

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2017

**Žaneta Nejdlová**



FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví (B5345)

**Žaneta Nejdlová**

Studijní obor: Radiologický asistent (5345R010)

# **MAGNETICKÁ REZONANCE KOLENNÍHO KLOUBU**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Radek Süß

PLZEŇ 2017





Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 20. 3. 2017

.....

vlastnoruční podpis

## Poděkování

Děkuji panu Mgr. Radku Süssovi za jeho ochotu, odborné vedení práce, poskytování cenných rad a celkovou spolupráci při získávání údajů. Za obrazovou dokumentaci k praktické části této práce taktéž děkuji panu MUDr. Janu Kastnerovi.

## **Anotace**

Příjmení a jméno: Žaneta Nejdlová

Katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

Název práce: Magnetická rezonance kolenního kloubu

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Radek Süs

Počet stran - číslované: 45

Počet stran – nečíslované: 24

Počet příloh: 8

Počet titulů použité literatury: 26

Klíčová slova: magnetická rezonance, kolenní kloub

## **Souhrn:**

Bakalářská práce na téma Magnetická rezonance kolenního kloubu se skládá z části teoretické a z části praktické. Teoretická část má dvě kapitoly. V první kapitole je popsána anatomie kolenního kloubu, z čeho se kloub skládá a jak funguje. Dále jsou zde popsány patologické nálezy, které se mohou v koleni objevit a jejich hodnocení pomocí magnetické rezonance. Druhá kapitola popisuje princip fungování magnetické rezonance, z jakých částí se přístroj pro magnetickou rezonanci skládá a kontrastní látky

Praktická část je kvantitativní výzkum dělaný formou statistického šetření. Toto šetření se zabývá nejčastějšími indikacemi, postiženou anatomickou strukturou a operačními procesy po vyšetření magnetickou rezonancí. Statistická data jsou doplněna o kazuistiku k cílům práce, jako příklad.



## **Annotation**

Surname and name: Žaneta Nejdlová

Department: Department of paramedical rescue work and technical studies

Title of thesis: Magnetic Resonance Imaging of the Knee Joint

Consultant: Mgr. Bc. Radek Süss

Number of pages - numbered: 45

Number of pages – unnumbered: 24

Number of appendices: 8

Number of literature items used: 26

Keywords: magnetic resonance, knee joint

## **Summary:**

The bachelor thesis deals with the Magnetic resonance of knee joint. The thesis is divided into the theoretical and the practical part. Theoretical part has two chapters. In the first chapter is anatomical description of knee joint, its structure and its function. Furthermore, there are descriptions and magnetic resonance assessments of pathological findings that can appear in a knee. The second chapter describes the functioning of magnetic resonance, which parts is the machine for magnetic resonance made of and other contrasting substances.

The practical part deals with quantitative research practised by statistical investigation. This investigation concerns about the most common indications, infested anatomical structure and about surgical procedures after magnetic resonance check-up. Statistic data, as an example, are supplemented by the case studies to the objectives of the thesis.

## Obsah

ÚVOD.....	8
Teoretická část.....	10
1 Kolenní kloub – Articulatio genus .....	10
1.1 Stavba kloubu .....	10
1.2 Kloubní plochy .....	10
1.3 Menisky .....	10
1.3.1 Meniscus medialis .....	11
1.3.2 Meniskus lateralis .....	11
1.4 Patella.....	11
1.5 Vazivový aparát .....	12
1.5.1 Kloubní pouzdro .....	12
1.5.2 Vazy.....	12
1.6 Svaly .....	14
1.6.1 Extenzní aparát .....	14
1.6.2 Flexory.....	15
1.7 Šlachy okolních svalů .....	15
1.8 Chrupavka .....	16
1.8.1 Složení chrupavky .....	16
1.8.2 Struktura chrupavky .....	17
1.9 Kostní dřen.....	17
1.10 Burzy kolenního kloubu.....	18
1.11 Cévy a nervy .....	18
1.12 Pohyby kolenního kloubu .....	18
1.13 Hodnocení patologických nálezů.....	19
1.13.1 Postižení menisků.....	19
1.13.2 Postižení vazů.....	20

1.13.3	Postižení chrupavky a subchondrální kostní dřeně.....	21
1.13.4	Zánětlivá postižení kloubu - synovitidy .....	21
1.13.5	Výpotek v kloubní dutině .....	21
2	Magnetická rezonance.....	22
2.1	Teorie magnetické rezonance .....	22
2.2	Základní vyšetřovací postupy .....	24
2.3	Tvorba MR obrazu.....	25
2.3.1	Vnitřní podmínky .....	25
2.3.2	Vnější podmínky .....	26
2.3.3	Artefakty MR obrazu.....	26
2.4	MR sekvence.....	27
2.5	MR přístroje.....	28
2.5.1	Rozdělení magnetů .....	28
2.5.2	Gradientní magnetický systém .....	29
2.5.3	Cívky .....	29
2.5.4	Ovládací konzole .....	30
2.5.5	Stínění MR přístroje .....	30
2.6	Kontrastní látky.....	31
2.7	Indikace k MR vyšetření kolenního kloubu.....	32
2.8	Kontraindikace.....	32
2.9	Příprava pacienta a průběh MR vyšetření.....	32
	Praktická část.....	34
3	Cíle práce.....	34
3.1	Metodika .....	34
4	Statistika.....	35
5	Kazuistiky.....	39
5.1	Kazuistika 1 .....	39

5.2	Kazuistika 2 .....	41
5.3	Kazuistika 3 .....	43
5.4	Kazuistika 4 .....	45
5.5	Kazuistika 5 .....	46
	Diskuze .....	47
	Závěr .....	51
	Literatura a prameny .....	53
	Seznam zkratk .....	56
	Seznam grafů .....	58
	Seznam obrázků .....	59
	Seznam příloh .....	60
	Přílohy .....	61

## ÚVOD

Magnetická rezonance je vyšetření přinášející největší množství informací o jednotlivých strukturách kloubů, díky její nejvyšší rozlišovací schopnosti kontrastu měkkých tkání. Má tedy vysokou výpovědní hodnotu a oproti ostatním zobrazovacím metodám je na magnetické rezonanci nejlepší a nejpodrobnější rozlišení anatomických struktur velkých kloubů. Před samotným vyšetřením magnetickou rezonancí je potřeba zhodnotit její klady a zápory. Na jedné straně je vyšetření neinvazivní, nebyl prokázán negativní vliv ať už magnetického pole nebo radiofrekvenčních pulsů na lidské tělo. Na druhé straně je vyšetření hůře dostupné, trvá delší dobu a je cenově náročnější. Proto magnetické rezonanci ve většině případů předchází vyšetření pomocí jiných zobrazovacích metod, rentgenový snímek, ultrazvukové vyšetření nebo výpočetní tomografie. Především u složitějších případů, kdy se zvažuje intervenční výkon, indikaci posuzuje společně radiolog s klinickým lékařem. (1)

Kolenní kloub je považován za jeden z největších kloubů pohybového aparátu člověka. Je to tzv. kloub zátěžový, který při běžném pohybu musí čelit velkému zatížení, které se při pracovních a sportovních činnostech zvyšuje. Všechny jeho části jsou tedy vystaveny možnosti úrazu nebo postupujícímu opotřebování. V situacích, kdy je kolenní kloub poškozen v rámci systémových onemocnění kloubu, se stává tzv. diagnostickým oknem a slouží jako nápověda k odhalení daného patologického procesu. Jeho izolovaná postižení jsou naopak velkým problémem nejen v ortopedii, ale také v revmatologii. S tím souvisí jeho velká výhoda a to přístupnost všem vyšetřovacím metodám. Právě koleno je nejčastěji vyšetřovaný kloub na magnetické rezonanci. (1) (2)

Tato bakalářská práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části se věnuji obecnému popisu stavby kolenního kloubu, jeho funkce a přiblížení možných patologických procesů jednotlivých anatomických struktur kolene. Ve druhé kapitole teoretické části se zaměřuji na princip fungování magnetické rezonance, na které je nejčastěji vyšetřován již zmíněný kolenní kloub. Je zde popsán nejen princip magnetické rezonance, ale také způsob tvorby MR obrazu, její sekvence, stavba MR přístroje. V neposlední řadě také kontrastní látky, které se při magnetické rezonanci užívají a celková příprava pacienta na vyšetření včetně jeho kontraindikací.

V praktické části prezentuji výsledky kvantitativního statistického šetření, které je zaměřeno na indikace k vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí. Dále pak na nejčastěji postiženou anatomickou strukturu kolenního kloubu zjištěnou pomocí magnetické rezonance a na následné operace, ke kterým vede předchozí vyšetření magnetickou rezonancí. Toto statistické šetření je doplněno souborem kazuistik, které slouží jako ilustrace k daným cílům a jejich předpokladům.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 KOLENNÍ KLOUB – ARTICULATIO GENUS

### 1.1 Stavba kloubu

Kloub kolenní je pravděpodobně nejsložitější kloub v lidském těle, nejen díky své komplikované stavbě, ale i složité funkci (viz příloha 1). Kolenní kloub je podle anatomické nomenklatury kloubem složeným. Skládá se ze tří kostí femuru, tibie a patelly. Mezi prvními dvěma kostmi je vloženo pomocné zařízení zvané menisky. Díky tomu můžeme kloub rozdělit na několik částí a to kloub menisko – femorální, menisko – tibiální a kloub femoropatelární. (3)

### 1.2 Kloubní plochy

Kloubní hrboly kosti stehenní jsou v předozadním i příčném směru složitě zakřiveny. Zakřivení kloubních ploch se spirálovitě stupňuje směrem dozadu a vzhledem k prostorové orientaci a tvaru kondylů není stejné. Laterální kondyl je menší a stojí skoro sagitálně, vyčnívá více vpřed. Mediální větší kondyl se k laterálnímu svým předním okrajem stáčí a přibližuje. Vzhledem k tomu, že zakřivení kondylů femuru jsou větší a nesouhlasí s tvarem plošek tibie, stýká se femur při každém pohybu vždy jen malými okrsky tibie. Většinu styčné plochy pro femur proto reprezentují chrupavčité menisky. (4)  
(5)

### 1.3 Menisky

Menisky mají důležitou roli při udržení stability kloubu a ochraňují kloubní povrch skeletu (chrupavku) proti vzájemnému kontaktu a následnému možnému poškození. Jsou to z hustého vaziva na obvodu složené lamely postupně přecházející ve vazivovou chrupavku.

Co se týká magnetické rezonance, tak na koronárních i sagitálních řezech mají trojúhelníkovitý tvar (viz příloha 2) a ve všech typech MR sekvencí homogenně nízký signál. Transverzální řezy nejsou pro hodnocení menisků významné, jelikož se je zřídka kdy povede zachytit v jedné vrstvě. U struktury menisků si musíme uvědomit, že ke kloubnímu pouzdru, hlavně mediálně, přiléhají periferní části a ty se strukturálně liší od centrálních částí. Protože periferie je více prokrvena a má více tukové tkáně, je možné, že

její signál bude v T1 váženém čase a proton – denzitním obraze vyšší. U mladších pacientů může být nález výraznější, kvůli přetrvávajícím rozsáhlejšími okrskům vaskularizace. Gracilní vaz, ligamentum transversum spojující přední rohy obou menisků nejčastěji zachytíme příčně na sagitálních řezech. Vaz můžeme posoudit podélně na koronárních řezech. Další z drobných vazů lig. meniscofemorale anterius nebo-li Humphryho vaz a lig. meniscofemorale posterius, jinak Wrisbergův vaz nejčastěji hodnotíme na sigitálním řezu. Vzácně je možné je zachytit podélně na koronárním řezu. Klinicky mají minimální význam, i když hrají určitou roli při fixaci menisků. Nebývají postiženy samostatně, vždy jsou spojené s postižením jiných struktur kloubu. (1) (5) (6)

### **1.3.1 Meniscus medialis**

Je poloměsíčitý a velikostně větší. Rohy meniskus medialis se upínají na přední i zadní interkondylární plochu. Ve střední části je meniskus srostlý s vnitřním kolaterálním vazem a je tedy upevněn ve třech bodech, což jsou oba cípy a střední partie. Díky tomu není tak pohyblivý. Meniskus ponechává ve středu tibiálního kondylu prohloubenou oválnou plošku. Kvůli své omezenější pohyblivosti je mediální meniskus častěji poškozován. (4) (7)

### **1.3.2 Meniskus lateralis**

Laterální menisku je prakticky kruhový. Přední cíp je upnutý u předního zkříženého vazy, ten do něj občas vysílá ojedinělá vlákna. Na zadní interkondylární plochu je upnutý zadní cíp. Prakticky je vzhledem ke svému tvaru uchycen v jednom místě, přední a zadní cípy se téměř dotýkají. Díky tomu je zevní meniskus mnohem více pohyblivý. Hlavně v mírných flexích (15°- 30°) v kolenním kloubu. (4) (5) (6)

## **1.4 Patella**

Patella nebo-li česka má srdčitý, trojúhelníkovitý tvar a je největší sezamskou kostí v lidském těle. Dotýká se jen stehenní kosti, pomocí tukových polštářků je oddělena od kosti holenní. Hlavní část šlachy m. quadriceps femoris je upnuta na přední plochu česky (facies anterior), která přes drsnou plochu přechází do ligamentum patellae (českového vazy). Facies articularis, zadní, kloubní plocha přiléhá na přední plochu femuru, mezi kondyly a zde je povlečena velmi silnou chrupavkou. Tato plocha je podélně zalomena oblým, nevysokým hřebenem rozdělena ve dvě fasety. Laterální fasete je obvykle větší oproti menší mediální fasetě. Rozlišujeme šest základních typů česky (viz příloha 3). (4) (5) (6) (8)



## 1.5 Vazivový aparát

### 1.5.1 Kloubní pouzdro

Největším synoviálním prostorem lidského těla je právě dutina kolenního kloubu. Členění této dutiny je spojeno s uspořádáním synoviální vrstvy pouzdra. Fibrózní a synoviální vrstva se od sebe liší nejen úpravou, ale i členitostí. Kloubní pouzdro se upíná 0,5 – 2 cm od kloubní chrupavky na kosti stehenní. Na česce a kosti holenní je upnuto u okraje kloubní chrupavky.

Fibrózní vrstva se začíná upínat na femuru 1 – 1,5 cm od kloubních ploch. Tvoří variabilní záhyb a vychlipuje se na přední straně proximálně pod čtyřhlavý stehenní sval. Na tibií se připíná k bázi středních úseků obou menisků. Vpředu bývá kloubní pouzdro slabé, zesilovat začíná v oblasti postranních vazů. K jeho zesílení napomáhá vnitřní a zevní postranní vaz.

Synoviální vrstva je mnohem členitěji uspořádána, tvoří řasy, které mohou mít klinický význam. Směrem dopředu se odděluje od fibrózní vrstvy, v tu chvíli se mezi řasami objevuje silnější vrstva areolárního tukového vaziva. Toto vazivo tvoří tukový polštář, který je klinicky nazývaný Hoffovo těleso. V dorzální části Hoffova tělesa dochází ke spojení dvou synoviálních listů, které vytváří synoviální pruh, procházející sagitálně, plica synovialis patellaris, klinicky, plica infrapatellaris. Upíná se na femur v okruhu Grantova žlábků. V této řase je vetkáno velké množství cév. Plica mediopatellaris je vertikálně probíhající řasa, která vytváří zdvojení synoviální vrstvy u mediálního kondylu femuru. Poloměsíčitá, transversálně probíhající řasa je plica suprapatellaris, která se odděluje od mediálního kondylu femuru, nad jeho horním okrajem. (4) (6) (9)

### 1.5.2 Vazy

Kolenní kloub má nejmohutnější a nejkomplikovanější vazivový aparát v lidském těle. Vazy v kolenním kloubu můžeme rozdělit podle funkce a anatomického umístění na vazy zkřížené, vazy kolaterální, vazy patelární, vazy menisků. (4) (6)

#### 1.5.2.1 Vazy zkřížené

Zkřížené vazy jsou zajímavé a také nejmohutnější stabilizátory kolenního kloubu. Uloženy jsou ve fossa intercondylaris femoris. Jsou tvořeny řadou snopců o různém začátku, délce i úponu. K jejich oddělení dochází pomocí řídkého vaziva, kde probíhají nervy a cévy. „Přední“ a „zadní“ označení není zcela přesné, je odvozeno od tibiálního úponu.

Jejich femorální začátky mají však obrácenou orientaci. Během pohybu se uspořádání vazů mění. Následující popis je ze základního postavení kloubu, které nazýváme extenze.

