



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**MR- nové trendy a význam v moderní diagnostice**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program: **SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

**Autor:** Tereza Jíralová

**Vedoucí práce:** Mgr. Miloš Plhoň

České Budějovice 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou/diplomovou práci s názvem „*MR-nové trendy a význam v moderní diagnostice*“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č.111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské/diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské/diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3.5.2021

.....

*Tereza Jíralová*

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce Mgr. Miloši Plhoňovi za jeho odborné rady, připomínky a ochotu při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat všem respondentům, kteří byli ochotni vyplnit dotazník.

## **MR-nové trendy a význam v moderní diagnostice**

### **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá magnetickou rezonancí a novými trendy. V teoretické části je popsán základní princip magnetické rezonance, historie a význam, vlastnosti a komponenty, oblasti využití magnetické rezonance, jak probíhá vyšetření, požadavky na vyšetření, magnetická rezonance v současnosti, magnetická rezonance a její využití v medicínských oborech a nové trendy.

Teoretická část je zpracována z odborné literatury a časopisů, publikací, článků a internetových stránek formou literární rešerše. Práce má za cíl popsat magnetickou rezonanci a nové trendy. Tento cíl byl naplněn v teoretické části, kde byly podrobně popsány nové trendy a jejich význam.

Práce jako taková je koncipována jako edukační text především pro studenty a pracovníky oboru radiologický asistent.

Ke splnění cílů a výzkumných otázek byl použit dotazníkový průzkum 51 respondentů z oboru radiologický asistent. Respondenti odpověděli celkem na 20 otázek. Výsledky byly následně zpracovány do grafů. Dotazník obsahoval otázky týkající se znalostí trendů i toho, zda radiologičtí asistenti vyšetření provedli, kolik vyšetření provedou za rok, odkud berou nové trendy a zda se o nové trendy zajímají.

Cílem práce bylo popsat nové trendy a význam. Tento cíl byl podpořen výzkumnou otázkou: Jsou tyto trendy opravdu využívány?“

### **Klíčová slova**

magnetická rezonance; nové trendy; postupy; historie; využití

## **MR- new trends and importance in modern diagnostics**

### **Abstract**

The bachelor thesis deals with magnetic resonance and new trends. The theoretical part describes the basic principle of magnetic resonance, history and significance, properties and components, areas of use of magnetic resonance, how the examination takes place, examination requirements, magnetic resonance at present, magnetic resonance and its use in medical fields and new trends.

The theoretical part is processed from professional literature and magazines, publications, articles and websites in the form of literary research. The work aimed to describe magnetic resonance and new trends. This goal was fulfilled in the practical part, where new trends and their significance were described in detail.

. The work as such is conceived as an educational text especially for students and staff of the field of radiology assistant. The aim of the work was to describe new trends and significance. This goal was supported by one research question: “ Are these trends really being used?”

A questionnaire survey of 51 respondents from the field of radiology assistant was used to meet the goal and research questions. Respondents answered a total of 20 questions. Subsequently, the results were processed into graphs. The questionnaire contained a content question concerning the knowledge of trends as well as whether radiological examination assistants proved how many examinations they performed per year, from where they take new trends and whether they are interested in new trends.

The aim of the work was to describe new trends and significance. This goal was supported by two research questions: “ Are these trends really being exploited? ”

### **Key words**

magnetic resonance; new trends; progresses; history; use

## Obsah

ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1.1 Současný stav.....	11
1.2 Magnetická rezonance.....	11
1.2.1 Nevýhoda magnetické rezonance.....	11
1.3 Historie a význam.....	12
1.4 Princip magnetické rezonance.....	13
1.4.1 Podélná magnetizace.....	14
1.4.2 Příčná magnetizace.....	14
1.4.3 Spin-mřížková relaxace.....	14
1.4.4 Zobrazení tkání.....	15
1.5 Vznik obrazu.....	15
1.6 Vlastnosti a komponenty magnetické rezonance.....	16
1.6.1 Magnet.....	16
1.6.2 Cívky.....	17
1.6.3 Místnost.....	17
1.6.4 Vyšetřovna.....	18
1.7. Vyšetření magnetickou rezonancí.....	18
1.7.1 Požadavky na pacienta při vyšetření při využití magnetické rezonance.....	18
1.7.2 Příprava pacienta na vyšetření.....	19
1.7.3 Kontrastní látky.....	20
1.7.4 Průběh vyšetření.....	20
1.7.5 Kontraindikace.....	21
1.8 Možnosti magnetické rezonance.....	21
1.9. Bezpečnostní opatření.....	22
1.9. Magnetická rezonance v současné době.....	23
1.10 Oblasti využití principu magnetické rezonance.....	23
1.10.1 Chemie.....	24

1.10.2 Biologie.....	24
1.10.3 Fyzika.....	24
1.11 MR v medicíně.....	25
1.11.1 Lékařství.....	25
1.11.2. Kardiologie.....	26
1.11.3 Ortopedie.....	26
1.11.4 Neurologie.....	27
1.11.5 Břišní onemocnění.....	27
1.11.6 Nádorová onemocnění.....	27
1.12 Nové trendy.....	28
1.12.1 MRU- urografie pomocí magnetické rezonance.....	28
1.12.2 Magnetická rezonance - hydrografie.....	29
1.12.3 MR- angiografie.....	29
1.12.4 PCA.....	30
1.12.5 MRI- zobrazení krevního zásobení ledvin a nádorů.....	30
1.12.6 Multiparametrická magnetická rezonance pro zobrazení onemocnění jater.....	30
1.12.7 Radioterapie vedená pomocí magnetické rezonance.....	31
1.12.7.1 Stagingová vyšetření.....	31
1.12.8. Uterovaginální brachyterapie.....	32
1.12.9 Vyšetření prostaty.....	33
1.12.9.1 Spektroskopie prostaty.....	33
1.12.9.2 Fúzní biopsie prostaty.....	33
1.12.10 Vyšetření prsu.....	33
1.12.10.1 Biopsie prsu pomocí MR.....	34
1.12.12 Zobrazení diferenciacie serózního cystadenomu a mucinozního cystického nádoru..	35
1.12.13 Farmakologické zobrazování magnetickou rezonancí.....	36
1.12.14 Magnetická rezonance v oftalmologii.....	36
1.12.15 Funkční zobrazení řečových zón.....	36
1.12.16 Zobrazení roztroušené sklerózy.....	37
1.12.17 Virtuální pitva pomocí magnetické rezonance.....	37
1.12.18 Operační navigace.....	37

1.12.19 Nanostim.....	38
1.12.20 Výpočetní systém .....	38
1.12.21 Silnější magnet.....	38
1.12.22 Radiofrekvenční systém.....	38
1.13 Magnetická rezonance za poslední desítky let.....	39
1.13.1 Nový vývoj a nové studie.....	39
2 CÍLE .....	42
2.1 Cíle práce.....	42
2.2 Výzkumné otázky.....	42
3 Metodika práce.....	43
4 Výsledky.....	44
4.1 Otázka č.1.....	44
4.2 Otázka č. 2.....	45
4.3 Otázka č. 3.....	46
4.4.Otázka č. 4.....	47
4.5 Otázka č. 5.....	48
4.6 Otázka č. 6.....	49
4.8 Otázka č.8.....	51
4.9 Otázka č. 9.....	52
4.10 Otázka č. 10.....	53
4.11 Otázka č. 11.....	54
4.12 Otázka č. 12.....	55
4.13 Otázka č. 13.....	56
4.14 Otázka č. 14.....	57
4.15 Otázka č.15.....	58
4.16 Otázka č. 16.....	59
4.17 Otázka č. 17.....	60
4.18 Otázka č. 18.....	61
4.19 Otázka č. 19.....	62
4.20 Otázka č. 20.....	63
5 Diskuze .....	64



6 Závěr.....	68
7 Seznam použitých zdrojů.....	69
8 Seznam příloh.....	74
<i>Příloha 1</i> .....	74
9 Seznam obrázků.....	76
10 Seznam použitých zkratk.....	77

## ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá novými trendy a významem v moderní diagnostice.

Téma jsem si vybrala z důvodu, že mě zaujalo, protože se dnes o magnetické rezonanci velice často mluví kvůli absenci záření a její přesnosti.

Magnetická rezonance je v současné době velice rozšířená a každá větší nemocnice ji vlastní. Myslím si, že za pár let bude mít magnetickou rezonanci každá nemocnice.

Má práce pojednává o nových trendech v magnetické rezonanci, které se stávají dostupnější, a to díky novým studiím. Snažila jsem se vybrat trendy, které za posledních desítek let změnily pohled a přístup k vyšetření. Magnetická rezonance umožňuje provádět jednotlivá vyšetření s větší přesností měkkých tkání, s menší zátěží na lidský organismus. Dnes už díky rozšířeným programům můžeme plánovat na magnetické rezonanci i radioterapii, léčba onkologických pacientů je přesnější.

Cíl mé práce byl zjistit dostupnost vybraných trendů pomocí dotazníkového výzkumu. Dotazníky vyplňovali radiologičtí asistenti, kteří pracují s magnetickou rezonancí, a tudíž by měli být o nových trendech informováni a provádět je. Výsledky byly zpracovány do grafů, které jsou součástí mé praktické části.

Výzkum nám může poskytnout náhled, zda jsou trendy využívány anebo jestli se o nich ví.

Práce byla zpracovaná na základě dostupných zdrojů, dotazníkového šetření a vlastního pohledu na danou problematiku.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## *1.1 Současný stav*

Magnetická rezonance se za posledních desítek let posunula dopředu, a to díky pokroku v technologii. Dnes dokážeme lépe diagnostikovat onemocnění orgánů pomocí různých zobrazovacích metod, mezi které magnetická rezonance patří. Tato metoda využívá silného magnetického pole a elektromagnetického vlnění s vysokou frekvencí a je založena na úplně odlišném fyzikálním principu, než je absorpce rentgenového záření.

## *1.2 Magnetická rezonance*

Zobrazování při vyšetření magnetickou rezonancí využívá především fyzikálního principu, který je tzv. nukleární magnetická rezonance. Prvopočátky zobrazování magnetickou rezonancí bývají datovány a spojovány především s oblastí fyziky, ale také s chemií, kdy je využíváno tzv. magnetické rezonance spektroskopie. Pojem „nukleární“ často v lidech iniciuje obavy a strach, který v nich asociuje vše týkající se názorů a onkologických onemocnění. Proto se dnes používá spíše názvu pouze „magnetická rezonance (MR)“. (Brus et al., 2006).

Magnetická rezonance je poměrně mladou metodou, jejíž výhodou je skutečnost, že je neinvazivní zobrazovací metodou. V posledních letech dochází k velmi zásadnímu rozvoji této vyšetřovací a diagnostické metody. Právě pro její nesporné výhody, jako je nulové ionizující záření, je například stále častěji využívána při nutnosti vyšetření těhotných žen.

Od jiných diagnostických metod právě magnetická rezonance nevyužívá ono, pro člověka nevhodné a ve vysokých dávkách i nebezpečné, ionizující záření. (Drastich, 2004) Zároveň také do dnešní doby nebyly jednoznačně prokázány a zjištěny jakékoliv závažné vedlejší a negativní účinky magnetické rezonance na lidský organismus, které by byly iniciovány magnetickým polem generovaným technikou magnetické rezonance.

### *1.2.1 Nevýhoda magnetické rezonance*

Jistou nevýhodou magnetické rezonance je, ale poměrně vysoká pořizovací cena přístroje, ale následně i samotného vyšetření. Cena jednoho přístroje na magnetickou rezonanci se pohybuje zhruba kolem dvaceti až šedesáti milionů korun, a to v závislosti

na síle, intenzitě magnetického pole, hardwarovém a softwarovém vybavení přístroje. (Válek et al., 2000). Samotné náklady na jedno vyšetření, které je provedeno magnetickou rezonancí se pohybuje kolem šesti až osmi tisíc korun. Avšak i přes finanční nákladnost vyšetření je v současné době magnetická rezonance jednou z využívaných zobrazovacích a vyšetřovacích metod, a to především kvůli její vysoké kvalitě, efektivitě, ale i pro úplnou nezávadnost na lidské zdraví. (Brus et al., 2006)

### ***1.3 Historie a význam***

Magnetická rezonance jako vyšetřovací zobrazovací metoda byla vyvíjena již od roku 1973, a to dvojicí vědců, kterými byli Paul C. Lauterbur a druhým byl Peter Mansfield. Oba vědci za své příspěví k rozvoji a formování magnetické rezonance získali v roce 2003 Nobelovu cenu, a to za fyziologii a za medicínu. Vůbec první magnetická rezonance se v tehdejší Československu objevila v roce 1988. (MASLIKIEWICZ, 2010)

První, kdo princip nukleární magnetické rezonance vůbec poprvé definoval a popsal byl Isidor I. Rabi, a to již v roce 1938. Za tento svůj objev získal Nobelovu cenu za fyziku, a to v roce 1944. Následně v roce 1946 vědci Felix Bloch a Edward Mills Purcell značně rozšířili aplikační poznatky pro oblast kapalin a pevných látek, a také oba získali Nobelovu cenu za fyziku, a to v roce 1952. (Drastich, 2004)

Avšak vědec Raymond Damadian v roce 1972 poprvé navrhuje využití nukleární magnetické rezonance jako tomografické zobrazovací a vyšetřovací metody.

Následně zhruba o rok později Paul C. Lautenbur získal první řez dvou trubic, které byly naplněné vodou. Rok 1974 byl zlomový pro P. C. Lautenbura a J. M. S. Hutchinsona, kteří dokázali vytvořit první řez živým organismem, kterým byla laboratorní myš.

O dva roky později, a to v roce 1976 Mansfield a Maudsley dokázali vytvořit první řez lidskou tkání, a to prstem. A následující rok 1977 došlo k publikování prvního obrazu, a to řezu lidského hrudníku. (Brus et al., 2006)

Zdokonalení magnetické rezonance a její využití v klinické praxi se velmi výrazně urychlilo s dynamickým rozvojem informačních technologií, informační techniky a nanotechnologií, a to v posledních dvaceti až pětadvaceti letech. Vyjma již uvedeného technického opatření je vysoce kvalitní software důležitou, a tedy nedílnou součástí každého přístroje magnetické rezonance, na který jsou kladeny velmi vysoké nároky, a to především na oblast grafických komponentů, které musejí být značně výkonné, aby dokázaly zobrazit co nejpřesněji a nejjednoznačnější informace, které „získávají“ z

biologického materiálu (z pacienta). (Chládková, 2017) Do Čech se první stroj magnetické rezonance tedy dostal v roce 1988, s tím, že v současné době vlastní alespoň jednu tzv. celotělovou magnetickou rezonanci většina větších nemocnic. (Brus et al., 2006)

Od svého vynalezení v 70. letech 20. století se magnetická rezonance neustále vyvíjí, a tak neustále rozšiřuje záběr možných diagnostických vyšetření. Dnes se jedná o přístroje, které disponují velmi dobrou prostorovou diferenciací. Je možné třeba zobrazit i aktuální funkci orgánů a orgánových systémů (Válek et al., 2000). Například při vyšetření magnetickou rezonancí srdce je obraz jednoznačně dynamický. Také je možné vyobrazit zapojení jednotlivých oblastí mozku při některých aktivitách, a tak zjišťovat, která oblast mozku je za co odpovědná v lidském chování a reagování (emoce), případně ještě u nenarozených dětí, v době nitroděložního vývoje, detekovat a identifikovat případné vývojové vady. (Chládková, 2017)

#### ***1.4 Princip magnetické rezonance***

Z hlediska principu fungování magnetické rezonance je nutné podotknout, že různé tkáně disponují poměrně odlišnou hustotou zastoupení různých protonů, tudíž se jejich biochemická hustota odlišuje, a proto se liší i jejich „magnetický moment“. Právě magnetický moment tkáně způsobuje, že jde ve stejném směru jako se nachází vnější magnetické pole, čímž se jeho velikost zvětšuje. Velikost vnějšího magnetického pole však je, ale až mnohonásobně vyšší. (Brus et al., 2006)

Nutnost vychýlení magnetického momentu je jeho vychýlení z osy souběžné s osou vnějšího pole magnetického. Tohoto je dosaženo tím, že je využito elektromagnetického impulsu, který je schopen dodat protonům energii, která je následně vychýlí z jejich rovnovážné polohy. Avšak protony nedokážou absorbovat energii z celého spektra působení elektromagnetického záření. Aby mohlo tedy dojít k předání energie elektromagnetického impulsu precedujícímu protonu, tak se musí frekvence a intenzita elektromagnetického impulsu nutně rovnat Larmorově frekvenci. (Výzkumná skupina LF MU v Brně, 2004) Jestliže se uvedeného podaří docílit, tak začnou na určité frekvenci precedující protony s elektromagnetickým impulsem rezonovat. Odtud následně tedy název „magnetická rezonance“. (MASLIKIEWICZ, 2010)

Možnost dodání energie elektromagnetickým impulsem je prováděno dvojitým způsobem. Právě dodáním energie je docíleno dvojího účinku na preferující tkáňové protony.

#### ***1.4.1 Podélná magnetizace***

Prvním způsobem je tedy zmenšení podélné složky tkáňové magnetizace, kdy právě vyslaný elektromagnetický impulz do příslušné tkáně (tkáň vyšetřované osoby) iniciuje stav, že některé protony, které jsou paralelně orientované vlastně přijmou tuto jeho energii. Následně poté dodaná energie umožní pozměnit jejich směr působení a otočí jejich orientaci do tzv. antiparalelního nastavení. Tímto mechanismem dojde ke zmenšení velikosti podélné složky tkáňové magnetizace. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně, 2004)

#### ***1.4.2 Příčná magnetizace***

Druhým způsobem je iniciace příčné složky vektoru tkáňové magnetizace. Dá se uvést, že vlastně bez působení elektromagnetického impulzu jednotlivé protony vykonávají a realizují precesi jaksí nezávisle na sobě navzájem. Sice rotační osy jsou orientovány ve stejném směru působení zevního magnetického pole, ale v určitém okamžiku se jednotlivé protony nacházejí ve značně variabilních fázích rotace, tedy se nepohybují synchronně, homogenně. Z uvedeného tedy zcela logicky vyplývá, že se jejich magnetické momenty vzájemně vyruší. Avšak situace se proměňuje, když dojde ke změně, a to tak, že na tkáň působí elektromagnetický impulz, který sjednocuje fázi rotace u všech protonů. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně, 2004)

Tímto je způsobeno, že dojde ke vzniku tzv. příčné složky vektoru magnetizace tkáně. Následně „jdou“ magnetické momenty jednotlivých protonů pouze jedním směrem. (Řezanka et al., 2010)

#### ***1.4.3 Spin-mřížková relaxace***

Stav relaxace nastává ve chvíli (momentě), kdy již elektromagnetický impulz přestává působit, a proto již protony nemají důvod dále setrvat v energeticky náročnějším stavu. Tedy se začínají pomalu vracet zpět do své původní, tj. ustálené polohy. Následně tedy výsledný vektor tkáňové magnetizace opětovně nabývá na své původní velikosti, a

to ve směru osy „Z“. (Brus et al., 2006) Protony se navracejí do svého původního paralelního postavení a stav podélné magnetizace znovu začíná narůstat. Tento proces je definován jako tzv. podélná čili longitudinální (spin-mřížková) relaxace. Vlastní průběh nárůstu magnetizace v konkrétním čase disponuje charakterem exponenciály, a proto jej lze znázornit prostřednictvím tzv. T1 křivky. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně, 2004)

V důsledku lokálních nehomogenit v magnetickém poli začnou jednotlivé protony precedovat s rozdílnými frekvencemi, a proto dojde k postupné ztrátě synchronizace těchto protonů. Paralelně se situací podélné relaxace tedy dochází k situaci, že se příčná magnetizace, a to vlivem slabých magnetických polí, které vznikají okolo vyšetřované tkáně, postupně zmenšuje, až zcela zanikne. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně, 2004)

#### ***1.4.4 Zobrazení tkání***

Mezi elementární tkáňové struktury, jež vytváří snímanou scénu u zobrazení při magnetické rezonanci zcela jistě patří tkáňový parenchym, voda, bílkoviny a také tuk. Každá z těchto uvedených tkání však vykazuje zcela rozdílné vlastnosti, ale i jinou relaxační dobu. Vyobrazení tkáně na magnetické rezonanci je senzitivní především na přítomnost tuků a vody. Molekula vody v sobě obsahuje dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku. Právě vodík je vůbec nejvhodnějším objektem pro možnost zobrazování lidské tkáně prostřednictvím magnetické rezonance. (Výzkumná skupina při LF MU v Brně, 2004). Často se zobrazují také jádra  $^{13}\text{C}$  (uhlík),  $^{19}\text{F}$  (fluor),  $^{23}\text{Na}$  (sodík) nebo  $^{31}\text{P}$  (fosfor).

