

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Markéta Lisická

Sportovní úrazy kolenního kloubu – radiodiagnostická vyšetření

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jan Hrbek

Olomouc 2021

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

V Olomouci dne

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu MUDr. Janu Hrbkovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení, pomoc a čas, který mi věnoval. Mé poděkování patří také mé rodině a blízkým přátelům, bez jejichž podpory a pomoci by práce nemohla vzniknout.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Sportovní úrazy kolenního kloubu – radiodiagnostická vyšetření

Název práce v ČJ: Sportovní úrazy kolenního kloubu – radiodiagnostická vyšetření

Název práce v AJ: Sports injuries of the knee – radiodiagnostic examination

Datum zadání: 2020-11-30

Datum odevzdání: 2021-04-26

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Markéta Lisická

Vedoucí práce: MUDr. Jan Hrbek

Oponent práce: MUDr. Radim Kovář

Abstrakt v ČJ: Přehledová bakalářská práce se zabývá sportovními úrazy kolenního kloubu a následným vyšetřením pomocí zobrazovacích metod. V jednotlivých kapitolách jsou popsány nejčastější sportovní úrazy kolenního kloubu a jejich vyšetření pomocí rentgenu, ultrazvuku, výpočetní tomografie a magnetické rezonance. V neposlední řadě je v práci také stručně shrnuta anatomie kolenního kloubu. Cílem práce bylo předložit aktuální informace o nejčastějších úrazech v oblasti kolenního kloubu a jejich vyšetřeních.

Abstrakt v AJ: This bachelor's thesis deals with sports injuries of the knee and subsequent examination using imaging methods. In individual chapters are described the most common sports injuries of the knee and their examination using X-rays, ultrasound, computed tomography and magnetic resonance imaging. Last but not least, the work also briefly summarizes the anatomy of the knee. The aim of the work was to present current information about the most common injuries of the knee and their examinations.

Klíčová slova v ČJ: kolenní kloub, sportovní úrazy, sportovní traumatologie, rentgen, magnetická rezonance, výpočetní tomografie, ultrazvuk

Klíčová slova v AJ: knee, sports injuries, sports traumatology, X-ray, magnetic resonance imaging, computed tomography, ultrasound

Rozsah práce: 41 stran / 3 přílohy

Obsah

Úvod.....	6
Popis rešeršní činnosti.....	8
1 Anatomie kolenního kloubu.....	9
1.1 Menisky.....	9
1.2 Patella.....	10
1.3 Kolenní vazy.....	10
1.4 Svaly kolenního kloubu.....	11
1.5 Cévy.....	13
1.6 Burzy.....	13
1.7 Kinetika kolenního kloubu.....	13
2 Sportovní úraz.....	15
2.1 Nejčastější diagnózy úrazů v oblasti kolenního kloubu.....	16
3 Vyšetření kolenního kloubu.....	19
3.1 Rentgenové vyšetření.....	19
3.1.1 Princip.....	20
3.1.2 Projekce.....	21
3.2 Ultrasonografie.....	23
3.2.1 Prinip.....	23
3.2.2 Ultrasonografie kolenního kloubu.....	24
3.3 Výpočetní tomografie.....	26
3.3.1 Princip.....	26
3.4 Magnetická rezonance.....	28
3.4.1 Princip.....	28
3.4.2 Indikace a kontraindikace.....	29
3.4.3 Zobrazení jednotlivých částí kolene.....	30
Závěr.....	33
Referenční seznam.....	34
Seznam zkratk.....	38
Seznam příloh.....	39

Úvod

Jako následek sportovního úrazu bývá kolenní kloub jedním z nejčastěji postižených kloubů lidského těla. Velký podíl na tom má vyšší intenzita tréninků jak u amatérských, tak u vrcholových sportovců, větší agresivita, a především stoupající zájem populace o rekreační sporty jako jsou např. lyžování, běh, kopaná atd. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 135)

Kolenní kloub je kloubem složeným s velice složitou anatomicou stavbou. Skládá z femuru, tibie a patelly, které mezi sebou vytváří kloub femoropatelní a femorotibiální. Stabilitu kloubu zajišťuje mohutný vazivový aparát a svaly kolenního kloubu. Mezi kloubními plochami se nacházejí také velmi důležité menisky, které jsou tvořeny vazivovou tkání. Jejich funkcí je tlumit nárazy a roztírat synoviální tekutinu, která zamezuje tření. (Bartoníček, Heřt, 2004, s. 181-191)

Zobrazovací metody při úrazech kloubů a kostí jsou velice důležitou součástí pro správné stanovení diagnózy. U zobrazovacích metod se postupuje od nejjednodušších vyšetření k těm nejkomplicovanějším. Začíná se skiagrafií. Pokud rentgen není dostatečný pro správnou diagnózu, přistupuje se k dalším zobrazovacím metodám, mezi které řadíme ultrazvuk, CT a MR. (Seidl, 2012, s. 3)

Otázky bakalářské práce:

1. Jaké jsou nejčastější sportovní úrazy kolene?
2. Jaký je význam jednotlivých zobrazovacích metod v diagnostice úrazů kolenního kloubu?
3. Která zobrazovací metoda se nejčastěji používá na vyšetření jednotlivých struktur (měkkých tkání, kostních struktur)?

Hlavní cíle bakalářské práce:

1. Přehledně shrnout nejčastější sportovní úrazy v oblasti kolenního kloubu.
2. Vyhledat všechny dostupné zobrazovací metody, které slouží k diagnostice úrazů kolenního kloubu.
3. Zjistit, která zobrazovací metoda je nejvhodnější pro vyšetření měkkých tkání či kostních struktur.

Pro sepsání bakalářské práce byla použita tato vstupní literatura:

1. VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.
2. HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014, 314 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2901-4.
3. ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie*. 1. 2., upr. a dopl. vyd. Ilustroval Milan MED. Praha: Grada, c2001, 497 s. ISBN 978-80-7169-970-5.
4. TRNAVSKÝ, Karel a Vratislav RYBKA. *Syndrom bolestivého kolena*. Praha: Galén, 2006, 225 s. ISBN 80-7262-391-5.

Popis rešeršní činnosti

K sepsání bakalářské práce byly k vyhledávání odborných článků použity tyto internetové databáze: PubMed, Ebsco, Google scholar a Springer links. Články byly vyhledávány pomocí následujících klíčových slov: kolenní kloub, sportovní úrazy, sportovní traumatologie, rentgen, magnetická rezonance, výpočetní tomografie, ultrazvuk, zobrazovací metody. Výsledky vyhledávání byly vymezeny pouze jediným filtrem, a to rokem vydání, který byl upřesněn od roku 2015 do roku 2020. Rešerše byla doplněna o hledání článků v katalozích knihovny lékařské fakulty a knihovny fakulty zdravotnických věd univerzity Palackého v Olomouci, zejména v archivech časopisů Praktické radiologie a České radiologie. V rámci bakalářské práce byl použit jeden národní radiologický standard, třináct odborných článků a sedmnáct monografií.

1 Anatomie kolenního kloubu

Kolenní kloub (ARTICULATIO GENUS) je kloubem složeným. Artikulují se zde tři kosti: femur, patella a tibia, které mezi sebou vytváří kloub femoropatelní a femorotibiální. Mezi styčnými plochami tibie a femuru nalezneme vazivově chrupavčité kloubní menisky. (Bartoniček, Heřt, 2004, s. 181)

1. Articulatio femoropatellaris - kloub má plochý tvar. Hlavici tvoří facies patellaris femoris a jamku facies articularis patellae se dvěma fasetami.
2. Articulatio femorotibialis – tvarem připomíná kombinaci kladkového a kolového kloubu. Hlavici tvoří laterální a mediální kondyl stehenní kosti. Jamku tvoří condyli tibiae, tedy kondyly kosti holenní. (Hudák, 2015, s. 84)

Kloubní pouzdro se na holenní kosti a česce upíná při okrajích kloubní chrupavky. Na stehenní kosti se upíná o něco dále od okrajů kloubních ploch a zároveň nezahrnuje epikondyly, které leží mimo toto pouzdro. (Čihák, 2001, s. 295)

Největším synoviálním prostorem v lidském těle je dutina kolenního kloubu. Tuto dutinu můžeme rozdělit na velkou přední část a na dvě části dorzální, které jsou sevřeny mezi kondyly femuru a dutiny jsou od sebe odděleny zkříženými vazy. (Bartoniček, Heřt, 2004, s. 185)

1.1 Menisky

Rozlišujeme zevní meniskus (meniscus lateralis) a vnitřní meniskus (meniscus medialis). Menisky pochází z vazivové chrupavky. Velikost a tvar jsou dány kloubními plochami tibie, proto se menisky od sebe navzájem liší. Vnější část menisku je vysoká a dále se postupně ztenčuje. (Čihák, 2001, s. 295)

Úkolem menisků je rovnoměrně rozprostřít tlakové síly, roztírat synoviální tekutinu, působit jako tlumič, napínat kloubní pouzdro, bránit jeho uskřinutí a při poranění předního zkříženého vazy plnit funkci stabilizační (Bartoniček, Heřt, 2004, s. 192)

Zevní meniskus je polokruhovitého tvaru, více uzavřený a zároveň má také větší pohybový rozsah. (Naňka, 2015, s. 41). Svým zadním obvodem je spojen s m. popliteus. Stahy tohoto svalu ovlivňují polohu a tvar menisku. (Čihák, 2001, s. 295)

Vnitřní meniskus je oválný a více rozevřenější. Zároveň je méně pohyblivý, a to z toho důvodu, že je spojen s mediálním kolaterálním vazem. Jako i vnější meniskus je také ovlivňován pohyby m. semimembranosus, se kterým je prostřednictvím kloubního pouzdra spojen. (Čihák, 2001, s. 295)

1.2 Patella

Největší sezamská kost lidského těla, česka, která svým tvarem připomíná trojúhelník. Vznikla v úponové šlaše čtyřhlavého stehenního svalu. Na přední plochu česky (facies anterior) je upnutý musculus quadriceps femoris. Zadní kloubní plocha (facies articularis) směřuje do kloubní dutiny, kde přiléhá mezi kondyly na facies patellaris femuru a je zde pokryta silnou chrupavkou. Na česce se nachází zašpičatělý hrot (apex patealle), který směřuje distálně a širší okraj kosti (basis patellae) mířící proximálně. (Čihák, 2001, s. 265)

Česku můžeme rozdělit na několik typů.