Začátek ligamentum cruciatum anterius se nachází v oblasti dorzální části mediální plochy zevního kondylu femuru. Ubírá se směrem šikmo dolů, vpřed a mediálně. Umělé rozdělení na dvě části spočívá v delší, ale slabší anteromediální části, která tvoří přední a horní okraj vazů, dále pak kratší a silnější části posterolaterální, ta tvoří dorzální a spodní okraj vazů. Obě tyto části se kříží ve svém středu při 90° flexi. Přední zkřížený vaz bývá poškozován nejčastěji, proto je při MR vyšetření upravená orientace sagitálních řezů podle jeho postupu. Vzhledem k ostatním strukturám mají vazy celkem ostré ohraničení. Také mají nízký signál v T1 a T2 obrazech. Výjimkou je úpon předního zkříženého vazů na tibií, bývá rozvlákněný, čímž stěžuje hodnocení. Zde jsou výhodné koronární řezy, kde je tento úpon dobře posouditelný. (viz příloha 4).

Ligamentum cruciatum posterius je mnohem méně nápadnou strukturou, jelikož můžeme vidět pouze femorální začátek. Probíhá strměji než přední zkřížený vaz. Ve středu se nachází jeho nejslabší část a kaudálně se znovu rozšiřuje. Vaz můžeme znovu rozdělit na dvě části a to posteromediální silnější a anterolaterální slabší část. Přes řídké tukové vazivo, které se nachází mezi dorzální plochou vazů a přilehlou částí pouzdra, prochází cévy a nervy k oběma vazům. Oba vazy jsou skoro stejně dlouhé, ačkoliv zadní zkřížený vaz je asi o třetinu silnější než přední, proto se považuje za nejmohutnější vaz kolenního kloubu. Oproti přednímu zkříženému vazů je zadní zkřížený vaz obvykle dobře posouditelný ve všech sekvencích. Jeho postižení je také méně obvyklé. Nejlépe se zobrazí na sagitálních řezech, kde můžeme vidět celý průběh a hladké ohraničení. Částečně je zachycen na koronárních řezech, podélně dorzální část, příčně ventrální část. Pro zjištění celkové šíře vazů je vhodný právě koronární řez. (1) (4) (5) (6)

### **1.5.2.2 Vazy kolaterální**

Kolaterální vazy se hodnotí převážně jen v koronárních řezech, může se však ojediněle hodnotit i pomocí řezů transverzálních kvůli zhodnocení předozadního rozměru vazů.

Vnitřní kolaterální vaz (lig. collaterale tibiale) pokrývá většinu mediální části kloubu. Tento vaz je vcelku široký a plochý, jeho zadní část je pevně srostlá s kloubním pouzdrem a vnitřním meniskem. Při traumatu dochází poškození tohoto spojení a nastává tzv. meniskokapsulární separace. Stabilizuje koleno při extenzi, kdy je zcela napjat.

Kolaterální vaz vnější (lig. collaterale fibulare) je téměř oválné sdužení vláken, které směřují od laterálního epikondylu k hlavičce lýtkové kosti. Od kloubního pouzdra je vaz oddělen vrstvou řídkého vaziva. Vaz nijak zvlášť nesouvisí s vnějším meniskem. Velmi zřídka dochází k jeho postižení, objevuje se jen při celkových a rozvinutých traumatických změnách v kloubu. Zahrnuje se mezi stabilizátory kolenního kloubu, díky jeho celkovému napětí při extenzi. (1) (6)

### **1.5.2.3 Vazy patelární**

Tyto vazy se rozdělují do dvou skupin a to ventrální a patelární retinakula. Do ventrální skupiny je zahrnut horní a dolní patelární vaz. První skupinu je optimální zobrazovat podélně v sagitálních řezech. Pozornost musíme věnovat u dolního patelárního vazů přední části epifýzy tibie, zde může dojít k postižení aseptickou nekrózou. Druhá skupina, patelární retinakula jsou důležitá při fixaci číšky. Pro hodnocení je nutnost zhotovení cílených transverzálních řezů. (1)

## **1.6 Svaly**

S kolenním kloubem je spojena řada svalů. Dají se rozdělit podle funkce na flexory a extenzory. Vytvářejí v kloubu volní pohyby kolem dvou os a to flekčně – extenční a rotační osy. (6) (3)

### **1.6.1 Extenzní aparát**

Extenzní aparát je tvořen nejen svalem, ale i číškou, jejími retinakuly a ligamentum patellae. Musculus quadriceps femoris je jediný extenzor a nejmohutnější sval v lidském těle. Je inervován pomocí nervus femoralis a má čtyři hlavy.

Nejmohutnější hlavou toho svalu je m. vastus intermedius, který je uložen nejhluběji. Tvoří silnou základní šlachu. Ze zadní části svalu odstupují dva až čtyři svazky a ty se upínají do recessus suprapatellaris. Tímto se vytvoří sval, který brání proti uskřinutí pouzdra při pohybu a to m. articularis.

Nad kolenem se mění m. rectus femoris v úzkou plochou šlachu, který probíhá přes přední část m. vastus intermedius. Snopce této šlachy přecházejí do lig. patellae. Příčný stehenní sval je dobře viditelný během kontrakce na přední straně stehna. Jako celý čtyřhlavý sval stehenní zajišťuje extenzi kolenního kloubu.

M. vastus medialis se nachází na vnitřní straně stehna v jeho dolní třetině. Mezi ostatními hlavami má významné postavení, je možné ho rozdělit podle funkce na dvě

rozdílné části. V rámci čtyřhlavého stehenního svalu zajišťuje natažení či-li extenzi kolene. Jeho druhá část má významnou funkci a to vnitřní rotaci bérce. Obě části jsou od sebe rozděleny fasciálním septem a každou zásobuje samostatná větev n. femoralis. Během nehybnosti kolene je nejnáchylnější k hypotonii až atrofii.

Strukturálně podobný m. vastus medialis je jeho protějšek m. vastus lateralis. Najdeme ho na laterální straně stehna skoro po celé délce. Opět se jako ostatní hlavy podílí na extenzi kolene a stará se o zevní rotaci bérce. (3) (6) (7) (10)

### 1.6.2 Flexory

Flexory se nazývají hamstrings. Zahrnují m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimebranosus, které inervuje nervus ischiadicus. Do této skupiny také patří m. sartorius a m. gracilis, který spadá i do svalů bérce stejně jako m. popliteus a m. gastrocnemius. Většina z těchto svalů slouží i jako vnitřní rotátory kromě m. gastrocnemius, který má posturální funkci a m. biceps femoris, ten zajišťuje rotaci zevní.

M. biceps femoris má krátkou a dlouhou hlavu jejich dolní úpon spočívá na hlavičce kosti lýtkové. Horní úpon má každá hlava jinde, krátká hlava na zadní části kosti stehenní a dlouhá hlava na hrbolu kosti sedací. Tento sval koleno ohýbá a podílí se na zevní rotaci bérce.

M. semitendinosus tvoří společně s m. sartorius a m. gracilis pes anserinus. Tato skupina svalů nemá úplně přímo vztah s kloubním pouzdrem a upínají se na přední stranu bérce. M. semimembranosus se však upínají k mediálnímu kondylu zezadu k horní části tibie, sval dále pokračuje v lig. popliteum obliquum.

Významným vnitřním rotátorem, ačkoliv se řadí mezi flexory, je m. popliteus, což je plochý a celkem malý sval. Má laterální a mediální část. Při horním úponu na zadní straně laterálního kondylu femuru je sval úzký. Dole se upíná na mediální kondyl kosti holenní, tam se jeho břicho rozšiřuje. Stará se nejen o ohýbání kolene, ale i o vnitřní rotaci bérce. (5) (6) (11)

## 1.7 Šlachy okolních svalů

Důležité šlachy vyskytující se v oblasti kolenního kloubu jsou především, šlacha svalu m. biceps femoris, která je součástí laterálního podpůrného aparátu. Dále šlacha m. semimebranosus a m. semitendinosus, které se nacházejí laterodorzálně od kloubu, šlacha

m. popliteus, ta může napodobovat obraz ruptury zadního rohu laterálního menisku. V neposlední řadě také šlacha m. quadriceps femoris. (1) (9)

## 1.8 Chrupavka

Chrupavka kolenního kloubu představuje určitou mezenchymální tkáň, díky které má mezibuněčná hmota pevnou konzistenci. Mezibuněčná hmota zajišťuje pevnost a pružnost chrupavky, tím je odolná vůči mechanickým stresům. Kloubní chrupavka má pružný a hladký povrch, který při dopadu tlumí náraz a umožňuje hladký klouzavý pohyb kostí. Podle stavu chrupavky se určuje biologické stáří kloubu.

Intraartikulární chrupavka se chová jako hyalinní chrupavka, kromě embryonální fáze neobsahuje cévy ani nervy. Vrstva polysacharidů, tzv. chondrální membrána se nachází na povrchu chrupavky, právě tato vrstva snižuje tření díky lubrikačnímu efektu. Chrupavka je vyživována prostupem ze synoviální tekutiny a ze subchondrálních cév. Typickým znakem chrupavky kolene je nízká koncentrace kyslíku a anaerobní metabolismus.

Pro zobrazení chrupavky jsou vhodné typy sekvencí jako je gradient-echo nebo turbo-spin-echo se saturací signálu z tukové tkáně. Tyto typy sekvencí volíme kvůli středně intenznímu signálu chrupavky ve standardních spin-echo sekvencích. Na vzniklých obrazech hodnotíme šířku vrstvy chrupavky, strukturu i ohraničení. (1) (12)

### 1.8.1 Složení chrupavky

Zdravá chrupavka obsahuje za normální situace jeden typ buněk a to chondrocyty, vznikají z nerozlišených mezenchymálních buněk. Syntézu a stabilizaci vnitřního prostředí extracelulární matrix zajišťují právě chondrocyty. Základní části matrix jsou kolageny, proteoglykany, kyselina hyaluronová, glykoproteiny.

Kolagen tvoří síťovinu ve formě fibril a vláken a dodává chrupavce tvar. Z největší části se v síťovině nachází kolagen typu II. Kolagen typu IX zodpovídá za uchycení proteoglykanů v síti a kolagen typu VI zajišťuje mechanickou ochranu.

Proteoglykan specifický pro kloubní chrupavku je agrekan. Je to protein, který se váže na kyselinu hyaluronovou, na její dlouhé molekuly je napojeno asi 200 proteoglykanů a tvoří proteoglykanové agregáty. Tyto makromolekuly zlepšují odolnost a pružnost tkáně.

Kyselina hyaluronová se nachází v synoviální tekutině a tam napomáhá k viskoelasticitě a stabilitě vnitřního prostředí.

K zástupcům glykoproteinů se řadí spojovací protein, fibronectin a chondronektin, které jako makromolekuly zajišťují přilnavost chondrocytů ke kolagenu matrix. 90% hmotnosti chrupavky tvoří extracelulární matrix, který má velký obsah vody. Méně než zbylých 10% jsou chondrocyty. (12)

### **1.8.2 Struktura chrupavky**

Chrupavku můžeme rozdělit na základní 4 zóny, povrchovou, přechodnou, radiální a zónu kalcifikované chrupavky. Zóny se navzájem prolínají a každá má jinou morfologickou podobu. Buňky v těchto zónách se liší nejen tvarově, velikostně, ale také metabolickou činností.

V zóně povrchové dochází ke snížení přímého kontaktu chondrocytů s kloubním povrchem a to díky vrstvě ochranného filmu tvořeného z jemných fibril malých polysacharidů. Pod touto vrstvou se nacházejí chondrocyty produkující matrix, která obsahuje hodně kolagenu, ale málo proteoglykanů.

Přechodná zóna obsahuje buňky sférického tvaru, které mají velké množství syntetických organel, endoplasmatického retikula a vyvinutý Golgiho komplex.

Pro radiální nebo-li hlubokou zónu je typické velké množství proteoglykanů, nejvyšší koncentrace agrekanu a nízké obsazení dekorinu, biglykanu a vody. Právě radiální vrstva a přechodná mají největší podíl na odolávání chrupavky kompresním silám a zátěži při dopadu.

Poslední zóna, zóna kalcifikované chrupavky má návaznost na subchondrální kost a je z části kalcifikovaná. Obsahuje malé množství chondrocytů, které mají málo syntetických granul, endoplasmatického retikula a Golgiho membrán. (12)

## **1.9 Kostní dřev**

Chrupavka a kostní dřev mají přímý vztah, bylo potvrzeno, že chrupavka je vyživována ze subchondrální kostní dřevě. Jakmile dojde k postižení kostní dřevě, nese za následek i postižení chrupavky a tím i poruchu funkce samotného kloubu. Pro zobrazení kostní dřevě naprosto stačí standardní spin-echo sekvence, kdy má dřev vysoký signál v T1 obraze kvůli množství tukové tkáně. V tomto obraze se potvrdí její postižení nejlépe. T2

obraz slouží k zobrazení pokročilejších stádií abnormalit dřene. Tato struktura a její postižení lze hodnotit výhradně jen za pomoci MR. (1)

## 1.10 Burzy kolenního kloubu

Okolo kloubu v řídkém vazivu se vyskytují burzy nebo také tíhové váčky v podobě dutin o různých velikostech, vystýlá je synoviální membrána. Jsou vyplněny tekutinou, která je obdobou kloubní synovie. Burzy se nacházejí v bodech tlaku a tření. V oblasti kolenního kloubu se vyskytuje více než 20 burz. S kloubní dutinou komunikují burzy konstantní. K těm nejdůležitějším se řadí bursa suprapatellaris, burza nadčéšková. Ta je umístěna mezi kostí stehenní a m. quadriceps femoris. Z burz, které nejsou s kloubní dutinou propojeny, nekonstantní burzy, mají velký význam ty, které na přední ploše česky oddělují jednotlivé vrstvy. (6) (5) (9)

## 1.11 Cévy a nervy

Do bohaté cévní sítě, rete articulare jsou přiváděny tepny z a. femoralis a a. poplitea. Na přední stranu přichází a. descendens genus a stejně tak i r. descendens arteriae circumflexae femoris lateralis. Z a. poplitea jsou na přední stranu přiváděny a. superior medialis genus a a. superior lateralis genus, na zadní stranu a. media genus. K vnitřní a zadní straně kloubu přichází a. inferior medialis genus a k zadní a zevní straně pak a. inferior lateralis genus. Ze samostatné sítě rete patellare vycházejí cévy do oblasti pately a kosti.

Perartikulární pleteň tvoří žíly kloubu kolenního, ty pak odstupují podél přivodných tepen kolena.

Podél kolenního kloubu se táhnou velké nervové kmeny, z nichž přicházejí právě nervy kolene. Pro přední část pouzdra kloubního přichází z n. femoralis n. saphenus a z toho r. infrapatellaris. Větve z n. femoralis vedou pomocí svalových vláken do stěn recessus suprapatellaris pro m. quadriceps femoris. Pro vnitřní dvě třetiny zadní části kloubního pouzdra přicházejí vlákna z n. tibialis, pro laterální třetinu zas z n. fibularis communis. Vlákna z nervových pletení kloubního pouzdra vstupují až do menisků a vazů zkřížených. (5)

## 1.12 Pohyby kolenního kloubu

Aktivní pohyby kloubu lze rozdělit na flexi, která má rozsah 130° - 160°, extenzi a vnitřní (17°) a zevní (21°) rotaci. Další pohyby mají malý rozsah, jsou pasivní a provádíme

je např. během vyšetřování. Základním postavením kolene je plná extenze, kdy jsou v napětí postranní vazy a všechny vazivové útvary v zadní části kloubu. Femur, menisky a tibie jsou ve společném pevném kontaktu. Tento stav je označován jako „uzamknuté koleno“. Pohyb kolene z flexe do extenze je velmi složitý a probíhá kombinací třech dalších souhybů. První je iniciální, počáteční rotace, kdy se tibie otáčí směrem dovnitř a je propojena s flexí v prvních 5° pohybu. Zevní kondyl rotuje a kondyl mediální se posouvá. Během této fáze dojde k odemknutí kolene. Nastává pohyb valivý, kdy se femur valí po plochách, které jsou tvořeny tibií a oběma menisky. Závěrečná část je posuvný pohyb. Spojení femuru s tibií a menisky je posouváno směrem dozadu po tibií. Konec flexe probíhá v meniskotibiálním spojení. Posun laterálního menisku je mnohem větší (12mm) oproti posunu mediálního (6mm). Při těžkých rotačních pohybech je proto mediální meniskus, který je méně pohyblivý, ohroženější. Během extenze probíhá celý děj opačně.

