

Univerzita Karlova Praha

2. Lékařská fakulta

Bakalářská práce

**Téma: Úloha radiologického asistenta při diagnostice úrazů a
onemocnění pohybového aparátu.**

Autor bakalářské práce:

Veronika Všečekková

Vedoucí bakalářské práce:

MUDr. Jiří Lisý, CSc.

březen 2009

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma: „Úloha radiologického asistenta při diagnostice úrazů a onemocnění pohybového aparátu“, jsem zpracovala samostatně. Literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování bakalářské práce čerpala, v ní řádně uvádím a cituji.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním mé bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze provozované Univerzitou Karlovou na jejich internetových stránkách.

V Praze dne 13.3.2009

.....
Veronika Všecková

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji všem, kteří mi při psaní bakalářské práce pomohli a podporovali mne. Zvláště děkuji svému vedoucímu práce, panu MUDr. Jiřímu Lisému, CSc., za cenné rady a připomínky a personálu KZM FN Motol za poskytnuté materiály.

ANOTACE:

Zvolené téma je jistě velmi obsáhlé a prostor pro jeho rozebrání v této práci do jisté míry omezený. Tato práce je zaměřená především na úlohu radiologického asistenta při jednotlivých vyšetřeních.

V úvodní části je popsána anatomie pohybového aparátu, jeho rozdělení na pasivní a aktivní složku a jejich stručná charakteristika.

Následuje vyjmenování hlavních vyšetřovacích metod pohybového aparátu, situací, při kterých jsou indikovány, a jejich rozdíly při zobrazování různých částí pohybového aparátu.

Dále se zabývám jednotlivými druhy těchto vyšetření a podrobněji popisují základní princip jejich metody, indikace a kontraindikace, úlohu radiologického asistenta při tomto vyšetření, zátěž pacienta při vyšetření a výhody a nevýhody těchto vyšetření.

V závěrečné části porovnávám úlohu radiologického asistenta při výše zmiňovaných vyšetřeních pohybového aparátu a její časovou, fyzickou a technickou náročnost.

Součástí práce je také výzkumné porovnání vyšetření kolene třemi zvolenými metodami. Vyšetření kolene jsem zvolila, jelikož patří v dnešní době k typickým vyšetřením pohybového aparátu. Tato komparace posuzuje úlohu rentgenového asistenta při jednotlivých vyšetřeních, jejich náročnost a přínos.

V práci jsem použila metody analýzy, syntézy, indukce, dedukce, popisu, pozorování a komparace.

SUMMARY:

This theme is very extensive and space for writing about it is limited in my bachelor's work. I targeted the work on role of radiology assistant by doing individual investigations.

At the beginning of my bachelor's work anatomy of musculoskeletal system and her passive and active parts are described.

Then I would like to give details of main investigation's methods of musculoskeletal system, describe situation of the indication and differences in displaying various part of musculoskeletal system.

In the next part of my bachelor's work I wrote more details about basic principles of the main methods, indications and contraindications of the main methods, role of radiology assistant by using one of the main methods and benefits and disadvantages these main methods.

At the end of my bachelor's work I compared role of radiology assistant doing the investigation with using the different main methods (as CT, MR, X-ray, sonography, scintigraphy) and time, physical and technical intensity of the methods.

Research comparing of knee – joint's investigations with using three methods of the main methods is too the part of my bachelor's work. I selected investigation of knee – joint because of it is a typical investigation of musculoskeletal system. Research comparing of knee – joint's investigations expertise role of radiology assistant doing the investigation with using the different main methods.

In my bachelor's work I used the methods of analysis, synthesis, induction, deduction, description, sighting and comparing.

OBSAH:

ÚVOD:.....	8
1. ANATOMIE:.....	9
1.1 Dělení pohybového aparátu:.....	9
2. NEJČASTĚJŠÍ INDIKACE K VYŠETŘENÍ POHYBOVÉHO APARÁTU.....	12
3. VYŠETŘOVACÍ METODY POHYBOVÉHO APARÁTU:.....	14
3.1 Užívané vyšetřovací metody pohybového aparátu.....	14
4. RTG SNÍMKY.....	16
4.1 Základní princip metody:.....	16
4.2 Indikace a kontraindikace:.....	16
4.3 Úloha RTG laboranta při snímkování:.....	17
4.4 Zátěž pacienta při snímkování.....	19
4.5 Výhody vyšetření RTG snímky.....	20
4.6 Nevýhody vyšetření RTG snímky.....	20
5. VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE.....	21
5.1 Základní princip metody:.....	21
5.2 Indikace a kontraindikace:.....	24
5.3 Úloha RTG laboranta při vyšetření:.....	24
5.4 Zátěž pacienta při CT.....	27
5.5 Výhody CT vyšetření.....	27
5.6 Nevýhody CT vyšetření.....	27
6. MAGNETICKÁ REZONANCE.....	28
6.1 Základní princip metody:.....	28
6.2 Indikace a kontraindikace:.....	30
6.3 Úloha RTG laboranta při vyšetření:.....	30
6.4 Zátěž pacienta při MR.....	32
6.5 Výhody MR vyšetření.....	32
6.6 Nevýhody MR vyšetření.....	33

7. ULTRASONOGRAFIE.....	34
7.1 Základní princip metody:.....	34
7.2 Indikace a kontraindikace:.....	35
7.3 Úloha RTG laboranta při vyšetření:.....	35
7.4 Zátěž pacienta při UZ.....	36
7.5 Výhody UZ vyšetření.....	36
7.6 Nevýhody UZ vyšetření.....	36
8. SCINTIGRAFIE.....	37
8.1 Základní princip metody:.....	37
8.2 Indikace a kontraindikace:.....	38
8.3 Úloha RTG laboranta při vyšetření:.....	39
8.4 Zátěž pacienta při scintigrafii.....	41
8.5 Výhody scintigrafického vyšetření.....	41
8.6 Nevýhody scintigrafického vyšetření.....	42
ZÁVĚR.....	43
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	45
KLÍČOVÁ LOVA.....	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
VÝZKUMNÉ POROVNÁNÍ.....	48
PŘÍLOHY.....	59

ÚVOD:

Toto téma jsem si zvolila pro svůj zájem o tuto problematiku a pro jeho aktuálnost. Dle mého názoru, je úloha radiologického asistenta při diagnostice úrazů a onemocnění pohybového aparátu nezastupitelná a hraje důležitou roli v získávání prvotních informací, potřebných ke stanovení diagnózy.

V této práci se pokusím o stručný souhrn a charakteristiku jednotlivých vyšetřovacích metod pohybového aparátu, s hlavním zaměřením na úlohu radiologického asistenta při těchto metodách.

Pohybový aparát představuje soubor kostí, vazů a chrupavek, které dohromady vytvářejí pevnou, pasivně pohyblivou oporu těla, na niž se upínají svaly. Tento aparát plní několik, pro život nepostradatelných, funkcí. Je to opora těla, ochrana důležitých orgánů, tvorba krve, pohyb a ukládání minerálních látek. V dnešní době, kdy vzrůstá počet dopravních nehod a různých kolizí, patří poranění a následná diagnostika pohybového aparátu k velmi častým indikacím zobrazovacích metod.

K diagnostice využíváme moderní zobrazovací metody, jako jsou rentgenové snímkování, počítačová tomografie, ultrasonografie a magnetická rezonance, které zobrazují především strukturu orgánů. Metody nukleární medicíny mají zase vynikající schopnost poskytovat informace o funkci orgánů, o průběhu fyziologických a patologických dějů a o charakteru tkání. Každá tato metoda má v diagnostice pohybového aparátu z hlediska svých indikací charakteristické místo.

Cílem mé práce je především popsat metody jednotlivých vyšetření a porovnat je co se týče jejich výhod a nevýhod, rozdílů při zobrazování různých částí pohybového aparátu a zátěže pacienta. Dále bych také porovнала úlohu radiologického asistenta při těchto vyšetřeních a jeho časovou, fyzickou a technickou vytíženost při nich.

1. ANATOMIE:

Pohybový aparát člověka je soustava, která se skládá z kostry a příčně pružného kosterního svalstva. Pomocí kloubů, které tvoří pohyblivé spoje kostí, jsme schopni lokomoce, přičemž nám k tomu pomáhají svaly, které toto kloubní spojení dokážou uvést do pohybu.

1.1 Dělení pohybového aparátu:

Pohybový aparát každého jedince můžeme rozdělit na dvě složky a to:

A. Pasivní (podpůrný) = kostra (skelet). Tvoří pevnou, pohyblivou a ochrannou oporu těla a je složena z pojivových tkání, které představuje kost, chrupavka a vazivo.

- *Kost:*

Kost je bílá, tvrdá pojivová tkáň, složená z buněk a mezibuněčné hmoty, která je specializovaná na podpůrnou a ochrannou funkci. „Kost se skládá z kostních buněk (*osteoblasty, osteocyty*) a z mezibuněčné hmoty, která je tvořena jednou třetinou organické hmoty (*ossein*) a dvěma třetinami anorganické hmoty (*krystaly solí*).“⁽³⁾

Na příčném řezu kostí vidíme:

- okostici (*periosteum*),
- hutnou kost (*substantia compacta*),
- houbovitou kost (*substantia spongiosa*),
- dřeň (*medulla ossium*),
- kanálky pro cévy a nervy. (viz.obr. příloha-obr.č.1)

Základní tvary kostí jsou rozděleny na:

- dlouhé (stehenní, pažní),
- krátké (články prstů),
- nepravidelného tvaru (zápěstní),
- ploché (lopatka),

- pneumatizované. ⁽¹⁾

Kostru jako pevnou oporu těla dělíme na:

- osovou, tj. kostra hlavy, páteře a hrudníku,
- končetin, tj. horní a dolní končetiny.

V kostře můžeme nalézt tyto druhy spojení kostí:

- srůst kostí (synostosis),
- pevnými vazy (syndesmosis, sutura, gomphosis),
- chrupavkou (synchondrosis, symphysis),
- kloubní spojení (articulatio synovialis), které tvoří:
 - plochy kloubní,
 - pouzdro kloubní,
 - dutina kloubní,
 - pomocná zařízení kloubní. (viz.obr.příloha-obr.č.2)

- *Chrupavka:*

Chrupavka je pevná a pružná hmota, složena z chrupavkových buněk (chondrocytů) obklopených fibrilami a průsvitné mezibuněčné hmoty.

- *Vazivo:*

Vazivo je měkké, poddajné, pružné a obsahuje značné množství vody. Skládá se z vazivových buněk a většího množství mezibuněčné hmoty, která obsahuje proměnlivé množství fibril.

B. Aktivní = příčně pruhované kosterní svalstvo, které podléhá vůli a které se upíná na kostru. Jeho činnost je rychlá, unavitelná a podmíněná nervovým podnětem.

- *Složení svalu:*

Určitý počet svalových buněk (vláken) obklopený vazivem (epimysium) tvoří primární svalové snopečky, které se spojují v sekundární svalové snopce a ty se spojují vazivem (perimysium) ve sval, který je pokryt vazivovou povázkou (fascie).

(viz.obr.příloha-obr.č.3) Mezi buňkami se nachází též nervy a cévy. Zvláště uspořádaný pruh tuhého fibrozního vaziva (šlacha) připojuje sval ke kosti.

Struktura svalové buňky je:

- cytoplazmatická membrána,
- protoplazma s organelami,
- myofibrily jsou složeny ze sarkomer (vlákna aktinu a myozinu, která se střídají).

„Po chemické stránce je sval složen z organických látek (např. bílkoviny, glukóza, glykogen, ATP, kreatinfosfát) a z anorganických látek (např. voda, ionty).“⁽³⁾

Sval má tyto části:

- začátek svalu (origo), tvořen šlachou začínající na periostu kosti,
- svalová hlava (caput),
- svalové břicho (venter musculi),
- konec svalu, který tvoří šlacha (tendo) upínající se na kost.

Mezi základní tvary svalů patří:

- *„vřetenovitý sval, rozdělený na:*
 - *dvojhlavý sval (musculus biceps),*
 - *trojhlavý sval (m.triceps),*
 - *čtyřhlavý sval (m. quadriceps),*
 - *dvojbříškový sval (m. digastricus),*
- *kruhový sval (m. orbicularis),*
- *svěrač (m. sphincter),*
- *ploché sval.“⁽¹⁾*

2. NEJČASTĚJŠÍ INDIKACE K VYŠETŘENÍ POHYBOVÉHO APARÁTU:

„Onemocnění pohybového aparátu jsou nejčastějšími nemocemi z povolání v Evropě. Téměř 24 % pracovníků z 25 členských států EU uvedlo, že trpí bolestmi zad, 22 % si stěžuje na bolesti svalů.“⁽¹²⁾ Bolesti a traumata pohybového systému, jsou jednou z nejčastějších příčin návštěvy lékaře. Těmito bolestivými stavy se zabývá řada zdravotnických odborníků.

„Nomenklatura rentgenových patologických změn je složitá a nejednotná, proto se zabývám jen základními pojmy. Patologické změny na skeletu mohou být difúzní, když postihují celou zobrazenou kost i celý skelet nebo jiné metabolické onemocnění, příkladem je osteoporóza. Naopak ložiskové změny, jako je např. zánět, nádor, trauma, nacházíme jen na jednom místě kosti. Ložiskové změny jsou buď solitární, nebo se mohou vyskytovat na více místech (mnohočetné metastázy).“⁽⁴⁾

2.1 Základní patologické změny pohybového aparátu:

Základní patologické změny pohybového aparátu se týkají změny hutnosti kostní tkáně a změny velikosti a tvaru kostí.

Nejčastější indikace k vyšetření pohybového aparátu jsou:

- Poruchy velikosti a tvaru kostí, jedná se o důsledek chybného vývoje, úrazu, zánětu nebo jiných nemocí.
- Změna hutnosti kostní tkáně. Rozeznáváme dva druhy, jednak úbytek, neboli prořidnutí struktury a za druhé zvýšenou novotvorbu kosti (osteosklerózu). „Úbytek struktury má dvě formy, je to osteoporóza (úbytek kostní hmoty, se zachováním poměru minerálů a osteoidu) osteomalacie a osteolýza (chybění kostní tkáně vůbec).“⁽⁴⁾
- Traumata neboli zlomeniny kostí (otevřená, uzavřená, tříštivá, kompresivní, impresivní, patologická, únavová), luxace (vykloubení = hlavice kloubní je trvale mimo jamku). Dále sem zahrnujeme poranění svalů, páteře, chrupavky a měkkých částí kloubů.

- Záněty kostí a kloubů (osteomyelitidy, artritidy). Tyto záněty vznikají buď hematogenně, nebo přestupem zánětu na kost z okolí.
- Degenerativní onemocnění kloubů (osteoartrózy) začínají na chrupavce a jsou vedle traumatologie nejčastější indikací k vyšetření skeletu.
- Kostní nádory, mohou se skládat jen z jedné tkáně, ale často je zde zastoupeno i více tkání. Rozlišujeme různé druhy kostních nádorů:
 - „osteogenní (osteom, osteogenní sarkom),
 - chondrogenní (chondrom, chondrosarkom),
 - obrovsko-buněčný nádor (osteoklastom),
 - dřevňový (myelom, Ewingův sarkom),
 - cévní (hemangiom),
 - kostní metastázy (osteolytické, osteoplastické, smíšené).“⁽⁴⁾
- Kostní pseudotumory, neboli cysty jsou nejčastějšími expanzemi, které imitují nádor.
- Ischemické změny, jedná se o poruchy krevního zásobení kostí a označují se různými názvy (kostní infarkt, avaskulární nekróza, aseptická nekróza kostní).
- Metabolické osteopatie, kostní metabolismus je řízen a ovlivňován různými funkčními systémy (hormonální, malnutrice, porucha funkce ledvin). K nejčastějším metabolickým osteopatiím patří difúzní osteoporóza a osteomalacie.
- Vývojové vady a onemocnění nejasného původu, mezi které řadíme například fibrózní dysplazie nebo Morbus Paget.
- Osifikace a kalcifikace v měkkých částech kloubů (myositis osificans).

