

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Vojtěch Brzuchaňski

Zobrazovací metody vzpěračských zranění kolene

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Tomáš Klimas

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 18. dubna 2024

Vojtěch Brzuchaňski

Rád bych poděkoval MUDr. Tomáši Klimasovi za vedení a připomínky při tvorbě bakalářské práce.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma bakalářské práce: Zobrazovací metody vzpěračských zranění kolene

Název práce: Zobrazovací metody vzpěračských zranění kolene

Název práce v AJ: Imaging methods of weightlifting knee injuries

Datum zadání: 2023-01-28

Datum odevzdání: 2024-04-19

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Brzuchaňski Vojtěch

Vedoucí práce: MUDr. Tomáš Klimas

Oponent práce: MUDr. Jan Hrbek

Abstrakt v ČJ: Tato bakalářská práce se zaměřuje na zobrazování vzpěračských zranění kolene pomocí radiologických diagnostických metod. V bakalářské práci jsou popsány základy vyšetření za použití rentgenu, výpočetní tomografie, magnetické rezonance a ultrazvuku. Závěr naznačuje, že při vzpírání dochází nejčastěji k poškození měkkých tkání, pro jejichž diagnostiku se nejvíce hodí magnetická rezonance.

Abstrakt v AJ: This thesis is focused on radiological imaging methods to display knee injuries from weightlifting. The thesis describes the examinations using X-ray, computer tomography, magnetic resonance imaging, and ultrasound. The conclusion suggests that the most frequent injury during weightlifting is the damage of soft tissues. Magnetic resonance is the most suitable method for such diagnoses.

Klíčová slova v ČJ: zobrazovací metody, zranění kolene, MR, RTG, CT, ultrasonografie, vzpírání

Klíčová slova v AJ: imaging methods, knee injuries, MRI, X-ray, CT, ultrasonography, weightlifting

Rozsah: 54 stran / 1 příloha

Obsah

Úvod	7
1 Kolenní kloub	9
1.1 Anatomie	9
1.2 AO klasifikace	12
2 Vzpírání	15
3 Klinické vyšetřovací metody kolene	18
4 Zobrazovací metody kolene	21
4.1 Skiografie	21
4.1.1 Princip	21
4.1.2 Vyšetření	23
4.2 Výpočetní tomografie	25
4.2.1 Princip	26
4.2.2 Vyšetření	27
4.3 Magnetická rezonance	28
4.3.1 Princip	28
4.3.2 Vyšetření	30
4.4 Ultrasonografie	35
4.4.1 Princip	35
4.4.2 Vyšetření	37
5 Terapie	40
Závěr	42
Seznam zkratk	43
Seznam tabulek	45
Seznam ilustrací	45
Seznam příloh	46
Příloha 1 Zobrazení kolenního kloubu	46
Zdroje obrázků	46
Zdroje	47
Zdroje ilustrací	49

Úvod

Tato bakalářská práce se zaměřuje na posouzení zobrazovacích metod v diagnostice sportovních zranění kolene. Cílem je prozkoumat, jak jednotlivé metody přispívají k diagnostice vzpěračských zranění kolene a jaké jsou jejich výhody a nevýhody.

Sportovní zranění kolene představují problém jak pro profesionální, tak pro rekreační sportovce. Koleno je jedním z nejkompexnějších a nejzranitelnějších kloubů lidského těla, a proto je důležité efektivně diagnostikovat pro adekvátní terapii. Vzhledem k rostoucímu zájmu o sportovní aktivity je důležité neustále zdokonalovat diagnostické postupy a zobrazovací technologie s cílem dosáhnout co nejpřesnější diagnózy a co nejefektivnější léčby.

Tato práce má za cíl přispět k lepšímu porozumění problematice sportovních zranění kolene a k posílení znalostí o zobrazovacích metodách v diagnostice těchto zranění.

Otázky bakalářské práce:

1. Které zobrazovací metody jsou nejefektivnější při vizualizaci jednotlivých struktur kolenního kloubu?
2. Která zobrazovací metoda je nejvhodnější pro vzpěračské zranění kolene?

Cíle bakalářské práce:

1. Vytvořit souhrnu zobrazovacích metod používaných k diagnostice kolenního kloubu.
2. Vybrat nejvhodnější zobrazovací metodu vzpěračských zranění kolene

Vstupní literatura pro bakalářskou práci:

Vomáčka, J., Nekula, J., & Kozák, J. (2023). *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty* (Třetí, doplněné vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.

Malíková, H. (2022). *Základy radiologie a zobrazovacích metod* (Druhé, aktualizované vydání). Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.

Čihák, R. (2016). *Anatomie I* (Třetí, upravené a doplněné vydání). Grada.

Súkupová, L. (2018). *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Grada Publishing.

Heřman, M. (2014). *Základy radiologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.

Popis rešeršní činnosti

Při psaní této bakalářské práce byly použity pro vyhledání zdrojů tyto databáze: PubMed, EBSCO a Google Scholar. Při rešerši byly použity tato klíčová slova: kolenní kloub, terapie, magnetická rezonance, vzpírání, výpočetní tomografie, ultrazvuk, rentgen, zobrazovací metody, zranění. K doplnění byly využity materiály dostupné ve sbírkách knihovny Fakulty zdravotnických věd a Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, spolu s elektronickou databází knih BOOKPORT.

1 Kolenní kloub

1.1 Anatomie

Kolenní kloub

Kolenní kloub je největší složený kloub v těle, v němž artikulují tři kosti – česka (patella), holenní kost (tibia) a kost stehenní (femur). Hlavice se skládá z laterálního a mediálního kondylu femuru, přičemž jamka je tvořena kondyly holenní kosti. Mezi těmito kostmi se nacházejí chrupavčité menisky, které vyplňují kloubní jamku (Naňka & Elišková, 2019). Vzhledem k rozlišnosti kloubních ploch tibie, která je plochá, zatímco femur má spirálovitě zakřivené kloubní plochy dozadu, dochází ke kompenzaci anatomických nerovností dvěma menisky – meniscus medialis et lateralis (Dylevský, 2009).

Meniskus

Meniskus se podílí na tvorbě kloubní jamky s tibií a je tvořen vazivovou chrupavkou. Spojení obou menisků je zajištěno prostřednictvím kloubního pouzdra po jejich obvodu a jejich cípy jsou upnuty v přední a zadní části kostní vyvýšeniny (eminentia intercondylaris) (Naňka & Elišková, 2019).

Meniscus medialis má poloměsíčitý tvar a nachází se na vnitřní straně kloubních ploch. Jeho pohyblivost je omezena srůstem se zadní částí vnitřního kolaterálního vazy. V dorzální oblasti dochází ke spojení s úpony poloblanitého svalu (musculus semimembranosus), který na meniscus medialis působí.

Meniscus lateralis má větší rozsah pohybu na rozdíl od meniscu medialis, jelikož se dorsální částí svého obvodu napojuje na podkolenní sval (musculus popliteus) skrz kloubní pouzdro (Čihák, 2016).

Mezi funkce menisku se řadí:

- částečné vstřebání energie při kloubní zátěži
- usměrňování distribuce synoviální tekutiny, čímž se zlepšuje její mazací účinnost
- kompenzace nerovnoměrného zakřivení kloubní jamky v důsledku rozdílných tvarů styčných ploch
- rozšíření spektra pohybu i přes kloubní fixaci (Dylevský, 2009)

Češka

Češka je sezamská kost, na které se rozlišují 4 útvary: basis patellae, apex patellae, facies anterior a facies articularis se dvěma rozdílnými fasetami (Čihák, 2016). Spolu s femorem tvoří femoropatelní kloub. Přední strana češky zefektivňuje kontrakci čtyřhlavého svalu stehenního pomocí kladkového principu, čímž umožňuje vyvinout mnohem větší sílu než bez podepření. Na druhou stranu při vysokém zatížení může dojít k poškození češky kvůli tomuto principu (Dylevský, 2009).

Svaly působící kolenního kloubu

Svaly působící na articulationem genu se dělí ze skupiny stehenních svalů na ventrální, dorsální a mediální. Ze svalů bérkové oblasti má vliv na koleno pouze musculus popliteus, jehož úđel je rotační pohyb při jeho flexi včetně flexe.

Ventrální svaly – čtyřhlavý sval stehenní (musculus quadriceps femoris) skládající se ze čtyř hlav – m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. vastus lateralis a m. vastus intermedius. Všechny čtyři hlavy se spojují těsně nad češkou, a upínají se na tuberositas tibiae. Druhým ze svalů ovlivňující koleno je m. sartorius, který působí jako antagonist čtyřhlavému svalu stehennímu, jehož hlavní funkcí je extenze kolene.

Mediální svaly – štíhlý sval stehenní (musculus gracilis) je povrchový sval, který začíná v oblasti symfýzy a upíná se na vnitřní kondyl tibie. Jeho působení je v oblasti kolene pouze vedlejší (flexe kolene).

Dorsální svaly – dvouhlavý sval stehenní (musculus biceps femoris) je sval tvořený dlouhou a krátkou hlavou. Dlouhá hlava se začíná upínat na sedací hrbol a souběžně s krátkou hlavou, která má začátek na vnějším labiu liney aspery, se upíná na hlavici kosti lýtkové (caput fibulae). Pološlašitý sval (musculus semitendinosus) a sval poloblanitý mají svůj původ na hrbolu sedací kosti a upínají se pod kolenním kloubem. Všechny vyjmenované svaly mají společnou funkci a tou je flexe kolene. Odlišují se pouze směrem rotačního pohybu. Dvouhlavý sval stehenní rotuje zevně a zbylé vyjmenované vnitřně.

Sval zákolenní (musculus popliteus) začíná v jamce vnějšího epikondylu femuru a upíná se na zadní ploše holenní kosti. Stahy tohoto svalu zprostředkovávají ohyb kolenního kloubu s vnitřní rotací (Čihák, 2016).

Kloubní pouzdro

Kloubní dutina je oddělena kloubním pouzdem, které má vnitřní část tvořenou synoviální výstelkou, která je obklopena zevním vazivovým pouzdem. Synovia, která se nachází na stranách čéšky, je podložena tukovým polštářkem. Kloubní dutina vyběhá nad patellu mezi čtyřhlavým svalstvem stehna a kostí stehna do vakovitého výběžku (*recessus suprapatellaris*). Ze stran je kloub zpevněn dvěma vnějšími vazy. Užší *ligamentum collaterale laterale* odbočuje od laterálního epikondylu a připojuje se k hlavičce fibuly, zatímco širší a slabší *ligamentum collaterale mediale* je srostlý s kloubním pouzdem a spojuje *epicondylus medialis femoris* s vnitřní stranou mediálního kondylu tibie. Zadní část kloubního pouzdra je posílena dvěma zákolenními vazy (Naňka & Elišková, 2019).

Cévy

Krev je přiváděna do kolene ze dvou hlavních tepen. Z *a. femoralis*, odstupující *a. genus descendens*, která zásobuje přední část stehenních svalů s kolenním kloubem. Druhou větví je *arteria poplitea*, z které odstupuje šest tepen: *aa. superiores genus mediale et laterale*, *a. media genus*, *Aa. inferiores genus medialis et lateralis*, *Aa. surales*. Žíly odvádějí okysličenou krev podél přírodních arterií (Hudák et al., 2021).

