kterým získáváme informaci o rozdílech v relaxačních časech – T1 vážený obraz (T1 v. o.), T2 vážený obraz (T2 v. o.) nebo sekvence vážená podle protonové hustoty PD (odvíjí se od množství protonů). Pro získání ucelené informace porovnáváme intenzity signálu stejného místa v různých typech sekvencí (Nekula et al., 2005, s. 23 – 24). Další dvě speciální, ale pro praxi důležité sekvence jsou STIR sekvence na potlačení tuku, kdy na černém pozadí tuku vyniknou patologická ložiska obsahující vodu (užívá se především pro vyšetření páteře a velkých kloubů), a FLAIR sekvence na potlačení vody (užívá se převážně v diagnostice mozkových patologií) (Nekula a Chmelová, 2009, s. 17).

MR obraz je stejně jako v ostatních zobrazovacích metodách ve stupních šedi - stupeň šedi se přiřazuje podle intenzity detekovaného signálu dané tkáně. Tmavší struktury označujeme jako hyposignální nebo hypointenzivní, naopak hypersignální nebo hyperintenzivní jsou místa světlejší. Na obraze můžeme najít také asignální místa, které jsou

zaznamenány černou barvou, příkladem takové tkáně bez signálu je proudící krev (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 49).

5.3 Kontrastní MR vyšetření

Můžeme provádět vyšetření i za pomoci kontrastní látky. Jde o specifické KL na bázi gadolinia, které zvyšují intenzitu signálu tkáně. Kvůli svým makromolekulám nemůže proniknout do buněk, a proto zůstává v krevním řečišti. Mají různé chemické složení a mohou být toxické. Mezi nejznámější preparáty patří Gadovist nebo Doratem. Při použití těchto KL dochází ke zkrácení relaxačních časů. Vedlejší reakce jsou poměrně vzácné, ale vyskytují se hlavně u pacientů s renálním selháním a dochází k nefrogenní systémové fibróze.

Při diagnostice jaterních lézí je nutné aplikovat KL, která proniká do jaterních buněk. Nejčastěji se užívá Resovist (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 70).

5.4 MR přístroj

MR přístroj se skládá z homogenního stacionárního magnetu s vlastním napájecím a chladičím zařízením, posuvný vyšetřovací stůl, gradientních cívek, vysokofrekvenčních vysílačů a přijímačů, počítačového systému na zpracování signálu a archivaci, vysokofrekvenční a magnetické stínění a speciální doplňky např. přístroj na monitorování EKG. Podle síly magnetického pole (do 9 T) dělíme MR přístroje na několik druhů – velmi nízké do 0,2 T, nízké do 0,3 T, střední 0,5 – 1,0 T, vyšší 1,0 – 4,0 T. Dnes je nejpoužívanější přístroj pro vyšetřování se silou 1,5 T, pro výzkumné účely se užívá přístroj 3,0 T (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 52 – 53). Gradientní cívky slouží k vysílání radiofrekvenčního pulzu nebo k přijímání signálu a dělí se na dva druhy – permanentně zabudované (vysílají i přijímají signál) a povrchové. Permanentní cívky jsou přímo zabudované v gantry a mohou složit jako celotělová cívka (whole-body coil). Povrchové cívky se přikládají k vyšetřovaným částem těla, mají tedy různý tvar a slouží jako přijímací cívky. K nejpoužívanějším cívkám patří např. hlavová cívka (head coil), krční páteřní cívka (cervical spine coil), cívka pro zobrazení hrudní a bederní páteře (spine coil), speciální cívky (ramenní, kolenní, zápěstní, univerzální flexibilní cívka), speciální cívka pro vyšetření hrudníku nebo břicha (wrap around coil) a další (Nekula a Chmelová, 2009, s. 22).

