

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Tomáš Čejka

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Význam magnetické rezonance v traumatologii kolenního kloubu a úloha
radiologického asistenta při vyšetření

Tomáš Čejka

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Čejka**
Osobní číslo: **Z16114**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Význam magnetické rezonance v traumatologii kolenního kloubu a úloha radiologického asistenta při vyšetření**
Zadávající katedra: **Katedra klinických oborů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

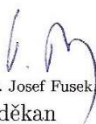
1. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. Přehled anatomie. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-206-0.
2. NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007. ISBN 978-80-7368-335-1.
3. SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
4. VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. Leoš Ungermann, Ph.D.**


Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2019**


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 4. března 2019

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval/vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil/využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl/byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 26.4.2019

Tomáš Čejka

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu MUDr. Leoši Ungermannovi, Ph.D., za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá významem magnetické rezonance v traumatologii kolenního kloubu a úlohou radiologického asistenta při vyšetření. V teoretické části je popsána magnetická rezonance, anatomie kolenního kloubu a kdo je to radiologický asistent. V praktické části je popsáno samotné vyšetření, úloha radiologického asistenta při vyšetření a četnost jednotlivých vyšetření.

Klíčová slova

kolenní kloub, magnetická rezonance, radiologický asistent

Title

The importance of magnetic resonance in traumatology of the knee joint and the role of radiological assistant during examination

Annotation

The bachelor thesis deals with the importance of magnetic resonance in the traumatology of the knee joint and the role of radiological assistant in the examination. In the theoretical part is described magnetic resonance, knee anatomy and who is radiological assistant. The practical part describes the examination itself, the role of the radiological assistant in the examination and the frequency of individual examinations.

Keywords

knee joint, magnetic resonance, radiologic assistant

Obsah

Úvod	11
1 Cíl práce.....	12
2 Magnetická rezonance	13
2.1 Historie	13
2.2 Fyzikální principy	13
2.2.1 Spin.....	13
2.2.2 Precese	14
2.2.3 Rezonance	14
2.2.4 Relaxace	15
2.2.5 Měření signálu.....	16
2.2.6 Prostorové kódování	16
2.3 Hardwarové vybavení	18
2.3.1 Stínění	18
2.3.2 Typy magnetických rezonancí	18
2.3.3 Cívky	19
2.4 Sekvence	20
2.4.1 Spin-echo.....	20
2.4.2 Inversion recovery.....	21
2.4.3 Gradientní echo.....	22
2.5 Výstupní obraz	23
2.5.1 Kvalita obrazu.....	23
2.5.2 Artefakty v obraze	23
2.6 Kontrastní látky	24
2.7 Kontraindikace MR vyšetření	24
3 Kolenní kloub.....	26
3.1 Menisky	26
3.2 Čěška	27
3.3 Kolenní vazy	27
3.4 Svaly	28
3.5 Cévy.....	29
3.6 Burzy a chrupavky	29
3.7 Kinetika kolenního kloubu.....	29
3.8 Poranění kolenního kloubu	30
4 Radiologický asistent.....	32
5 Ostatní zobrazovací metody kolenního kloubu	34

5.1 RTG	34
5.2 CT.....	34
5.3 Ultrazvuk	35
5.4 Artroskopie.....	35
6 Úloha radiologického asistenta při MR	36
7 Sekvence vyšetření.....	37
7.1 Plánování.....	37
7.2 Sekvence	37
8 Průzkumná část	39
8.1 Pohlaví vyšetřovaných pacientů.....	39
8.2 Vyšetřovací modalita.....	41
8.3 Jednotlivé diagnózy u vyšetření	43
9 Diskuse	45
10 Závěr.....	46
11 Použitá literatura.....	47
12 Přílohy	49

Seznam obrázků

Obrázek 1	Protony mimo magnetické pole (Nekula, 2007, s. 8).....	14
Obrázek 2	Protony v magnetickém poli (Nekula, 2007, s. 8).....	14
Obrázek 3	Ukázka doby použití jednotlivých gradientů (Válek, 1996, s. 25).....	17
Obrázek 4	Hlavová cívka (Vomáčka, 2015, s. 53)	20
Obrázek 5	Kolenní kloub (Naňka, 2009, s. 41)	26
Obrázek 6	Tvary česky (Bartoníček, 1991, s. 187)	27
Obrázek 7	vlevo MR kolenní kloub, vpravo CT kolenní kloub, sagitální řezy	30
Obrázek 8	RTG kolenního kloubu.....	35
Obrázek 9	Kolenní kloub: vlevo na proton-denzitní sekvenci, vpravo na T1 sekvenci	38
Obrázek 10	Počty mužů a žen.....	39
Obrázek 11	Pohlaví na jednotlivých modalitách	40
Obrázek 12	Věk na jednotlivých modalitách.....	40
Obrázek 13	Jednotlivá vyšetření.....	41
Obrázek 14	Prostý snímek kolene	42
Obrázek 15	Jednotlivé diagnózy u RTG.....	43
Obrázek 16	Jednotlivé diagnózy u MR kolene.....	44

Seznam zkratk a značek

B_0	Statické magnetické pole
CT	Výpočetní tomografie
EKG	Elektrokardiogram
FID	Free induction decay
MR	Magnetická rezonance
PD	proton denzitní
RTG	rentgenové vyšetření
TE	Time to echo
TR	Time to repeat
tj.	to jest
γ	gyromagnetická konstanta

Úvod

Tato bakalářská práce pojednává o využití magnetické rezonance při poraněních kolenního kloubu. Magnetická rezonance nevyužívá ionizujícího záření a doposud nebyli zjištěny vedlejší účinky vyšetření jako je to u metod využívajících ionizujícího záření. Tato modalita nám také dává daleko větší diagnostické možnosti při hodnocení měkkých tkání oproti klasickým radiologickým metodám. Z těchto důvodů se magnetická rezonance čím dál častěji začíná objevovat i v menších nemocnicích. Toto téma jsem si vybral z důvodu velké perspektivy magnetické rezonance do budoucna.

V teoretické části se práce zabývá základními fyzikálními principy fungování magnetické rezonance, hardwarovým vybavením přístroje. Je zde také zmíněné prostorové kódování a následná tvorba obrazu. Další kapitola se zabývá anatomií kolenního kloubu, především tedy měkkých tkání zobrazitelných při vyšetření magnetickou rezonancí. Je zde také zahrnuta traumatologie poranění kolene. V následující kapitole je popsáno, kdo je to radiologický asistent, jaké potřebuje minimální vzdělání pro vykonávání své profese a jaké má pravomoci při své práci. V poslední teoretické kapitole je srovnání výhod a nevýhod ostatních diagnostických modalit jako je rentgenový snímek, CT vyšetření nebo artroskopie oproti vyšetření magnetickou rezonancí.

Praktická část práce se věnuje práci samotného radiologického asistenta. Jeho postupem práce před vyšetřením, přípravou pacienta a jeho edukací. V další kapitole je popsáno samotné vyšetření na magnetické rezonanci. Je popsáno, jak probíhá a jednotlivé sekvence využívané při vyšetření kolenního kloubu. Poslední část se zabývá počty jednotlivých vyšetření na MR a souvislostmi mezi pacienty a taky jednotlivými druhy vyšetření.

1 Cíl práce

Magnetická rezonance je moderní a výpočetně náročný přístroj. V teoretické části je tedy cílem práce popsání anatomie kolenního kloubu potřebné k provedení samotného vyšetření a také popsání principů samotného přístroje. Oba tyto cíle jsou založeny na studiu odborné literatury. V neposlední řadě je také cíl zjistit kdo je to radiologický asistent, jak lze dosáhnout potřebného vzdělání a jeho pravomoci při vyšetření a porovnání MR a ostatních zobrazovacích modalit.

Praktická část se zabývá samotným průběhem vyšetření. Na závěr bude porovnání jednotlivých diagnóz při úrazech kolenního kloubu a použití jednotlivých vyšetřovacích modalit u pacientů. Bude zkoumán poměr v počtu vyšetření jednotlivých pohlaví, jejich průměrný věk. Budou porovnány počty jednotlivých vyšetření provedených za sledované období.

Cílem praktické části je tedy zjistit, jestli jsou na vyšetření kolenního kloubu častěji ženy nebo muži. Srovnat jejich průměrný věk na jednotlivých modalitách. U prostých snímků zjistit, jestli je častěji snímkané pravé nebo levé koleno. Jako poslední budeme porovnávat jednotlivé uvedené diagnózy u jednotlivých modalit.

2 Magnetická rezonance

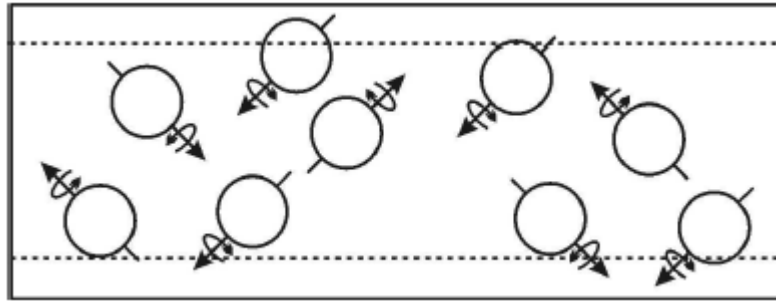
2.1 Historie

Fyzikální základy pro magnetickou rezonanci byly položeny s objevem kvantové teorie ve 20. letech 20. století. V roce 1938 Isidor Isaac Rabi experimentem prokázal, že chování atomů stříbra vystavených účinkům vnějšího magnetického pole je závislé na jejich jaderném spinu. Felix Bloch a Edward M. Purcell provedli první úspěšné pokusy s nukleární magnetickou rezonancí u pevných látek a kapalin. V roce 1971 publikoval Raymond Damadian práci, ve které popsal různé relaxační časy různých tkání. Roku 1976 získal P. Mansfield a A. A. Maudsley MR obraz lidského prstu. Posléze roku 1977 R. Damadian provedl první MR sken lidského hrudníku.

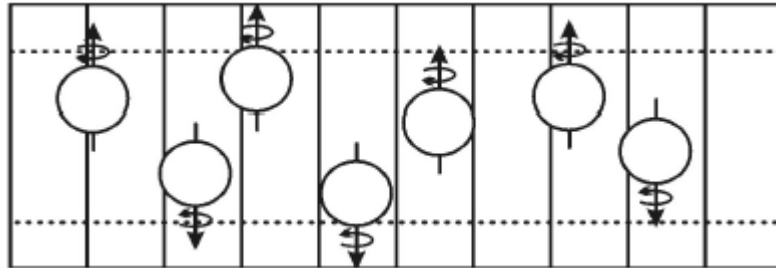
2.2 Fyzikální principy

2.2.1 Spin

Okolo částice s nábojem, která se pohybuje vzniká magnetické pole. Protony v jádře se neustále pohybují, jelikož neustále rotují kolem své podélné osy. Tato rotace se nazývá spin. Navenek se ale magneticky chovají pouze jádra s lichým počtem protonů. Představme si jádro se sudým počtem protonů a ty jako tyčkové magnety. Protony se k sobě spojí opačnými póly a jejich magnetický moment se vyruší (1, s. 6). Naopak u jader s lichým počtem protonů nám vždy zůstane jeden nepárový proton a ten nám způsobuje, že si jádro zachová magnetický moment. Nejideálnějším prvkem pro využití v magnetické rezonanci je vodík ^1H . Ten je obsažen ve více než 2/3 lidského těla a jeho magnetický moment je poměrně dobře měřitelný (2, s. 47). Za normálních podmínek je poloha jednotlivých magnetických momentů nahodilá a navzájem se vyruší, jak je vidět na obrázku 1. Umístíme-li zkoumanou tkáň do silného magnetického pole, tak se všechny protony svými rotačními osami rovnoběžně srovnají se siločarami vnějšího magnetického pole, viz. obrázek 2. Větší část protonů se srovná do takzvaného paralelního postavení, což znamená že se srovnají po směru siločar vnějšího magnetického pole. O něco menší část se dostane do antiparalelního postavení, jsou tedy otočeny o 180° . Rozdíl mezi těmito dvěma stavy bývá okolo šesti protonů z milionu. Tímto tedy vzniká nepatrná podélná magnetizace ve směru siločar vnějšího magnetického pole.



Obrázek 1 Protony mimo magnetické pole (Nekula, 2007, s. 8)



Obrázek 2 Protony v magnetickém poli (Nekula, 2007, s. 8)

2.2.2 Precese

Druhý pohyb, který protony vykonávají je precese. Jedná se o pohyb, který by se dal přirovnat k dětské káče. Protony při něm rotují v transverzální rovině po obvodu pomyslného kužele (2. s. 47). Precese protonu vyvolává příčnou magnetizaci. Za běžných podmínek jsou ale protony každý v jiné fázi rotace, a tak se navzájem vyruší. K tomu, abychom zjistili, s jakou frekvencí se protony otáčí nám slouží Larmorova rovnice. Ta nám říká, že frekvence otáčení je závislá na velikosti vnějšího magnetického pole B_0 a na gyromagnetické konstantě γ , která vyjadřuje magnetické vlastnosti daného atomového jádra. Například Larmorova frekvence pro ^1H je 63,87 MHz.

