

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2025

Terezie Štěpánková

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Informovanost lidí o magnetické rezonanci a zobrazování mozku na magnetické  
rezonanci  
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Terezie Štěpánková**  
Osobní číslo: **Z22094**  
Studijní program: **B0914P360014 Radiologická asistence**  
Téma práce: **Informovanost lidí o magnetické rezonanci a zobrazování mozku na magnetické rezonanci**  
Téma práce anglicky: **People's awareness of magnetic resonance and magnetic resonance imaging of the brain**  
Zadávací katedra: **Katedra klinických oborů**

## Zásady pro vypracování

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

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK, 2022. *Základy lékařské fyziky*. Páté vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. 349 s. ISBN 978-80-246-5398-3.

FIALA, Pavel a Jiří VALENTA, 2020. *Přehled anatomie centrálního nervového systému*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. 146 s. ISBN 978-80-246-4477-6.

MALÍKOVÁ, Hana, 2022. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Druhé, aktualizované vydání. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. 118 s. ISBN 978-80-246-5190-3.

MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA, 2014. *Protokoly MR zobrazování*. Praha: Galén. 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4.

VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK, 2023. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Třetí, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 164 s. ISBN 978-80-244-6204-2.

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. Bořivoj Korbel**  
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2023**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **23. dubna 2025**

**doc. RNDr. ThLic. Karel Sládek, Ph.D., MBA v.r.**  
děkan

L.S.

**Mgr. Zuzana Červenková, Ph.D. v.r.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 4. března 2025

## PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

Práci s názvem „Informovanost lidí o magnetické rezonanci a zobrazování mozku na magnetické rezonanci“ jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16. 04. 2025

Terezie Štěpánková v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych tímto poděkovat svému vedoucímu práce, MUDr. Bořivoji Korbelovi, za odborné vedení mé bakalářské práce, a své rodině a přátelům za jejich podporu během studia na vysoké škole.

## **ANOTACE**

Tato práce je teoreticko-praktická a zabývá se informovaností lidí o magnetické rezonanci a vyšetřením mozku na ní. V teoretické části se zabývá základní anatomií mozku, magnetickou rezonancí a vyšetření mozku na ní. Součástí praktické části je dotazníkové šetření, které se zabývá tím, jak dobře jsou informováni lidé, kteří jdou na magnetickou rezonanci mozku.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Magnetická rezonance, zobrazování mozku, informovanost lidí, kontraindikace

## **TITLE**

People's awareness of magnetic resonance and magnetic resonance imaging of the brain.

## **ANNOTATION**

This thesis combines theoretical and practical approaches, examining public awareness of magnetic resonance imaging (MRI) and its application in brain examination. The theoretical section covers fundamental brain anatomy, principles of magnetic resonance imaging, and brain MRI procedures. The practical component consists of a questionnaire survey assessing the level of awareness among patients scheduled for brain MRI examinations.

## **KEYWORDS**

Magnetic resonance, brain imaging, awareness of people, contraindication

# OBSAH

Úvod.....	13
1 Cíle a metody práce .....	14
1.1 Cíl práce.....	14
1.2 Metody k dosažení cíle .....	14
Teoretická část .....	15
2 Anatomie Mozku .....	15
2.1 Neurony .....	15
2.2 Mozkové obaly .....	15
2.3 Mozkový kmen .....	15
2.4 Mozeček.....	16
2.5 Diencephalon .....	16
2.6 Telencephalon.....	16
2.7 Hypophysis .....	16
3 Magnetická rezonance (MR) .....	17
3.1 Přístrojové vybavení .....	17
3.1.1 Stacionární magnet .....	17
3.1.2 Cívky.....	17
3.1.3 Vyšetřovací stůl .....	19
3.1.4 Stínění MR vyšetřovny .....	19
3.2 Princip magnetické rezonance .....	19
3.3 Sekvence .....	21
3.3.1 T1 vážený obraz.....	22
3.3.2 T2 vážený obraz.....	22
3.3.3 Proton denzitní obraz .....	22
3.3.4 Spin-echo sekvence.....	23
3.3.5 Gradientní echo.....	24

3.3.6	Inverzion recovery .....	24
3.4	Tvorba MR obrazu.....	24
3.4.1	K-prostor .....	25
3.5	Artefakty MR obrazu .....	26
3.6	Kontrastní látky pro MR .....	27
3.7	Kontraindikace.....	28
3.7.1	Absolutní kontraindikace .....	28
3.7.2	Relativní kontraindikace .....	29
4	Magnetická rezonance mozku .....	30
4.1	Příprava před vyšetřením .....	30
4.2	Vyšetření mozku na MR .....	30
	Praktická část .....	32
5	Metodika praktické části .....	32
6	Analýza dat .....	33
7	Diskuze .....	50
7.1	První výzkumná otázka.....	50
7.2	Druhá výzkumná otázka .....	51
7.3	Třetí výzkumná otázka.....	52
7.4	Porovnání s podobnými výzkumy .....	53
8	Závěr .....	55
9	Použitá literatura .....	57
10	Přílohy.....	59