Typ I – fasety mají stejnou velikost a jsou konkávní

Typ II – fasety jsou konkávní, velikostně se však liší. Mediální faseta je oproti laterální menší

Typ II/III – mediální faseta je menší a rovná, kdežto laterální je konkávní

Typ III – laterální faseta je konkávní, mediální menší a konvexní

Typ IV – mediální faseta je konvexní, malá a strmá

Typ lovecké čapky – mediální faseta chybí

(Bartoniček, Heřt, 2004, s. 184)

1.3 Kolenní vazy

Pro kolenní kloub je typický, že má nejsložitější a nejmohutnější vazivový aparát ze všech kloubů lidského těla. (Bartoniček, Heřt, 2004, s. 186) V kolenním kloubu se nachází zesilující vazivový aparát, který se skládá z ligament kloubního pouzdra a nitrokloubních vazů.

Ligamenta kloubního pouzdra můžeme v závislosti na umístění rozdělit do tří skupin:

1. Ventrální strana – začíná šlachou m. quadriceps femoris, která přechází v ligamentum patellae, kde je také zanořen apex patealle. Po stranách patelly se nachází dva vazivové pruhy (retinaculum patellae mediale et laterale), které se upínají se na tibiai.

2. Po stranách pouzdra – postranní vazy zajišťují stabilitu kolenního kloubu při extenzi a dále také při vykonávání pohybu do částečné flexe. Rozlišujeme postranní vazy (ligamentum collaterale tibiale et fibulare). Od příslušného epicondylu stehenní kosti na kost holenní vede tibiální vaz a na hlavici lýtkové kosti vaz fibulární.
3. Dorzální strana - do této skupiny řadíme ligamentum poplietum obliquum, tedy šikmý zákolenní vaz, který se odděluje od m.semimembranosus a není tak považován za pravý kloubní vaz, ale za část šlachy svalu. Zesiluje pouzdro a brání tak jeho uskřinutí.

Nitrokloubní vazy:

1. Ligamenta cruciata genus – zkřížené vazy, které zajišťují pevnost kolenního kloubu, především při ohnutí. Ligamentum cruciatum anterius vede od mediální plochy laterálního kondylu femuru do area intercondylaris anterior na tibiai. Ligamentum cruciatum posterius jde od vnější plochy mediálního kondylu femuru, do area intercondylaris posterior na tibiai. Zadem kříží ligamentum cruciatum anterius.
2. Ligamentum transversum genus – je uložen v kloubním pouzdře a spojuje napříč oba menisky.
3. Ligamentum meniscofemorale posterius et anterius – připevňují zadní cíp laterálního menisku.

(Čihák, 2001, s. 295-301)

1.4 Svaly kolenního kloubu

Svaly kolenního kloubu mají především funkce:

- flexe – m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, řadíme k nim také m. sartorius, m. popliteus, m. gracilis
- extenze – m. quadriceps femoris
- vnitřní a vnější rotace – většina flexorů zajišťují také vnitřní rotaci kloubu. Výjimkou je m. biceps femoris, který zajišťuje rotaci vnější.

Jednotlivé svaly kolenního kloubu:

- *Musculus quadriceps femoris* (čtyřhlavý sval stehenní) - jak je již patrné z názvu, tento sval se skládá ze čtyř částí – *m.rectus femoris*, *m.vastus medialis et lateralis et intermedius*. Patří do ventrální skupiny svalů stehna. Všechny čtyři části se upínají na patelu. Vlastní úpon svalu pak tvoří mohutná šlacha *ligamentum patellae*. Funkcí tohoto svalu je *extense* kolenního kloubu. Tento sval je velice důležitý pro udržení vzpřímené postavy, uplatňuje se také při vstávání a chůzi.
- *Musculus biceps femoris* (dvojhlavý sval stehenní) – tento sval začíná dvěma hlavami, dlouhá hlava (*caput longum*) a krátká hlava (*caput breve*), jde po vnější straně kolenního kloubu, kde dále přechází v úponovou šlachu. *M. biceps femoris* zajišťuje *flexi* kolenního kloubu a zároveň vnější rotaci bérce.
- *M. semitendinosus* (sval pološlašitý) – upíná se pod kolenním kloubem na mediální stranu tibie. Zajišťuje *flexi* kolenního kloubu a vnitřní rotaci bérce.
- *M. semimembranosus* (sval polobnitý) – Spolu se šlachou *m. semitendinosus* přechází na mediální stranu kolena a dále se rozděluje na mediální, laterální a střední pruh. Důležitou úlohou je *flexe* kolenního kloubu a vnitřní rotace.
- *M. sartorius* (dlouhý sval stehenní neboli krejčovský) – tento sval slouží jako pomocný sval při *flexi* kolenního kloubu, zároveň zajišťuje zevní rotaci dolní končetiny.
- *M. popliteus* (sval zákolenní) – sval, který patří do svalů bérce. Jde šikmo mediostinálně, přes zadní stranu kolenního kloubu, od vnějšího kondylu femuru na zadní stranu tibie.
- *M. gracilis* (štíhlý sval) – jediný sval z mediální skupiny svalů stehna, který působí na kolenní kloub. Je to pomocný sval při *flexi* kolene.

(Čihák, 2001, s. 435-452)

1.5 Cévy

Na cévním zásobení se podílí velká řada jak malých, tak i velkých arterií. Jedny z nejdůležitějších jsou:

- A. genus descendens
- Aa. genus superiores (medialis et lateralis)
- A. genus media
- Aa. genus inferiores (medialis et lateralis)
- A. recurrens tibialis anterior

Řada z nich odstupuje od a. poplitea. Vyjimku tvoří a. genus descendens, která odstupuje z a. femoralis a a. recurrens tibialis anterior odstupující z a. tibialis anterior. Všechny tyto arterie až na a. genus media, která hraje velice významnou roli v cévním zásobení kolenního kloubu, tvoří bohatou cévní síť kolem patelly. (Bartoníček, Heřt, 2004, s.202)

1.6 Burzy

Bursae mucosae nalezneme v kolenním kloubu v místech tření a tlaku. (Čihák, 2001, s.303)

Kolem kolenního kloubu se nachází více jak 20 burz. Nejdůležitější jsou ty, které přímo komunikují s kloubní dutinou. Mezi nejkomplikovanější synoviální kolenní výchlípku patří recessus subpopliteus, která zároveň komunikuje s kloubní dutinou. Bursa m. semimembranosi lateralis se většinou spojuje s bursa m. gastrocnemii medialis v bursa gastrocnemiosemimembranosa, která také komunikuje s kloubní dutinou. Též se někdy označuje jako Bakerova pseudocysta. Může zde dojít k patologickému zvětšení, které je způsobeno množstvím tekutiny. (Bartoníček, Heřt, 2004, s. 198)

1.7 Kinetika kolenního kloubu

Úplná extenze je základním postavením kolenního kloubu. Stabilitu kloubu zajišťují postranní a zkřížené vazy, které jsou v extenzi napjaté. Aby mohlo dojít k flexi kolene je zapotřebí několika pohybů.

- 1) Iniciální rotace – zde dochází k uvolnění předního zkříženého vazů a vazů postranních. Tibie se otáčí dovnitř.
- 2) Valivý pohyb – ve druhé fázi se femur “valí “ po obou meniscích a tibií. Laterální kondyl femuru se otáčí a mediální se posouvá.

- 3) Posuvný pohyb – závěrečná fáze, kdy se zmenšuje kontakt mezi femurem a tibií. Menisky se po tibií posouvají dozadu, přitom posun laterálního menisku je mnohem výraznější než posun mediálního.