3. VYŠETŘOVACÍ METODY POHYBOVÉHO APARÁTU:

V dnešní době existuje díky neustálému vývoji v lékařské technice velké množství zobrazovacích metod. Zobrazovací metody, tradičně používající rentgenové záření, se díky technickému pokroku rozšířily o ultrasonografii a magnetickou rezonanci. Zlomovou novinkou, kterou můžeme vzhledem k medicínskému významu srovnat s významem samotného objevu paprsků X, bylo vyvinutí počítačového tomografu, který taktéž pracuje s rentgenovým zářením. K nejčastějším vyšetřením v radiodiagnostice patří stále snímkování skeletu. K výhodám moderních zobrazovacích vyšetření, hlavně magnetické rezonance, patří beze sporu to, že mohou velmi dobře zobrazit jednotlivé součásti kloubů a přiléhající měkké tkáně.

3.1 Užívané vyšetřovací metody pohybového aparátu:

Nejčastější metody vyšetřování pohybového aparátu jsou:

- *„RTG (rentgenové) snímky jsou základním a prvním vyšetřením, hlavně v traumatologii. Musí být provedeny přesně jak projekčně, tak i expozičně. Klasická tomografie je nahrazována CT nebo MR.*
- *Výpočetní tomografie (CT) obecně nejlépe znázorňuje strukturální změny kortikalis, ale hůře změny v kostní dřeni a v měkkých částech. Hlavně se používá v traumatologii a diagnostice onemocnění páteře.*
- *Magnetická rezonance (MR) je nejpřesnější metoda v diagnostice onemocnění kostní dřeni a měkkých částí. MR rozliší chrupavku od vlastní kosti, dále velmi dobře zobrazí menisky, ligamenta a změny v přiléhajících měkkých tkáních a svalech.*

- Sonografie (UZ) se indikuje hlavně při vyšetřování měkkých částí.
UZ zjistí tekutinu v kloubní dutině, relativně dobře diferencuje poranění vazů nebo svalů (hematomy, ruptury).
- Scintigrafie má hlavní význam v časně diagnostice zánětů, metastáz a aseptických nekrot. “⁽⁴⁾

Existují také méně často užívané doplňující vyšetřovací metody:

- Arthrografie, jde o aplikaci kontrastní látky do kloubní dutiny s následnými snímky.
- MR- arthrografie, často nahrazuje obyčejnou arthrografii, jde o aplikaci gadolinia do kloubu a následné MR vyšetření.
- Angiografie, je doplňující metodou v diferenciální diagnostice nádorů skeletu a měkkých částí, cévních dysplazií nebo v traumatologii.
- Denzitometrické metody slouží k určování stupně osteoporózy.
- Intervenční metody, nejčastěji užívané jsou perkutánní biopsie kostí a kloubů, nebo CT řízené repozice zlomenin.

4. RTG SNÍMKY:

4.1 *Základní princip metody:*

Hlavní součástí každého rentgenu je rentgenka. Jedná se o skleněnou trubici, která má uvnitř ve vakuu žhavenou katodu a rotující anodu. Při průchodu elektrického proudu katodou dochází k jejímu žhavení a následné emisi elektronů, ty dopadají na rotující anodu, kde vzniká rentgenové záření. Při snímkování prochází tento svazek záření námi snímkovanou oblastí, kde se různě absorbuje v závislosti na složení vyšetřovaných tkání a prošlé záření poté dopadá na kazetu s filmem. Na filmu vzniká tzv. latentní obraz, který můžeme zviditelnit vyvoláním a ustálením filmu. Při skiagrafii ve většině případů provádíme snímky ve dvou projekcích, nejčastěji předozadní a bočné. (viz.obr.příloha-obr.č.4.) Tato metoda v sobě skrývá několik výhod, jednak poskytuje informace o prostorovém uložení struktur a také umožňuje nalezení takových změn, které bychom v jedné projekci nemuseli spatřit. Existuje celá řada projekcí, které jsou specifické pro různé části pohybového aparátu. Asistent má také k dispozici kazety o různých velikostech, o jejichž použití musí rozhodnout v závislosti na snímkováném objektu.

V praxi se též začíná postupně používat digitální radiografie, což je získávání snímků v digitální podobě.

4.2 *Indikace a kontraindikace:*

Pomocí prostých snímků vyšetřujeme nejčastěji skelet, hrudník a břicho. Snímky jsou ve většině případů první používanou zobrazovací metodou.

Těhotenství je relativní kontraindikací k provádění všech vyšetření, která využívají ionizující záření. Především v prvních čtyřech měsících těhotenství se provádějí pouze neodkladná vyšetření, tehdy pokud rentgenové vyšetření nemůže nahradit metoda nevyužívající ionizující záření. U žen v plodném věku je problematické období od ovulace po menstruaci, jelikož často nelze s jistotou počínající těhotenství vyloučit.

4.3 Úloha RTG asistenta při snímkování:

- Organizuje RTG provoz, je třeba, aby počítal jednak s řízeným, jednak se spontánním přísunem pacientů.
- Nejprve překontroluje žádanku, která je dokladem o požadovaném vyšetření, o tom co bylo provedeno, kolik materiálu použito a o jiných informacích, a poté zapíše pacienta do evidenční knihy.
- Podá pacientovi instruktáž o přípravě a průběhu vyšetření a žen ve fertilním věku se zeptá, zda nejsou těhotné, popřípadě jim o tom dá podepsat prohlášení. Pokud se jedná o vyšetření s kontrastní látkou, zeptá se, zda není pacient na něco alergický. Co se týče přípravy, pacient si odstrojí vyšetřovnou část těla, odloží kovové ozdoby, pokud se snímkuje lebka a pacient má zubní protézu, též ji vyndá.
- Připraví pracoviště, tzn., zvolí vhodný formát kazety, rozhodne o užití sekundárního stínění, pokud je zapotřebí vybere vhodné náradí, na kazetu umístí stranové značky, popř. značky o doplňujících informacích.
- Pacienta uloží do požadované polohy.
- Provede centraci centrálního paprsku a kazety, zkontroluje vzdálenost ohnisko-film-objekt a provede opatření pro ochranu před ionizujícím zářením.
- Na ovladači nastaví patřičné expoziční hodnoty, dá pacientovi patřičný povel a exponuje.
- Pomůže pacientovi ze stolu či náradí a informuje ho o dalším postupu.
- Označí film pomocí signa foto, na kterém je uvedeno pacientovo jméno, rodné číslo, oddělení, kde byl snímek vytvořen a datum, vyvolá ho v temné komoře, popřípadě při digitální radiografii provádí další manipulaci se snímkem v počítači.
- Závěrem snímek překontroluje na negatoskopu, zda obsahuje požadované informace a předá ho k popisu lékaři.

- Úlohou laboranta je též rozpoznat psychické rozpoložení pacienta a dbát na to, aby se při vyšetření cítil dobře, jelikož jeho duševní stav má velký vliv na průběh vyšetření. *„Většina pacientů se dostává při RTG vyšetření do neobvyklého prostředí, proto se často chovají abnormálně (zamění strany, opačně provádí příkaz). Ani nezvyklá poloha a obnažení nepřispívají k jeho klidu. Proto je třeba jednat s každým pacientem ohleduplně, klidně, jasně a zřetelně, abychom si získali jeho důvěru.“*⁽⁹⁾
- Pokud jde o vyšetření dítěte, která provádíme přednostně a je nutná přítomnost rodiče ve vyšetřovně během expozice, dáme rodiči před vyšetřením podepsat informovaný souhlas s tím, že byl poučen o účincích ionizujícího záření a poprosíme ho, aby si oblékl olověnou vestu. *„Pokud laborant vyšetřuje malé děti, či kojence musí brát na vědomí, že pro svůj neklid a nemožnost kontaktu představují zvýšené riziko pohybové neostrosti. Toto riziko lze mírnit pohodlným uložením dítěte, jeho fixací, přítomností rodiče a trpělivým přístupem. Pokud po vyčerpání všech opatření převládá u dítěte neklid, připravíme ho k rentgenovému vyšetření vhodnou premedikací, popř. u složitějších vyšetření je nutno užít narkózu.“*⁽⁹⁾ Je nutné mít na paměti, že vyšetření dětí je komplikováno zvýšeným rizikem gonádových dávek. Díky odlišné poloze gonád na rozdíl od dospělého, je nutné, aby ochrana stínila byla co nejrozsáhlejší, ale zároveň byl získán kvalitní obraz vyšetřované oblasti.
- V neposlední řadě, je nutná připravenost laboranta na možnost vzniku neobvyklých situací, během vyšetření, nejčastěji jde o komplikace ze strany pacienta, jako strach, nevolnost či ztráta vědomí. Laborant musí jednat rychle a pohotově a v případě nutnosti poskytnout náležité ošetření. Další neobvyklou situací může být porucha přístroje, při které musíme informovat pracovníka

pověřeného k opravě a informovat, či přeobjednat pacienty čekající v čekárně.

4.4 Zátěž pacienta při vyšetření:

Žádný pacient, by neměl být vystaven ionizačnímu záření bez odůvodněné klinické indikace. Očekávaný přínos vyšetření musí převyšovat radiační riziko.

Radiační zátěž pacienta nám pomáhají charakterizovat tyto veličiny:

- Efektivní dávka (E) umožňuje odhad rizika stochastických účinků ionizujícího záření i při velmi nerovnoměrném ozáření, jako by se jednalo o rovnoměrné ozáření celého těla. Další výhodou je, že riziko je vyjádřeno jedním číslem, a je proto možno porovnávat riziko stochastických změn u jednotlivých vyšetření, které využívají ionizujícího záření (RTG, CT, NUM (nukleární medicína)). U efektivní dávky jde o celkový součet součinů ekvivalentních dávek (E_{kv}) v tom daném orgánu a tkáňového váhového faktoru (W_T) toho orgánu. W_T zohledňuje rozdílnou radiosenzitivitu jednotlivých tkání, jeho hodnota vyjadřuje podíl jednotlivých tkání a orgánů na celkovém počtu stochastických poškození při rovnoměrném jednotkovém celotělovém ozáření.
- Ekvivalentní dávka popisuje ozáření dané tkáně či orgánu a je dána součinem radiačních váhových faktorů (W_R) a absorbované dávky v daném orgánu či tkáni. W_R popisuje rozličný biologický účinek jednotlivých druhů záření, pro gamu, betu a $X = 1$ a pro alfu = 20.

Jednotkou efektivní i ekvivalentní dávky je sievert (Sv).

Vyšetření (zdroj)	Efektivní dávka [mSv]
Přírodní pozadí	Průměrně 2,2 mSv/rok
Snímky končetin a kloubů (mimo kyčelních)	< 0,01 mSv
Snímek hrudníku (PA projekce)	0,02 mSv
Snímek lebky	0,07 mSv
Snímek bederní páteře (2projekce)	2,4 mSv

Tabulka č. 1 – Průměrné efektivní dávky při některých vyšetřeních.⁽⁴⁾

4.5 Výhody RTG snímkování:

I když už v dnešní době existuje mnoho modernějších zobrazovacích metod, klasické rentgenové snímkování je stále dobře dostupné, rychlé, časově nenáročné a levné. Při digitální radiografii je výhodou vyšší kvalita získaných obrazů, redukce dávky, možnost následné úpravy obrazu, archivace obrazů v digitální podobě a jejich následné přeposílání.

4.6 Nevýhody RTG snímkování:

Jelikož se jedná o metodu užívající rentgenové záření, patří určitě k jeho hlavním nevýhodám radiační zátěž pacienta. Dalším úskalím může být sumace tkání na snímku a také skutečnost, že na snímku nelze rozpoznat traumatické a jiné patologické změny ligament, menisků, úponů šlach, synovie a chrupavky. U digitální radiografie je nevýhodou vysoká pořizovací cena.

5. POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE:

5.1 Základní princip metody:

CT je rentgen-diagnostické zařízení, které zobrazuje anatomické struktury lidského těla v transverzálních rovinách s vysokou tkáňovou rozlišovací schopností. Tvorba tomografických řezů spočívá v počítačovém zpracování údajů o absorpci RTG záření orgány lidského těla. (viz.obr.příloha-obr.č.5) Pacient leží na polohovatelném stole, který je umístěn v gantry mezi zdrojem RTG záření a detekčním systémem. Z rentgenky vychází úzce kolimovaný svazek ve tvaru vějíře, který určuje šířku zobrazované vrstvy a při průchodu vyšetřovaným objektem dochází k zeslabování tohoto paprsku. Prošlé RTG záření je zaznamenáno detektory, z nichž vychází analogový elektrický signál, který přechází na analogově digitální převodník a ten ho převede na digitální signál a dále odešle ke zpracování do počítače. CT využívá několika druhů detektorů, jsou to scintilační, plynové nebo keramické detektory. Během jedné rotace rentgenky změří přístroj řádově stovky dat.

„Po zpracování celé řady získaných sumárních číselných údajů se rekonstruuje číselná matice. Číselné údaje jednotlivých bodů matice odpovídají prošlému záření zachycenému detektory, nazýváme je Hounsfieldovým absorpčním koeficientem, který je srovnatelný s absorpčním koeficientem klasickým. Jednotlivým absolutním hodnotám je ve dvourozměrném obraze přiřazen různý stupeň odstínu šedi. Hodnota denzity (HU) vyjadřuje stupeň absorpce v jednotlivých tkáních, vztaženou k absorpci RTG záření ve vodě. Při rozsahu škály 4000 HU je používané rozmezí -1000 až +3000 HU. Během analogově digitálního převodu jsou přiřazeny k vypočteným absorpčním koeficientům odpovídající stupně šedi a z jejich souboru se pak utváří obraz celé plochy tomogramu.“ ⁽⁷⁾ Lidské oko není schopno rozlišit více než 20-30 stupňů odstínů šedi, proto u CT obrazu zpravidla nepracujeme s celou škálou Hounsfieldovy stupnice. Nastavením tzv. šíře okénka udáváme požadovaný rozsah snímání absorpčních koeficientů a jejich převod na stupně šedi. Podle tkání, které potřebujeme zobrazit, se nastavuje tzv. střed okénka. Struktury s denzitou mimo nastavení okna se zobrazují již pouze černě (pod rozsahem okénka) nebo bíle (nad rozsahem okénka). Běžné hustoty

tkání, orgánů a patologických ložisek a příklady nastavení vyšetřovacího okna jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Objekt	Denzita [HU]
Vzduch	- 1000
Tuk	- 40 až - 120
Voda	0
Cysta	0 až + 15
Starý hematom	+ 18 až + 40
Metastázy	+ 25 až + 50
Nádory	+ 30 až + 50
Čerstvý hematom	+ 65 až + 85
Kalcifikace	Nad + 85
Kompaktní kost	+ 1000 a více

Tabulka č. 2 - Denzity tkání, orgánů a patologických ložisek. ⁽⁷⁾

Objekt	Šířka okénka [HU]	Střed okénka [HU]
Hrudník-mediastinum	300 až 500	40
Páteř	350 až 1000	40 až 60
Očnice	400 až 1000	40 až 60
Baze lebky	150 až 500	40
Kosti	500 až 4000	100 až 300

Tabulka č. 3 - Příklady nastavení vyšetřovacího okna. ⁽⁵⁾

CT přístroj prošel několika generacemi vývoje, dnes patří k nejvyužívanějším přístrojům třetí a čtvrté generace:

- III. Generace – obsahuje širokou sadu 300 až 600 detektorů uspořádaných do části kružnice a pokrývajících při dané projekci celý objekt. Tato sada rotuje kolem pacienta synchronně s rentgenkou v plném kruhu. Došlo zde k odstranění translačního pohybu rentgenky, který byl v minulých generacích a nyní vykonává pouze pohyb rotační.
- IV. Generace – Sada detektorů tvoří úplnou kružnici okolo vyšetřovaného objektu (složenou až z 1000 detektorů), kterými již není nutno pohybovat. V gantry CT přístroje se tedy otáčejí okolo pacienta již pouze rentgenka.