#### ***1.5 Vznik obrazu***

Na základě naměřeného indukovaného napětí a dalších parametrů je signál pomocí složitých procesů a algoritmů převeden na škálu šedé. Právě kvůli tomu, že výsledný signál závisí na mnoha parametrech, nedá se použít žádné stupnice, která by přesně určila jednotlivé tkáně, proto se k interpretaci obrazů používá spíše rozhraní, na kterých se mění intenzita signálu.

## ***1.6 Vlastnosti a komponenty magnetické rezonance***

Magnetická rezonance je zařízení, které je sestaveno z několika samostatných částí, a to z hlavního magnetu, z radiofrekvenčních cívek a dále z obrazového procesoru.

Část nazvaná jako hlavní magnet znamená hlavní zdroj stacionárního magnetického pole, které má intenzitu kolem 1,5 Tesla, což je zhruba až třicetkrát silnější nežli zemské pole magnetické.

### ***1.6.1 Magnet***

K vytvoření takto silného magnetického pole musí magnetická rezonance využívat tři poměrně různorodé druhy magnetů, kterými je magnet supravodivý, permanentní a odporový. (Zdravotnictví a medicína, 2010) Permanentní magnet disponuje obrovskou hmotností (několik desítek tun), což je jeho hlavní nevýhodou a také nemožnost vypnutí magnetického pole v případě nouze. Výhodou jsou poměrně nízké pořizovací a provozní náklady, neboť permanentní magnety nepotřebují ke svému provozu elektrickou energii.

Elektromagnet neboli odporový magnet vytváří systém cívek, které jsou rozmístěny tak, aby dohromady tvořily co nejvyšší možnou homogenitu magnetického pole. Vodiči prochází elektrický proud, který má velkou intenzitu a indukuje v okolí se nacházející magnetické pole. Jistou nevýhodou elektromagnetů jsou ztráty, které vznikají při průchodu proudu vinutím a nutnost chlazení. Je spotřebováno poměrně značné množství elektrické energie, a to jak na provoz elektromagnetů, tak i na chlazení. (Válek et al., 2000)

U supravodivého magnetu, k dosažení a udržení jeho supravodivosti, je potřebné magnet ochlazovat na teplotu až - 268,9 Celsia. K uvedenému je nutné mít k dispozici poměrně složité chladicí zařízení, které zajišťuje udržování stále stejné teploty chladicího média (kapalného helia). Právě při této teplotě magnet disponuje svými supravodivými vlastnostmi. Právě nutnost chlazení kapalným heliem značně zvyšuje náklady na pořízení i následný provoz magnetické rezonance. Avšak záporné vlastnosti supravodivého magnetu jsou stále nižší nežli jejich výhody, proto se supravodivé magnety nejčastěji využívají ve zdravotnické a lékařské praxi. Supravodivé magnety navíc dokážou dosáhnout vůbec největší homogenity pole a také rozlišovací schopnosti mají vynikající. (Morstein et al., 2009)



### **1.6.2 Cívky**

Soustava radiofrekvenčních cívek, které vytvářejí impulzní gradientní pole je složeno z gradientních cívek, z volumových cívek, z povrchových cívek a z vyrovnávacích cívek.

Volumové cívky jsou důležité k možnosti vysílání elektromagnetických impulsů, ale zároveň slouží také k přijímání signálů, které vycházejí z vyšetřované tkáně.

Gradientní cívky slouží k rozpoznání toho, z jaké lokality vlastně naměřený signál skutečně pochází. V magnetické rezonanci jsou spárované a umístěné tak, aby vždy byly naproti sobě, a to v každém směru prostoru, tedy v ose „X“, v ose „Y“ a v ose „Z“. (Magnetická rezonance, 2011)

V důsledku gradientních cívek dochází k zásadním změnám v oblasti hlavního magnetického pole, a to ve směru, ve kterém jsou magnetické impulsy aplikovány.

Právě působením gradientních cívek je dosaženo lineární změny frekvence precedujících protonů, které následně magnetická rezonance rozpoznává a detekuje. V průběhu vyšetření se právě vlivem elektromagnetických sil tyto cívky velice prudce rozpo pohybují, a jsou zdrojem typického hluku, který je přítomen při vyšetření magnetickou rezonancí.

Vyrovnávací cívky slouží k tomu, aby jejich prostřednictvím mohlo být dosaženo kvalitního vyobrazení vyšetřovaných tkání a orgánů, a to proto, že umožňují vyrovnávat jakési nehomogenity, které se objevují v magnetickém poli magnetu magnetické rezonance.

Povrchové cívky jsou části, se kterými obsluha zařízení přichází do přímého kontaktu. Právě povrchové cívky jsou přikládány přímo k vyšetřovaným oblastem lidského těla, a proto dle nich bývají také speciálně vytvarovány. Při dodržení požadavku naprosté imobility vyšetřované osoby, umožňují vylepšovat poměr signál k šumu, a tím zvyšují kvalitu zobrazení. (Morstein et al., 2009)

### **1.6.3 Místnost**

Důležitou nezbytností pro efektivní provoz magnetické rezonance je samostatná místnost, kde je vyšetření realizováno. Podlaha místnosti musí mít nosnost až několik tun, a to v důsledku obrovské hmotnosti zařízení magnetické rezonance. Dále ona místnost musí být magneticky odstíněna, a to jak proti zevnímu magnetickému poli, tak i proti proniknutí magnetického pole vně. Také je zcela nutné zajistit stínění proti riziku

pronikání radiových vln ven a dovnitř místnosti. Pracoviště obsluhy magnetické rezonance musí sousedit přímo s vyšetřovací místností, ale je umístěno za speciálním ochranným a stínícím sklem. (Chládková, 2017) Při vyšetření je důležité, aby se přijímací zařízení nacházelo co nejbližší vyšetřovaného pacienta.

#### ***1.6.4 Vyšetřovna***

Právě z tohoto důvodu je přístroj magnetické rezonance konstruován tak, aby měl tvar tunelu, který disponuje průměrem zhruba šedesát centimetrů, a proto poměrně těsně obklopuje tělo pacienta.

Pacient je uložen na pohyblivé lůžko, které zajíždí do tunelu a vyjíždí z tunelu. Samozřejmě také pro možnost úspěšné analýzy vyšetření je nutné vlastnit vysoce výkonný počítač, který je schopen převádět velké množství získaných a naměřených hodnot do grafické podoby na obrazovku počítače. (Maslikiewicz, 2010)

Vyjma běžné tunelové konstrukce magnetické rezonance je možné, v současné době, vidět i tzv. otevřené magnetické rezonance, jejichž výhodou jistě je, že je lze využívat u pacientů, kteří trpí klaustrofobií nebo u příliš obézní pacienty, u nichž by vyšetření v tunelu bylo problematické. (Magnetická rezonance, 2011)

### ***1.7. Vyšetření magnetickou rezonancí***

V rámci této kapitoly budou představeny požadavky na vyšetření magnetickou rezonancí, a to před samotným vyšetřením, při jeho vlastním průběhu a po skončení vyšetření. Dále lze budou popsány a prezentovány možnosti a limity magnetické rezonance. Důležitou podkapitolou bude i zmínění bezpečnostních opatření při vyšetřování magnetickou rezonancí (tj. technická a personální rizika).

#### ***1.7.1 Požadavky na pacienta při vyšetření při využití magnetické rezonance***

Před samotným vyšetřením magnetickou rezonancí nejsou na pacienta kladeny výraznější omezení. Avšak je velmi důležité uvést, že vyšetření samo o sobě trvá zhruba dvacet až padesát minut a ve svém průběhu nesmí být přerušeno nebo zastaveno, pokud k tomu nejsou, na straně pacienta, závažné zdravotní indispozice nebo komplikace. Proto

je žádoucí, aby pacient před vyšetřením příliš nepil a nejedl, aby dokázal v klidu ležet na lůžku, nepotřeboval si odskočit nebo aby nebyly přeplněny střeva. Každé vyšetření má svůj individuální požadavek.

Indikující lékař musí provést prohlášení, kde uvede, že pacient nemá v těle žádný kovový materiál.

Zvláště u žen je kladen důraz na to, aby přišly nenalíčené. Některé líčidla obsahují pigmenty, které způsobují artefakty obrazu.

U vyšetření tenkého střeva jsou požadavky takové, aby bylo střevo čisté, proto pacient odpoledne den před vyšetřením už nejí, pouze vypije 1,5-2 litry vody. V den vyšetření nejí a nekouří. Pít pacient může, aby nebyl dehydratován, snížil by se tím počet protonů vodíku a kvalita vyšetření by byla snížena. Obsluha magnetické rezonance podá pacientovi vodu s Mannitolem. Pacient musí Mannitol s vodou vypít půl hodiny před vyšetřením. (Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, 2019) Tento postup se však může lišit časem i způsobem užití, např. roztok popíjet hodinu po doušcích (Nemocnice České Budějovice).

U vyšetření dutiny břišní (játra, ledviny, žlučové cesty, slinivka), stačí 6 hodin nepít, nejíst a nekouřit. (Klinika PMT Brno, 2018)

MR prostaty vyžaduje, aby pacient týden před vyšetřením dodržoval dietní opatření kvůli předcházení plynatosti tlustého střeva. Dále aby se těsně před vyšetřením došel vymočit.

### ***1.7.2 Příprava pacienta na vyšetření***

Dále je potřeba, aby pacient vypsál a podepsal formulář, a to informovaný souhlas s vyšetřením a krátký dotazník. Pacient je v těchto formulářích důkladně obeznámen se všemi informacemi, ale i riziky, případně kontraindikacemi k provedení vyšetření magnetickou rezonancí (například přítomnost kardiostimulátoru, stentu aj.). Pacient je před vyšetřením převlečen do určeného pláště, ve kterém je vyšetření prováděno (může mít vlastní spodní díl prádlo). Důležité je, aby spodní prádlo neobsahovalo žádný kovový prvek, např. kovové ozdoby, háčky u podprsenek. Nutné je pacienta seznámit s tím, že nesmí mít na sobě žádné kovové předměty. (Morstein et al., 2009)

### **1.7.3 Kontrastní látky**

Kontrastní látky používané při vyšetření magnetickou rezonancí mění vlastnosti tkání a zkracují jejich relaxační čas. Signál lze zesílit pomocí kontrastní látky, která je aplikována do žíly.

Jsou to paramagnetické látky, sloučeniny gadolinia, dále ionty kovů manganu anebo železa.

Nejpoužívanějšími jsou cheláty obsahující gadolinium, jedná se o látky Omniscan a Magnevist. Tyto látky způsobují změny v magnetických poměrech a tím dochází ke zkrácení relaxačního času T1. Tkáně se proto stávají hypersignální.

Ionty kovů manganu a železa jsou paramagnetické látky. Tyto látky vykazují

Kontrastní látka může u pacienta vyvolat nežádoucí reakci – alergii. Výskyt tohoto rizika je však nízký. U magnetické rezonance se nepoužívá kontrastní látka jod, která se se využívá u CT vyšetření.

### **1.7.4 Průběh vyšetření**

Při vyšetření magnetickou rezonancí je uložen pacient na lůžko, které je umístěno vně tunelu čili v samotném prstenci magnetické rezonance a vyšetřovaná oblast je umístěna tedy ve středu přístroje (pracovník musí pacienta napolohovat tak, aby snímaná tkáň byla vhodně nastavena).

V důsledku poměrně nepříjemného a silného zvuku jsou pacientovi dána sluchátka, kde slyší během vyšetření hudbu nebo jsou mu dány ušní ucpávky. Osoba, jež obsluhuje přístroj musí být s pacientem v neustálém kontaktu, a to přes mikrofon. Pacient má v ruce signalizační zařízení pro svou bezpečnost, aby v případě potřeby mohl přivolat pracovníka (záchvat, nevolnost apod.), a zároveň také je celá místnost a pacient během vyšetření monitorován kamerou.

Důležité je pacienta před samotným vyšetřením informovat a edukovat ohledně toho, že během celého vyšetření se nesmí pacient pohybovat, musí setrvat v poloze, kterou „nastavil“ pracovník, a to i přes skutečnost, že doba vyšetření bývá poměrně dlouhá, kdy se pohybuje od dvaceti do zhruba padesáti minut, což je dáno vyšetřovanou lokalitou. (Klinika PMT Brno, 2018)

Po skončení vyšetření není pacient nijak výrazněji omezen, a proto se může ihned zapojit do svého dalšího programu, a tedy zcela normálně fungovat. (Klinika PMT Brno, 2018)

### ***1.7.5 Kontraindikace***

Vyšetření pomocí magnetické rezonance je bezpečné, musí však některé faktory zohlednit, abychom předcházeli komplikacím. Za absolutní kontraindikace považujeme nekompatibilní kardiostimulátor, kochleární implantát, neurostimulátor, přítomnost magnetického materiálu v těle (např. kovové protézy, kovové špony v oku, cévní svorky z neznámého materiálu).

Kontraindikací je i první trimestr těhotenství. V případě nutnosti se provede pouze nativní vyšetření, protože kontrastní látka přechází placentou do plodu. Pokud žena kojí, doporučuje se odsát mateřské mléko do zásoby, protože děti obtížně vylučují kontrastní látku. Pacientka 24 hodin nekojí, aby se prsní žlázy pročistily. (Nemocnice Na Homolce, 2017)

Pacienti trpící klaustrofobií by měli informovat obsluhu. Lékaři mohou předepsat léky na uklidnění. Pokud by to pacient nezvládl, může indikující lékař s lékařem z MR může navrhnout provedení v celkové anestezii. (Nemocnice Na Homolce, 2017)

Pokud má pacient těžké formy alergie, musí se předem na vyšetření připravit kortikoidy.

V případě, že je pacient objemný a do tunelu se nevejde, provede se vyšetření na otevřeném MR přístroji.

Další kontraindikací může být tetování, piercing nebo permanentní make-up v oblastí očí. Tetovací barva obsahuje pigmenty kovů, je vodivá a může vytvářet teplo. U některých pacientů může dojít k popáleninám. Popáleniny mohou způsobit i háčky u podprsenky, proto by si je pacientky měly před vyšetřením sundat.

### ***1.8 Možnosti magnetické rezonance***

Výhodou magnetické rezonance při porovnání s jinými zobrazovacími a vyšetřovacími metodami je skutečnost, že rozdílné měkké tkáně vykazují různou intenzitu signálu, díky čemuž, právě na magnetické rezonanci, vzniká mnohem přesnější vyobrazení této tkáně. Jistě i další nespornou výhodou je i možnost provádění řezů, a to v jakékoliv rovině, bez potřeby polohování pacienta při vyšetření. (Řezanka et al., 2010).

Mezi jednoznačné limity magnetické rezonance jistě patří skutečnost, že vyšetření nemůže být provedeno tehdy, jestliže není známa podrobná anamnéza pacienta, neboť překážkou pro magnetickou rezonanci je například přítomnost nekompatibilního kardiostimulátoru. Kovový materiál (kovové náhrady kloubů, stenty, ušní implantáty aj.)

do 6ti týdnů po aplikaci se vyšetřují, u silnější pole způsobují větší artefakty obrazu. (Klinika PMT Brno, 2018)

Dnes již existují kompatibilní kardiostimulátory, které jsou programovatelné. Vyžadují však přítomnost kardiologa nebo oficiální písemný atest, kde je uvedeno, že pacient s kardiostimulátorem může do magnetické rezonance o velikosti pole 1,5 nebo 3 Tesla.

### ***1.9. Bezpečnostní opatření***

Důležitou skupinu tvoří bezpečnostní rizika, která jsou úzce spojena s bezpečností jak pacientů, tak i personálu, ale i zajištění efektivního provozu a fungování magnetické rezonance. Závažné riziko se objevuje u nemocných, kteří v těle mají nějakou náhradu nebo materiál z kovu. To je poté kontraindikace, k vyšetření pacienta magnetickou rezonancí. (Vomáčka et al. ,2012)

Personál pacienta před vyšetřením poučí, aby dal signál, kdyby bylo něco během vyšetření v nepořádku. Dále pacienta sleduje.

Technická rizika jsou spojována s problémy, které se objevují při instalaci přístroje, dále problémy s inkompatibilitou ostatních přístrojů a poruchou v chlazení kryogenní látkou. Při samotné instalaci přístroje se mohou objevovat problémy se stavebními úpravami prostor pro magnetickou rezonanci. Pro fungování magnetické rezonance je nutné mít zajištěné adekvátní chlazení přístroje. Všeobecně se k chlazení využívá kapalného hélia. (Zdravotnictví a medicína, 2010)

Do roviny personálních rizik lze zahrnout nedostatečné personální zabezpečení nebo nedostatečná a neadekvátní kvalifikace pracovníků pro práci s daným zařízením nebo i selhání lidského faktoru při práci. Dle vyhlášky č. 99/2012 Sb., o požadavcích na minimální personální zabezpečení zdravotních služeb je nutné, aby se na pracovišti magnetické rezonance nacházel radiolog a také radiologický asistent, který je způsobilý k výkonu povolání bez odborného dohledu.

Dále zde musí být všeobecná sestra, která se stará o pacienta, přijímá jej k vyšetření a předkládá mu potřebné tiskopisy, případně pacienta připravuje na vyšetření.

S magnetickou rezonancí mohou pracovat výhradně ti pracovníci, kteří jsou k práci s ní dostatečně kvalifikováni a proškoleni, a také byli seznámeni s případnými riziky, která se při práci s magnetickou rezonancí mohou objevit. (Vomáčka et al., 2012)

### ***1.9. Magnetická rezonance v současné době***

V současné době umožňuje magnetická rezonance získávat vůbec nejlepší rozlišovací možnosti vyšetřované tkáně, a to ze všech aktuálně dostupných zobrazovacích a vyšetřovacích metod (například počítačová tomografie). Uplatnění magnetické rezonance lze předestřít právě v těch lokalitách lidského těla. Kde tkáně vykazují jakési podobné chemického složení, tudíž poskytují pouze omezený kontrast, a právě u magnetické rezonance je vysoká rozlišovací schopnost.

Vyšetření magnetickou rezonancí je úplně neinvazivní, a obraz vyšetřované tkáně je možné získat z jakékoliv roviny, a to koronární, sagitální nebo i transverzální, aniž by bylo nutné pacienta polohovat.