(Naňka, 2015, s. 42)

Pohyby kolenního kloubu a jejich rozsahy jsou tedy následující:

- Flexe - 130° - 160°, aktivně lze provést flexi pouze do 140°, kvůli svalové hmotě stehna a lýtky, která větší flexi brání. Zbýlých 20° provádíme pasivně, a to například při dřepu, kdy svalovou hmotu stlačujeme.
- Extenze – po dosažení základního postavení může dojít k tzv. hyperextensi, to znamená, že “uzamčený“ kloub může pokračovat ještě o dalších 5°, výjimečně i víc.
- Vnitřní a vnější rotace – dochází k nim pouze za současné flexe. Probíhají především v meniscotibiálním skloubení, při současném posunu menisků. Rozsah vnitřní rotace je 5° - 10°, u vnější je rozsah o něco větší, a to 30° - 50°. (Čihák, 2001, s. 306)

2 Sportovní úraz

Existuje mnoho definic, které se sportovním úrazem zabývají. Není tedy možná pouze jedna univerzální odpověď na to, co sportovní úraz vlastně je. Velkou roli zde hraje kontext zranění a výběr té správné definice je založen na řadě faktorů. (Nielsen, 2020, s. 227-228)

U sportovních úrazů obvykle mluvíme o končetinových poraněních. U některých rizikových sportů jako je např. lyžování, paragliding, jezdeckví, se vyskytují také vícečetná poranění. Při organizovaných sportovních akcích s větším úrazovým rizikem bývá zajištěná rychlá zdravotní pomoc. Větším problémem jsou tak rekreační sporty, které často provádějí netrénovaní lidé. Obvykle se jedná o úrazy lyžařů, kde jsou často důvodem špatné sněhové podmínky či neupravené sjezdovky. (Wendsche, 2015, s. 4)

Dle Pilného (2018, s. 9-10) se příčiny vzniku úrazů dělí do šesti skupin:

- 1) Osobní vlastnosti sportovce – zde řadíme osobní rozměry a vlastnosti sportovce jako je např. stavba kostí a svalů. Patří sem i psychické vlastnosti, do kterých zařazujeme např. nepozornost, nedbalost. Do této skupiny můžeme zařadit také ovlivnitelné faktory, jako je kondice, výkonnost a zdravotní stav jedince. Je dáno, že k velkému množství úrazů dochází při přecenění svých schopností.
- 2) Vliv druhé osoby – vliv především trenéra či rodičů. Ti často přecení schopnosti jedince. Do této skupiny řadíme také protihráče či jiné osoby, které mohou způsobit zranění, aniž by chtěli.
- 3) Objektívni příčiny vyplývající z daného sportovního prostředí.
- 4) Klimatické a hygienické podmínky – hrají roli především u horolezců, kteří podcení klimatické podmínky. Mohou vést k tragickému konci. Ve vysokých teplotách může dojít k únavě, a tak rychlejšímu vzniku úrazů.
- 5) Technické vybavení – patří sem např. ochranné pomůcky, výstroj sportovců a náradí, které používají. Týká se to především mladých sportovců nebo začátečníků, kteří nemají prostředky na to, aby si pořídili kvalitní vybavení.
- 6) Organizační činitel – špatná organizace tréninku je jedním ze základních příčin vzniku úrazů. Do každého tréninkového programu je nutné zařadit i regeneraci, a nejen stále přetěžovat organismus.

Švédská studie, zabývající se akutním zraněním u licencovaných hráčů všech věkových skupin, shrnula výsledky nejčastějších a nejzávažnějších poranění u vybraných týmových sportů. Nejčastější typ úrazu bylo poranění kolene, které převládalo ve velké většině u všech zkoumaných sportů, tedy u fotbalu, florbalu, házené a ledního hokeje. Výjimku tvořil pouze mužský lední hokej, kde převládá zranění v oblasti hlavy a krku. Nejzávažnější je poškození kolenního kloubu u hráček florbalu a obou pohlaví ve fotbale a házené. (Åman, 2019, s. 1000)

Nejčastěji postiženým kloubem bývá právě kolenní kloub. Až v 70 % jde o sportovní úraz. Ve většině případů se nejedná o přímý náraz, ale o nepřímé mechanismy jako je rotace, páčení do stran, hyperextenze, hyperflexe. (Wendsche, 2015, s. 243)

Úrazy kolenního kloubu jsou časté jak mezi dospělými, tak i mezi mládeží. Následkem sportovního poranění bývá bolest, fyzický úpadek, psychické problémy jako jsou např. deprese, či časný nástup osteoporózy. (Whittaker, 2019, s. 255)

2.1 Nejčastější diagnózy úrazů v oblasti kolenního kloubu

Pilný (2018, s. 58-65) úrazy kolenního kloubu dělí následovně:

- 1) Artróza či chondropatie kolenního kloubu – poškození chrupavek kosti stehenní a holenní. K nejčastějšímu poškození chrupavky dochází při nadměrné tělesné hmotnosti či při běhu na tvrdém povrchu. I když je artróza spojená hlavně se staršími, obézními lidmi, často se projevuje i u mladých sportovců, kteří se snaží prudce zvýšit náročnost tréninku, aby měli lepší výkonnost. Následkem toho bývá, že chrupavka nemá dostatek času se adaptovat, a tak dochází k jejímu poškození. Bolest se vyskytuje na poškozené straně kloubu, při rychlém pohybu či při chůzi po schodech. Diagnostika na RTG či artroskopie.
- 2) Poškození česky – především nárazy a pády či po dlouhé imobilizaci a následném ochabnutí stehenních svalů může dojít ke změně postavení pately.
- 3) Vykloubení pately – přímý pád nebo úder. Následkem jsou přetržené vazy, a proto dochází k posunutí pately do strany. Obvykle se však česka vrátí na správné místo. Nutné je následné ledování. V případě nutnosti lékařského ošetření se provádí repozice.
- 4) Poškození menisků – jednou z hlavních funkcí menisků je tlumení nárazů, a tím částečné ochránění chrupavky před přetížením. Zároveň je také velice důležitá funkce stabilizační, která stabilizuje koleno, jak ve směru předozadním, tak ve směrech do strany. K poškození může dojít několika způsoby, např. při podvrtnutí kolena, kde dojde

k zaklínění menisku mezi kloubní plochy, dále rozdrčení menisku při artróze, a také při opakované zvýšené zátěži. Projevuje se bolestí na kloubní štěrbině menisku – při poranění vnitřního menisku je bolest pociťována na vnitřní straně menisku a u laterálního menisku na straně zevní. Bolest začíná, když dojde k zatížení kolenního kloubu, tedy např. u rozběhání, přeskokování překážek atd. Dle Galla (2011, s. 83-85) je 8x častější poranění vnitřního menisku. K poranění laterálního menisku dochází nejčastěji u chronických nestabilit kolena. Ruptury tak můžeme dělit na dvě skupiny, ruptury traumatické a degenerativní. Při diagnostice je důležitá pečlivá anamnéza, která je doplněna vyšetřením RTG, které především vyloučí poranění skeletu kolena a případně magnetickou rezonancí. Léčba je medikamenty proti bolesti a vzniku otoku nebo rehabilitacemi. V horších případech např. při jasném roztržení menisků nebo při stálé bolesti, která přetrvává i po konzervativní léčbě, dochází k artroskopické operaci, při které dochází k odstranění poškozené části menisků. Alternativou může být přišití menisku nebo v posledních letech je možná také náhrada.

- 5) Poškození postranních vazů – funkce je především stabilizační. Toto poškození se vyskytuje zejména u lyžařů či fotbalistů. Bolest je lokalizována na straně poškozeného vazů při napnutí. Může se objevit také otok či krevní výron. Důležité je rentgenové vyšetření. Gallo (2011, s. 83) ve své knize říká, že může dojít k natažení vazů bez porušení kontinuity vazů či pouze k mikroskopickému poškození. Dále také může dojít k částečnému přetržení vazů nebo k totální ruptuře.
- 6) Poškození zkřížených vazů – funkcí zkřížených vazů je stabilizovat koleno ve směru předozadním. K poškození dochází nejčastěji při rotačním pohybu kolena, při pádu na lyžích, při proslápnutí kolene při fotbale či přímém nárazu. Bolest je pociťována uvnitř kolenního kloubu. Při vyšetření se používá tzv. zásuvkový manévr – při postižení předního zkříženého vazů je možný posun bérce proti kosti stehenní a při poškození zadního zkříženého vazů posun vzad. Dle Trnavského (2006, s. 139-140) je ruptura předního zkříženého vazů mnohem častější než ruptura zadního zkříženého vazů, která je spíše vzácná. Nejčastěji se s ní setkáváme při autonehodách a je často spojena ještě s dalším poraněním. Poškození předního zkříženého vazů je naopak obvykle spojeno se sportovním úrazem. Nutné je lékařské vyšetření, kdy rentgen a magnetická rezonance je nezbytnou součástí.
- 7) „Nešťastná triáda“ – velice často k ní dochází u lyžařů, kdy po pádu dochází k poškození zkřížených a postranních vazů a menisků. Sportovec se nemůže vůbec postavit, dochází také k velkému otoku naplněnému krví.

- 8) Skokanské koleno – postihuje skokany, sprintery, ale také volejbalisty a basketbalisty. Dochází k dlouhodobému dráždění úponu čéškového vazů. Bolest vychází z dolního pólu čéšky. Při léčbě je důležité snížení zátěže na koleno, případně ortéza.
- 9) Zlomenina čéšky – při přímém pádu. Typická je nemožnost natažení dolní končetiny v kolenním kloubu. Většina zlomenin čéšky se řeší operativně.