5.5 Indikace a kontraindikace

Kontraindikace rozdělujeme na absolutní a relativní. Mezi absolutní kontraindikace řadíme implantovaný elektrický nebo elektromagnetický přístroj přítomný v těle pacienta, který nebyl testován v prostředí magnetu. Jedná-li se o kovové implantáty, záleží na jejich složení a magnetických vlastnostech, hrozí totiž nebezpečí ohřevu či pohybu cizího kovového tělesa. Implantáty také způsobují rozsáhlé artefakty anatomických struktur v jejich nejbližším okolí. Gadoliniové kontrastní látky mohou vyvolat nefrogenní systémovou nefrózu (NFS), která může ukončit život nemocného, a proto se mezi absolutní kontraindikace řadí i poruchy funkce ledvin pacienta nebo stav před transplantací (Seidl et al., 2012, s. 70). Do relativních kontraindikací patří první trimestr gravidity, klaustrofobie a TEP, stenty, kava filtry do 6 týdnů od implantace.

Indikací k vyšetření za pomoci magnetické rezonance je mnoho. V oblasti muskuloskeletálního systému se jedná o zobrazení chrupavky, vazů, menisků a okolních svalů. Užívá se stále častěji při diagnostikování poranění nebo patologických změn (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 56 – 57).

5.6 MR kyčelního kloubu

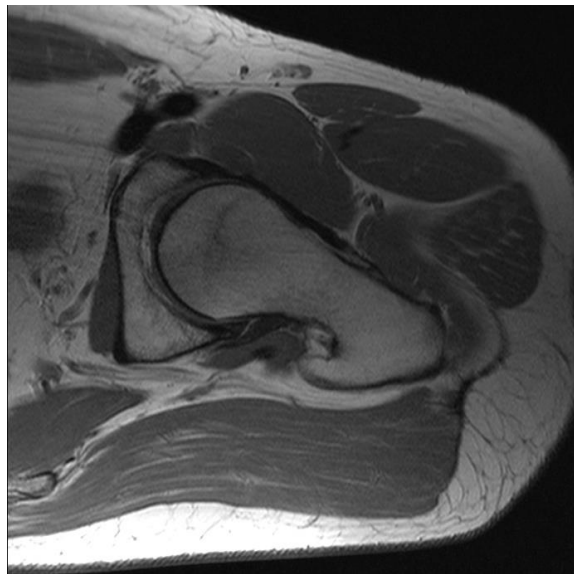
Muskuloskeletální systém je po neuroradiologii druhou nejčastější skupinou indikovanou k vyšetření za pomoci magnetické rezonance, kde největší přínos má v diagnostice onemocnění vazů, menisků, kostní dřeně a chrupavky (Nekula a Chmelová, 2009, s. 59).

Při vyšetření kyčelního kloubu, kdy pacient leží na zádech, se používá celotělová nebo páteřní cívka. Při standardním MR vyšetřením kyčelního kloubu používáme T2FS, PDT2 a PDFS sekvenci. Všechny tyto sekvence jsou v koronární rovině a musí zobrazovat celý kloub. Ještě používáme PDFS a PDT2 v para transverzální rovině v rozsahu celého kloubu včetně metafýz a acetabula. Šířka vrstvy je nastavena na 3 nebo 4 mm.

Standardní protokol se užívá při traumatických degenerativních nebo zánětlivých změnách kyčelního kloubu a jeho doprovodných měkkotkáňových struktur. Při specifických indikacích můžeme aplikovat KL např. u nádorových procesů, kdy přidáváme ještě T1FS sekvenci před a po podání kontrastní látky (standard FNOL pro MR).