Vyšetření magnetickou rezonancí je indikováno především při potřebě vyobrazení mozku a míchy a dalších měkkých tkání (Válek et al., 2000). Pacient je při vyšetření zcela v klidu, kdy s ním není, ani nesmí být pohybováno, a výsledkem vyšetření je získání série paralelních řezů, které jsou definované svou tloušťkou (tzv. slice thickness), tloušťkou mezer (gap) a dalšími parametry.

Vzhledem ke skutečnosti, že magnetické rezonance pracuje s jakýmsi globálním systémem souřadnic, tak je možno definovat přesnou polohu každého bodu, a to ve třech rozměrech, čehož je možno využívat pro následnou počítačem prováděnou rekonstrukci, a pro případné modelování. (Hassibi et al. 2009)

### ***1.10 Oblasti využití principu magnetické rezonance***

Jak již bylo uvedeno, tak vůbec první úspěch se v rovině magnetické rezonance podařil, a to nezávisle na sobě v roce 1946, dvěma vědcům, kterými byl Bloch a Purcell. Ihned po svém objevu se daná vyšetřovací metoda stala důležitou doménou především fyziků a chemiků, kdy její využití bylo tedy poměrně omezené. Avšak postupem doby se magnetická rezonance stala důležitou součástí vyšetřovacích a diagnostických metod, a to především v oblasti medicíny, chemie, ale i farmacie. (Morstein et al., 2009)

### ***1.10.1 Chemie***

V oblasti chemie lze díky rozvoji magnetické rezonance aktuálně popsat přesné struktury a vnitřní pohyblivost u většiny látek (anorganické a organické krystaly, gely, bílkoviny aj.). Ve farmaceutickém průmyslu magnetická rezonance slouží jako identifikátor rozmanitých krystalových typů aktivních substancí, které se nacházejí v celé řadě léků, a tak tedy napomáhají identifikovat, a především kontrolovat čistotu a kvalitu zkoumaných látek a produktů. (Drastich, 2004)

Roku 2002 obdržel Kurt Wüthrich Nobelovu cenu za chemii za práci s názvem Vývoj spektroskopických metod nukleární magnetické rezonance pro určení trojrozměrné struktury biomakromolekul v roztoku. Svým výzkumem přinesl informace o struktuře nukleových kyselin a proteinů.

### ***1.10.2 Biologie***

Veliký rozvoj nukleární magnetické rezonance ale nastal až v šedesátých letech s vývojem nových počítačových technologií a rozvojem výkonných počítačů. Nukleární magnetická rezonance se využívá v biologii, ve které poskytuje informace o strukturách látek a dynamiky proteinů a nukleových kyselin. Také umožňuje studovat pohyblivost a interakci strukturních domén a o vnitřní dynamice biopolymerů. (Vesmír, 2003)

### ***1.10.3 Fyzika***

Ve fyzice byla magnetická rezonance použita při studii roku 2004. Vědci z Kalifornského institutu technologie objevili novou metodu k využití nukleární magnetické rezonance. Nová metoda nese název Boomerang (z anglického názvu Better Observation of Magnetisation, Enhanced Resolution And No Gradient), což znamená zlepšené pozorování magnetizace, vyšší rozlišení a nulový gradient. Metoda umožňuje zobrazit kapaliny nebo pevné látky. V budoucnu by tato metoda mohla být využívána k výzkumu vzorků, které mají rozměry mikro či nanometry. Takto se budou moci zkoumat buňky živých organismů nebo zobrazování struktur, které jsou utvořeny za pomoci nanotechnologií. (Aldebaran, 2020)



### ***1.11 MR v medicíně***

V medicínské oblasti přináší rozvoj magnetické rezonance širší možnosti k detekování různých onemocnění, která se dříve diagnostikovala za pomoci jiných metod. Často je využívána k diagnostice urologických či kardiovaskulárních onemocnění. Při vyšetření srdce poskytuje magnetická rezonance nové poznatky o srdeční funkci, perfusi a o anatomii jako takové. (Masarykova univerzita, Brno, 2020)

Magnetická rezonance je součástí probíhající výzkumu na Ústavu přístrojové techniky v Brně. Výzkum se zabývá vývojem měřících technologií a metod, které budou sloužit technickým a biomedicínským aplikacím nukleární magnetické rezonance. Výzkum využívá potkaní a myší modely psychiatrických, neurologických a onkologických onemocnění. Probíhající výzkum zkoumá měření parametrů difuze vody, prostorově lokalizovanou magnetickou rezonanci spektroskopii, měření perfuse orgánů a farmakokinetického modelování, sledování kontrastních látek *in vivo* a *in vitro*, morfometrii na bázi magnetické rezonance a analýzu multiparametrických dat. Výzkumná skupina pod vedením Ing. Starčuka velmi úzce spolupracuje zejména s Výzkumným ústavem veterinárního lékařství a Masarykovou univerzitou, s nimiž si zajišťuje potřeby pro preklinický výzkum za použití magnetické rezonance. (Akademie věd ČR, Brno)

#### ***1.11.1 Lékařství***

V lékařství vyjma běžného vyšetření, však nachází magnetická rezonance i uplatnění v oblasti tzv. MR spektroskopie, kdy se jedná o zcela neinvazivní zobrazovací vyšetřovací metodu, která umožňuje detekování konkrétních chemických sloučenin, které se nacházejí v lidském organismu. Lze využít třeba při diagnostice a detekci metabolických poruch, epilepsie aj. Dokáže poskytovat informace o stavu buněčného metabolismu ve tkáních, ale také v orgánech. Často doplňuje běžné vyšetření magnetickou rezonancí.

Jde o to, že stres, nemoc a další funkční poruchy mohou proměnit určitou koncentraci produktů metabolismu, které jsou zcela specifické pro určitý druh tkáně.

A tyto změny jsou následně prostřednictvím magnetické rezonanční spektroskopie zjištěny. Uvedený typ magnetické rezonance má obdobné vlastnosti atomového jádra jako běžně užívaná magnetická rezonance, ale liší se ve způsobu zpracování a vyobrazení získaných dat a informací. Obyčejná magnetická rezonance dokáže zobrazit především signály lipidů a vody a lipidů, zatímco magnetická rezonanční spektroskopie detekuje

rozmanité metabolity, které vycházejí ze živé tkáně, a právě proto signály lipidů a vody záměrně potlačuje. (Zdravotnictví a medicína ,2010)

### ***1.11.2. Kardiologie***

V kardiologii je magnetická rezonance využívá zejména kvůli dobré rozlišovací schopnosti, a to i v případě pohybujícího se srdce, čímž umožňuje přesnější vyhodnocování funkčních parametrů, zároveň nabízí bližší tkáňovou charakteristiku, poskytuje vysokou opakovatelnost, a především představuje pro pacienta menší zátěž kvůli absenci radiace. Magnetická rezonance je indikována v případech:

- Vrozených srdečních vad,
- kvantifikace systolické funkce pravé a levé komory (kardiomyopatie, plicní hypertenze, srdeční selhání),
  - zánětu perikardu nebo myokardu,
  - patologických mas (primární a sekundární tumory srdce nebo tromby),
  - chlopenních vad,
  - ischemické choroby srdeční, kdy se posuzuje rozsah poinfarktové jizvy a viabilního myokardu. (Medical tribune,2020)

### ***1.11.3 Ortopedie***

Použití magnetické rezonance v ortopedii umožňuje zhodnocení extra i intraartikulárních struktur kloubů a přičemž současně zobrazuje měkké tkáně a skelet. Extraartikulárně se zobrazují šlachy, konfigurace svalů a muskulotendinózní junkce svalů. Intraartikulárně má magnetická rezonance vysokou senzitivitu a umožňuje zobrazit chrupavky, výstelky, náplně kloubních burz a subchondrální kostní struktura.

Při postižení kloubů by mělo být využíváno zobrazovacích metod následujícím postupem:

Rentgenové vyšetření (dále jen RTG) pozitivní – následuje terapie

RTG negativní – následuje ultrazvukové vyšetření (dále jen UZ)

UZ pozitivní – následuje terapie

UZ negativní – následuje magnetická rezonance (dále jen MR)

MR pozitivní – následuje terapie

MR negativní – následuje sledování nebo zvažení artroskopie. (Pauček a Smékal, 2018)

#### ***1.11.4 Neurologie***

Použití magnetické rezonance v neurologii poskytuje zlepšení v mapování mozku a sice vede ke zlepšení následujícího:

- Porozumění procesům myšlení a vnímání,
- porozumění fyziologickým příčinám bolestivých stavů, reakcí na bolest, duševních onemocnění a účinkům drog,
- porozumění struktuře mozku,
- plánování operačních výkonů. (Slides Live, 2018)

#### ***1.11.5 Břišní onemocnění***

Magnetickou rezonanci je možné využívat i k diagnostice břišních onemocnění (různých střevních obtíží či k diagnostice Crohnovy choroby). Ta postihuje i tenké střevo a jelikož může mít délku až 5 metrů je vyšetření standardně používanými metodami nevyhovující. Vyšetření za pomoci magnetické rezonance umožňuje zobrazit celé tenké střevo, a tudíž je možné objevit:

- Zdroj krvácení,
- jizevnatá zúžení,
- píštěle,
- uzávěry,
- záněty,
- nádory. (Meditorial, 2020)

#### ***1.11.6 Nádorová onemocnění***

Své využití má magnetická rezonance i při stagingu již diagnostikovaných nádorových onemocnění (například karcinom prsu, prostaty, děložního čípku, konečníku, aj.). Magnetická rezonance vyniká vysokým měkkotkáňovým kontrastem, který je důležitý pro odlišení normální tkáně od patologické.

Pokroky v magnetické rezonanci přinesly onkologům velmi užitečné informace, které mohou zlepšit předoperační staging, chirurgické postupy a plánování terapie. To

vede k vysoké úspěšnosti léčby zhoubných onemocnění. Čím je onemocnění rozsáhlejší, tím je výsledky vyšetření přesnější.

Uplatnění má také v urogynekologii, kdy je využita především vysoká rozlišovací schopnost, kterou magnetická rezonance má. Indikací k vyšetření jsou vrozené anomálie, reoperace či různé kombinované poruchy. (Mladá fronta, 2020)

### ***1.12 Nové trendy***

Zastoupení jednotlivých vyšetřovacích metod v radiodiagnostice se v posledním desetiletí významně změnilo zavedením a rozvojem moderních digitálních zobrazovacích technik. Přibývá přístrojů schopných multidetektorového snímání, postprocesingového zpracování s trojrozměrnými a multi-planárními rekonstrukcemi.

Dalšího vývoje doznala nukleární magnetická rezonance (MRI) zejména v zobrazení karcinomu prostaty (spektroskopické zobrazování a MRI vyšetření prostaty s endorektální cívkou).

Rychle vznikají i nové vyšetřovací algoritmy u jednotlivých typů urologických onemocnění, jejichž výběr je dnes více než dříve určován vybavením jednotlivých pracovišť novými technologiemi a zkušenostmi vyšetřujících s nimi. Vývoj a využívání magnetické rezonance se neustále výrazně urychluje, a to právě s rozvojem a formováním informační techniky a nanotechnologií. Lze předpokládat, že vývoj magnetické rezonance a jejích možností bude neustále probíhat.

#### ***1.12.1 MRU – urografie pomocí magnetické rezonance***

MRU slouží k podrobnému zobrazování ledvin, močovodu a močového měchýře, zachycuje funkci močových cest a transportu moči. Nativní vyšetření močového ústrojí zobrazí moč jako hypersignální. Pacientovi se podává intravenózně kontrastní látka – gadolinium. Čeká se na plnou náplň močového měchýře, může se pomocí diuretika nebo spasmolytik zobrazení zlepšit. Pomocí MRU můžeme odhalit změny anebo komplikace v odvodném systému. Využívá se k zobrazení rozšíření dutého systému ledviny (měšnání), striktury ureteru, vrozené anomálie, divertikly močového měchýře, neovezika (pooperační stavy), uroteliální novotvary. (Rummeney, 2006)

MR urografie je neinvazivní vyšetření oproti intravenózní vylučovací urografii.

### ***1.12.2 Magnetická rezonance – hydrografie***

Je metoda, která zobrazuje tekutinu v těle – tekutina je pro MR přirozeně kontrastní látka. U silně T2 vážených obrazu dochází k vysokému kontrastu mezi tekutinou a okolními tkáněmi a tím se kvalitně zobrazí struktury naplněny tekutinou.

MR hydrografii využíváme u zobrazení vývodných cest močových, žlučových a pankreatických cest a dále u míchy. Pomocí MR hydrografie můžeme odhalit nádory, léze, stenózy, utlačení a dále u vylučovacích cest lithiázu a neprůchodnost.

### ***1.12.3 MR – angiografie***

Angiografie se používá k diagnostice a léčbě nemocí souvisejících s krevním řečištěm. Může i nemusí být podán kontrastní materiál gadolinium, které způsobuje menší množství alergických reakcí než jod. Kontrastní látka se aplikuje do žíly ruky nebo paže. MRA se využívá k vyšetření krevních cest v oblasti mozku, krku, srdce, hrudníku, břicha (ledviny, játra), pánev, nohy a ruce.

Pomocí MRA se odhalují:

- abnormality krevního řečiště (aneurysmata),
- aterosklerotické onemocnění v tepnách,
- arteriovenózní malformace,
- onemocnění ledvinných tepen, vizualizace průtoku (příprava pacienta na transplantaci ledvin) anebo umístění stentu,
- poranění tepen po traumatu,
- tepny vyživující nádor,
- disekce hrudní aorty,
- srdeční ischemie,
- plicní embolie,
- vrozené abnormality cév a srdce,
- stenózu a ucpání cév,
- screening jednotlivců na arteriální onemocnění.

I bez použití kontrastního materiálu, nativní MRAG může poskytnout vysoce kvalitní snímky krevního řečiště. Vyšetření se provádí nativně anebo podáním nitrožilních paramagnetických kontrastních látek. Využívá se i pro zobrazení mozkových cév. (Keřkovský, M., LF MU, Brno)

To je výhodné pro pacienty se sníženou funkcí ledvin a alergické na kontrastní látku. Nevýhodou může být nejasnost snímků jako u angiografie. Dále může být obtížné oddělit obrazy tepen a žil touto metodou.

MRAG s kontrastem se využívá k vyšetření cílové cévy při prvním průchodu kontrastní látky. To zaručuje vysokou kvalitu zobrazení.

Na rozdíl od CT angiografie, MRA není schopna vidět a zachytit snímky vápenatých usazenin v krevních cévách. Kvalitu obrázků může ovlivnit velmi nepravidelný srdeční rytmus. Je to proto, že některé techniky časují zobrazování na základě elektrické aktivity srdce. (Keřkovský, M., LF MU, Brno)

#### ***1.12.4 PCA***

Je sekvence citlivá na proudění spinů v tekuté látce, vhodná převážně pro zobrazování pomalých toků. Zobrazujeme mozkové splavy, měří v místě stenózy, zaznamenává proudění likvoru a má význam pro klasifikaci hydrocefalu. PCA je doplňkové vyšetření, které pomáhá upřesnit diagnózu. (Keřkovský, M., LF MU, Brno)

#### ***1.12.5 MRI – zobrazení krevního zásobení ledvin a nádorů***

Arteriální i žilní systém ledviny je zobrazen velmi detailně. MR je doporučena jako první vyšetření k odhalení ledvinných aneurysmat, arteriovenózních píštělí, stenózy renální arterie, ledvinného infarktu a okluze renální žíly. MRA přesně zachytí staging nádorů ledvin a postižení lymfatických uzlin, prorůstání tumoru do nadledviny či renální pánvičky a přesnou vizualizaci přítomných jaterních metastáz. MRA je, proto v současnosti považována za nejpřesnější metodu pro detekci nádorů ledvin, zejména když uvažujeme o záchovném operačním výkonu (exstirpaci tumoru či resekci ledviny).

Nevýhodou MRI zůstává časová náročnost a vysoká cena, která toto vyšetření na většině pracovišť limituje pro závažné případy, kde jiné metody buď nepřinesly stanovení diagnózy, či jsou pro renální insuficienci či alergii pacienta na kontrastní látky kontraindikovány. (Ferda et al., 2012)

#### ***1.12.6 Multiparametrická magnetická rezonance pro zobrazení onemocnění jater***

Onemocnění jater patří k rychle rostoucím. Je potřeba najít neinvazivní spolehlivou zobrazovací metodu k odhalení hepatologických onemocnění a stádií patologie jater. V

klinické praxi se používá elastografie, která má za úkol zobrazit elastickou vlastnost tkáně.

Tato studie má za úkol posoudit nový protokol pro charakterizaci tkáně jater bez podání kontrastní látky. Nová metoda poskytuje vysokou přesnost při hodnocení jaterních onemocnění jako jsou fibróza, steatóza anebo hemosideróza.

Závěr je takový, že tato metoda by mohla nahradit biopsii jater a rozlišit ranou fázi fibrózy. (Journal of hepatology,2013)

### ***1.12.7 Radioterapie vedená pomocí magnetické rezonance***

Zobrazování magnetickou rezonancí je výhodné v diagnostickém hodnocení, při mapování nádorů, míře dávky záření a při sledování odpovědi nádoru na léčbu, což vede ke zlepšení výsledku u pacientů léčených pomocí radiační terapie. Role obrazového vedení, adaptivního plánování a zobrazování magnetickou rezonancí v radiační terapii v posledních dvou desetiletích roste. Tato metoda je založena na použití portálových snímků, díky které je geometrické cílení přesnější a tím i přesnost dávky záření. Místo nádoru je vyhodnoceno pomocí MRI a podle snímků je vytvořen plán IMRT, který obsahuje umístění nádoru a anatomii pacienta.

Nevýhodou je, že kov urychlovače zkresluje a narušuje homogenitu magnetického pole, a proto se vymyslela stínící metoda. Stínící metoda spočívá ve střelbě skrz kryostat, vytvoření homogenního okna a odložení supravodivých cívek. MR linac se využívá při léčbě rakoviny prostaty, hlavy a krku a plic.

#### ***1.12.7.1 Stagingová vyšetření***

Magnetická rezonance hraje důležitou roli v odhalování nádorů, lokálním šíření nádorů, zobrazení uzlin a metastatických lézí. (Onkologie, 2010)

##### **Staging karcinomu prostaty**

Karcinom prostaty je třetí nejčastější nádorové onemocnění mužů a třetí s nejvyšší mortalitou. Magnetická rezonance se stala nejen doplňujícím vyšetřením v rámci stagingu, ale i v prvotní diagnostice karcinomu prostaty u navigované biopsie. Magnetická rezonance disponuje detailním zobrazením prostaty i periprostatických tkání. (Onkologie,2014)

##### **Staging karcinomu děložního čípku**

Karcinom dělohy je druhé nejčastější nádorové onemocnění u žen. Zobrazení magnetickou rezonancí je vysoce přesné při detekci lokálního rozsahu, rozšíření nádoru v pánvi a po těle. Kombinace PET/CT s MR se využívá k detekci uzlinových metastáz. PET/MR je nový diagnostický nástroj, který není ještě široce rozšířený. MR je volba pro počáteční staging a sledování nádoru. (Sciencedirect, 2019)

### **Staging rektálního karcinomu**

Kolorektální karcinom je třetí celosvětově nejrozšířenější malignita. Rozlišujeme od sebe karcinom tračníku, karcinom rektosigmatu a karcinomu rekta.