Vazy

Funkcí kolenních vazů je zesilování vazivového aparátu. Do skupiny nitrokloubních vazů spadají kolenní zkřížené vazy propojující stehenní a holenní kost (*ligamenta cruciata genus*), které jsou rozděleny na přední zkřížený vaz (*LCA*) a zadní zkřížený vaz (*LCP*). *LCA* vede od vnitřní plochy vnějšího kondylu až do přední části mezikondylární oblasti tibie. *LCP* vede od laterální části vnitřního kondylu kosti stehenní do zadní mezikondylární oblasti tibie. Tyto vazy poskytují stabilizaci kolene během flexe, kdy se napínají. Tím, že se vzájemně překrývají, omezují vnitřní rotaci v kloubu. Dále do této kategorie vazů spadá *ligamentum transversum genus* propojující menisky a *ligamentum meniscofemorale anterius et posterius* upínající se na laterálním menisku vedoucí po zkříženém vazu k vnitřnímu kondylu femuru. Skupina vazů kloubního pouzdra se kategorizuje na přední, boční a zadní. Mezi přední vazy řadíme šlachy čtyřhlavého svalu stehenního, která plynule pokračuje v *ligamentum patellae*. Podél ní vede *retinaculum patellae mediale et laterale* uchycující se na tibií a femur. Mezi postranní vazy zajišťující stabilitu kolene a

částečný ohyb se řadí ligamentum colaterale fibulare et tibiale. Posledními vazy kolene jsou zadní, jejichž zástupci jsou ligamentum popliteum obliquum et arcuatum (Čihák, 2016).

Pohyb kolene

V kolenním kloubu dochází ke třem základním pohybům: flexi – 120°–150°, extenzi – 0°–10° a oboustranné rotaci – interní 5°–10°; externí zhruba 40°. Při ohybu bérce se patella pohybuje dvěma směry: distálně při flexi a proximálně při extenzi. Flexe bérce má dle Hudáka a kolektivu (2021) tři fáze:

1. Počáteční rotace – dochází k odemknutí kolene díky uvolnění zkřížených a kolaterálních holenních vazů
2. Valivý pohyb – kondyly femuru se valí po meniscích a kloubních plochách tibie
3. Posuvný pohyb – kondyly femuru se posouvá s menisky dorzálně po tibii

Tíhové váčky a výchlípky

Kolem kolenního kloubu je přibližně dvacet výchlípek synoviální membrány kloubního pouzdra a tíhových váček, které jsou určeny k tlumení tření mezi kostmi, šlachami a vazy. Tíhové váčky se řadí do dvou skupin: komunikující s kloubem – recessus suprapatellaris, bursa suprapatellaris, recessus subpopliteus b. gastrocnemiosemimembranosa; nekomunikující s kloubem – b. anserina, b. subcutanea preinterpatellaris et infrapatellaris (Hudák et al., 2021).

1.2 AO klasifikace

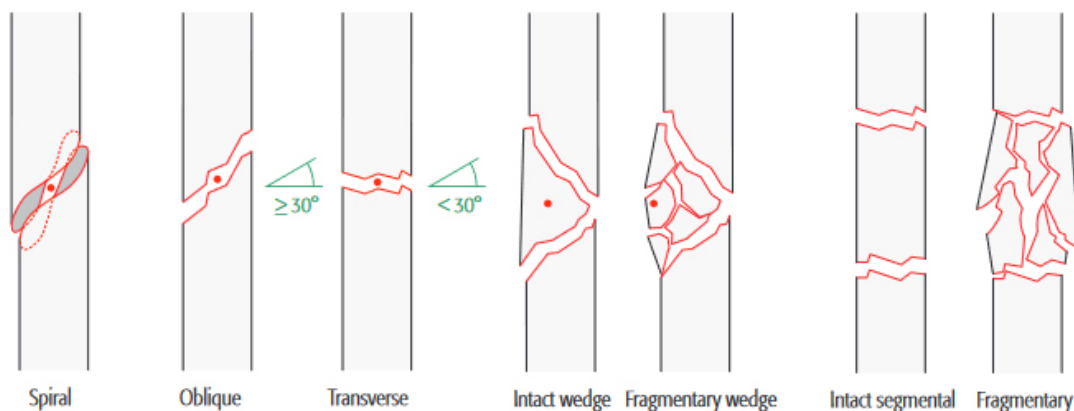
AO klasifikace je systematický proces zajišťující standardizovanou komunikaci a poskytuje přesné popisy zlomenin nebo dislokací. Nezbytnou součástí pro přesné určení klasifikace je dostatečné množství informací o postižené oblasti. Tento klasifikační systém usnadňuje rovněž mezinárodní komunikaci pomocí alfanumerického kódování. Je důležité, aby docházelo k pečlivému dodržování velkých a malých písmen a rozlišení závorek. Do hranatých závorek se uvádí univerzální označení patologie jako doplněk.

Morfologie diafýzálních fraktur:

- A – jednoduchá fraktura – fraktura postihuje diafýzu pouze v jednom místě
- B – klínová fraktura – fraktura kosti ve tvaru klínku, která může být celistvá, nebo fragmentovaná

- C – multifragmentální fraktura – fraktura rozděluje kost na více segmentů, může se jednat o segment neporušený či multifragmentální

Ilustrace 1: Diafyzální fraktury

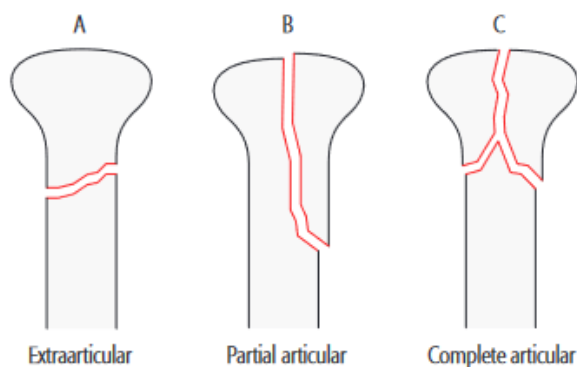


Zdroj: [1]

Morfologie koncových segmentů kostí:

- A – mimokloubní zlomenina
- B – zlomenina postihující částečně kloub (kloub zůstává částečně přirostlý k metafýze)
- C – zlomenina postihující kompletní kloub (odděluje kloub od metafýzy)

Ilustrace 2: Kloubní fraktury



Zdroj: [1]

Lokalizace fraktury kosti dle jejího segmentu:

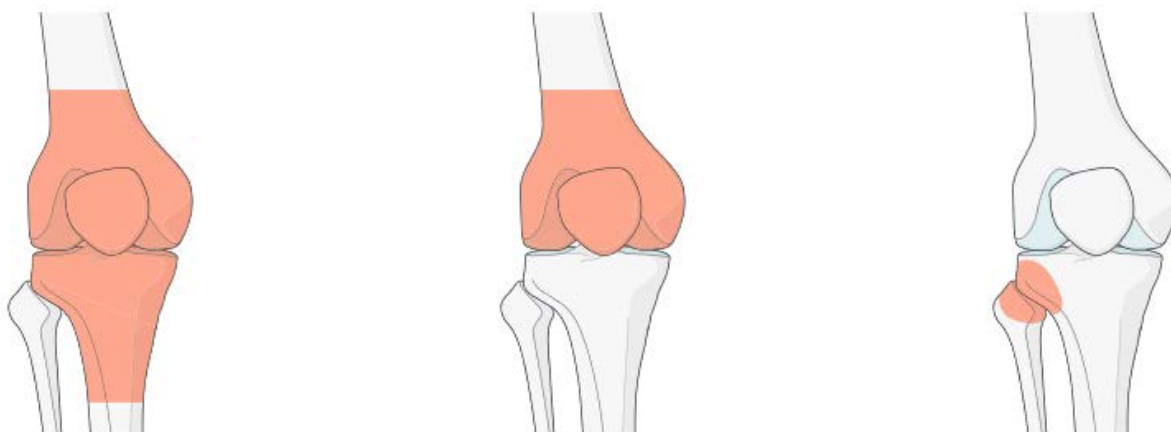
- Proximální koncový segment: 1
- Diafyzální segment: 2

- Distální koncový segment: 3

Kód kolene V AO klasifikačním systému je 40. Koleno se dále rozlišuje na tři oblasti:

- tibiofemorální
- patellofemorální
- proximální tibiofubulárního skloubení

Ilustrace 3: Oblasti kolene AO systému



Zdroj: [1]

Tibiofemorální oblast se označuje ještě malými písmeny, které dále popisují rozsah poškození všech struktur v tomto segmentu.

- a – poškození vazů kolene bez poškození křížových vazů
- b – ruptura obou křížových vazů bez poškození kolaterálních vazů
- c – ruptura obou křížových vazů s mediálním kolaterálním vazem
- d – ruptura obou křížových vazů s laterálním kolaterálním vazem
- e – ruptura křížových a kolaterálních vazů
- f – dislokace zlomeniny
- g – zranění spojené s tepnami
- h – zranění spojené s nervy

(Meinberg E, Agel J, Roberts C, et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium–2018, *Journal of Orthopaedic Trauma*. Volume 32: Number 1; Supplement, January 2018).

2 Vzpírání

Olympijské vzpírání

Vzpírání je olympijská silová disciplína kombinující sílu, dynamiku a správnou techniku pro zdvihnutí co největší váhy nad hlavu použitím přesně předepsaných technik (Stone et al., 2006). Ačkoliv vzpírání zahrnuje spoustu výhod jako růst svalů nebo zpevnění kostí, přesto nese s sebou riziko poškození muskuloskeletálního systému.

Základem vzpírání jsou dva komplexní cviky:

Trh (Snatch) – činka je umístěna vodorovně na platformě před nohama vzpěrače, který ji uchopí dlaněmi dolů a jedním plynulým pohybem ji vytáhne nad hlavu v plném rozsahu obou paží, přičemž může buď rozkročit, nebo pokrčit nohy.

Během tohoto plynulého pohybu může činka klouzat po stehnech a klíně. Žádná část těla s výjimkou chodidel nesmí při zdvihu přijít do kontaktu s plošinou.

Zvednutá činka musí zůstat v konečně stabilní poloze, s nataženýma rukama a nohama v ose člověka, dokud rozhodčí nedá pokyn k položení činky zpět na plošinu. Vzpěrač se může zvednout ve svém vlastním tempu, a to buď ze stavu rozkročení, nebo ze dřepu, a musí skončit s chodidly paralelně s rovinou trupu a činkou.

Nadhoz (Clean and jerk) – nadhoz se skládá ze 2 komplexních pohybů. Prvním je přemístění (clean), při kterém je činka umístěna vodorovně před nohama vzpěrače. Vzpěrač ji uchopí dlaněmi dolů a jedním plynulým pohybem ji přitáhne z platformy k ramenům, přičemž se nohy mohou buď rozkročit, nebo pokrčit. Během tohoto plynulého pohybu může činka klouzat po stehnech a klíně. Před dosažením konečné polohy nesmí činka přijít do kontaktu s hrudníkem. Poté je činka na klíčních kostech nebo na plně pokrčených pažích. Nohy se vracejí do stejné linie, musí být před provedením výrazu rovné. Druhou částí je výraz (jerk), kdy vzpěrač s činkou na ramenech mírně pokrčí kolena a co největší silou je propne, aby vyrazil osu nad hlavu a podepřel ji propnutýma rukama. Poté srovná nohy do jedné linie a čeká, až dá rozhodčí pokyn pro položení činky. (*International Weightlifting Federation, 2020*)

Olympijské vzpírání patří obecně mezi bezpečné sporty. Mají totiž nízkou incidenci zranění mezi 2,4 a 3,3 zranění na 1000 hodin trénování. Nejčastějšími cviky, u kterých dochází ke zranění kolene jsou: nadhoz (46 %), dřepy (23 %) a trhy (21 %) (Keogh & Winwood, 2017). Nejčastěji zraněnými oblastmi jsou: ramena, kolena, zápěstí a dolní oblast zad. Akutní zranění zde představují 59,6 %, chronické 30,4 % a ostatní 10 %. (Aasa et al., 2017).