Poranění kolenního kloubu se vyskytuje především u fotbalistů. Nejčastěji postiženou strukturou bývá vnitřní postranní vaz a přední zkřížený vaz, který bývá poraněn buď nárazem do zatíženého kolene nebo při defenzivním couvání či rychlé změně pohybu. (Ferda, 2015, s. 99,104)

Úrazy kolena jsou obvyklé i mezi běžci. Nejčastěji se jedná o bolest v oblasti patellofemorální, skokanské koleno či poranění menisků. Ve většině případů tato poranění vyžadují dlouhodobou rekonvalescenci v závislosti na diagnóze. (Juhler, 2020, s. 397)

3 Vyšetření kolenního kloubu

Při vyšetření kolenního kloubu je důležitá anamnéza, při které lékař zjišťuje, zdali bylo koleno postižené již před úrazem, kde je bolest pociťována, jaká je její intenzita, kdy k úrazu došlo či jak rychle se vytvořil otok. Následuje aspekce, tedy prohlídka, při které lékař posuzuje především poškozený kloub s kloubem zdravým. Dále dochází k vyšetření pohmatem, palpaci. Vyšetřuje se např. pohyb patelly, přeskokování kolena při pohybu, otoky či podkožní hematomy a v neposlední řadě také přesná ohraničená bolest. V některých případech dochází k punkci kloubu, což je také součástí klinického vyšetření, protože zmnožení tekutiny v kloubu zhoršuje výsledky vyšetření. U krevního výronu hodnotíme, zdali obsahuje tukové kapénky a u výpotku sledujeme hlavně barvu, čirost atd. (Wendsche, 2015, s. 243-244)

Dále dochází k vyšetření pohyblivosti kloubu, kdy vyšetřujeme jak aktivní, tak pasivní pohyblivost. Klade se důraz na extenzi a flexi kloubu a rovněž na rotaci bérce. Postižený kolenní kloub srovnáváme se zdravým kolenem. Existuje několik typů vyšetření, přesněji řečeno testů, které posuzují stabilitu kolenního kloubu. Jsou to např. Lachmanův test, přední zásuvkový příznak a pivot shift test na vyšetření předního zkříženého vazů nebo zadní zásuvkový příznak na zadní zkřížený vaz. Na poškození menisků se používá McMurrayův test, dále Apleyův test, na základě kterého rozlišíme, zda se jedná o poranění menisků či poškození postranních vazů. (Gallo, 2011, s. 75-78)

Jednou z metod zobrazení kloubu je artrografie, při které do kloubu punkcí vpravíme pozitivní či negativní kontrastní látku. Existuje artrografie konvenční, CT a MR. Artrografie je indikována v případě hodnocení chrupavek a šlach. Dále také na prokázání poranění vazů, šlach a kloubního pouzdra atd. (Neuwirth, 2016, s. 17-18)

Díky zobrazovacím metodám můžeme získat přesné anatomické snímky. Existuje metoda, která převede dvourozměrné skeny z magnetické rezonance či z CT přístroje na 3D objekty, které jsou fyzicky hmatatelné. (Juković, 2020, s. 308)

3.1 Rentgenové vyšetření

Ve velké většině případů úrazů kolenního kloubu je jako první volba využíváno rentgenové vyšetření, kde se standardně dělají dvě projekce, které jsou na sebe kolmé. (Heřman, 2014, s. 82)

Aby mohla být určena správná diagnóza, je velice důležité dobře provedený a ostrý snímek, který zhotovuje radiologický asistent. (Seidl, 2012, s. 103)

3.1.1 Princip

Rentgenovým zářením se označuje elektromagnetické vlnění, které má vlnovou délkou 10^{-10} až 10^{-12} m. V medicíně se využívá umělý zdroj záření, rentgenka. Rentgenka je vakuovaná dioda, která obsahuje dvě elektrody – katodu a anodu. Katoda obsahuje spirálovité wolframové drátky, které se zahřívají na teplotu více než 2000° a tak dochází k termoemisi. Po zapojení anodového napětí se z katody uvolní elektrony a putují v úzkém svazku na anodu. Na anodě se 99 % přemění na teplo a 1 % na rentgenové záření. Aby nedošlo k vysoké tepelné zátěži anody, používají se rentgenky s rotační anodou. Hlavní součástí je anodový disk z wolframu, který je na okrajích zkosený o 19° . Elektrony tak dopadají jen na zkosenou část anody a díky rotaci je termické ohnisko pokaždé na jiném místě. Velice důležité je vakuum, díky kterému nedochází k ionizaci vzduchu. Rentgenka také obsahuje vnitřní části, vložky, kryt, který je tvořený z lehkých kovů jako je např. hliník. Pouzdro neboli kryt je zevnitř obložen olovem. Mezi krytem a rentgenkou se nachází olej, který rentgenku ochlazuje. Rovněž obsahuje vysokonapěťové kabely. Jedná se o vysoké napětí a žhavicí proud. Kabely jsou obaleny více vrstvami izolantů, aby nedošlo k vážnému úrazu. Další důležitou součástí rentgenky jsou primární a sekundární clony. Primární clony vymezují primární záření pouze na užitečný svazek. Jejich úkolem je snížit ozáření pacienta na minimum a také omezit vznik sekundárního záření. Sekundární clony zase zachycují sekundární záření, které nemá stejný směr jako primární záření a tím tak zlepšují kvalitu obrazu. (Vomáčka, 2015, s. 15-19)

V rentgence vznikají dva typy záření – brzdné a charakteristické. Brzdné záření převažuje nad charakteristickým. Kladně nabitě jádro, které elektron přitahuje, změní směr letu elektronu a zpomalí jej. Druhým typem je charakteristické rentgenové záření. To vzniká sražením letícího elektronu z anody a elektronu, který je v elektronovém obalu atomu na katodě. Původní elektron je z atomu vyražen a následně tak vzniká díra, která je zaplněna elektronem z vyšší energetické hladiny. Přitom se uvolní velké množství energie ve formě fotonu RTG záření. (Seidl, 2012, s. 29)

Při průchodu rentgenového záření tělem pacienta je z velké části absorbováno a rozptýleno. Část záření dopadne na film, na němž vytvoří obraz. Různé tkáně mají jinou absorpci a podle toho se také zobrazují. Kostí jsou na snímku bílé, protože absorbují většinu fotonů. Měkké tkáně absorbují pouze část fotonů, a proto jsou na snímku šedé. Tuková tkáň je tmavě šedá a tkáně, které obsahují vzduch, jako jsou např. plíce, absorbují velice malé množství fotonů, tudíž se na snímku zobrazí velmi tmavě. (Žvák, 2006, s. 12)

3.1.2 Projekce

Základní projekce

Předozadní (AP) projekce

Pacient leží na zádech, případně se může projekce provádět také vsedě. Dolní končetiny jsou lehce od sebe, vytočeny mírně mediálně a natažené tak, aby koleno naléhalo na vyšetřovací stůl. Centrální paprsek míří do středu kloubní štěrbiny. Mezi nejčastější chyby, u provedení tohoto snímku, patří nedoléhavost kolene na stůl. Na snímku musí být také zachycen distální konec stehenní kosti a proximální konec bérce.

Bočná (tibiofibulární) projekce

Poloha pacienta je vleže na boku vyšetřované strany. Koleno je v mírné flexi a doléhá na stůl fibulární stranou. Nevyšetřovaná končetina je přeložena přes zdravou končetinu dopředu tak, aby ji zatížila. CP míří kolmo na spodní okraj pately. Kondyly femuru jsou v zákrytu a patella je přímo v bočné projekci. Pomocí klínku si můžeme podložit patu, aby koleno bylo ve správné poloze a snímek byl tak ostrý.

Speciální projekce

Zadopřední (PA) projekce

Pacient leží na břiše, které můžeme podložit válcem, kolena jsou v semiflexi. Dolní končetiny jsou nataženy, kolena jsou mírně od sebe tak, aby se nepřekrývaly měkké tkáně. Paprsek míří do středu kazety. Používá se především k zobrazení fossa intercondylaris femoris.

AP projekce v zátěži

Projekce se provádí vestoje zády k vertigrafu. Horizontální paprsek směřuje do středu kloubní štěrbiny. Pacient přenesením váhy zatíží snímkovanou končetinu tak, že dojde k většímu rozevření femorotibiálního prostoru.

Držené snímky v addukci a abdukci

Tyto snímky se nejčastěji provádějí při různých úrazech, kde je podezření na natržené vazy a kloubní pouzdro či na tibiofibulární skloubení. Provádí je traumatolog či ortoped, který je při vyšetření oblečený do olověné zástěry.

Poloha vsedě nebo vleže na zádech, nohy jsou od sebe mírně oddáleny. Distální část bérce je tažena fibulárně a tibiálně. CP míří ventrodorzálně na dolní okraj patelly.

Tunelová projekce dle Fricka

Pacient leží na zádech, kolenní kloub má vypodložen klínem nebo molitanem tak, aby bylo koleno v 60° flexi. Centrální paprsek je skloněn o úhel 30° proximálně a směřuje na dolní okraj patelly.

(Kozák, Jasná, 2015, s. 25-26)

Axiální (distoproximální) projekce

Koike (2015, s.175) ve své studii uvádí polohu vsedě. Koleno je pokrčené pod úhlem 60°. Dopadající úhel je nastaven na 19° a upraven tak, aby byl rovnoběžný s podélnou osou tibie. Rentgenové paprsky směřují k hlavici femuru. Kazeta je umístěná na stehně kolmo k trubici, která slouží jako pomůcka pro měření úhlu náklonu rentgenky.