Magnetická rezonance se používá hlavně u karcinomu rekta. Díky vysokému kontrastu měkkých tkání můžeme zobrazit šíření karcinomu do okolí. Dále pomáhá chirurgům při získávání negativních chirurgických okrajů a plánování léčby. (American Journal of Roentgenology, 2015)

### ***1.12.8. Uterovaginální brachyterapie***

Gynekologické nádory jsou hlavním důvodem úmrtí žen. Zobrazování magnetickou rezonancí je výhodné v diagnostickém hodnocení při mapování umístění nádoru, míře dávky záření a při sledování odpovědi nádoru na léčbu. Studie MR gynekologické brachyterapie prokazují schopnost optimalizovat pokrytí nádoru a snížit dávku záření na okolní tkáň, což vede ke zlepšení výsledku pro pacienty. Zárok se provádí v narkóze. Do těla pacientky je vpravena sonda, která musí korespondovat s fyziologií pacientky. Používají se dilatátory pro dilataci děložního hrdla a pak se zavádí sonda. Zárok se provádí v narkóze. Když už má pacientka zavedený aplikátor a naplněný močový měchýř, může se převést na CT a MR. Provede se fúze MR a CT tzn. na rezonanci uvidíme tkáň se zbytkovým tumorem a tkáň, která tumorem byly a zahojila se. Zakreslený objem se přeneše na CT snímky. Výpočet se dělá v CT, ale využijeme obrazovou informaci z MR.



### ***1.12.9 Vyšetření prostaty***

#### ***1.12.9.1 Spektroskopie prostaty***

Prostata je jediné místo, kde dochází k sekreci a akumulaci citrátu. Normální tkáň obsahuje vysokou hladinu citrátu, v nádorové tkáni je ho naopak málo. Dále sledujeme i hladinu cholinu, která upozorní na přítomnost tumoru. MRSI zjišťuje pokles hladiny citrátu a nárůst poměru cholin/kreatinin v buňkách karcinomu prostaty. (Costello L.C. et al, 1999)

U pacientů, kterým biopsie prostaty přinesla negativní výsledek se provádí spektroskopie pomocí magnetické rezonance. Rozlišujeme protonovou magnetickou rezonanci (MRS) a konvenční magnetickou rezonanci (MRI). Rozdíly jsou v detailním zobrazení tkáně, především signálu vody a lipidů, to je případ MRI. MRS spočívá v tom, že tyto signály potlačuje. Metoda MRS používá silného magnetického pole, aby získala informace o metabolických koncentracích. Díky této metodě rozlišujeme normální tkáň prostaty, hyperplazii prostaty a maligní tkáň prostaty. (Matějková, 2011)

#### ***1.12.9.2 Fúzní biopsie prostaty***

Tato metoda představuje spojení dvou obrazů, na magnetické rezonanci a ultrazvuku. Pacient nejdříve podstoupí vyšetření magnetickou rezonancí, obraz s popisem a podezřelými ložisky se nahrají do ultrazvukového zařízení. Lékař poté může odebrat přesněji vzorky z ložisek. Vyšetření využívá 5stupňovou škálu hodnocení. (Brož, 2017)

#### ***1.12.10 Vyšetření prsu***

Magnetická rezonance dokáže rozeznat maligní a benigní prsní nález. Využívá k tomu difuzně váženého obrazu a tím se snižuje počet nadbytečných biopsií prsu. DWI obrazy může použít v případech, kde si nejsme jisti, zda jde o malignitu. A tím by mohla redukovat i počet biopsií prsu. (Prolékaře.cz, 2019)

### **1.12.10.1 Biopsie prsu pomocí MR**

Biopsie obrazem se provádí odebráním vzorků abnormality pod nějakou formou vedení, jako je ultrazvuk, MRI nebo mamografie. Biopsie není určena k odstranění celé léze.

Silné magnetické pole, vlny a počítač pomáhá jí lokalizovat bulku nebo abnormalitu prsu a navádí jehlu k odebrání malého vzorku tkáně k vyšetření pod mikroskopem, aby se určila diagnóza. Tato metoda je méně invazivní a nezanechává jizvu. Biopsie prsu metodou MR je nejpoužívanější u podezřelého nálezu, který není identifikovaný pomocí jiných zobrazovacích technik. Dále MR slouží k zakreslení změny ve tkáni.

Tradiční MRI instrumentáři je velká válcovitá trubice obklopená kruhovým magnetem. Toto vyšetření používá kontrastní látku gadolinium, které je podáno intravenózně. Biopsie prsu se provádí ambulantně pod vedením vyškoleným radiologem specializovaným na prsa. Před výkonem je podáno pacientce lokální anestetikum. Pacientka leží na stole, prsa volně visí do polstrovaných otvorů ve stole, které obsahují cívky. Prsa jsou lehce stlačována dvěma kompresními destičkami, jedna je označena mřížkovou strukturou. Radiolog pomocí softwaru určí polohu léze pomocí mřížky, délku vypočítá polohu a hloubku jehly.

Vyšetření probíhá ve čtyřech krocích. Prvním krokem je aspirace jemnou jehlou, která nabere malé množství tekutiny nebo buněk z dané oblasti. Druhým krokem je zavedení jádrové jehly, která používá velkou dutou jehlu k odebrání vzorku tkáně prsu. Dále vakuově asistované zařízení, které používá vakuově poháněný nástroj ke sběru materiálu během jednoho zavedení jehly. Obvykle se odebere 8-10 tkáně.

Poslední krok využívá lokalizace drátu, který je umístěn do podezřelé oblasti a pomocí něhož může chirurg lokalizovat lézi pro chirurgickou biopsii. Pokud se provádí chirurgická biopsie může chirurg pomocí drátu ve tkáni lokalizovat místo excize. (Martin Horák et al., 2009)

- **Výhody**

Tato procedura je v porovnání chirurgické biopsie méně invazivní, zanechá nepatrné nebo žádné zjizvení, je provedena za 45 minut a je považována za přesnou. Pacientka se může hned po zákroku vrátit ke každodenním činnostem.

- **Nevýhody**

Nevýhodou může být tvorba hematomu v okolí vpichu. Pacientka může pociťovat nepohodlí. Místo vpichu může být vstupem pro infekci. Další nevýhodou je poranění hrudní stěny jehlou, což způsobí proniknutí vzduchu a může dojít k plicnímu kolapsu. Tyto případy jsou však ojedinělé a postihují méně než jedno procento pacientů.

1.12.11 Magnetická rezonanční spektroskopie – vyšetření psychiatrických poruch

Nedávný výzkum popisuje přístupy využití MRS v oblasti systematického vyšetření specifických psychiatrických poruch, včetně poruch spektra autismu, schizofrenie, panické poruchy, velké deprese a bipolární poruchy. Aplikace technik 2D a 3-D strukturální magnetické rezonance (MRI) prokázaly vztahy mezi mozkovými anatomickými rysy a psychiatrickými poruchami. In vivo aplikace MRS pro kvantifikaci mozkových hladin chemických sloučenin jako jsou cholin a kreatin, vyžadují použití specializovaného softwaru. Studie využívaly techniky single voxel, které získávají chemické informace z oblasti mozku. Tato oblast má obvykle velký objem, aby se získalo dostatečné množství SNR. Spektroskopie mapuje míru distribuce chemických signálů v mozku. Studie se využívá především u agitovaných nebo spících pacientů. Autismus, panická porucha, schizofrenie, deprese a bipolární porucha se považují za abnormální nervové mechanismy se projevují řadou symptomů, které psychiatr pomocí technik MRS může srovnat s normálním emočním projevem. Tyto studie jsou však technicky omezené. (Hájek et al., 2004)

#### ***1.12.12 Zobrazení diferenciac serózního cystadenomu a mucinozního cystického nádoru***

Nový trendy v difúzně váženém zobrazování magnetickou rezonancí se stal jako nástrojem pro odhalení diferenciac serózního cystadenomu a mucinozního cystického nádoru.

Metoda poskytuje velké množství informací o struktuře pankreatických cystických lézí. DW-MRI může být zahrnuta jako součást řady nástrojů k odlišení mucinních od necininových lézí a může pomoci při léčbě cystických lézí pankreatu. (Science direct, 2011)

### ***1.12.13 Farmakologické zobrazování magnetickou rezonancí***

Tato studie umožňuje studovat aktivitu v živém mozku a zkoumá mozkové procesy při podávání léčiv na centrální nervový systém. PHMRI neboli farmakologická MRI poskytuje farmakodynamické testy, které mohou stanovit prostupnost v mozku a informace o terapeutické dávce. Tyto údaje se používají i při objevování a vývoji léčiv, aby se urychlilo dodání z laboratoře na kliniku. První metoda je založena na kontrastu krevního kyslíku (BOLD) a perfuse značeného arteriálního spinu (ASL). Kvůli časové náročnosti a skenovacím relacím nemusí být BOLD vhodný pro sledování účinků na mozkovou funkci. ASL představuje neinvazivní absolutní množství protékající krve v klidu i během procesu. ASL je i časově ideálnější.

ASL však bývá kombinován s BOLD technikou, díky této kombinaci mohou být zobrazeny metabolické rychlosti kyslíku vyvolané léčivem. (Kim, 2000)

### ***1.12.14 Magnetická rezonance v oftalmologii***

Vyšetření magnetickou rezonancí v oblasti očí odhaluje patologie optického nervu, chiasmatu a patologické procesy očníce. Velkou roli zde hraje kontrast tukové tkáně, který napomáhá k detailnímu zobrazení struktur očníce. Vyšetření probíhá na přístroji 1,5 Tesla, který má v České republice největší zastoupení. K dispozici je i protokol zobrazení mozku, který předchází vyšetřením optických nervů. Na magnetické rezonanci se zobrazuje druhý, třetí a čtvrtý úsek optického nervu. U prvního se využívá laserové metody. Magnetická rezonance posuzuje tloušťku nervu, strukturu a obaly nervu. (Hanzlíková et al., 2017)

### ***1.12.15 Funkční zobrazení řečových zón***

Magnetická rezonance zobrazuje aktivitu řečových zón. Nezbytná je spolupráce pacienta a logopeda. Provedení probíhá tak, že pacient vykonává stanovené úkoly, bezchybně, v intervalech a v klidu. Vyšetření trvá 30-45 minut, pacient má hlavu v cívce a nesmí se pohnout. Drobné nepřesnosti mohou být způsobeny neklidem a pohyby pacienta na vyšetřovacím lůžku. Před vyšetřením magnetickou rezonancí pacient podstupuje testy slovní plynulosti, test pojmenování obrázků a test pojmenování objektů. Toto pacient podstupuje u klinického logopeda. Patologické léze v mozku bývají vyšetřovány i s motorickými oblastmi horních a dolních končetin. Dále můžeme sledovat

obnovu řečové funkce a vliv terapie. Řeč, motorika a kognice se nachází v elokventních zónách mozku. Pro toto vyšetření jsou vhodní pacienti s afázií anebo jen s lehčí poruchou. (Tupý, 2018)

#### ***1.12.16 Zobrazení roztroušené sklerózy***

Pomocí magnetické rezonance odhalujeme roztroušenou sklerózu. Vyšetření je založeno na detekci hypersignálních ložisek v centrální nervové soustavě. Využívá se se T2 vážených obrazů a potlačení tekutiny. Bohužel se setkáváme s nejasnými případy, u kterých je těžké odlišit roztroušenou sklerózu nebo jiný proces onemocnění. Dále magnetická rezonance odhaluje poruchy bílé hmoty. Znamení centrální žíly v oblasti bílé hmoty odlišuje zánětlivé onemocnění cévních stěn od roztroušené sklerózy. (Pro lékaře, 2020)

#### ***1.12.17 Virtuální pitva pomocí magnetické rezonance***

Vzhledem finanční a časové náročnosti je stále virtuální pitva na experimentální úrovni.

Virtuální pitva slouží k odhalení vrozených vývojových vad u potracených plodů. Přínos by tato metoda měla mít pro zjištění o jakou vadu se jednalo a zda je riziko vzniku u dalšího těhotenství. U potracených plodů se dělá patologicko-anatomická pitva, ale kvůli časné autolýze a špatné fixaci mozku se často nedaří stanovit přesnou diagnózu. (Vaněčková et.al., 2009)

#### ***1.12.18 Operační navigace***

Operační navigace je náběr dat na CT nebo MR, která mají parametry dané výrobcem. Navigace se pošle na PACS nebo podle nemocničního nastavení do navigačního systému.

Operatéri data zpracují a pošlou na příslušné operační sály, kde za pomocí kompatibilních operačních nástrojů lze on-line, tedy přímo, za pomocí skiaskopie zfúzovat realitu s nasnímanými daty. Operační navigace umožňuje chirurgům se orientovat v prostoru s přesností na milimetry a nehrozí žádné poškození, které by mělo neblahý vliv na pacienta.

U CT se jedná o ORL operace a neurochirurgické operace a u MR se jedná také o neurochirurgické operace (navigace brainlab), tumory a traktografie.

#### ***1.12.19 Nanostim***

Jde o speciální bezelektrodový kardiostimulátor, který je malý a velikostně odpovídá mikrotužkové baterii a stimuluje činnost srdce. Celý je usazen v pravé srdeční komoře. Nanostim je z biokompatibilního materiálu, tudíž je možné pacienta vyšetřit pomocí magnetické rezonance.

#### ***1.12.20 Výpočetní systém***

Dnes výkon výpočetního systému skoro nikoho nezajímá, protože dnes je kapacita archivačních médií několikanásobně větší, než tomu bylo před několika desítkami let. Dříve se archivovalo jen několik snímků pacienta, kvůli vysoké ceně disků. Pro představu na jeden disk se vešlo skoro 200 pacientů. Za pár let možná přijdou firmy s další inovací softwaru a vymění ji za výkonnější. (Tintěra, 2017)

#### ***1.12.21 Silnější magnet***

Dnes už jsou na trhu magnety o síle 7 Tesla. Tento magnet má však velkou nevýhodu, a tou je cena. Stojí 5-6krát více než magnety o síle 3 Tesla. Bohužel ještě nenašly uplatnění a prodejci jejich vývoj a prodej omezili. Své využití by našli ve vědeckých centrech. Vědci pomocí 7 Tesla mohou odhalovat nejen jádra vodíku, ale i dalších prvků v lidském těle, např. sodík, draslík, fosfor, fluor. Další nevýhodou jsou obrovské rozměry, vysoká spotřeba ochlazovací látky a hlavně váha. Energie 7 Tesla magnetu se srovnává s výkonem velkého dopravního letadla. V USA a některých nemocnicích v Evropě se na nich provádí vyšetření mozku a mohli by předpovídat i osteoartrózu. (Tintěra, 2017)

#### ***1.12.22 Radiofrekvenční systém***

Radiofrekvenční systém prošel za posledních desítek let velkým vývojem. V polovině devadesátých let 20. století měla magnetická rezonance pouze jeden přijímací kanál a cívkou, umožňovala jen kvadrurní detekci. (Tintěra, 2017)

### ***1.13 Magnetická rezonance za poslední desítky let***

Magnetická rezonance se stále vyvíjí. Vznikají nové přístroje, studie, protokoly a nové poznatky se stávají více dostupnější. Na začátku byla magnetická rezonance jen ve větších městech, dnes už se rozšířila i do těch menších a stala se více dostupnou. Magnetická rezonance se používala jen pro vážné diagnózy. Dnes lékaři posílají na magnetickou rezonanci i méně vážné potíže.

Magnetická rezonance je poměrně mladá metoda, dříve její funkci naplno zastávala metoda CT, které i při méně vážných diagnózách používá záření a měkká tkáň je poměrně nevýrazná.

Vývoj magnetické rezonance jako diagnostické metody do její dnešní podoby trval velmi dlouhou dobu, a stále i dnes je tato diagnostická metoda neustále zlepšována a zdokonalována.

Vývoj a využívání magnetické rezonance se neustále výrazně urychluje, a to právě s rozvojem a formováním informační techniky a nanotechnologií, a to v posledních letech. Lze předpokládat, že vývoj magnetické rezonance a jejích možností bude neustále probíhat.

Magnetická rezonance již dnes nahradila perimyelografii. Pokrok zaznamenalo i zobrazení vrstev, u které se zmenšila šíře zobrazení. Ta vede k přesnějšimu hodnocení. K přesnějšimu hodnocení napomáhá i traktografie, která zobrazuje nervové dráhy, a to je velký pokrok pro neurologii. Magnetická rezonance je využívána i v onkologii, kde zobrazuje nádory v určitých stádiích a pomocí ní se může plánovat i léčba pacienta.

#### ***1.13.1 Nový vývoj a nové studie***

V počátku měla magnetická rezonance uplatnění k odhalování patologie mozku a páteře, ale dnes už se rozšiřují její možnosti. Výrobci stále přicházejí s novými vylepšeními protokolů.

Na počátku éry magnetické rezonance se vědci domnívali, že magnet o síle 0,5 Tesla bude maximum. Dnes již jsou mnohem silnější magnety. V Minneapolisu před třemi lety testovali na člověku na tu dobu nejsilnější magnet, magnet o síle 10,5 Tesla. Výsledkem bylo jemné rozlišení, které detailně zobrazilo složité detaily chrupavky. Tento skener stojí 14 milionů amerických dolarů a je jedním z mála po celém světě. Dále se připravují nové magnety o síle 11,7 Tesla, jeden je určený pro skenování celého těla a druhý pro skenování hlavy. Existují ovšem hranice pole síly, za které člověk nemůže jít, aby

nepoškodil lidské tělo. (Nature, 2018)

Nové hybridní zobrazovací systémy pomáhají zobrazit podrobnou anatomii těla a vyhodnotit funkci tkáně. Spojení MR a PET je vyšetření používané pro hodnocení nádorů a jejich aktivity. Dostupné systémy obsahují pole detektorů kompatibilní s MR. Dále se používají systémy, které spojují MR a PET výsledek vyšetření. (RSNA, 2014)

Funkční zobrazovací techniky, spektroskopie, difúzní zobrazování, značení myokardu, BOLD, tyto techniky už našly své rutinní klinické využití. Novější techniky, kterými jsou MR elastografie, molekulární zobrazování, čtyř – dimenzionální fázový kontrast postupně získávají své využití v diagnostice. (RSNA, 2014)

Zobrazení plic bylo dlouhou dobu obtížně zachytitelné, kvůli slabému MR signálu. Společnost Toshiba představila sekvenci ultra krátkého ECHA. Tato metoda zhotoví snímky za čtyři až pět minut. Tato metoda je zatím alternativou k vyšetření plic pomocí CT. (RSNA, 2015)

ViosWorks na konferenci RSNA 2015 představil techniku zobrazování srdce 7D MRI zobrazení. Jedná se o zobrazení sedmi informací ve třech dimenzích (tři v prostoru, jeden v čase a tři ve směru rychlosti). Data se ukládají v reálném čase do úložiště. (RSNA,2015)

Zavádějí se i nové vylepšení stávajících vyšetření. Siemens představila dvě nové aplikace pro zrychlení doby vyšetření a pro lepší kvalitu obrazu. První aplikace získává řezy více difuzních tenzorů současně. Druhá aplikace GOBrain zhotoví vyšetření mozku za pět minut.