Obr. 9: PD FS sekvence v cor



Obr. 10: PDT2 v. o. sekvence v tra

(zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 19 - 20)

6 Radiační ochrana

Člověk je neustále vystavován nějakému zdroji ionizujícího záření, což má vliv na zdravotní stav jedince. Zdroje můžeme rozdělit na přírodní, které tvoří podstatnou část ozáření jedince a zdroje umělé. Sem patří nejen dávky v rámci profesionálního ozáření při činnosti se zdroji ionizujícího záření, ale i lékařské ozařování pacientů (Kuna, Navrátil a kol., 2005, s. 32). Lékařské ozáření smí provádět pouze zdravotnické zařízení, které je držitelem povolení pro tyto činnosti – povolení k nakládání s jednotlivými zdroji ionizujícího záření a u pracovišť radioterapie a terapeutické části nukleární medicíny využívající ¹³¹I (pracoviště III. kategorie). Radiobiologie se zabývá účinkem ionizujícího záření na živý organismus a vytváří poznatky, o které se opírá radiační ochrana. Získané poznatky můžeme rozdělit do několika skupin v závislosti na jejich úrovni působení – molekulární, buněčné, tkáňové nebo na úrovni celého organismu (Hušák a kol., 2009, s. 35 a 75). Nejcitlivěji na záření reagují dělicí se buňky, které mohou být následně poškozené na úrovni molekul DNA (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). Toto může mít vliv buď na exponovaného jedince, nebo se může poškození projevit až v další generaci (Hušák a kol., 2009, s. 35). Především musíme věnovat pozornost ochraně před ionizujícím zářením u osob v generačním věku a u dětí (Chudáček, 1995, s. 124).

6.1 Účinky ionizujícího záření

Biologické účinky záření rozdělujeme na deterministické a stochastické. Deterministické účinky se projevují až po překročení určité hodnoty dávky v dané tkáni či orgánu (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). Jednotlivé tkáně a orgány jsou různě citlivé na ionizující záření. Mezi nejcitlivější patří lymfocyty a leukocyty. Dále má vysokou citlivost lymfatická tkáň, kostní dřeň, zárodečná tkáň (spermie a vajíčka), parenchymatózní orgány, sliznice, kůže, ženský prs, oční čočka, cévy a nervová tkáň (Chudáček, 1995, s. 124). Jako příklad můžeme uvést nemoc z ozáření, radiační dermatitida nebo katarakta (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). Projev akutní nemoci z ozáření je ale závislý nejen na vystavení ionizujícímu záření, ale i na pohlaví a věku exponované osoby a na zdravotním stavu (Kuna, Navrátil a kol., 2005, s. 46). Většinou se projevují spíše stochastické, nebo také bezprahové účinky, mezi které patří např. vznik zhoubných nádorů nebo genetické změny. Je to především díky relativně nízkým dávkám v radiodiagnostice nebo nukleární medicíně. Proto je hlavním cílem radiační ochrany omezit stochastické vlivy na nejnižší možnou úroveň a zamezit vznik deterministických

účinků (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). Pro personál pracovišť s ionizujícím zářením platí nejvyšší přípustná dávka nebo jinak i mezní dávka 0,05 Sv za rok (celotělová, pohlavní orgány, hemopoetická tkáň a štítná žláza). Nejvyšší přípustná dávka zbylé vnitřní orgány je 0,15 Sv, na končetiny 0,7 Sv a na kůži 0,3 Sv. Toto neplatí pro zbylé obyvatelstvo, které smí dostat dávku nanejvýš 1/10 nejvyšších přípustných dávek (Chudáček, 1995, s. 126 - 127).

Biologický účinek záření ovlivňuje mnoho faktorů. Rozdělujeme je na faktory fyzikální (druh záření, dávka záření a její rozložení), chemické faktory (koncentrace kyslíku, přítomnost chemických radiomodifikujících látek) a faktory biologické - pohlaví, stáří a zdravotní stav (Kuna, Navrátil a kol., 2005, s. 147 – 154).

6.2 Monitorování a dozimetrie

Při monitorování měříme všechny veličiny týkající se radiační ochrany např. povrchovou kontaminaci, pole ionizujícího záření a ozáření osob. Tyto hodnoty se musí zaznamenat a vyhodnotit. Každé pracoviště, které využívá ionizující záření tzv. kontrolované pásmo (místo, kde by mohla být efektivní dávka vyšší jak 6 mSv za rok), musí mít program monitorování, který zahrnuje monitorování pracovního prostředí, osobní monitorování a na pracovištích nukleární medicíny navíc ještě monitorování výпустí - odpadní vody obsahující radioaktivní látku (Hušák a kol., 2009, s. 55).