Akutní zranění zahrnují natažení či utržení svalů a pojivových tkání. Poškození může být různě závažné, od natržení pouze několika vláken až po úplnou rupturu. Konkrétně mezi časté poškozené tkáně patří: vazy, kloubní pouzdro, synoviální membrána a šlachy a menisky.

Chronická zranění zahrnují typická zranění z přetížení, jako je zánět šlach a burzitida, a také chronicky se opakující zranění, která jsou důsledkem příliš brzkého návratu k tréninku. (Stone et al., June 1994).

Nejčastější příčiny vzniku úrazu:

- Vnější faktory – mohou negativně ovlivnit vlastní výkon rozptýlením sportovce. Ačkoliv může hluk v podobě hudby či povzbuzení ostatních motivovat sportovce, doporučuje se nepřesáhnout hranici 90 dB. Dalším vnějším faktorem je osvětlení. Vhodná intenzita světla se těžko určuje, protože každému jedinci vyhovuje něco jiného, každopádně lze obecně říct, že sporty vyžadující preciznost a obratnost budou potřebovat více světla.
- Vina druhé osoby – jedná se o nejčastější příčinu vzniku zranění.
- Výstroj – u sportů s rizikem mechanického impulzu je důležité dbát na kvalitní výstroj. Naneštěstí se výzbroj často podceňuje a často je špatně nasazena či v horším případě nenasazena vůbec.
- Nedostatečná příprava – psychická i fyzická příprava se často podceňuje a často mívá fatální následky.

(Máček & Radvanský, 2011).

Prevence

Prevence muskuloskeletálních zranění u vzpěračů vyžaduje komplexní přístup, který zdůrazňuje správnou techniku, dostatečnou regeneraci a prohlubování znalostí. Vzdělávání trenérů, cvičitelů a sportovců v oblasti správné vzpěračské formy má zásadní význam pro minimalizaci

rizika zranění. Kromě toho může zavedení strukturovaných silových a kondičních programů, které zahrnují cvičení na flexibilitu, zvýšit odolnost organismu vůči zátěži při vzpírání. Pravidelný silový trénink zaměřený na konkrétní svalové skupiny podporuje stabilitu a snižuje pravděpodobnost vzniku nerovnováhy vedoucí ke zranění. Klíčovou roli v prevenci a zvládnutí zranění hraje také nepodceňování odpočinku, regenerace a dodržování dnů volna dle tréninkového plánu (Bukhary et al., 2023)

3 Klinické vyšetřovací metody kolene

Účelem klinického zkoumání je určení diagnózy. Klinické vyšetření zahrnuje sběr anamnézy a objektivní zkoumání pacienta. Zobrazovací metody jsou následně použity jako doplněk klinického vyšetření k potvrzení diagnózy (Dungl, 2014).

Anamnéza

Bolest v kolenním kloubu je hlavním příznakem pro vyšetření. Její projev může být různorodý. Při chůzi je bolest často spojována s patelofemorálním kloubem, zatímco bolest v klidu je obvykle spojována s osteoartrózou, revmatoidní artritidou nebo kostními metastázami. Pokud bolest doprovází omezení pohybu, může to naznačovat postižení vnitřních struktur kolene nebo přítomnost volného tělesa v kloubní dutině.

Aspekce

Ve stoje se posuzuje osa dolní končetiny pacienta. Jedná se o vrozené vady, které se projevují vybočením laterálně – genu varum, vybočením mediálně – genu valgum a prohnutím kolena dozadu – genu recurvatum. Kromě osy se pozoruje, zda nedochází k zarudnutí či zduření tkání v kolenním kloubu nebo také přítomnost Bakerovy pseudocysty.

Palpace

Na okrajích femuru a tibie lze v kolenním kloubu nahmatat výrůstky, známé jako exostózy. Pokud pacient pocítí při poklepávání mediální stranu kloubní štěrbin, může to naznačovat poškození mediálního menisku. Naopak, pokud se bolest nebo nepohodlí vyskytuje při poklepávání laterální strany, může to indikovat poškození kloubní chrupavky, laterálního kolaterálního vazů nebo fibuly.

Vyšetření pohyblivosti

Obvyklý rozsah flexe v kolenním kloubu se pohybuje mezi 0° až 130° a extenze mezi 0° až 15°. U zdravého pacienta probíhá pohyb kolene při flexi a extenzi plynule. Při testování pohyblivosti kolene je důležité sledovat, zda nedochází k blokádě, ztuhlosti nebo dokonce k mírnému křupání.

Vyšetření stability kolenního kloubu

Přední zásuvkový manévr – pacient sedí s vyšetřovanou končetinou v 90° flexi. Lékař pevně uchopí horní část bérce oběma rukama, umístí palce nad tuberositas tibiae a poté postupně provádí tah ventrálně. Posun tibie proti femoru by znamenal, že je poškozen LCA. V případě interní rotace bérce o 30° a externí rotace o 15° lze předpokládat, že jsou také poškozeny struktury kloubního pouzdra.

Zadní zásuvkový manévr – princip vyšetření je stejný jako u předního zásuvkového manévru s tím rozdílem, že lékař provádí tah dorzálně a pacient je vyzván k uvolnění svalstva. Pokud by byl poškozen LCP, tak dojde k posunu tibie dorsálním směrem.

Lachmanův test – během tohoto vyšetření pacient leží na zádech a postižené koleno je flexováno mezi 20° až 30°. Lékař rukou fixuje distální femur nad kondyly, palcem druhé ruky tlačí na tuberositas tibiae a zároveň prsty objímá proximální část bérce pro kontrolu relaxace hamstringové svalové skupiny. Neporaněný LCA nemožní posun tibie dopředu. Je nezbytné tento test provést také na zdravém koleni, protože laxita vazů se liší u každého pacienta.

Obrácený Lachmanův test – pacient leží na břiše s flektovaným kolenem v úhlu 30°, lékař jednou rukou fixuje proximální část stehna na podložce, druhou rukou objímá proximální oblast bérce a tlačí tibií dorzolaterálně. Tento test slouží k vyšetření LCP.

Varózní nebo abdukční manévr LCM s nataženým kolenem – rukou shodnou se stranou vyšetřovaného kolene zvedne lékař končetinu do úhlu přibližně 30° v kyčelním kloubu. Druhou rukou fixuje z vnější strany suprakondylární oblast femuru. Bolestivé otevření vnitřní kloubní štěrbině indikuje poškození LCM.

Varózní nebo abdukční manévr LCM v 30° semiflexi kolene – postup je stejný jako u vyšetření bez flexe s tím rozdílem, že se flexí vyruší stabilizační účinky LCA a zadní části kloubního pouzdra.

Varózní nebo addukční manévr LCL s nataženým kolenem – lékař zvedne vyšetřovanou končetinu za patu do 30° v kyčli, druhou rukou položí na interní suprakondylickou oblast kolene a tahem za patu způsobí addukční nebo varózní napětí. Otevření externí kloubní štěrbině bude indikovat poranění LCL.

Varózní nebo addukční manévr LCM v 30° semiflexi kolene – vyšetření probíhá stejně jako u varianty bez flexe. Flexe ale vyřadí stabilizační účinky LCA a zadního pouzdra.

Mezi nejužívanější vyšetřovací manévry na postižení menisků se řadí Steinmann I., Steinman II. a Mc Murray.

Během Steinmannovského vyšetření může pacient buď sedět se svěřeným kolenem z lůžka nebo ležet s flektovaným kolenem do 90°.

Steinmann I. – lékař provádí maximální externí a interní rotaci nohy. Pokud pacient cítí bolest při vnější rotaci na vnitřní straně kolene, je indikováno poškození meniscu mediale. Pokud bolest způsobuje vnitřní rotace na vnější straně kolene, je indikováno poškození meniscu laterale.

Steinmann II. – tento manévr je indikován při palpační bolesti vnitřní strany kloubní štěrbiny. Pokud při úplné extenzi kolene dochází k posnutí bolestivého místa v sagitální rovině, indikuje se poškození meniscu mediale.

Mc Murray – pacient během manévru leží a lékař chytne vyšetřovanou končetinu v suprakondylární oblasti a druhou rukou patu. Provede úplnou flexi kolene, během níž vyvine valgózní napětí a zároveň externě rotuje bérec. Z této polohy lékař rotuje bérec interně a addukuje. Bolestivé lupání indikuje poranění meniscu mediale a v případě vnitřní rotace se jedná o indikaci poranění meniscu laterale (Trnavský a Rybka, 2006).

Pivot shift test – pacient leží během vyšetření na zádech a lékař současně během flexe kolene do 90° aplikuje rotační napětí na bérec a valgózní napětí na koleno. Pokud dojde k subluxaci tibie při 20-30° flexi, jedná se o indikaci poranění LCA (Vaudreuil et al., 2019).

4 Zobrazovací metody kolene

4.1 Skiografie

Skiografie je zobrazovací metoda využívající rentgenové elektromagnetické záření o velice krátké vlnové délce pro zobrazení vnitřních struktur snímkaného objektu.

4.1.1 Princip

Toto elektromagnetické záření se šíří přímočaře téměř rychlostí světla ve vakuu, jehož intenzita se snižuje se čtvercem vzdálenosti o velice krátké vlnové délce v rozmezí od 10^{-8} m do 10^{-12} m. V diagnostice se využívá zejména spektrum od 10^{-9} m do 10^{-11} m. Charakteristickými vlastnostmi rentgenového záření jsou:

- průnik hmotou, která tuto radiaci částečně absorbuje a zároveň dochází jejímu rozptylu
- absorpce a rozptyl závisí na parametrech jako je průměrné atomové číslo, hustota a jeho tloušťka
- luminiscence
- fotochemický efekt
- ionizace
- biologické účinky

Biologické účinky se rozlišují na stochastické a deterministické. Vznik stochastických neboli nahodilých účinků spočívá v kumulaci dávek z rtg záření, které pouze zvyšují pravděpodobnost vzniku negativních účinků. Deterministické účinky se odlišují od pravděpodobnostních projevem až po překročení prahové hodnoty, jež jsou individuální dle každé tkáně (Heřman et al., 2021). Diagnostické rentgenové záření vzniká ve vysoce vakuované trubici s dvěma elektrodami zvané rentgenka. Rentgenku lze rozdělit na tři části: vnitřní část, pouzdro a vysokonapětové kabely.

Vnitřní část je nejčastěji obalena sklokeramickým pouzdrem, která je ztenčena v oblasti výstupu záření. Katoda – záporná elektroda je tvořena dvěma wolframovými spirálkami kvůli jeho teplotní odolnosti, protože dochází k termoemisi o teplotě přes 2000°C . Na anodu – kladnou elektrodu dopadají urychlené elektrony na ohnisko, kde dochází k uvolnění energie elektronů v důsledku jejich zpomalení. Ohniska jsou dvojího typu: větší termické a menší optické. Nevýhodou vzniku rtg záření je účinnost, ta dosahuje pouze 1 % a zbylých 99 % energie je teplo.

Pro efektivnější rozmístění tepla se volí diskový tvar anody s okrajovým zkosením 19°, který vykonává rotační pohyb, díky kterému elektrony nedopadají na stejné místo.

Pouzdro rentgenky je vyrobeno z lehkého kovu (často z hliníku), avšak uvnitř je potaženo olověnou vrstvou. Mezi sklokeramickým pouzdrům a obalem proudí olej, který pomáhá chladit rentgenku.