Dále rozlišujeme také z hlediska metody snímání další tři kategorie CT přístrojů:

- Konvenční CT – rentgenka v gantry vykoná jednu otáčku ve směru hodinových ručiček a po posunu stolu s pacientem do roviny další vrstvy vykoná otáčku opačným směrem (mezi jednotlivými skeny se tedy zastavuje), dnes jsou tyto přístroje již na ústupu.
- Helikální (spirální) CT – u tohoto přístroje je celý rozsah vyšetřované oblasti snímán jedinou expozicí, při níž komplex rentgenky s detektory vykonává více kontinuálních rotací kolem vyšetřovacího stolu s pacientem, který je rovnoměrně posouván skrze gantry.
- Multidetektorové CT – obsahuje více řad detektorů a v rámci jedné otočky rentgenky dovoluje získání obrazových dat z více vrstev zároveň a tím docílí také podstatného zkrácení expoziční doby.

5.2 Indikace a kontraindikace:

Indikace k CT jsou velmi široké, dá se říct, že zahrnují prakticky všechny oblasti lidského těla a také všechny skupiny diagnóz. Vzhledem k poměrně velké radiační zátěži při CT vyšetření, by mělo být indikováno, pokud je to možné až jako doplňující vyšetření při nejasném nálezu na UZ vyšetření či klasickém RTG snímku. „K nejčastějším indikacím patří vyloučení nebo potvrzení přítomnosti ložiskových lézí (tumorů) a jejich stážování pro zařazení do TNM klasifikace. Akutními indikacemi k použití CT jsou především zobrazování hlavy a mozku při cévních mozkových příhodách a úrazech, neboť velmi dobře detekuje nitrolební krvácení. S velkou spolehlivostí také zobrazí úrazové změny orgánů hrudníku, hlavně plic při požití HRCT, břicha a pánve a také zlomeniny kostí, jelikož dobře zobrazí kortikální kost a páteře.“⁽⁴⁾ Dalšími důležitými indikacemi jsou onemocnění aorty, zobrazení velkých tepen CT angiografií a intervenční zákroky pod CT kontrolou.

Relativní kontraindikací k CT vyšetření je těhotenství, jelikož využívá ionizačního záření a mohlo by dojít k poškození plodu, v tomto případě lze toto vyšetření provést jen v ohrožení života. Pokud se jedná o vyšetření s jodovou kontrastní látkou, mohla by být kontraindikací alergie na tuto kontrastní látku. Ve stavech renální insuficience, neléčené hypertyreózy či feochromocytomu, může být vyšetření s KL provedeno pouze ve specifických případech za mimořádných opatření.

5.3 Úloha RTG asistenta při CT vyšetření:

- Pacient by měl vědět, na jaké jde vyšetření, proto mu asistent musí nejdříve vysvětlit postup vyšetření a možná rizika. Dále se ho zeptá, zda u něj nejsou přítomny některé z kontraindikací vyšetření a pokud ne, nechá pacienta podepsat informovaný souhlas.
- Při vyšetření může vzniknout celá řada artefaktů, mezi které patří také pohybové artefakty, které mají za následek zkreslení obrazu. Některým takovým artefaktům se nemůžeme vyhnout, jde například o pulzaci srdce a větších cév. Většinou jsou ale následkem nespolupráce pacienta. Přestože jsou přístroje

vybaveny softwarovými programy, které mají za úlohu potlačit pohybové artefakty, musíme vždy sami dbát na snižování jejich výskytu. Toho můžeme docílit pečlivým informováním pacienta o tom, že se nesmí hýbat, jak má během vyšetření zadržovat dech, o čemž ho bude instruovat hlas z reproduktoru, dále vhodnou fixací vyšetřovaných oblastí a zkrácením doby skenu. Pokud se jedná o pacienta, který není schopen zadržet dech na dobu jednoho skenu, nacvičíme s ním alespoň mělké dýchání.

- Před vyšetřením bez aplikace kontrastní látky není nutná žádná speciální příprava. Před CT vyšetření břicha a pánve je třeba naplnit trávicí trubici KL, aby byla dobře odlišena od ostatních struktur. Před aplikací KL do žíly přichází pacient minimálně čtyři hodiny nalačno a stejnou dobu nekouří, jako premedikace se podává dithiaden. Před podáním zavede asistent či sestra kanylu, KL se posléze podává buď manuálně, nebo je podávána automatickým injektorem.
- Pacient odloží v kabině kovové předměty, které se nacházejí ve vyšetřované oblasti, jelikož by mohly způsobovat artefakty.
- Uložíme pacienta na stůl do požadované polohy nejčastěji na záda a nastavíme polohu podle světelných laserů.
- Další část vyšetření se odehrává u ovládací konzole, kde asistent musí nastavit celou řadu technicko-medicínských prvků, které mají vliv na diagnostickou výtěžnost CT vyšetření.

Mezi tyto technicko-medicínské aspekty řadíme:

- Zadání osobních dat pacienta do počítače.
- Určení rozsahu oblasti zájmu a nastavení roviny vrstev: asistent tvoří tzv. přehledný sumační digitální snímek neboli topogram (předozadní či bočný), při němž se systém rentgenka detektory nepohybuje. Na topogramu

definuje rozsah vyšetřované oblasti, případný sklon gantry, základní vyšetřovací rovinu a počet skenů.

- „*Nastavení skenovacích parametrů:*
 - *Skenovací parametry u konvenčního CT: napětí a proud na rentgence, doba trvání jednoho skenu, počet projekcí, tloušťka vrstvy (kolimace), velikost posunu stolu, sklon gantry, časový interval mezi jednotlivými skeny.*
 - *Skenovací parametry u spirálního CT: rychlost posunu stolu v průběhu kontinuálního skenování, doba jedné rotace komplexu rentgenky a detektoru, pitch (stoupání), což je poměr mezi hodnotou posunu stolu za jednu rotaci a kolimací vrstvy.*
 - *Nastavení obrazových parametrů: (zpravidla je asistent stanovuje také před zahájením vyšetření, ale lze je dodatečně měnit i po dokončení vyšetření), velikost vyšetřovaného pole, typ výpočetního algoritmu použitého k rekonstrukci obrazu z hrubých dat, vzdálenost intervalu mezi rekonstruovanými vrstvami - rekonstrukční interval (u spirálního CT).“⁽⁷⁾*
 - Dále následuje vlastní skenování, event. skenování po podání kontrastní látky i.v..
 - V konečné fázi asistent zpracovává obrazová data (tzv. postprocessing) a zhotovuje definitivní obrazovou dokumentaci ve správném nastavení šíře a středu okénka.
- Po skončení vlastního vyšetření pomůžeme pacientovi ze stolu, a pokud nebyla aplikována KL, může odejít, pokud byla, požádáme ho, aby 15 minut počkal v čekárně, kvůli možným komplikacím, abychom mu v případě nutnosti mohli poskytnout první pomoc. Po uplynutí 15 minut mu odstraníme kanylu a může odejít.

5.4 Zátěž pacienta při CT vyšetření:

Celková zátěž závisí na typu vyšetření a rozsahu vyšetřované oblasti, obecně je ale dávka při CT vyšetření znatelně vyšší než u běžného rentgenového snímku. K charakteristice radiační zátěže nám pomáhá efektivní dávka, její výhodou je, že riziko stochastických účinků vyjadřuje jedním číslem, a je proto možno porovnávat riziko stochastických změn u jednotlivých vyšetření, které využívají ionizujícího záření.

Vyšetření (zdroj)	Efektivní dávka [mSv]
Přírodní pozadí	Průměrně 2,2 mSv/rok
CT hlavy	2,3 mSv
CT hrudníku a břicha	8-10 mSv

Tabulka č. 4 – Průměrné efektivní dávky, při některých vyšetřeních. ⁽⁴⁾

Je důležité, aby asistent dodržoval tzv. princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable = princip opatrnosti) a volil co nejnižší diagnosticky akceptovatelné dávky. V české interpretaci zní tento princip asi takto: použitá intenzita ani doba vyšetření by neměla překročit hodnotu nezbytně nutnou k získání požadované diagnostické informace. Na většině přístrojů jsou firmně přednastavené expoziční hodnoty spíše při horních hranicích expozičních rozmezí. Je žádoucí, aby asistent využíval vlastních zkušeností s přístrojem a volitelné expoziční hodnoty vhodně upravil.

5.5 Výhody CT vyšetření:

Jelikož přibývá stále více přístrojů je CT vyšetření čím dál více dostupné. Na rozdíl od MR vyšetření je lacinější a rychlejší, také velmi dobře zobrazí plicní tkáň a kortikální kost.

5.6 Nevýhody CT vyšetření:

Nevýhodou CT vyšetření je určitě značná radiační zátěž, k dalším nevýhodám patří horší rozlišení šedé a bílé hmoty mozku a špatná diferenciacie struktur v páteřním kanálu. Při vyšetření s jodovou kontrastní látkou může dojít k nežádoucím účinkům jako je horko, pocení, nevolnost, zarudnutí, svědění až alergická reakce.

6 MAGNETICKÁ REZONANCE:

6.1. *Základní princip metody:*

„Zobrazování MR je založeno na principu zjišťování změn magnetických momentů souborů jader prvků s lichým protonovým číslem uložených v silném statickém magnetickém poli po aplikaci radiofrekvenčních pulzů.“⁽⁶⁾

V MR diagnostice je využíván, především atom vodíku ^1H , jelikož je v lidském těle hojně rozšířen. Vodík má liché protonové číslo, v důsledku rotace jeho jader kolem své osy (spin) vzniká kolem těchto jader magnetické pole (magnetický moment). Při MR vyšetření vkládáme zkoumanou tkáň do silného zevního magnetického pole, čímž se nám spiny protonů uspořádají do jednoho směru. Magnetický moment protonů koná v tomto stavu dva druhy pohybu, jedná se o tzv. spin (rotace kolem své osy) a precesi (rotace po plášti pomyslného kužele). Pokud je v takovéto fázi aplikován radiofrekvenční pulz o frekvenci, která je shodná s frekvencí precese protonu, dojde k vychýlení magnetického momentu z původního směru o určitý úhel a dále k synchronizaci precese všech protonů ve fázi, což je principem rezonance. Po ukončení pulzu dochází k návratu do původního stavu a čas, za který k tomu dojde, je označován jako čas relaxační. Čas, který charakterizuje návrat magnetického momentu ve směru orientace zevního magnetického pole je označován jako relaxační čas T_1 a ten, který je nutný k desynchronizování precese (rozpadu sfázování protonů) je relaxační čas T_2 . V MR se používá porovnávání jejich rozdílů, jelikož je nelze měřit přímo, oba časy jsou závislé na složení hmoty v okolí zkoumaných protonů. Po sérii radiofrekvenčních pulzů (tzv. sekvence), získáváme signál, který zaznamenáváme pomocí přijímacích cívek a měříme jeho velikost. Zevní magnetické pole je upravováno pomocí gradientových cívek a tak je možné získat informace o místě, ze kterého signál vychází. Pomocí různých typů sekvencí se při vyšetření vytváří vrstevné obrazy. (viz.obr.příloha-obr.č.6.) Tyto obrazy nás informují buď o rozdílech v relaxačních časech T_1 nebo T_2 nebo o množství protonů, díky tomu můžeme tyto sekvence rozdělit na T_1 vážené sekvence, T_2 vážené sekvence a sekvence vážené podle protonové denzity (PD). Je třeba zdůraznit, že stejné struktury mají na různých typech sekvencí odlišnou intenzitu

signálu. V některých případech provádíme také sekvence po aplikaci paramagnetické kontrastní látky, které vyvolají změny v molekulách vody ve svém okolí, tyto změny pak vidíme.

V současné době rozlišujeme 3 druhy MR přístrojů, jednak podle síly magnetu a dále podle jejich technického vzhledu:

- „MR skener do 0,5 T (tesla)
 - *Technická charakteristika: jedná se o otevřený systém, obvykle s permanentním magnetem.*
 - *Oblast použití: vhodný pro základní vyšetření mozku, páteře a kloubů, je vhodný též pro klaustrofobické pacienty.*
 - *Meze použitelnosti: nelze na něm provádět MR angiografie, funkční MR a složitější výkony. Vyšetření trvají podstatně déle.*
- MR skener 0,5 T - 1,5 T
 - *Technická charakteristika: jedná se o celotělový systém, s kryogenním supravodivým magnetem.*
 - *Oblast použití: MR skener 1,5T je optimální a postačující pro většinu středních a velkých nemocnic, umožňuje nám provedení veškerých MR vyšetření.*
 - *Meze použitelnosti: Limitace některých vyšetření je dána vybavením přístroje. Rychlejší a silnější gradienty (amplituda a strmost) jsou potřeba pro kvalitní vyšetření břicha, funkční studie mozku, MR angiografie a zejména kardio vyšetření. Dobře vybavený 1,5 T stroj může poskytovat lepší možnosti než základní stroj 3 T.*
- MR skener nad 1,5 T
 - *Technická charakteristika: jedná se o celotělový systém, s kryogenním supravodivým magnetem, dnes obvykle o síle 3 T a má velmi rychlé gradienty*
 - *Oblast použití: 3 T MR je vhodný jako druhý stroj na pracovišti, které již má 1 T - 1,5T MR a má vědecko-výzkumné zaměření, jelikož je vhodný spíše pro specializované výkony.*

- *Meze použitelnosti: Méně vhodný pro všeobecné vyšetřování.*

U některých orgánů při artefaktech poskytuje horší zobrazení, než 1,5 T. Při zvyšování výkonnosti gradientního systému může docházet k přímé stimulaci nervů. “⁽¹⁵⁾

6.2 Indikace a kontraindikace:

„Nejčastějšími indikacemi je užití magnetické rezonance v neuroradiologii při zobrazování onemocnění mozku, míchy a páteře. Následující významnou skupinou indikací tvoří podezření na traumatickou či zánětlivou lézi muskuloskeletálního systému, jelikož lze zobrazit dobře všechny jeho součásti, jako kosti, hlavně jejich dřev, dále vazy, svaly, šlachy, chrupavky, tekutinu a menisky. Stále častěji se také vyšetřují orgány pánve, břicha, hrudníku a krku.“ ⁽⁴⁾

Absolutními kontraindikacemi k vyšetření magnetickou rezonancí jsou kardiostimulátor a kochleární implantát. Relativními kontraindikacemi jsou cévní svorky, stenty, kavální filtry, umělá srdeční chlopeň, traumatické cizí kovové předměty, make-up s kovovými pigmenty a dále také těhotenství. Přesto, že nebyly prokázány žádné nežádoucí účinky, nedoporučuje se vyšetřování těhotných magnetickou rezonancí v prvním trimestru těhotenství. Dalšími relativními kontraindikacemi jsou kojení, klaustrofobie a vyšetřování malých dětí, s nutností vyšetření v celkové anestézii u nespolupracujících pacientů.