2.2.3 Rezonance

Velikost podélné magnetizace je vůči vnějšímu magnetickému poli velice malá, a ještě má stejný směr jako vnější magnetické pole, a tak nastává otázka, jak ji změřit. Toho docílíme tak, že ji vychýlíme z původní polohy. Vychýlení provedeme tím, že protonům dodáme energii. Energie je dodávána ve formě elektromagnetického pulzu. Aby proton energii přijmul, tak musíme znát jeho Larmorovu frekvenci, tj. frekvence se kterou rotuje a poté musíme vyslat elektromagnetický pulz o stejné frekvenci (3. s. 9). Tento jev se nazývá rezonance a dal by se přirovnat k houpání na houpačce. Když někoho chceme rozhoupat, tak ho musíme také

popostrkovat pravidelně v určitých chvílích, tj. s určitou frekvencí. Frekvence, které k rezonanci používáme jsou v oblastech radiových vln, a proto se říká, že vysíláme radiofrekvenční pulz. Dodaná energie způsobí že část z nadpočetných protonů v paralelním postavení přeskóčí do energeticky náročnějšího antiparalelního postavení a podélné magnetizace se ještě o něco zmenší, nebo úplně zmizí. Dodaná energie má také vliv na precesní pohyb. Doteď protony rotovali s různou fází a navzájem se tak vyrušila příčná magnetizace. Pulz ale způsobil, že se nám protony ve tkáni sfázovali a vznikla nám tak příčná magnetizace. Magnetizace tkáně se už neskrývá ve vnějším magnetickém poli, a tak už ji lze změřit.

2.2.4 Relaxace

Poté co přestane působit radiofrekvenční pulz, tak se vše začne vracet do původního stavu. Protony, které přešli do antiparalelního stavu se začínají pozvolna vracet do výhodnějšího paralelního postavení a při tom uvolňují energii do okolních tkání. Postupně tedy dochází k obnovování podélné magnetizace. Časová konstanta, která nám určuje průběh tohoto děje se označuje T_1 . Jelikož ale nejsme schopni přesně určit kdy podélná magnetizace už úplně dosáhla své původní hodnoty tak čas T_1 definujeme jako dobu za kterou podélná magnetizace dosáhne na 63% své původní magnetizace (3. s. 10). V důsledku nedokonalosti vnějšího magnetického pole a také interakce jednotlivých protonů mezi sebou dochází k postupnému rozfázování všech protonů ve vyšetřované tkáni a zaniká tak příčná magnetizace. Stejně jako u T_1 relaxace nejsme schopni změřit, kdy nám příčná magnetizace vymizí, a tak je T_2 relaxační čas definován jako doba za kterou příčná magnetizace klesne na 37% z původní hodnoty (3. s. 10). T_2^* je relaxační čas, který nám dává dohromady vlivy T_2 relaxace a nehomogenity magnetického pole $T^{\text{nehom.}}$. Výsledná čas T_2^* je ještě kratší než samotný T_2 relaxační čas.

Relaxační časy T_1 jsou dvakrát až desetkrát delší než T_2 . Hodnoty T_1 pro lidskou tkáň se pohybují v rozmezí 300 až 2000 ms, hodnoty T_2 v rozmezí 30 až 150 ms (1. s. 11). Tkáně, které obsahují tekutiny mají časy T_1 i T_2 výrazně kratší než tkáně obsahující tuk. Molekuly tuku jsou daleko větší, a tak se ve svém prostředí pohybují daleko pomaleji, proto je pro protony jednodušší jim předat přebytečnou energii, než ji předávat menším a rychlejším molekulám tekutin.

2.2.5 Měření signálu

Když dojde k ukončení radiofrekvenčního pulzu, tak se protony vracejí do méně energeticky náročného stavu a precese přestane být synchronní, tak začne klesat i intenzita měřeného elektromagnetického signálu. Tento signál se označuje jako FID signál a nejvyšší intenzitu má v době ukončení radiofrekvenčního pulzu. FID má tvar sinusoidy s frekvencí o velikosti Larmorovy frekvence a v čase exponenciálně klesá. Tento signál měříme na cívkách přiložených v okolí tkáně.

2.2.6 Prostorové kódování

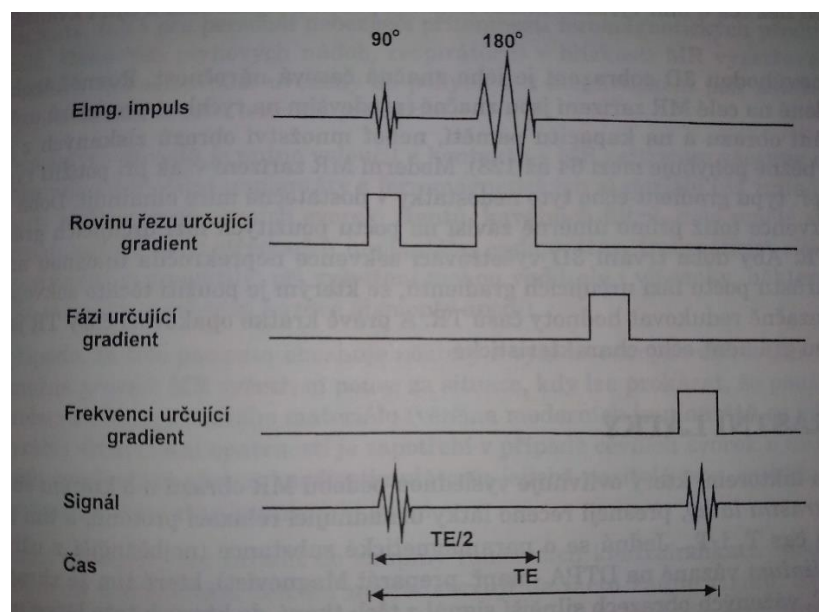
K tomu abychom získali výsledný obraz potřebujeme přesně vědět odkud nám daný signál přichází. K tomu se používá systém gradientních cívek, které cíleně dělají magnetické pole nehomogenní ve třech rovinách X, Y a Z. Ke kódování signálu v ose Z nám pomáhá gradientní cívka, která je souhlasná se siločarami hlavního magnetického pole. V ose Z nám gradientní cívky rozčlení magnetická pole tak, že u hlavy bude například 1,55T to postupně bude klesat až na 1,45T které bude u nohou. Tímto způsobem člověka rozdělíme na různé části. Následně využijeme toho, že Larmorova frekvence je závislá na síle magnetického pole. Takto rozčleněné magnetické pole bude mít různé Larmorovy frekvence v jednotlivých řezech, a tudíž budou protony v různých vrstvách v ose Z přijímat různé radiofrekvenční pulzy. V rovině Z ještě můžeme určovat šířku řezu, a to dvěma navzájem se doplňujícími postupy. Zaprvé nevysíláme do tkáně radiofrekvenční pulz o přesně dané frekvenci, ale používáme tzv. pulzní pásmo, které se skládá z úzkého spektra sousedních frekvencí (1. s. 22). Když budeme chtít úzkou vyšetřovanou vrstvu tak dáme rozsah od 63,99MHz po 64,01MHz. Pokud chceme širší vyšetřovanou vrstvu tak dáme rozsah 63,95MHz až 64,05MHz. Druhý postup, který nám určuje širší vyšetřované vrstvy je strmost magnetického gradientu. To nám říká, jestli rozsah magnetického pole od hlavy k nohám bude od 1,52T po 1,48T, nebo jestli rozsah bude od 1,55T po 1,45T. Čím bude rozsah větší, tím bude strmost menší a zároveň budeme skenovat slabší vrstvu. Gradientní pole v ose Z působí pouze v době, kdy vysíláme radiofrekvenční pulz.

Pro získání přesné informace odkud nám signál vychází ale potřebujeme ještě rozlišit osy X a Y. Ke kódování v ose X, to je zprava doleva, nebo naopak, použijeme další gradientní cívku. Tato cívka se zapíná pouze v době snímání signálu a provádí nám frekvenční kódování. To znamená, že protony na levé straně budou vystaveny silnějšímu magnetickému poli než na pravé, a tedy i jejich Larmorova frekvence bude spojitě narůstat ze směru zprava doleva

(1. s. 23). Tímto způsobíme budou protony v různých sloupcích řezu mít precesi o různých frekvencích.

Pro kódování v ose Y, tedy zepředu dozadu, nebo naopak, použijeme poslední gradientní cívku. Tato gradientní cívka se použije na velmi krátký čas, a to před spuštěním frekvence určujícího gradientu. Tento gradient způsobí, že protony vystavené zvětšenému magnetickému poli zvýší rychlost svojí precese, a to v závislosti na lokální intenzitě magnetického pole (1. s. 25). Po vypnutí gradientní cívky bude zase Larmorova frekvence protonů ve sloupci totožná ale dojde k jejich rozfázování. To znamená že protony, které byly ovlivněny silnějším magnetickým polem předběhly ty, které ovlivnilo menší magnetické pole. Jelikož gradient působil krátce, tak nestihl změnit frekvenci protonu, ale ovlivnil pouze jejich fázi (1. s. 25). Tomuto kódování se říká fázové.

Rychlost zapínání a vypínání gradientních cívek a taky jejich síla nám určují rychlost a kvalitu vyšetření. Rozložení času zapínání jednotlivých cívek lze vidět na obrázku číslo 3. Gradientní cívky jsou ale také zdrojem zvýšeného hluku při vyšetření.



Obrázek 3 Ukázka doby použití jednotlivých gradientů (Válek, 1996, s. 25)

2.3 Hardwarové vybavení

Moderní přístroje magnetické rezonance mají velké nároky na technické zařízení budov, do kterých mají být umístěny.

2.3.1 Stínění

Signály, které měříme při vyšetření magnetickou rezonancí bývají velice malé. Proto je důležité, aby místnost, ve které je přístroj umístěn, byla důkladně odstíněna. Přístroje umístěné ve vedlejších místnostech jako jsou počítače nebo mobilní telefony by mohly ovlivňovat snímání signálů. Ve zdech okolo přístroje tedy bývá instalována Faradayova klec, kterou tvoří silné pláty z ocelových bloků a měděného plechu (2. s. 54). Tento princip stínění je založen na faktu, že elektrický náboj je soustředěn pouze na povrchu vodiče. Pokud je tedy dostatečná tloušťka vodiče, tak může rušit radiofrekvenční pulzy. Faradayova klec je druh pasivního stínění.

U MR se také využívá aktivní stínění. To funguje na principu, že v okolí gantry necháme působit cívkou, které vyrábějí magnetické pole v opačném směru ke stacionárnímu poli a tím se navzájem vyruší. To nám zaručí, že silné magnetické pole nepoškodí přístroje v okolních místnostech. Je důležité nezapomenout, že magnet je zdrojem magnetického pole neustále, tudíž i když neprovádíme vyšetření. Proto nesmíme vnášet do vyšetřovny nekompatibilní elektroniku a kovové předměty.

2.3.2 Typy magnetických rezonancí

Existují tři typy konstrukcí magnetu tvořícího hlavní magnetické pole. Nejjednodušší typ je permanentní magnet. Jedná se o magnetický kov, který tvoří magnetické pole. Tyto magnety i přes svoji obrovskou hmotnost jsou schopny vytvořit jenom malou sílu magnetického pole, zhruba do 0,3T (1. s. 28). Největší výhodou spočívá v nízkých provozních nákladech. Tento typ magnetu nespotřebovává elektrickou energii, ani nevyžaduje chlazení. Pořizovací cena je také výrazně nižší. Tento typ magnetu se nedá nikterak vypnout.

Další typ jsou rezistivní magnety. Ve své podstatě se jedná o elektromagnet. Magnetické pole se generuje vodiči okolo gantry, kudy protéká elektrický proud o vysoké intenzitě (1. s. 29). Při průtoku elektrického proudu se vodiče vysoce zahřívají a je nutné je chladit. Rezistivní magnety

dosahují o něco větších sil magnetického pole a jsou tak mezičlánkem mezi permanentními a supravodivými magnety. K vypnutí tohoto přístroje nám stačí odpojení od elektrické sítě.

Třetí typ jsou supravodivé magnety. Ty jsou instalovány skoro do všech magnetických rezonancí používaných v dnešní době. V podstatě se znovu jedná o elektromagnet, ale celý systém je založen na supravodivosti. To je děj, který nastává ve vodiči, jehož teplota se přiblíží k absolutní nule, tedy teplotám okolo -270°C . Při této teplotě vodič ztrácí odpor a nedochází ke ztrátám elektrického proudu. Při instalaci magnetické rezonance je nejprve přístroj připojen k elektrické síti a je do něj přiváděn elektrický proud. Zároveň se ale celý systém vodičů začíná chladit heliem na teploty přibližující se absolutní nule. Po dosažení dané teploty se stroj odpojí od elektrické sítě a v důsledku supravodivosti už zde nedochází ke ztrátám elektrického proudu. Pro vypnutí stroje je nutné helium vypustit. Postupně se začne vodič ohřívat a ztratí své magnetické vlastnosti. V klinické praxi se používají magnetické rezonance o síle 1,5T nebo 3T. V posledních letech se objevují v praxi i přístroje o 7T.