Poslední částí jsou vysokonapěťové kabely, kterými prochází napětí v řádech kV a je nezbytně nutné, aby byly řádně izolovány od okolí kvůli rizika usmrcení (Vomáčka a kol., 2023).

V rentgence dochází ke vzniku dvou typů rentgenového záření: brzdné a charakteristické.

Brzdné rentgenové záření vzniká na základě působení elektrostatického pole atomového jádra anody na urychlené elektrony. Účinky elektrických sil elektrony zpomalí a zároveň dojde k vychýlení z jejich původní trajektorie. Jelikož každý elektron naráží na jiné části elektronových obalů atomu, uvolňují různé množství své kinetické energie a spektrum záření je spojitě.

Charakteristické rentgenové záření se liší od brzdného záření spektrem. Princip vzniku spočívá ve vyražení elektronů z elektronového obalu atomu anody. Po těchto vyražených elektronech nich vznikne díra, do kterých deexcitují elektrony z vyšších vrstev elektronového obalu, protože to je energeticky výhodnější. Vzhledem k tomu, že jsou jednotlivé energie orbitalů dané, vzniká diskrétní neboli charakteristické spektrum (Rosina a kol., 2021).

Pro odstínění diagnosticky nevýznamného záření se používají primární a sekundární clony. Primární clony nacházející se za rentgenkou se využívají zejména pro snížení radiační zátěže pacienta, ale také k redukci sekundárního záření, které z diagnostického hlediska pouze negativně ovlivňuje výsledný obraz. Sekundární clony jsou uloženy mezi pacientem a detektorem. Skládají se z lamel vycentrovaných směrem do ohniska rentgenky a zachycují záření, které nemá směr primárního záření, kvůli jeho interakci s ozařovaným objektem.

Radiografie má ovšem své výhody i nevýhody. Za výhody se považují: dostupnost, rychlost provedení vyšetření a jeho cena. Nevýhodou je pak sumační charakter vyšetření, kdy se překrývají tělní struktury a není možné určit výšku konkrétní struktury či patologie. Mimo jiné není možné skiografickým vyšetřením od sebe rozlišit měkkotkáňové struktury s podobnou hustotou (Vomáčka a kol., 2023).

4.1.2 Vyšetření

Základem je nativní vyšetření kolenního kloubu, které se skládá ze dvou na sebe vzájemně kolmých projekcí (Heřman et al., 2021). Zhotovený snímek poskytuje základní přehled o všech strukturách s obsahem vápníku. Aby bylo možné stanovit přesnou diagnózu, je nezbytné zachytit na rentgenovém snímku celý kolenní kloub (Ferda a kol., 2015).

Projekce na koleno:

Předozaďní projekce

Radiologický asistent manipuluje s pacientem tak, aby měl vyšetřovanou nohu nataženou v mírné vnitřní rotaci, a aby byla česka na středu. Na distální oblast bérce se může položit fixační pytel s pískem v případě, že pacient neudrží nohu v klidu. Druhá noha je volně položena a natažena. Pohlavní orgány jsou přikryty olověnou zástěrou. Centrální paprsek se centruje přibližně 2 cm pod česku. Pro dobrý radiografický pohled musí být na výsledném snímku dobře viditelná tibia, femur, patella a hlavička fibuly.

Bočňá projekce

Pacient si dle pokynů lehne na bok vyšetřované strany kolene. Koleno musí být v mírné flexi mezi 30° a 45°. Distálně od kolena je dolní končetina kolmo vůči stolu a nevyšetřovaná noha je položena před vyšetřovanou nohou, aby nebyla v zorném poli centrálního paprsku. Centrální paprsek se centruje do středu kloubního pouzdra přibližně 2 cm pod česku.

Tunelová projekce

Pacient je uložen radiologickým asistentem na vyšetřovací stůl na záda. Koleno je podloženo polohovacím klínem, aby koleno svíralo úhel 45°. Nevyšetřovaná noha je volně natažena. Centrální paprsek vstupuje do kloubního pouzdra přibližně 2 cm pod česku. Jeho úhel k detektoru je přibližně 30° až 45° v kaudálním směru (Möller, Reif, 2008).

Projekce na fossa intercondylaris (Béclereho metoda)

Pacient leží v supinační poloze. Při mírné flexi kolene přibližně 40° je podložený detektor. Centrální paprsek je kolmý na bérce, a tudíž svírá s detektorem úhel ekvivalentní flexi kolene. Toto vyšetření je indikováno při podezření na zúžení kloubní šterbiny nebo patologie kosti či chrupavky.

Projekce v zátěži

Pacient je postaven zády k detektoru na stoličce, aby byl dostatečně vysoko pro dolní část kolimovaného okna a nedošlo k oseknutí výsledného snímku. Pacientovy nohy musí být rovně a zároveň musí přenášet váhu rovnoměrně na obě nohy. Pro zajištění stability se může opřít o postranní madla. Centrální paprsek směřuje na střed čéšek (Lampignano, Kendrick, 2017).

Projekce na čéšku:

Defilé čéšky

Pacient je posazen na vyšetřovací stůl a jsou provedeny tři skiagramy v 30°, 60° a 90° flexi kolene. Čéška je uložena paralelně vůči stolu a detektor je držen pacientem vzpřímeně na stehnu tak, aby byla čéška uprostřed detektoru. Centrální paprsek směřuje na dolní okraj čéšky. Jedná se o projekci, která zobrazuje zadní plochu čéšky (Möller, Reif, 2008).

Zadopřední projekce

Pacient leží v pronační poloze s nataženýma nohama. Pro pacientovo pohodlí se pod hlavu vsune polštář a kvůli fixaci také pod kotníky. Pro snížení tlaku na čéšku se může také podložit distální část stehenní kosti menším polštářem. Centrální paprsek směřuje kolmo k detektoru a vede skrz popliteární záhyb.

Bočná projekce

Pacient je položen na stranu vyšetřované čéšky a mírně se rotuje jeho tělem, aby čéška byla kolmo k detektoru. Koleno je v mírné flexi 5° až 10°. Nevyšetřovaná noha je za vyšetřovanou podložena pěnovým polštářem. Centrální paprsek při této projekci vstupuje do detektoru středem patellofemorálního kloubu.

Axiální projekce

Během vyšetření pacient leží na břiše. Kolenní kloub, který je vyšetřován, je v maximální flexi a je zafixován popruhy kolem chodidla nebo si ho pacient drží podle svých schopností, zatímco druhá noha je uvolněná a natažená. Paprsek vstupuje do detektoru přes střed čéšky. (Lampignano, Kendrick, 2017).

Indikace

Důvody pro provedení rentgenového vyšetření kolene zahrnují bolesti, zlomeniny, nádory kostí, záněty, sníženou hustotu kostí, přítomnost cizích těles, hematomy, traumatické úrazy či revmatologické onemocnění. Během hodnocení se posuzují tyto faktory:

- Tvar kostí s jejich polohou – posuzuje se jejich velikost, s polohou vůči kloubu a případné anomálie
- Struktura kostní tkáně – kontura kompaktní kostní tkáně musí být hladká, mít přiměřenou hrubost a musí být souvislá
- Měkké tkáně – kontroluje se přítomnost otoku, kalcifikace, případně cizího tělesa
- Kloubní prostor – hledá se zužování či dilatace kloubního prostoru, plochy musí být hladké
- Kalcifikace okostice – pokud je přítomna, posuzuje se její vzhled, charakter a rozsah (Heřman et al., 2021)

Kontraindikace

U radiologických vyšetření, využívající ionizující záření neexistuje absolutní kontraindikace. Existuje pouze jedna relativní a tou je těhotenství (Malíková a kol., 2022).

4.2 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda založená na zobrazování vnitřních struktur člověka pomocí rentgenového záření. Od skiografie se liší snímáním dat. Na rozdíl od skiografického zobrazování rotuje rentgenka s detektory okolo pacienta. Kromě rotačního pohybu rentgenky s detektory okolo pacienta se translačně posouvá pacient na stole a vzniká pohyb po pomyslné šroubovici (Seidl a kol., 2012).

Kontrastní látky

Jedná se o látky, které mění absorpci rentgenového záření v tkáních. U CT vyšetření kolene je nejpoužívanější jodová kontrastní látka, tato metoda zlepšuje rozlišení mezi tkáněmi, kde dochází k její akumulaci. Před aplikací je důležité mít zajištěný vstup do periferní žíly, mít alergologickou anamnézu a poučit pacienta o dostatečné hydrataci před a po vyšetření, jelikož se kontrastní látka vylučuje ledvinami a ve větším množství má nefrotoxické účinky. Kromě toho

může docházet ke vzniku edémů mozku a zkreslit výsledky radioakumulačního testu. Ačkoliv vyšetření s kontrastní látkou v České republice standardem, existují pacienti, u kterých není aplikace vhodná. Patří mezi ně například děti do 15 let, osoby starší 70 let, pacienti s onemocněním diabetes mellitus, astma bronchiale a další alergie. V případě pacientů s předchozí alergickou reakcí se již nepremedikuje, jelikož není prokázán důkaz o funkčnosti (Vomáčka a kol., 2023).

4.2.1 Princip

V dnešní době je nejpoužívanějším typem multidetektorové CT, které získává současně více než jednu datovou stopu. Nejčastější množství datových stop je v rozmezí od 16 do 64, lze se ale setkat i s rozmezím od 4 do 320 datových stop. Získaná data se zobrazují na monitoru v odstínech šedi, kdy tmavší odstíny znamenají nižší míru absorpce záření v tkáních a naopak. Tyto stupně šedi se udávají v Hounsfieldových jednotkách a určují míru absorpce rentgenového záření v tkáních na škále od -1000 HU do +3096 HU (Vomáčka a kol., 2023). Akvizicí dat se získají tzv. raw data, které slouží k rekonstrukci obrazu. Doba vyšetření se odvíjí na velikosti zobrazovaného objemu. Standardní doba rotace rentgenky je mezi 0,25 s a 1 s. To znamená, že délka vyšetření je závislá na počtu rotací a pitch faktoru neboli posunu vyšetřovacího stolu během rotace (Súkupová, 2018). Lidské oko má schopnost rozeznat zhruba 16 odstínů šedi. Z toho důvodu se v praxi používají denzitní škály neboli okna s definovaným středem, které umožní lépe rozeznat vyšetřovanou tkáň od okolních tkání. Jednotlivé obrazové body jsou uspořádány v matici 512 x 512 (Ferda a kol., 2015). Tyto body se nazývají voxely. Jedná se o objemovou jednotku, která má výšku, šířku a hloubku. Data získaná z voxelů jsou izotropní, to znamená, že mají všechny tři rozměry stejné. Díky této vlastnosti je možné provádět multiplanární rekonstrukce bez ztráty kvality obrazu v základních třech rovinách – transversální, koronální a sagitální. Každý voxel v sobě má informaci o míře absorpce rentgenového záření v detektoru, která odpovídá nějakému konkrétnímu CT číslu. (Lampignano, Kendrick, 2017). Dle Vomáčky (2023) odpovídá záporným hodnotám od -800 HU do -900 HU vzduch v plicích, tuková tkáň poté -40 až -120 HU, tekutinové útvary od 0 HU do 15HU, měkkotkáňové útvary a parenchymové orgány od 25 HU do 70 HU, nekoagulovaná krev od 30 HU do 45 HU, koagulovaná krev od 65 HU do 85 HU, kalcifikace od 85 HU a kosti od 700 HU.