Pro měření osobní dozimetrie používáme osobní dozimetry (Hušák, 2009, s. 57). Máme několik typů dozimetrů např. filmový nebo termoluminiscenční. Pracovníci jej nosí na levé přední straně pracovního oděvu v úrovni hrudníku a po uplynutí jednoho měsíce ho odesílají na vyhodnocení (Vomáčka; Nekula a Kozák, 2012, s. 14). V případě, že má na sobě pracovník ochrannou zástěru, musí být dozimetr umístěn vně zástěry. V dnešní době se setkáváme i s prstovým dozimetrem a to u pracovníků, jejichž ruce jsou vystaveny zvýšené expozici (pracovníci nukleární medicíny), kdy je dozimetr umístěn na vnitřní straně prsteníku ruky, která je při práci více vystavovaná expozici (Hušák, 2009, s. 57 - 58).

Nejen pracoviště, ale i Státní ústav pro jadernou bezpečnost (SÚJB) je informován o zjištěných dávkách (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). Dále je nutno oznámit na SÚJB vyšší dávku ze zevního ozáření než 20 mSv a ekvivalentní dávku větší než 150 mSv (Hušák, 1995, s. 61).

6.3 Ochrana personálu a pacientů

Radiační ochrana pro personál se zakládá na tom, aby pracovník nebyl v průběhu expozice s pacientem na vyšetřovně a případně aby neumisťoval ruce nebo jakoukoli jinou část těla do pole primárního záření. Pokud musí pracovník během expozice setrvat ve vyšetřovně, je nezbytné použít ochranné pomůcky a zdržovat se co nejdále od zdroje RTG záření, případně i od pacienta, ze kterého vyzařuje sekundární záření nebo setrvat v místnosti pouze po dobu nezbytně nutnou např. při skiaskopii (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). V případě pořizování snímků za pomoci pojízdného RTG přístroje má pracovník, oblečený v ochranné zástěře, užít dálkový spínač, a pokud je možnost, měl by při expozici stát za zdí. Pokud žena pracující na jakémkoli radiologickém pracovišti otěhotní, musí to neprodleně hlásit svému nadřízenému (Chudáček, 1995, s. 126). Jedná se tedy o tři základní způsoby ochrany – ochrana vzdáleností, stíněním a časem. V rámci radiační ochrany musí být personál pod lékařským dohledem, kdy oprávněný lékař posuzuje zdravotní stav v rámci zdravotní preventivní péče. Tento lékařský dohled zahrnuje preventivní prohlídku vstupní, periodickou jednou za rok, mimořádnou (v případě podezření na změnu zdravotního stavu nebo při překročení limitů ozáření) a výstupní (Hušák a kol., 2009, s. 88 a 125).

Na první místo v radiační ochraně pacienta patří medicínsky zdůvodněná indikace k vyšetření. Dále sem patří také zamezení opakování snímků při RTG vyšetření z technických důvodů (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14). Musíme splnit určitá kritéria pro pečlivé provedení projekcí jako např. doba expozice, použití filtrů, kolimace, užití detektorů s optimální citlivostí, použití primární clony pro tvarování primárního svazku záření, nastavení správné polohy pacienta (abychom zbytečně neozářovali některé citlivé tkáně např. oči nebo pohlavní orgány). V případě pacientek ve fertilním věku zjistit, zda není těhotná (Chudáček, 1995, s. 127). Při vyšetření nesmíme zapomínat chránit pacienta krytím nebo ochranným oblečením (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 14).

Jsou zde i některá opatření, které slouží k ochraně jak personálu, tak pacientům. Jedná se např. o výstavbová opatření, kdy stěny, strop a podlaha vyšetřovny musí mít stínící účinky. Toho můžeme dosáhnout tak, že dle propočtu zesílíme stěny barytovou omítkou. Ještě je nutné kontrolovat přístroj, nesmíme zapomínat ani na primární clony a filtry (Chudáček, 1995, s. 125).