2.3.3 Cívky

Cívky dělíme do čtyř kategorií a všechny jsou nedílnou součástí magnetické rezonance. Volumové cívky jsou pevnou součástí magnetické rezonance a ze všech stran obkružují tělo pacienta (1. s. 30). Tyto cívky jsou okolo těla pacienta a slouží k vysílání excitačních frekvencí. V případě že vyšetřujeme velký objem tak mohou sloužit i jako přijímač signálu. Další skupinou jsou gradientní cívky. Ty nám slouží ke kódování signálu v prostoru. Během průběhu vyšetření se neustále zapínají a vypínají, jsou tedy zdrojem zvýšeného hluku. Rychlost gradientních cívek z části určuje rychlost vyšetření. Třetí skupinou jsou vyrovnávací cívky. Ty pomáhají vyrovnávat nehomogenity magnetického pole. Čím lepší homogenity docílíme, tím kvalitnější budeme mít výsledný obraz vyšetření (3. s. 22). Tyto tři druhy cívek jsou pevně zabudovány do gantry a při běžném pohledu nám jsou skryty. Poslední skupinu tvoří povrchové cívky. Ty se přikládají k vyšetřované části těla a přijímají signál. Oproti volumovým cívkám podávají lepší obraz, protože jsou blízko vyšetřované oblasti. Tyto cívky mají mnoho druhů a používají se podle toho jakou část těla chceme vyšetřovat. Hlavová cívka nám slouží k vyšetření mozku a obličejové části hlavy. Jak vypadá vidíme na obrázku 4. Krční páteřní cívka se přikládá pacientovi na šíji a zobrazuje nám krční páteř (1. s. 30). Při vyšetření měkkých částí krku používáme krční cívku přikládanou zepředu, nebo obě předchozí spojené v jednu univerzální krční cívku. Můžeme mít také hlavovou a krční cívku spojené v jednu velkou. Páteřní cívka

slouží k vyšetření hrudní a bederní páteře. Pokládá se na stůl a na ni se položí pacient. Délka cívky bývá okolo 35 centimetrů, a proto většinou nezvládneme zobrazit hrudní a bederní páteř současně. Dále existuje velké množství menších cívek, např. ramenní, kolenní, loketní. Pro vyšetření hrudníku a břicha můžeme použít tělovou cívku která má rozměry 25x100 cm.



Obrázek 4 Hlavová cívka (Vomáčka, 2015, s. 53)

2.4 Sekvence

Základem zobrazování magnetickou rezonancí je vyslání excitačního pulzu. Tyto pulzy se většinou v určitém časovém úseku opakují a dohromady se jim říká sekvence. Mezi dvě základní vyšetřovací sekvence patří spin-echo a gradient-echo. Pro tvorbu výsledného obrazu potřebujeme znát veličinu TR. TR, z angl. „Time to repeat“, je časový interval mezi jednotlivými pulzy (1. s. 12). Další veličina ovlivňující výsledný obraz je TE, z angl. „Time to echo“. To je čas od vyslání excitačního pulzu do doby, než naměříme signál.

2.4.1 Spin-echo

V důsledku T_2^* relaxace nám FID signál rychle zaniká a v praxi tak nejsme schopni ho příliš dobře zachytit. Proto u spin-echo sekvencí využíváme 90° excitačního pulzu a poté ještě vysíláme 180° refokusační radiofrekvenční pulz. Refokusační pulz vyšleme v čase $TE/2$ a to nám zajistí že v čase TE zaznamenáme echo signálu FID. Cyklus 90° excitačního pulzu a 180° refokusačního pulzu se během jedné studie mnohokrát opakuje (5. s. 58). Signál a výsledný obraz jsou závislé na dvou hodnotách, a to TR a TE. Můžeme tedy získat tři druhy obrazu, T1 vážený obraz, T2 vážený obraz a proton denzitní obraz.

Vyšleme-li radiofrekvenční pulz po relativně krátké době TR, tedy v době, kdy některé tkáně nabyly větší podélné magnetizace oproti těm s delšími časy T1, budou výsledné hodnoty signálu v různých tkáních odlišné (1. s. 15). Signál, který získáme v krátkém čase TE nám tady bude dávat obraz o rychlosti T1 relaxačních časů v dané tkáni. Říkáme mu tedy T1 vážený obraz a je definován krátkými časy TE a TR. Při takto vytvořeném obrazu budeme mít tedy tuk hypersignální (bude mít bílou barvu) a tekutina bude hyposignální (šedá barva).

Při dostatečném prodloužení TR všechny tkáně získají svoji původní podélnou magnetizaci. Pokud dostatečně prodloužíme i dobu TE, aby byly T2 rozdíly relaxací už dostatečně patrné, tak získáme T2 vážený obraz. T2 vážený obraz je specifikován dlouhými časy TR a TE. V konečném obrazu budeme mít prohozené signály tuku a vody oproti T1 váženým sekvencím. Tuk bude tedy hyposignální (šedý) a tekutina bude hypersignální (bílá).

Proton denzitní obraz nám maximalizuje vliv podélné a příčné magnetizace. Velikost signálu u proton denzitních obrazů tedy závisí na počtu protonů ve vyšetřované tkáni. PD obraz je charakterizován dlouhými časy TR a krátkými TE. U této sekvence bude tekutina spíše tmavě šedá a tkáně s vyšším obsahem vody budou tmavší oproti ostatním (3. s. 16).

Velikost TE a TR závisí na síle magnetického pole přístroje a taky na relaxačních časech T1 a T2 vyšetřovaných tkání. Přibližně by se dalo říct, že pro T1 vážený obraz mají TR hodnoty pod 700 ms a TE je menší než 20 ms. Pro T2 vážený obraz má TR více než 2000 ms a TE nad 70 ms. Proton denzitní obrazy mají TR delší než 2000 ms a TE pod 30 ms (5. s.57).

2.4.2 Inversion recovery

Princip této sekvence spočívá ve faktu, že před klasickou spin-echo sekvencí vložíme 180° preparační radiofrekvenční pulz. Při této metodě měníme orientaci podélné magnetizace, a tedy měníme průběh podélné magnetizace. Používáme tedy T1 složku vážení. Inversion recovery je založeno na rozdílné relaxaci tkání po 180° preparačním pulzu. Využívá se jako sekvence k potlačení různých signálů, například vody a tuku.

Pomocí STIR sekvence dokáže potlačit tkáně s krátkým relaxačním časem. Sekvence je založena na 180° preparačním pulzu a poté v době kdy je signál rychle relaxujících tkání nulový vyšleme 90° excitační pulz. To nám zajistí že tkáně, které v době vyslání excitačního pulzu měli nulovou podélnou magnetizaci se nám neprojeví ve výsledném obraze. Tato sekvence se

využívá k potlačení tuku, ale také potlačuje signál kontrastních látek. Proto při použití kontrastních látek nesmíme tuto sekvenci použít.

Další metoda má název FLAIR. Je založena na principu STIR sekvence. Jediná změna je že prodloužíme čas mezi 180° a 90° pulzem tak abychom 90° excitační pulz vyslali v době, kdy budou mít dlouho relaxující tkáně nulovou hodnotu podélné magnetizace. Tím docílíme toho, že ve výsledném obraze se nám neprojeví signál dlouho relaxujících tkání jako je například tekutina.

2.4.3 Gradientní echo

Gradient echo sekvence díky odlišným fyzikálním procedurám jsou výrazně rychlejší než spin echo sekvence. 90° radiofrekvenční pulz je nahrazen pulzem v rozsahu 10° až 60° , který otáčí tkáňovou magnetizaci v menší míře, a proto je u těchto sekvencí trvale zachována složka podélné magnetizace. V důsledku zachování podélné magnetizace, kterou lze dalšími pulzy otáčet, získáme dostatečně silný signál i po dalších pulzech, které mohou následovat rychle za sebou a můžeme tedy zkracovat intervaly TR (1. s. 18).

180° pulz je zde nahrazen přídatným magnetickým gradientem, který se na krátkou dobu přidává k základnímu magnetickému poli. Přídatný gradient nejdříve zvětší nehomogenitu základního magnetického pole a tím urychlí rozfázování protonů, a tedy i úbytek příčné magnetizace. Následně je ale gradient znovu aplikován se stejnou velikostí ale s opačným směrem. Výsledek je opětná synchronizace pohybu rotace protonů s nárustem příčné magnetizace až k maximu, které se nazývá gradientní echo, a které zachycujeme jako signál z tkání (1. s. 18).

Čas k provedení jednoho řezu je přímo úměrný na TR a taky na počtu fázi určujícího gradientu. Ke zrychlení času vyšetření se tedy používají například turbo spin echo sekvence nebo turbo gradient echo sekvence. Obě tyto sekvence jsou založeny na podobném principu. Po vyslání excitačního pulzu nenásleduje pouze jeden fázi a frekvenci určující gradient ale několik po sobě následujících rozdílných fázi určujících gradientů. Signály tedy získáváme postupně z jednotlivých řádků, bez vyslání dalších excitačních pulzů, a to vše během jednoho TR. Takto můžeme snímat třeba i 32 řádků výsledného obrazu. Série řezů u klasických spin echo sekvencích byla na minuty až desítky minut, u moderních přístrojů s turbo spin echo sekvencí to mohou být desítky sekund (1. s. 18). Zrychlit zobrazení se dá také vhodným řazením

sekvencí. Při čekání na relaxaci v jednom řezu obrazu, můžeme zatím zobrazovat v sousedním řezu. Tato metoda se nazývá multi-slice imagine, neboli zobrazování ve více řezech naráz.

2.5 Výstupní obraz

Signály zaznamenané ve vyšetřované tkáni se pomocí Fourierovy transformace převádějí z elektrických signálu na výsledný obraz. K-prostor je plocha, na které se shromažďují všechny získané signály. V centru K-prostoru je signál výraznější než na okrajích. Proto u moderních přístrojů se kvůli zkrácení doby vyšetření redukuje signál z periferních oblastí a ten pak není započítáván do výsledných rekonstrukcí. Tímto způsobem dokážeme zkracovat čas vyšetření (2. s. 50).

2.5.1 Kvalita obrazu

Rozlišení obrazu je závislé na několika parametrech. Základní pojmy jsou pixel a voxel. Pixel je dvojrozměrný čtvereček, ze kterého se skládá obraz. Voxel už je třírozměrný a je to objemový analog pixelu. Další pojem je FOV (field of view), neboli velikost zobrazovaného pole. Poté máme ještě matici, což je počet voxelů ve zvoleném FOV. Rozlišení se zlepšuje se zvětšující se maticí a zmenšující se FOV a šířkou řezu. Se vzrůstajícím rozlišením nám ale také klesá intenzita signálu a zvyšuje se šum.

Šířka řezu nám ovlivňuje několik věcí. S narůstající šířkou řezu se nám bude zvětšovat intenzita signálu, ale zároveň se bude snižovat rozlišení v ose Z. Mezi jednotlivými řezy také musí být určitá mezera, aby nedošlo k ovlivnění signálu u sousedních vyšetřovaných vrstev.

Šum je tvořen nahodilými elektrickými mikropulzy z celého těla. Zvýšením intenzity signálu, zvětšením matice a tenčí vrstvou získáme podrobnější obraz, ale také nám poroste hladina šumu. Šum nám také úměrně roste se zvětšující se hlavním magnetickým polem a také s horší kvalitou cívek (2. s. 51).

2.5.2 Artefakty v obraze

Artefakty lze definovat jako signálovou intenzitu ve výsledném obraze, která neodpovídá skutečné signálové distribuci z jednotlivých vyšetřovaných tkání a většinou zhoršuje kvalitu výsledného obrazu (5. s. 63).

Pohybové artefakty jsou skupinou nejčastěji se vyskytujících artefaktů. Proto je nutné, aby pacient během vyšetření vydržel nehnutě ležet. Pohyby plic a bránice se kompenzují za pomoci rychlých sekvencí a zadržení dechu (2. s. 51). Při vyšetření srdce se používají sekvence, které jsou řízeny podle hodnot z monitorování EKG pacienta během vyšetření.

Další skupinou jsou artefakty chemického posunu. Ty jsou způsobeny rozdílnými rezonančními frekvencemi vody a tuku na rozmezí dvou odlišných tkání. Projevují se jako snížení nebo zvýšení intenzity signálu na hranici dvou odlišných tkání.

Artefakty také vznikají vlivem nehomogenity magnetického pole, kdy může dojít ke zkreslení výsledného obrazu. Záleží to hlavně na kvalitě hlavního magnetického pole a korekčním systému (2. s. 51). Artefakty nám také mohou vznikat v místech kde jsou ve tkáni kovové implantáty. Z těchto oblastí většinou nezachytíme žádný signál.