4.2.2 Vyšetření

Před samotným vyšetřením je potřeba řádně poučit pacienta o průběhu vyšetření a dát mu podepsat informovaný souhlas. Poté se pacient uloží do gantry a v případě potřeby se zafixuje vyšetřovaná oblast, aby nedošlo k znehodnocení dat pohybovými artefakty. Před akvizicí se provádí topogram, který určuje rozsah vyšetření, pro snížení radiační dávky a zamezení zbytečnému ozařování zdravých tkání. Topogram je planární snímek, během jehož natáčení dochází pouze k posunu stolu bez rotace rentgenky (Ferda a kol., 2015).

Nativní vyšetření

Nativní vyšetření nevyžaduje po pacientovi žádnou přípravu, jelikož se neaplikuje kontrastní látka. Pacient je na vyšetřovacím stole uložen na záda. Rozsah vyšetření je určen dle lékařovy indikace. Topogram je nejčastěji předozadní. Existuje varianta bočního topogramu v případě, že předozadní neposkytne požadované informace. Během vyšetření musí být pacient v naprostém klidu a nesmí se pohnout. Parametry pro snímání dat se mohou lišit podle konstrukce přístroje a detektorů. Pitch faktor je obvykle v rozmezí od 0,7 do 1,0. Šířka řezu je obvykle od 0,5 do 1,2 mm. Data získaná z akvizice se poté rekonstruují v kostním a měkkotkáňovém okně. Kostní okno zobrazujeme v transverzální, sagitální a koronální rovině se šířkou řezu do 1 mm, zatímco měkkotkáňové minimálně v transverzální rovině se šířkou řezu do 3 mm (Národní radiologické standardy – Výpočetní tomografie, 2016).

Artrografie

Artrografie je procedura, při níž se do kloubu vpravuje kontrastní látka, aby bylo možné lépe vizualizovat měkké tkáně s větším kontrastem vzhledem k okolí. Aplikuje se pomalu nitrokloubně 10-15 ml kontrastní látky. Obvyklá šířka vrstvy je od 0,5 do 1,2 mm s pitch faktorem mezi 0,8 – 1,2 (“Národní radiologické standardy – Výpočetní tomografie”, 2016). Toto vyšetření je indikováno při podezření na poškozené kloubní pouzdro, menisku nebo vazů. Jelikož je kolenní kloub vystaven vysoké zátěži zejména během sportu, tak dochází k patologiím spíše kvůli traumatům. Naopak typickou netraumatickou indikací je Bakerova cysta. Před vyšetřením je důležité se zeptat pacienta, zda je alergický na jodovou kontrastní látku nebo na lokální anestetika. Pacientovi musí být řádně vysvětleno o plánovaném vyšetření a je nutné, aby svým podpisem udělil informovaný souhlas (Lampignano, Kendrick, 2017).

Indikace

Nejčastější indikací pro CT vyšetření kolene jsou akutní traumata, protože se jedná o rychlý způsob získání kvalitních dat pro diagnostiku. (Vomáčka a kol., 2023).

Kontraindikace

U výpočetní tomografie neexistuje žádná absolutní kontraindikace. Každé indikované vyšetření využívající ionizující záření musí mít dobré opodstatnění, a tudíž vždy možná rizika jsou převyšena pozitivy z vyšetření a následující léčby. Existuje pouze relativní kontraindikace a tou je těhotenství (Heřman et al., 2021).

4.3 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je zobrazovací metoda založena na vysílání radiofrekvenčního pulzů do lidského těla. Tyto pulzy způsobují vznik magnetického signálu v jádrech vodíku, který je následovně snímán. Na rozdíl od výpočetní tomografie a skiografie nevyužívá ionizujícího záření a je pro lidské tělo mnohem šetrnější. Jeho nevýhodou je nedostupnost oproti zmíněným modalitám a délka vyšetření, která trvá v průměru okolo 20 minut (Heřman et al., 2021).

4.3.1 Princip

Aby bylo možné magnetickou rezonanci použít pro zobrazování tkáňových struktur, je nutné, aby se jednalo o atomy s lichým nukleonovým číslem. Atomová jádra se sudým nukleonovým číslem nevyjadřují magnetické chování ve vztahu k okolí, protože se jejich magnetické momenty vzájemně ruší. Atomová jádra s lichým nukleonovým číslem nevykazují nulový jaderný spin, zachovávají si svůj magnetický moment a jsou detekovatelná. Podíl vody v lidském těle jsou $\frac{2}{3}$ hmotnosti jedince a je to tedy ideální prvek pro interakci s magnetickým polem (Rosina a kol., 2021). Jádra atomů jsou složena z částic bez náboje tedy neutrony a z kladně nabitých částic neboli protonů, které vykonávají rotační pohyb okolo své osy nazývané se spin. Magnetický moment lidské tkáně je za standardních podmínek roven nule, což je dáno nahodilým uspořádáním os protonů. Pro získání dat vhodných pro rekonstrukci je nezbytné, aby všechny protony byly orientovány ve směru magnetického pole. Tato orientace nastane po umístění v statickém magnetickém poli označovaném jako B0. Po umístění protonů do magnetického pole jejich spiny mohou být buď paralelní nebo antiparalelní. Avšak velikost jejich magnetického

momentu je tak nepatrná, že není možné ji odlišit od magnetického momentu B_0 . Po změně uspořádání protonů se jejich magnetický moment začne lišit a bude tedy možné rozlišit jej od B_0 . Tato změna je dosažena aplikací vysokofrekvenčního elektromagnetického pulzu, po které dochází k excitaci – vychýlení protonu o 90° nebo 180° . Frekvence radiofrekvenčního impulzu musí odpovídat Larmorově frekvenci, aby mohly protony energii přijmout. Po přijetí energie protony dojde k jevu takzvaném rezonance. Po ukončení elektrického impulzu dochází k relaxaci, což znamená, že rotace atomových jader se dostává mimo synchronizaci. Během této relaxace se uvolňuje energie ve formě elektromagnetického záření, které je zachyceno cívkami. K vyobrazení protonů v trojrozměrném prostoru se využívají doplňková gradientní pole, která se přidávají k hlavnímu statickému magnetickému poli ve třech vzájemně kolmých rovinách (Vomáčka a kol., 2023).

Repetiční čas (TR) představuje interval mezi dvěma rádiovými frekvenčními pulzy, které slouží k excitaci. Čas echa (TE) je časový úsek, který začíná od okamžiku, kdy je vygenerován radiofrekvenční pulz s úhlem 90° , a končí v okamžiku, kdy se vytvoří echo (Seidl a kol., 2012).

Základní sekvence:

- T1 vážený obraz – krátký repetiční čas, krátký excitační čas
- T2 vážený obraz – dlouhý repetiční čas, dlouhý excitační čas
- PD (proton density) – dlouhý repetiční čas, krátký excitační čas

Intenzita signálu dle sekvence:

Tabulka 1: Signály tkání podle typu obrazu

	T1 v.o.	T2 v.o.
Tekutiny	Hyposignální	Hypersignální
Tkáně	Mírně hypersignální	Hyposignální
Tuková tkáň	Hypersignální	Hypersignální
Kompaktní kost, vzduch, proudící krev	Asignální	Asignální

Zdroj: (Vomáčka a kol., 2023)

Relaxační čas T1 představuje dobu potřebnou k obnovení 63 % původního magnetického náboje v podélném směru. Délka T1 se liší v závislosti na struktuře látky, kde menší molekuly,

například voda, mají tendenci relaxovat rychleji než molekuly větší, které vykazují pomalejší reakci. Relaxační čas T2 označuje pokles počáteční transverzální magnetizace na 37 % své maximální hodnoty. Jeho úroveň je mnohem více ovlivněna silou magnetického pole než T1 relaxační čas. Doba trvání T2 je obvykle přibližně 10–20 % hodnoty T1. Velké molekuly mají tendenci mít kratší T2 relaxační dobu než molekuly menší. (Seidl a kol., 2012).

Pro zajištění stability vyšetření je nutné přístroj odstínit od okolí. Stínění se dělí na aktivní a pasivní typ.

- Aktivní stínění – Tvorba magnetického pole, které má opačný směr než magnetické pole v gantry, čímž se vyruší jeho účinnost.
- Pasivní stínění – Umístění přístroje do Faradayovy klece

Dělení přístrojů podle magnetické indukce B0:

- Velmi slabé pole: do 0,2 T (ultra low field)
- Slabé pole: do 0,3 T (low field)
- Střední pole: od 0,5 do 1 T (mid field)
- Silné pole: od 1,5 do 7 T (high field)

(Vomáčka a kol.,2023).

4.3.2 Vyšetření

Před samotným vyšetřením kolene je pacient seznámen s vyšetřením a musí podepsat informovaný souhlas pro provedení vyšetření. Poté je pacient položen na vyšetřovací stůl do supinační pozice a vyšetřované koleno je uloženo do kolenní cívky, která má na sobě značky pro centraci. V případě, že se jedná o pacienta s velkou nohou a nevléze se do kolenní cívky, využívá se body cívka společně s integrovanou spine cívkou. Nejdříve se provede lokalizér v sagitálním a koronálním řezu pro nastavení dalších protokolů. Ve Fakultní nemocnici Olomouc se používá protokol s PD turbo spin echo sekvencí ve třech rovinách – sagitální, transverzální a koronární. Pro doplnění se využívá PD TSE sekvencí s potlačením tuku v koronární a sagitální rovině. Tyto protokoly mají krátký čas TE okolo 30 ms, zatímco čas TR je asi 100krát větší. Samozřejmě se tyto parametry mohou lišit dle pracoviště a přístroje. Dále se využívá T2 trufi protokol v koronární rovině pro poskytnutí vysokého kontrastu v měkkých tkáních. Pokud je nativní vyšetření nemá

dostatečnou zobrazovací schopnost, obohacuje se o gadoliniovou kontrastní látku. K tomuto vyšetření se využívá protokol se sekvencí T1 TSE FS v transverzální rovině před aplikací KL a po aplikaci se využívá rovněž sekvence T1 TSE FS ale ve všech třech základních rovinách (Fakultní nemocnice Olomouc).

Menisky

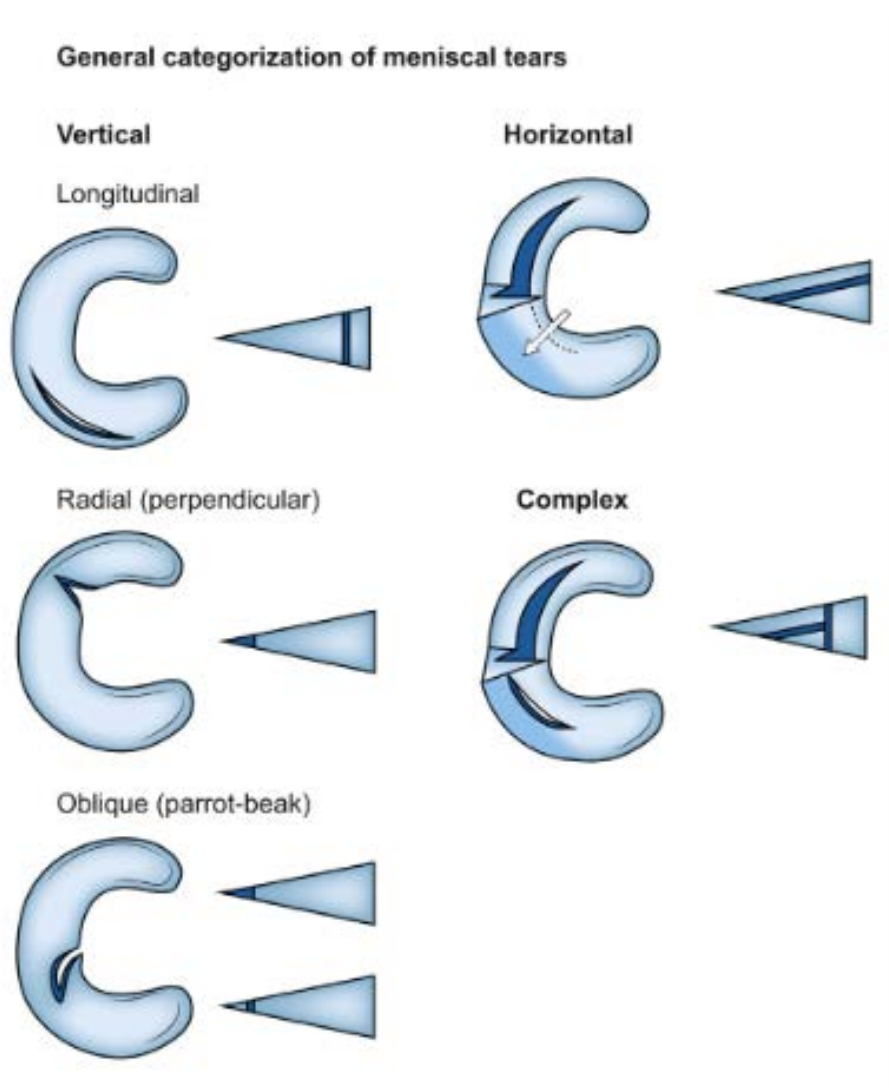
Magnetická rezonance má vysokou citlivost a specifitu pro diagnózu ruptur menisku. Nicméně se úplně nehodí na detekci fragmentů, a proto je nezbytné aktivně vyhledávat v místech, kde se běžně při ruptuře nachází. Patologie menisků se dělí na dvě kategorie:

- 1) Ruptury – projevují se změnou intrameniskálního signálu na PD sekvenci a T2 váženém obrazu. Za patologii se považuje, když jde ruptura vidět alespoň na dvou po sobě jdoucích snímcích nebo na snímku zobrazeném v různých rovinách. Vertikální a podélné ruptury jsou nejčastěji způsobeny traumatem. Vodorovné ruptury jsou častěji způsobeny degeneracemi a lokalizovány v kontaktu menisku s kloubní plochou. Čistá vodorovná ruptura rozděluje meniskus na dvě poloviny, které jsou paralelně vůči tibiální plošině.
- 2) Ztráta hmoty – degenerativní nebo traumatická léze menisku může mít za následek ztrátu tkáně, která je způsobena migrací a může vyústit až v separaci fragmentů. Vizualně se na magnetické rezonanci projevuje ztrátou typického trojúhelníkovitého tvaru. V extrémních případech může dojít až k úplné absenci menisku.

Ruptury menisku se rozlišují podle toho, zda jsou stále srostlé s původním tělem (flap tear) nebo jsou kompletně odtrženy (fragments). Fragments často migrují a mohou být nalezeny v kloubním prostoru nebo mimo původní uložení menisku.

Pro diagnostiku menisků na magnetické rezonanci se nejčastěji využívají T2 vážené obrazy, PD sekvence a jejich modifikace, které tvoří 2D řezy v základních třech rovinách. Nicméně se v poslední době spoléhá na rychlé spin echo sekvence, které jsou izotropní. Nejlépe se ovšem diagnostikují léze menisků s doplňující tukem potlačující sekvenci (Lecouvet et al., 2018).

Ilustrace 4: Typy ruptur menisku



Zdroj: [2]

Vazy

Vazy obvykle vykazují nízký signál na obrazech T1 i T2 a jsou charakterizovány ostrým ohraničením ve srovnání s okolními tkáněmi. Jedinou výjimkou je přední zkřížený vaz, který má mírně rozptýlenou strukturu na svém proximálním konci. Toto rozptýlení vyžaduje rekonstrukci i v koronárních řezech. Zadní zkřížený vaz obvykle není postižený a je dobře viditelný ve všech rovinách, přičemž je nejzřetelnější v sagitální rovině.

Kolaterální vazy jsou hodnoceny převážně v koronární rovině, ale občas se používají také axiální řezy pro zobrazení z předozadního pohledu. Vnější kolaterální vaz je menší než ten vnitřní

a má jen malou podpůrnou funkci. Proto také dochází častěji k poškození vnitřního kolaterálního vazů.

Ventrální patelární vazy jsou nejvýraznější v sagitálních řezech, kde jsou pozorovatelné podélně. Důležité je však zaměřit se na úpon v oblasti tuberositas tibiae, kde může docházet k aseptické nekróze.

Chrupavka

Při diagnostice chrupavky se využívá turbo-spin-echo nebo gradient-echo sekvence s potlačením signálu tukové tkáně. Hodnotí se pak šířka chrupavky, struktura a ohraničení (Trnavský a Rybka, 2006).

MR artrografie

Jedná se o vyšetření magnetickou rezonancí, které je obohaceno o aplikaci paramagnetické gadoliniové kontrastní látky. Dle místa aplikace se dělí na přímou a nepřímou artrografii.

Při přímé artrografii se kontrastní látka aplikuje přímo do kloubu pomocí punkce, což se odlišuje od běžné magnetické rezonance tím, že lépe odlišuje jednotlivé struktury kloubu díky distenzi kloubního pouzdra. Tímto způsobem je možné posoudit integritu kloubního pouzdra. Gadoliniová kontrastní látka (0,1 ml), která je paramagnetická a je před aplikací fyziologického roztoku (20 ml) ředěna. Během aplikace je klíčové dbát na to, aby nedošlo k náhodnému vstupu vzduchu do kloubu, což by mohlo vést ke vzniku artefaktů.

Nepřímá artrografie se liší od přímé podáním paramagnetické kontrastní látky nitrožilně v dávce 0,1 mmol/kg. Cílem je dosáhnout postkontrastního nasycení kloubu a nitrokloubní tekutiny. Je doporučeno aplikovat kontrastní látku alespoň půl hodiny před zobrazením a instruovat pacienta, aby aktivně pohyboval vyšetřovaným kloubem, aby se dosáhlo co nejlepší distribuce kontrastní látky.

Základem artrografického vyšetření je použití T1 vážených obrazů s potlačením tuku. Přímá artrografie se doplňuje ještě o PD nebo T2 sekvenci s potlačením tuku, aby šel zhodnotit celý kloub.

Indikace

Magnetická rezonance je schopna poskytnout detailní zobrazení pro diagnózu a obvykle poskytuje nejvíce informací o měkkých tkáních. Avšak kvůli dostupnosti a nákladům není často první volbou pro vyšetření (Trnavský a Rybka, 2006). Nicméně s rozvojem technologií se MR využívá čím dál častěji hlavně u sportovních zranění (Vomáčka a kol., 2023).

Kontraindikace

Ačkoliv magnetická rezonance nevyužívá nebezpečného ionizujícího záření, stále má na lidské tělo vedlejší účinky, které mohou být případnou kontraindikací. Kontraindikací nejsou pouze biologické účinky a působení magnetického pole na feromagnetické předměty, ale může se jednat o relativní kontraindikace psychického charakteru. Vyšetřovací gantry s cívkami jsou poměrně úzké, a to může vyvolat u pacientů s klaustrofobií v nejhorším případě neochotu spolupracovat. V tomto případě jde tuto situaci vyřešit poměrně jednoduše analgosedací či celkovou anestezií. Běžné vyšetření obvykle probíhá v prostředí s hlukem dosahujícím úrovní mezi 65 a 95 dB, který je způsoben pohybem gradientních cívek. Pro zvýšení komfortu a klidu pacienta se proto používají sluchátka pro tlumení hluku.

Biologické účinky jsou spíše teoretické a většinou ani ke vzniku nedochází. Přesto je dobré vědět, že mezi ně patří: hypertermie, mutace genů, porucha šíření nervového vzruchu, srdeční arytmie a svalové křeče.

Pro ženy v prvním trimestru těhotenství platí, že se nedoporučuje podstupovat vyšetření kvůli případným genetickým změnám plodu. Samozřejmě pokud jde o životu nebezpečný stav pacientky, je v jejím zájmu vyšetření provést. Po prvním trimestru se dokonce magnetická rezonance doporučuje jako preventivní diagnostika případných vývojových vad plodu.

V dnešní době se výrobci tělních implantátů pokouší vyrábět z materiálů kompatibilních s magnetickou rezonancí, aby mohly být ve vyšetřovně během datové akvizice. Samozřejmě stále dojde ke vzniku artefaktů ale vzhledem ke kvalitě dat lze tyto artefakty pominout. Do šesti týdnů se ale obecně nedoporučuje provádět akvizici dat, protože zasažené tkáně nemusí být ještě dostatečně zregenerovány a zcela optimální je provést vyšetření 3 měsíce od zákroku.

Výrobci elektricky řízených implantátů a kardiostimulátorů ušli dlouhou cestu a nejnovější typy těchto zařízení jsou MR kompatibilní. Každopádně aby mohl pacient prodělat vyšetření, je

nutné nastavit zařízení do režimu pro akvizici magnetickou rezonancí, aby nedošlo k poškození zařízení a nežádoucí smrti pacienta. Mimo jiné spadají do absolutních kontraindikací feromagnetická kovová tělesa v oku, které by nenávratně mohly poškodit zrak pacienta (Vomáčka a kol., 2023).

4.4 Ultrasonografie

V poslední době se ultrasonografie stala široce používanou zobrazovací metodou díky své minimální míře vedlejších účinků a dostupnosti. Díky své nízké ceně ve srovnání s jinými metodami se rozšířila do více oblastí specializace. Klíčovou vlastností této metody je rychlost, která je zvláště důležitá pro ambulantní oddělení. Ultrasonografické přístroje jsou vybaveny doplňky, které jsou navrženy speciálně pro potřeby každého oddělení (Vomáčka a kol., 2023).

4.4.1 Princip

Ultrazvuk je podélné mechanické vlnění šířící se prostředím jako zvuk. To znamená, že se šíří v podobě vln v pevném, kapalném i plynném prostředí. Přenos spočívá ve vytvoření silných intenzit ultrazvukového vlnění, které není spojeno s přenosem částic, ale využívá se pro přenos částic prostředí. Tyto zvukové vlny mají frekvenci nad 20 000 Hz, tato frekvence je hranicí vnímání lidského ucha. Rychlost šíření je závislá na fyzikálních vlastnostech a teplotě prostředí. (Rosina a kol., 2021). Více než 99,5 % času jsou ultrazvukové vlny přijímány a pouze necelých 0,5 % vysílány do tkání. Nejčastěji využívané frekvence pro diagnostiku jsou od 1 MHz do 18 MHz. Mezi fyzikální vlastnosti ultrazvuku patří:

- Odraz – Odráží se na rozhraní dvou prostředí kvůli rozdílné akustické impedanci.
- Rozptyl – Rozptyluje se na mikroskopických hranicích mezi strukturami.
- Lom – Dochází k lomu při průchodu rozhraním dvou médií, pokud není úhel dopadu kolmý.
- Absorpce – Průchod hmotou způsobuje úbytek části energie, která se transformuje na teplo.

(Vomáčka a kol., 2023).

Vysílání a přijímání ultrazvukových vln spočívá v přeměně elektrické energie na mechanickou a naopak. Tyto vlny vznikají v krystalu křemene nebo krystalu titaničnanu barnatého. Po mechanickém působení na piezoelektrické krystaly vzniká na protilehlých stranách opačný elektrický náboj – přímý piezoelektrický jev. Při opakovaném nabíjení piezoelektrického krystalu

v elektrickém poli, které se mění v čase, dochází k cyklickému střídání jeho smršťování, rozpínání a kmitání – nepřímý piezoelektrický jev. K detekci a vzniku ultrazvuku se používá ultrazvukový měnič uložený v sondě, která funguje jako vysílač a přijímač zároveň. Ten má za úkol konvertovat detekovaný elektrický signál na akustický a zároveň akustický signál na elektrický.