Rozsah pohybu kolenního kloubu při flexi je tedy 130°- 160°, ale aktivně lze vykonat flexi pouze do 140°. Zbývá 20°, kterých lze dosáhnout pasivně a to např. dřepem, kdy tělo svou hmotností stlačí svalové hmoty.

Extenze může z jejího základního postavení, plné extenze, pokračovat malým extenzním pohybem asi o 5°. Dostane se do tzv. hyperextenze, která u zdravého kloubu může být až 15°, ale neměla by přesáhnout.

Samostatnou rotaci, vnitřní i zevní, lze provést jen za současného průběhu flexe, kdy je kloub „odemknutý“. K rotacím dochází v meniskotibiálním skloubení, kdy se zároveň posouvají menisky. Závislost rozsahu těchto rotací spočívá ve stupni ohnutí a s rostoucí flexí se rozsah zvětšuje.

Osa tahu m. quadriceps femoris s osou lig. patellae tvoří poměrně ostrý úhel a to tzv. Q- úhel (viz příloha 5), který má 10 - 15°. Existují tři hmatné body, podle kterých lze Q – úhel nahmatat: spini iliaca anterior inferior, střed číšky a tuberositas tibie. (3) (4) (5) (6)

## **1.13 Hodnocení patologických nálezů**

### **1.13.1 Postižení menisků**

Nejčastěji postihují menisky abnormality jako degenerativní změny a ruptury, které v rámci MR rozdělujeme do tří skupin. Stupeň I. jsou degenerativní změny, které jsou vidět T1 a PD obrazu jako tečkovité navýšení intenzity. Stupeň II. je představující



představeň ruptury s proužkovitým tvarem. Histologicky představují oba tyto stupně rozvláknění kolagenové struktury tkáně menisků a mohou působit klinickou symptomatologií, nejčastěji bolest. Jelikož tato postižení nekomunikují s kloubní dutinou nelze je posoudit pomocí artroskopie. Bylo zmíněno, že představují představeň ruptury, tím nabývá na důležitosti jejich diagnóza na MR a proto je nutné jejich sledování. Třetí jsou samotné ruptury, které se dají potvrdit artroskopicky, protože komunikují s kloubní dutinou. Důležité při hodnocení na MR je posouzení jejich typu, uložení a místo, kde komunikují s kloubní dutinou, slouží jako vodítko při endoskopickém vyšetření. Senzitivita i specifita MR vyšetření při odhalování postižení menisků je mnohem větší než specifita artroskopie. Rozpoznáváme Několik typů samotných ruptur: horizontální ruptura, vertikální, šikmá ruptura, komplexní ruptura, přetržení menisku s dislokací fragmentu.

Tzv. macerace menisku je zvláštní stav, kdy dochází k postupnému vstřebávání tkáně menisku během patologického procesu v kloubu, jako je zánět nebo častěji artróza.

Vztah k meniskům mají i další anomálie a to tzv. parameniskální cysty nebo ganglion. Je to patologický souhrn zhuštěné tekutiny, která vznikne v závislosti na ruptuře menisku. Častěji se parameniskální cysty nacházejí v laterální části kloubu, kvůli lepší fixaci menisku mediálního. K jejich nalezení postačí ultrazvukové vyšetření.

Vrozenou vývojovou vadou, která představuje predilekci poškození menisku je diskoidní meniskus, který můžeme pozorovat především u dětí. Má vysokou lomivost a tím pravděpodobněji dojde během traumatu k poškození.

U pooperačních stavů je nutné zjistit možné praskliny zbylé části po jeho parciální resekci. Po resekci části nebo celého menisku dochází často k následnému poškození chrupavky a skeletu, osteochondronekróza. To následně způsobí přetěžování chrupavky.  
(1) (9)

### **1.13.2 Postižení vazů**

Přední zkřížený vaz je nejčastěji poškozeným vazem a jeho postižení je většinou spojeno s rupturou menisků. Existují nepřímé známky ruptury tohoto vazů a je nutné je znát kvůli jeho složitějšímu zobrazení. Edém kostní dřevě v zadní části tibie, odpovídající s částí laterálního kondylu femuru, ventrální posun tibie, nerovný průběh dorzálního

zkříženého vazů. V případě náhrad předního zkříženého vazů je zobrazení na MR složitější a musí se provádět 3D sekvence s tenkými řezy a rekonstrukcí.

Zadní zkřížený vaz je postižen vzácně. Na MR je lépe ohraničen a jeho hodnocení je tedy snadnější. K jeho postižení dochází během hyperextenzního poranění kloubu.

Vzácnější je poškození vazů patelárních. Díky pevnosti horního a dolního vazů dochází k postižení minimálně stejně jako u retinakul, kde je nutné zhotovit transverzální řezy.

Natržení vnějšího kolaterálního vazů je vzácné, protože se na vnějším podpůrném aparátu podílí velmi málo a nikdy není izolované. Oproti tomu vnitřní kolaterální vaz bývá poškozen často. Tento vaz je dobře vyšetřitelný jednak klinicky a jednak ultrazvukovým vyšetřením, proto zde nemá MR tak důležitý význam. (1) (9)

### **1.13.3 Postižení chrupavky a subchondrální kostní dřevě.**

Chrupavka je vyživována subchondrální kostní dřeví, proto se řadí do jedné skupiny. Postižení chrupavky mohou být izolovaná, chondromalacie a postižení skupiny chrupavka – kostní dřevě a to jsou tzv. osteochondronekrózy (viz příloha 6). Izolovaná postižení lze najít především na česce. Vytvářejí se jako následek přetížení nebo intraartikulárních zánětlivých změn. Jako následek traumatu nebo degenerativních změn vznikají osteochondronekrózy. Výhodou je dobré hodnocení na MR i na standardních spi-echo sekvencích. Pokud chceme posuzovat detailně, je lepší použít gradient-echo sekvence se saturací tuku. Při traumatickém postižení kloubu dochází k izolované nekróze kostní dřevě, bez nynějšího postižení chrupavky. Všechna postižení kostní dřevě mohou znamenat předcházení postižení chrupavky. (1) (9)

### **1.13.4 Zánětlivá postižení kloubu - synovitidy**

Synovitidy se léčí konzervativně, není třeba proto podrobnějšího vyšetření pomocí zobrazovacích metod. Jsou to častá postižení nejen kolenního kloubu. MR zde slouží především k odhalení komplikací, např. hypertrofie Hoffova tukového tělesa nebo i destrukce chrupavky a skeletu. Tato postižení se vyskytují především po rozsáhlých traumatech, vzácněji jde o reaktivní zánět během jiného onemocnění. (1) (13) (14)

### **1.13.5 Výpotek v kloubní dutině**

Vyskytuje se poměrně často a většinou doprovází traumatické změny dalších struktur. Je možné ho zjistit při zánětech, ale i degenerativních změnách. Nachází se

zpravidla v suprapatelární burze, ale i v postranních recesech. Ty se nejlépe hodnotí v transverzálních řezech. Na MR obraze se dá rozlišit hemoragický a čirý výpotek. Hemoragický výpotek má v T2 obraze nízkou intenzitu oproti čirému výpotku, který má nízkou intenzitu v T1 a vysokou v T2 obraze. Výpotek ohraničený ztlustělou výstelkou je při zánětlivém postižení kloubu. Sama ztlustělá výstelka má vysoký signál v T2 obraze, ale výpotek má signál nižší. (1)

## 2 MAGNETICKÁ REZONANCE

### 2.1 Teorie magnetické rezonance

Při zobrazování rentgenovými paprsky, nejen klasickými metodami, ale i CT, se využívá absorpce prostupujícího záření ve tkáních. Rozdíly absorpce v jednotlivých tkáních udávají rozlišovací schopnost a kontrast. Hodnocení obrazu v rámci sonografie spočívá v odrazu akustického signálu na hranici vyšetřovaných tkání. Oproti radiologickým metodám je rozlišovací schopnost a diagnostická zátěž zatím stále menší.

Magnetická rezonance má ovšem jiný princip. Protony, nacházející se v atomových jádrech, se chovají jako magnety. V jádrech mají sklon k párování, tím dochází k tomu, že u prvků se sudým protonovým číslem se magnetický moment vyruší. Magnetické chování je tedy možné pozorovat u prvků s lichým protonovým číslem. Těchto prvků je v lidském těle několik. Zdaleka nejvíce se vyskytuje vodík  $^1\text{H}$ . V menším množství lze také použít  $^{13}\text{C}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{31}\text{P}$ . V okolí jádra se magnetické pole projevuje malým magnetickým momentem. V organismu jsou magnetické momenty uspořádány naprosto chaoticky, takže výsledný magnetický moment je nulový. Je nutné, aby jádra byla vystavena silnému vnějšímu magnetickému poli, kde dojde k vyrovnání momentů do rovnoběžných směrů. Část momentů se dostane do paralelního uspořádání a část do antiparalelního. Momenty, které stojí proti sobě, se navzájem vyruší. Na jedné straně jich je o několik víc, díky tomu je jedno z těchto uspořádání energeticky výhodnější. Tkáň začne prokazovat magnetický moment. Nastává precese, kdy výsledný vektor magnetického momentu provádí pohyb po plášti kužele. Frekvence precesního pohybu je závislá na Larmorově frekvenci, která je závislá na síle magnetického pole. Pro rezonanci o síle 1,5 T je  $f_L = 63,87$  MHz. Larmorova precesní frekvence narůstá s narůstající silou magnetického pole. Podélnou

magnetizaci tkáně je téměř nemožné změřit, jelikož je oproti intenzitě zevního magnetického pole zanedbatelná. Abychom ji mohli změřit, je nutné ji odklonit pomocí radiofrekvenčního pulzu. Tento radiofrekvenční puls má stejnou frekvenci jako je Larmorova frekvence, z důvodu možnosti předání energie elektromagnetického vlnění. Poslání pulzu do tkáně má dva důsledky, kdy za prvé předá energii některým paralelním protonům a obrátí jejich magnetický vektor do postavení antiparalelního a způsobí tím pokles podélné, longitudinální magnetizace. Za druhé elektromagnetický puls zajistí, že protony sladí svůj precesní pohyb, magnetické momenty se začnou sčítat v kolmém směru na průběh siločar vnějšího magnetického pole a vytváří takzvanou příčnou transverzální magnetizaci, kterou je možné přímo změřit. Po ukončení působení radiofrekvenčního pulzu, nastává návrat z vybuzeného stavu zpět do stavu rovnovážného. Tento proces se nazývá relaxace. Podélná magnetizace se postupně vrací zpět do své základní velikosti. Časová jednotka, jak rychle tento proces probíhá, se nazývá T1 relaxace. Příčná magnetizace postupně upadá, až celkově vymizí. Rychlost tohoto procesu se nazývá T2 relaxace. 90° puls, tak se nazývá puls, během kterého vektor podélné magnetizace úplně vymizí a při kterém se vektor tkáňové magnetizace otočí o 90°. Po vymizení příčné a obnovení podélné magnetizace je na přijímací anténě možné měřit signál. Puls, který otočí vektor magnetizace o 180° do antiparalelní polohy a se nazývá 180° puls. Zopakováním 90° pulsu za postačující dlouhou dobu, za kterou příčná magnetizace zcela zmizí a podélná se obnoví, naměříme znovu naprosto stejný signál jako během prvním pulsu. Pokud zkrátíme dobu mezi jednotlivými 90° pulzy, budou se signály vracející se z různých tkání různě lišit. Čím větší bude vektor podélné magnetizace při opakovaném pulsu u jednotlivé tkáně větší, relaxační čas T1 bude kratší a vektor příčné magnetizace větší, tím bude signál, který lze změřit na přijímací anténě větší. Takto vygenerovaný typ zobrazení se nazývá T1 vážený obraz. Časový úsek mezi jednotlivými pulsy je tzv. TR, time to repeat. T1 vážený obraz proto zvyšuje vliv podélné magnetizace na výsledný kontrast. Dále aplikujeme 90° a hned na to puls 180°. Rychle precedující protony se zařazují za pomalejší a začínají je opět „dohánět“. Výsledkem toho je opět navýšení příčné magnetizace a tím i navýšení měřitelného signálu. To je základ T2 váženého obrazu. TE, time to echo je čas, kdy se po opětovné synchronizaci měří silný signál. Proto má transverzální magnetizace vliv na kontrast v T2 váženém obraze. (15) (16) (17) (18)

## 2.2 Základní vyšetřovací postupy

Nejčastěji používaná vyšetřovací metoda je měření T1 a T2 relaxačních časů. Série excitačních impulsů, které se opakují několikrát mezi jednotlivými relaxacemi, se nazývá sekvence, základní vyšetření je spin – echo sekvence SE. Jelikož má každá tkáň jiný T1 a T2 čas je rozdílná i intenzita signálu. Rozdíly v intenzitě můžeme pozorovat v různých stupních šedi na obrazovce. Pokud je tkáň na obraze černá, jako např. proudící krev, znamená to, že je bez signálu, asignální. Struktury tmavší jsou hyposignální a světlejší naopak hypersignální. Obrazy, které získáme, jsou T1 a T2 vážené obrazy (T1, T2 v.o. nebo-li w.i. weighted images).

Během spin – echo sekvence se vyšle radiofrekvenční impuls, který vychýlí protony o  $90^\circ$ . Ve chvíli, kdy vymizí příčná magnetizace a začne rozfázování, použijeme další impuls a ten protony vychýlí zpět o  $180^\circ$ . Dochází tím opět k nárůstu příčné magnetizace a signál, který vznikne, můžeme znovu změřit. Mezi jednotlivými  $90^\circ$  pulzy je doba, kterou značíme TR, Time to Repeat.

Pokud zkrátíme relaxační dobu, bude T1 signál silnější. Relaxační dobu zkracují kontrastní látky, které jsou hypersignální, hyperintenzní. T1 w.i. se většinou využívá k detailnímu anatomickému zobrazení. Na T1 váženém obraze má voda signál nízký, naproti tomu tuk, kvůli kratší době relaxace, má signál vyšší. Celkově delší doba relaxace i excitace je v T2 váženém obraze. Síla signálu stoupá, čím delší je čas TR.

PD je označení pro proton denzitní obrazy. Kvalitní proton denzitní obraz je závislý na hustotě protonů vodíku v tkáni. Doba relaxace je zde dlouhá, ale excitace naopak celkem krátká.

Speciálními sekvencemi jsou IR, Inversion recovery, varianta silně vážené T1 sekvence. Zde nejprve použijeme impuls vychylující protony o  $180^\circ$  a potom o  $90^\circ$ , doba mezi nimi je Inverzion Time IR. Tyto sekvence jsou vhodné při vyšetřeních, kdy musíme snížit signál vody nebo tuku kvůli přesné diagnostice. Sekvence potlačující signál tuku je STIR a potlačující signál vody je FLAIR. Tyto dvě sekvence jsou nejpoužívanější. Short Tau Inversion, STIR se nejlépe využije u vyšetření páteře nebo velkých kloubů. FLAIR, Fluid Attenuated Inverion Recovery slouží k diagnostice mozkomíšní roztroušené sklerózy.

U vyšetřovacích postupů, kde se zkracuje doba vyšetření, se používají gradientní echa GE nebo GRE. Základ je nahradit  $90^\circ$  a  $180^\circ$  odchylení vychylovacím úhlem  $10 - 15^\circ$ . Dále se může použít soubor dalších rychlých pulzů, protože podélná magnetizace stále trvá. Použití těchto sekvencí má zvýšenou citlivost k artefaktům na rozhraní tkání, což lze využít například u tzv. hemosekvencí. (2) (19) (15) (20)

## 2.3 Tvorba MR obrazu

Technika zobrazení a výsledek jsou ovlivněny především volbou vrstvy a kódováním prostorových souřadnic. Výběr vrstvy je korigován pomocí gradientních cívek, které udají směr toku do třech rovin a to do transverzální, koronární a sagitální. Pomocí těchto cívek se určuje i šířka vrstvy. Kódování prostorových souřadnic probíhá ve směru horizontálním nebo jako spirála. Signály, které se získají v průběhu vyšetření, se ukládají na plochu zvanou K-prostor, v jehož centru je signál zodpovědný za kontrast obrazu oproti periférii. Hodnocení kvality MR obrazu vychází z prostorového rozlišení detailů a kontrastu. Obraz, který vznikne, závisí na podmínkách vnitřních a vnějších. (19) (15)

### 2.3.1 Vnitřní podmínky

První vnitřní podmínkou je spinová hustota, jedná se o množství protonů vodíku v jednotce objemu. Síla signálu se zvyšuje s rostoucím počtem. Tkáně obsahující méně volných protonů vodíku žádný signál nevydávají, je to např. kompakta kosti, vápenatění nebo implantáty z kovu. Síla signálu je tedy vysoká u vody, tuků nebo u hydratovaných bílkovin, kde je velký výskyt těchto volných protonů.