6.1 Úloha RTG asistenta při MR vyšetření:

- Prvním úkolem radiologického asistenta je zkontrolovat žádanku a dát pacientovi přečíst a podepsat speciální dotazník, ve kterém jsou důležité otázky a to, zda pacient nemá:
 - kardiostimulátor,
 - kochleární implantát,
 - v těle kovové předměty,
 - v oku cizí předmět,

- neprodělal srdeční, cévní či mozkovou operaci, kvůli možným cévním svorkám,
 - netrpí nepřiměřeným strachem z těsných prostor,
 - není těhotná, či nekojí,
 - není na něco alergický.
- Dále je pro kvalitní zobrazení velmi důležité, aby pacientovi vysvětlil postup vyšetření. Hlavní informací je to, že se pacient nesmí po celou dobu vyšetření hýbat a že při jakýchkoliv obtížích může s asistentem komunikovat přes mikrofon, jelikož přístroj je při vyšetření do jisté míry hlučný. Požádáme ho, aby odložil všechny kovové předměty, odstrojil si vyšetřovanou část těla a vyjmul stomatologický implantát, pokud ho vlastní a pokud to lze.
- K úlohám RTG asistenta patří také manipulace s tzv. povrchovými cívkami, které jsou přikládány, přímo k vyšetřovaným částem těla, pro které jsou speciálně vytvarovány. „Tyto cívky slouží jako přijímací antény pro signály vycházející z vyšetřovaných tkání, rozlišujeme několik jejich druhů: a to cívky hlavové, krční, hlavo-krční, páteřní, ortopedické (ramenní, kolenní, zápěstní).“ ⁽⁶⁾ Pokud ale nemá asistent tyto cívky k dispozici, stejných výsledků lze dosáhnout použitím univerzálních flexibilních cívek, které se tvarově přizpůsobí anatomii vyšetřovaného objektu.
- Poté, co pacient podepíše dotazník a ještě jednou nám potvrdí, že nejsou přítomny žádné kontraindikace k vyšetření, uložíme ho do požadované polohy za použití příslušné cívky, na uši mu dáme sluchátka a do ruky mu vložíme speciální zařízení, pomocí jehož manipulace může pacient kontaktovat přes mikrofon obsluhující personál během vyšetření.
- Pokud se jedná o vyšetření s kontrastní látkou, ještě jednou se informujeme, zda není pacient na něco alergický a poté, mu asistent či sestra aplikuje intravenózně paramagnetickou kontrastní látku.

- Další část vyšetření se odehrává u ovládací konzole, která slouží k řízení a kontrole činnosti celého zařízení a je přímo spojena s řídicím počítačem.

Postup jejího ovládání je následující:

- Nejprve asistent zadá vstupní data o pacientovi, vyšetření a datum.
- Dále následuje příprava vlastního vyšetření, která spočívá v získání úvodních orientačních řezů (zpravidla jsou tři v každé základní rovině). Pomocí těchto řezů naplánujeme orientaci řezů jednotlivých sekvencí (tato funkce se jmenuje „survey“).
- Následuje zvolení příslušného vyšetřovacího protokolu pro zvolený orgán a pak individuální úprava parametrů zvolené sekvence a vlastní vyšetření.
- V konečné fázi probíhá vyhodnocování obrazu včetně dalších manipulací s obrazovými daty (tzv. postprocessing) a archivace obrazových dat.

6.2 Zátěž pacienta při MR vyšetření:

Metoda magnetické rezonance pracuje na principu zobrazení změn chování protonů vodíku v silném magnetickém poli po jejich rozkmitání radiofrekvenčním pulzem. Nepracuje tedy s žádným druhem ionizujícího záření a radiační zátěž pacienta je v tomto případě nulová.

6.3 Výhody MR vyšetření:

Hlavní výhodou MR je nulová radiační zátěž pacienta. *„Mezi přednosti MR patří mimo jiné to, že nám umožňuje dokonale zobrazovat i ty oblasti, které jsou v případě CT zatíženy značnými artefakty způsobenými tloušťkou kostí (např. zadní jáma lebni). MR je rovněž suverénní, při diagnostice degenerativních onemocnění cévní nervové soustavy, cévních příhod, vrozených vad a nádorů mozku a především*

míchy.“(6) Při vyšetření cévního řečiště omezuje vysoká jakost spolu s dokonalým kontrastem MR obrazu nutnost použití kontrastních látek.

6.4 Nevýhody MR vyšetření:

MR vyšetření je stále v porovnání s CT pomalejší, jelikož trvá několik desítek minut, zároveň je také dražší, méně dostupné a provozně náročné. Další nevýhodou této metody je špatné rozlišení plicní tkáně a limitované rozlišení kortikální kosti.

7. ULTRASONOGRAFIE:

7.1 Základní princip metody:

Ultrazvuk je slyšitelný pro některé živočichy ale, pro člověka neslyšitelný. Jedná se o mechanické vlnění o frekvenci vyšší jak 20 kHz, jehož nositelem jsou částice prostředí. Šíří se přímočaře a platí pro něj zákony odrazu. V plynném prostředí je výrazněji utlumován, zatím co v kapalinách se šíří na velké vzdálenosti, z čehož vyplývá, že v různých tkáních se šíří různou rychlostí. „*Medicínská ultrasonografie je neinvazivní zobrazovací metoda, která využívá odrazu UZ od tkání s různou akustickou impedancí (hustotou). K vysílání UZ vln při vyšetření slouží sondy, které rozdělujeme na mechanické a elektronické (konvexní, lineární, endokavitální). Základní součástí každé sondy je piezoelektrický krystal, který je periodickými pulzy elektrického napětí deformován a tím generuje UZ impulzy. Vibrace jsou přenášeny do tkání a odražená echa těchto vibrací z tkání organismu dopadají zpět na sondu, deformují krystal a vytvářejí zpětně elektrický impulz.*“⁽⁴⁾ Při průchodu hmotou se UZ absorbuje, rozptyluje, lomí a odráží. Čas od vyslání k návratu odrazu nás informuje o vzdálenosti rozhraní od zdroje a intenzita odrazu nás informuje o velikosti rozdílu rozhraní tkání. Krystal vysílá UZ vlny 1% své provozní doby a 99% doby odrazy přijímá. V medicínské diagnostice se používají frekvence 1-20 MHz, ty se nejlépe šíří v kapalinách, zatímco v pevných látkách a plynech jsou výrazně tlumeny, z toho důvodu také prakticky nelze vyšetřovat orgány za skeletem či plynem. Díky těmto skutečnostem je též nutné používat při vyšetření kontaktní gely na kůži. Ty odstraní tenkou vrstvičku vzduchu mezi kůží a sondou, která by mohla bránit přechodu vln do vyšetřované oblasti. Rozlišujeme tři následující základní typy zobrazení ultrazvukového obrazu:

- A-mód - jednotlivé odrazy jsou zobrazeny jako impulzy na časové ose,
- B-mód - odrazy jsou zobrazovány jako v A-módu a intenzitu odražených vln interpretují různé odstíny šedi,
- M-mód – jedná se o modifikaci B-módu, kdy se zaznamenávají změny v čase v dané přímce a systém sondy je statický.

7.2 Indikace a kontraindikace:

Díky vlastnostem UZ došlo v poslední době k velkému nárůstu a rozšíření spektra jeho indikací. Používá se především při vyšetření parenchymatózních orgánů, tekutinových útvarů a měkkých tkání. K základním indikacím, co se týče pohybového aparátu, patří především vyšetření kloubů, a to hlavně kloubu kolenního, při traumatických stavech menisků, podezření na zvýšený obsah tekutiny v kloubu a poranění svalů šlach a vazů. Rozšířenou indikací je též screening dysplazií kyčelních kloubů u dětí. Dále se v obecné radiodiagnostice nejčastěji vyšetřuje oblast břicha, pánve, retroperitonea, krk, mamma, měkké tkáně končetin, u kojenců mozek, v hrudníku pleurální výpotek a srdce a Dopplerovskou technikou cévní řečiště. UZ lze též využít pro kontrolu při řízených intervenčních výkonech. Významné místo má též v prenatalní diagnostice v porodnictví.

Kontraindikace k UZ vyšetření nejsou známé, přesto je metoda omezena několika faktory jako je obezita, plynatost, kalcifikace, nepříznivé anatomické poměry a nespolupracující pacient. V diagnostice nemá prokázané žádné nežádoucí účinky na organizmus, ani na plod. Přesto se doporučuje vyšetřovat při sledování vývoje plodu jen nezbytně nutnou dobu a při negativním nálezu vrozených vad provádět jen 3 vyšetření v průběhu těhotenství.

7.3 Úloha RTG laboranta při UZ vyšetření:

Při ultrazvukovém vyšetření je úloha radiologického asistenta velmi malá, jelikož téměř celé vyšetření provádí lékař sám.

- Asistentův úkol v tomto případě je pouze zapsání dat pacienta do počítačové databáze (jméno, příjmení, rodné číslo, číslo obálky).
- Může lékaři připravit sondu na příslušné vyšetření.
- Dále pokládá pacienta k danému vyšetření a je nápomocen s jeho manipulací během vyšetření.
- Po skončení vyšetření vydává pacientovi popsaný nález od lékaře.

7.4 Zátěž pacienta při UZ vyšetření:

Jelikož je ultrasonografie neinvazivní metoda, která pracuje na principu odrazu ultrazvukových vln od prostředí s různou akustickou impedancí, nevyužívá tedy žádné ionizující záření, je radiační zátěž pacienta při tomto vyšetření nulová.

7.5 Výhody UZ vyšetření:

Hlavní výhodou této metody je to, že nevyužívá ionizující záření. Radiační zátěž pacienta při tomto vyšetření je tedy nulová. Jeho kladnými vlastnostmi je, že se jedná o vyšetření rychlé, neinvazivní, dostupné a snadno proveditelné, opakovatelné, relativně levné, lze provádět u lůžka nemocného a v diagnostice nemá prokázané žádné nežádoucí účinky. Výhodou je také to, že umožňuje vyšetření v reálném čase, ve více rovinách a rozlišení měkkotkáňových (solidních) útvarů od tekutinových (cystických).

7.6 Nevýhody UZ vyšetření:

Určitou nevýhodu představuje závislost kvality vyšetření na zkušenostech vyšetřujícího lékaře. Avšak ani zkušený lékař nemusí být schopen získat perfektní obraz u každého pacienta, například u obézních pacientů, či pacientů s plynatostí. Další nevýhodou je nepoužitelnost UZ vyšetření při posouzení kostní tkáně či plicního parenchymu.

8. SCINTIGRAFIE SKELETU:

8.1 Základní princip metody:

Jedná se o nukleárně medicínskou diagnostickou metodu, která pomocí tomografického či planárního vyšetření distribuce radiofarmaka zobrazí časné změny v metabolismu kostního systému. Tato fyzikálně-elektronická metoda zobrazí distribuci radiofarmaka v organismu na základě zevní detekce vycházejícího záření gama. K této detekci slouží scintilační gamakamera. Jde o přístroj, který snímá fotony záření gama současně z celého zorného pole, převádí je na elektrické impulsy a pomocí nich pak na displeji vytváří scintigrafický obraz distribuce radiofarmaka v tomto zorném poli.

Detekci fotonů gama lze provádět následujícími způsoby:

- „planárním zobrazením určité oblasti kostního systému,
- celotělovým zobrazením kostních a kloubních struktur, buď složením jednotlivých dílčích obrázků nebo automaticky pomocí počítačem řízených pohybů vyšetřovacího stolu nebo gantry,
- tomografickým zobrazením určité oblasti skeletu (SPECT),
- třífázová kostní scintigrafie, která umožňuje zhodnotit distribuci radiofarmaka ve vyšetřované oblasti v časné fázi, ve fázi krevního poolu a v pozdní kostní fázi.“⁽⁵⁾

V současnosti jsou nejpoužívanějšími radiofarmaky pro zobrazení skeletu fosfátové komplexy. Nejrozšířenější z nich představuje methylen difosfonát (MDP) značený ^{99m}Tc (metastabilním techneciem). Radiofarmaka se z velké části váží do kostí na povrch hydroxyapatitových krystalů. Intenzita této vazby závisí na osteoblastické aktivitě, která ovlivňuje tvorbu a růst hydroxyapatitových krystalů a nabídce, tedy regionálnímu průtoku krve. Pro správnou interpretaci získaného scintigramu je důležité znát normální rozložení radiofarmaka ve skeletu. Patologické změny se nejčastěji projevují tzv. horkými ložisky, která odpovídají zvýšené akumulaci radiofarmaka. Méně často se projevují jako tzv. studená ložiska, což je snížená akumulace radiofarmaka.

8.2 Indikace a kontraindikace:

K hlavním indikacím kostní scintigrafie patří:

- primární maligní nádory kostí – např. osteosarkom, Ewingův sarkom,
- primární benigní nádory kostí – např. osteoidní osteom, fibrózní dysplazie, kostní cysty, hemangiom, osteochondrom,
- sekundární nádory skeletu = metastázy, rozlišujeme dva jejich druhy:
 - osteoblastické: nejčastěji z karcinomu prostaty a prsu, projeví se jako lem zvýšeného záchytu radiofarmaka na okraji metastázy,
 - osteolytické: nejčastěji z nádorů trávicí soustavy, projeví se jako studené ložisko,
- osteomyelitida - jedná se o infekci ve dřeni kosti, kam se dostává krevní cestou z primárního ložiska, odtud také napadá kostní tkáň,
- artritida - zánět kloubů, rozlišujeme tři její druhy:
 - psoriatická,
 - revmatoidní,
 - hemofilická,
- fraktury kostí - na scintigramu jsou patrné, až po 48 hodinách při počínajícím procesu hojení, který je provázen zvýšeným kostním metabolismem, touto metodou se diagnostikují hlavně:
 - stresové fraktury časté u sportovců,
 - skryté fraktury, kdy přetrvává bolest pacienta a na RTG snímku není zlomenina patrná,
 - lze ji také použít pro průkaz hojících se zlomenin při syndromu týraného dítěte,
- stav po totální endoprotéze kyčle nebo kolene - pro průkaz infekce pod kloubní jamkou, nebo možného uvolnění protézy, (viz.obr.příloha-obr.č.7.)

- avaskulární nekróza - nekróza z důvodu zástavy cévního zásobení kostí,
- méně časté nemoci jako: reflexní sympatická dystrofie (Morbus Sudek) nebo Pagetova choroba.

Relativními kontraindikacemi k tomuto vyšetření jsou gravidita a laktace. Pokud je žena těhotná lze vyšetření provést pouze z vitální indikace. Pokud žena kojí, je vhodné přerušit kojení dítěte na dobu 12 hod.