2.6 Kontrastní látky

U magnetické rezonance se využívají výhradně gadoliniové kontrastní látky. Samotné gadolinium je toxické, a tak se využívá navázané na jiné molekuly. Velmi výrazně zkracují relaxační časy v tkáních, a tak se využívají především v kombinaci s T1 váženými obrazy. Různé kontrastní látky zkracují relaxační dobu jinou měrou. Příprava před podáním gadoliniové kontrastní látky je podobná jako u jodových kontrastních látek. Rizika vzniku alergických reakcí jsou u těchto kontrastních látek vzácné (2. s.70).

2.7 Kontraindikace MR vyšetření

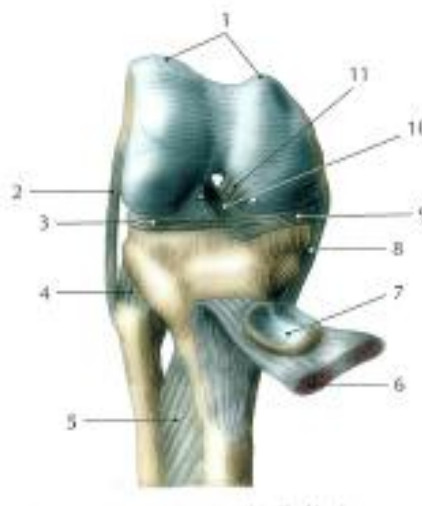
Absolutní kontraindikací jsou kovová tělesa v oku, cévní svorky z neznámého materiálu a elektronicky řízené implantáty. Absolutní kontraindikací je také kardiostimulátor. Nejnovější kardiostimulátory už mohou vyšetření v magnetické rezonanci dovolovat. Před vyšetřením ale musí mít pacient prohlášení o MR kompatibilitě systému a protokol o přepnutí systému do MR kompatibilního módu, který nesmí být starší 24 hodin. Během vyšetření musí být přítomný kardiolog a pacient musí mít EKG monitoraci. Po vyšetření musí být kardiostimulátor přepnut do běžného režimu. Mezi relativní kontraindikace patří totální endoprotézy, svorky a stenty mladší šesti týdnů. Moderní implantáty v lékařství už ale bývají vyráběny MR kompatibilní, a tak nejsou překážkou k vyšetření. Kontraindikace může být také první trimestr těhotenství, kdy se vyšetření provádí jenom výjimečně, při zdravotním stavu ohrožujícím život matky.

V ostatních měsících těhotenství se vyšetření provádí normálně, snažíme se ale vyhnout aplikacím kontrastních látek. Z důvodu dlouhého a úzkého gantry se projevuje u části pacientů klaustrofobie. V případě nutnosti ji řešíme podáním léku na uklidnění, nebo celkovou anestezií. Při vyšetření je ve vyšetřovně zvětšená hladina zvuku. Tu řešíme tlumícími sluchátky pro pacienta, nebo při vyšetření hlavy textilními ucpávkami zvukovodu (2. s. 56).

3 Kolenní kloub

Kolenní kloub je kloubem složeným a také jedním z nejsložitějších kloubů v těle. Spojuje femur, tibií, patellu a chrupavčité kloubní menisky (4. s. 41). Kolenní kloub můžeme rozdělit na tři části, a to spojení mezi femurem a menisky, tibií a menisky a femurem a patelou.

Kloubní hrboly femuru jsou v předozadním i příčném směru složitě zakřiveny. Zakřivení se postupně stupňuje a přechází v mediální a laterální kondyl. Laterální kondyl je menší a vyčnívá více vpředu. Větší mediální kondyl se v předním okraji stáčí k laterálnímu. Z nesouladu plochy kondylů femuru a plošek na tibií se vzájemně stýkají jenom minimálně a většina přenosu váhy probíhá přes menisky. Na tibií se nachází jamka pro laterální a mediální kondyl. Základní anatomické struktury lze vidět na obrázku číslo 5.



Obrázek 5 Kolenní kloub (Naňka, 2009, s. 41)

Na obrázku číslo 5 vidíme: 1- kondyly femuru, 2 a 8- postranní vazy, 3- laterální meniskus, 4- tibiofibulární kloub, 6- musculus quadriceps přecházející do ligamentum patellae, 7- patella. 9- mediální meniskus, 10- přední zkřížený vaz, 11- zadní zkřížený vaz

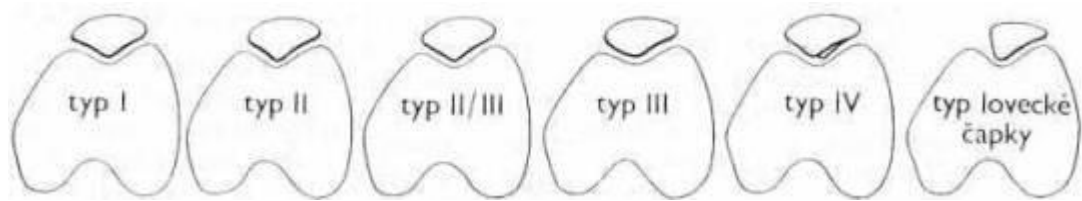
3.1 Menisky

Menisky jsou důležité pro udržení stability kolenního kloubu a ochraňují chrupavky před vzájemným kontaktem a následným poškozením. Meniscus medialis je menší a má oválný tvar. Mediální meniskus se rohy upíná na přední a zadní interkondylární plochu. Ve střední části je meniskus srostlý s vnitřním kolaterálním vazem. Mediální meniskus má oproti laterálnímu

výrazně omezenější hybnost, a tak dochází častěji k jeho poškození. Laterální meniskus má kruhový tvar. Předním cípem je upnutý na přední zkřížený vaz, zadním cípem na zadní intrakondylární plochu. Díky uchycení jenom ve dvou místech je tedy více pohyblivý (7. s.84).

3.2 Čěška

Patella je největší sezamskou kostí v těle. Dotýká se stehenní kosti a od kosti holenní je oddělena pomocí tukových polštářků. Vyvinula se v úponové šlaše čtyřhlavého svalu stehenního a má tvar trojúhelníku. Širší báze čěšky směřuje proximálně, hrot směřuje distálně (4. s. 30). Největší část šlachy musculus quadriceps femoris je upnuta na přední plochu čěšky. Šlacha zde postupně přechází v čěškový vaz (7. s.53). Zezadu čěška přiléhá na přední stranu femuru mezi kondyly a je mezi nimi silná chrupavka. Podle tvaru lze rozlišit šest druhů čěšky, jak je vidět na obrázku číslo 6.



Obrázek 6 Tvary čěšky (Bartoniček, 1991, s. 187)

3.3 Kolenní vazy

Kloubní pouzdro je největším synoviálním prostorem v lidském organizmu. V pouzdru kolenního kloubu se nachází fibrózní a synoviální vrstva, která se od sebe odlišuje svým povrchem. Kloubní pouzdro se upíná přibližně 1 cm od chrupavky kosti stehenní. Kloubní pouzdro se na čěšce a kosti holení upíná na okrajích chrupavky.

Fibrózní vrstva tvoří přizpůsobivé záhyby a vychlipuje se na přední straně pod čtyřhlavý stehenní sval. V předu bývá kloubní pouzdro slabé a k jeho zesílení ve zbytku pouzdra napomáhají vnitřní a vnější postranní vazy.

Synoviální vrstva je více rozmanitě uspořádána a tvoří ji řasy. Postupem od zadního okraje se odděluje od fibrózní vrstvy a následně se mezi řasami objevuje vrstva areolárního tukového vaziva. Toto vazivo tvoří tukový polštář, který se nazývá Hoffovo těleso.

V kolenním kloubu se nachází nejkomplicovanější vazivový aparát v celém těle. Vazy dělíme podle anatomie na zkřížené, kolaterální, patelární a vazy menisků.

Zkřížené vazy jsou největší stabilizátory kolenního kloubu. Jsou tvořeny řadou snopců o různém začátku, délce i úponu. Uloženy jsou mezi kondyly femuru ve fossa intercondylaris femoris. Jejich názvy jsou odvozeny podle jejich upnutí na tibií. Přední zkřížený vaz tedy začíná na přední straně tibie, proplétá se mezi kondyly femuru a na femur se upíná na zadní straně. Naopak zadní zkřížený vaz se upíná na zadní straně tibie, proplétá se mezi kondyly a na femur se upíná na přední straně. Pro zorientování můžeme použít mnemotechnickou pomůcku. Na pravé koleno přiložíme překřížený ukazovák a prostředník pravé ruky. Takto nám prostředník ukazuje průběh předního zkříženého vazy a ukazovák průběh zadního zkříženého vazy. Stejnou pomůcku můžeme aplikovat na levé koleno s prsty levé ruky (7. s.84).

Vnitřní kolaterální vaz pokrývá většinu mediální části kloubu. Zadní část vazy je srostlá s kloubním pouzdem a vnitřním meniskem (7. s.85). Při extenzi je vaz zcela napjatý a stabilizuje koleno.

Vnější kolaterální vaz má oválný tvar a směřuje od laterálního epikondylu k hlavičce lýtkové kosti. Od kloubního pouzdra je oddělen tenkou vrstvou řídkého vaziva. Na rozdíl od vnitřního kolaterálního vazy není nijak spojen s vnějším meniskem. Tento vaz se podílí na stabilizaci kloubu při extenzi.

Patelární vazy se starají o stabilizaci česky na správném místě.

3.4 Svaly

Kolenní kloub je propleten řadou svalů. Ty můžeme rozdělit do dvou skupin podle funkce, a to flexory a extenzory.

Musculus quadriceps femoris je jediný extenzor v kolenním kloubu. Jedná se o čtyřhlavý sval, a je to nejmohutnější sval v lidském těle. Tento sval je inervován pomocí nervus femoralis. Nejmohutnější hlavou je musculus vastus intermedius. Tvoří silnou základní šlachy a také z něj odstupuje musculus articularis, který brání uskřínutí kolenního pouzdra při pohybu.

Musculus biceps femoris, musculus semitendiosus, musculus semimebranosus patří mezi flexory. Přidávají se k nim také musculus popliteus, musculus sartorius a musculus gracilis.

Většina těchto svalů kromě flexe zajišťuje také vnitřní rotaci bérce, až na musculus biceps femoris, který obstarává vnější rotaci (7. s.93).

3.5 Cévy

Okolo kolenního kloubu je vytvořená cévní síť nazývaná se rete articulare genus. Vzniká z větví arteriae circumflexae femoralis lateralis, arterie poplitea a arteria tibialis anterior et posterior. Na zásobení předních svalů stehna a kolenního kloubu se také podílí arteria genus descendens. Arteria poplitea je tepna elastického typu, a proto bývá nejčastěji postiženou tepnou aneurysmatem (7. s. 292).

Mezi žíly procházejícími okolo kolenního kloubu patří vena saphena magna, která prochází za vnitřním kondylem. Dále zde prochází vena poplitea. Ta prochází souběžně s arteria poplitea.

3.6 Burzy a chrupavky

V řídkém vazivu okolo kloubu se vyskytují tíhové váčky v podobě dutin. Ty jsou obklopeny tekutinou. Váčky se nacházejí v bodech tlaku a tření. Ve váčkách se přelévá synoviální tekutina, která snižuje tření při pohybu kloubu a zajišťuje transport živin k chrupavčitém strukturám kolene. V oblasti kolenního kloubu se nachází více než dvacet tíhových váček (4. s. 42).

Chrupavky v kolenním kloubu pomáhají udržet mezibuněčnou hmotu v pevné konzistenci. Mezibuněčná hmota zajišťuje pevnost a pružnost, díky které je chrupavka odolná vůči mechanickému zatížení. Chrupavka tlumí nárazy a zabezpečuje hladký a klouzavý pohyb kostí. Podle poškození chrupavky lze určit biologické stáří kloubu.