V průběhu 20. století se provedení axiální projekce často měnila. Nejčastější metoda je vleže na břiše. Končetinu, kterou nevyšetřujeme, má pacient nataženou a mírně oddálenou od druhé končetiny. Vyšetřované koleno je v maximální flexi. Pacient si v této poloze dopomáhá sám, buď horní končetinou nebo popruhem tak, že přitahuje bérec co nejblíže ke stehnu. Pokud to však není dostatečné, můžeme sklonit CP. Ten musí kolmo mířit kolmo mířit na dolní okraj patelly. Nejčastější chybou při této projekci je nedostatečná flexe. (Kozák, Jasná, 2015, s. 27-28)

Ficatovo defilé patel

Zde se zhotovují tři expozice v jiných úhlech ohnutí kolene - 30°, 60° a 90. V této projekci můžeme správně posoudit kloubní plochy a tvar pately. (Trnavský, 2006, s. 29). Poloha vsedě na vyšetřovacím stole, dolní končetina je pokrčena v požadované flexi. Pacient drží kazetu asi 12 cm proximálně od pately. Centrální paprsek míří kolmo na kazetu. Je důležité, aby se pacient snažil uvolnit m. quadriceps, který může svým napínáním vrátit subluxovanou patellu do normální pozice. Na snímcích následně můžeme porovnat oba femoropatelní klouby v jednotlivých stupních. (Kozák, Jasná, 2015, s. 27-28)

3.2 Ultrasonografie

3.2.1 Princip

V diagnostickém ultrazvukovém zobrazování se jedná o podélné mechanicko-elastické kmitání, které se šíří prostředím. Je to vlnění samotných molekul prostředí. Frekvence ultrazvukového vlnění je nad 20kHz, ale v diagnostice se využívá frekvence od 1-15 MHz. (Vomáčka, 2015, s. 38)

Ultrasonografie využívá odrazů ultrazvuku od rozhraní tkání, které mají odlišnou akustickou impedanci. Obecně platí, že čím vyšší je rozdíl v hustotě prostředí, tím vyšší je zároveň intenzita odrazu. Ultrazvuk se při průchodu hmotou odráží, rozptyluje, či absorbuje. (Heřman, 2014, s. 17)

Zdrojem jsou látky, které mají piezoelektrické vlastnosti (piezokeramika, bariumtitanát). Jedná se o krystaly, na jejichž povrchu při stlačení vzniká elektrický potenciál. Přívodem elektrického potenciálu na povrch se krystal deformuje a po přerušení se rozkmitá. Při vyšetření je velice důležitý kontaktní gel, díky kterému proniká podélné ultrazvukové vlnění do tkání. Existují dva základní ultrazvukové vyšetřovací postupy – zobrazení v reálném čase a zobrazení dopplerovské. (Vomáčka, 2015, s. 38)

V ultrazvukovém zobrazení se nejčastěji používá tzv. B-mod. Základem je přiřazení příslušného stupně šedi k dané intenzitě obrazu. Rozlišujeme několik forem zobrazení: silné echo- patří zde především kosti; hyperechogenní – tkáně, které mají výrazné rozhraní a na obraze se zobrazují světle, např. hematom, steatóza jater; střední echogenita – játra, štítná žláza; hypoechogenní – tmavší na obraze, např. uzliny; anechogenní – na obraze se zobrazují černě, tekutiny. Existují však také jiné techniky zobrazení. (Heřman, 2014, s. 18-19) Nejméně častý je A – mód. Zde se echa zobrazují jako hroty, lze tak změřit vzdálenosti mezi jednotlivými strukturami. Poloha hrotů zobrazuje hloubku struktury a výška zase intenzitu odrazu. Další zobrazovací technikou je M – mode, který se nejčastěji využívá při vyšetření srdce a výsledkem tohoto zobrazení je zvlněná čára. Posledním typem zobrazení je real – time. Pod sondou jsou průběžně snímány obrazy různých částí těla. Zobrazení se změní v okamžiku pohybu sondy nebo pohybu vyšetřované části. Ukazuje se tedy právě probíhaný pohyb. Výhodou je, že většina přístrojů dokáže obraz „zastavit“ a tím tak změřit či prostudovat struktury vyšetřované oblasti. (Palmer, 2000, s. 20-21).

Dopplerovská ultrasonografie je velice významná ve vyšetřování cév. Díky této technice můžeme zjistit, zda nedošlo k tepennému uzávěru, zároveň můžeme posoudit rychlost toku krve, dále se využívá také při vyšetření křečových žil nebo k posouzení prokrvení tkání.

Tato metoda spočívá ve změně frekvence vlnění při vzájemné poloze zdroje a přijímače. Jestliže se zdroj zvuku přibližuje k přijímači, je frekvence odraženého signálu vyšší než frekvence zdrojem vyslaná. (Vomáčka, 2015, s. 38).

Existuje několik typů vyšetřovacích sond, které obsahují jeden nebo více měničů, jejichž úkolem je vysílat ultrazvukové signály a zároveň přijímat signály odražené. Rozlišujeme sondu lineární, sektorovou a konvexní. (Palmer, 2000, s. 31-61)

3.2.2 Ultrasonografie kolenního kloubu

Ultrasonografie se využívá na vyšetření poranění měkkých tkání kolene. Ultrazvuk má vyšší prostorové rozlišení než magnetická rezonance, což je velkou výhodou při detailním hodnocení povrchových struktur. Další výhodou ultrazvuku jsou např. nízké náklady, kontakt s pacientem po celou dobu vyšetření a dynamické zobrazení. (Alves, 2016, s. 1759)

Ultrasonografie bývá první volbou při zobrazení měkkých struktur kolenního kloubu. Bývá využívána především u ruptur svalů a šlach. Na ultrazvuku se velice dobře zobrazuje také tekutinové útvary. U kloubu můžeme zobrazit všechny části, které nejsou kryté kostí. (Heřman, 2014, s. 82)

Vyšetření kolenního kloubu se provádí lineární sondou o frekvenci vyšší než 7,5 MHz, která je vhodná pro vyšetření povrchových struktur. Chceme-li proniknout do kloubu či provést dynamické vyšetření použijeme, sektorovou sondu, při které se lépe zobrazí jednotlivé struktury. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 52)

Poloha pacienta je vleže na zádech, koleno mírně ohnuté (20°-30°). Výjimku tvoří vyšetření zadních struktur. V přední části kolene hodnotíme čtyřhlavý sval stehenní, patelu, suprapatelární prohlubně, femorální kloubní chrupavka. V mediální části kolene se hodnotí především šlachy (gracilis, sartorius, semitendinosus), dále mediální meniskus a mediální kolaterální vazy. Struktury, které hodnotíme v laterální části kolene, jsou dvouhlavý sval stehenní, laterální kolaterální vazy, či mediální meniskus. Vyšetření zadní části kolene se liší polohou pacienta, která není jako u předchozích vyšetření vleže na zádech nýbrž na břiše. Pozorujeme zadní rohy menisků, zadní křížový vaz, přední křížový vaz či Bakerovu pseudocystu. (Alves, 2016, s. 1760-1768)

Při sportovních úrazech kolenního kloubu používáme ultrazvuk k vyšetření především těchto struktur:

Menisky

Při vyšetření menisků se využívá sektorová sonda s frekvencí vyšší než 7,5 MHz. Pro zobrazení předního rohu je poloha pacienta na zádech, koleno v pravoúhlé flexi. Zadní roh se vyšetřuje v poloze na břiše. Sondou pohybujeme rovnoběžně s osou končetiny.

Vazivový aparát

1. Vaz patelární – velice dobře přístupný. Vyšetření patelárního vazů se dělá při podezření na tzv. skokanské koleno. Vyšetřujeme lineární sondou ve třech řezech: longitudinální, infrapatelární a transverzální.
2. Postranní vazy – nejčastěji vyšetřujeme lineární sondou v podélných řezech. Lineární sonda má vodní předsádku, která napomáhá odhalit poškození souvislosti vazů nebo hematom, který se v průběhu vazů nachází. Postranní vazy jsou také velice dobře přístupné ultrasonografickému vyšetření.
3. Zkřížené vazy – vyšetření zkřížených vazů je o něco složitější. Největší problém je v uložení vazů, které jsou hlouběji uloženy a zároveň se částečně nacházejí v akustickém stínu kolenního kloubu. Vyšetření se provádí lineární sondou. Nepoškozený přední zkřížený vaz vidíme jako hypoechogenní, napnutou, šikmo upínající se strukturu. Zdali ve vazů dojde k ruptuře, vaz se zobrazí jako hypoechogenní oblouk nebo není vidět vůbec. Vyšetření zadního zkříženého vazů je ještě více problematické a doporučené vyšetření je v držených polohách, kdy porovnáváme klidové vyšetření s drženými snímky.
4. Chrupavka – koleno je v krajní flexi, ve které dochází k maximálnímu odhalení chrupavky. Provádí se suprapatelární řez. Při tomto vyšetření můžeme posuzovat výšku a povrch chrupavky. Nevýhodou je, že nemůžeme zobrazit například kloubní chrupavku patelly. Faktor, který znemožňuje ultrazvukové vyšetření, je např. kloubní výpotek. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 56-64)

3.3 Výpočetní tomografie

V dnešní době běžná a dostupná zobrazovací metoda, která využívá vlastností rentgenového záření.