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Schéma MR (Rosina et al., 2022) .....	18
Obrázek 2: Kolenní cívka (Nekula a Chmelová, 2007).....	19
Obrázek 3: Tabulka základné charakteristika vybraných izotopů (Beneš et al., 2022).....	20
Obrázek 4: Základní typy vážení MR, T1, T2 vážený obraz mozku, za sebou z leva do prava (Malíková, 2022) .....	23
Obrázek 5: A) Spin-echo sekvence B) sekvence gradientního echa (Beneš et al., 2022) .....	23
Obrázek 6: Graf věku.....	33
Obrázek 7: Graf pohlaví .....	34
Obrázek 8: Graf nejvyššího dosaženého vzdělání .....	35
Obrázek 9: Graf čtvrté otázky.....	36
Obrázek 10: Graf páté otázky .....	37
Obrázek 11: Graf šesté otázky .....	38
Obrázek 12: Graf otázky sedm .....	39
Obrázek 13: Graf otázky osm .....	40
Obrázek 14: Graf otázky devět .....	41
Obrázek 15: Graf otázky deset.....	42
Obrázek 16: Graf otázky jedenáct .....	43
Obrázek 17: Graf otázky dvanáct .....	44
Obrázek 18: Graf otázky třináct.....	45
Obrázek 19: Graf otázky čtrnáct.....	46
Obrázek 20: Graf otázky patnáct .....	47
Obrázek 21: Graf otázky šestnáct .....	48
Obrázek 22: Graf otázky sedmnáct.....	49

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

2D	Dvourozměrné
3D	Trojrozměrné
ADC	Aparentní koeficient difuze v biologické tkáni
Ag	Stříbro
B0	Statické magnetické pole
B1	Excitační magnetické pole
CNS	Centrální nervový systém
CT	Výpočetní tomografie
Cu	Měď
DWI	Zobrazení molekulární difuze
EKG	Elektrokardiogram
EPI	Sekvence s ultra-rychlou akvizicí dat
FLAIR	Fluid attenuated inversion recovery
FOV	Field of view
GE	Gradientní echo
GRE	Sekvence gradientního echa
M	Podélná magnetizace
MR	Magnetická rezonance
MRI	Magnetic resonance imaging
NSF	Nefrogenní systémová fibróza
PD	Proton denzitní
S/Š	Signál/šum
SE	Spin-echo sekvence

SI	Intenzita signálu
STIR	Short tau inversion recovery
T	Tesla
T1 v. o.	T1 vážený obraz
T2 v. o.	T2 vážený obraz
TE	Time to echo
TEP	Totální endoprotéza kyčle
TR	Time to repeat
TSE	Sekvence rychlého spinového echa

## **TERMINOLOGIE**

Difuze: je náhodný pohyb molekul vody v tkáních (Vomáčka et al., 2023).

Informovanost: je míra obeznámení s určitým jevem na základě získaných informací.

Kardiostimulátor: je elektronické zařízení implantované do těla pacienta, které pomáhá regulovat srdeční rytmus pomocí elektrických impulsů v případě, že vlastní elektrický systém srdce nefunguje správně (Vokurka a Hugo, 2004).

Klaustrofobie: strach z uzavřených prostor (Vokurka a Hugo, 2004).

Kontraindikace: je okolnost nebo stav, který vylučuje použití určitého léčebného postupu, protože by pacientovi mohl uškodit (Vokurka a Hugo, 2004).

Respondenti: jsou osoby, které se dobrovolně zúčastnily dotazníkového šetření.

## ÚVOD

Magnetická rezonance (MR) představuje v současné medicíně jednu z nejpokročilejších neinvazivních zobrazovacích metod, která umožňuje velmi detailní a přesné zobrazení měkkých tkání. Díky svým unikátním vlastnostem nachází MR široké uplatnění především v neurologické diagnostice, kde dokáže s mimořádnou přesností zobrazit struktury mozkové tkáně. Magnetická rezonance je klíčovou metodou v diagnostice řady závažných onemocnění mozku, jako jsou nádorová onemocnění, cévní mozkové příhody, roztroušená skleróza, epilepsie nebo degenerativní nervová onemocnění (Vomáčka et al., 2023). Její výhodou je schopnost zobrazit anatomické struktury mozku v různých rovinách a poskytnout komplexní obraz bez použití ionizujícího záření. (Rosina et al., 2022)

V posledních letech dochází k výraznému rozvoji magnetické rezonance, a to jak z hlediska technologického pokroku, tak i dostupnosti přístrojů. Narůstá počet pracovišť s magnetickou rezonancí a současně se zvyšuje počet prováděných vyšetření, což činí toto téma velmi aktuálním a vhodným pro výzkum.

Navzdory technologickému pokroku a nesporným diagnostickým přínosům přetrvává mezi pacienty řada obav a nejasností spojených s vyšetřením magnetickou rezonancí. Nedostatek relevantních informací může významně ovlivnit průběh vyšetření, spolupráci pacienta a v konečném důsledku i kvalitu výsledného obrazu. Je nezbytné, aby zdravotnický personál dokázal pracovat s obavami pacientů a vysvětlit průběh vyšetření srozumitelným způsobem. Znalost potenciálních kontraindikací a schopnost personálu je srozumitelně komunikovat patří k základním předpokladům bezpečného vyšetření.