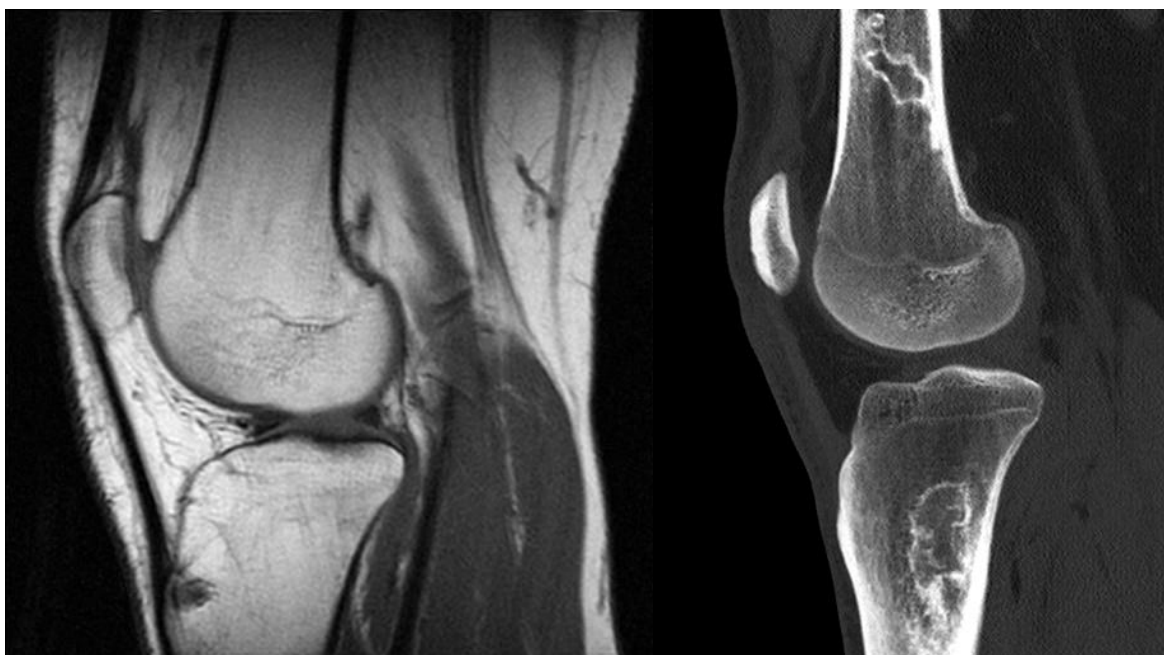
3.7 Kinetika kolenního kloubu

Základním postavením kolenního kloubu je úplná extenze. Při extenzi jsou napjaté postranní i zkřížené vazy, které zajišťují stabilitu kloubu. Přejít kolenního kloubu z extenze do flexe se skládá ze tří fází. V první fázi dochází k uvolňování zkřížených vazů a tibie rotuje dovnitř. Následuje valivý pohyb femuru po kloubních plochách tibie a po meniscích. V poslední fázi se kondyly femuru společně s menisky kloužají dozadu po tibi (7. s.85). Patela klouže při flexi distálně, při extenzi proximálně (4. s. 42).

3.8 Poranění kolenního kloubu

Koleno je jedním z nejčastěji zraňovaných kloubů a v převážné většině se jedná o úrazy sportovní. U druhu poranění převládají mechanismy nepřímé jako je páčení do stran, rotace, hyperflexe, hyperextenze, nebo kombinace těchto sil.

Zlomeniny distální části femuru a kloubní plochy jsou relativně vzácné. Současně se zlomeninou femuru dochází asi v pětině případů i k poranění měkkého kolene. Velmi vzácný ale taky závažný stav může nastat u otevřené zlomeniny s poraněním arteria poplitea. Velmi vzácně dochází ke zlomení, nebo i rozdrčení čěšky. Zlomenina proximální tibie je také vzácnější zlomenina a většinou postihuje laterální kondyl. Další z poranění kolenního kloubu je luxace kolene. Při ní dochází k přerušení kloubního pouzdra, obou postranních vazů, zadního zkříženého vazů případně i toho předního. Ve více než 60 % případů dochází také k poranění arteria poplitea (6. s. 154).



Obrázek 7 vlevo MR kolenní kloub, vpravo CT kolenní kloub, sagitální řezy

Největší přínos magnetické rezonance v diagnostice traumat kolene nastává u zobrazování měkkých tkání kolenního kloubu, jak lze vidět na obrázku číslo 7, kde můžeme porovnat zobrazení měkkých tkání na MR a CT. Velmi dobře hodnotitelné jsou při MR vyšetřeních menisky. U nich lze určit, jestli se jedná o degenerativní změny, které se projevují jako změny intenzity signálu v poškozené části menisku. Můžeme také určit, jestli nedošlo na menisku k natržení, což je předstupeň úplné ruptury. Samotnou rupturu menisku lze odhalit artroskopií,

a tak MR používáme pro hodnocení rozsahu a umístění ruptury. Zvláštní případ onemocnění menisků je macerace, kdy dochází v důsledku zánětu nebo artrózy k postupnému vstřebávání tkáně menisku.

Magnetická rezonance nám pomáhá s diagnostikou poranění vazů v koleni. Zadní zkřížený vaz bývá poraněn výjimečně a současně je jednodušší jeho hodnocení v MR. Často poškozený bývá přední zkřížený vaz a v převážné většině případů bývají současně poškozené i menisky. Na MR je ale jeho zobrazení složitější. Při podezření na poranění tohoto vazů se provádí 3D sekvence o malých šířkách řezu. Poškození patelárních vazů bývá velmi vzácné v důsledku jejich pevnosti. Velmi často dochází k poškození vnitřního kolaterálního vazů. Ten je ale lehce hodnotitelný pomocí ultrazvuku. Oproti tomu bývá poškození vnějšího kolaterálního vazů velmi vzácné.

U většiny úrazů, při zánětech, nebo degenerativních onemocněních často dochází k výpotkům v kolenní dutině. Při MR vyšetření lze zjistit, jestli se jedná o hemoragický nebo čirý výpotek. Hemartros je nahromadění krve v kloubním pouzdru. Krevní výpotek ale vyvolává v kloubním pouzdru synocialitidu a při opakovaných výronech dochází k narušení povrchní vrstvy chrupavek, což následně může vytvářet čirý výpotek v koleni. Při diagnostikování hemartrosu je žádoucí provést akutní artroskopii, při které je kloubní pouzdro propláchnuto a očištěno od krve a následně lze provést ošetření poraněných struktur (13. s.200).

4 Radiologický asistent

Radiologický asistent je nelékařský zdravotnický pracovník, který pracuje na pracovištích radiodiagnostiky, radioterapie a nukleární medicíny. V radioterapii radiologický asistent provádí plánovací vyšetření na CT, podílí se na plánování terapie a na zaměření izocentra. Poté je zodpovědný za ukládání pacienta do ozařovací polohy a za obsluhu přístroje v ozařovně. V nukleární medicíně se radiologický asistent podílí na aplikaci radioizotopů a poté provádí ukládání pacientů do snímacích přístrojů a provádí jejich obsluhu. V radiodiagnostice provádí skiagrafické a skiaskopické snímky. Provádí CT a MR vyšetření. Obsluhuje také mamografické přístroje a kostní denzitometry.

Odborná způsobilost k výkonu povolání radiologického asistenta se získává absolvováním akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru pro přípravu radiologických asistentů. V dřívějších letech se dala získat odborná způsobilost absolvováním vyšší odborné školy. V minulém století stačilo absolvovat obor radiologický laborant na střední zdravotnické škole (9. s.5211).

„Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony. Radiologický asistent provádí činnosti související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany může radiologický asistent vykonávat, pokud splňuje požadavky stanovené zvláštním právním předpisem.“ (Zákon č. 96/2004 §8 odst. 3)

Radiologický asistent může bez odborného dohledu a bez indikace provádět a vyhodnocovat zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojů ve všech typech zdravotnických radiologických pracovišt'. Zajišťovat, aby lékařské ozáření nebylo v rozporu se zásadami radiační ochrany a v rozsahu své odborné způsobilosti vykonávat činnost při zajišťování optimalizace radiační ochrany, včetně zabezpečování jakosti. Provádět specifickou ošetrovatelskou péči poskytovanou v souvislosti s radiologickými výkony. Přejímat, kontrolovat a ukládat léčivé přípravky, manipulovat s nimi a zajišťovat jejich dostatečnou

zásobu. Přejímat, kontrolovat a ukládat zdravotnické prostředky a prádlo, manipulovat s nimi a zajišťovat jejich dezinfekci a sterilizaci a jejich dostatečnou zásobu.

Radiologický asistent může provádět jako aplikující odborník v obecně odůvodněných případech stanovených standardy bez odborného dohledu na základě požadavku indikujícího lékaře jednotlivé lékařské ozáření, a to skiagrafické zobrazovací postupy včetně screeningových, peroperační skiaskopii, kostní denzitometrii a nese za ně klinickou zodpovědnost.

Radiologický asistent může provádět bez odborného dohledu na základě požadavku indikujícího lékaře a na základě indikace lékaře, který je aplikujícím odborníkem, praktickou část jednotlivého lékařského ozáření, především jeho konkrétní provedení. Přitom může provádět radiologické zobrazovací postupy používané při lékařském ozáření. Asistovat a instrumentovat při postupech intervenční radiologie. Provádět léčebné ozařovací techniky. Provádět nukleárně medicínské zobrazovací i nezobrazovací postupy a za tuto část přebírá klinickou odpovědnost.

Radiologický asistent bez odborného dohledu na základě indikace lékaře může provádět léčebné a zobrazovací výkony, které využívají jiné fyzikální principy než ionizujícího záření. Aplikovat léčivé přípravky nutné k provedení výkonů trávícím traktem, dýchacími cestami, formou podkožních, kožních a nitrosvalových injekcí.

Radiologický asistent může aplikovat pod odborným dohledem lékaře intravenózně léčiva nutná k realizaci postupů.

Radiologický asistent může vykonávat pod odborným dohledem radiologického fyzika se specializovanou způsobilostí v radioterapii dílčí činnosti při plánování radioterapie. (Vyhláška č. 55/2011 Sb. §7 odst. 1 až 6)

5 Ostatní zobrazovací metody kolenního kloubu

Magnetická rezonance není při úrazu ani bolesti kolenního kloubu první instance kam lékař pacienta odesílá, většinou prvotně provede jiná, rychlejší a levnější vyšetření.

5.1 RTG

Základní diagnostická metoda pro kolenní kloub je rentgenový snímek. Základní projekce na koleno jsou předozadní a bočný snímek. Pokud se jedná o úraz kolene, tak lze snímek provádět na snímkovacím stole. Pacient leží na zádech, horní končetiny má natažené podél těla. Vyšetřované koleno je propnuté a mírně vyrotované mediálním směrem. Centrální paprsek míří přímo na kloubní štěrbinu a do středu kazety. Pro správné centrování si vyhmátneme česku a při jejím dolním okraji se nachází kloubní štěrbinu. Primární svazek se vycloní na požadovanou oblast. Při bočním snímku pacient leží na boku, vyšetřovaná noha je v mírné flexi a naléhá na stůl laterální stranou. Pata se podloží klínkem, tím se dostane koleno do bočné projekce. Primární svazek záření se cloní na vyšetřovanou oblast. V případě podezření na poranění česky lze udělat cílenou axiální projekci. Pacient se uloží na snímkovací stůl na břicho a co nejvíce pokrčí nohu, případně si ji ještě přitáhne rukou. Centrální paprsek zaměříme přímo na dolní okraj česky a primární svazek se cloní na oblast zájmu. Při podezření na degenerativní poškození kolenního kloubu se provádí předozadní a bočný snímek ve stoje u vertigrafu (14. s. 62). Na snímku se hodnotí osy kloubu, postavení pately, výška kloubní štěrbinu, interkondylické eminence nebo kalcifikace při úponech vazů (13. s. 200). Na obrázku číslo 8 lze vidět příklad snímku kolenního kloubu.

5.2 CT

Jedná se o metodu tvorby trojrozměrného obrazu za pomoci soustavy rentgenky a detektoru, která se otáčí okolo pacienta. Při vyšetření je pacient uložen na vyšetřovací stůl na záda a pomocí laseru se vycentruje vyšetřovaná oblast. Pomocí počítačových rekonstrukcí se vytváří trojrozměrný obraz v axiálním, koronálním a sagitálním řezu. CT vyšetření se využívá podobně jako RTG pro vyšetření patologií skeletu. Často se využívá před operací kolene, kdy se pro traumatologa vytváří postprocessingové trojrozměrné rekonstrukce (2. s.80).

5.3 Ultrazvuk

Měkké tkáně kolenního kloubu lze vyšetřit pomocí ultrazvuku. Ultrazvuk je založen na rozptylu a odrazu mechanického vlnění v prostředí. Užívaná frekvence u ultrazvuku je v rozmezí 1-15 MHz (2. s. 38). Na UZ lze zhodnotit případný výpotek v kloubu, stav chrupavek, Hoffovo těleso. Dají se hodnotit také některé svaly, šlachy a cévní systém kolene.

5.4 Artroskopie

Invazivní metodou vyšetření kloubu je artroskopie. Drobnou rankou se do kolenního kloubu zavede nástroj zvaný artroskop. Jedná se o malou kamerku, která se zavede do kloubu a lze tak přímo zhodnotit stav všech nitrokloubních struktur. Případný nález v kloubu jde ve většině případů rovnou vyřešit artroskopicky. Druhou drobnou rankou si lékař zavede instrumentárium a opraví poškození v kloubu (13. s.200).



Obrázek 8 RTG kolenního kloubu

6 Úloha radiologického asistenta při MR

Radiologický asistent zajišťuje identifikaci pacienta, pacientovi vysvětlí postup vyšetření a upozorní ho na případné nežádoucí reakce. Radiologický asistent vyplní s pacientem dotazník. V dotazníku se ptáme na přítomnost kardiostimulátoru, kochleárního implantátu a podobných elektronických zařízení v těle. Zjistíme, jestli pacientovi nebyly v předchozích šesti týdnech voperovány cévní svorky či kloubní náhrady. Ptáme se na přítomnost kovových předmětů v těle, a zvláště v oku. U žen ve fertilním věku se dotážeme na těhotenství, a nakonec pacienty upozorníme, že úzké gantry může vyvolávat záchvaty paniky u lidí s klaustrofobií. Po vyplnění vyzve pacienta, aby si odložil oblečení, kovové věci a elektroniku v kabině. Před vstupem se ujistíme že pacient odložil všechny předměty, které by mohli být v magnetickém poli nebezpečné. V případě že se bude provádět kontrastní vyšetření se pacientovi zavede kanyla. Následuje uložení pacienta dle druhu vyšetření, poskytnutí ochranných pomůcek proti hluku a připojení patřičné cívky k přístroji. Následuje spuštění vyšetření. Samotné sekvence vyšetření budou popsány v další kapitole.