V rámci ochrany zdraví pracovníků a pacientů je nutné dodržovat technické normy a atomový zákon při výrobě a užívání přístrojů (Dungl a kol., 2005, s. 67). Povinností držitele

povolení je testovat na pracovištích zdroje záření. Povinnost vyplývá z vyhlášky č. 307/2002/Sb. Jedná se o provádění přejímacích zkoušek, dále zkoušky provozní stálosti a dlouhodobé stability, pomocí kterých zjistíme, jak je přístroj nadále kvalitní (Hušák a kol., 2009, s. 90 – 91).

Závěr

V úvodu této bakalářské práce jsem si stanovila cíle, které se mi podařilo splnit. Na základě studia publikované literatury jsem nashromáždila množství informací na téma zobrazování kyčelního kloubu za pomoci radiodiagnostických metod, které jsem následně využila při tvorbě tohoto přehledného souhrnu jednotlivých základních zobrazovacích metod. U každé metody jsem zaznamenala princip a postup při vyšetření za pomoci jednotlivých metod.

Neustále ale dochází k rozvoji zobrazovacích metod. Nelze jednoznačně říct, která metoda je nejlepší, jelikož každá má své výhody a nevýhody. Nejčastěji využíváme standartní prostý snímek kyčelního kloubu v předozadní (AP) projekci. Na RTG snímcích, stejně jako na výpočetní tomografii (CT), vidíme změny hlavně v kostech, a proto využíváme i ultrasonografii (USG) a magnetickou rezonanci (MR) pro zobrazení přilehlých měkkých tkání, chrupavek a vazů, kde hraje důležitou roli to, že není pacient zatížen ionizujícím zářením.

Bibliografické a internetové zdroje

1. NEKULA, Josef et al. *Radiologie*. 3. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2005. 205 s. ISBN 80-244-1011-7.
2. LINC, Rudolf - DOUBKOVÁ, Alena. *Anatomie hybnosti*. I. Praha: Karolinum, 2001. 247 s. ISBN 8071849936.
3. HOLIBKOVÁ, Alžběta - LAICHMAN, Stanislav. *Přehled anatomie člověka*. 5. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. 140 s. Skripta. ISBN 978-80-244-2615-0.
4. NAŇKA, Ondřej - ELIŠKOVÁ, Miloslava. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén; Karolinum, c2009. xi, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.
5. *Manuál ultrazvukové diagnostiky*. 1. čes. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. 376 s. ISBN 8071696897.
6. VOMÁČKA, Jaroslav - NEKULA, Josef - KOZÁK, Jiří T. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 153 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3126-0.
7. POUL, Jan. *Dětská ortopedie*. 1. vyd. Praha: Galén, c2009. xi, 401 s. Dostupné na internetu: <http://toc.nkp.cz/NKC/200908/contents/nkc20091966079_1.pdf> ISBN 9788072626229.
8. GALLO, Jiří. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 211 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2486-6.
9. KILIJÁN, Josef - DUNGL, Pavel - KARPÍŠEK, Milan. *Ultrazvukové vyšetření dětského kyčelního kloubu*. Vyd. 1. Praha: Scientia Medica, 1996. 71 s. ISBN 8085526573.
10. NEKULA, Josef. *Zobrazovací metody muskuloskeletálního systému pro studující fyzioterapie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. 42s. ISBN: 80-244-0260-2.
11. SVOBODA, Milan. *Základy techniky vyšetřování rentgenem: Učeb. text pro stř. zdrav. šk. obor radiol. laborantů*. 2., dopl. vyd. Praha, 1976.
12. *Příručka základních skiagrafických projekcí*. RAIV, 2006.
13. ZUNA, Ivan a POUŠEK, Lubomír. *Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2000. 76 s. ISBN 80-01-02152-1.
14. FRANEK, Martin a TŘETINOVÁ, Daniela. *Praktická skiografie I: [(skiagrafické zobrazení skeletu horní a dolní končetiny)]* [CD-ROM]. Vyd. 1. V Ostravě: Ostravská