Prodejci se zaměřují i na vylepšení obrazu, na sekvence, které zjednoduší a urychlí komplikované skenování. MDixon řeší problém úplného potlačení tuku a zkracuje dobu skenování ze čtyř na tři minuty. Evolution 5 nabízí lepší mapování frakcí a zlepšuje kontrast bílé hmoty. Hitachi umožňuje soustředit se na hemodynamiku a izolovat průtok krve. Dále Hitachi rozšířila svou řadu pro kompenzaci pohybu. (RSNA, 2015)

I spektroskopie zaznamenala pokrok, nová platforma spektroskopie prsu. Pomocí tohoto zobrazení můžeme sledovat hladinu cholinu a rozeznat maligní tumor od benigního. (RSNA, 2015)



Výrobci myslí i na ty, kteří mají implantované zdravotnické prostředky srdeční zařízení, klouby anebo páteřní implantáty. Společnost Philips představila protokol ScanWise. Uživatel zadá podmíněné hodnoty pouze poprvé. Další parametry se automaticky upraví. (RSNA, 2015)

## **2 PRAKTICKÁ ČÁST**

### ***2.1 Cíle práce***

Zjistit, odkud radiologičtí asistenti získávají informace o nových trendech, zda se o nové trendy zajímají, jestli určité vyšetření provedli a kolikrát za rok.

### ***2.2 Výzkumné otázky***

1. Jak se změnila postupy za posledních desítek let a porovnat je?
2. Jsou tyto trendy využívány?

### 3 Metodika práce

Tato práce je rozdělena do dvou částí.

První část – teoretická je zpracována pomocí dostupných zdrojů. Při hledání těchto zdrojů byla snaha o nález novějších článků a publikací, ale ne vždy se podařilo nalézt co nejvíce informací. Nové trendy jsem hledala v odborných časopisech a na internetu, kam přispívají lékaři a odborní pracovníci své poznatky a nové studie. Dále jsem hledala na zahraničních stránkách, kde je trendů velké množství, ale občas chyběl celý text a byl nastíněn jen abstrakt práce.

Druhá část – empirická, kdy je výzkumné šetření bakalářské práce kvantitativní. K získání dat byla využita forma elektronického dotazníku, který byl vytvořen ke zjištění, zda radiologičtí asistenti znají daný trend, provedli ho a jestli se u nich na pracovišti provádí. Byli vybráni pouze radiologičtí asistenti z magnetické rezonance. Dotazník obsahoval 20 otázek různého typu. Jednalo se o anonymní dotazník, jehož výsledky byly určeny pouze jako výzkum k mé bakalářské práci. Nejdříve jsem zjistila identifikační informace (jak dlouho pracují jako radiologičtí asistenti s magnetickou rezonancí), Následně jsem kladla otázku zaměřenou na zájem o nové trendy. Další otázka měla za úkol zjistit odkud radiologičtí asistenti informace o nových trendech získávají. Následovaly další otázky o trendech, zda o nich radiologičtí asistenti slyšeli, nebo jestli je už někdy prováděli a kolikrát se na jejich pracovišti provádějí.

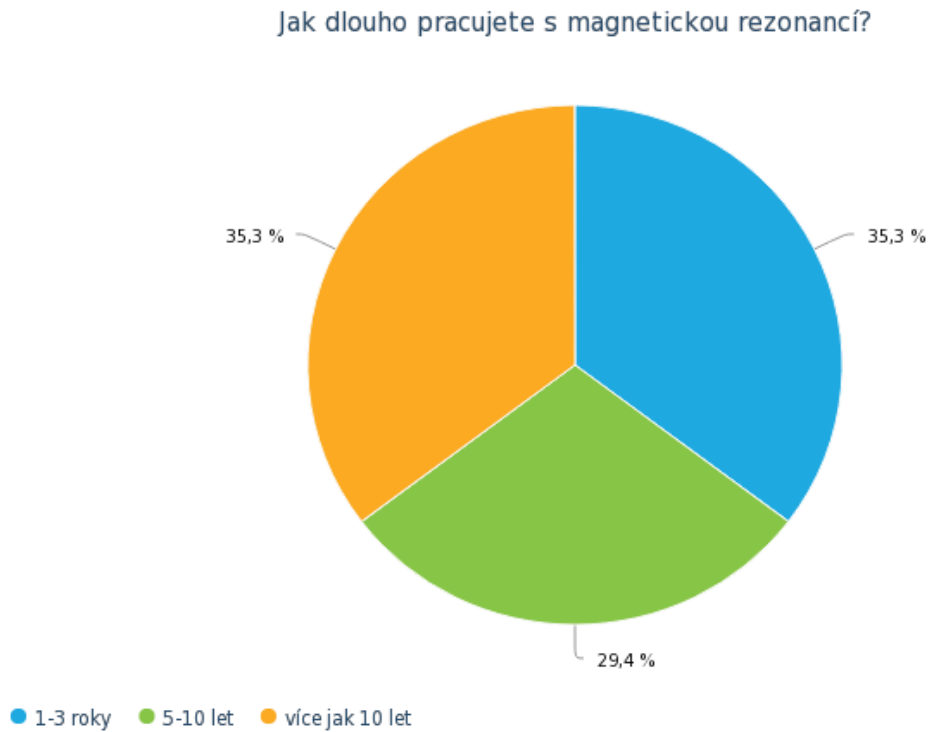
Celkově odpovědělo 51 radiologických asistentů z různých nemocnic. Tito radiologičtí asistenti představovali dostupný a zároveň záměrně vybraný výzkumný soubor neboli vzorek. Odpovídali na položené otázky na základě vlastní praxe a informovanosti.

K realizaci praktické části bylo nutno tohoto postupu:

1. Stanovení otázek dotazníku.
2. Vytvoření elektronického dotazníku.
3. Rozeslání dotazníku respondentům.
4. Vytvoření grafů.

## 4 Výsledky

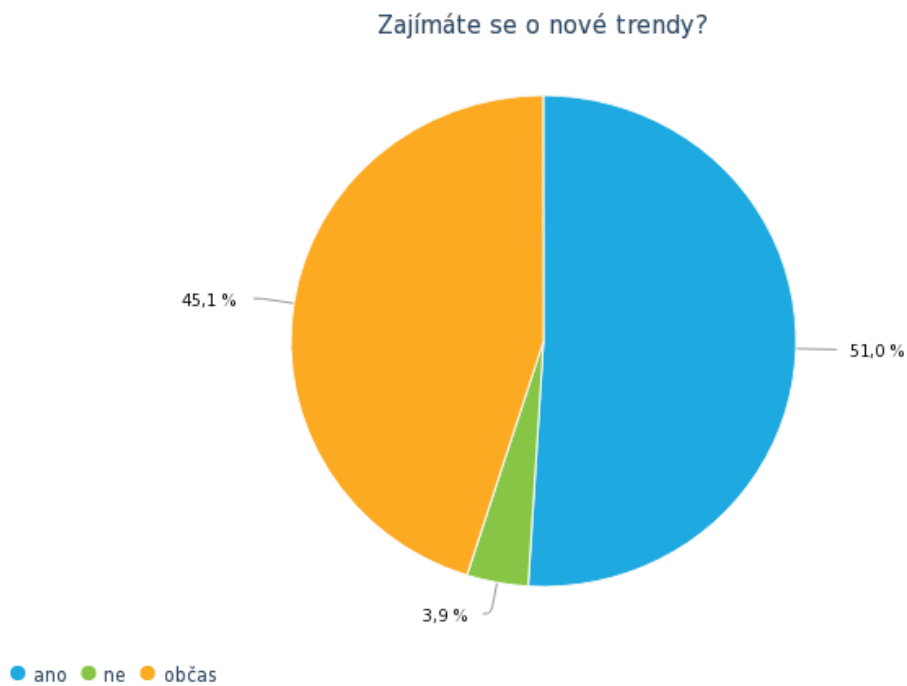
### 4.1 Otázka č.1



*Obrázek 1 Práce s magnetickou rezonancí, zdroj: vlastní*

Z grafu vyplývá, že z 51 radiologických asistentů odpovědělo 18 (35,3 %), že pracují s magnetickou rezonancí více jak 10 let. Pracujících 5-10 let bylo 15 (29,4 %). Zbýlých 18 (35,3 %) odpovědělo, že pracují s MR 1-3 roky.

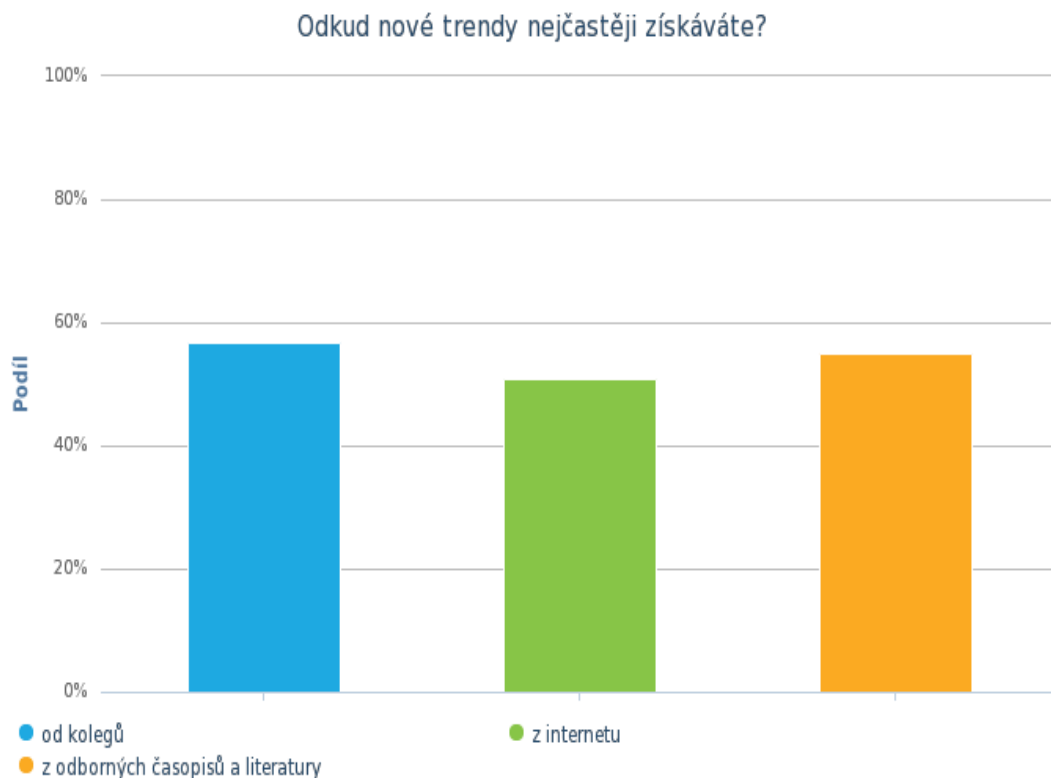
#### 4.2 Otázka č. 2



*Obrázek 2 Zájem o nové trendy, zdroj: vlastní*

Z grafu vyplývá, že o nové trendy se zajímá 26 (51,0 %) dotazovaných, občas se zajímá 23 (45,1 %) a vůbec se nezajímá 2 (3,9 %).

### 4.3 Otázka č. 3

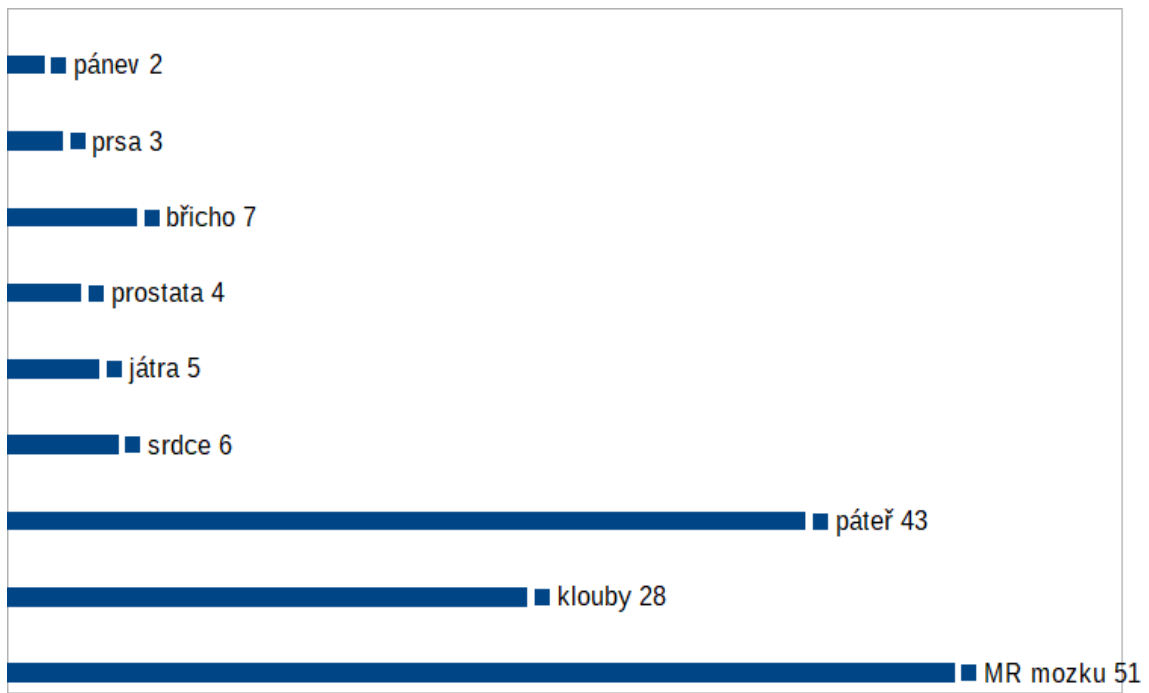


*Obrázek 3 Odkud RA získávají nové trendy, zdroj: vlastní*

Na tuto otázku mohli respondenti odpovědět více možnostmi. 29 (56,9 %) respondentů si vybralo, že informace získávají od svých kolegů. 28 (54,9 %) respondentů uvedlo, že nové informace získávají z odborných časopisů a literatury. 26 (51,0 %) respondentů uvedlo, že nové informace získávají z internetu.

#### 4.4. Otázka č. 4

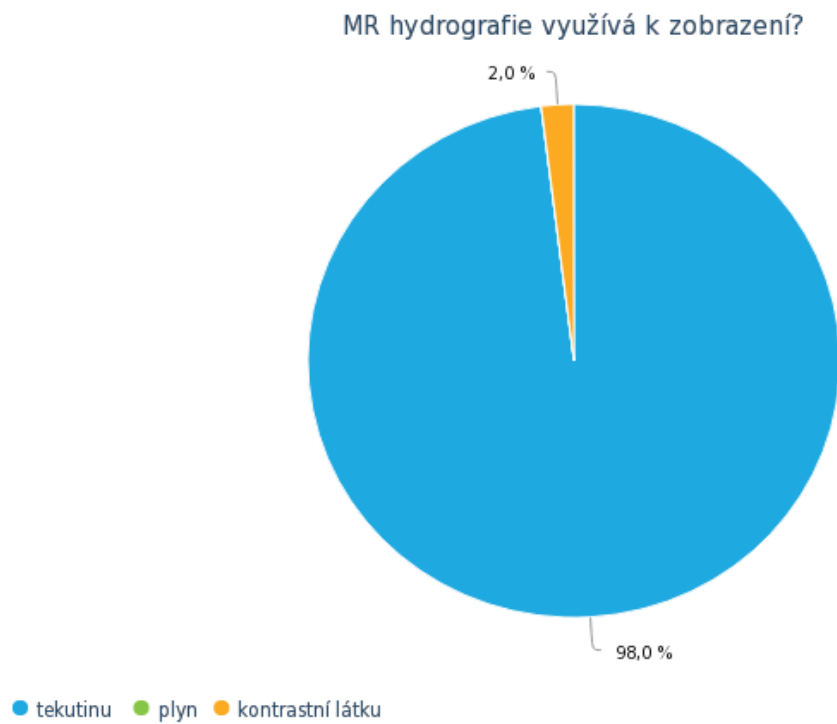
*Jaká vyšetření jsou na Vašem pracovišti nejčastější?*



*Obrázek 4 Přehled prováděných vyšetření, zdroj: vlastní*

Tato otázka měla za úkol nastínit, jaká vyšetření se na pracovištích provádí nejčastěji. První nejčastější odpovědí bylo vyšetření mozku (51x), druhou nejčastější odpovědí byla páteř (43x) a třetí klouby (28x). Dále břicho (7x), srdce (6x), játra (5x), prostata (4x), prsa (3x) a pánev (2x).

#### 4.5 Otázka č. 5

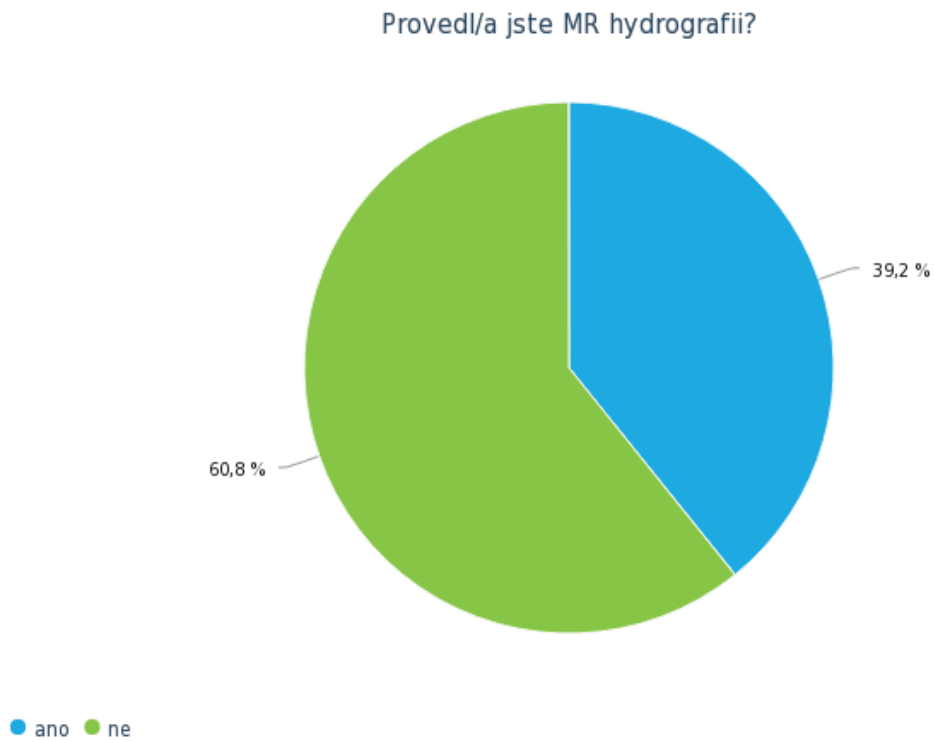


*Obrázek 5 Znalost MR hydrografie, zdroj: vlastní*

Tato otázka měla za úkol zjistit, znalost vyšetření. Z grafu jasně vyplývá, že 50 (98,0 %) dotazovaných, odpovědělo tekutinu. Pouze 1 (2,0 %) dotazovaný odpověděl kontrastní látku.