Další podmínkou je umění tkáně změnit se v magnetickou. Tato schopnost se nazývá magnetická susceptibilita. Feromagnetické a paramagnetické látky, které mají v obalu nepárové elektrony, mají susceptibilitu pozitivní. Látky feromagnetické tvoří magnetické pole permanentní, ale látky paramagnetické udržují magnetické pole jen po dobu, než se tkáň zmagnetizuje. Do paramagnetických látek se řadí např. železo, mangan, methemoglobin, které se vyskytují přímo v edému, krevních metabolitech. Základem kontrastních látek je gadolinium, které v rámci exogenních látek také řadíme do látek paramagnetických. Další látky netvoří magnetické pole kvůli sudému počtu elektronů v obalu. Nazývají se diamagnetické.

Poslední vnitřní podmínkou jsou rozdílné relaxační časy u tkání. Malé molekuly vody se dlouho otáčejí, proto mají fluidní struktury relaxační čas delší. Fluidní struktury

jsou likvor, edém, žluč, moč. Velké molekuly nacházející se v látkách s vysokým množstvím tuku a proteinů mají relaxační čas kratší, protože setrvačný pohyb makromolekul je příliš krátký. (19) (15)

### **2.3.2 Vnější podmínky**

Mezi vnější podmínky patří možnost změny síly signálu pomocí upravení hodnot TR a TE. Např. signál u tkání s vodou, se zvětší, pokud u T2 váženého obrazu prodloužím dobu TR.

Druhou vnější podmínkou je statické magnetické pole a jeho velikost. S druhou mocninou velikosti  $B_0$  roste intenzita signálu. Zároveň lineárně narůstá i velikost šumu. Kvalitnější obraz zajistíme větší homogenitou  $B_0$ .

Tloušťka vrstvy a velikost matice se také řadí do vnějších podmínek výsledného obrazu. MR obraz je tvořen z voxelů a pixelů. Nejmenší objemová jednotka je právě voxel, lze ji samostatně zobrazit. Menší objem voxelů zajistí podrobnější obraz, ale také získáme horší poměr Signal – to – Noise Ratio (signál/šum), jelikož menším objemem voxelů šum abnormálně vzroste. Tenká šíře vrstvy ovlivňuje obraz tak, že zajistí lepší rozlišení, ale opět narůstá šum. Nejpoužívanější během běžných vyšetření je šíře 5-6 mm.

Čtvrtou a poslední podmínkou je množství excitací. Větší množství excitací zajistí lepší obraz. Nevýhodou je bohužel delší doba vyšetření. Single shot sekvence se vyznačuje pouze jednou excitací, která i s měřením a rekonstrukcí zabere pár sekund.

Co se týče poměru signál/šum, tak signál na MR obrazu dostáváme jen z dané vrstvy. Nepříhodně ovlivňuje obraz a jeho kvalitu šum, který se skládá z náhodných elektrických mikroproudů a z části tepelnými proudy. Zhoršení tohoto poměru značí větší šum. Menší voxel a tenčí vrstva šum navyšují. Stejně tak ovlivňuje šum i velikost statického magnetického pole, šum bude větší, pokud bude menší  $B_0$ . Do ovlivňování patří i velikost cívek, která by neměla přesáhnout vyšetřovaný objem. (19) (15)

### **2.3.3 Artefakty MR obrazu**

Artefakt je nepravá signálová změna intenzity, která vyvolá většinou zhoršení kvality a snížení konečné hodnoty získaného obrazu. Jsou to změny, které se vytvořily až v průběhu zobrazení, nevznikly na základě patologického procesu. Artefakty mohou být způsobeny určitými nedostatky v MR přístroji, ale stejně tak i biologickými procesy uvnitř pacienta. Dají se dělit podle různých klasifikací.

První jsou artefakty pohybové, kam patří srdeční pulzace, dýchání, pohyby střev, krevní tok, pulzace velkých tepen, pohyb likvoru. Díky zadržení dechu a vykonáním rychlých sekvencí se dá odstranit pohyb hrudníku. Pomocí EKG se dává do souladu měření a pohyby srdce. Měření se provádí mezi systolou a diastolou nebo kontinuálně. Regionální prestaurace je metoda, kdy dojde k utlumení magnetizace a tím se odstraní artefakty z pulsace krve a tepen v dané oblasti.

Chemical shift, artefakty chemického posunu vznikají v důsledku změny frekvence v oblasti vyšetřované roviny. Mezi jejich projevy patří snížená či zvýšená intenzita signálu na pomezí tkání, které obsahují velké množství tuku a vody.

Magnetické pole má nehomogenní složky, které mají také vliv a to zkreslení signálu i geometrie obrazu. Je to ovlivněno především kvalitou magnetu a korekčního systému. Implantáty z kovu, endoprotézy, střeptiny, kovové pigmenty v make-upu mohou způsobit změny lokální. (19) (15) (18)

## 2.4 MR sekvence

Sekvence základní u všech přístrojů jsou spin-echo sekvence.

1. T1 w.i. - krátké TR i TE
2. T2 w.i. – dlouhé TR i TE
3. PD – dlouhé TR a krátké TE

T1 w.i. je u velké většiny vyšetření sekvencí základní. Tato sekvence je důležitá hlavně kvůli přesné anatomické verifikaci. Nedostatkem je možnost překrytí fyziologické tekutiny a edému. U T1 w.i. jsou solidní tkáně světlejší oproti tekutinám a často zde dochází k záměně hypersignálního tuku za kost.

T2 w.i. je protikladem T1 w.i. takže zde budou solidní tkáně tmavší než tekutiny. Používají se zde zrychlené sekvence, protože např. FSE T2 w.i. je vhodná díky své citlivosti na včasnou detekci vody, což je dobré při prokazování edému. T2 w.i. má lepší výpovědní hodnotu při posuzování tkáňových rozhraní.

Součástí T2 mohou být proton denzitní obrazy. U těchto obrazů budou tkáně obsahující více vody tmavší než ostatní, tekutina je zde tmavě šedá. Využití těchto obrazů je nejčastěji při vyšetření muskuloskeletálního systému zkombinované se sekvencemi potlačující tuk.



Inversion recovery je velké zvýraznění T1 w.i., které zajistíme obrácením  $90^\circ$  a  $180^\circ$  excitací a zvýšením podélné magnetizace. Nejpoužívanější sekvence jsou STIR a FLAIR, které jsou popsány v základních vyšetřovacích postupech.

Rychlé sekvence slouží ke zkrácení doby vyšetření a tím zamezení vlivu fyziologických pohybových artefaktů. Celkově se pro rychlé sekvence užívá termín gradientní echo. Typické názvy pro rychlé sekvence mají většinou předponu fast nebo turbo, další mohou být FLASH – Fast Low Angle Shot, FFE – Fast Field Echo, GRASS, E short, F short. Sekvence, značené EPI, echo planar imaging jsou ultrarychlé sekvence, které mají úhel vychýlení  $3 - 6^\circ$ . Single shot SE využívá pouze jedné excitace. Nejčastěji používaná sekvence je HASTE. Multi shot SE znamená, že po každé excitaci dojde k registraci dat z K – prostoru dokud se nevyplní. (19) (15) (21)

## 2.5 MR přístroje

Mezi základní části přístroje pro magnetickou rezonanci patří:

- Homogenní stacionární magnet B0 s chladícím a napájecím zařízením, kde součástí je i korekční systém, který slouží ke zlepšení homogenity.
- Gradientní cívky s elektrickými zdroji.
- Vysokofrekvenční vysílač s cívkou na výrobu excitačního magnetického pole B1. Vysokofrekvenční přijímač a jiné druhy přijímacích cívek.
- Počítačový systém pro zpracování signálu, jeho rekonstrukci a archivaci.
- Vysokofrekvenční magnetické stínění.
- Vyšetřovací stůl v magnetu přístroje. Ten je u MR přístroje vyroben z neferomagnetických prvků. Jeho nosnost je omezena, lze unést 150 – 250 kg.
- Doplnky jako např. monitorace EKG a dýchání.

### 2.5.1 Rozdělení magnetů

Přístroje MR lze rozdělit podle síly, jakou má magnetické pole B0. Dělí se na velmi nízké do 0,2 T (ultra low field), nízké do 0,3 T (low field), střední 0,5 – 1,0 T (mid field), vyšší 1,0 – 4,0 T (high field). Na typu 1,5 T lze provádět všechna vyšetření i MR spektroskopii. Proto se tento typ používá nejčastěji. Přístroje s vyšším magnetickým polem mají mnohem lepší poměr signál/šum, oproti nízkému magnetickému poli, které má horší kvalitu obrazu a prodlužuje dobu jednotlivých sekvencí. Výhodou přístrojů s nižším magnetickým polem je ovšem zavedení a provoz přístroje a také nižší pořizovací cena.

Jsou vhodné i pro klaustrofobiky díky krátkosti gantry nebo otevřenému systému. Kromě klaustrofobiků se využívají především v ortopedii při onemocnění velkých kloubů. (19) (15)

Další rozdělení je možné na elektromagnety, což jsou magnety rezistivní, odporové. Dochází k průtoku elektrického proudu o vysoké hodnotě a tím vzniká magnetické pole. Chlazení je zajištěno vodou, která protéká dutými měděnými vodiči. Nevýhodou těchto magnetů je potřeba velkého množství elektrické energie.

Magnety permanentní jsou tvořeny feromagnetickými slitinami, železa, kobaltu, niklu. Magnetické pole nemá za potřeby ke vzniku elektrický proud a chlazení probíhá pomocí vzduchu.

Dalším typem magnetů jsou magnety supravodivé. Jsou založeny na principu supravodivosti. Ve vodiči, nastává minimální elektrický odpor, při teplotě  $-270^{\circ}\text{C}$ . Magnet se je uložen v kapalném heliu, čímž zajistíme nízkou teplotu. Čerpadlo, kompresor a chladicí hlava se starají o stálý pohyb helia, aby se po odpaření vrátilo do kapalného stavu. Tyto typy magnetů jsou dnes vesměs ve všech nových přístrojích. K doplňování helia dříve docházelo jednou ročně, protože helium je poměrně drahá záležitost, byly vyvinuty systémy s téměř nulovým únikem helia. (19) (15)

### **2.5.2 Gradientní magnetický systém**

Tři gradientní cívky, ze kterých je tento systém složen a také z jejich zdrojů, se nachází v oblasti stacionárního magnetu. Zajišťují akustický hluk během každého měření, ale nejsou viditelné. Gradientní systém pomocí cívek vytváří magnetické pole ve všech třech osách a tím regulují obraz do tří základních rovin, kromě toho se přes tento systém určuje směr vrstvy a tloušťka zobrazovaného řezu. (19) (15)

### **2.5.3 Cívky**

V gantry jsou permanentně zabudované cívky, které nejsou vidět. Jako vysílač excitačních frekvencí a zároveň přijímač signálu slouží cívka volumová. Nachází se celkem daleko od povrchu těla, má relativně velký šum a slouží jako celotělová cívka. V těsném okolí stacionárního magnetu se nachází také gradientní cívky. Základ kvalitního MR obrazu je homogenita magnetických polí. Jejich nehomogenitu rovnají cívky vyrovnávací.

Cívky s různými tvary, které se přikládají k vyšetřovaným částem, jsou cívky povrchové. Tyto cívky dělají kvalitnější vyšetření, neboť se přikládají těsně k části, která je vyšetřována a slouží jako cívky přijímací. Dobrá vodivost je zajištěna materiálem drátěných závitů, které jsou buďto z mědi nebo stříbra. Mezi nepoužívanější typy cívek povrchových patří hlavová cívka, která slouží k vyšetření mozku a hlavy, k zobrazení krční páteře se používá cívka krční páteřní, speciální cívka head and neck coil umožňuje současné vyšetření hlavy a krku, hrudní nebo bederní páteř zobrazíme pomocí cívky spine coil, dále speciální cívky ramenní, kolenní, zápěstní nazýváme je dedikované. Univerzální flexibilní cívky jsou přizpůsobivé a lze je vytvarovat kolem vyšetřované části. Kolem vyšetřované části se obaluje i speciální cívka na vyšetření břicha a hrudníku. Pro vyšetření obou prsů najednou slouží cívka prsní, endorektální je k vyšetření prostaty nebo rekta. Existuje také skupina povrchových cívek, které jsou navázané za sebou a díky nim lze zachytit delší oblast, především páteř. Tato skupina se nazývá Phased array coils. Nesprávné zacházení může cívky vážně poškodit a tím dojde ke zhoršení kvality obrazu. Objekt, který je vyšetřován, musí být uložen v centru prostoru cívky a jeho povrch by k ní měl být co nejbližší. (19) (15)

#### **2.5.4 Ovládací konzole**

Ovládací konzole na MR je propojena s řídicím počítačem. Díky ní lze provést ověření identifikace pacienta, vybrání typu vyšetření, vyhodnocení a archivaci vyšetření. Práce na této konzoli má také základní postupy. Jako první se zadají data pacienta, jeho jméno, příjmení a jaké mu bude provedeno vyšetření. Dále se provedou 3 základní řezy, tzv. lokalizér, pilot, scan. Na řadu přichází volba sekvencí, úprava TR a TE, množství akvizic, volba segmentů cívky, velikost matrix. Nastává postprocessing, kde dochází k vyhodnocování obrazu, k jeho archivaci a obraz se odešle do sítě PACSu. (19) (15)

#### **2.5.5 Stínění MR přístroje**

Magnetický signál z objektu, který je vyšetřován, je slabý a elektronické přístroje v blízkosti ho mohou narušovat. Stejně tak může dojít k porušení těchto přístrojů stacionárním magnetickým polem a pomocí impulzů. Existují dva typy stínění přístroje pasivní a aktivní. Seskupení silných ocelových plátů a plechu z mědi se nazývá Faradayova klec, která patří do stínění pasivního. Stínění aktivní znamená, utišení účinnosti magnetického pole a to tak, že v oblasti gantry se nacházejí cívky, které vytvářejí magnetické pole, ale v opačném směru. Intenzita magnetického pole v oblasti stacionárního magnetu se snižuje s třetí mocninou vzdálenosti a tvarově se shoduje se

silokřivkou. Základní požadavek je ochrana proti B0. Supravodivý stacionární magnet produkuje magnetické pole nepřetržitě i v době mimo vyšetření. (19) (15)

## 2.6 Kontrastní látky

Kontrastní látky můžeme dělit podle různých vlastností. Nejběžněji se dělí podle magnetických vlastností na paramagnetické a superparamagnetické. Počet nepárových elektronů udává magnetismus. Gadolinium je proto ideální paramagnetická látka, jelikož má sedm nepárových elektronů, ale do této skupiny se také řadí mangan a trojmocné železo. Tyto látky způsobují především zkrácení T1 relaxace. Jsou rozpustné ve vodě. Oxidy železa patří do supraparamagnetických látek a zkracují relaxaci T2. Tyto látky se značí SPIO, supermagnetic iron oxid a na obraze jsou hyposignální. Mají pevné skupenství a do těla jsou vpravovány jako suspenze. Další dělení spočívá v rozdělení na látky extracelulární, tkáňově nespecifické a intracelulární. Extracelulární látky propouštějí cévním řečištěm a tekutinami v těle, nejsou nikde vychytávány. Dále se dělí na nízkomolekulární, což jsou paramagnetické gadoliniové cheláty jako DTPA, diethyltriaminopentaacetylová kyselina. Vysokomolekulární jsou sloučeniny gadolinia. Intracelulární se nechávají účelně vychytávat v určitých tkáních. Kontrastní látky dělíme i podle aplikace nitrožilní, nitrokloubní, perorální.

Co se týče chemických vlastností těchto kontrastních látek, jsou většinou podobné jako kontrastní látky jodové, ale ne ve všem. Např. pokud dojde ke zvýšení koncentrace kontrastní látky paramagnetické, sníží se signál v T1 w.i. Vylučování většiny kontrastních látek probíhá pomocí ledvin asi z 95%, kdy kompletní vyloučení nastává asi do 24 hodin. Dále existují látky hepatospecifické jako je např. Primovist. Primovist je kontrastní látka, která slouží k vyšetření jater pomocí magnetická rezonance. Díky němu mohou být patologické nálezy na játrech lépe vyhodnoceny. Primovist napomáhá rozpoznat povahu abnormalit díky své specifické vazbě na hepatocyty. Osmolarita těchto látek je mnohem nižší než u neionických jodových látek a to 500 – 2000 mosm/l. Od jodových kontrastních látek se liší relaxivitou.