8.3 Úloha RTG laboranta při scintigrafickém vyšetření skeletu:

- Pacient se dostaví na vyšetření normálně najedený a dobře hydratovaný.
- Laborant nejprve překontroluje žádanku a jméno pacienta.
- Na pacienta, který váží 70 kg, si laborant natáhne do injekční stříkačky radiofarmakum o aktivitě 700 MBq, které mu lékař intravenózně naaplikuje.
- Dále laborant pacienta poučí, že má přijít zpět na oddělení za 2 hodiny, přičemž během této doby může pít i jíst.
- Jelikož se radiofarmakum vylučuje močí, požádáme pacienta před vyšetřením, aby se došel vymočit, plný močový měchýř by mohl vadit při hodnocení pánevních kostí a možných patogenit.
- Dále pacienta požádáme, aby si odložil všechny kovové předměty (mince, klíče a šperky), které by mohly být zdrojem artefaktů a ženy, které nosí epitézu, aby si ji sundaly.
- Před uložením se laborant pacienta zeptá, zda neměl v poslední době nějaký úraz, zlomeninu, ošetření zubu, nebo zda se neuhodil a zda ho něco bolí.
- Laborant uloží pacienta na pohyblivý stůl, většinou na záda s dlaněmi přitisknutými na stehna.
- Další úloha laboranta se odehrává u ovládací konzole, kde nejprve vloží osobní data pacienta a dále nastaví požadované projekce.

- U dvouhlavé kamery provádíme celotělový průjezd, zároveň z předozadní a zadopřední projekce, rychlost průjezdu nastavíme 15 cm/min.
 - U jednohlavé kamery se provádí série statických snímků, abychom zobrazili všechny části skeletu zepředu i zezadu.
 - Pro upřesnění může laborant na žádost lékaře vyšetření doplnit tomografickým zobrazením (SPECT) s posunem po 3^0-6^0 a na jeden obrázek nastaví délku snímání 10-30 sekund na vybranou oblast.
 - Kolimátor používáme nízkoenergetický paralelní s dobrou rozlišovací schopností. U podezření na Morbus Perthes u dětí použijeme kolimátor Pinhole, má nejlepší rozlišení a zvětšuje obraz.
 - Nakonec asistent pošle získaná data z vyšetření lékaři na počítač k popisu.
- Pro zvýšení specifity kostní scintigrafie je někdy indikována kombinace dynamické a statické metody, tzv. třífázová scintigrafie, která se provádí ve třech fázích:
 - 1. fáze časná neboli angiografická: slouží k zobrazení regionálního prokrvení sledované části skeletu. Radiofarmakum je aplikováno pacientovi přímo pod gamakamerou, po aplikaci ihned následuje dynamická scintigrafie, tedy snímání jednoho obrázku v intervalu 3 sekund po dobu 3-5 minut. Při zánětu vidíme tzv. teplé ložisko.
 - 2. fáze zvaná blood pool: plynule navazuje na 1. fázi. Jde o statickou scintigrafii na vybrané místo. Po dobu 5 minut snímá 10 obrázků po 30 sekundách a zachycuje přestup radiofarmaka z krevních cest do mezibuněčných prostorů měkkých tkání a kostí.

- 3. fáze pozdní neboli kostní: jedná se o klasickou statickou kostní scintigrafii za 2,5 hodiny po podání radiofarmaka.
- Po skončení vyšetření pomůže laborant pacientovi ze stolu a doporučí mu, aby pil dostatek tekutin, čímž se radiofarmakum rychleji vyplaví z těla a též se sníží radiační dávka na močový měchýř. A zdržoval se pokud možno zbytek dne dále od malých dětí a těhotných žen.

8.4 Zátěž pacienta při scintigrafickém vyšetření:

„Radiační zátěž pacienta při scintigrafickém vyšetření závisí na druhu aplikovaného radiofarmaka a na aplikované aktivitě. V případě čistých γ -radionuklidů (jako je ^{99m}Tc) je radiační zátěž poměrně nízká, neboť většina pronikavého záření γ prochází tkání a odnáší svou energii ven.“⁽¹⁷⁾ Je třeba, aby bylo při scintigrafických vyšetřeních aplikováno takové nezbytně nutné množství radiofarmaka, které zaručuje získání dostatečné diagnostické informace při co nejnižší radiační zátěži pacienta. Pro zjištění jaké má být optimální množství aplikované radioaktivity u různých radiofarmak, byly vypracovány tabulky směrných hodnot tzv. diagnostické referenční úrovně. Tyto tabulky umožňují přepočítat aplikovanou aktivitu pro jednotlivé pacienty podle jejich hmotnosti, i pokud se jedná o pacienty váhově nestandardní např. děti či osoby s nadváhou.

Vyšetření (zdroj)	Efektivní dávka [mSv]
Přírodní pozadí	Průměrně 2,2 mSv/rok
Scintigrafie skeletu	3,5 – 4 mSv

Tabulka č. 5 – Průměrné efektivní dávky, při některých vyšetřeních.⁽⁴⁾

8.5 Výhody scintigrafického vyšetření:

Scintigrafické vyšetření se liší od klasického RTG vyšetření tím, že při RTG vyšetření je zdrojem ionizujícího záření přístroj, čímž je radiační dávka velmi závislá na počtu provedených snímků a rozsahu snímané oblasti. U scintigrafie je zdrojem záření

samotný pacient, nespornou výhodou tedy je, že můžeme pořídit libovolný počet scintigrafických snímků či provést celotělové vyšetření, aniž by se zvýšila radiační zátěž pacienta. Další výhodou je velmi vysoká senzitivita. Předností tohoto vyšetření je fakt, že některé nádory zobrazí lépe a dříve než RTG snímek např. Ewingův sarkom, jiné nádory nemusí být rozpoznatelné na RTG snímku vůbec a na scintigramu ano např. osteoidní osteom, osteochondrom. Dnes je tato metoda indikována hlavně v onkologické diagnostice. Hlavním důvodem je, že metastázy se mohou na scintigramu zobrazit dříve než na RTG snímku až o několik měsíců, což umožní včasné zahájení léčby.

8.6 Nevýhody scintigrafického vyšetření:

Mezi hlavní nevýhody patří to, že tato metoda pracuje s radioaktivními radiofarmaky, která způsobují určitou radiační zátěž pacienta. Jelikož se ^{99m}Tc -MDP vylučuje močí, je stěna močového měchýře kritickým orgánem. Scintigrafické vyšetření je vyšetření funkční, chybí mu tedy možnost přesné lokalizace patologického ložiska, rozpozná pouze jeho biologickou povahu. Do budoucna je ale řešením využívání kombinovaných přístrojů SPECT/CT a PET/CT, které k funkčnímu přidají zobrazení anatomické. Další nevýhodou je nízká specificita vyšetření.

ZÁVĚR:

Ve své práci jsem se pokusila ve stručnosti rozpracovat základní otázky týkající se problematiky úlohy radiologického asistenta při diagnostice úrazů a onemocnění pohybového aparátu. Radiodiagnostika má v dnešní době v klinické medicíně klíčové postavení, její přínos je jedním ze základních předpokladů účinné a efektivní zdravotní péče. Tento obor je vázán na náročnou a nákladnou přístrojovou techniku a zároveň také na její obsluhující personál.

Úloha radiologického asistenta je pro správný průběh a výsledek všech zobrazovacích vyšetření velmi významná. Je důležité, aby byl každý asistent náležitě prakticky a teoreticky vzdělán a byl schopen zabezpečit bezprostřední přípravu pacienta před vyšetřením, zjistit zda splňuje podmínky dovolující provedení samotné vyšetření a možné podání kontrastní látky při něm. Laborant musí též pacienta správně instruovat o průběhu vyšetření.

K diagnostice úrazů a onemocnění pohybového aparátu využíváme moderní zobrazovací metody, jako jsou rentgenové snímkování, počítačová tomografie, ultrasonografie a magnetická rezonance, které zobrazují především strukturu orgánů. Metody nukleární medicíny mají zase vynikající schopnost poskytovat informace o funkci orgánů, o průběhu fyziologických a patologických dějů a o charakteru tkání.

RTG snímky jsou základním a prvním vyšetřením hlavně v traumatologii. Jejich provedení je pro RTG asistenta náročné spíše fyzicky, tj. manipulace s rentgenkou, stolem, pacientem a kazetami. Asistent musí dbát, aby projekce byly provedeny přesně jak projekčně, tak i expozičně. Výpočetní tomografie slouží nejlépe k znázornění strukturální změny kortikalis, ale hůře k zobrazení změny v kostní dřeni a v měkkých částech. Magnetická rezonance je nejpřesnější metoda v diagnostice onemocnění kostní dřene a měkkých částí. MR a CT jsou pro radiologického asistenta náročné spíše po stránce technické, jelikož musí dokonale zvládat technické parametry přístroje, umět ovládat jeho počítačové programy a chápat cíl prováděné techniky. V neposlední řadě je potřebné, aby asistent zvládal techniky následné manipulace s obrazy. Metoda MR je navíc náročná po stránce časové, tzn. délkou vlastního vyšetření. Scintigrafie má hlavní

význam v časně diagnostice zánětů a metastáz. Při tomto vyšetření musí laborant mimo jiné prokázat schopnost plánování časového harmonogramu, jelikož při mnoha vyšetřeních se pacienti během dne několikrát vracejí na oddělení k jednotlivým částem vyšetření. Tato metoda též představuje pro asistenta větší riziko radiační zátěže, jelikož se i přes všechny stínící a ochranné pomůcky nemůže vyhnout kontaktu s pacientem naaplikovaným radioaktivním radiofarmakem a při samotné manipulaci s radiofarmakem mu též hrozí kontaminace. Ultrasonografie se indikuje hlavně při vyšetřování měkkých částí a kloubů. Toto vyšetření je z hlediska laboranta nejméně náročné, neboť je z převážné části prováděno lékařem.

Musím konstatovat, že problematika úlohy radiologického asistenta při diagnostice úrazů a onemocnění pohybového aparátu je podstatně širší téma, než je rozsah této práce. Proto doufám, že tato práce bude vést k vyhledání dalších informací o této problematice.

POUŽITÉ ZKRATKY:

cca. – circa (přibližně)

CT - počítačová tomografie

CP – centrální paprsek

event. – eventuelně

i.v. - intravenózně

kHz – kilohertz (jednotka frekvence)

KL – kontrastní látka

KZM – klinika zobrazovacích metod

MBq – megabecquerel (jednotka intenzity záření zdroje radioaktivního záření)

MR - magnetická rezonance

PA projekce - zadopřední (posterior-anterior) projekce

RTG - rentgen, rentgenový, radiologický

SPECT – jednofotonová emisní počítačová tomografie (Single Photon Emission Computed Tomography)

T – tesla (jednotka magnetické indukce)

tj. – to jest

TNM klasifikace – Tumor-Nodus-Metastasis (klasifikace začleňující nádorové onemocnění do konkrétního stádia)

tzn. – to znamená

UZ – ultrasonografie

KLÍČOVÁ SLOVA:

Pohybový aparát, radiologický asistent, rentgenové snímky, magnetická rezonance, počítačová tomografie, sonografie, scintigrafie.

POUŽITÁ LIETRATURA:

- (1) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing s.r.o., 2001. 497 s. ISBN 80-7169-970-5.
- (2) ELIŠKOVÁ, Miloslava, Naňka, Ondřej. *Přehled anatomie*. Praha: Karolinum, 2006. 309 s. ISBN 80-246-1216-X.
- (3) KISLINGER, František, et al. *Biologie III*. [s. 1.]: Gymnázium v Klatovech, 1994. 141 s.
- (4) NEKULA, Josef. *Radiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003. 205 s. ISBN 80-244-0672-1.
- (5) URBÁNEK, Jan, et al. *Nukleární medicína*. Jilemnice: Gentiana, 2002. 152 s. ISBN 80-86527-05-0.
- (6) VÁLEK, Vlastimil, et al. *Moderní diagnostické metody III.díl - MR*. Brno: IDVPZ, 1996. 43 s. ISBN 80-7013-225-6.
- (7) VÁLEK, Vlastimil, et al. *Moderní diagnostické metody II.díl - CT*. Brno: IDVPZ, 1998. 84 s. ISBN 80-7013-294-9.
- (8) VYHNÁNEK, Luboš, et al. *Radiodiagnostika: kapitoly z klinické praxe*. Praha: Grada Publishing, 1998. 486 s. ISBN 80-7169-240-9.
- (9) SVOBODA, Milan. *Základy techniky vyšetřování rentgenem*. Praha: Avicenum, 1976. 605 s.

DOSTUPNÉ Z WWW:

- (10) *Www.e-kulturistika.cz* [online]. [2008] [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.e-kulturistika.cz/grafika/svalymikroskopickastavba.png>>.
- (11) *10Www.homolka.cz* [online]. c2009 [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <http://www.homolka.cz/common/files/rdg_standardy_mr_vysetreni_muskuloskeletalniho_systemu.pdf>.
- (12) *11Http://osha.europa/cs* [online]. 2008 [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://osha.europa.eu/cs/publications/factsheets/71/view>>.

- (13) *Www.kcsolid.cz* [online]. c2008 [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <http://www.kcsolid.cz/zdravotnictvi/klinicka_kapitola/ske/index_ske.php>.
- (14) KUPKA, Karel. *Www.unm.lf1.cuni.cz* [online]. [2007] [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://unm.lf1.cuni.cz/zobrazov.html>>.
- (15) *Www.mzcr.cz* [online]. c2008 [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.mzcr.cz/Odbornik/Pages/742-prehled-pristroju.html>>.
- (16) *Www.rameno-koleno.cz* [online]. c2007 [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.rameno-koleno.cz/koleno/nejcastejsi-postizeni.php>>.
- (17) ULLMANN, Vojtěch. *Www.astronuklfyzika.cz* [online]. [2007] [cit. 2009-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>>.
- (18) Přednášky z předmětu - Konvenční radiodiagnostika (CT, MR, RTG).

VÝZKUMNÉ POROVNÁNÍ:

Pro své porovnání jsem si vybrala vyšetření kolenního kloubu, jelikož patří k nejčastějším vyšetřením pohybového aparátu. Pro zobrazení tohoto kloubu se nejčastěji užívají rentgenové snímky, magnetická rezonance a počítačová tomografie. Proto jsou středem mého porovnání právě tyto tři metody.

Statistická data pro vytvoření grafů mi byla poskytnuta na Klinice zobrazovacích metod dospělé části nemocnice Motol. V seznamech jsem označila ta vyšetření, která se týkala kolenního kloubu, spočítala je za jednotlivé měsíce roku 2008 a výsledné hodnoty jsem použila pro vytvoření příslušných grafů.