3.3.1 Princip

Výpočetní tomografie spočívá ve schopnosti záření se různě absorbovat v závislosti na složení vyšetřované tkáně. Záření dopadá na detektory, kde je převedeno na elektrický signál, který je poté odeslán a následně zpracován v počítači. (Vomáčka, 2015, s. 42) Výpočetní tomografie, (někdy také nepřesně uváděná počítačová tomografie) u vyšetření skládající se z více vrstev, využívá skenů o šířce 0,5 – 5 mm. V přístrojích, kde se nachází jedna vrstva detektorů, z rentgenky vychází svazek záření, který je vycloněn do vějířovitého tvaru a dopadá na detektory umístěné naproti rentgence. V průběhu vytvoření jedné vrstvy se rentgenka spolu s detektory otočí o 360° okolo pacienta. Doba rotace je přibližně 0,3 až 2 sekundy. Díky až tisícům detektorům změříme stovky dat, ze kterých následně počítač zrekonstruuje jednotlivé vrstvy. V multidetektorových CT přístrojích se díky principu jedné rentgenky a řadě detektorů umístěných vedle sebe, zhotovuje více vrstev během pouhé jedné rotace. (Heřman, 2014, s. 21-22) CT přístroje si prošly dlouhým historickým vývojem. Z technického hlediska můžeme tyto přístroje řadit do pěti generací. Nejdříve byla pouze jedna rentgenka a jeden detektor. Dále se CT přístroje vyvíjely a postupně bylo záření z rentgenky kolimováno do vějířovitého tvaru a bylo přidáno více detektorů v jedné řadě a později už i ve více řadách. Ve čtvrté a páté generaci se přístroj dále zdokonaloval, avšak díky vyšší ceně a žádnému velkému přínosu pro praxi se nejčastěji používají přístroje 3. generace. (Seidl, 2012, s. 45-46) Digitální obraz je tvořen maticí bodů nejčastěji v počtu 512x512. Míra oslabení záření v určitých vyšetřovaných vrstvách se nazývá denzita. Ta se udává v Hounsfieldových jednotkách (HU). Stupnice denzity se udává od -1000 HU, což odpovídá denzitě vzduchu, do 3096 HU. V CT skenech denzita odpovídá určitému stupni šedi. Jelikož lidské oko nerozpozná tolik stupňů šedi, existuje prohlížení obrazů v různých oknech, díky kterým můžeme získávat informace o tkáních o odlišných denzitách. (Heřman, 2014, s. 22).

Výpočetní tomografie se stále častěji využívá i k zobrazování kostí. Při vyšetření kolenního kloubu má největší význam v předoperační diagnostice, kde používá postprocessingových možností 3D zobrazování multidetektorových CT přístrojů. (Vomáčka, 2015, s. 80)

Nativní CT kolenního kloubu

Nejčastější ortopedické a traumatologické indikace. Pacient bez jakékoli nutnosti přípravy. Poloha vleže na zádech, při vyšetření je důležité se nehýbat. Topogram zhotovujeme v předozadní projekci, ve výjimečných případech i v bočné. V kostním okně je tloušťka rekonstruovaných vrstev je 0,75 – 1 mm, a rekonstrukce provádíme ve třech rovinách – sagitální, transversální, koronální. U měkkotkáňového okna rekonstruujeme v transversální rovině a tloušťka vrstvy je 3 mm. (Ministerstvo zdravotnictví, 2016, s. 29)

CT artrografie

Nitrokloubně podáváme 20–30 ml kontrastní látky. Používá se jehla o délce 50 mm. Podávaná kontrastní látka je zředěný roztok, který obsahuje 100-150 mg jodu na 100 ml vody. U dvojkontrastního vyšetření kolena podáváme 4 ml jodové kontrastní látky a 40 ml vzduchu. (Neuwirth, Šprindrich, 2016, s.17) Dvojkontrastní vyšetření se provádí pro zviditelnění ruptury mediálního či laterálního retinakula pately. Pro hodnocení femoropatelárního oddílu kloubu používáme vyšetření v axiální rovině. Sagitální a koronální rovinu děláme při posuzování chrupavčité plochy pately i obou kondylů femuru. (Neuwirth, Šprindrich, 2016, s.126) Zobrazení kloubu probíhá do 20 minut od podání kontrastní látky. KL se aplikuje pomalu, manuálně pod skiaskopickou kontrolou či pod UZ. (Ministerstvo zdravotnictví, 2016, s. 29)

3.4 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MR) je technicky složitá zobrazovací metoda. Velice často se nesprávně používá zkratka MRI, z anglického magnetic resonance imaging. (Heřman, 2015, s. 285)

Díky magnetické rezonance můžeme detailně zobrazit měkké tkáně. Vyšetření se primárně dělá ve třech rovinách – sagitální, axiální, koronální. Při vyšetření se využívá účinků magnetického pole, a tudíž jednou z největších výhod tohoto vyšetření je žádná radiční zátěž pro pacienta i personál. (Vomáčka, 2015, s. 47)

3.4.1 Princip

Princip MR je velice složitý, pro jeho pochopení jsou nutné znalosti z oblasti kvantové fyziky. Základem je atom, který se skládá z protonů a neutronů. Proton, kladně nabitá částice, rotuje kolem své osy (spin) a vytváří magnetické pole. U magnetické rezonance využíváme pouze atomová jádra s lichým počtem protonů. Ideálním zástupcem je vodík, který v jádře obsahuje pouze jeden proton. Vodík zároveň tvoří dvě třetiny tkání lidského těla a má silný magnetický moment, tudíž se dá velice dobře změřit. V lidském těle se magnetický moment rovná nule, protože protony vodíku jsou neuspořádané a směřují nahodile. Pokud ale umístíme protony do statického pole, protony se uspořádají většinou paralelně, pouze malá část antiparalelně ve směru magnetického pole. Intenzitu pole vyjadřujeme v jednotkách Tesla. V diagnostice se využívá přístroje s intenzitou 3,0 T. Protony ležící v silném magnetickém poli vykonávají dva pohyby – kolem své osy (spin) a rotační pohyb po plášti pomyslného kužele (precese). Protony rotují po stejné dráze stejnou rychlostí, ale každý se nachází na jiném místě. Abychom mohly detekovat magnetický moment, musíme provést změnu polohy protonů a dodat jim z vnějšku energii vysokofrekvenčním elektromagnetickým impulzem. Protony pak získají větší energii a změni směr o 90° nebo 180° . Vlivem impulsu protony provádí precesy synchronně. Tento jev nazýváme jako rezonance. Při přerušení impulsu se excitovaný proton vrací do původního stavu a dochází k desynchronizaci – relaxace. Doba relaxace bývá delší než doba excitace. Proton, který vydá energii ve formě elektromagnetického záření, se v okolních tkáních pohlcuje. V cívce na povrchu těla se poté převádí elektromagnetická energie na elektrickou energii, která se následně měří. Echo je tedy příjem signálu magnetického momentu v čase relaxace. Utlumená magnetizace v longitudinální rovině se vrací do normálu.

Rozeznáváme dva typy relaxačních časů – T1 a T2. Tyto časy se neměří přímo, ale porovnáváním rozdílů. T1 je čas, ve kterém dosáhne magnetizace 63 % původní hodnoty. T2 je doba, kdy příčná magnetizace dosáhne zbylých 37 %. V transverzální rovině závisí velikost magnetizace na složení tkání. Platí, že tkáně s velkým obsahem vody, mají delší relaxační čas než tukové tkáně.

V diagnostice musíme znát polohu protonů ve 3D prostoru, a proto používáme přídatná gradientní pole. Tato pole jsou vložena ve třech na sebe kolmých rovinách do statického magnetického pole. Následně gradientní cívky určí rovinu řezu a šířku vrstvy.

Mezi jednotlivými relaxacemi dochází k opakování excitačních impulzů, to nazýváme jako sekvence. Každá tkáň bude mít jinou intenzitu signálu a také různé T1 a T2 relaxační časy. To se projeví na obrazovce v rozdílných stupních šedi. Získané obrazy nazýváme T1 a T2 vážené obrazy. (Vomáčka, 2015, s. 47-49)

Při popisu těchto obrazů používáme termíny, které vyjadřují intenzitu signálu. Tmavé struktury nazýváme hyposignální, hypersignální (tekutiny) jsou na obrazech světlé. Vzdušná plíce, která je bez signálu, nazýváme jako asignální. (Heřman, 2014, s. 27)

3.4.2 Indikace a kontraindikace

Indikace

Nejlépe zobrazované tkáně jsou s vysokým procentem vody (měkké tkáně a parenchymatózní orgány, moč, proudící krev). MR dokáže dokonale vykreslit i jemné úpony vazů. Díky magnetické rezonanci se výrazně zlepšila v diagnostika onemocnění kloubů a svalů. (Vomáčka, 2015, s. 57)

MR se také velmi často využívá v neuroradiologii, pro přesnou diagnostiku mozku, míchy a páteře. Stále častěji se využívá i pro vyšetření v oblasti břicha, hrudníku a pánve. Lze provést také vyšetření srdce s využitím a propojením s EKG. (Heřman, 2014, s. 28-29)

Kontraindikace

Rozlišujeme absolutní a relativní kontraindikace. Mezi absolutní patří elektronicky řízené přístroje, které se v těle nacházejí (kochleární implantát, kardiostimulátor). U kovových implantátů závisí na magnetických vlastnostech kovu a jeho složení. Další absolutní kontraindikací jsou cévní svorky. (Seidl, 2012, s. 70)

Mezi relativní kontraindikace řadíme cizí kovová tělíska, stenty, totální endoprotézu. Do této skupiny řadíme i klaustrofobii, což je strach z uzavřených prostor. Počet klaustrofobických pacientů se i díky modernějším přístrojům snižuje. Poslední kontraindikací je gravidita. Špatné účinky MR na plod sice dosud nebyly přímo prokázány, avšak v prvních třech měsících těhotenství se vyšetření provádí jen zcela výjimečně. (Vomáčka, 2015. s. 56)

3.4.3 Zobrazení jednotlivých částí kolene

Uložení pacienta je vleže na zádech. Nutností je povrchová cívka, nejlépe vícekanálová kolenní. Kolenní kloub zobrazujeme ve třech rovinách. Koronární rovina, transverzální rovina, která je bez úprav a sagitální rovina, která je skloněná a jde rovnoběžně s průběhem předního zkříženého vazy. (Mechl, Tintěra, Žižka, 2014, s. 64)

Menisky

Při zobrazování menisků se používá řezy sagitální a koronální, na kterých můžeme pozorovat trojúhelníkový tvar menisku, který má homogenně nízký signál. Periferní část menisků obsahuje více tukové tkáně a zároveň je více prokrvena než část centrální, proto v T1 váženém obraze a proton-denzitním obraze může být signál vyšší.