Jednotka dávky je mmol. U klasické kontrastní látky je dávka 0,1 – 0,2 mmol/kg váhy. U modernějších, jako je např. Gadovist stačí pouze poloviční dávka. Všechny kontrastní látky nejsou schválené pro nejmenší pacienty, je to různé, např. od 2 měsíců nebo 2 let, některé až od 18 let v rámci komplikace pro některé druhy vyšetření.

Vedlejší reakce na kontrastní látky u MR vyšetření jsou poměrně vzácné avšak v posledních deseti letech je známá jedna závažná komplikace, nefrogenní systémová fibróza. Bohužel se nedá léčit, ale jen zřídka dojde ke smrti. Její projevy jsou fibróza kůže a pojivových tkání v rámci celého organismu. Lze ji pozorovat jen u pacientů, kteří mají selhání ledvin.

Kontrastní látky, které se užívají při MR vyšetření jsou Gadovist, ProHance, Omniscan, Magnevist, Dotarem, OptiMark, ty patří do gadoliniových chelátů extracelulárních. Gadoliniové cheláty s biliární exkrecí zahrnují Primovist a MultiHance Mezi oxidy železa patří Resovist. (19) (22) (23) (24)

## **2.7 Indikace k MR vyšetření kolenního kloubu**

Jedinou neinvazivní metodou, která dokáže zobrazit vazy, menisky, chrupavku a okolní svalové struktury je právě magnetická rezonance. Využívá se také k zobrazení zlomenin, které nemůžeme vidět na běžném rentgenovém snímku nebo na CT. Je to možné díky identifikaci edému. Základními indikacemi jsou nádory kolena, instalace implantátů, hromadění tekutiny v kolenním kloubu, částečné nebo úplné ucpání kloubu, poškození, natržení svalu nebo vazy, otok, bolest, špatná stabilita kolena, osteomyelitida, osteochondróza, artritida, osteonekróza burzitida, osteoartritida, Bakerova cysta, zlomenina, poškození chrupavky, zlomenina kolena, zranění kloubního pouzdra, rekonstrukce kolenního kloubu, nebo artroskopie, sevření šlachy nebo nervových zakončení, degenerativní procesy (diagnóza). (15) (25)

## **2.8 Kontraindikace**

Mezi absolutní kontraindikace patří kardiostimulátor, elektronicky řízené implantáty, cévní svorky z feromagnetického nebo neznámého materiálu, kovová cizí tělesa v oku. Pokud dojde k vyšetření pacienta s kardiostimulátorem, může dojít k jeho smrti v důsledku přerušení funkce elektronického zařízení. Kovová cizí tělesa, klaustrofobie, první trimestr gravidity, TEP, stenty, kava filtry, svorky do 6 týdnů po implantaci, tohle vše jsou relativní kontraindikace. (19) (18)

## **2.9 Příprava pacienta a průběh MR vyšetření**

V rámci přípravy pacienta je hlavně nutné znát jeho anamnézu a zjistit, zda nejsou přítomny kovové předměty v těle. Jiná příprava není téměř nutná, před vyšetřením pacient

nemusí být nalačno, kromě vyšetření břišních orgánů. U klaustrofobických pacientů je dobré doporučit vhodnou premedikaci, nebo provedení ve spolupráci s anesteziologem.

Vyšetření vyžaduje pouze klidné ležení, u některých je nutná spolupráce se zadržováním dechu během vyšetření. Doporučuje se, aby se pacient na vyšetření dostavil v nemocniční košili bez kovových zipů a patentů, protože určité druhy kovů mohou mít vliv na artefakty v obraze, stejně jako může obraz znehodnotit pohyb pacienta. Pacienta uložíme na vyšetřovací stůl, který se zaveze spolu s pacientem směrem do gantry. Vyšetřovaná oblast je umístěna do snímací povrchové cívky, nebo na této cívce pacient přímo leží. Nutná je dobrá fixace, aby nedocházelo k pohybovým artefaktům. U některých vyšetření je nutné použití kontrastní látky, která se aplikuje pacientovi intravenózně. Vyšetření trvá většinou 30 minut, ale může to být i déle. (26)

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 3 CÍLE PRÁCE

C1: Zjistit, zda je úraz nejčastější indikací k vyšetření kolenního kloubu na magnetické rezonanci.

P1: Předpokládáme, že více jak polovina vyšetření byla indikována z důvodu úrazu.

C2: Zjistit nejčastěji postiženou anatomickou strukturu kolenního kloubu.

O1: Jaká je nejčastěji postižená anatomická struktura kolenního kloubu?

P2: Předpokládáme, že nejčastěji postiženou strukturou jsou menisky.

C3: Zjistit, v kolika případech následovala po vyšetření magnetickou rezonancí operace.

O2: Kolik pacientů podstoupilo po vyšetření magnetickou rezonancí a na základě jejich výsledků operaci kolenního kloubu?

P3: Předpokládáme, že operace nastala u poloviny z vyšetřovaných pacientů.

O3: Kolik z těchto operací bylo provedeno artroskopicky?

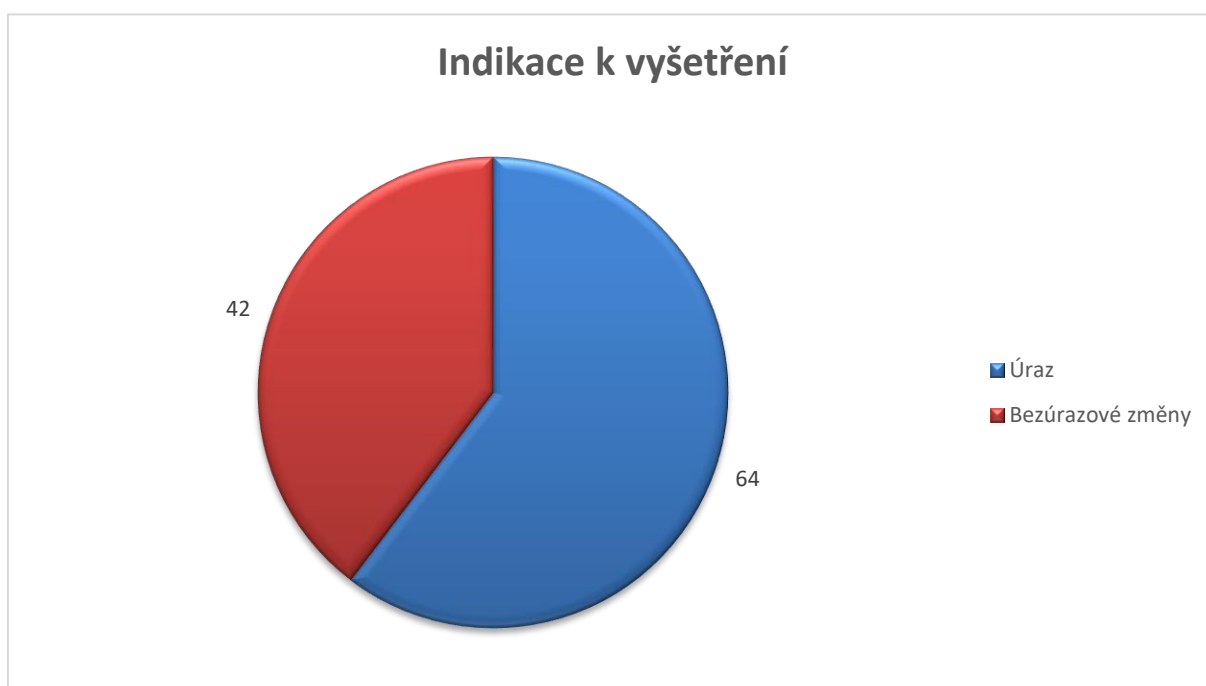
### 3.1 Metodika

V praktické části se zabýváme potvrzením nebo vyvrácením předpokladů u stanovených cílů pomocí kvantitativního výzkumu. Data k tomuto výzkumu jsme získali na základě schválení žádosti o poskytnutí informací, které je potřeba k vypracování bakalářské práce, na Klinice zobrazovacích metod Fakultní nemocnice Plzeň (viz příloha 8). Použili jsme i formu kvalitativního výzkumu formou kazuistik, jako doplnění a přiblížení určitých případů. Výzkum probíhal v období odborných praxí ve FN Plzeň v období od 30. 10. 2016 do 16. 12. 2016. Zkoumání bylo zaměřeno na pacienty, kterým byla provedena magnetická rezonance kolenního kloubu v období od 30. 10. 2016 do 16. 12. 2016. Do výzkumu jsou zařazeni pacienti bez ohledu na věk i pohlaví. Všechna data byla získána z nemocničního programu WinMedicalc.

## 4 STATISTIKA

Do statických dat byli vybráni pacienti vyšetření na Klinice zobrazovacích metod pomocí magnetické rezonance se zaměřením na kolenní kloub, v období od 30. 10. 2016 do 16. 12. 2016. Sledování pacientů bylo zaměřeno na postiženou anatomickou strukturu kolenního kloubu, indikaci k vyšetření magnetickou rezonancí a také na následné provedení operace po vyšetření. Statistický soubor se skládal celkově ze 106 pacientů.

Graf 1 Indikace k vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí

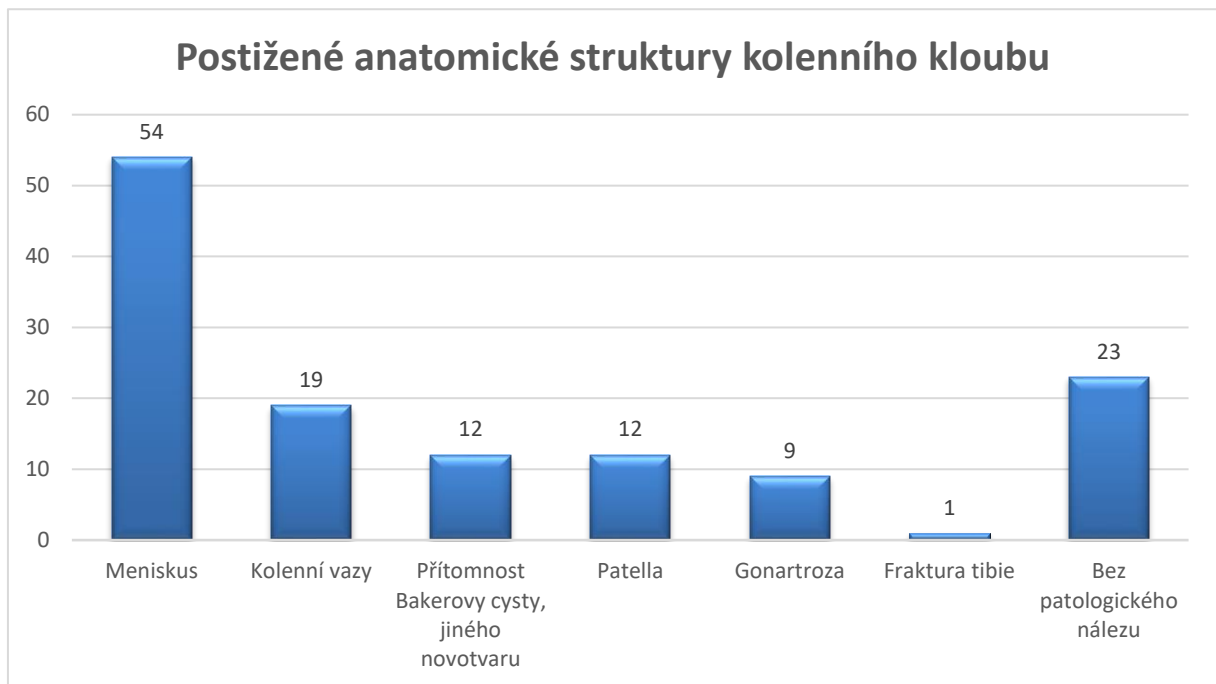


*Zdroj: Vlastní*

Z grafu 1 jsme zjistili, že nejčastější indikací k vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí je úraz. U 64 pacientů z vybraného vzorku 106 pacientů, byla indikace k vyšetření úraz kolenního kloubu (60 %). U zbylých 42 pacientů byla indikací jiná bezúrazová změna (40 %).



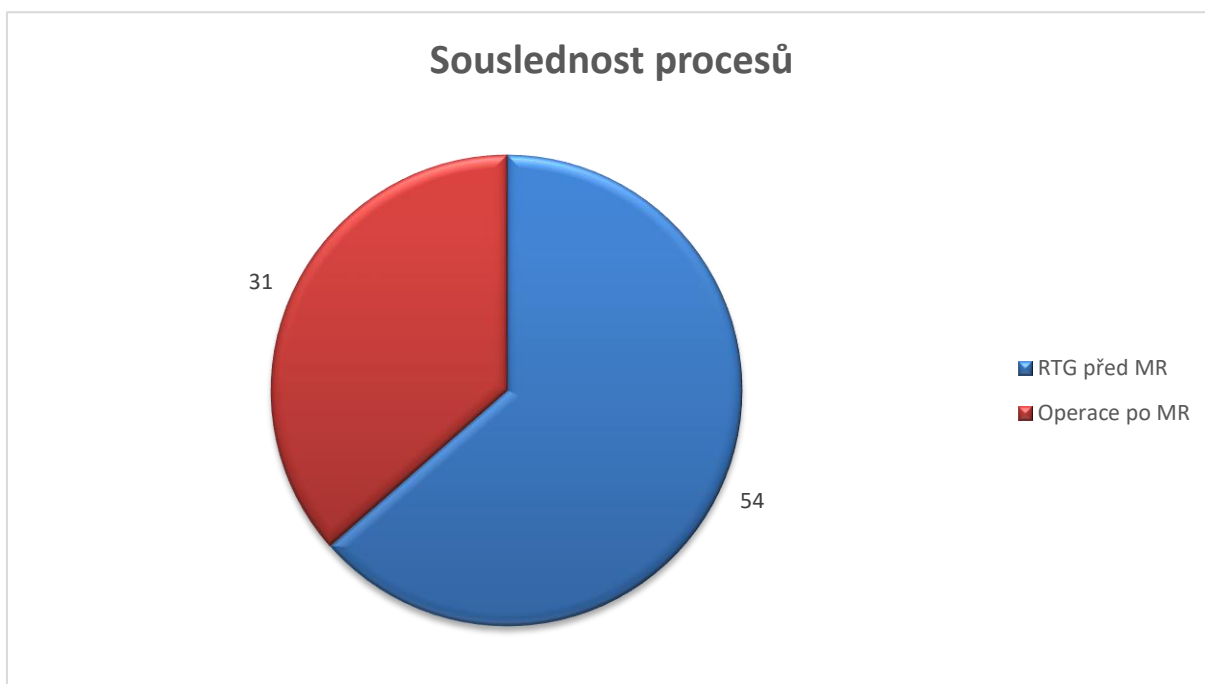
**Graf 2 Nejčastěji postižené anatomické struktury kolenního kloubu**



*Zdroj: Vlastní*

Graf 2 představuje možné postižené anatomické struktury kolenního kloubu. Nejčastěji postiženou strukturou jsou menisky, byly postiženy u 54 pacientů (41 %). Další postiženou strukturou představují kolenní vazy u 19 pacientů (15 %). U počtu 12 pacientů byla postižena patella (9 %) a objevila se přítomnost Bakerovy cysty nebo jiného novotvaru (9%). Mezi méně časté v námi zkoumaném souboru pacientů patřila gonartroza zjištěná u 9 pacientů (7%) a fraktura tibie zjištěná pouze u 1 pacienta (1 %). U 23 vyšetřovaných osob nebyl zjištěn žádný patologický nález (18 %) v několika případech i z důvodu pouze kontrolního vyšetření. Celkový počet postižených struktur je 130, tedy větší než získaný vzorek 106, je to dáno tím, že u některých pacientů bylo postiženo více struktur najednou.