A) Anatomie kolenního kloubu (*articulatio genus*)

V úvodu je důležité říci něco o vlastní anatomii kolenního kloubu. Jedná se o složený kloub, jelikož jsou jeho součástmi femur, tibie, patella a kloubní menisky. Kondyly femuru (*condyli femoris*) fungují jako kloubní hlavice a kondyly tibie (*facies articularis superior*) spolu s menisky jako kloubní jamky. Menisky (*meniscus lateralis et medialis*) jsou chrupavčité lišty, které dotvářejí kloubní plochy a pomáhají tlumit nárazy v koleni, jejich cípy se upínají na tibií a jejich obvod je připojen ke kloubnímu pouzdru. (viz. obr. příloha- obr. č. 8.) Česka (*patella*) je přiložena k patelární ploše stehenní kosti, její zadní plocha je kryta silnou vrstvou chrupavky. „*Kloubní pouzdro se na tibií a patelle upíná při okraji kloubních ploch, na femuru o něco dále od kloubních ploch. Pouzdro vynechává epikondyly femuru, kam jsou připojeny svaly a vazy.*“⁽¹⁾ *Musculus articularis genus* při pohybech pouzdro napíná a táhne je vzhůru, čímž zabraňuje jeho uskřínutí mezi kloubní plochy. „*Zesilující vazivový aparát kolenního kloubu tvoří ligamenta kloubního pouzdra a nitrokloubní vazy spojující femur s tibií.*“⁽¹⁾

- Ligamenta kloubního pouzdra: zajišťují stabilitu kloubu při extenzi a flexi kolene.
 - Přední: šlacha *m. quadriceps femoris* a její pokračování *ligamentum patellae* a *retinaculum patellae mediale et laterale*,
 - postranní: *ligamentum collaterale tibiale et fibulare*,
 - zadní: *ligamentum popliteum obliquum* a *arcuatum*.

- Nitrokloubní vazy: zajišťují pevnost kolena zejména při ohnutí a omezují vnitřní rotaci v kloubu. (viz.obr.příloha-obr.č.9.)
 - Ligamenta cruciata genus (anterius et posterius),
 - ligamentum transversum genus,
 - ligamentum meniscofemorale posterius et anterius.

Dutina kolenního kloubu je prostorná a má komplikovaný tvar. Synoviální membrána totiž nevystýlá pouzdro rovnoměrně, její tvar tvoří jakousi střední sagitální přepážku kloubu. Tato přepážka pokračuje jako plica synovialis patellaris a ta se dále rozbíhána v plicae alares, které vyztužuje ligamentum transversum genus a tzv. Hoffovo těleso. Součástími kolenního kloubu jsou též bursae mucosae, a to v místech tlaku a tření.

B) Nejčastější postižení kolenního kloubu a jeho součástí

- Meniskus

„Častěji poraněným meniskem je vnitřní, neboť zde je možná větší rotace skeletu kloubu. Při přesáhnutí meze pohyblivosti a pružnosti menisku může dojít ke skřípnutí mezi kloubní plochy a tak dojde k jeho roztržení a prasklině. Prasklina pak může vlít v kloubu a zakliňovat se mezi kloubní plochy.“ ⁽¹⁶⁾
 Pacient s tímto poraněním cítí v koleni různé přeskakování a bolesti. Ke klinickým projevům praskliny menisku patří též výpotek v kloubu. Pokud se toto poranění neošetří, prasklý meniskus pak může poškodit přilehlou chrupavku a hrozí tak vznik artrózy.

- Chrupavka

Kloubní chrupavka na styčných plochách kloubu je u mladých lidí hladká. Kloubní mazivo, které tvoří kloubní pouzdro, zajišťuje to, že při pohybu nedochází k žádnému opotřebení chrupavky. Pokud je chrupavka poraněna, či přetížena, dochází k jejímu poškození a následnému obrušování. *„Po mnoha letech tohoto procesu je pak zcela vybroušena a v kloubu dochází ke kontaktu kostí, což je již těžká a bolestivá artróza.“* ⁽¹⁶⁾

- Kolenní vazy a kloubní pouzdro

- Ligamenta kloubního pouzdra: K nejčastějším sportovním úrazům patří poranění postranních (kolaterálních) vazů. Co se týče četnosti, vnitřní vaz je poraněn asi 10x častěji než vaz zevní.
- Nitrokloubní vazy: Jednou z nejčastěji zraňovaných struktur kolene je přední zkřížený vaz LCA (ligamentum cruciatum anterior). Tento stav je velmi bolestivý, někdy bývá dokonce i slyšitelný, po prasknutí následuje výtok krve do kloubu z roztržených cévek ve vaz. Naopak zadní zkřížený vaz LCP (ligamentum cruciatum posterior) patří mezi poměrně vzácně zraňované struktury kolene.

- Závěsný aparát česky, vykloubení česky

K poškození závěsného aparátu česky dochází jednak úrazem při přímých nárazech kolena, při vykloubení česky případně při opakovaných drobných úrazech. Díky těmto mechanismům se kvalita chrupavek zhoršuje a dochází k degenerativním změnám mezi českou a stehenní kostí. „*K luxaci česky dochází prakticky výhradně zevně. Přitom dochází k roztržení vnitřních českových vazů a ke krvavému výpotku v kloubu.*“⁽¹⁶⁾

- Hemartróza

Nejedná se ani tak o diagnózu, jako o příznak poškození nitrokloubních struktur.

- Vykloubení kolena

K vykloubení kolena dochází velkým přímým nebo nepřímým násilím. Při vykloubení jsou přetrženy oba zkřížené vazy, zadní kloubní pouzdro a úpony šlach na zadní straně kolena, případně i postranní vazy kolena, vždy jsou též velmi ohroženy cévy a nervy v podkolenní.

- Zlomeniny v oblasti kolena

Tyto zlomeniny jsou v poslední době stále častější. Poškození kostí je spojeno s různým stupněm poškození vazů, menisků či chrupavek a přítomností hemartrózy.

- Artróza

Artróza je degenerativní poškození kloubu, k jehož rozvoji může přispět dlouho trvající přetěžování, opakované úrazy, nadváha či nitrokloubní poškození.

- Bakerova popliteální cysta

„Bakerova popliteální cysta je výchlipka kloubního pouzdra do podkolenní, kam zatéká tekutina z kloubu při zmnožení nitrokloubní tekutiny.“⁽¹⁶⁾

Tento útvar je bolestivý a omezuje plné natažení kolena, jeho přítomnost je příznakem poškození nitrokloubní struktury nebo rozvoje artrózy.

C) Třemi hlavními vyšetřovacími metodami kolenního kloubu jsou:

1) RTG snímky kolenního kloubu

Tato metoda je typický konzervativní postup vyšetření skeletu, která dobře zobrazí kloubní plochy kostí. Pro technické provedení RTG snímků a jejich interpretaci jsou vypracována detailní a neměnná pravidla. Pokud bychom chtěli touto metodou zobrazit menisky, popřípadě další nitrokloubní útvary je potřeba vsříknout do kloubu rentgen kontrastní tekutinu nebo vzduch.

Mezi nejčastější projekce kolenního kloubu patří:

- Projekce předozadní AP (anterioposteriorní)

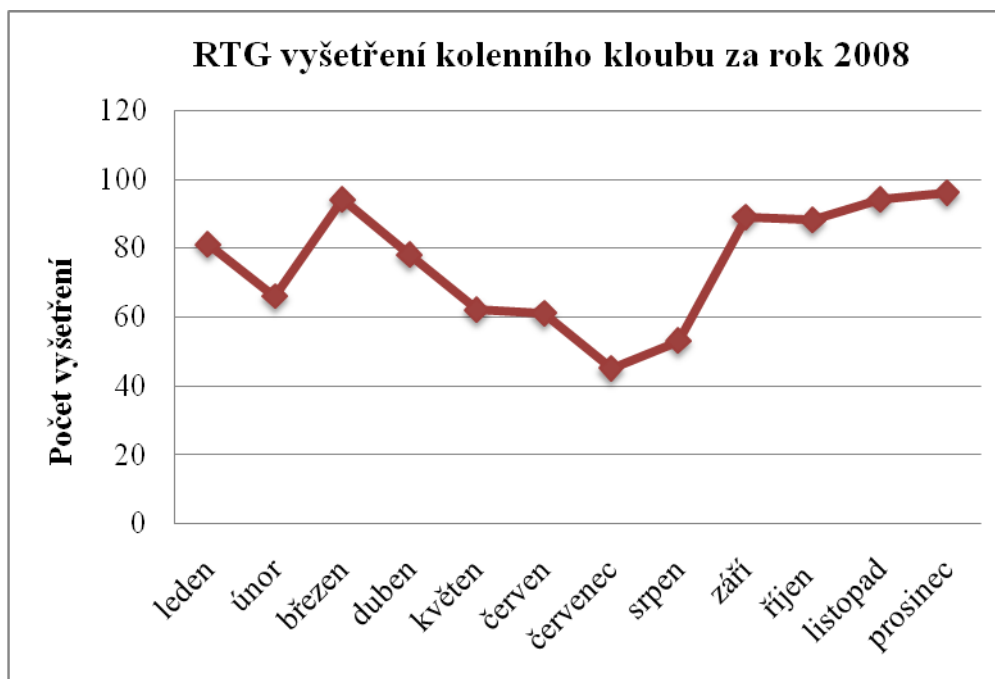
Pro tuto projekci používáme kazetu velikosti 18/24 na výšku (24/30 na šířku při snímkování obou kolen). Pacienta uložíme do polohy na zádech a horní končetiny má podél těla, nohu vyšetřované končetiny vytočíme mírně mediálně (palcem přiblížíme k úložné desce). CP (centrální paprsek) míří do středu štěrbiny kolenního kloubu (dolní okraj patelly) a středu kazety. (viz.obr.příloha-obr.č.10) Důležité je též dokonalé vyclonění snímkaného pole a umístění stranové značky (P, L) dle vyšetřované strany. Kolenní kloub můžeme snímkovat s použitím Buckyho clony či bez ní, pro její použití se rozhodujeme podle tloušťky konkrétního kloubu. U pacientů v reprodukčním období je samozřejmostí užití olověného stínidla k clonění gonád. Na správně provedeném

snímku musí být zachycen stejný úsek distálního konce femuru jako proximálního konce bérce, dále šterbina kloubní musí být uprostřed kazety a objekt symetricky uložen. (viz.obr.příloha-obr.č.11)

- Projekce boční (tibiofibulární)

Velikost kazety je stejná jako u předozadní projekce. Pacient leží na boku vyšetřované strany, vyšetřované koleno je v mírné flexi (cca. 30°) a naléhá na kazetu fibulární stranou. Patu lze podložit klínkem, aby nedošlo k přetočení nohy. Nevyšetřovaná končetina je přehozena přes stehno vyšetřované, čímž ji zatíží a přitiskne ke kazetě. CP míří kolmo do šterbiny kolenního kloubu a do středu kazety. (viz.obr.příloha-obr.č.12)Stranové značky dle vyšetřované strany umisťujeme zrcadlově. Správnou projekci lze na snímku zkontrolovat tak, že se na něm oba kondyly femuru vzájemně téměř přesně superponují a česka je přesně v bočné projekci. (viz.obr.příloha-obr.č.13)

Dále existuje celá řada speciálních projekcí (nejčastěji axiálních), sloužících k zobrazení určitých částí kolenního kloubu.



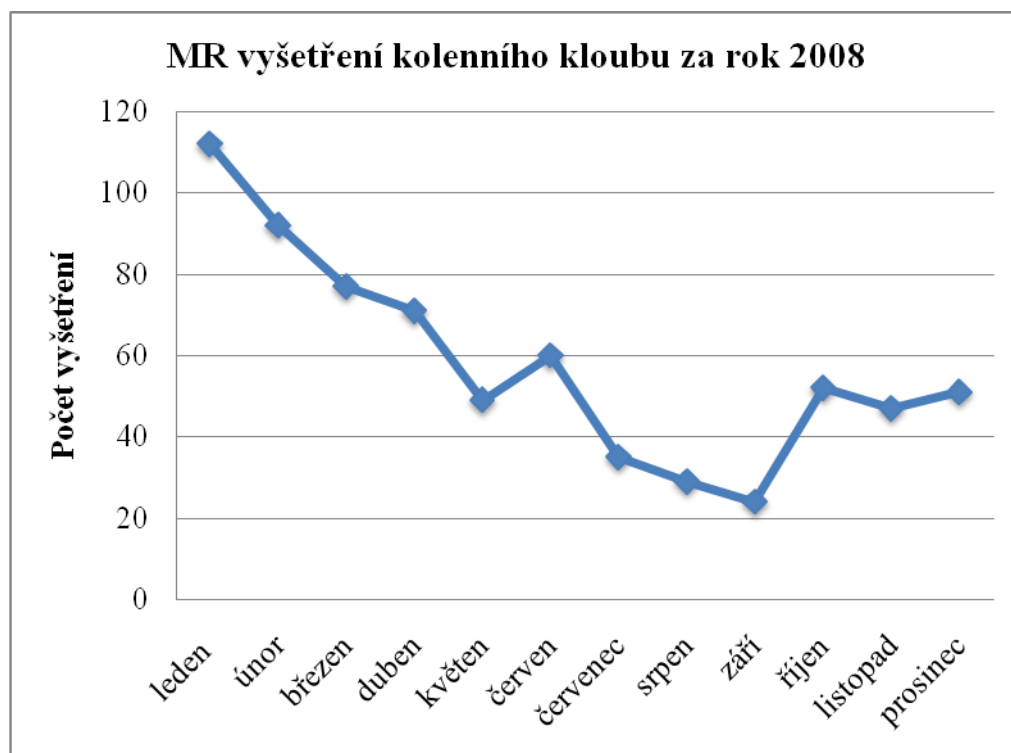
Graf č. 1 – Počet RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části fakultní nemocnice Motol.

Legenda ke grafu č. 1: Tento graf nás informuje o počtu RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části nemocnice Motol. Styčnými body grafu jsou jednotlivé měsíce roku 2008, z křivky grafu lze vyčíst počet RTG vyšetření kolenního kloubu za tyto jednotlivé měsíce. Nejvyšší hodnotou je 96 vyšetření za prosinec a nejnižší 45 vyšetření za červenec.

2) *Magnetická rezonance kolenního kloubu*

Jedná se o nejefektivnější metodu vyšetřování kloubů, a kdyby nebylo její finanční nákladnosti a provozní a časové náročnosti byla by jistě také metodou jednoznačně prioritní. „MR vyšetření je indikováno k posouzení traumatických i netraumatických kloubních změn, dále je využíváno při diagnostice změn kapsulárního kloubního aparátu, nitrokloubních chrupavčitých i vazivových struktur, synoviální membrány a okolních svalů a šlach.“⁽¹¹⁾ (viz.obr.příloha-obr.č.14) Co se týče kostí je MR schopna zachytit změny především v kostní dřeni. Příprava pacienta probíhá tak jak je již popsáno v kapitole 6. Magnetická rezonance.

Pro lepší rozlišení a kvalitu výsledných obrazů se vyšetřuje vždy jen jedno koleno, které ukládá RTG asistent buď do kolenní více segmentové phased-array cívky, případně do cirkulární cívky podle možností MR pracoviště. Pokud nemá asistent k dispozici speciální kolenní cívky, stejných výsledků může dosáhnout použitím univerzálních flexibilních povrchových cívek, které se tvarově přizpůsobí anatomii vyšetřovaného objektu. Samozřejmě je možné zobrazit i oba kolenní klouby najednou pomocí větších cívek (např. břišní), jejich použitím však dosáhneme nižší kvality a rozlišení obrazu. Pacienta ukládáme většinou do polohy na záda a končetiny směřují u celotělového přístroje do gantry, je důležité jeho pohodlné uložení, aby byla zajištěna jeho nehybnost po celou dobu vyšetření. Základní plánování spočívá v tom, že vyšetření kloubů začíná jedním nebo více rychlými gradientními lokalizéry (survey). Lokalizér nám slouží k plánování základních, ale také doplňujících rovin. Mezi základní roviny při vyšetřování kloubů patří rovina koronální, sagitální a transverzální. Při plánování bychom měli mít též na paměti, že každou rovinu je nutné plánovat ze dvou na sebe kolmých rovin.