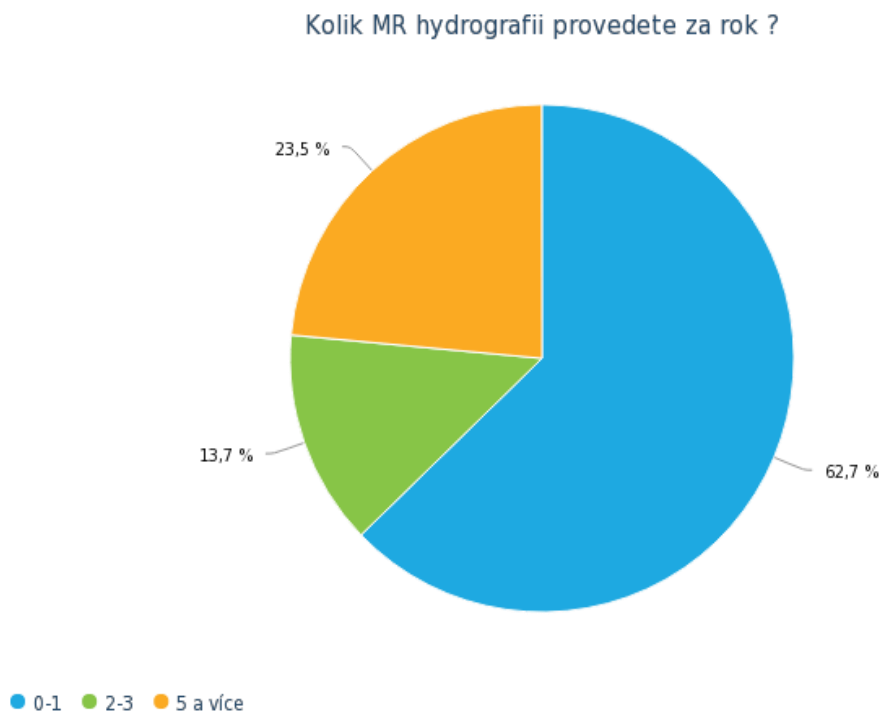
#### 4.6 Otázka č. 6



*Obrázek 6 Provedení MR hydrografie, zdroj: vlastní*

Graf u otázky č. 6 ukazuje, že vyšetření provedlo 20 (39,2 %) dotazovaných a 31 (60,8 %) dotazovaných MR hydrografii neprovedlo.

#### 4.7 Otázka č. 7

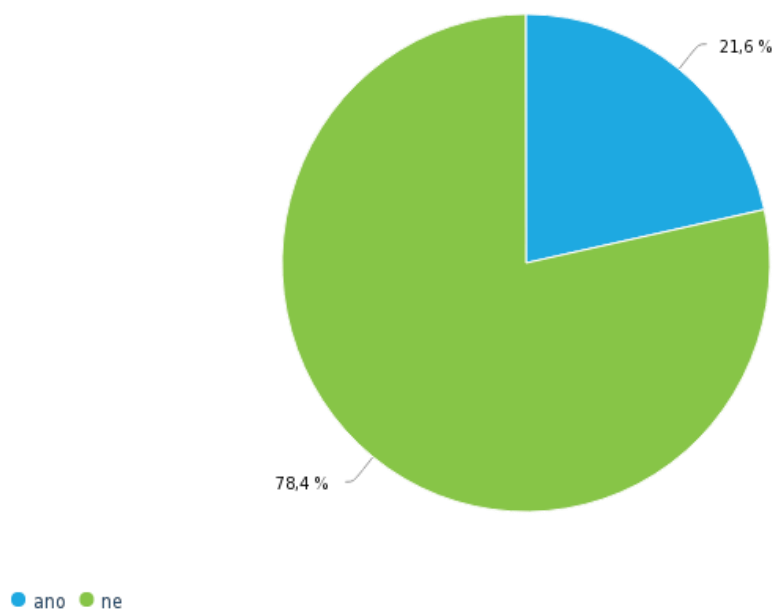


*Obrázek 7 Četnost provedených MR hydrografií, zdroj: vlastní*

Na otázku č. 7 odpovědělo nejvíce respondentů 32 (62,7 %) 0-1 vyšetření za rok. Další odpovědi bylo 2-3 vyšetření za rok, takto odpovědělo 7 (13,7 %) dotazovaných. Třetí možností bylo 5 a více vyšetření za rok, odpovědělo 12 (23,5 %) dotazovaných.

#### 4.8 Otázka č.8

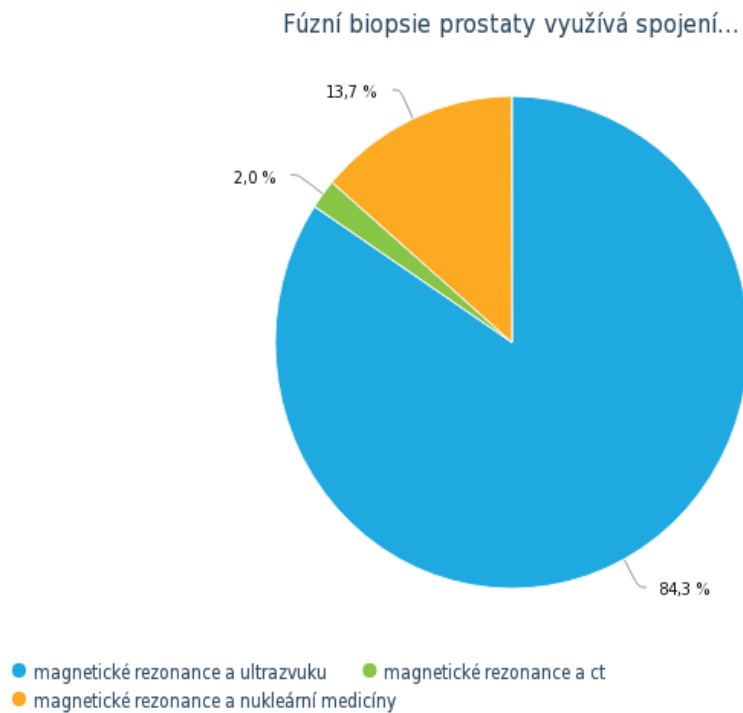
Provedl/a jste někdy MR zobrazení gynekologických nádorů při uterovaginální brachyterapii?



*Obrázek 8 Provedení zobrazení gynekologických nádorů, zdroj: vlastní*

Z grafu č. 8 můžeme vyčíst odpověď, že možnost „ne“ si zvolilo 40 (78,4 %) respondentů a odpověď ano 11 (21,6 %) dotazovaných.

#### 4.9 Otázka č. 9

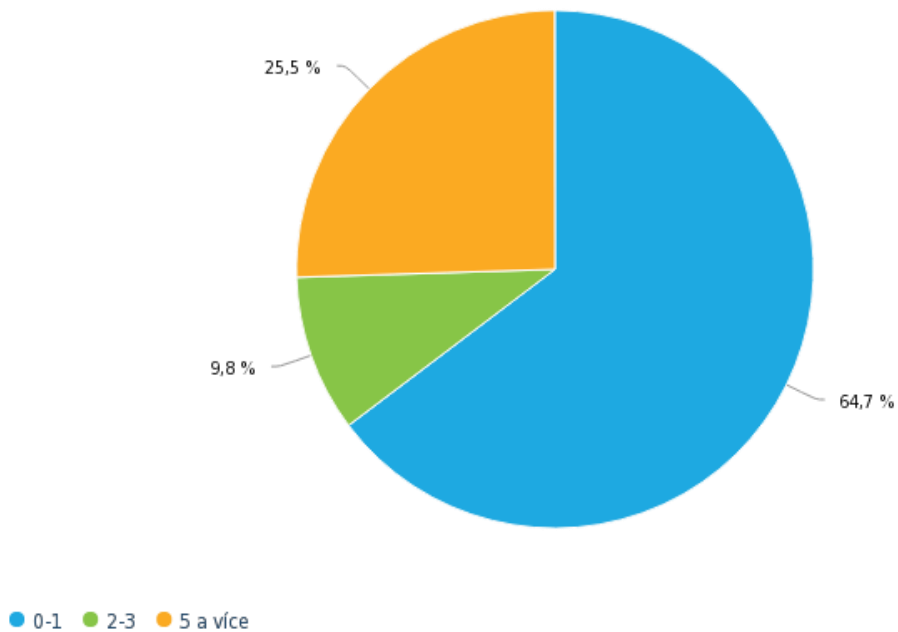


*Obrázek 9 Znalost fúzní biopsie prostaty, zdroj: vlastní*

Tato otázka měla za úkol zjistit znalost radiologických asistentů. Na výběr bylo ze tří možností, jen jedna byla správná. Odpověď spojení magnetické rezonance a ultrazvuku zvolilo 43 (84,3 %), možnost magnetické rezonance a CT zvolil 1 (2,0 %) dotazovaný a poslední možnost zvolilo 7 (13,7 %) dotazovaných.

#### 4.10 Otázka č. 10

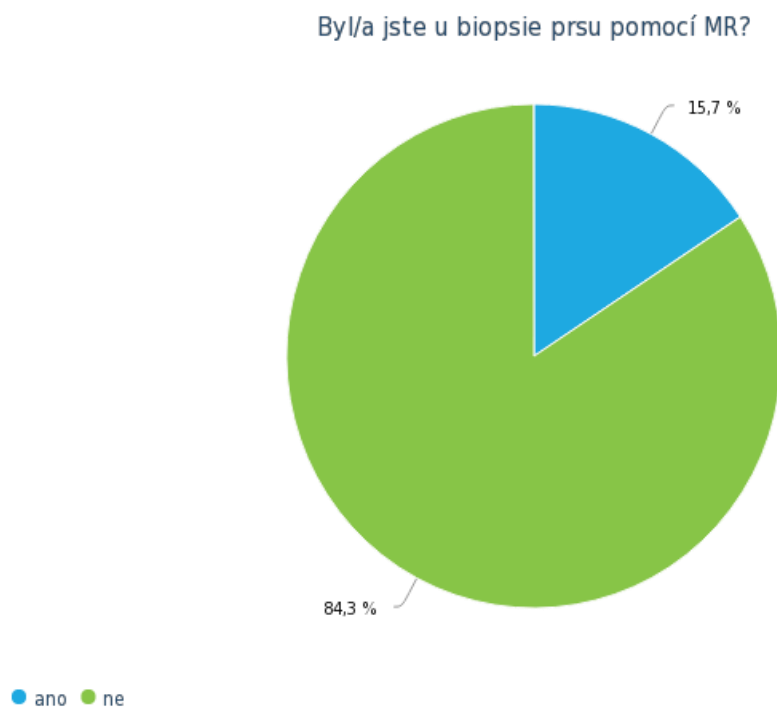
Kolik fúzních biopsií prostaty provedete za rok ?



*Obrázek 10 Četnost provedených biopsií prostaty, zdroj: vlastní*

Nejvíce dotazovaných 33 (64,7) zvolilo možnost 0-1 vyšetření za rok. Druhou nejčastější odpovědí bylo 13x (25,5 %) 5 a více vyšetření. Zbýlých 5 (9,8 %) dotazovaných odpovědělo 2-3 vyšetření za rok

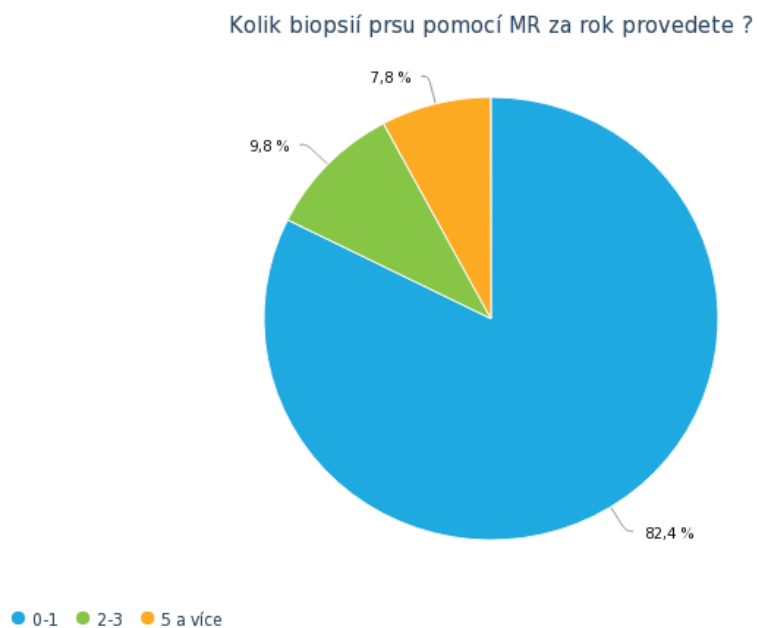
#### 4.11 Otázka č. 11



*Obrázek 11 Přítomnost u biopsie prsu, zdroj: vlastní*

Celkem 43 (84,3 %) dotazovaných odpovědělo, že nebyly přítomni u biopsie prsu. 8 (15,7 %) dotazovaných odpovědělo, že přítomni byli.

#### 4.12 Otázka č. 12



*Obrázek 12 Četnost provedených biopsií prsu, zdroj: vlastní*

Z grafu můžeme vyčíst, že 42 (82,4 %) dotazovaných zvolilo odpověď 0-1 vyšetření. 2-3 vyšetření za rok zvolilo 5 (9,8 %) dotazovaných. Zbytek dotazovaných 4 (7,8 %) odpovědělo 5 a více vyšetřeních.

#### 4.13 Otázka č. 13

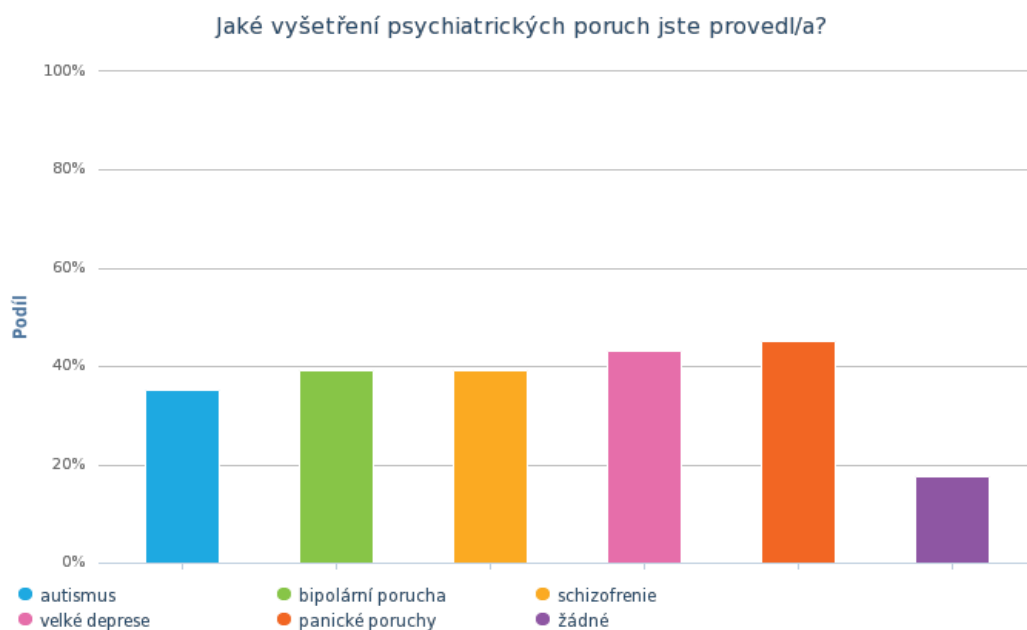


Obrázek 13 Znalost možnosti MR, zdroj: vlastní

Tato otázka byla zaměřena na znalost možnosti vyšetřování pomocí magnetické rezonance. Celkem možnost ano zvolilo 44 (86,3 %) dotazovaných. Možnost ne zvolilo 7 (13,7 %) dotazovaných



#### 4.14 Otázka č. 14

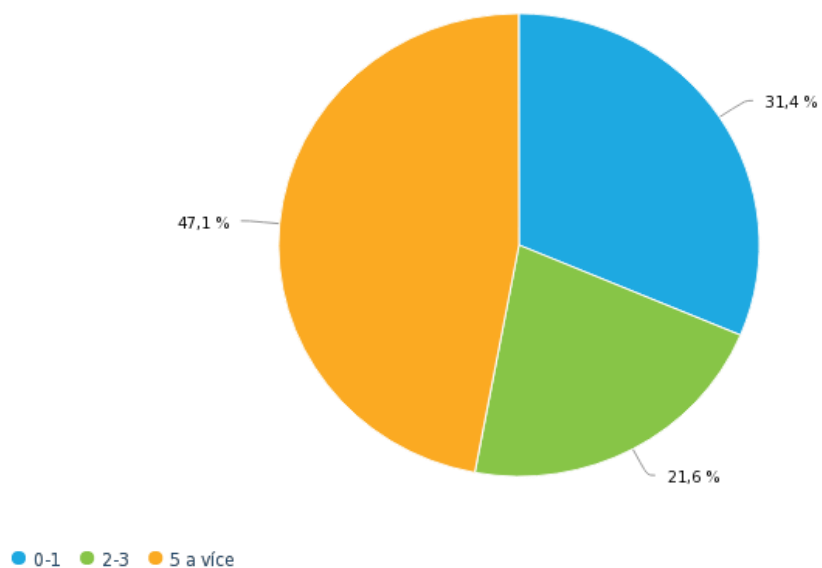


Obrázek 14 Přehled provedených vyšetření psychiatrických poruch, zdroj: vlastní

U této otázky si mohli dotazovaní vybrat z více možností. Nejčastější odpovědí byly panické poruchy, odpovědělo celkem 23 dotazovaných (45,1 %). Druhým nejčastějším byly velké deprese, 22 dotazovaných (43,1 %). Třetím nejčastějším vyšetřením byly schizofrenie, 20 dotazovaných (39,2 %) a bipolární porucha, 20 dotazovaných (39,2 %). Poslední odpověď žádné zvolilo 9 dotazovaných (17,6 %).

#### 4.15 Otázka č.15

Kolik vyšetření psychiatrických onemocnění za rok provedete?

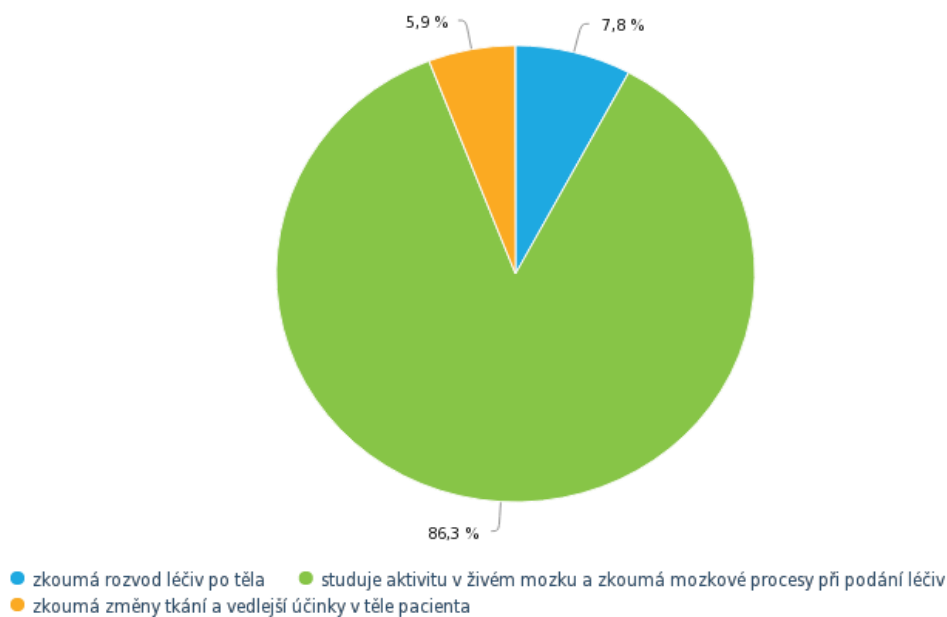


*Obrázek 15 Četnost provedených vyšetření psychiatrických poruch, zdroj: vlastní*

Na otázku, kolik vyšetření psychiatrických onemocnění provedou za rok odpovědělo celkem 16 (31,4 %) 0-1 vyšetření za rok. Druhou možnost 2-3 vyšetření zvolilo 11 (21,6 %) dotazovaných. Nejvíce odpovědí měla poslední možnost 5 a více vyšetření, zvolilo ji 24 (47,1 %) dotazovaných.