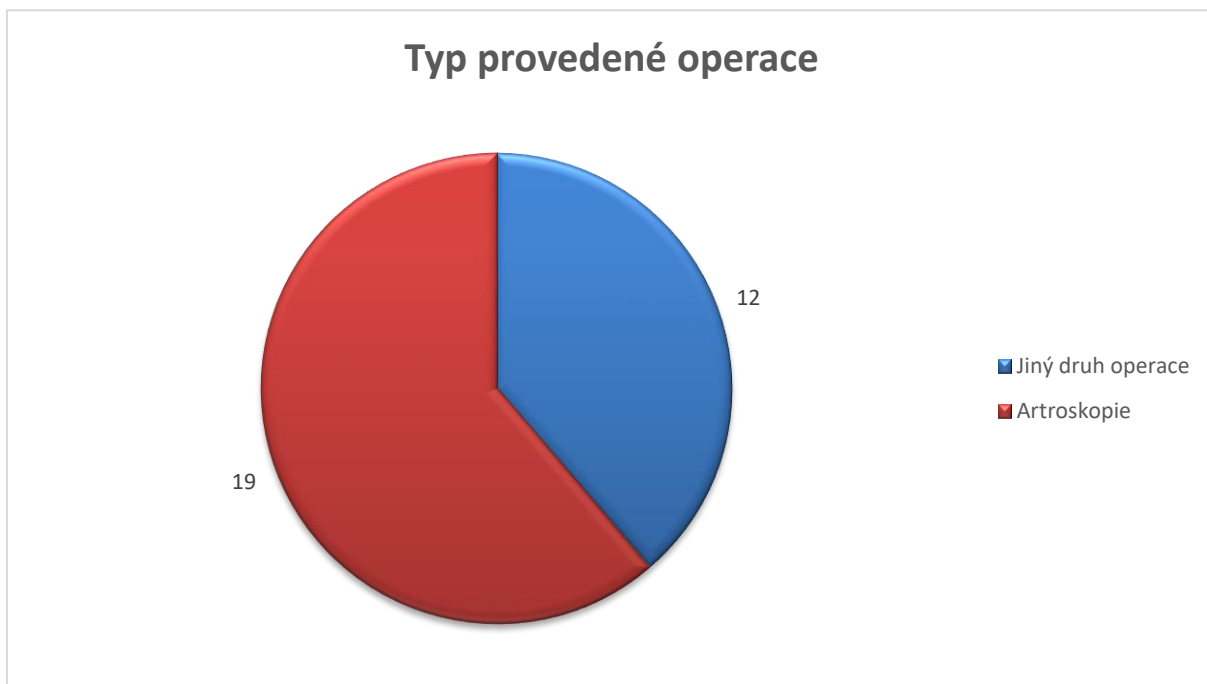
**Graf 3 Sousednost procesů po vyšetření magnetickou rezonancí**



*Zdroj: Vlastní*

Graf 3 nám udává počet provedených operací na základě výsledků vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí. Operace po magnetické rezonanci byla provedena u 31 pacientů (36 %). Ostatní provedené magnetické rezonance u 54 pacientů (64 %) nevedly k žádnému operačnímu výkonu. Počet pacientů je zde menší než vyšetřovaný vzorek 106 pacientů. Důvodem je, že zbylých 21 magnetických rezonancí bylo provedeno jako kontrolní vyšetření.

**Graf 4 Typ provedené operace po vyšetření magnetickou rezonancí**



*Zdroj: Vlastní*

Na grafu 4 můžeme vidět že, z celkového počtu provedených operací 31, bylo 19 provedeno artroskopicky (61 %) a u zbylých pacientů proběhl jiný druh operace (39 %), např. implantace kloubní náhrady.

## 5 KAZUISTIKY

### 5.1 Kazuistika 1

Pacient, 25 let

#### Anamnéza

**OA:** zdrav

**Operace:** stav po artroskopii pravého ramene

**AA:** trávy

**FA:** 0

#### Katamnéza

26. 10. 2015 při uklouznutí u vany si poranil pravé koleno, od té doby má bolesti. Pacient přichází 2. 11. 2016, kdy mu byl indikován RTG P kolene. Rentgenový snímek byl bez zřetelných traumat a změn na skeletu. Kvůli přetrvávající bolesti byl poslán na vyšetření MR. doporučen klid, bez sportu, na 1 – 2 týdny francouzské hole, ledování, rehabilitace.

16. 11. 2016 byla provedena MR pravého kolena nativně na 3T přístroji. Výsledek zjištěný na MR byla intrameniskální horizontální fissura laterálního menisku s drobnou trhlinkou femorální plošky menisku s mírnou dislokací femorálního fragmentu menisku laterálně.

23. 11. 2016 poslán na kontrolní MR, kdy byla dle výsledku MR, ruptura laterálního menisku, indikována časná ASK kolene.

25. 11. 2016 byl hospitalizován na Klinice ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí. V tentýž den mu byla provedena menisectomia partialis meniskus lateralis. Operace proběhla bez komplikací, doporučena postupná mobilizace a chůze o berlích s odlehčením operované končetiny. Při bolesti kolene končetinu ledovat. Den po té, 26. 11. 2016 byl pacient propuštěn z hospitalizace do domácí péče v celkově dobrém stavu.

1. 12. 2016 kontrola kolena bez otoku a náplně, postupné vyřazení francouzských holí a následné zahájení řízené RHC.

22. 12. 2016 kontrola po ukončení RHC. Koleno bez otoku a náplně, hybnost plná.  
Byla doporučena celková zátěž.

### **Závěr**

Operace a následná rehabilitace měla velmi dobrý efekt na zdravotní stav pacienta, což mu umožnilo vrátit se k běžným činnostem a sportu bez následků.

**Obrázek 1 Magnetická rezonance 16. 11. 2016, Koronární řez**



*Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň*

**Obrázek 2 Magnetická rezonance 16. 11. 2016, Sagitální řez**



*Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň*

## 5.2 Kazuistika 2

Pacient, 56 let (194 cm/ 102 kg)

### Anamnéza

**OA:** vážněji nestonal, zdrav

**Operace:** stav po operaci polypu hlasivek

**FA:** 0

**AA:** 0

**RA:** nevýznamná

### Katamnéza

31. 10. 2016 Pacient měl asi měsíc bolesti levého kolena na vnitřní straně, před 6 týdny došlo k úrazu na motocyklu ve vysoké rychlosti. V tento datum se provedl RTG s výsledkem výrazněji pozitivní značná léze mediálního menisku ve střední zadní části, ligamentum collaterale mediale pevné, lehce volnější ligamentum cruriale anterius. Jako doplnění rentgenového snímku byla indikována MR.

7. 11. 2016 byla provedena MR levého kolena, nativně na 3T přístroji, z níž vyšel závěr horizontální fissura, inhibice a subluxace mediálního menisku. Na základě tohoto výsledku byla indikovaná ASK levého kolena.

21. 11. 2016 proběhla kontrolní magnetická rezonance před operačním výkonem, která potvrdila výsledek předchozího vyšetření magnetickou rezonancí.

22. 11. 2016 byl pacient hospitalizován na Klinice ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí. Téhož dne byla provedena artroskopie levého kolena. Hospitalizace proběhla bez komplikací. Pacient se postupně mobilizuje a nacvičuje chůzi o berlích. Doporučuje se rehabilitace, pokračování v zavedeném režimu, chůze o berlích s odlehčením operované končetiny. Pacient by měl rozvíjet hybnost v koleni do mírné bolesti, při bolesti koleno ledovat. Další den po operaci byl pacient propuštěn z hospitalizace do domácí péče.

28. 11. 2016 se dostavil pacient na kontrolu na ambulanci úrazových kontrol, kde mu bylo doporučeno postupně plně rozvíjet koleno, zahájit řízenou rehabilitaci kolena.

19. 12. 2016 byl stav kolena klidně rozcvičené, bez obtíží. Léčba levého kolena ukončena.

### **Závěr**

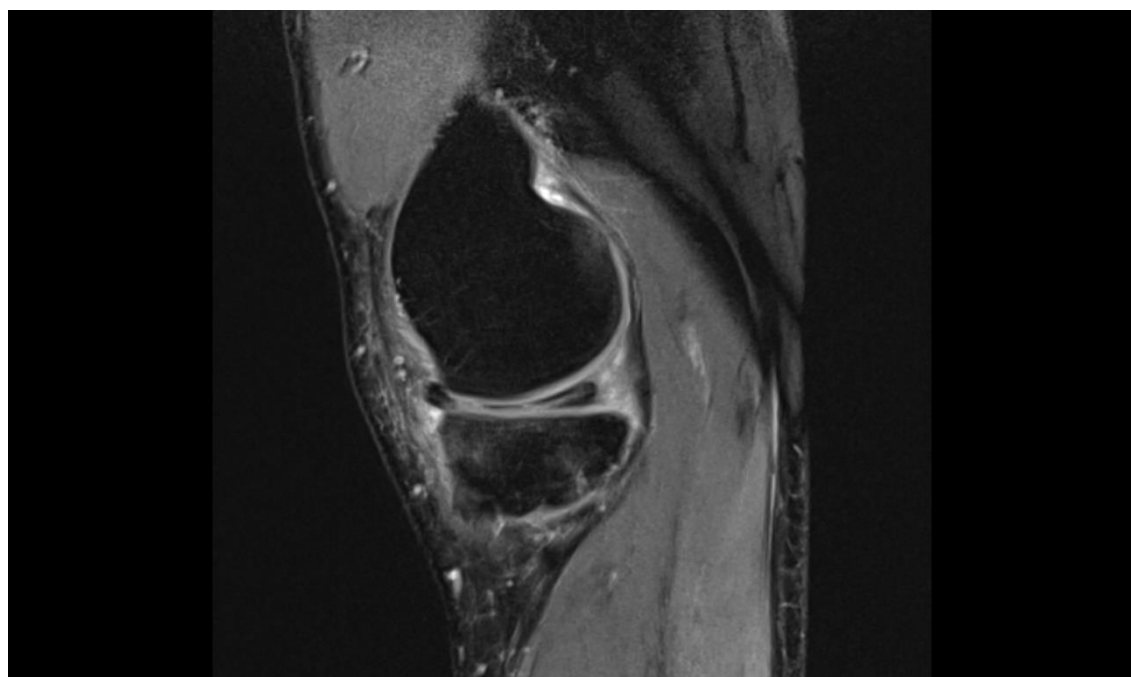
Pacient je v celkově dobrém stavu, z ortopedického hlediska zcela stabilní, navrátil se k běžným činnostem.

**Obrázek 4 Magnetická rezonance 7. 11. 2016, Koronární řez**



*Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň*

**Obrázek 3 Magnetická rezonance 7. 11. 2016, Sagitální řez**



*Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň*

### 5.3 Kazuistika 3

Pacient, 43 let

#### **Anamnéza**

**OA:** zdrav s ničím se neléčí, žádné vážnější úrazy

**Operace:** stav po artroskopii levého kolene

**LA:** pravidelně neužívá

**AA:** neguje

**Abusus:** nekouří, alkohol příležitostně

**RA:** tromboembolické nemoci neguje

#### **Katamnéza**

4. 11. 2016 si pacient při sportu poranil pravé koleno, cítil bolestivost při pohybu, byl přeposlán na rentgen, kdy bylo koleno mírně naplněné, mělo omezenou hybnost pro bolestivost. Výsledek rentgenového snímku byl bez traumatu na skeletu. Pacient bude chodit o vlastních francouzských holích a je doporučeno ledovat, končetinu šetřit, mít ji ve zvýšené poloze.

14. 11. 2016 proběhla kontrola na ambulanci úrazových kontrol, kdy bylo koleno bez hematomu, lehká náplň suprapatelárně, patella stabilní, ale jako doplnění byla indikována magnetická rezonance. Prozatím doporučeno zahájit rehabilitaci, cvičit koleno, kolo, rotoped, plavání.

21. 11. 2016 byla provedena magnetická rezonance pravého kolene nativně na 3T přístroji. Výsledek byla ruptura ligamentum cruratum anterius, ruptura zadního rohu mediálního menisku. Kostní modřina posterolaterální tibie, prearthroza mediální poloviny kloubní štěrby a zmnožení nitrokloubní tekutiny.

28. 11. 2016 provedena kontrolní magnetická rezonance taktéž na 3T přístroji, kdy výsledek byl stejný jako u předchozího vyšetření magnetickou rezonancí a proto byla indikována artroskopická operace.



29. 11. 2016 byl pacient hospitalizován na Klinice ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí, kde byla operace téhož dne provedena. Hospitalizace proběhla bez komplikací, byla doporučena postupná mobilizace a nácvik chůze o berlích, taktéž rehabilitace. Pacient byl poučen a druhý den 30. 11. 2016 byl propuštěn do domácího ošetřování. Bylo mu doporučeno pokračovat v zavedeném režimu s odlehčením končetiny pomocí berlí.

12. 12. 2016 proběhla kontrola, kdy byla v koleni jen mírná náplň a zlepšená hybnost bez bolestivosti.

### **Závěr**

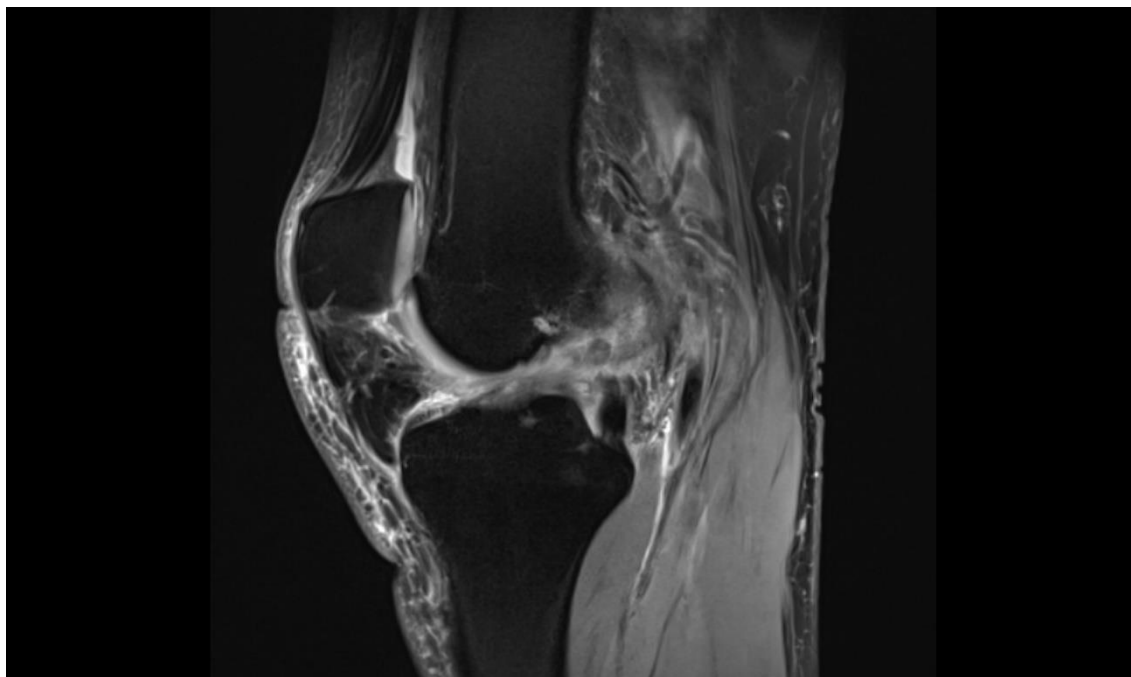
Pacient byl propuštěn do domácí péče s doporučením koleno stále ledovat a rozcvičovat na rotopedu nebo pomocí plavání. Jinak v celkově dobrém stavu se pacient vrátil k běžným činnostem.

**Obrázek 5** Magnetická rezonance 21. 11. 2016, Koronární řez



*Zdroj: WinMedicale FN Plzeň*

Obrázek 6 Magnetická rezonance 21. 11. 2016, Sagitální řez



*Zdroj: WinMedicale FN Plzeň*

## 5.4 Kazuistika 4

Pacient, 23 let

### Anamnéza

**OA:** nevýznamná

**RA:** nevýznamná

### Katamnéza

7. 12. 2016 se pacient dostavil s přetrvávající bolestí kolenního kloubu po zranění z dřívější doby, které nebylo ošetřeno. Téhož dne bylo provedeno rentgenové vyšetření, jehož výsledek byl bez zřetelných traumat a změn na skeletu. Přes přetrvávající bolest byla indikována magnetická rezonance.

13. 12. 2016 provedena magnetická rezonance pravého kolena na základě přetrvávající bolesti, opět nativně na 3T přístroji, kdy závěrem byla pouze kostní modřina posterolaterální části tibie, hydrops kolenního kloubu, zhmoždění Hoffova tukového tělesa a zhmoždění měkkých tkání zadního kolena.