Graf č. 2 – Počet MR vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části fakultní nemocnice Motol.

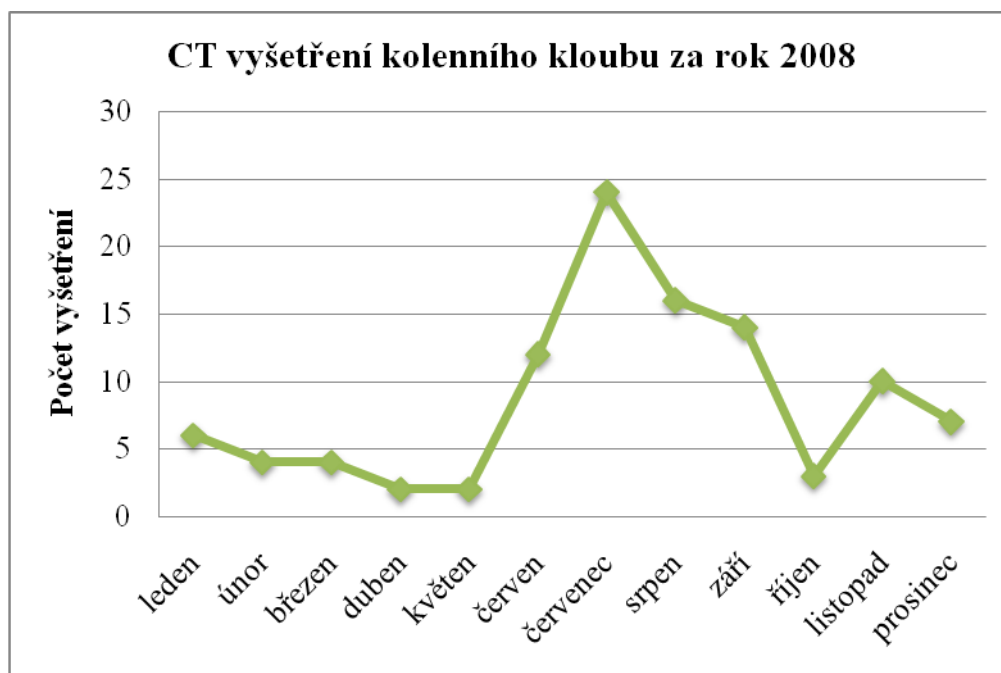
Legenda ke grafu č. 2: Tento graf nás informuje o počtu MR vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části nemocnice Motol. Styčnými body grafu jsou jednotlivé měsíce roku 2008, z křivky grafu lze vyčíst počet MR vyšetření kolenního kloubu za tyto jednotlivé měsíce. Nejvyšší hodnotou je 112 vyšetření za leden a nejnižší 24 vyšetření za září.

3) **Počítačová tomografie kolenního kloubu**

Indikacemi k vyšetření touto metodou jsou, co se týče kloubů, traumata (nehody, úrazy), nádorová onemocnění, záněty a jiná ortopedická zobrazení skeletu včetně 3D rekonstrukcí. Příprava pacienta probíhá tak, jak je již popsáno v kapitole 5. Počítačová tomografie.

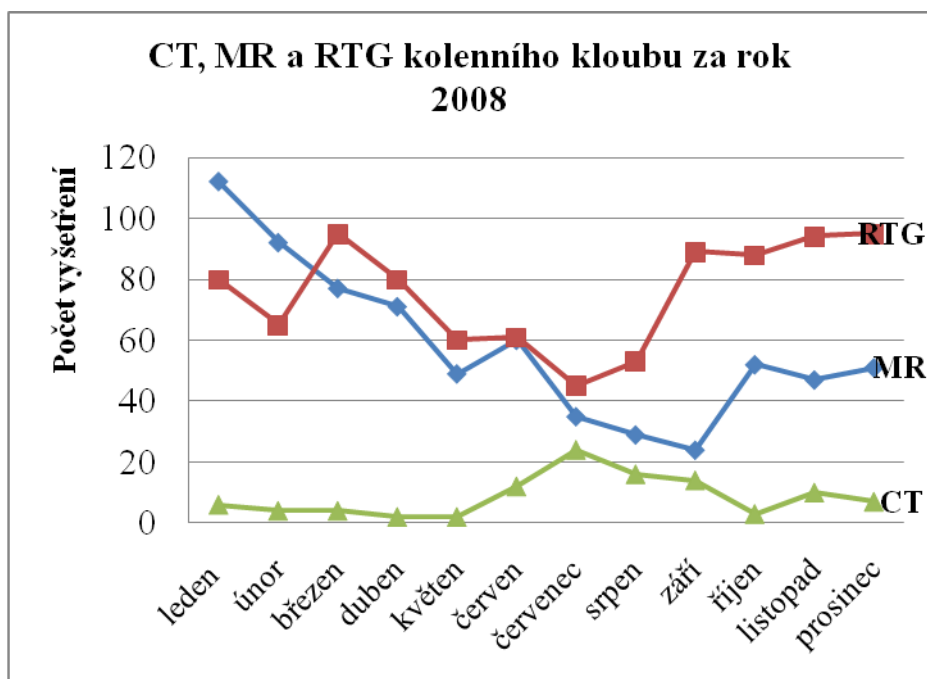
Při vyšetření kolene pacient leží na zádech a nohy směřují dovnitř gantry, je důležité dbát na jeho instruktáž, abychom zamezili jeho pohybům během vyšetření a tak možnému vzniku pohybových artefaktů.

V oblasti kolenního kloubu se CT vyšetření používá spíše jako doplňující vyšetření po RTG, v případě komplikovaných zlomenin a poranění kolenního kloubu.



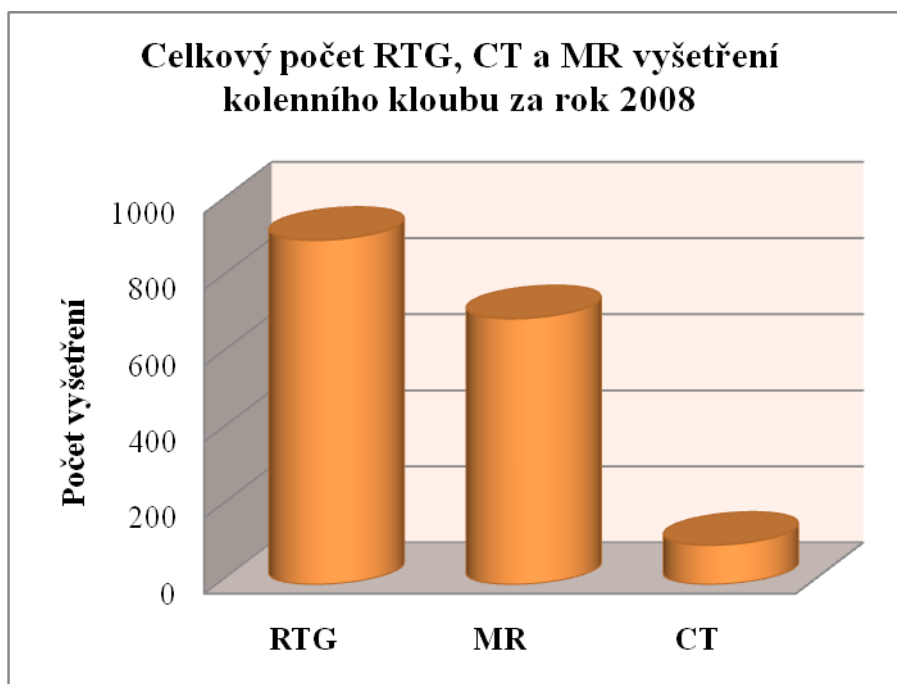
Graf č. 3 – Počet CT vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části fakultní nemocnice Motol.

Legenda ke grafu č. 3: Tento graf nás informuje o počtu CT vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části nemocnice Motol. Styčnými body grafu jsou jednotlivé měsíce roku 2008, z křivky grafu lze vyčíst počet CT vyšetření kolenního kloubu za tyto jednotlivé měsíce. Nejvyšší hodnotou je 24 vyšetření za červenec a nejnižší 2 vyšetření za květen a duben.



Graf č. 4 – Počet CT, MR a RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části fakultní nemocnice Motol.

Legenda ke grafu č. 4: Tento graf nás informuje o počtu CT, MR a RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části nemocnice Motol. Styčnými body grafu jsou jednotlivé měsíce roku 2008, z křivky grafu lze vyčíst počet CT, MR a RTG vyšetření kolenního kloubu za tyto jednotlivé měsíce. Celkovou nejvyšší hodnotou je 112 MR vyšetření za leden a nejnižší 2 CT vyšetření za květen a duben.



Graf č. 5 – Celkový počet CT, MR a RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 na KZM dospělé části fakultní nemocnice Motol.

Legenda ke grafu č. 5: Ze sloupců grafu lze vyčíst celkový počet CT, MR a RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008. Hodnota RTG vyšetření kolenního kloubu za rok 2008 je 905, MR 699 a CT 104.

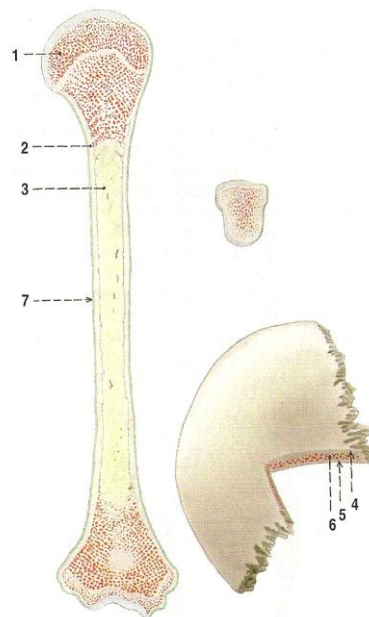
D) Závěr:

Jak je patrné díky údajům z vytvořených grafů, v podzimních a zimních měsících jsou počty RTG a MR vyšetření vyšší. Podle mého názoru se tak do jisté míry děje v návaznosti na zhoršení počasí a zvýšené četnosti pádů a úrazů díky kluzkému stavu chodníků. Naopak v jarních a letních měsících počty těchto vyšetření klesají. Zajímavé je, že kolísání počtu CT vyšetření je přesně opačné. V podzimních a zimních měsících jsou tyto počty CT vyšetření nižší a naopak v jarních a letních měsících počty stoupají, zde hraje, podle mého názoru, důležitou roli fakt, že se zlepšováním počasí a během prázdninových měsíců dochází k větším počtům nehod a úrazů při sportu a dalších aktivitách ve volném čase. Stoupají též počty motocyklových a bicyklových nehod. Pro tato zranění jsou typické složité zlomeniny, které jsou indikacemi právě pro

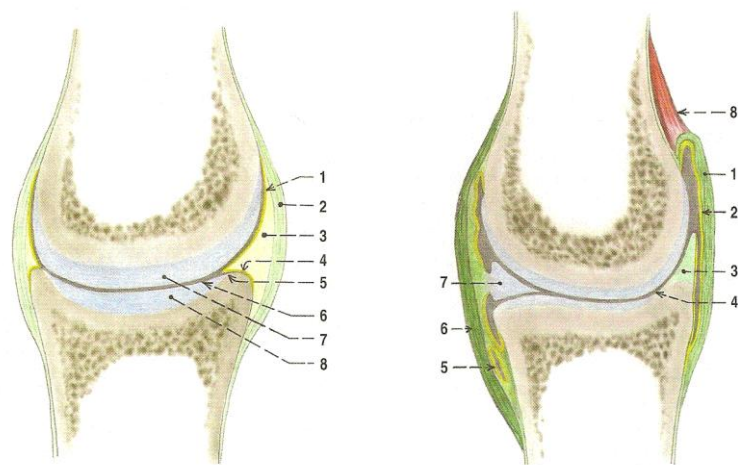
CT vyšetření. Z křivek hromadného grafu je patrné, že hlavní metodou vyšetření kolenního kloubu z hlediska počtu vyšetření je jednoznačně RTG snímkování. Jelikož počet těchto vyšetření je 905 vyšetření za rok. Další metoda, která následuje je MR s počtem 699 vyšetření za rok. Poslední metodou, co do četnosti vyšetření kolenního kloubu, je CT s počtem 104 vyšetření za rok.

Co se týče časové a technické náročnosti těchto metod, nejdéle trvající metodou je magnetická rezonance. MR vyšetření kolenního kloubu trvá řádově 30 minut. CT vyšetření kolene trvá maximálně 3 minuty a RTG vyšetření maximálně 5 minut. Pro RTG asistenta je MR vyšetření náročné hlavně z hlediska přípravy pacienta, jeho důležitou úlohou je pečlivé zjištění možné přítomnosti kontraindikací k vyšetření a instruktáž pacienta. Dále je potřeba, aby byl asistent u provádění CT a MR vyšetření schopen kvalitně používat ovládací počítač a byl dobře seznámen s ovládacími programy a protokoly vyšetření. RTG vyšetření je náročné spíše z hlediska fyzického, což se týká manipulace pacienta do požadovaných poloh a následného vyvolávání RTG snímků v temné komoře.