#### 4.16 Otázka č. 16

Co nám umožňuje farmakologické zobrazování magnetickou rezonancí?

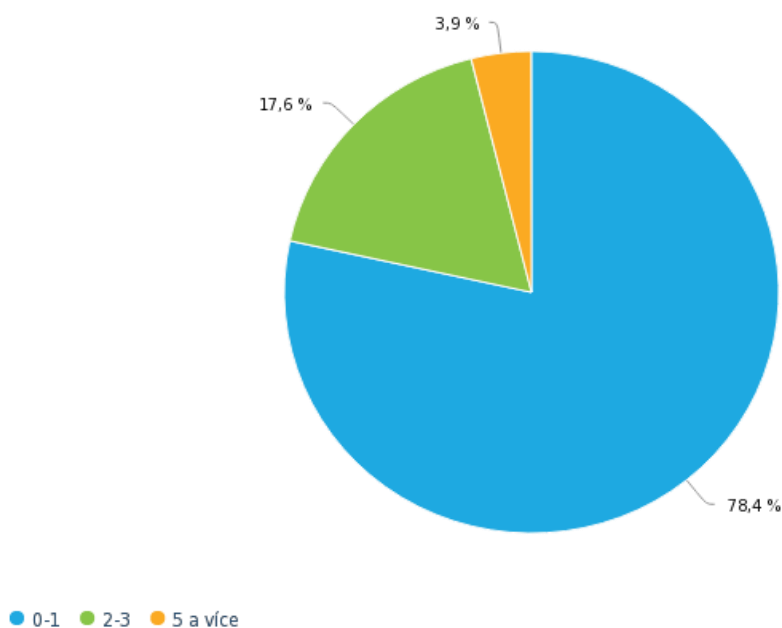


Obrázek 16 Znalost farmakologického zobrazení, zdroj: vlastní

Dotazování měli na výběr ze tří možností, pouze 1 odpověď byla správná. Nejčastější byla možnost druhá. studuje aktivitu v živém mozku a zkoumá mozkové procesy při podání léčiv. Tuto odpověď zvolilo 44 dotazovaných (86,3 %). Odpověď 1, zkoumá rozvod léčiv po těle, si vybrali 4 dotazovaní (7,8 %). Celkem 3 (5,9 %) dotazovaní odpověděli, že zkoumá změny tkání a vedlejší účinky v těle pacienta.

#### 4.17 Otázka č. 17

Kolik farmakologických zobrazení pomocí MR za rok provedete?

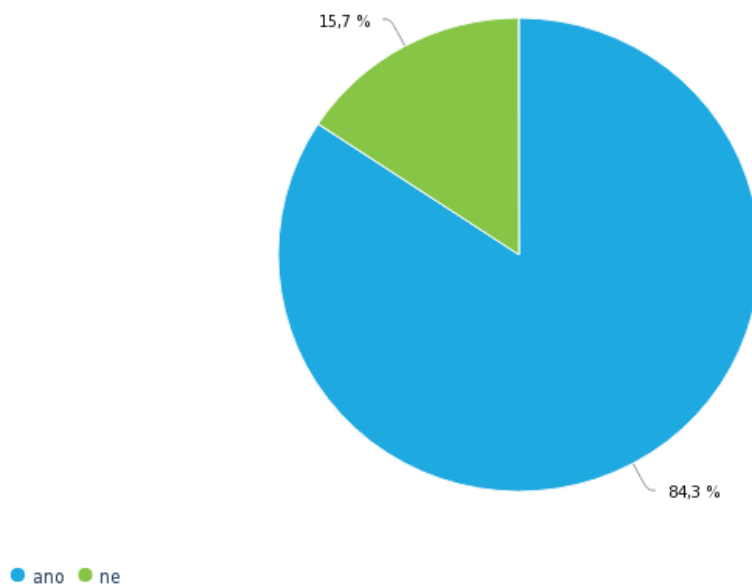


*Obrázek 17 Četnost provedených farmakologických zobrazení, zdroj: vlastní*

Z grafu 17 můžeme vyčíst, že dotazovaní nejčastěji volili odpověď 0-1 vyšetření. Celkově jich bylo 40 (78,4 %). Další možnost, 2-3 vyšetření za rok, zvolilo 9 (17,6 %) korespondentů. Třetí možnost, 5 a více vyšetření za rok, si vybrali pouze 2 (3,9 %) dotazovaní.

#### 4.18 Otázka č. 18

Provedl/a jste vyšetření odhalující patologie očního nervu, očníce a nebo chiasmatu?

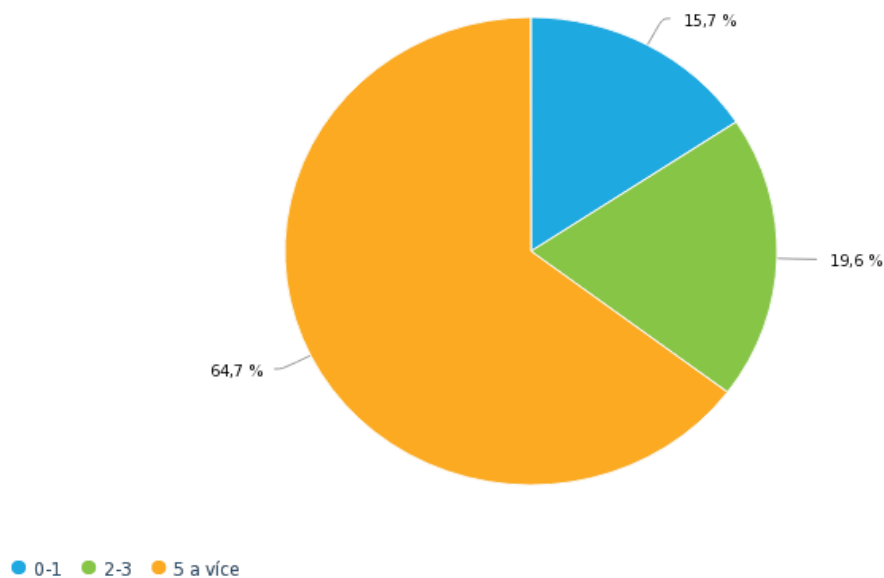


*Obrázek 18 Provedení zobrazení očí, zdroj: vlastní*

Z grafu je jasné, že možnost ano zvolila většina a to 43 (84,3 %) dotazovaných. Odpověď ne zvolilo 8 (15,7 %) dotazovaných.

#### 4.19 Otázka č. 19

Kolik vyšetření očí pomocí MR za rok provedete?

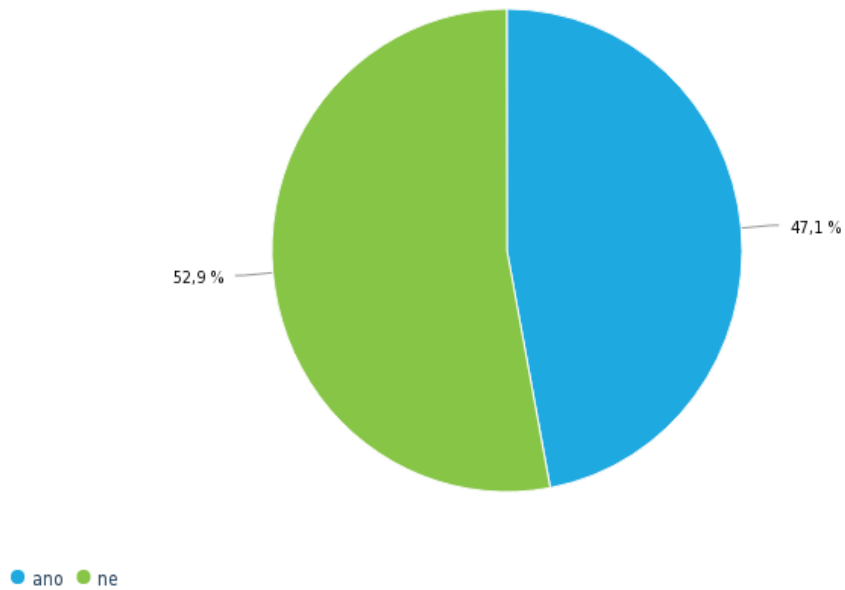


Obrázek 19 Četnost provedených zobrazení očí, zdroj: vlastní

Na otázku č. 19 odpovědělo 33 (64,7 %) dotazovaných, že dané vyšetření provádí 5 a vícekrát za rok. Další možnost 2-3 vyšetření za rok zvolilo 10 dotazovaných. Zbylých 8 odpovědělo, že dané vyšetření provádí 0-1krát za rok.

#### 4.20 Otázka č. 20

Slyšel/a jste někdy o virtuální pitvě pomocí MR?



*Obrázek 20 Informovanost o novém trendu virtuální pitva, zdroj: vlastní*

Z grafu vyplývá, že 27 (52,9 %) dotazovaných, odpovědělo, že o daném trendu neslyšeli. 24 (47,1 %) dotazovaných odpovědělo, že daný trend znají.

## 5 Diskuse

Hlavními cíli mé praktické části bylo zjistit, zda jsou daná vyšetření využívána, jak často se na pracovištích provádí a znalosti radiologických asistentů. Dalšími cíli bylo zjistit odkud radiologičtí asistenti získávají informace o trendech a jestli se o ně zajímají.

Výzkumné šetření probíhalo formou dotazníků, kde byly připravené odpovědi. Celkově bylo položeno 20 otázek. Respondenti byli radiologičtí asistenti, kteří pracují s magnetickou rezonancí napříč krajskými nemocnicemi. Oslovila jsem vrchní radiologické asistenty skrze elektronickou formu a ptala jsem se na otázky související s jejich prací. Dotazník byl rozdělen na otázky různého typu. Výsledky byly zaznamenány do koláčových grafů s procentuálním vyjádřením. Celkem odpovědělo 51 radiologických asistentů.

Otázka č.1 měla za úkol zmapovat, jak dlouho respondenti pracují s MR. Z výsledku první otázky vyplývá, že nejvíce respondentů pracuje s magnetickou rezonancí krátce 1-3 roky a více jak 10 let.

Otázka č. 2 měla za úkol zjistit, jak radiologičtí asistenti přistupují k novým trendům, zda se se o ně zajímají či nikoliv. Celkem 26 odpovědělo, že se o ně zajímají. Dalších 23 uvedlo, že se zajímají jen občas. Dva dotazovaní uvedli, že se o trendy zajímají, překvapilo mě to. Čekala jsem, že si tuto odpověď nezvolí nikdo, jelikož jsem doufala v zájem o nové trendy.

Otázkou číslo 3 jsem chtěla zjistit, odkud nové trendy získávají. Dala jsem na výběr tři možnosti, přičemž si respondenti mohli vybrat více odpovědí. Očekávala jsem nejvíce odpovědí u možnosti z internetu. Také jsem si nějaké trendy vyhledávala tam, je možnost najít i zahraniční trendy, které v České republice zatím nejsou využívány a neví se o nich. Nejvíce respondentů uvedlo, že získává trendy od svých kolegů.

U otázky číslo 4 dotazovaní vypisovali, jaké vyšetření na jejich pracovišti provádějí nejčastěji. Nejvíce dotazovaných (51) uvedlo, že provádí vyšetření mozku. Je to každodenní vyšetření na pracovištích. Další odpovědí bylo vyšetření páteře, tu napsalo 43 dotazovaných. MR vyšetření páteře také zaujala pevné místo v diagnostice. Provádí se zobrazení mozku a funkční zobrazení mozku. Odhaluje patologii mozku, nádorové onemocnění, zánětlivé onemocnění, degenerativní onemocnění, vrozené vady, psychiatrické poruchy, velké bolesti hlavy. atd. Třetí nejčastější odpovědí byly klouby



(28). Magnetická rezonance má velký přínos ve vyšetření muskuloskeletálního systému, pomáhá lokalizovat bolest, otok a krvácení v okolí kosti a kloubu. Dále pomáhá odhalit poranění šlach, vazů, svalů, menisků, infekce kostí, nádorů, artrózy, artritidy, a dokonce i mikrofraktury. Další zastoupení měly vyšetření břicha, prostaty, prsou, jater, srdce

Otázka číslo 5 měla za úkol zjistit znalost MR hydrografie. Dotazovaným jsem položila otázku, co používá MR hydrografie k zobrazení. Na výběr bylo ze tří možností. První, a i správná odpověď byla tekutina, tu si vybralo 50 dotazovaných. Pouze jeden dotazovaný si vybral špatnou odpověď kontrastní látku.

Výsledky u otázky číslo 6 ukazují, že vyšetření provedlo 20 dotazovaných. Zbýlých 31 respondentů uvedlo, že vyšetření neprovedlo. MR hydrografie je méně využívané vyšetření jater, žlučových cest a slinivky. MR hydrografie se využívá u MRCP, MR urografie a MR myelografie. Jedná se o poměrně mladou techniku, slouží jen k diagnostice.

Sedmá otázka měla za úkol zjistit, kolik se provede MR hydrografií za rok. 32 dotazovaných odpovědělo, že provedou za rok 0-1 vyšetření. 7 respondentů uvedlo, že provedou 2-3 vyšetření. Zbytek respondentů (12) odpovědělo, že udělají za rok 5 a více vyšetření. MR hydrografie není zatím moc rozšířená metoda, jelikož slouží jen k diagnostice a má zatím svoje místo v pozadí narození od jiných vyšetření, například od ERCP.

Osmá otázka se týkala zobrazení gynekologických nádorů při uterovaginální brachyterapii. Z výsledků je patrné, že tato metoda není moc rozšířená provedlo ji pouze 11 dotazovaných, zbytek 40 ji nikdy neprovedl. Bohužel na pracovištích magnetické rezonance na toto zobrazení není čas ani prostor. Mohou si to dovolit pouze větší pracoviště, kde je více přístrojů.

Otázka číslo 9 měla za úkol zjistit znalost fúzní biopsie. Byla položena otázka, jaké spojení dvou vyšetření využívá fúzní biopsie prostaty. Na výběr bylo ze tří možností. Správně byla první odpověď spojení magnetické rezonance a ultrazvuku. Tuto odpověď zvolilo celkem 43 dotazovaných. Znalost radiologických asistentů bych hodnotila jako velmi dobrou.

Otázku číslo 10 jsem zaměřila na četnost provedení fúzních biopsií prostaty. 33 dotazovaných provede za rok 0-1 vyšetření prostaty. Možnost 2-3 provedení za rok zvolilo 5 respondentů. Zbytek 13 dotazovaných zvolil odpověď 5 a více. V české

republiky je toto vyšetření stále méně dostupné, protože je zapotřebí kvalitního ultrasonografického přístroje.

Výsledky u otázky 11 ukazují, že biopsie prsu pomocí magnetické rezonance nejsou moc rozšířené. Je to poměrně mladá a specializovaná metoda, která se provádí ve větších nemocnicích. Z důvodu vyšší ceny je toto vyšetření až druhá volba. Je zapotřebí i speciální set. 43 dotazovaných uvedlo, že u biopsie prsu nebylo. Pouze 8 respondentů uvedlo, že u vyšetření bylo.

Jak již bylo řečeno, tak biopsie prsu pomocí MR není moc rozšířená. Proto výsledky u otázky číslo 12 jsou takové: 42 dotazovaných uvedlo, že za rok provedou 0-1 vyšetření biopsie prsu. 5 dotazovaných odpovědělo, že provedou 2-3 vyšetření za rok. A zbylí 4 uvedli, že provedou 5 a více vyšetření. Nejčastějším diagnostickým způsobem k zaměření cíle biopsie je stále ultrazvuk a mamograf.

Další otázka č. 13 byla zaměřená na znalost MR vyšetření. Zajímalo mě, zda radiologičtí asistenti, vědí, že pomocí MR se dají zjistit psychiatrické poruchy. Výsledek mě poněkud překvapil. Předpokládala jsem, že více respondentů zvolí správnou odpověď. Správná odpověď byla ano a tu zvolilo 44, zbylých 7 zvolilo odpověď ne.

Otázka číslo 14 měla za úkol zjistit, jaká vyšetření psychiatrických poruch radiologičtí asistenti už provedli. Na výběr bylo z pěti vyšetření a možnosti žádné. Respondenti mohli vybrat více odpovědí. Nejvíce volili odpověď panické poruchy (23), dále velké deprese (22), stejný počet (20) mají schizofrenie a bipolární porucha a 18 odpovědí má autismus. Možnost žádné zvolilo 9 dotazovaných.

Otázka číslo 15 měla za cíl ukázat, kolik vyšetření psychiatrických poruch za rok provedou.

24 respondentů odpovědělo, že za rok provedou 5 a více vyšetření psychiatrických onemocnění. 11 dotazovaných uvedlo, že udělají 2-3 vyšetření. Zbylých 16 odpovědělo, že provedou 0-1 vyšetření. Magnetická rezonance stále více nalézá uplatnění v neurobiologii.

Šestnáctá otázka byla namířena na znalost farmakologického zobrazování. Na výběr bylo ze tří možností, jen jedna byla správná. Správnou odpověď zvolilo 44 dotazovaných. Zbylých 7 zvolilo špatnou. Toto vyšetření ještě nenašlo své plné uplatnění, přesto ho radiologičtí asistenti znají alespoň teoreticky.

Sedmnáctá otázka se týkala četnosti provedení. 40 dotazovaných uvedlo, že vyšetření provedou 0-1krát za rok. 9 respondentů zvolilo možnost 2-3 vyšetření za rok.

Zbylí dva provedou 5 a více vyšetření za rok.

Otázka číslo 18 byla zaměřená na vyšetření očí. Zda dotazovaný již vyšetření očí provedl anebo ne. 43 respondentů uvedlo, že provedlo. 8 odpovědělo, že neprovedlo.

I otázka číslo 19 byla zaměřená na vyšetření očí. Zajímalo mě, kolik se provede MR zobrazení očí. Nejvíce dotazovaných (33) zvolilo, že provedou 5 a více vyšetření za rok. 10 respondentů odpovědělo, že provedou 2-3 vyšetření za rok. Zbýlých 8 zvolili možnost 0-1 vyšetření za rok. Magnetická rezonance a CT mají v dnešní době velmi důležitou roli v diagnostice zraťového aparátu a očníce a navzájem se doplňují.

Poslední otázka číslo 20 zjišťovala znalost trendu virtuální pitvy. 27 dotazovaných o trendu slyšelo a 24 neslyšelo. Je to trend, který není vůbec rozšířen, byla jen pouze studie u pitvy plodu. U této otázky mi přišla zpětná vazba, že o trendu neslyšela vrchní radiologická asistentka ani přisedící lékař.

Znalost radiologických asistentů bych zhodnotila jako velmi dobrou.

Některé vyšetření jsou méně používané i z důvodu finančního. Bohužel i některá pracoviště mají omezené možnosti a dělají se spíše rutinní vyšetření. Z výzkumu plyne, že nejvíce se provádí vyšetření mozku, páteře a kloubů.

Postupy se za posledních desítek let změnily. Výrobci stále přicházejí s novými vylepšeními přístrojů, a i současných vyšetření. Ve své bakalářské práci jsem se chtěla věnovat i výzkumné otázce, jak se změnily postupy za posledních desítek let. Bohužel jsem k této otázce nesehnala tolik informací, abych se jí mohla více věnovat. Proto jsem teoretickou část doplnila o přehled nových technologií, které byly představeny v roce 2015.

Výrobci se budou stále snažit nahradit jiné diagnostické postupy magnetickou rezonancí, vytvořit sekvence s kvalitnějším záznamem a zkrátit co nejvíce vyšetřovací čas.