## **Závěr**

Pacient prakticky v dobrém stavu doporučena do domácího ošetřování. Byla doporučena pouze ortéza na 1 – 2 týdny s odlehčováním končetiny.

## **5.5 Kazuistika 5**

Pacientka, 24 let

### **Anamnéza**

**RA:** nevýznamná

**OA:** pacientka zdráva

**LA:** neužívá

**AA:** náplast, pyly

### **Katamnéza**

22. 11. 2016 si při srážce během fotbalu poranila pravé koleno. Otok a náplň v koleni, hybnost mírně omezená, následně poslána rentgenové vyšetření. Rentgen pravého kolena bez traumatických změn na skeletu. Doporučeno pokračovat s ortézou v zavedeném režimu, ledovat a chůze o francouzských holích s odlehčením.

30. 11. 2016 v rámci kontroly bolesti pravého kolena ustupují, odbarvující se hematom, ale stále omezená hybnost pro bolest a proto byla jako doplnění indikována magnetická rezonance.

5. 12. 2016 se uskutečnila magnetická rezonance pravého kolenního kloubu, kdy závěrem vyšetření bylo zhmoždění vnitřního postranního vazů a kostní modřina v proximální zadní tibií a laterálním kondylu femuru. Náplň v koleni ustoupila a taktéž i otok.

## **Závěr**

Pacientka byla doporučena do domácí péče s doporučením rozvíčování hybnosti v plném rozsahu.

## DISKUZE

Naše teoretická část je zaměřena na složení jednoho z největších kloubů v lidském těle, kloubu kolenního. Popsány jsou zde jeho základní části jako menisky, kloubní vazy a chrupavka. Následně jsme představili jejich možné patologické procesy, a jakým způsobem se hodnotí pomocí magnetické rezonance. V druhé polovině teoretické části jsme se věnovali principu fungování magnetické rezonance, která je nejlepší zobrazovací metodou na měkké struktury kolenního kloubu. V posledním úseku teoretické části práce jsme se věnovali tématům souvisejícím s magnetickou rezonancí, jako je vlastní přístroj magnetické rezonance, užívané kontrastní látky, v jakých případech dochází k indikaci vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí a jejími kontraindikacemi.

Námi použitá literatura pro teoretickou část se ve většině případů vzájemně shodovala, až na detailnější popisy složení kolenního kloubu a principu fungování magnetické rezonance a proto předpokládáme, že námi představená teoretická východiska naší práce jsou dostatečně objektivní. V naší práci jsme také využili informací ze zahraničí, publikovaných jako odborné články.

V praktické části práce jsme představili výsledky statistického šetření provedeného na souboru 106 pacientů, kterým byla k vyšetření kolenního kloubu indikována magnetická rezonance na Klinice zobrazovacích metod Fakultní nemocnice Plzeň v době odborných praxí od 30. 10. 2016 do 16. 12. 2016. Výsledky námi provedeného šetření byly velmi důležité pro potvrzení nebo vyvrácení předpokladů a zjištění odpovědi na námi stanovené otázky.

Statistické šetření je doplněno pěti kazuistikami, které představují a znázorňují zkoumaný statistický soubor. Ve dvou případech se jednalo o muže s indikací magnetické rezonance na základě úrazu s postižením menisků, což naše statistické šetření potvrdilo za nejčastější. Třetí kazuistika pojednává o muži taktéž s úrazem, ale s druhou nejčastěji postiženou strukturou a to postižení vazů kolenního kloubu. Ve všech třech případech následovala artroskopická operace. Čtvrtá kazuistika stejně jako pátá popisuje případy, kdy magnetická rezonance díky jejímu vysokému kontrastnímu rozlišení potvrdí nepřítomnost žádného vážného patologického procesu.

První pacient podstoupil rentgenové vyšetření na základě úrazu, uklouznutí u vany a jeho přetrvávajících bolestí. Rentgenový snímek neodhalil žádné postižení, proto byla na

základě stálých bolestí po 1 – 2 týdnech používání francouzských holí indikována magnetická rezonance. Ta byla provedena nativně na 3T přístroji a odhalila intrameniskální horizontální fissuru laterálního menisku, která byla potvrzena opět na kontrolní magnetické rezonanci, kdy byla indikována arthroscopická operace. Pacientovi byla provedena menisectomia partialis meniscus lateralis.

Druhý pacient se dostavil s bolestmi kolenního kloubu po úrazu na motocyklu ve vysoké rychlosti, který se stal před šesti týdny. V den příchodu absolvoval rentgenové vyšetření, které odhalilo výrazněji pozitivní značnou lézi mediálního menisku ve střední zadní části. Na základě tohoto výsledku byla indikována magnetická rezonance, jejíž závěr zněl horizontální fissura, imbibice a subluxace mediálního menisku. Po té byla indikována arthroscopická operace, která proběhla následně po kontrolní magnetické rezonanci bez komplikací.

Kazuistika 3 popisuje problém pacienta, který se dostavil na základě úrazu způsobeného při sportu, kdy při pohybu pacient pociťoval bolest. Pacient byl přeposlán s mírnou náplní kolenního kloubu na rentgenové vyšetření, které bylo bez traumat na skeletu. Pacient absolvoval 10 dní chůze o francouzských holích s šetřením postižené končetiny. Jako doplnění byla indikována magnetická rezonance, která prokázala rupturu ligamentum cruratum anterius, rupturu zadního rohu mediálního menisku, kostní modřinu posterolaterální tibie, prearthrozu mediální poloviny kloubní štěrbinu a zmnožení nitrokloubní tekutiny. Pacientovi byla následně provedena arthroscopická operace s kontrolou.

Čtvrtá a pátá kazuistika se průběhem shodují, pacient i pacientka se dostavili s úrazem kolenního kloubu a bolestivostí. Oba podstoupili rentgenové vyšetření s následným doplněním magnetickou rezonancí nativně na 3T přístroji. Výsledek kazuistiky číslo 4 byl jen kostní modřina posterolaterální tibie, hydrops kolenního kloubu, zhmoždění Hoffova tukového tělesa a zhmoždění měkkých tkání zadního kolena. Pacient byl propuštěn s ortézou na 1 – 2 týdny. Taktéž pacientka z kazuistiky číslo pět byla na základě výsledku magnetické rezonance, zhmoždění vnitřního postranního vazy a kostní modřina v proximální zadní tibií a laterálním kondylu femuru, propuštěna.

Díky provedenému statistickému šetření lze nyní potvrdit nebo vyvrátit námi stanovené cíle a předpoklady. Předpoklad k prvnímu cíli, zjistit, zda je úraz nejčastější indikací k vyšetření kolenního kloubu na magnetické rezonanci byl, že více jak polovina

vyšetření byla indikována z důvodu úrazu. Tento předpoklad lze označit jako správný, což je patrné z grafu číslo jedna s názvem indikace k vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí. Z celkového počtu 106 zkoumaných pacientů byl u 64 indikací k vyšetření magnetickou rezonancí právě úraz. Nejčastěji jsou to úrazy způsobené na základě různých sportovních výkonů, což není zvláštním překvapením, jelikož kolenní kloub je jedním z nejzatíženějších kloubů lidského těla, ještě více při jakékoliv sportovní činnosti.

U druhého cíle, zjistit nejčastěji postiženou anatomickou strukturu kolenního kloubu jsme si stanovili nejen otázku jaká je nejčastěji postižená anatomická struktura kolenního kloubu, ale také jsme zároveň předpokládali, že nejčastěji postiženou strukturou jsou menisky kolenního kloubu. Odpověď na otázku nám rovněž potvrdila náš předpoklad, kdy nejčastěji postiženou strukturou z vybraného vzorku 106 pacientů bylo u 54 z nich poškození menisku. Druhou nejčastěji poškozovanou strukturou byly kolenní vazy. Ve většině námi použité literatury, především ve formě cizojazyčných článků, se uvádí, že při postižení kolenního kloubu jsou nejprve poškozením zastiženy menisky a vývojem dalšího násilí, zátěže, následně vazy kolenního kloubu. Jak je patrné z druhého grafu nejčastěji postižené anatomické struktury kolenního kloubu, naše statistické šetření tomu odpovídá. Celkový počet postižených struktur je u grafu číslo dvě 130, tedy větší než získaný vzorek 106 pacientů, a to proto, že někteří námi zkoumaní pacienti měli postiženo více struktur najednou.

Námi třetí stanovený cíl byl zjistit, v kolika případech následovala po vyšetření magnetickou rezonancí operace. V tomto případě jsme chtěli zjistit počet pacientů, u kterých byla na základě výsledků magnetické rezonance a díky jejímu vysokému kontrastnímu rozlišení indikována operace. Předpokládali jsme, že operace nastala u poloviny z vyšetřovaných pacientů, tento předpoklad však nebyl potvrzen. Graf číslo tři souslednost procesů, nám dokazuje, že z celkového počtu provedených nekontrolních magnetických rezonancí 85 bylo pouhých 31 pacientů následně operováno. V tomto grafu je počet pacientů menší než 106, protože 21 magnetických rezonancí bylo provedeno v rámci kontrolního vyšetření. Veškeré magnetické rezonance byly provedeny nativně na 3T přístroji.

Další otázkou k tomuto cíli jsme se zaměřili na artroskopické provedení operace. Ptali jsme se, kolik z předchozího uvedeného počtu operací bylo provedeno artroskopicky. Uvádí se totiž, že pokud je validita, tedy přesnost výsledků z MR 70 – 80 % u artroskopie

bude 90 %. Zjistili jsme, že z celkového počtu provedených operací 31 bylo artroskopicky uskutečněno 19 operací. Artroskopie může být přesnější metoda než magnetická rezonance, ale je nutné zde zvážit, zda je zásah do lidského těla opravdu nepostradatelný. Zde se prokázalo, že magnetická rezonance a její vysoká kontrastní rozlišovací schopnost, ve většině případů na průkaz patologického procesu naprosto dostačuje.

## ZÁVĚR

Vzhledem k zatížitelnosti kolenního kloubu jakožto jednoho z největších kloubů v těle, není postižení jeho anatomických struktur neobvyklým stavem. Kolenní kloub je kloubem vyšetřovaným nejčastěji pomocí magnetické rezonance díky jejímu vysokému kontrastnímu rozlišení. Její vysoká cena je určitou překážkou, proto ve většině případů předchází magnetické rezonanci vyšetřeními pomocí jiných zobrazovacích metod, ale neinvazivnost a přesnost tohoto vyšetření převládá nad stránkou ekonomickou. Díky přesnosti magnetické rezonance a jejímu odhalení určitých patologických procesů lze indikovat následné operace ať už pouze artroskopické nebo další velké operace např. implantace kloubní náhrady.

V teoretické části jsme se zabývali obecným popisem kolenního kloubu, také popisem jeho anatomických struktur a jeho možných pohybů. Nastíněny jsou zde i patologické procesy vyskytující se v kolenním kloubu a zároveň jejich hodnocení na magnetické rezonanci. Následně jsme stručně představili princip, na jakém magnetická rezonance pracuje, použití kontrastních látek a možné vedlejší reakce vyvolané těmito látkami. Je zde zahrnut i popis složení přístroje magnetické rezonance a její hlavní kontraindikace, které mohou způsobit vážné problémy, nejen pro přístroj, ale hlavně pro pacienta. Pro úplnost je doplněn krátký popis přípravy pacienta na vyšetření a jeho průběh.

Na počátku jsme si stanovili cíle a předpoklady, které naše práce splnila a vyjasnila. Prvním stanoveným cílem bylo zjistit nejčastější indikaci k vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí. Předpokládali jsme, že více než polovina vyšetření byla indikována na základě úrazu kolenního kloubu. Tento předpoklad se nám potvrdil, neboť u 60 % pacientů byl indikací k vyšetření opravdu úraz.

Druhý cíl práce byl zaměřen na nejčastěji postiženou anatomickou strukturu kolenního kloubu, kterou jsme měli zjistit. Předpokládali jsme, že nejčastěji postižená anatomická struktura budou menisky. I tento předpoklad se nám potvrdil, dle našich zjištění byly menisky postiženy u 41 % pacientů. Ostatní postižené struktury se pohybovaly pod 15 %.

Posledním cílem práce bylo zjistit, u kolika pacientů následovala díky výsledkům magnetické rezonance operace. U tohoto cíle jsme předpokládali, že operace byla provedena u poloviny vyšetřovaných pacientů. Naše šetření tento předpoklad vyvrátilo,



operace byla provedena u méně než poloviny a to u 36 % pacientů. Do tohoto cíle byla zahrnuta i otázka kolik z uskutečněných operací bylo provedeno artroskopicky. Výsledek této otázky je takový, že z celkového počtu provedených operací bylo artroskopicky provedeno 61 %.

Význam této bakalářské práce spatřuji především v aktuálnosti získaných údajů zabývajících se magnetickou rezonancí kolenního kloubu, vzhledem k tomu, že kolenní kloub je jeden z nejvíce zatěžovaných kloubů lidského těla a magnetická rezonance jedna z nejlepších zobrazovacích metod na anatomické struktury právě kolenního kloub. Magnetickou rezonanci lze doporučit jako šetrnou metodu při úrazech kolene, protože určí kdy dále operovat a kdy to není nutné.

## LITERATURA A PRAMENY

1. **Karel Trnavský, Vratislav Rybka et al.** *Syndrom bolestivého kolena*. Praha : Galén, 2006. 80-7262-391-5.
2. **Vassilios S Nikolaou, Efstathios Chronopoulos, Christianna Savvidou, Spyros Plessas, Peter Giannoudis, Nicolas Efstathopoulos and Georgios Papachristou.** BioMedCentral.com. *MRI efficacy in diagnosing internal lesions of the knee: a retrospective analysis*. [Online] 23. February 2008. [Citace: 5. Listopad 2016.] <https://traumamanagement.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-2897-2-4>.
3. **Tichý, Miroslav.** *Dysfunkce kloubu V Dolní končetina*. Praha : Miroslav Tichý , 2008. 978-80-254-2251-9.
4. **Dylevský, Ivan.** *Funkční anatomie*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. 978-80-247-3240-4.
5. **Čihák, Radomír.** *Anatomie*. Praha : Grada, 2011-2016. 978-80-247-3817-8.
6. **Jan Bartoníček, Jiří Heřt.** *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha : Maxdorf, 2004. 80-7345-017-8.
7. **Radovan Hudák, David Kachlík, Ondřej Volný et al.** *Memorix anatomy : comprehensive book of human anatomy in English and Latin* . Praha : Triton, 2015. 978-80-7387-950-1.
8. **Guermazi, Mohamed Jarraya & Luis E. Diaz & William F. Arndt & Frank W. Roemer & Ali.** ncbi.nlm.nih.gov. *Imaging of patellar fractures*. [Online] 30. November 2016. [Citace: 18. Prosinec 2016.] [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5265199/pdf/13244\\_2016\\_Article\\_535.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5265199/pdf/13244_2016_Article_535.pdf).
9. **Jiří Neuwirth, Jan Šprindrich.** *Kompendum muskuloskeletálního zobrazování*. Praha : Triton, 2016. 978-80-903322-6-9.
10. **Rakesh Mohankumar, Lawrence M. White, Ali Naraghi1.** ajronline.org. *Pitfalls and Pearls in MRI of the Knee*. [Online] 7. May 2014. [Citace: 2. Listopad 2016.] <http://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.14.12969>.

11. **Robert H. Whitaker, Neil R. Borley.** *Instant anatomy.* Chichester : Wiley-Blackwell, 2016. 978-1-119-15938-4 .
12. **Petr Višňa, Radek Hart a kolektiv.** *Chrupavka kolena.* Praha : Maxdorf, 2006, 2006. 80-7345-084-4.
13. **Jarmila, Bártová.** *Přehled patologie.* Praha : Karolinum, 2015. 978-80-246-2745-8.
14. **Marta Favero, Roberta Ramonda, Mary B Goldring, Steven R Goldring, Leonardo Punzi.** ncbi.nlm.nih.gov. *Early knee osteoarthritis.* [Online] 14. June 2015. [Citace: 2. Listopad 2016.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26557380>.
15. **Vomáčka, Jaroslav.** *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 978-80-244-4508-3.
16. **Ferda, Jiří.** *Základy zobrazovacích metod.* Praha : Galén, 2015. 978-80-7492-164-3.
17. **Donald T. Graham, Paul Cloke, Martin Vosper.** *Principles of radiological physics.* Edinburgh : Churchill Livingstone, 2007. 978-0-443-10104-5.
18. **Seidl, Zdeněk.** *Radiologie pro studium i praxi.* Praha : Grada, 2012. 978-80-247-41086.
19. **Josef Nekula, Jana Chmelová.** *Základy zobrazování magnetickou rezonancí.* Ostrava : Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2007. 978-80-7368-335-1.
20. **LaVerne Tolley Gurley, William J. Callaway.** *Radiologic technology.* St. Louis : Mosby Elsevier, 2006. 978-0-323-03566-8.
21. **Solomon, Jeffrey A.** *Radiology secrets plus.* Philadelphia : Mosby Elsevier, 2011. 978-0-323-06794-2.
22. **Heřman, Miroslav a kol.** *Základy radiologie.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 978-80-244-2901-4 .
23. **Marek Mechl, Jaroslav Tintěra, Jan Žižka et al.** *Protokoly MR zobrazování .* Praha : Galén, 2014. 978-80-7492-109-4.
24. **Jan Žižka, Jaroslav Tintěra, Marek Mechl et al.** *Protokoly MR zobrazování : pokročilé techniky .* Praha : Galén, 2015. 978-80-7492-179-7 .