Ligamentum transversum je vaz spojující přední rohy menisků. Na sagitálních řezech jej zachytíme příčně, na koronálních řezech podélně.

Další vazy spojené s menisky, které můžeme na MR hodnotit, jsou meniskofemorální vazy. Zobrazujeme v sagitálním řezu, kde se nachází před a za zadním zkříženým vazem. Tyto vazy nemají klinicky velký význam a jestliže dojde k jejich postižení, pravděpodobně jde především o postižení okolních struktur. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 76)

Vazy

Rozlišujeme vazy zkřížené, kolaterální, patelární a vazy, které mají souvislost s menisky.

Zkřížené vazy dělíme na přední a zadní. Nejčastěji postiženým vazem však bývá přední zkřížený vaz, podle jehož průběhu jsou orientovány sagitální řezy. Dělalji se také koronální řezy, díky kterým můžeme správně posoudit úpon vazy mezi eminencia intercondylaris tibia. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 77-78) Zobrazení tohoto vazy je poměrně složité. Je nutné znát také nepřímé známky ruptury jako je vznik edému, ventrální posun tibie nebo také obloukovité prohnutí zadního zkříženého vazy. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 87)

Tento vaz je 31 až 36 mm dlouhý a přibližně 7 mm široký. K ruptuře předního zkříženého vazů může dojít několika mechanismy. Při podezření na rupturu se indikuje magnetická rezonance. (Pauček, 2015, s. 279)

Nejčastější příčinou poranění předního zkříženého vazů jsou sportovní úrazy. Poranění bývá obvyklé u sportů jako je fotbal, rugby či lyžování. Incidence v běžné populaci je pak 1 ku 3000. Nejvíce se poranění projevuje u mladých aktivních pacientů, častěji u žen, především aktivních sportovkyň hrající fotbal či basketbal. (Stoller, 2004, s. 44) Po úrazu dochází k naplnění kolene krví. Po vyšetření magnetickou rezonancí dokážeme stanovit typ a rozsah poškození vazů a okolním měkkých struktur. Na magnetické rezonanci rozlišíme úplnou rupturu, částečnou rupturu či distenzi. (Pauček, 2015, s. 67-71) Natažený vaz na MR obraze není porušen, ale současně má neostré kontury a proužkovité kolekce edému. Zhmožděný vaz je od kosti oddělen hematodem či výpotkem bez ohraničení. U ruptury je vaz zvlňný s možným nálezem fragmentů s přerušenou konturou. (Ferda, 2015, s. 104)

Vyšetření se dělá ve třech rovinách – parasagitální, koronální, transverzální. Šikmou parasagitální rovinu provádíme z důvodu šikmého průběhu předního zkříženého vazů a jeho správného zobrazení. U kompletní ruptury je 100% prokázána ruptura vláken, zmnožení nitrokloubní tekutiny, kostní edém, edém laterálního kondylu tibie. U parciální ruptury dochází taktéž k rupturám vláken vazů, ke zmnožení nitrokloubní tekutiny a lézi laterálního menisku. Jak u totální, tak i parciální ruptury dochází ke zvětšení Blumensaatova úhlu. Rozlišujeme přímé a nepřímé známky léze. Do přímých známek patří abnormální průběh vazů, porušení kontinuity, změni se signálová charakteristika ve smyslu zvýšení signálu a kraniodorzální zvětšení Blumensaatova úhlu. Nepřímými známkami jsou zmnožení synoviální nitrokloubní tekutiny, prosáknutí Hoffova tukového tělesa, ventrální posun tibie atd. (Pauček, 2015, s. 67-71)

Postižení zadního zkříženého vazů není tak obvyklé. Na rozdíl od předního zkříženého vazů jej lze dobře zobrazit ve všech sekvencích, nejlépe v sagitálním řezu. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 78) Nepoškozený vaz se jeví jako hyposignální. Poškozený vaz má přerušovaná nebo poškozená vlákna se zvýšenou intenzitou signálu. (Stoller, 2004, s. 44)

Kolaterální vazы zobrazujeme v koronálních řezech. Natržení laterálního postranního vazů je vzácné. Na obraze je vaz ztlustělý a úpon je rozostřen.

Mediální kolaterální vaz je při ruptuře na výsledném obraze rozšířen a oddělen od vnitřního menisku. Jeho postižení je běžné, ale častěji se používá vyšetření ultrazvukem.

Postižení patelárních vazů bývá vzácné, jelikož jsou velmi pevné. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 89-90)

Postižení chrupavky a subchondrální kostní dřevě

Je prokázané, že magnetická rezonance s morfologickými zobrazovacími sekvencemi chrupavky, má velkou specifitu, ale mírnou citlivost pro detekci lézí chrupavky. T2 sekvence zlepšuje citlivost pro detekci lézí chrupavky s výsledným snížením specifity. (Liu, 2018, s. 160)

Chrupavka je vyživována přes kostní dřevě, proto při vyšetření chrupavky na magnetické rezonanci musíme věnovat pozornost také kostní dřevě. Postižení chrupavky může být buď izolované nebo postižení komplexu chrupavka – kostní dřevě (osteocondronekróza). Izolované postižení, chondromalacie, se nejčastěji vyskytuje na česce např. jako následek přetížení. Osteocondronekróza vzniká nejčastěji traumatem nebo jako následek degenerativních změn.

Všechny změny můžeme vidět na běžné spin-echo frekvenci, kde v T1 obraze se postižení jeví nejlépe díky vysokému signálu tukové tkáně. Pro detailní posouzení však používáme gradient-echo sekvenci společně se saturací tuku. Na obrazech můžeme zhodnotit strukturu chrupavky, její ohraničení a šíři vrstvy. (Trnavský, Rybka, 2006, s. 81, 91).

Pro detailnější zobrazení je vhodné použít 3D sekvenci. U 3D sekvence je velkou výhodou lepší prostorové rozlišení a snímání v tenkých vrstvách. Pro přesné zhodnocení je ideální použít 3D náběr dat s izotropním voxellem umožňující multiplanární rekonstrukce. (Šprláková-Puková, Vališ, Mechl, 2017, s. 292)

Popis vyšetření

Poloha pacienta vleže na zádech, končetiny směřují do vyšetřovacího prostoru, kloub je v neutrální poloze uložen do speciální cívky. Při standartním vyšetření kolenního kloubu se používají čtyři sekvence, které stačí k určení diagnózy v oblasti menisků, vazů a kostní dřevě. V prvním kroku je důležité přesné cílení. Lokalizační měření probíhá v transverzální rovině a využívá sekvenci gradient – echo. Na to navazuje sekvence T1 spin-echo v koronární rovině. Celkem se provádí 20 řezů o šířce 3 mm. Další sekvence T1 spin-echo je prováděna v šikmé sagitální rovině. Orientaci řezů skláníme směrem laterálně o 10°-15°. Poslední sekvencí je T2 turbo-spin-echo sekvence, taktéž v sagitální rovině. Tato sekvence trvá 5:50 min a je nejdelší ze všech. Můžeme použít dvě sady řezů v proton-denzitním a T2 váženém obraze. Pokud standartní vyšetření nestačilo, tak jej musíme doplnit o další měření. (T1 spin-echo v transverzální rovině, T2 gradient – echo v sagitální, koronární či transverzální rovině, T2 gradient – echo 3D sekvence). (Trnavský, Rybka, 2006, s. 82)

Závěr

V bakalářské práci jsem se zabývala úrazy kolenního kloubu a jejich vyšetřením pomocí zobrazovacích metod. V práci jsem stručně popsala jednotlivé anatomické struktury kolenního kloubu a shrnula jsem poznatky o sportovní traumatologii kolena. Byl vytvořen přehled všech dostupných zobrazovacích metod, které se využívají k diagnostice poranění kolenního kloubu. U jednotlivých metod byl shrnut princip, způsob vyšetření a výhody či nevýhody.

Cíle, které byly v úvodu práce stanoveny, byly splněny - přehledně shrnout nejčastější sportovní úrazy v oblasti kolenního kloubu, vyhledat všechny dostupné zobrazovací metody, které slouží k diagnostice úrazů kolenního kloubu a zjistit, která zobrazovací metoda je nejvhodnější pro vyšetření měkkých tkání či kostních struktur.