- univerzita, Fakulta zdravotnických studií, 2009. Požadavky na systém: Adobe Acrobat Reader. ISBN 978-80-7368-667-3.
15. HRBEK, Jaroslav - PRÁŠIL, Vojtěch. *Vyšetření kyčelního kloubu*. [prezentace]. 2014. [citace 2015-03-28]
 16. HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009. 138 s. Skripta. ISBN 978-80-244-2350-0.
 17. KUNA, Pavel - NAVRÁTIL, Leoš. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Praha: Manus, 2005. 222 s. ISBN 80-86571-09-2.
 18. CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika. I. část*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 293 s. ISBN 80-7013-114-4.
 19. ORT, Jaroslav - STRNAD, Sláva. *Radiodiagnostika. II. část, Radiodiagnostika kostí - projekční část*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1997. 124 s. ISBN 80-7013-240-X.
 20. FERDA, Jiří - MÍRKA, Hynek - BAXA, Jan. *Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření*. 1. vyd. Praha: Galén, c2009. 213 s. Dostupné na internetu: <http://toc.nkp.cz/NKC/200905/contents/nkc20091928203_1.pdf> ISBN 978-80-7262-608-3.
 21. NEKULA, Josef - CHMELOVÁ, Jana. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007. 67 s. Dostupné na internetu: <http://toc.nkp.cz/NKC/200712/contents/nkc20071760657_1.pdf> ISBN 978-80-7368-335-1.
 22. SEIDL, Zdeněk et al. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.
 23. <http://www.hospital-bn.cz/sportovni-medicina/o-modernim-vybaveni-naseho-pracoviste>
 24. Standard Fakultní nemocnice v Olomouci pro magnetickou rezonanci.

Seznam zkratek

ČJ	Český jazyk
AJ	Anglický jazyk
RTG	rentgenová, rentgenový
MRI	zobrazování magnetickou rezonancí
lat.	latinsky
s.	strana
USG, US	ultrasonografie
kHz	kilohertz
MHz	megahertz
dynamický B-mode	brightness mode
2D	dvoudimenzionální, dvourozměrný
VDK	vývojová dysplázie kyčle
kV	kilovolty
AP	předoždní
PA	zadopřední
KL	kontrastní látka
CT	computed tomography
3D	třídídimenzionální, trojrozměrný
4D	čtyřdídimenzionální
HU	Hounsfieldovy jednotky
MDCT	multidetektorové CT
PET/CT	positron emission tomography/computed tomography
SPECT/CT	simple photon emission computed tomography/computed tomography
G	gauge
ml/s	mililitrů za sekundu
i. v.	intravenózní
TNM	tumor nodul metastasis
MR	magnetická rezonance
v. o.	vážený obraz
STIR	Short Tau Inversion Recovery

FLAIR	Fluid Attenuated Inversion Recovery
T	tesla
TEP	totální endoprotéza
PDFS	proton denzitní s potlačením tuku
cor	coronární rovina
tra	transverzální rovina
^1H	vodík
^{131}I	radionuklid jódu
Sv	sievert
SÚJB	Státní úřad jaderné bezpečnosti

Seznam příloh

- Příl. 1 Artróza kyčelních kloubů II. stupně – prostý snímek kyčlí
- Příl. 2 Totální endoprotéza kyčelních kloubů
- Příl. 3 Luxace TEP kyčelního kloubu – prostý snímek kyčle
- Příl. 4 Obrovskobuněčný nádor – CT vyšetření
- Příl. 5 Obrovskobuněčný nádor – MR vyšetření PDT2 sekvencí para tra
- Příl. 6 Metastázy karcinomu prostaty – CT vyšetření
- Příl. 7 Osteoidní osteom – prostý snímek kyčle
- Příl. 8 Osteoidní osteom – MR vyšetření PDFS sekvencí para tra
- Příl. 9 CT přístroj
- Příl. 10 MR přístroj