## 6 Závěr

Ve své bakalářské práci se zabývám diagnostickou metodou zvanou magnetická rezonance.

Teoretická část popisuje princip, historii, význam, vlastnosti a komponenty, vyšetření pomocí magnetické rezonance, požadavky na vyšetření, oblasti využití jiné než medicínské, vyšetření magnetickou rezonancí, využití v medicínských oborech a popis nových trendů. Magnetická rezonance je dnes již hojně využívanou vyšetřovací, a především zobrazovací metodou, která je používána v oblasti zdravotnictví a medicíny, ale nejen zde, neboť její přínos je i v oblasti chemie, farmakologie aj.

Cílem práce bylo najít nové trendy a popsat je. Zjistit, zda je nový trend využíván a jestli se s ním radiologický asistent už setkal anebo o něm slyšel. Pro naplnění tohoto cíle jsem si vybrala dotazníkové šetření. Dotazníky vyplnilo celkem 51 radiologických asistentů. Bylo zodpovězeno celkem 20 otázek, výsledky jsem dále zanesla do grafů.

Svou práci jsem chtěla koncipovat tak, aby byla zdrojem přínosných informací pro studenty, radiologické asistenty anebo veřejnost, která se zajímá o nové poznatky v diagnostice

## 7 Seznam použitých zdrojů

- 1 BRUS, Jiří, KŘÍŽ, Jaroslav. Minulost a současnost NMR. Spektrometrie a pohled do nitra molekul člověka. In Chem. Listy 101 [online]. Praha: Ústav makromolekulární chemie AV ČR, 2006 [cit. 11.4.2020]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007\\_02\\_122-130.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_02_122-130.pdf)
- 2 DRASTICH, Aleš. Tomografické zobrazovací systémy. 1. vydání. Brno: VUT, Ústav biomedicínského inženýrství, 2004. 207 s. ISBN neuvedeno.
- 3 VÁLEK, Vlastimil, ŽIŠKA, Jan. Moderní diagnostické metody: III.díl Magnetická rezonance. 1. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. 45 s. ISBN 80-7013-225-6.
- 4 MASLIKIEWICZ, Ondřej. Nukleární magnetická rezonance [online]. 2010 [cit: 11.4.2020]. Dostupné z: [http://fsinet.fsid.cvut.cz/stretech/2010/stretech\\_2010\\_sbornik/pdf/1030.pdf](http://fsinet.fsid.cvut.cz/stretech/2010/stretech_2010_sbornik/pdf/1030.pdf)
- 5 CHLÁDKOVÁ, Kateřina. Magnetická rezonance slaví výročí. Lidské životy pomáhá zachraňovat už čtyřicet let. [online]. 2017. [cit:11.4..2020]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/pred-40-lety-magneticka-rezonance-poprve-zobrazila-lidske-te/r~d3c65450600911e7b2b5002590604f2e/>.
- 6 Výzkumná skupina při LF MU v Brně. FMRI Brno. [online]. 2004 [cit. 12.4.2020]. Dostupné z: [http://fmri.mchmi.com/main\\_index.php?strana=12](http://fmri.mchmi.com/main_index.php?strana=12)
- 7 ŘEZANKA, Pavel, TKADLECOVÁ, Marcela, HAVLÍČEK, Jaroslav. Nukleární magnetická rezonance (NMR). [online]. 2010 [cit. 28.2.2020]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/anl/lach2/NMR.pdf>
- 8 Možnosti a využití magnetické rezonance. Zdravotnictví a medicína [online]. 2010. [cit. 12.4.2020]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/moznosti-a-vyuziti-magneticke-rezonance-169278>.
- 9 MORSTEIN, Vojtěch, HRAZDIRA, Ivo, CARUANA, Carmel J. Přednášky z lékařské biofyziky. [online]. 2009 [cit: 15.4.2020]. Dostupné z: [www.med.muni.cz/biofyz/doc/lec-cs/MRI\\_Termografie-fin.ppt](http://www.med.muni.cz/biofyz/doc/lec-cs/MRI_Termografie-fin.ppt)

- 10 Ww.vysetreni.vitalion.cz. Magnetická rezonance (MRI). [online]. 2011 [cit. 28.2.2020]. Dostupné z:<http://vysetreni.vitalion.cz/magneticka-rezonance/>
- 11 Klinika PMT Brno. Magnetická rezonance – o metodě vyšetření MR [online]. 2018. [cit: 28.2.2020]. Dostupné z: <http://www.pmtbrno.cz>.
- 12 VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého, 2012. 153 s. ISBN 978-80-244-3126-0.
- 13 HASSIBI, Arjang, BABAKHANI, Aydin, HAJIMIRI, Ali. A Spectral-Scanning Nuclear Magnetic Resonance Imaging (MRI) Transceiver. Ieee Journal of solid-state circuits. 2009, 44(6), s. 1805-1813. ISSN 1558-173X.
- 14 MUNI Masarykova univerzita [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.muni.cz/vyzkum/publikace/960890>
- 15 Medical Tribune: Tribuna lékařů a zdravotníků [online]. Praha: Medical Tribune CZ, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/clanek/27966>
- 16 PAUČEK, Boris a David SMÉKAL. Vyšetření ramenního kloubu magnetickou rezonancí: s podrobným popisem nálezů u omezení pohybů a u bolestivých stavů ramene. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018. ISBN 978-80-244-5240-1, str. 16
- 17 Slides Live: Profesionální natáčení konferencí [online]. Slides Live, 2018 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://slideslive.com/38907471/magneticka-rezonance-fyzikalni-principy-technicka-realizace-a-vyuziti-v-medicine>
- 18 Střevní záněty [online]. Meditorial, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.strevni-zanety.cz/blog/nejlepsi-volba-pro-vysetreni-crohna-magneticka-rezonance-922>
- 19 Zdravotnictví a medicína [online]. Praha: Mladá fronta, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/soucasne-moznosti-vyuziti-magneticke-rezonance-v-urogynekologii-157905>
- 20 Sedláková, Jana, 2013. Celotělová magnetická rezonance a její klinické využití. Brno. Disertační práce. Masarykova univerzita, [cit. 2020-05-03]
- 21 Vesmír [online]. Vesmír, spol., 2003 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2003/cislo-6/struktura-biopolymeru.html>

- 22 Aldebaran [online]. Praha: Aldebaran, 2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: [https://www.aldebaran.cz/bulletin/2004\\_46\\_nmr.php](https://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_46_nmr.php)
- 23 21.století [online]. RF-Hobby 2011 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://21stoleti.cz/2011/06/03/novy-fyzikalni-princip-magneticke-rezonance/>
- 24 RUMMENEY, Ernst J, Peter REIMER a Walter HEINDEL. Ganzkörper MR-Tomographie. 2. vydání. Herausgeber, 2006. 686 s. ISBN 9783131250124.
- 25 Science direct. New Trends in Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging as a Tool in Differentiation of Serous Cystadenoma and Mucinous Cystic Tumor 2011 [cit. 08.06.2020]. [Online] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1424390311800578>
- 26 Journal of Hepatology, Multiparametric magnetic resonance for the non-invasive diagnosis of liver disease.,2013 [Online] [cit. 08.06.2020]. <https://www.journal-of-hepatology.eu/action/showPdf?pii=S0168-8278%2813%2900650-8>
- 27 Costello L.C., Franklin R.B., Narayan P. Citrate in the diagnosis of prostate cancer. The Prostate. 1999, 38(3), 237-245.
- 28 Pro lékaře.cz, Nová technika nahradí biopsii prsu? 2019 [Online] [cit.08.06.2020] Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/clanky-pro-pacienty/nova-technika-nahradi-biopsii-prsu-111122>
- 29 MAGNETICKÁ REZONANCE: REKONSTRUKCE, INTERVENCE Využití v jednotlivých oblastech medicíny, Keřkovský, M., LF MU, Brno, 2018 [Online] [cit.08.06.2020], Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/ARADc/um/MR\\_rekonstrukce\\_web.pdf](https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/ARADc/um/MR_rekonstrukce_web.pdf)
- 30 Ústav přístrojové techniky: Akademie věd České republiky 2019 [online]. Brno: Ústav přístrojové techniky [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.isibrno.cz/cs/magneticka-rezonance>
- 31 M. Vaněčková, Z. Seidl, Virtuální pitva pomocí magnetické rezonance – kazuistika, Vyšlo v časopise: Cesk Slov Neurol N 2009; 72/105(1): 73-76
- 32 Matějková, Frydrych, Všetická, 2011 Role magnetické rezonanční spektroskopie v algoritmu vyšetření rebiopsie prostaty [online] [cit. 2020-05-03] Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/uro/2012/02/08.pdf>
- 33 Horák M., Bárta J., Andryšková H., Kostrhunová K. et al., Ces Radiol 2009, 2009. BIOPSIE PRSŮ SE ZAMĚŘENÍM CÍLE NA MAGNETICKÉ REZONANCI – PRVNÍ ZKUŠENOSTI, [online] [cit. 2020-05-03]

- Dostupné z:[http://www.cesradiol.cz/dwnld/Ces\\_Rad\\_0901\\_56\\_60.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/Ces_Rad_0901_56_60.pdf)
- 34 Hájek T, Horáček J, Kopeček M, Libiger J, Španiel F. Zobrazovací a funkčně zobrazovací metody v psychiatrii. In: Höschl C, Libiger J, Švestka J. (ed.) Psychiatrie. Praha: Tigris 2004, 267–294
- 35 Dougherty DD, Rauch SL. Psychiatric Neuroimaging Research: Contemporary Strategie. Washington DC: American Psychiatric Publishing 2001, 417, [online] [cit. 2020-05-03]
- Dostupné z:  
[https://books.google.cz/books?id=oQN3zaUS\\_nEC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=oQN3zaUS_nEC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false)
- 36 Kim, SG; Lee, SP; Goodyear, B.; Silva, AC (2000), Moonen, CTW; Bandettini, PA, ed., Lékařská radiologie: Diagnostické zobrazování, Funkční MRI: Prostorové rozlišení BOLD a dalších technik fMRI, Lékařská radiologie, Berlín: Springer, str. 195–203
- 37 MAGNETICKÁ REZONANCE SÍLY 1,5T – MOŽNOSTI ZOBRAZENÍ OPTICKÉHO NERVU, Hanzlíková, Chmelová, Vyšlo v časopise: Čes. a slov. Oftal., 73, 2017, No. 1, p. 34-39
- 38 Jaroslav Tintěra, Klinické systémy magnetické rezonance: vývoj za posledních 30 let a nové trendy, 2017 [online] [cit. 2020-05-03]
- Dostupné z: [http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad\\_1704\\_243\\_259.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1704_243_259.pdf)
- 39 Tupý Radek, Funkční magnetická rezonance ve vztahu k řečovým zonám, Zdroj: Listy klinické logopedie, 2018, Plzeň [online] [cit. 2020-07-03]
- Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/listy-klinicke-logopedie/2018-2-30/funkcni-magneticka-rezonance-ve-vztahu-k-recovym-zonam-109464>
- 40 Pro lékaře, Moderní techniky a markery MRI zobrazení u roztroušené sklerózy aneb jak zvýšit specifickou a senzitivitu vyšetření, 2020, [online] [cit. 2020-07-25]
- Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/tema/rs/detail/moderni-techniky-a-markery-mri-zobrazeni-u-roztrousene-sklerozy-aneb-jak-zvysit-specifickou-a-senzitivitu-vysetreni-122468>
- 41 Ferda J, Kastner J, Ferdová E, Mírka H, Baxa J, Hora M, Hes O, Fínek J, Kreuzberg B., Zobrazení solidních nádorů ledvin, Plzeň, Ces Radiol 2012; 66(3): 271–281, [online] [cit. 2020-07-03]
- Dostupné z:[http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad\\_1203\\_271\\_281.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1203_271_281.pdf)



- 42 Nemocnice Na Homolce, Indikace a kontraindikace MR vyšetření, 2017, [online] [cit.2021-1-2], Dostupné z: <https://www.homolka.cz/nase-oddeleni/11635-diagnosticky-program/11635-radiodiagnosticke-oddeleni-rdg/11780-nase-sluzby/11782-magneticka-rezonance/indikace-a-kontraindikace-mr-vysetreni>
- 43 Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Informace k MR pro pacienty, pacienty,2019, [online] [cit. 2021-1-2], Dostupné: <https://www.vfn.cz/pacienti/kliniky-ustavy/radiodiagnosticka-klinika/omr-informace-pro-pacienty/>
- 44 Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Informace k MR pro lékaře, 2019, [online][cit.2021-1-2], Dostupné z: <https://www.vfn.cz/pacienti/kliniky-ustavy/radiodiagnosticka-klinika/informace-k-mr-pro-lekare/>
- 45 Filip Brož, Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, 2017, [online] [cit. 2021-2-2], Dostupné z:<https://www.urologicka-klinika.cz/store/tz-diagnostika-rakoviny-prostaty-1-11-2017.pdf>
- 46 Science direct, Imaging and Staging of Cervical Cancer, Seminars in Ultrasound, CT and MRI, Volume 40, Issue 4,2019, Pages 280-286, ISSN 0887-2171, <https://doi.org/10.1053/j.sult.2019.03.001.>,  
Dostupné z:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0887217119300101>
- 47 American Journal of Roentgenology, MRI of Rectal Cancer: An Overview and Update on Recent Advances, Kartik S. Jhaveri<sup>1</sup> and Hooman Hosseini-Nik, 2015; 205: W42-W55. 10.2214 / AJR.14.14201, [online] [cit. 2021-2-2] Dostupné z: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.14.14201>
- 48 RSNA, RSNA Technology Report 2015: Magnetic Resonance Imaging, [online] [cit. 2021-2-4], Dostupné z: <https://www.itnonline.com/article/rsna-technology-report-2015-magnetic-resonance-imaging>

## 8 Seznam příloh

### *Příloha 1*

#### Dotazník

Dobrý den,

jmenuji se Tereza Jíralová a jsem studentkou oboru Radiologický asistent na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích.

Dovoluji si Vás touto cestou požádat o vyplnění krátkého dotazníku, který je anonymní a poslouží jako zdroj údajů pro mou bakalářskou práci. Ve své práci se budu věnovat tématu Magnetická rezonance – nové trendy. Předem Vám děkuji za Vaši ochotu a čas strávený vyplňováním dotazníku.

- 1 Jak dlouho pracujete s magnetickou rezonancí? odpovědi- 1-3 roky, 5-10 let, více jak 10 let
- 2 Zajímáte se o nové trendy spojené s MR? odpovědi – ano, ne, občas
- 3 Odkud nové trendy nejčastěji získáváte? odpovědi – od kolegů, z internetu, z odborných článků a literatury
- 4 Jaká vyšetření jsou na Vašem pracovišti nejčastější? - otevřená otázka
- 5 MR hydrografie využívá k zobrazení? - odpovědi – tekutinu, plyn, kontrastní látku
- 6 Provedl/a jste MR hydrografii? odpovědi – ano ne
- 7 Kolik MR hydrografii provedete za rok? - odpovědi- 0-1, 2-3, 5 a více
- 8 Provedl/a jste někdy MR zobrazení gynekologických nádorů při uterovaginální brachyterapii? odpovědi – ano, ne

- 9 Fúzní biopsie prostaty využívá spojení...? odpovědi – magnetické rezonance a ultrazvuku, magnetické rezonance a ct, magnetické rezonance a nukleární medicíny
- 10 Kolik fúzních biopsií prostaty provedete za rok? odpovědi- 0-1,2-3,5 a více
- 11 Byl/a jste u biopsie prsu pomocí MR? odpovědi – ano, ne
- 12 Kolik biopsií prsu pomocí MR za rok provedete? odpovědi- 0-1, 2-3,5 a více
- 13 Mohou se pomocí MR zjistit psychiatrické poruchy? odpovědi – ano, ne
- 14 Jaké vyšetření psychiatrických poruch jste provedl/a? odpovědi – autismus, bipolární porucha, schizofrenie, velké deprese, panické poruchy, žádné
- 15 Kolik vyšetření psychiatrických onemocnění za rok provedete? odpovědi- 0-1, 2-3, 5 a více
- 16 Co nám umožňuje farmakologické zobrazování magnetickou rezonancí? odpovědi – zkoumá rozvod léčiv po těle, sleduje aktivitu v živém mozku a zkoumá mozkové procesy při podání léčiv, zkoumá změny tkání a vedlejší účinky v těle pacienta
- 17 Kolik farmakologických zobrazení pomocí MR za rok provedete? odpovědi- 0-1, 2-3, 5 a více
- 18 Provedl/a jste vyšetření odhalující patologii očního nervu, očnice anebo chiasmatu? odpovědi – ano, ne
- 19 Kolik vyšetření očí pomocí MR za rok provedete? 0-1, 2-3, 5 a více
- 20 Slyšel/a jste někdy o virtuální pitvě pomocí MR? odpovědi – ano, ne

## 9 Seznam obrázků

1.	Obrázek 1 Práce s magnetickou rezonancí, zdroj: vlastní.....	44
2.	Obrázek 2 Zájem o nové trendy, zdroj: vlastní.....	45
3.	Obrázek 3 Odkud RA získávají nové trendy, zdroj: vlastní.....	46
4.	Obrázek 4 Přehled prováděných vyšetření, zdroj: vlastní.....	47
5.	Obrázek 5 Znalost MR hydrografie, zdroj: vlastní.....	48
6.	Obrázek 6 Provedení MR hydrografie, zdroj: vlastní.....	49
7.	Obrázek 7 Četnost provedených MR hydrografií, zdroj: vlastní.....	50
8.	Obrázek 8 Provedení zobrazení gynekologických nádorů, zdroj: vlastní.....	51
9.	Obrázek 9 Znalost fúzní biopsie prostaty, zdroj: vlastní.....	52
10.	Obrázek 10 Četnost provedených biopsií prostaty, zdroj: vlastní.....	53
11.	Obrázek 11 Přítomnost u biopsie prsu, zdroj: vlastní.....	54
12.	Obrázek 12 Četnost provedených biopsií prsu, zdroj: vlastní.....	55
13.	Obrázek 13 Znalost možnosti MR, zdroj: vlastní.....	56
14.	Obrázek 14 Přehled provedených vyšetření psychiatrických poruch, zdroj: vlastní.....	57
15.	Obrázek 15 Četnost provedených vyšetření psychiatrických poruch, zdroj: vlastní.....	58
16.	Obrázek 16 Znalost farmakologického zobrazení, zdroj: vlastní.....	59
17.	Obrázek 17 Četnost provedených farmakologických zobrazení, zdroj: vlastní ....	60
18.	Obrázek 18 Provedení zobrazení očí, zdroj: vlastní.....	61
19.	Obrázek 19 Četnost provedených zobrazení očí, zdroj: vlastní.....	62
20.	Obrázek 20 Informovanost o novém trendu virtuální pitva, zdroj: vlastní.....	63

## 10 Seznam použitých zkratek

MR	Magnetická rezonance
RTG	Rentgen
UZ	Ultrazvuk
PCA	Angiografie fázového kontrastu
MRU	Magnetická rezonance urografie
MRAG	Magnetická rezonance angiografie
MRA	Magnetická rezonance angiografie
CT	Computed tomography (Výpočetní tomografie)
MRI	Zobrazování magnetickou rezonancí
IMRT	Intensity modulated radiotherapy (Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku)
MRSI	Magnetické rezonanční spektroskopické zobrazování
DWI	Difuzně vážené zobrazování
SNR	Poměr signálu a šumu
BOLD	Zobrazování úrovně oxygenace krve
PACS	Picture Archiving and Communication System
ORL	Otorhinolaryngologie