Nejčastějším úrazem sportovců v oblasti kolenního kloubu je poranění předního zkříženého vazů, mediálního kolaterálního vazů a poškození menisků. Nejčastěji k nim dochází při kontaktních sportech jako je např. fotbal. Velice často se úrazy kolene vyskytují také u lyžařů či běžců.

První volbou mezi zobrazovacími metodami je rentgenové vyšetření, při kterém se hodnotí především patologie kostních struktur. Výpočetní tomografie má velký význam v předoperačních vyšetřeních.

V případě nutnosti zobrazení měkkých tkání využíváme ultrazvuk a magnetickou rezonanci. Pomocí ultrazvuku zobrazujeme poranění šlach a svalů, především poranění MCL, LCL a kloubních výpotků.

Magnetická rezonance je díky vysoké rozlišovací schopnosti a nulové radiační zátěže pacienta nejvýhodnějším vyšetřením. Bohužel tato metoda je jak finančně, tak i časově náročná, proto není nejvyužívanější.

Tato bakalářská práce může být využita jako učební materiál pro studenty fyzioterapie či pro laickou veřejnost zajímající se o sportovní úrazy.

Referenční seznam

Alves TI, Girish G, Kalume Brigido M, Jacobson JA. *US of the Knee: Scanning Techniques, Pitfalls, and Pathologic Conditions. Radiographics.* 2016 Oct;36(6):1759-1775. doi: 10.1148/rg.2016160019. PMID: 27726755. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27726755/>

ÅMAN, Malin, Magnus FORSSBLAD a Karin LARSÉN. *National injury prevention measures in team sports should focus on knee, head, and severe upper limb injuries.* *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2019, 27(3), 1000-1008 [cit. 2020-10-27]. ISSN 09422056. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com>

BARTONÍČEK, Jan, Jiří HEŘT a Dana KOUTSKÁ. *Základy klinické anatomie pohybového aparátu.* Ilustroval Silvia BÓRIKOVÁ. Praha: Maxdorf, c2004, 256 s. Jessenius. ISBN 80-7345-017-8

ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie.* 1. 2., upr. a dopl. vyd. Ilustroval Milan MED. Praha: Grada, c2001, 497 s. ISBN 978-80-7169-970-5.

Fang Liu , Zhaoye Zhou, Alexey Samsonov, Donna Blankenbaker, Will Larison, Andrew Kanarek, Kevin Lian, Shivkumar Kambhampati, Richard Kijowski. *Deep Learning Approach for Evaluating Knee MR Images.* *Radiology* 2018 Jul; (31); 289:160–169, <https://doi.org/10.1148/radiol.2018172986>

FERDA, Jiří. *Inovativní zobrazovací metody.* Praha: Galén, [2015], 140 s. ISBN 978-80-7492-186-5.

GALLO, Jiří. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, 211 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2486-6.

HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie.* V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014, 314 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2901-4.

HEŘMAN, Miroslav. 2015. *Magnetická rezonance (MR)*. Česká radiologie. Praha: Galén, 69(4), 285 s. ISSN: 1210-7883

HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. 3. vydání. Ilustroval Jan BALKO, ilustroval Simona FELŠŮOVÁ, ilustroval Šárka ZAVÁZALOVÁ. Praha: Triton, 2015, xxi, 607 s. ISBN 978-80-7387-959-4.

JASNÁ, Andrea — KOZÁK, Jiří. 2015. *Rentgenové vyšetření kloubů dolní končetiny*. Praktická radiologie. České Budějovice: Společnost radiologických asistentů ČR, 20(1), 24-32 s. ISSN: 1211-5053.

JUHLER, Cecilie, Karen Bredahl ANDERSEN, Rasmus OESTERGAARD NIELSEN a Michael LEJBACH BERTELSEN. *Knee Injuries in Normal-Weight, Overweight, and Obese Runners: Does Body Mass Index Matter?* Journal of Orthopaedic [online]. 2020, 50(7), 397-401 [cit. 2020-10-27]. ISSN 01906011. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com>

Juković, Mirela & Stojić, Ivana & Till, Viktor & Vojvodine, Klinički. (2020). *POTENTIALS OF THREE DIMENSIONAL PRINTING IN RADIOLOGY - A CASE OF A KNEE INJURY* *MOGUĆNOSTI PRIMENE TRODIMENZIONALNIH ŠTAMPAČA U RADIOLOGIJI - SLUČAJ POV- REDE KOLENA*. Medicinski pregled. 72. 307-311.

Koike, M., Nose, H., Takagi, S. *et al.* *A skyline-view imaging technique for axial projection of the patella: a clinical study*. Radiol Phys Technol 8, 174–177 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12194-014-0305-y>

MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA. *Protokoly MR zobrazování*. Praha: Galén, c2014, 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4.

MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ. 2016. *Standardy zdravotní péče - Národní radiologické standardy - výpočetní tomografie*. Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky. Soubor doporučení a návod pro tvorbu místních radiologických standardů na pracovištích tomografie v České republice. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2016(2), 2-61 s. ISSN: 1211-0868.

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015], xii, 416 s. ISBN 978-80-7492-206-0.

NEUWIRTH, Jiří a Jan ŠPRINDRICH. *Kompendium muskuloskeletálního zobrazování*. Praha: NEUW, [2016], xv, 485 s. ISBN 978-80-903322-9-4.

OSTERGAARD NIELSEN, Rasmus, Ian SHRIER, Marti CASALS, et al. Statement on Methods in Sport Injury Research From the First METHODS MATTER Meeting, Copenhagen, 2019. *Journal of Orthopaedic* [online]. 2020, 50(5), 226-233 [cit. 2020-10-27]. ISSN 01906011. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com>

PALMER, Philip E. S., ed. *Manuál ultrazvukové diagnostiky*. Přeložil Ivana SUCHARDOVÁ, přeložil Josef ŠTĚPÁNČÍK. Praha: Grada Publishing, 2000, 376 s. ISBN 8071696897

PAUČEK, Boris, SMÉKAL, David, a kol. 2015. *Příčiny dysfunkce kolenního kloubu po plastice předního zkříženého vazy - diagnostika magnetickou rezonancí*. Česká radiologie. Praha: Galén, 69(4), 278-284 s. ISSN: 1210-7883.

PAUČEK, Boris, SMÉKAL, David, HOLIBKA, Radomír, ZAPLETALOVÁ, Jana. 2015. *Význam magnetické rezonance pro diagnostiku přímých a nepřímých známek léze předního zkříženého vazy kolenního kloubu*. Česká radiologie. Praha: Galén, 69(1), 67-74 s. ISSN: 1210-7883.

PILNÝ, Jaroslav. *Úrazy ve sportu a jak jim předcházet*. Druhé, rozšířené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2018, 176 s. ISBN 978-80-271-0757-5.

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing, 2012, 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.

STOLLER, David. W, Phillip.F.J TIRMAN a Miriam.A BREDELLA. *Diagnostic Imaging: Orthopaedics*. Composition by Amirsys Inc, Salt Lake City, Utah: Amirsys, 2004. ISBN 0721629202.

ŠPRLÁKOVÁ-PUKOVÁ, Andrea, VALIŠ, Petr, MECHL, Marek. 2017. *Zobrazování hyalinní chrupavky pomocí magnetické rezonance*. Česká radiologie. Praha: Galén. 71(4), s. 291-295. ISSN: 1210-7883.

TRNAVSKÝ, Karel a Vratislav RYBKA. *Syndrom bolestivého kolena*. Praha: Galén, 2006, 225 s. ISBN 80-7262-391-5.

VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.

WENDSCHE, Peter a Radek VESELÝ. *Traumatologie*. Praha: Galén, [2015], xvi, 344 s. ISBN 978-80-7492-211-4.

Whittaker, Jackie L.; Toomey, Clodagh M.; Nettel-aguirre, Alberto; Jaremko, Jacob L.; Doyle-baker, Patricia K.; Woodhouse, Linda J.; Emery, Carolyn A. *Health-related Outcomes after a Youth Sport-related Knee Injury, Medicine & Science in Sports & Exercise*: February 2019 - Volume 51 - Issue 2 - p 255-263 doi: 10.1249/MSS.0000000000001787

ŽVÁK, Ivo, ed. *Traumatologie ve schématech a RTG obrazech*. Praha: Grada Publishing, 2006, 207 s. ISBN 8024713470.

SEZNAM ZKRATEK

a. – arteria

AP - anteroposterior (předozaďní)

CP – centrální paprsek

CT – výpočetní tomografie

EKG – elektrokardiografie

KL – kontrastní látka

kHz – kilohertz

LCL – zadní zkřížený vaz

m. - musculus

MCL – přední zkřížený vaz

MHz – megahertz

MR – magnetická rezonance

RTG – rentgen

US – ultrasonografie

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 - RTG snímek kolene, AP projekce

Příloha č.2 - CT kolenního kloubu, koronární rovina

Příloha č.3 - MR kolenního kloubu, PD FS sagitální rovina

Příloha č.1 – RTG snímek kolene, AP projekce



Zdroj: Archiv FNOL

Příloha č.2 – CT kolenního kloubu, koronární rovina



Zdroj: Archiv FNOL

Příloha 3. – MR kolenního kloubu, PD FS sagitální rovina



Zdroj: Archiv FNOL