Radiologický asistent je tedy pracovník zodpovědný za praktickou část vyšetření. Jeho odpovědnost zahrnuje optimální nastavení přístroje. Ručí za technicky správné provedení vyšetření podle místních standardů. Je odpovědný za poučení pacienta o vyšetření a vysvětlení nežádoucích účinků, poučení o kontraindikacích. Radiologický asistent zajišťuje, aby pacient nevstoupil do vyšetřovny s nekompatibilními nebo kovovými předměty. Zajišťuje také všechny administrativní záležitosti ohledně samotného vyšetření.

7 Sekvence vyšetření

7.1 Plánování

Po připravení pacienta na MR se přechází k samotnému vyšetření. Po zadání pacienta do počítače, vepsání výšky a váhy pacienta a zadání jména radiologického asistenta, který vyšetření provádí se přechází k samotnému vyšetření. Nejprve se spustí toposcan. Ten během pár desítek sekund zobrazí základní obraz v axiální, sagitální a koronální rovině. Tato sekvence bývá mnohonásobně rychlejší než všechny ostatní sekvence. Kvalita obrazu v této sekvenci není nikterak vysoká, slouží jenom k plánování dalších sekvencí. Jednotlivé sekvence se musí plánovat podle určitých pravidel, aby se dalo srovnávat kontrolní vyšetření s předchozími a také srovnávat vyšetření napříč nemocnicemi.

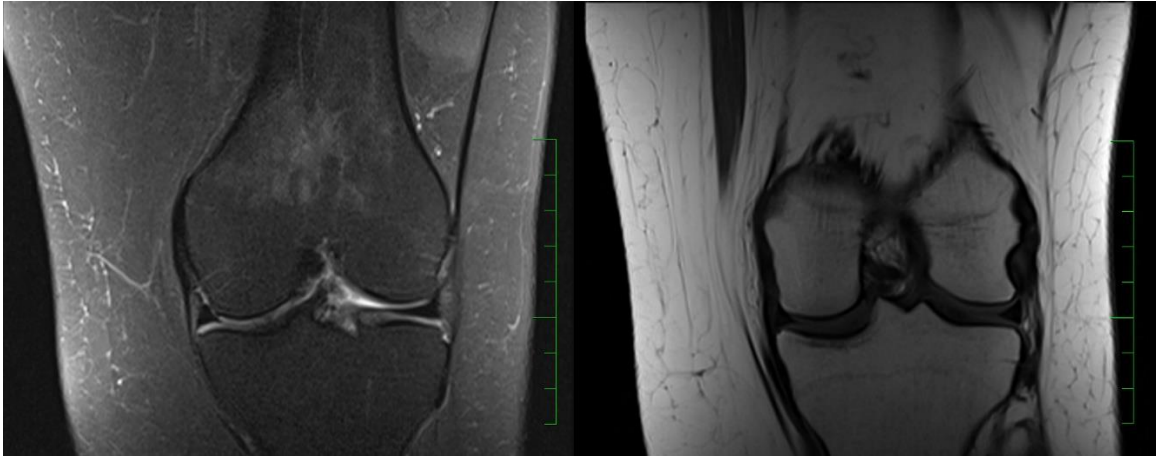
Koronální řezy plánujeme na axiálním lokátoru. Tyto řezy plánujeme kolmo na spojnici kondylů femuru, v rozsahu od pately až po zadní okraj kondylů femuru.

Axiální řezy se plánují na koronárním lokátoru. Řezy plánujeme souběžně s dolními okraji kondylů femuru v rozsahu od horního okraje pately po tuberositas tibiae.

Sagitální řezy se plánují na axiálním lokátoru. Plánujeme je rovnoběžně s předním zkříženým vazem nebo kolmo na koronální řezy.

7.2 Sekvence

Proton-denzitní sekvence jsou základem pro vyšetření kolenního kloubu a využívají se v axiálních, sagitálních a koronálních řezech. Axiální řezy jsou při tomto vyšetření málo používané. Jejich další využití lze najít jenom v cílených vyšetřeních jako třeba cílené vyšetření patelárních vazů. Standardem při vyšetření bývají T2 vážené obrazy v sagitálních řezech. Tato sekvence se cíleně plánuje podle průběhu předního zkříženého vazy a je to tedy cílené vyšetření na tento vaz. V této sekvenci by také byl dobře hodnotitelný výpotek v kloubu nebo podobné tekuté kolekce. Často se také provádí T1 vážené sekvence. Díky krátkému času relaxace budou lépe hodnotitelné tkáně s obsahem tuku jako je například kostní dřev. Na různých sekvencích lze tedy hodnotit odlišné tkáně, jak můžeme porovnat na obrázku číslo 9.



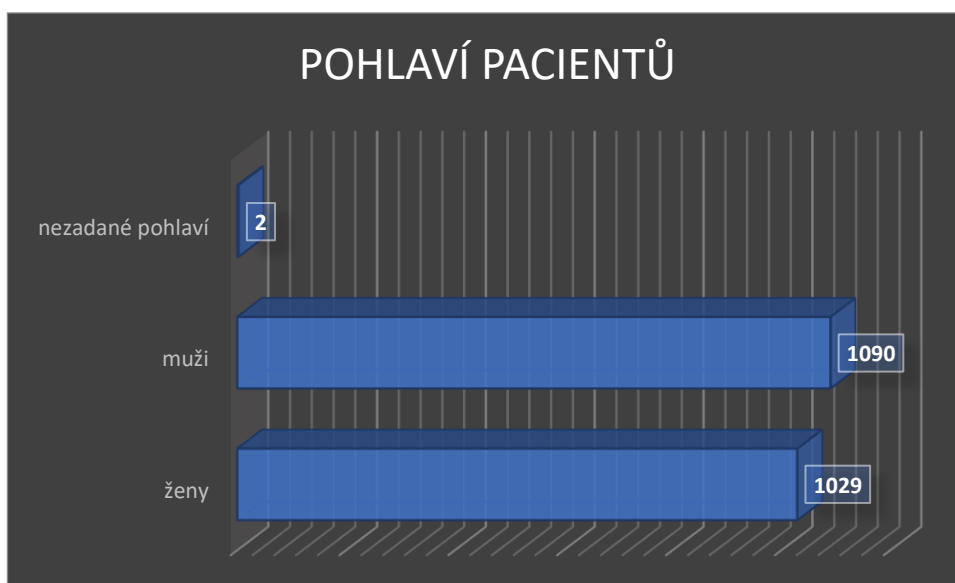
Obrázek 9 Kolenní kloub: vlevo na proton-denzitní sekvenci, vpravo na T1 sekvenci

8 Průzkumná část

V této části jsou zpracovány jednotlivé vyšetřovací modalitty na zobrazení kolenního kloubu z radiodiagnostického oddělení pardubické nemocnice za 1. pololetí roku 2018. Jsou zde zahrnuty vyšetření na magnetické rezonanci, výpočetní tomografii i prostý snímky na RTG přístroji. Soubor pacientů byl vybrán podle jednotlivých modalit a na základě diagnóz spojených s poraněním kolenního kloubu. Cílem této části bakalářské práce je zpracovat nasbíraná data a vyhodnotit je podle jednotlivých vyšetřovacích modalit, podle věku pacientů, pohlaví nebo jednotlivých diagnóz. Celkový počet vyšetření byl za uvedené datum 2121.

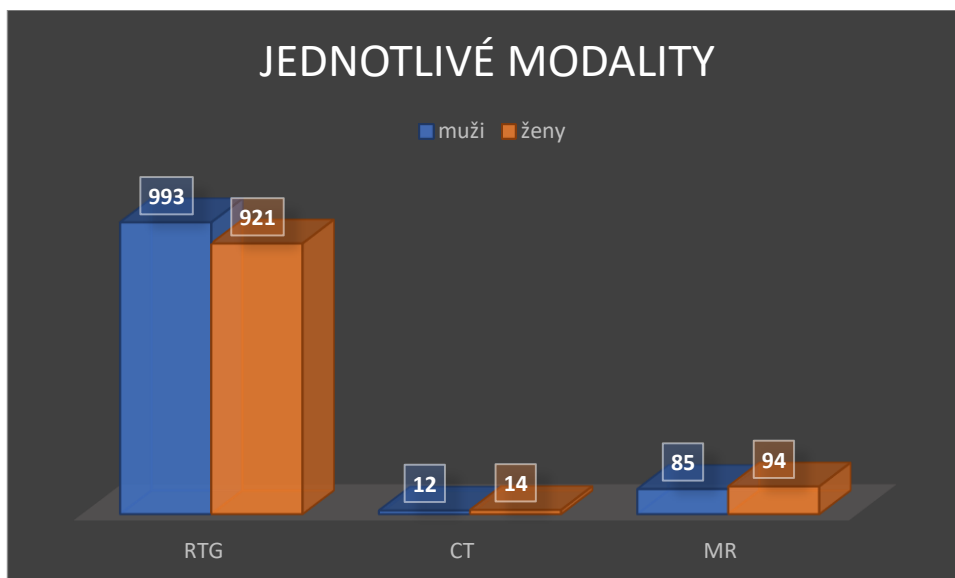
8.1 Pohlaví vyšetřovaných pacientů

Nejprve jsem si rozdělil pacienty podle pohlaví, jejich počtech na jednotlivých vyšetřeních a průměrným věkem obou pohlaví.



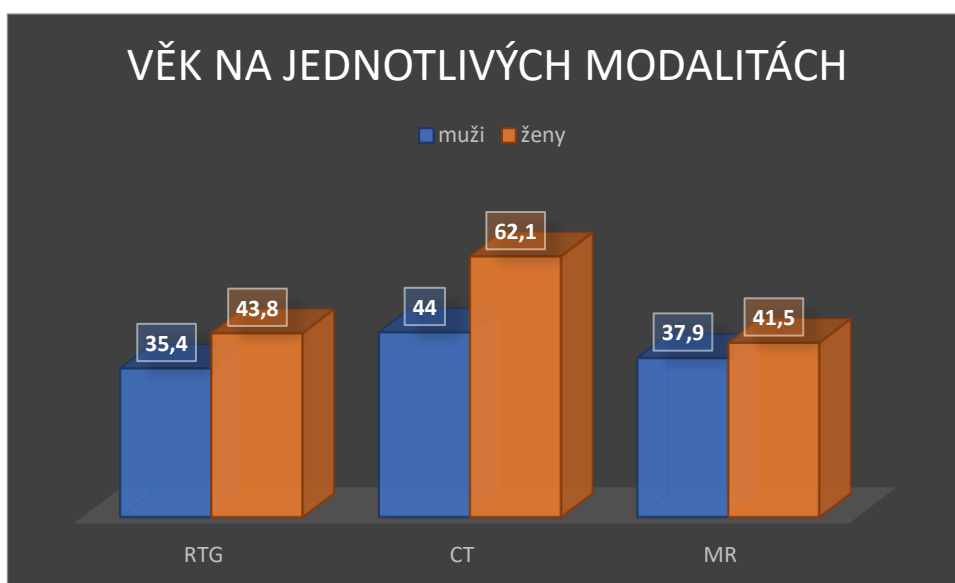
Obrázek 10 Počty mužů a žen

První zkoumání bylo jaký je poměr mužů a žen vyšetřených na všech dostupných modalitách. Z obrázku číslo 10 lze vidět, že se počty vyšetření skoro neliší. Za sledované období bylo vyšetřeno o 61 mužů více než žen, což z celkového počtu vyšetření dělá minimální rozdíl. Jak lze na obrázku 10 vidět, tak se v souboru vyskytli 2 pacienti u kterých nebylo zadané pohlaví.



Obrázek 11 Pohlaví na jednotlivých modalitách

Na obrázku číslo 11 jsou poměry mužů a žen na jednotlivých vyšetřeních. Nejvíce bylo provedeno snímků kolenního kloubu. U obou pohlaví bylo provedeno necelých tisíc vyšetření. U této modality lze vyčíst větší počet vyšetřených mužů než žen, a to s rozdílem 72 pacientů. Nejmenší počet vyšetření byl proveden na CT přístroji. Zde už bylo vyšetřeno o 2 ženy více než mužů. U magnetické rezonance bylo vyšetřeno okolo sto jedinců z každého pohlaví. Zde také převládá trend, jako u výpočetní tomografie s lehce vyšším počtem vyšetřených žen než mužů. U jednotlivých druhů vyšetření nejsou rozdíly nikterak vysoké, a tak nelze dělat závěry, jestli jsou častěji vyšetřováni muži, nebo ženy.