Ultrazvuk je zobrazovací metoda, která se řadí mezi metody s nejméně negativními účinky na lidské tělo. Mezi tyto negativní účinky patří:

- Mechanické účinky – Změna hustoty prostředí vede k rychlým tlakovým změnám, které mohou v malých objemech způsobit kavitace a také může dojít k expanzi plynu v kapalinách, které mohou způsobit rupturu tkání
- Teplotní účinky – Projevují se při použití terapeutického ultrazvuku a nejčastějším projevem je periostální bolest.
- Biologické účinky – Zvýšení propustnosti membrán, urychlení difuze v tkáních a metabolismu, porušení vodivosti nervových vláken.

(Rosina a kol., 2021)

Existují dva základní ultrazvukové postupy pro zobrazování. Prvním z nich je konvenční ultrasonografie:

- A mód – Vzniká jednorozměrné zobrazení, které prezentuje data ve formě křivky, znázorňující změny intenzity odraženého signálu v závislosti na čase, od doby jeho vyslání. V praxi je to poměrně náročné zobrazení pro lékaře, protože si musí dobře uvědomovat strukturu vyšetřované oblasti ve všech třech rozměrech.
- B mód – Vzniká jednorozměrné zobrazení, kde se amplitudy odražených signálů konvertují do stupňů šedi. Výsledkem je matice pixelů s různým jasem.
- M mód – Vzniká dynamické jednorozměrné zobrazení struktur. Jedná se o integraci časové stopy do B módu.

(Seidl a kol., 2012)

Druhou metodou je Dopplerovská ultrasonografie, která využívá Dopplerův jev k diagnostice krevního toku, cévních patologií nebo prokrvení tkání (Vomáčka a kol., 2023). Princip Dopplerova jevu popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného signálu oproti vysílanému. Při vzdalování přijímače od vysílače dochází ke snížení frekvence a při přibližování ke zvyšování. Hodnota, o kterou se změní frekvence se nazývá frekvenční posun – rychlost pohybu

červených krvinek. Pro tato vyšetření se využívají frekvence od 1 MHz do 10 MHz (Musil a kol., 2016).

Doplňkovou metodou pro vyšetření měkkých tkání je elastografie. Jedná se rovněž o neinvazivní metodu posuzující elasticitu tkání. Patologické stavy totiž mění jejich tuhost. Například maligní tumory zvyšují tuhost až 28krát (Heřman et al., 2021).

Tabulka 2: *Echogenita tkání*

Echogenita	Příklady tkání
Anechogenní	Kapaliny
Hypoechogenní	Ledviny, lymfatické uzliny
Střední echogenita	Játra, štítná žláza, slezina
Hyperechogenní	Steatická játra, hematom, cirhóza
Silné echo s akustickým stínem	Kosti, kalcifikace, plyn, kameny

Zdroj: (Heřman et al.,2021)

4.4.2 Vyšetření

Počátky ultrasonografie v diagnostice kolene věnovaly pozornost zachycování Bakerových pseudocyst a naplněných burz. Později se věnovala také pozornost ostatním útvarům kolene. Bohužel dochází ke tvorbě akustického stínu kvůli přítomnosti kostních struktur. Koleno se nejčastěji vyšetřuje v B módu. Pro povrchové struktury se využívají lineární sondy s frekvencí od 7,5 MHz, zatímco pro hlubší struktury je vhodnější sektorová sonda. Během vyšetření pacient leží na zádech. Poloha na břicho je nezbytná pouze pro vyšetření popliteární jámy.

Náplň kolenního kloubu

Ultrasonografické vyšetření odhaluje změny v objemu náplně kolenního kloubu již od 5 ml. Tyto změny se projevují v obrazu jako anechogenní. Zvýšený objem lze pozorovat suprapatelárně, laterálně a medaiálně. V dorzální oblasti může dojít až k posunu popliteárních artérií.

Menisky

Pro diagnostiku menisku se využívá sektorová sonda. Během tohoto vyšetření leží pacient na zádech s flexí kolen v pravém úhlu, což umožňuje zobrazit přední oblast menisků. V boční poloze se koleno zobrazuje ve flexi 25° pro vyšetření pars intermedia. Na břicho je sledována zadní

část menisků. Nepoškozený meniskus vykazuje charakteristický obrys černého trojúhelníku. Naopak trhлина se projevuje jako sytě čárkované echo s příčným průběhem. Pokud se ale zobrazuje čerstvá ruptura, je potřebné ji snímat v dokonalém kolmém pohledu. Při nálezů jakékoliv degenerativní změny, se změny projevují jako obláčkovité zvýšení echogenity v nepravidelném uspořádání.

Vazy

Patelární vaz je ideální pro diagnostiku ultrasonografií díky jeho anatomické poloze. Pro vyšetření je nejvhodnější lineární sonda, kterou se zobrazuje podélně a příčně. Na monitoru se v kolmé projekci chová hyperechogenně zatímco v šikmé projekci hypoechogenně. Patologické změny se řadí do pěti stupňů:

1. Rozšíření echa s poklesnutím echogenity
2. Rozšíření vazů se stejnou echogenitou
3. Rozšíření vazů se změnou echogenity vazů
4. Celkové rozšíření vazů se změnami echogenity bez ostrého ohraničení
5. Ruptura vazů

Pro rychlé zhodnocování patologií postranních vazů je vhodné použít ultrazvuk, protože se vazy nachází na povrchu a je k nim dobrý přístup. Využívají se lineární sondy s vodní předsádkou a zobrazují se v podélných řezech. Zkoumá se přítomnost hematomů a narušení průběhu.

Problém nastává při zobrazování zkříženého vazů. Nachází se totiž v ultrazvukovém kostním stínu. Ruptury zkřížených vazů nemusí být vůbec prokazatelné ultrazvukovým vyšetřením a můžou se projevovat maximálně jako hypoechogenní oblouk, tudíž se nejedná o optimální vyšetření.

Burzy

Zdravá burza vykazuje vzhledem k její struktuře hypoechogenní až anechogenní signál. Nejnáchylnější burzou k alteraci je bursa prepatellaris. Na ultrazvukovém vyšetření vykazuje náplň krví či výpotkem. Jsou případy, kdy je součástí burzy hmatný útvar, mezi které patří kalcifikace nebo výchlípka stěny cysty.

Chrupavčité a kostní povrchy

Ultrazvukem lze vyšetřit pouze povrchové chrupavky kloubního pouzdra. Zcela optimální je vyšetřovat koleno v maximální flexi – odhaluje chrupavky na styčných plochách kondylů. Na obrazu vypadá zdravá chrupavka jako anechogenní linie kopírující povrch hyperechogenní kosti a hodnotí se její výška s povrchem.

K vyhodnocování kostí se nejčastěji využívají rentgenové snímky, nicméně zde se využívá také ultrazvuk, pomocí kterého lze vyšetřit kostní povrch, subchondrální oblast a lze jím pomoci diagnostikovat revmatoidní artritidu. Dále se také posuzuje kloubní štěrbina a kloubního pouzdra.

Bakerovy pseudocysty

Jedná se o útvar, který je výborně detekovatelný ultrasonografickou diagnostikou, protože se nachází poblíž povrchu. Její obsah je vyplněn tekutinou, a proto vykazují hyperechogenní či anechogenní signál (Trnavský a Rybka, 2006).

Indikace

Vyšetření ultrazvukem je indikováno v přítomnosti Bakerovy pseudocysty, při podezření na poškození měkkých tkání nebo přítomnost volných kloubních tělísek.

Kontraindikace

Ultrazvukové vyšetření se nevyznačuje kontraindikacemi. Pro diagnostické frekvence nebyly dokázány žádné negativní účinky na tkáně nebo plod. Nicméně se doporučuje omezit Dopplerovské vyšetření na nezbytnou dobu při zobrazování plodu (Heřman et al., 2021).

5 Terapie

Terapie menisků závisí na rozsahu a konkrétní oblasti poranění. O volbě léčby rozhoduje ortoped, který bere v potaz klinické informace, snímky zobrazovacích metod a zkušenosti s obdobnými úrazy. Způsob terapie se odvíjí také od několika faktorů pacienta jako je jeho věk, očekávání od léčby, životní styl, zdravotní stav. Dále se volba také odvíjí od dodatečných informací léze (místo léze, typ, stav tkáně, etiologii a související léze).

Konzervativní léčba jsou zpočátku vhodné pro léčbu akutních poranění a jsou považovány jako prvotní metoda léčby degenerativních ruptur menisků. Zpočátku je důležité, aby bylo koleno v klidu bez zátěže, v ledovém obkladu, vyvýšené a chráněné či stáhnuté. Později je důležité zakomponovat do léčby posilování čtyřhlavého svalu stehenního a v případě potřeby analgetika, protizánětlivé léky nebo nitrokloubní injekce. Tato léčba by se měla zkoušet po dobu tří až šesti měsíců. Pokud pacientovy obtíže přetrvávají, je na řadě chirurgická léčba.

Operativní terapie nabízí v dnešní době tři metody léčby – meniskotomie, plastika menisku, rekonstrukce menisku.

Meniskotomie

Jedná se o odstranění menisku z kloubní dutiny, které může být provedeno částečně ale také totálně. Zákrok je možné provést otevřeně a artroskopicky. Nicméně totální meniskotomie se nedoporučuje, protože z dlouhodobého horizontu má negativní dopad na pacienta v podobě osteoartrózy. Částečná meniskotomie je nejčastěji využívaný zákrok částečných ruptur menisků. Hlavními důvody jsou rychlost procedury, nízká morbidita a dobré krátkodobé výsledky. Každopádně by se artroskopická parciální meniskotomie neměla provádět bez dostatečných diagnostických dat zobrazovacích metod a bez primární konzervativní léčby.

Plastika menisku

Tento chirurgický zákrok může být proveden artroskopicky nebo otevřeně. Nejvyužívanější metodou je tzv. inside-out technika, která spočívá ve fixaci trhliny pomocí stehů z intraartikulární oblasti. V případě trhlin na zadní straně se volí otevřený zákrok, aby nedošlo k poškození cév a nervů.

Rekonstrukce menisku

Rekonstrukční techniky se využívají pro náhradu parciální nebo totální resekce menisků. Jako náhrada za původní tkáň se používá vysoce porózní materiál, který je na bázi polyuretanu nebo kolagenních implantátů. Tato léčba má skvělé vyhlídky do budoucna v porovnání s plastikou menisku ale horší v porovnání s transplantací meniskálního aloštěpu (dále jen MAT). MAT se provádí artroskopicky nebo otevřeně. Tento chirurgický zákrok spočívá v náhradě menisku pomocí tzv. aloštěpu (Doral et al., 2018).

Terapie vazů se volí podle typu léze. Pokud dojde k natažení vazů, je důležité poskytnout kolenu odpočinek a používat ledové obklady. Jakmile bolest ustoupí, je vhodné postupně začít zatěžovat koleno a po dvou až čtyřech týdnech by mělo dojít k hojení. Parciální ruptura má dobrou prognózu a pro zahojení je dostačující dopřát kloubu klid a při větších bolestech fixaci v podobě ortézy či sádry. V případě nutnosti provedení chirurgického zákroku předního zkříženého vazů se upřednostňuje rekonstrukce v podobě intraartikulárních náhrad. Operace se provádí za použití šetrné artroskopické metody. Během artroskopie je důležité správně volit a umístit aloštěp, který slouží jako náhrada původního vazů. Volba štěpu je uzpůsobena životnímu stylu pacienta. Lze totiž předpokládat, že pacient s aktivním životním stylem bude potřebovat aloštěp, který bude odolávat vyšší zátěži oproti pacienta se sedavým životním stylem (Dungl, 2014).