OBRAZOVÉ PŘÍLOHY



Obr. č. 1. - Podíl kompaktní a spongiosní kostní tkáně u kostí různých tvarových typů. ⁽¹⁾
1)substantia spongiosa 2)substantia compacta 3)cavitas medullaris 4)lamina externa 5)lamina interna 6)diploe 7)periost

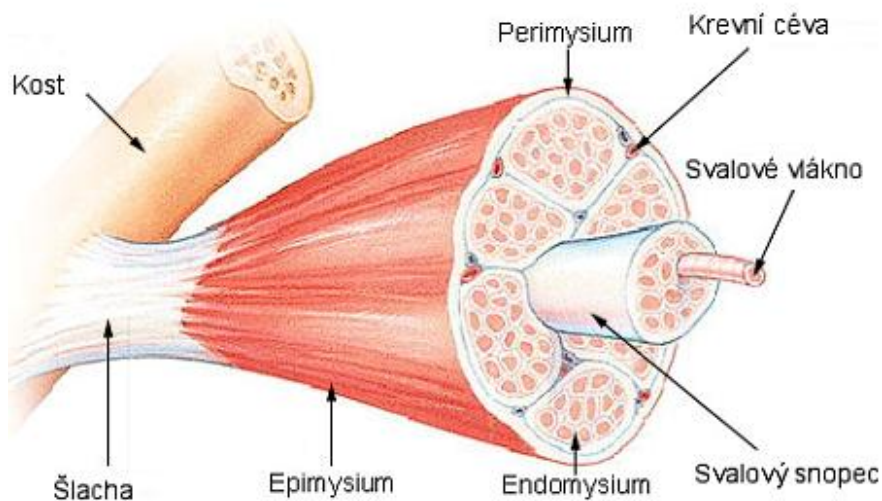


Obr. č. 2. – Podélný řez kloubem a zvláštní zařízení kloubní. ⁽¹⁾

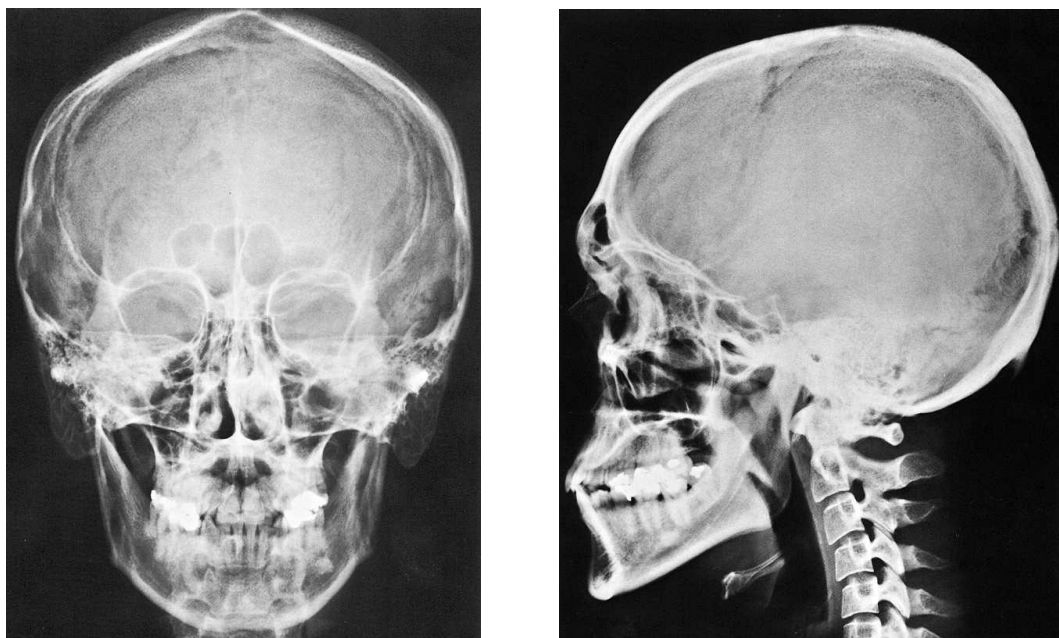
1)stratum synoviale kl. pouzdra 2)stratum fibrosum kl. pouzdra 3)synoviální řasa 4)přechodná zóna synoviální membrány 5)okraj kloubní chrupavky 6)kloubní štěrbina 7)chrupavka kl.

hlavice 8)chrupavka kl. jamky

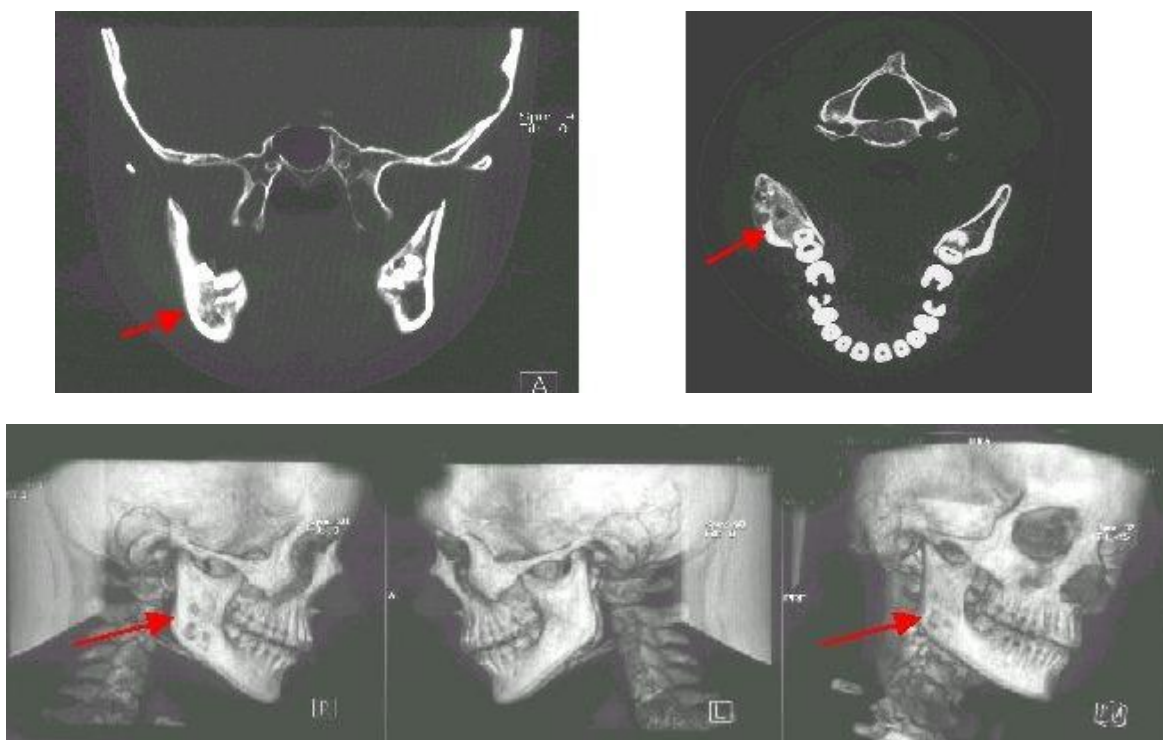
1)stratum fibrosum kl. pouzdra 2)stratum synoviae kl. pouzdra 3)labrum articulare 4)kl. štěrbina 5)bursa synovialis 6)zesilující kl. vaz 7)meniskus 8)musculus articularis



Obr.č.3. – Stavba svalových snopců. ⁽¹⁰⁾



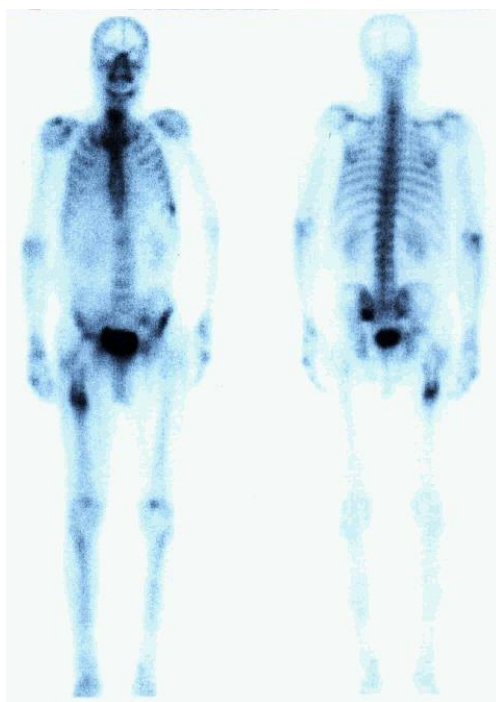
Obr.č.4. – Předozadní a bočný RTG snímek lebky. ⁽¹⁸⁾



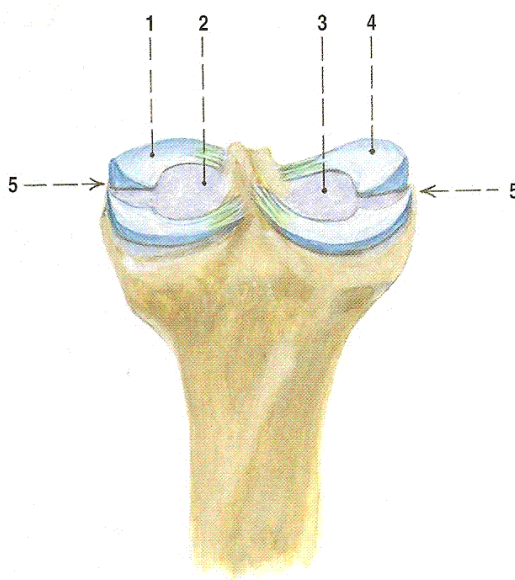
Obr.č.5. – Transverzální a 3D CT obrazy cysty dolní čelisti.⁽¹³⁾



Obr.č.6. – MR obraz poranění rotátorové manžety ramenního kloubu.⁽¹⁸⁾

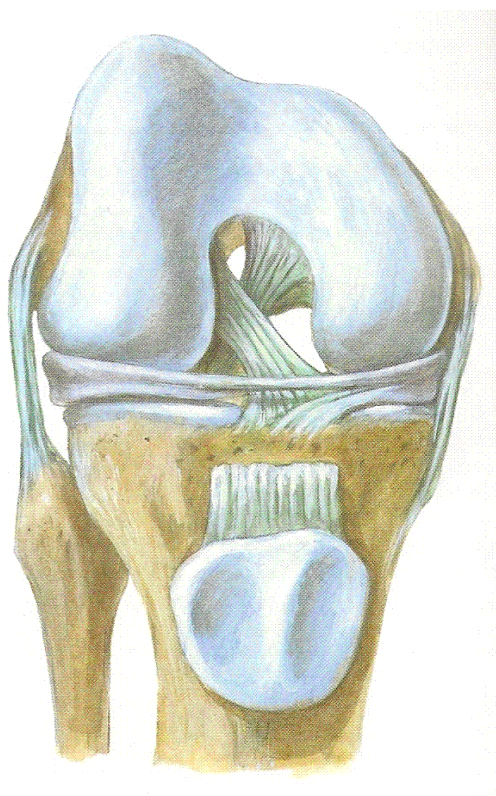


Obr.č.7. - Celotělová scintigrafie skeletu v přední a zadní projekci, při průkazu uvolňování endoprotézy.⁽¹³⁾

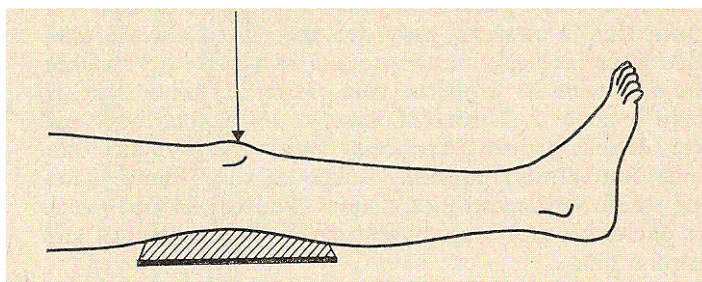


Obr.č.8. – Menisky kolenního kloubu.⁽¹⁾

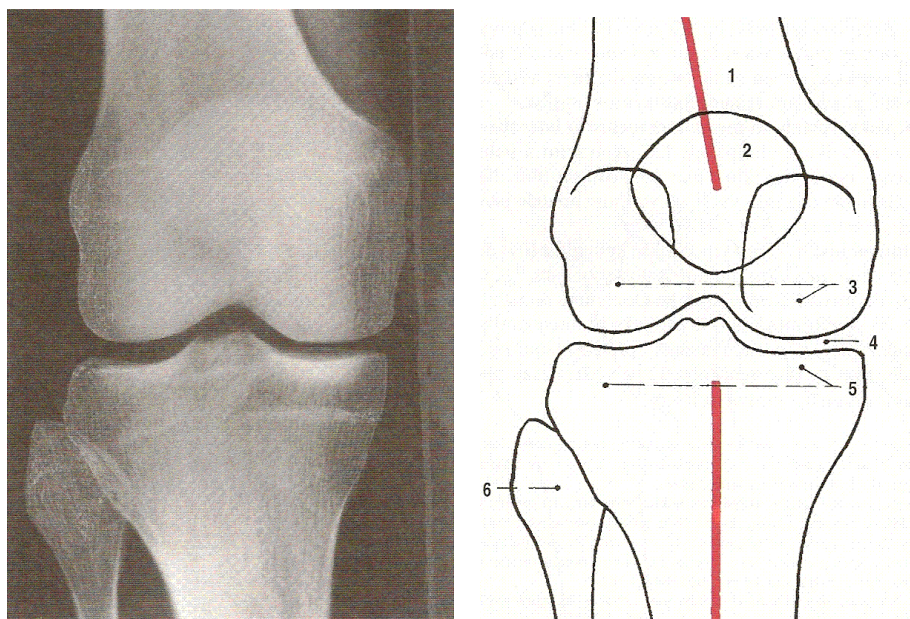
- 1)meniscus medialis 2)kl. plocha na mediálním kondylu tibie 3)kl. plocha na laterálním kondylu tibie 4)meniscus lateralis 5)řez meniskem



Obr.č.9. – Nitrokloubní vazy kolenního kloubu. ⁽¹⁾

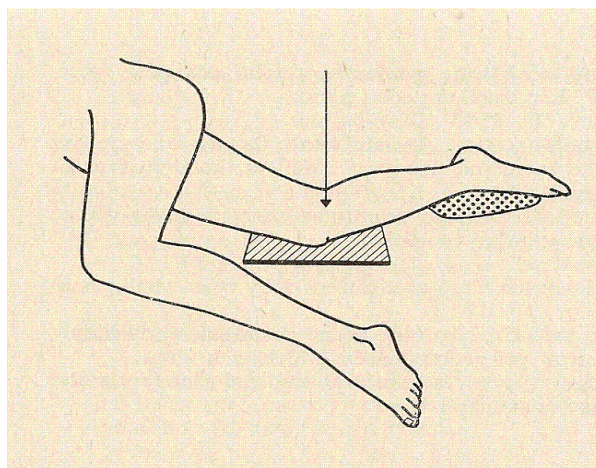


Obr.č.10. – Uložení pacienta a centrace CP při předozadní RTG projekci kolenního kloubu. ⁽⁹⁾

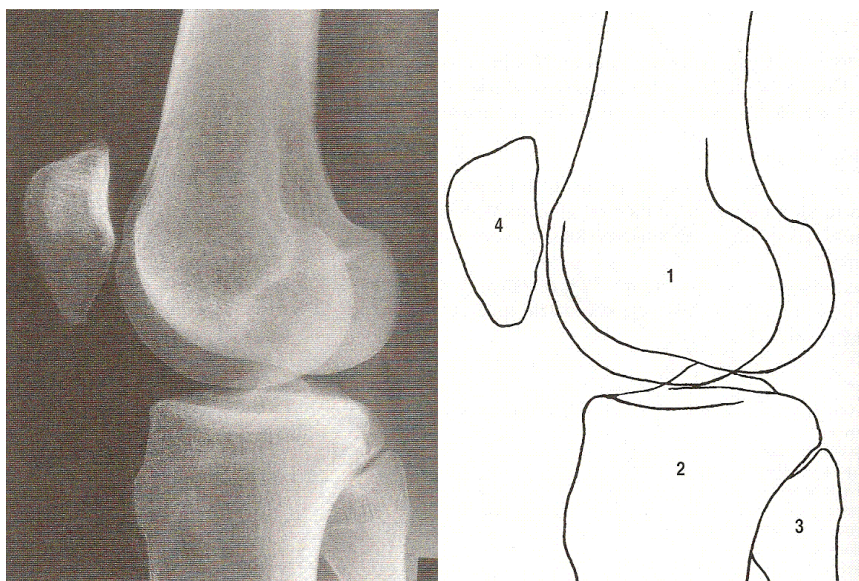


Obr.č.11. – Předozadní RTG projekce kolenního kloubu. ⁽¹⁾

- 1)distální konec femuru 2)patella 3)condyli femoris 4)kl. štěrbina s menisky 5)condyli tibiae
6)caput fibulae



Obr.č.12. – Uložení pacienta a centrace CP při bočné RTG projekci kolenního kloubu. ⁽⁹⁾



Obr.č.13. - Bočná RTG projekce kolenního kloubu.⁽¹⁾

1)condyli femoris 2)condyli tibiae 3)caput fibulae 4)patella



Obr.č.14. – Sagitální a koronální MR zobrazení vyšetření kolenního kloubu.⁽¹⁸⁾



Obr.č.15 – Otevřený MR přístroj na KZM dospělé části FN Motol.