Obrázek 12 Věk na jednotlivých modalitách

Obrázek číslo 12 ukazuje věkové rozložení jednotlivých pohlaví na vyšetřeních. Největší průměrný věk pacientů je na CT vyšetření. Průměrný věk žen přesahuje hranici 60 let, průměrný věk mužů je přesných 44 let. U prostých snímků je věkové rozmezí obou pohlaví mezi 35 až 45 roky. Podobně jako u CT je zde věkový průměr mužů nižší než u žen. U magnetické rezonance je věkový rozdíl mezi ženami a muži nejmenší. Průměrný věk mužů atakuje hranici 38 let, u žen je to 41,5 let. U RTG a MR vyšetření je věkový rozdíl mezi pohlavími takřka zanedbatelný, u CT zobrazování už je to rozdíl více než 18 let.

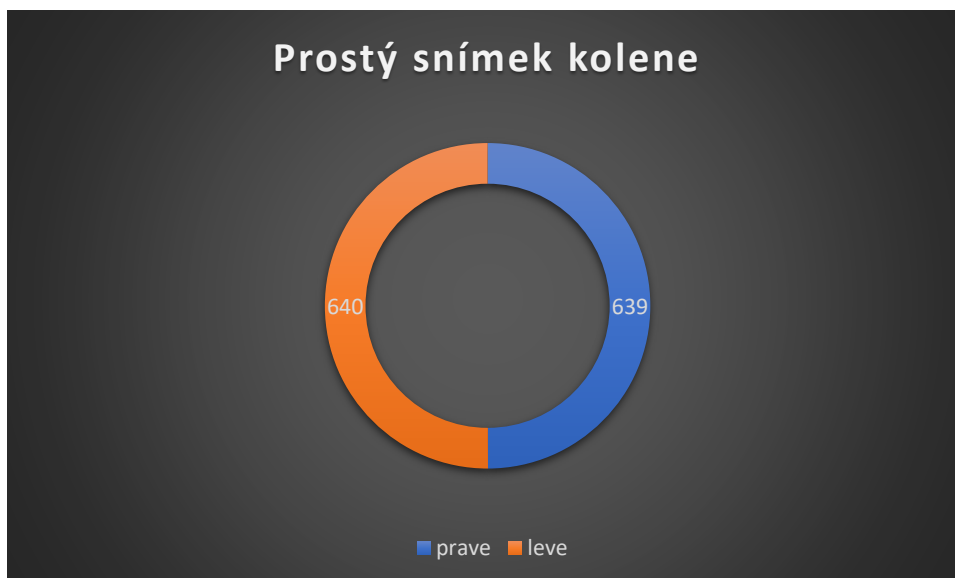
8.2 Vyšetřovací modalita

V další části jsem se zabýval rozložením jednotlivých druhů vyšetření z celkového počtu vyšetření za uvedené období.



Obrázek 13 Jednotlivá vyšetření

Z grafu na obrázku číslo 13 lze vyčíst, že prostý snímek (tj. předozadní a bočná projekce) má suverénně nejvyšší frekvenci provedení. Z celkové počtu 2121 vyšetření bylo 60 % prostých snímků. Druhé nejčastěji prováděné vyšetření jsou axiální snímky na patelu. Těch bylo za sledované období 635. Ve 179 případech bylo prováděno vyšetření na magnetické rezonanci. Nejmenší porcí se na celkovém počtu vyšetření podílí CT, to zaujímá jenom 1,3 % z celkového počtu vyšetření.

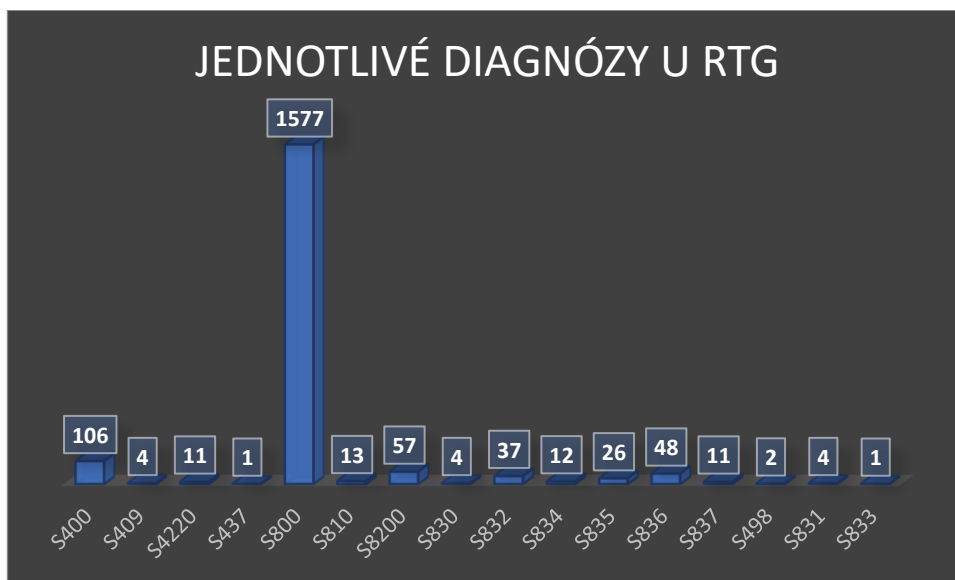


Obrázek 14 Prostý snímek kolene

Na obrázku číslo 14 je vidět porovnání počtu prostých snímků pravého a levého kolenního kloubu. Z grafu lze vyčíst že počty vyšetření jsou takřka totožné. Na levé koleno bylo za sledované období provedeno jenom o jeden snímek více než na pravé. Data ale byla sbírána po relativně krátkou dobu, aby se dalo říct, jestli jsou pravidelně obě kolena snímkovány v podobném počtu nebo se jedná o anomálii.

8.3 Jednotlivé diagnózy u vyšetření

V této kapitole se budeme zabývat jednotlivými počty diagnóz u pacientů na různých modalitách.



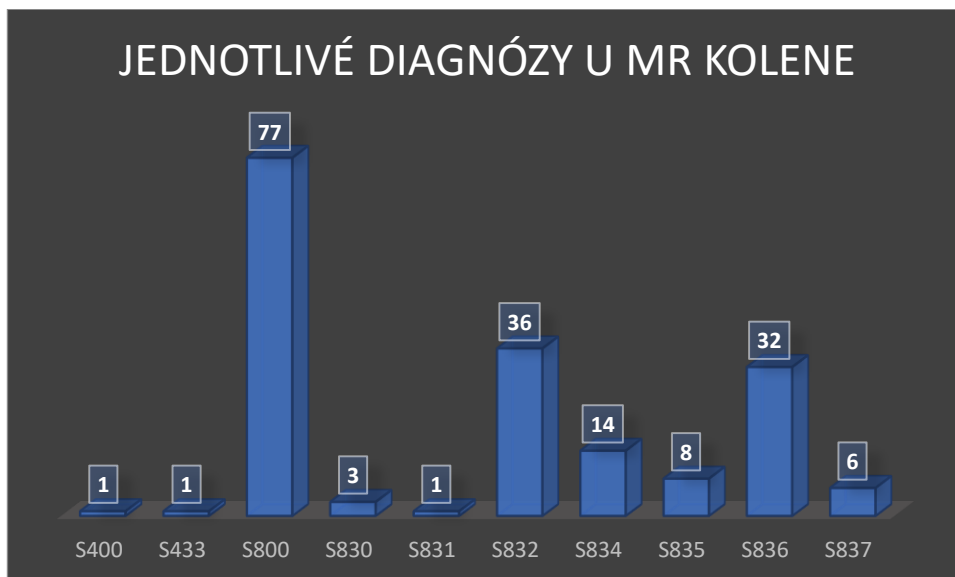
Obrázek 15 Jednotlivé diagnózy u RTG

Jak lze vyčíst z grafu na obrázku číslo 15, tak suverénně nejvíce vyšetřených pacientů na RTG bylo s diagnózou S800, což je zhmoždění-kontuze kolena. Je to z důvodu, že je to taková univerzální diagnóza a traumatologové ji zadávají u většiny pacientů, kteří přijdou s novým úrazem. Z celkového počtu vyšetření je ve více než 82 % případů pacientů vyšetřováno s diagnózou S800.

Druhý největší výskyt má diagnóza s400, tj. zhmoždění ramene. Zajímavé je že tato diagnóza společně s diagnózami S409, S4220, S498 a S437 jsou úrazy ramene. Je tedy možné že pacienti na snímky přicházeli se současným poraněním ramene i kolene a snímky byly provedeny na jednotnou diagnózu poranění ramene. Je také možné, že v některých případech došlo k chybě u indikujícího lékaře, když zadal do žádanky špatnou diagnózu.

V daném souboru je podobný výskyt pacientů s diagnózou S8200-zlomenina česky, S836-podvrknutí a natažení jiných a neurčitých částí kolena, S832-přetržení (odtržení, natržení) menisků, S835-podvrtnutí a natažení zkříženého vazů kolena. Až na diagnózu S8200 se jedná o poranění měkkých částí kolenního kloubu.

V počtu jednotek pacientů se zde nachází diagnózy S810-otevřená rána kolene, S830-vymknutí čéšky, S834-podvrtnutí a natažení postihující kolaterální vaz kolena, S837-poranění mnohočetných struktur kolena, S831-vymknutí kolena a S833-čerstvé přetržení kloubní chrupavky kolena. Všechny tyto diagnózy tedy signalizují poranění měkkého kolena.



Obrázek 16 Jednotlivé diagnózy u MR kolene

Na obrázku číslo 16 se nachází graf jednotlivých diagnóz při vyšetření magnetickou rezonancí. Znovu, jako u RTG kolenního kloubu, je s největší četností zastoupena diagnóza S800. S ohledem na celkový počet provedených vyšetření je ale tato diagnóza uvedena jenom ve 40 % všech vyšetření. Znovu se nám v grafu nacházejí některé diagnózy, které jsou spojeny s poraněním ramene, a to diagnóza S400-zhmoždění-kontuze ramene a paže a S433-vymknutí jiných a neurčených částí pletence ramenního. V obou případech lze předpokládat že šlo pouze o špatné zadání diagnózy indikujícím lékařem. Druhá nejčastější diagnóza bylo přetržení (odtržení, natržení) menisku s počtem 36 pacientů. O 4 pacienty méně mělo v diagnóze uvedeno podvrtnutí a natažení jiných a neurčených částí kolena. Více než deset pacientů mělo uvedenou diagnózu podvrtnutí a natažení postihující kolaterální vaz kolena. Ostatní diagnózy byly uvedeny jenom v jednotkách případů a vždy se jednalo o poranění měkkých tkání kolenního kloubu.

9 Diskuse

Teoretická část začíná popisem principů magnetické rezonance. V této kapitole bylo použito několik literárních zdrojů rozdílného stáří a všechny se v základních principech fungování magnetické rezonance shodly. Je tedy vidět, že se v průběhu času příliš nemění principy fungování přístroje, ale spíše se zdokonalují a zrychlují výpočetní systémy.

V kapitolách, kde se práce zabývá různými druhy vyšetřovacích technik a traumatologií bylo vidět, jak magnetická rezonance zastává v průběhu času více a více důležitější postavení při diagnostice poranění kolenního kloubu. Ve starší literatuře byla magnetická rezonance uváděna jako novinka, dostupná jenom v pár nejšpičkovějších zdravotnických zařízeních na světě. Jako primární metoda bývá uváděn snímek na RTG případně artrografie. V dnešní době se magnetická rezonance rozšiřuje z klinik i do oblastních nemocnic a stává se nepostradatelnou modalitou v diagnostice poranění měkkého kolene.

V průzkumné části jsou zpracována data z pardubické nemocnice za první pololetí roku 2018. Na jednotlivých grafech je ukázáno že poměr mužů a žen při vyšetření kolenního kloubu je takřka shodný. Z dat je viditelné, že suverénně nejčastěji používanou modalitou při vyšetření kolenního kloubu je RTG. Je to také jediná modalita, na které bylo za sledované období vyšetřeno více mužů než žen. Z grafu také vyplývá, že vyšetření kolenního kloubu na magnetické rezonanci je prováděno častěji než CT kolenního kloubu. Z dat také vyplynulo, že na všech modalitách je vyšší průměrný věk žen než mužů.

V závěrečné kapitole bylo zjištěno, že u RTG snímku byly často udávány diagnózy na ramenní kloub. To může být zapříčiněno zadáním více snímků na jedné žádance. Může to být ale také chyba v zadávání žádanky indikujícím lékařem. V takovém případě by mohl radiologický asistent odmítnout provést vyšetření, protože žádanka není správně vyplněná.

Vývoj v oblasti zobrazování kolenního kloubu na magnetické rezonanci se podle nově publikovaných článků zaměřuje především na hledání nových sekvencí, které by pomohly lépe zhodnotit jednotlivé struktury v kolenním kloubu. Téměř pokaždé se také doporučuje zařadit do stávajících protokolů minimálně jednu 2D nebo 3D sekvenci, které umožňují jemnější řezy v konečné rekonstrukci.

10 Závěr

Tématem bakalářské práce je význam magnetické rezonance v traumatologii kolenního kloubu a úloha radiologického asistenta při vyšetření. Magnetická rezonance zaujímá nepostradatelnou úlohu při diagnostice měkkých tkání kolenního kloubu.