25. **Mlčoch, Zbyněk.** zbynekmlcoch. *magnetická rezonance - průběh vyšetření, princip, indikace.* [Online] 14. červen 2008. [Citace: 21. listopad 2016.] [http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/nemoci-lecba/magneticka-rezonance-prubeh-vysetreni-princip-indikace.](http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/nemoci-lecba/magneticka-rezonance-prubeh-vysetreni-princip-indikace)

26. **C. Benjamin Ma, MD, Assistant Professor, Chief, Sports Medicine and Shoulder Service, UCSF Department of Orthopaedic Surgery. Also reviewed by A.D.A.M. Health Solutions, Ebix, Inc., Editorial Team: David Zieve, MD, MHA, Bethanne Black, Stephanie Slon, and.** umm.edu. *Knee MRI scan.* [Online] 17. Leden 2013. [Citace: 6. Leden 2017.] [http://umm.edu/health/medical/ency/articles/knee-mri-scan.](http://umm.edu/health/medical/ency/articles/knee-mri-scan)

## SEZNAM ZKRATEK

3D.....	trojrozměrný
a.....	arteria, tepna
ASK.....	artroskopie
cm.....	centimetr
CT.....	Computed Tomography, výpočetní tomografie
DTPA .....	diethyltriaminopentaacetylová kyselina
EKG .....	elektrokardiografie
EPI.....	echo planar imaging
FFE.....	fast field echo
FLAIR .....	fluid attenuated inversion recovery
FLASH .....	fast low angle shot
GR, GRE .....	gradient echo
GRASS.....	gradient recalled aquisition in the steady state
HASTE.....	half fourier aquisition single shot turbo spin echo
IR.....	inversion recovery
kg.....	kilogram
KL .....	kontrastní látka
lig. ....	ligamentum, vaz
m.....	metr
m.....	musculus, sval
ml .....	mililitr
mm .....	milimetr

mmol ..... milimole

MR ..... Magnetická rezonance

mT ..... militesla

n..... nervus, nerv

Např..... například

PACS..... picture archiving and communication systém

PD..... proton density, protonová hustota

r. .... rete, síť

RTG..... rentgen

SE..... sekvence

SPIO ..... super magnetic iron oxid, supraparamagnetické látky

STIR ..... short T1 inversion recovery

T ..... tesla

TE..... time to echo, excitační čas

TEP..... Totální endoprotéza

TR..... time to repeat, relaxační čas

Tzv..... takzvaný

w.i..... weighted image, vážený obraz

## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Indikace k vyšetření kolenního kloubu magnetickou rezonancí .....	35
Graf 2 Postižená anatomická struktura kolenního kloubu.....	36
Graf 3 Sousednost procesů po vyšetření magnetickou rezonancí .....	37
Graf 4 Typ provedené operace po vyšetření magnetickou rezonancí .....	38

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Magnetická rezonance 16. 11. 2016, Koronární řez .....	40
Obrázek 2 Magnetická rezonance 16. 11. 2016, Sagitální řez .....	40
Obrázek 3 Magnetická rezonance 7. 11. 2016, Sagitální řez .....	42
Obrázek 4 Magnetická rezonance 7. 11. 2016, Koronární řez .....	42
Obrázek 5 Magnetická rezonance 21. 11. 2016, Koronární řez .....	44
Obrázek 6 Magnetická rezonance 21. 11. 2016, Sagitální řez .....	45

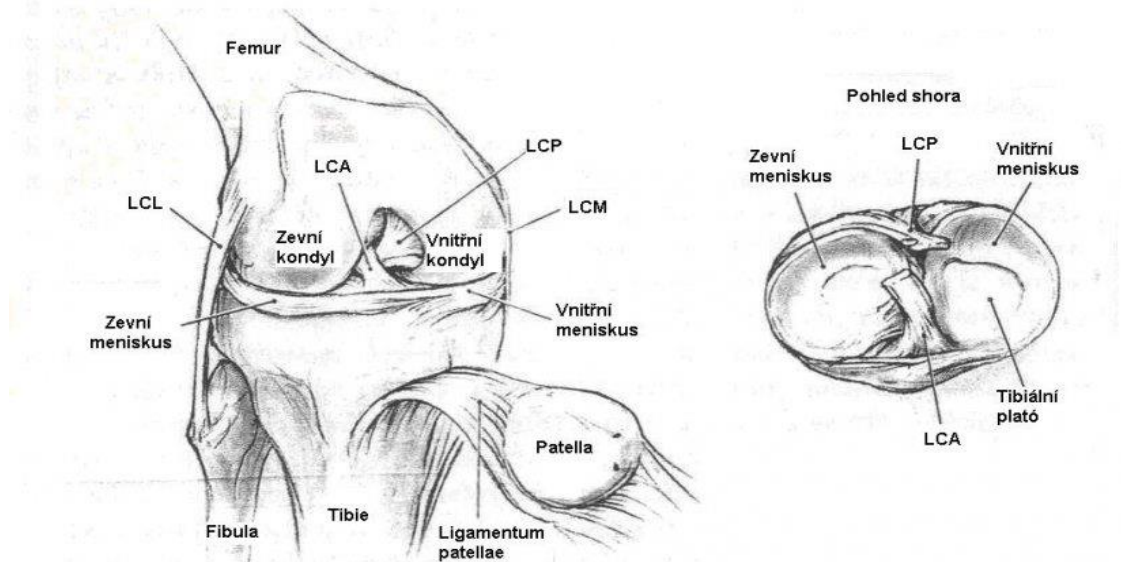


## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Stavba kolenní kloub.....	61
Příloha 2 Koronární řez kolenním kloubem v T1 váženém obraze.....	61
Příloha 3 Wibergova a Baumgartlova klasifikace tvaru česky.....	62
Příloha 4 Přední zkřížený vaz - koronární řez v T1 váženém obraze.....	62
Příloha 5 Q - úhel .....	62
Příloha 6 Počínající osteochondronekróza mediálního kondylu femuru, v T1 obraze v koronární rovině .....	63
Příloha 7 Precese .....	63
Příloha 8 Žádost o poskytnutí informací FN Plzeň .....	64

# PŘÍLOHY

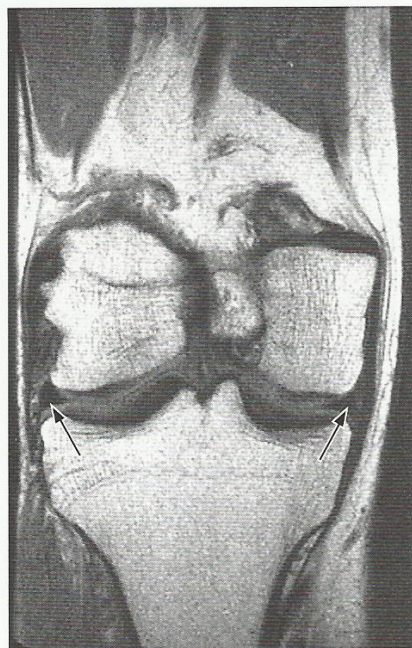
## Příloha 1 Stavba kolenní kloub



Zobrazení pravého kolenního kloubu. LCL - lig. collaterale laterale, LCM - lig. collaterale mediale, LCA - lig. cruciatum anterius, LCP - lig. cruciatum posterius

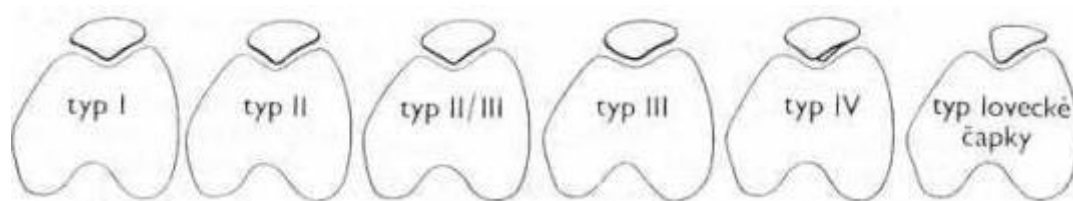
Zdroj: Mlčoch, Zbyněk. *zbynekmlcoch. magnetická rezonance - průběh vyšetření, princip, indikace.* [Online] 14. červen 2008. [Citace: 21. listopad 2016.] <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/nemoci-lecba/magneticka-rezonance-prubeh-vysetreni-princip-indikace>.

## Příloha 2 Koronární řez kolenním kloubem v T1 váženém obraze



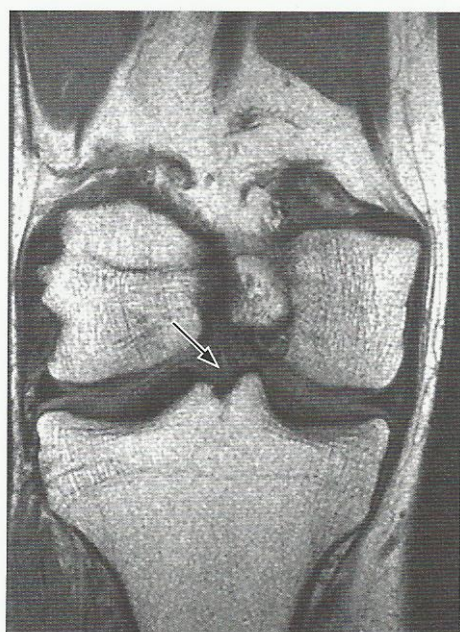
Zdroj Karel Trnavský, Vratislav Rybka et al. *Syndrom bolestivého kolena.* Praha : Galén, 2006. 80-7262-391-5.

### Příloha 3 Wibergova a Baumgartlova klasifikace tvaru číšky



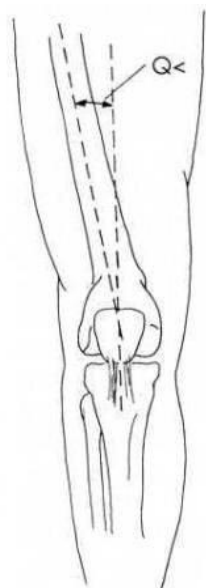
Zdroj: Jan Bartoníček, Jiří Heřt. *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf, 2004. 80-7345-017-8.

### Příloha 4 Přední zkrřížený vaz - koronární řez v T1 váženém obraze



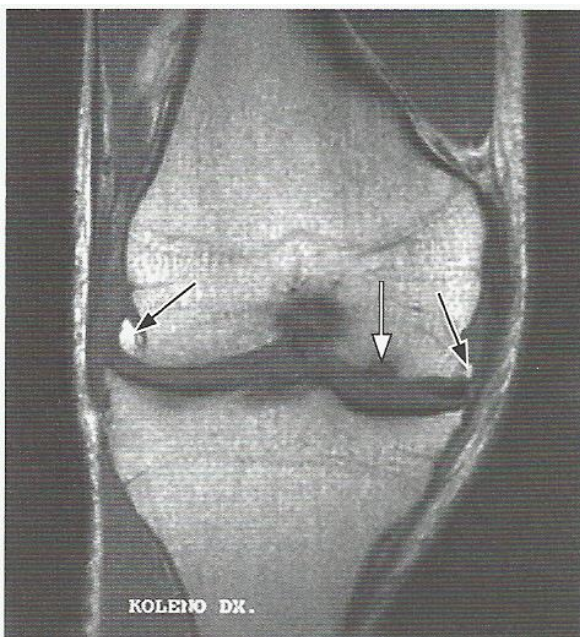
Zdroj: Karel Trnavský, Vratislav Rybka et al. *Syndrom bolestivého kolena*. Praha: Galén, 2006. 80-7262-391-5.

### Příloha 5 Q - úhel



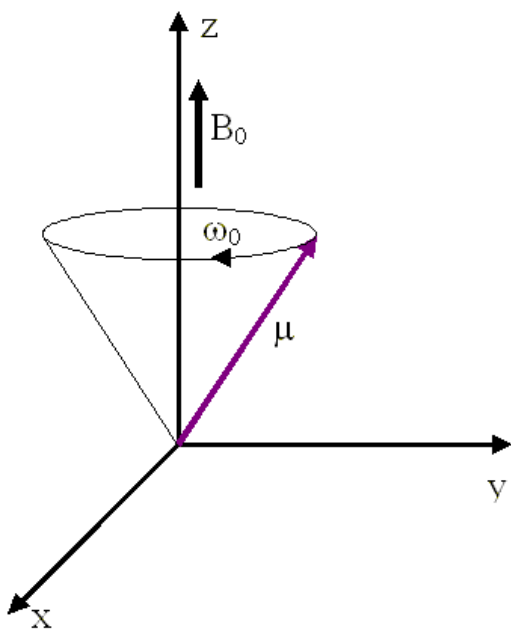
Zdroj: Mlčoch, Zbyněk. *zbynekmlcoch. magnetická rezonance - průběh vyšetření, princip, indikace*. [Online] 14. červen 2008. [Citace: 21. listopad 2016.] <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/nemoci-lecba/magneticka-rezonance-prubeh-vysetreni-princip-in>

**Příloha 6 Počínající osteochondronekróza mediálního kondylu femuru, v T1 obraze v koronární rovině**



Zdroj: Karel Trnavský, Vratislav Rybka et al. *Syndrom bolestivého kolena*. Praha: Galén, 2006. 80-7262-391-5.

**Příloha 7 Precese**



Zdroj: Mlčoch, Zbyněk. *zbynekmlcoch. magnetická rezonance - průběh vyšetření, princip, indikace*. [Online] 14. červen 2008. [Citace: 21. listopad 2016.] <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/nemoci-lecba/magneticka-rezonance-prubeh-vysetreni-princip-i>



**FAKULTNÍ NEMOCNICE PLZEŇ**

**Útvar náměstkyně pro ošetrovatelskou péči**

Edvarda Beneše 13, 305 99 Plzeň - Bory  
alej Svobody 80, 304 60 Plzeň - Lochotín  
IČO 00669806 tel.: 377 401 111, 377 103 111

Vážená paní

*Žaneta Nejdlová*

*Studentka oboru Radiologický asistent*

*Fakulta zdravotnických studií - Katedra záchranářství a technických oborů*

*Západočeská univerzita v Plzni*

### **Povolení sběru informací ve FN Plzeň**

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací o zobrazovacích metodách, používaných u pacientů *Kliniky zobrazovacích metod (KZM) FN Plzeň*. Informace budete získávat v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „*Magnetická rezonance kolenního kloubu*“.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní radiologický asistent KZM souhlasí s Vaším postupem.
- Vaše šetření osobně povedete.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického plánu FN Plzeň. Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, v platném znění.
- Sběr informací pro Vaši bakalářskou práci budete provádět v době Vašich, školou schválených, praktik, **Mgr. Bc. Radka Sússe, úsekového radiologického asistenta KZM FN Plzeň**.
- Obrazové, popř. i další údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, které budou uvedeny ve Vaší práci, musí být zcela anonymizovány.
- Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete zdravotnickému oddělení / klinice či organizačnímu celku FN Plzeň závěry Vašeho šetření, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK / OC zájem a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledků Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců, jejich soukromí, či pokud by spolupráce s Vámi zaměstnanci pociťovali jako újmu. Účast zdravotnických pracovníků na Vašem šetření je dobrovolná.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

*Mgr. Bc. Světluše Chabrová*  
*manažerka pro vzdělávání a výuku NELZP*  
*zástupkyně náměstkyně pro oš. péči*

*Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň*  
*tel.. 377 103 204, 377 402 207*  
*e-mail: [chabrovas@fnplzen.cz](mailto:chabrovas@fnplzen.cz)*

27. 9. 2016