Závěr

Vzhledem k nízké incidenci zranění během tréninku lze obecně říci, že se jedná o bezpečný sport. Je to způsobeno tím, že se nejedná o kontaktní sport. Je důležité, aby měl jedinec naučenou správnou techniku, protože se zvyšováním zvedané váhy roste riziko zranění. Nejčastější příčinou zranění bývá nadměrné opotřebené kolenního kloubu, které je zapříčiněno jedním nebo více faktory jako přetrénovanost, špatné používání pomůcek či nedbání na správnou techniku.

Nejčastěji poškozenými tkáněmi kolene jsou menisky a přední křížový vaz. Protože nejčastěji poškozenými strukturami jsou měkké tkáně, nejvhodnější metodou pro zobrazení je magnetická rezonance, pro kterou je charakteristické kvalitní zobrazování měkkých tkání s výborným kontrastem bez použití ionizujícího záření. Jelikož se ale jedná o časově náročné vyšetření, je volbou primárního vyšetření stále rentgen pro vyhodnocení kostních struktur.

Terapie vzniklých traumat lze provést operativně nebo konzervativně podle rozsahu zranění. Konzervativní léčba se nasazuje v případě, že nedošlo k úplné ruptuře měkkotkáňových útvarů. K operativnímu řešení se přistupuje v případě, když konzervativní léčba nezabrala nebo došlo k nadměrnému poškození, které nemá smysl léčit konzervativně.

Seznam zkratek

a. – arteria

AP – anterioposteriorní

AX – axiální

b – bursa

COR – koronární

CT – výpočetní tomografie

č. – číslo

dB – decibel

el. – elektronový

FS – fat saturation

HU – hounsfieldovy jednotky

kV – kilovolt

LAT – laterální

LCA – ligamentum cruciatum anterius

LCL – ligamentum colaterale laterale

LCM – ligamentum colaterale mediale

LCP – ligamentum cruciatum posterius

m – metr

MHz – megahertz

MR – magnetická rezonance

Obr. – obrázek

PD – proton density

rtg – rentgen

SAG – sagitální

TE – echo time

TR – repetition time

TSE – turbo spin echo

v.o. – vážený obraz

VRT – volum rendering technique

Seznam tabulek

Tabulka 1: Signály tkání podle typu obrazu	29
Tabulka 2: Echogenity tkání	37

Seznam ilustrací

Ilustrace 1: Diafyzální fraktury [1]	13
Ilustrace 2: Kloubní fraktury [1]	13
Ilustrace 3: Oblasti kolene AO systému [1]	14
Ilustrace 4: Typy ruptur menisku [2]	32

Seznam příloh

Příloha 1 Zobrazení kolenního kloubu

Obrázek 1: Rentgenový snímek kolen v zátěži, AP projekce	50
Obrázek 2: Rentgenový snímek kolen, AX projekce	50
Obrázek 3: Rentgenový snímek pravého kolene, LAT projekce	51
Obrázek 4: CT levého kolene, 3D VRT rekonstrukce, LAT zobrazení.....	52
Obrázek 5: Arthrografie kolenního kloubu v COR rovině.....	52
Obrázek 6: MRI kolene, T2 FS sekvence v COR rovině.....	53
Obrázek 7: MRI kolene, PD FS sekvence v SAG rovině	53
Obrázek 8: Ultrasonografie pravého kolene v podélném zobrazení	54

Zdroje obrázků

[I] Fakultní nemocnice Olomouc

[II] Radiopaedia dostupné z: <https://radiopaedia.org/cases/radial-tear-medial-meniscus#image-8975296>

[III] Radiopaedia dostupné z: <https://radiopaedia.org/cases/medial-meniscus-flap-tear-ct-arthrogram#image-53553002>

[IV] Radiopaedia dostupné z: <https://radsourc.us/partial-acl-tear/>

[V] Radiopaedia dostupné z: <https://radiopaedia.org/cases/parameniscal-cyst-and-meniscal-tear-ultrasound>

Zdroje

1. Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. (2017). *Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (ninth edition). Mosby.
2. *Pocket Atlas of Radiographic Positioning*. (2008) (2nd edition). Thieme.
3. Malíková, H. (2022). *Základy radiologie a zobrazovacích metod* (Druhé, aktualizované vydání). Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
4. Heřman, M. (2021). *Basics of radiology*. Palacký University.
5. Rosina, J., Vránová, J., & Kolářová, H. (2021). *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory* (2., doplněné vydání). Grada Publishing.
6. Seidl, Z. (2012). *Radiologie pro studium i praxi*. Grada.
7. Ferda, J., Mírka, H., Baxa, J., & Malán, A. ([2015]). *Základy zobrazovacích metod*. Galén.
8. Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Grada.
9. Vomáčka, J., Nekula, J., & Kozák, J. (2023). *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty* (Třetí, doplněné vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.
10. Meinberg E, Agel J, Roberts C, et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium–2018, *Journal of Orthopaedic Trauma*. Volume 32: Number 1; Supplement, January 2018
11. Naňka, O., & Elišková, M. (2019). *Přehled anatomie* (Čtvrté vydání). Galén.
12. Hudák, R., & Kachlík, D. (2021). *Memorix anatomie* (5. vydání). Triton.
13. Čihák, R. (2016). *Anatomie* (Třetí, upravené a doplněné vydání, ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK). Grada.
14. *Národní radiologické standardy - Výpočetní tomografie*. (2016). Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Retrieved March 15, 2024, from <https://mzd.gov.cz/vypocetni-tomografie/>
15. Musil, D. (2016). *Ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin* (2., přepracované a doplněné vydání). Grada Publishing.
16. Trnavský, K., & Rybka, V. (2006). *Syndrom bolestivého kolena*. Galén.
17. Dungal, P. (2014). *Ortopedie* (2., přeprac. a dopl. vyd). Grada.

18. Súkupová, L. (2018). *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Grada Publishing.
19. Lecouvet, F., Van Haver, T., Acid, S., Perlepe, V., Kirchengesner, T., Vande Berg, B., Triqueneaux, P., Denis, M. -L., Thienpont, E., & Malghem, J. (2018). Magnetic resonance imaging (MRI) of the knee: Identification of difficult-to-diagnose meniscal lesions. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 99(2), 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2017.12.005>
20. Žižka, J., Tintěra, J., & Mechl, M. ([2015]). *Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky*. Galén.
21. Aasa, U., Svartholm, I., Andersson, F., & Berglund, L. (2017). Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(4), 211-219. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096037>
22. Máček, M., & Radvanský, J. (c2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Galén.
23. Fakultní nemocnice Olomouc
24. *International Weightlifting Federation*. (© 2020). International Weightlifting Federation. Retrieved March 31, 2024, from <https://iwf.sport/weightlifting/the-two-lifts/>
25. Stone, M. H., Pierce, K. C., Sands, W. A., & Stone, M. E. (2006). Weightlifting: A Brief Overview. *Strength and Conditioning Journal*, 28(1), 1533-4295-28-1-50-7383. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2006\)28\[50:WABO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2006)28[50:WABO]2.0.CO;2)
26. Alqarni, A. M. (2019). Common injuries in resistance training. *Saudi Journal of Sports Medicine*, 19(2). https://doi.org/10.4103/sjism.sjism_4_20
27. Doral, M. N., Bilge, O., Huri, G., Turhan, E., & Verdonk, R. (2018). Modern treatment of meniscal tears. *EFORT Open Reviews*, 3(5), 260-268. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170067>
28. Bukhary, H. A., Basha, N. A., Dobel, A. A., Alsufyani, R. M., Alotaibi, R. A., & Almadani, S. H. (30.11. 2023). Prevalence and Pattern of Injuries Across the Weight-Training Sports. *Cureus*, 2023, 4-7. <https://doi.org/10.7759/cureus.49759>
29. Keogh, J. W. L., & Winwood, P. W. (2017). The Epidemiology of Injuries Across the Weight-Training Sports. *Sports Medicine*, 47(3), 479-501. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0575-0>
30. Vaudreuil, N. J., Rothrauff, B. B., de SA, D., & Musahl, V. (2019). The Pivot Shift: Current Experimental Methodology and Clinical Utility for Anterior Cruciate Ligament

31. Rupture and Associated Injury. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 12(1), 41-49. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09529-7>
32. Stone, M. H., Fry, A. C., Ritchie, M., Stoessel-Ross, L., & Marsit, J. L. (June 1994). Injury Potential and Safety Aspects of Weightlifting Movements. *Strength and Conditioning Journal*, 1994(3), 15-16.

Zdroje ilustrací

[1] Meinberg E, Agel J, Roberts C, et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium–2018, *Journal of Orthopaedic Trauma*. Volume 32: Number 1; Supplement, January 2018

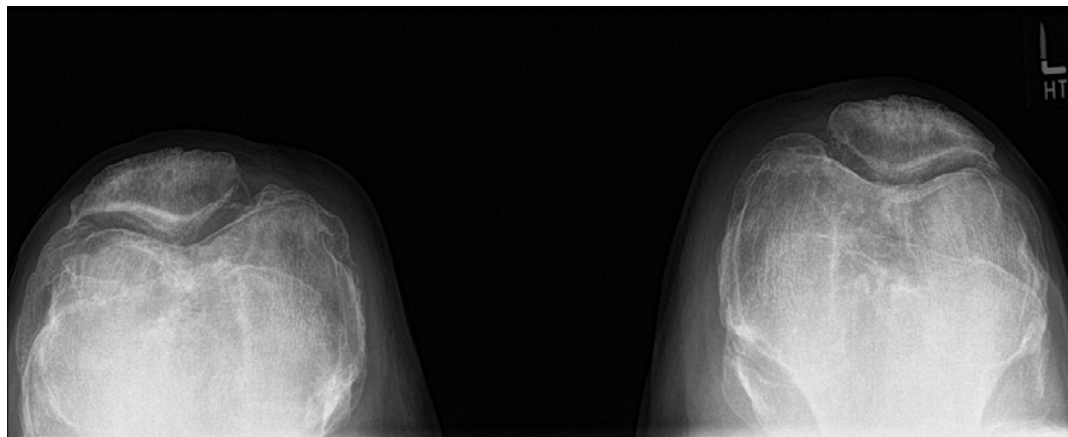
[2] Lecouvet, F., Van Haver, T., Acid, S., Perlepe, V., Kirchgessner, T., Vande Berg, B., Triqueneaux, P., Denis, M. -L., Thienpont, E., & Malghem, J. (2018). Magnetic resonance imaging (MRI) of the knee: Identification of difficult-to-diagnose meniscal lesions. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 99(2), 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2017.12.005>

Obrázek 1: *Rentgenový snímek kolen v zátěži, AP projekce*



Zdroj: [1]

Obrázek 2: *Rentgenový snímek kolen, AX projekce*



Zdroj: [1]

Obrázek 3: Rentgenový snímek pravého kolene, LAT projekce



Zdroj: [I]

Obrázek 4: CT levého kolene, 3D VRT rekonstrukce, LAT zobrazení



Zdroj: [I]

Obrázek 5: Arthrografie kolenního kloubu v COR rovině



Zdroj:[III]

Obrázek 6: MRI kolene, T2 FS sekvence v COR rovině



Zdroj: [II]

Obrázek 7: MRI kolene, PD FS sekvence v SAG rovině



Zdroj: [IV]

Obrázek 8: *Ultrasonografie pravého kolene v podélném zobrazení*



Zdroj: [V]