V teoretické části jsou popsány principy MR, anatomie a traumatologie kolenního kloubu a kdo je to radiologický asistent a další dostupné modalities při vyšetření kolenního kloubu. V praktické části je popsán postup samotného vyšetření a na závěr zpracována data o vyšetřeních z pardubické nemocnice.

Přes vysoké provozní a pořizovací náklady začíná být magnetická rezonance standartním vybavením nejenom pro fakultní a krajské nemocnice, ale také pro oblastní nemocnice. I přes zlepšující se výpočetní systémy je doba vyšetření relativně dlouhá. Proto bývá čekací doba na vyšetření několik týdnů až měsíců. Cena samotného vyšetření je také mnohonásobně vyšší, než ostatní modalities. Cena RTG vyšetření se pohybuje ve stovkách korun, u CT vyšetření je to okolo 5 tisíc. Cena vyšetření magnetickou rezonancí je v průměru 15 tisíc korun. Z těchto důvodů se primárně volí jiné vyšetřovací modalities, které jsou rychlejší a levnější. Přes všechny tyto nevýhody je magnetické rezonance nepostradatelnou vyšetřovací modalitou a do budoucna její podíl na vyšetřeních bude ještě růst.

11 Použitá literatura

1. VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. Moderní diagnostické metody: Magnetická rezonance. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-701-3225-6.
2. VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.
3. NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007. ISBN 978-80-7368-335-1.
4. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. Přehled anatomie. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-206-0.
5. SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
6. ŽVÁK, Ivo. Traumatologie ve schématech a RTG obrazech. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1347-0.
7. HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0.
8. NEUWIRTH, Jiří. Anatomia Radiologica Hominis: Basic radiologic anatomy: (for health professionals and laymen) = Anatomie radiologique élémentaire: (pour les professions paramédicales et les profanes) = Grundlegende Röntgenanatomie : (für paramedizinische Berufe und für Laien) = Anatomie člověka na RTG obrazech : (pro nelékařské obory a laiky). Praha: NEUW, 2016. ISBN 978-80-01-05392-8.
9. Česká republika. Zákon č. 96/2004 Sb. o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních). In: Sbírka zákonů České republiky. 2008. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/soubor/sb109-08-pdf.aspx>. ISSN 1211-1244.
10. Česká republika. Vyhláška č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. In: Sbírka zákonů České republiky. 2011. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5886>. ISSN 1211-1244.

11. ČIHÁK, Radomír. Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-716-9970-5.
12. Dylevský, Ivan. Funkční anatomie. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 978-80-247-3240-4.
13. POKORNÝ, Vladimír. Traumatologie. Praha: Triton, 2002. ISBN 80-725-4277-X.
14. ORT, Jaroslav a Sláva STRNAD. Radiodiagnostika. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1997. ISBN 80-701-3240-X.
15. ŠPRLÁKOVÁ-PUKOVÁ, Andrea, Petr VALIŠ a Marek MECHL. Zobrazování hyalinní chrupavky pomocí magnetické rezonance. Česká radiologie [online]. 2017, 2017(4), 5 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_291_295.pdf
16. BARTONÍČEK, Jan. Chirurgická anatomie velkých končetinových kloubů. Praha: Avicenum, 1991. ISBN 80-201-0151-9.

12 Přílohy

Příloha A – <i>Žádanka na MR vyšetření</i>	50
Příloha B – <i>Dotazník před vyšetřením, první část</i>	51
Příloha C – <i>Dotazník před vyšetřením, druhá část</i>	52

Příloha A - Žádanka na MR vyšetření

Pardubická nemocnice - Radiodiagnostické oddělení
Nemocnice Pardubického kraje, a.s.
Kýjevská 44, 532 03 Pardubice



Žádanka na vyšetření MAGNETICKOU REZONANCÍ (MR)

Objednání: den	hodina
----------------	--------

ČITELNĚ VYPLŇÍ INDIKUJÍCÍ LÉKAŘ!

Pacient Jméno: Příjmení: Adresa:		Indikující lékař (odesílající zařízení): Jméno: IČ: Telefon:			
Rodné číslo:		Číselná diagnóza k vyšetření:			
Váha:	Výška:	Slovní diagnóza k vyšetření:			
Pojišťovna:					
Telefon pacienta (mobil):					
Alergická anamnéza:					
Prodělané operace:					
Absolutní kontraindikace MR, vyšetřovaný má:					
Kardiostimulátor (srdeční elektrody)	ano	ne	Elektronické implantáty (kochleární, insulin. pumpa)	ano	ne
Cévní svorky MR nekompatibilní	ano	ne	Chlopenní náhrady-feromagnetické	ano	ne
Cizí kovové těleso (v oku, intrakraniálně)	ano	ne	Těhotenství (1. trimestr)	ano	ne
Relativní kontraindikace MR, vyšetřovaný má:					
Kovové implantáty (endoprotézy,...)	ano	ne	Naslouchadla	ano	ne
Stenty, žilní filtry	ano	ne	Piercing, tetování	ano	ne
Orgán či oblast, která má být vyšetřena (prosím zaškrtněte):					
<input type="checkbox"/> mozek	<input type="checkbox"/> játra	<input type="checkbox"/> kolenní kloub			
<input type="checkbox"/> orbity	<input type="checkbox"/> MRCP	<input type="checkbox"/> Jiné klouby – vypsát:			
<input type="checkbox"/> hypofýza	<input type="checkbox"/> pankreas	<input type="checkbox"/> MR angiografie intrakraniálních tepen			
<input type="checkbox"/> krk	<input type="checkbox"/> ledviny	<input type="checkbox"/> MR angiografie mozku venózní			
<input type="checkbox"/> C páteř	<input type="checkbox"/> pánev	<input type="checkbox"/> MR angiografie karotid			
<input type="checkbox"/> Th páteř	<input type="checkbox"/> kyčelní klouby	<input type="checkbox"/> MR angiografie tepen dolních končetin			
<input type="checkbox"/> LS páteř	<input type="checkbox"/> ramenní kloub	<input type="checkbox"/> MR angiografie renálních tepen			
Při požadavku na jiná vyšetření prosíme o osobní nebo telefonickou domluvu.					
Epikríza, osobní anamnéza a klinická otázka, kterou má MR zodpovědět:					
K MR vyšetření je nutné doložit související obrazovou dokumentaci CT, MR apod. z předchozích vyšetření.					
Odesílající /indikující lékař je zodpovědný za řádné vyplnění žádanky a poučení pacienta dle následujících pokynů: Vyšetřovaný se dostaví 20 minut před časem objednání. Obvyklá doba vyšetření je 30 - 45 minut, čas objednání je však orientační, přednost mají pacienti s akutními obtížemi. U vyšetření břicha pacient nepije a nejí alespoň 2 hodiny před vyšetřením.					
!!! Potvrzuji, že pacient nemá žádnou z výše uvedených kontraindikací!!!					
Datum:		Razítko a podpis lékaře:			

Pardubická nemocnice – Radiodiagnostické oddělení
telefon recepce 466 01 33 06

Poučení a dotazník před vyšetřením magnetickou rezonancí (1.strana)

Vážená paní, vážený pane,

Váš ošetřující lékař Vás doporučil k vyšetření na magnetické rezonanci (MR). Jedná se o jednu z nejmodernějších vyšetřovacích metod, která je v současné době schopna vyšetřit větší část orgánů lidského těla, včetně mozku, kloubů i břišních orgánů.

Magnetická rezonance je metoda založena na jiném principu, než ostatní rentgenové metody, není zde použito ionizující záření, ale silné magnetické pole. Díky tomu je metoda šetrnější pro lidský organismus, ale musí být předem vyloučena přítomnost předmětů v těle, které mohou být magnetickým polem ovlivněny a tak poškodit pacienta (viz dotazník na druhé straně souhlasu). Vyšetření je tedy založeno na principu elektromagnetické energie, u které nebyly dosud prokázány škodlivé biologické účinky. Přesto raději nevyšetřujeme těhotné ženy v prvních třech měsících těhotenství.

Při vlastním vyšetření budete ležet na vyšetřovacím stole v silném magnetickém poli. Proměnné přídavné pole vytváří hluk. Tento hluk tedy k vyšetření patří a není známkou poruchy přístroje. Okolo vyšetřované části těla Vám bude umístěna cívka, která přijímá odezvu z vyšetřované tkáně.

Vyšetření obvykle trvá 15–45 minut a během vyšetření budete vyzváni, abyste se nehýbali. Při vyšetření zvláště orgánů dutiny břišní budete požádáni o zadržení dechu na kratší dobu. Vlastní vyšetření nevyžaduje zvláštní přípravu, pouze před vyšetřením orgánů dutiny břišní je nutné minimálně 2-3 hodiny předem nejíst a nepít sladké nápoje.

V některých případech vyžaduje povaha vyšetření aplikaci kontrastní látky do žily. Kontrastní látky pro MR jsou v naprosté většině speciální sloučeniny na bázi vzácného kovu gadolinia. Nepoškozují ledviny, podávají se v malých dávkách (cca 10–20 ml) a riziko alergické reakce je oproti jodovým kontrastním látkám statisticky významně nižší.

Při vyšetření obdržíte do ruky balóněk a v případě, kdyby se Vám udělalo nevolno, bude po zmáčknutí balónku přivolán zdravotnický personál.

Vyšetření na MR je zcela bezpečné. Může se však stát nebezpečným, pokud má pacient v těle některé kovové přístroje či předměty, proto s vámi bude sepsán cílený dotazník (viz dále), který je součástí tohoto dokumentu. Je nutné vyloučení v dotazníku uvedených skutečností, zvláště přítomnost kardiostimulátoru a kochleárního implantátu. Pokud vám bylo jedno z těchto zařízení implantováno a pokud jste nebyl upozorněn na to, že jsou vhodné do MR přístroje, nemůžete bohužel MR vyšetření absolvovat. Pokud i na nějakou další otázku odpovíte „ANO“ nemusí to však vždy znamenat, že vyšetření nelze provést, ale je nutné, aby zdravotnický personál od Vás získal doplňující informace. V případě nejasností či s dalšími otázkami se prosím obraťte na personál pracoviště magnetické rezonance.

Podpisem pod tento dokument prohlašujete:

- že jste byl(a) informován(a) o účelu, povaze, důsledcích, rizicích, možných komplikacích a alternativách vyšetření,
- že jste měl(a) možnost seznámit se s výše uvedeným textem, osobně klást doplňující dotazy a pokud tomu tak bylo, veškeré dotazy byly řádně zodpovězeny a podaným informacím jste plně porozuměl(a),
- že v případě výskytu komplikací souhlasíte, aby byly provedeny všechny další potřebné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.
- že na základě poskytnutých informací a po vlastním zvážení svobodně a bez nátlaku souhlasíte s tímto vyšetřením.

Příloha C - Dotazník před vyšetřením, druhá část

Pardubická nemocnice - Radiodiagnostické oddělení
Nemocnice Pardubického kraje, a.s.
Kyjevská 44, 532 03 Pardubice



Poučení a dotazník před vyšetřením magnetickou rezonancí (2.strana)

Jméno a příjmení vyšetřovaného..... Rodné číslo.....

Váha:.....kg Výška:cm

Dnešního dne jsem byl (a) poučen (a) o zdravotním výkonu, který mi má být proveden – vyšetření magnetickou rezonancí. Vzhledem k tomu, že musí být předem vyloučena přítomnost předmětů v těle, které mohou být ovlivněny magnetickým polem a tak mne poškodit, je nutné vyplnit následující dotazník, kterým se tyto důležité informace zjišťují a já svým podpisem stvrzuji, že uvedené skutečnosti jsou pravdivé.

Prohlašuji, že jsem nositelem následujících zařízení:

Kardiostimulátor (srdeční elektrody)	ano	ne	
Elektronické implantáty (kochleární, insulin. pumpa)	ano	ne	
Cévní svorky	ano	ne	Kde?.....
Chlopenní náhrady	ano	ne	
Cizí kovové těleso, střepiny (v oku, intrakraniálně, jinde)	ano	ne	Kde?.....
Zubní náhrady	ano	ne	
Kovové Implantáty (endoprotézy,...)	ano	ne	Kde?.....
Stenty, žilní filtry	ano	ne	
Tetování či piercing	ano	ne	Kde?.....
Naslouchadlo	ano	ne	
Pro ženy: Nitroděložní tělísko	ano	ne	

Prohlašuji, že mám:

Alergii	ano	ne	Na co?.....
Klaustrofobii	ano	ne	
Onemocnění ledvin	ano	ne	Jaké?.....
Prodělané operace (zvláště neurochirurgické)	ano	ne	Jaké?.....
Pro ženy: jsem těhotná	ano	ne	Jaký týden/trimestr?

Svým podpisem stvrzuji, že výše uvedené údaje jsou pravdivé

Podpis pacienta:

.....

Podpis zástupce pacienta:

.....

Pacient není způsobilý se vyjádřit, (uvést důvod):

Kontraindikace vyšetření MR nebyly shledány.

Zdravotnický pracovník, který provedl poučení a vyplnění:

Datum:

.....