PŘÍLOHY



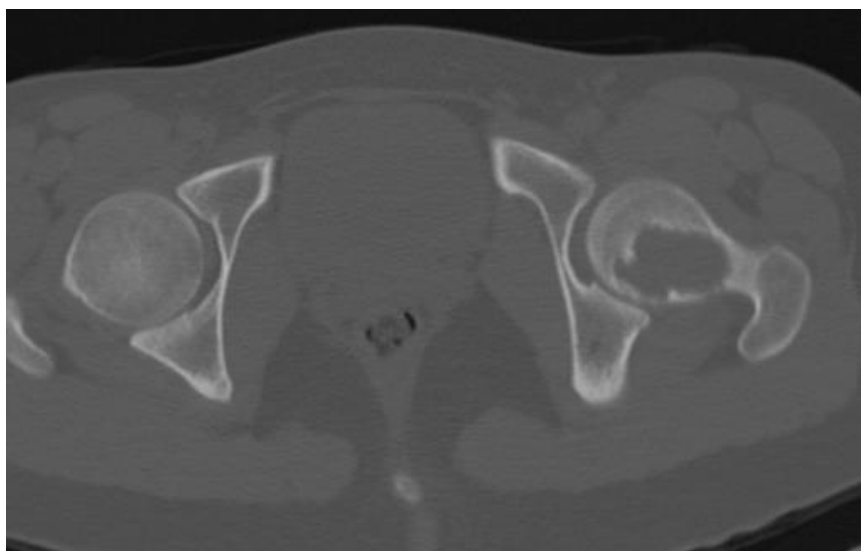
Příl. 1 Artróza kyčelních kloubů II. stupně – prostý snímek kyčlí (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 23)



Příl. 2 Totální endoprotéza kyčelních kloubů – prostý snímek kyčlí (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 31)



Příl. 3 Luxace TEP kyčelního kloubu – prostý snímek kyčle (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 33)



Příl. 4 Obrovskobuněčný nádor – CT vyšetření (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 50)



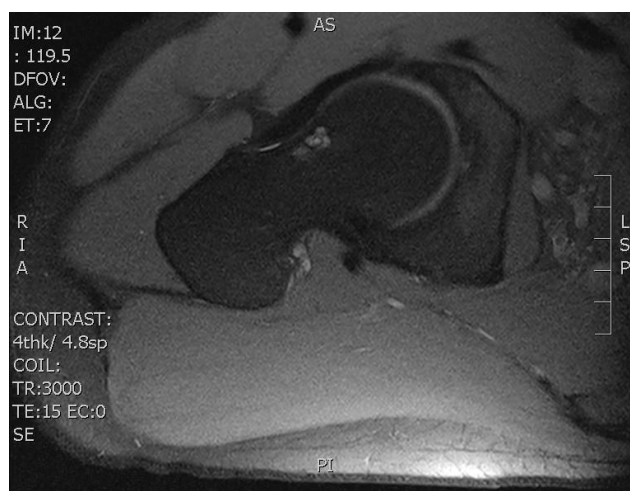
Příl. 5 Obrovskobuněčný nádor – MR vyšetření PDT2 sekvencí para tra (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 50)



Příl. 6 Metastázy karcinomu prostaty – CT vyšetření (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 52)



Příl. 7 Osteoidní osteom – prostý snímek kyčle (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 48)



Příl. 8 Osteoidní osteom – MR vyšetření PDFS sekvencí para tra (zdroj: Hrbek a Prášil, 2014, snímek 48)



Příl. 9 CT přístroj (zdroj: <http://www.surgalclinic.cz/index.php?pg=klinika--zobrazovaci-metody--pracoviste-ct-computer-tomography>)



Příl. 10 MR přístroj (zdroj: <http://www.sagena.cz/magneticka-rezonance.php>)