# **1 CÍLE A METODY PRÁCE**

## **1.1 Cíl práce**

Cíle práce máme teoretické a praktické. Teoretický cíl práce je popsat magnetickou rezonanci a vyšetření mozku na ní. Dílčími teoretickými cíli je popsat základní anatomii mozku, přístrojové vybavení magnetické rezonance, princip magnetické rezonance, základní sekvence, tvorbu obrazu, artefakty obrazu, kontraindikace, kontrastní látky a vyšetření mozku na magnetické rezonanci. Praktickým cílem práce je zodpovědět na výzkumné otázky, které máme tři: 1. Jaká je informovanost lidí o magnetické rezonanci? 2. Jaká je informovanost lidí o kontraindikacích? 3. Čeho se respondenti bojí na vyšetření magnetickou rezonancí?

## **1.2 Metody k dosažení cíle**

V teoretické části bylo dosaženo cílů práce literární rešerší aktuálních informací v odborných textech, převážně knihách nebo učebnicích českých autorů. Praktických cílů práce bylo dosaženo za pomoci dotazníkového šetření, které je podrobněji popsáno v metodice a zpracování těchto údajů.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2 ANATOMIE MOZKU

Mozek je tvořen miliardami nervových buněk, které jsou spojeny synapsemi a podpůrnými buňkami (Fiala a Valenta, 2020). Mozek je rozdělen na pět hlavních částí - myelencephalon (prodloužená mícha), metencephalon (mozeček a most Varolův), mesencephalon (střední mozek, krajní úsek mozkového kmenu), diencephalon (epithalamus, methalamus, thalamus), telencephalon (koncový mozek) (Havlíček et al., 2019). Mozek spolu s míchou tvoří centrální nervový systém (Druga et al., 2011).

### 2.1 Neurony

Neuron, nebo taky nervová buňka je tvořen tělem, dendrity a axonem. Tělo neuronu je základní část každého neuronu a může mít různé tvary. Tělo obsahuje jádro, endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, ribozomy a další buněčné organely. Dendrity jsou dostředivé výběžky z těla neuronu, které přivádějí informaci do těla neuronu a nejsou obaleny v myelinové pochvě. Axon je výběžek, který vede informaci pryč z nervové buňky. Pokud je axon tlustší než 0,2 mikrometru, tak je obalen myelinovou pochvou. Myelinová pochva je lipoprotein vytvářený v CNS (centrální nervový systém) buňkami oligodendroglie, slouží jako izolace, jsou v ní zářezy, které se nazývají Ranvierovy uzlíky. (Fiala a Valenta, 2020)

### 2.2 Mozkové obaly

Patří sem tvrdá plena mozková, mozková pavoučnice a měkká plena mozková. Tvrdá plena je pevná, fibrózní membrána, má dva listy zevní periostální a vnitřní meningeální. Tvrdá plena srůstá s periostem. Pavoučnice je tenká, průsvitná, avaskulární blána, je v těsném kontaktu s tvrdou plenou, ale nesrůstá s ní, což tvoří prostor, který se nazývá subdurální. Mezi pavoučnicí a měkkou plenou se nachází subarachnoidální prostor, který je vyplněný mozkomíšním mokem, přitékajícím otvory z čtvrté mozkové komory. Měkká plena mozková je velmi jemná, vaskularizovaná membrána naléhající na povrch mozku a kopírujících ho do vkleslin, štěrbin a rýh. Obsahuje povrchové mozkové tepny. (Fiala a Valenta, 2020)

### 2.3 Mozkový kmen

Mozkový kmen je navázaný na míchu a obsahuje centra řídící vitální funkce (Naňka a Elišková, 2009). Mozkový kmen se skládá z prodloužené míchy, Varolova mostu a středního mozku. Prodloužená mícha navazuje na míchu a přechází v most Varolův, měří asi 20-25 mm a vystupuje z ní čtvrtý, pátý, šestý a sedmý hlavový nerv (Fiala et al., 2015). Je v ní centrum

dýchání, kardiovaskulární centrum a podílí se na řízení trávicí a vylučovací soustavy (Novotný a Hruška, 2015). Varolův most navazuje na prodlouženou míchu a mesencephalon (střední mozek), nachází se v něm jádra pátého, šestého a sedmého hlavového nervu (Naňka a Elišková, 2009). Stejně jako v prodloužené míše se v mostu nachází centra pro řízení dýchání (Novotný a Hruška, 2015). Střední mozek je poslední, třetí, částí mozku kmene, navazuje na Varolův most a spojuje se s diencephalem a telencephalem (koncový mozek). Nachází se v něm především kanál spojující třetí a čtvrtou mozkovou komoru (aqueductus mesencephali). (Naňka a Elišková, 2009)

## **2.4 Mozeček**

Mozeček se nachází v zadní jámě lebeční a nasedá na mozkový kmen. Jeho hmotnost se pohybuje přibližně okolo 130-140 gramů, což tvoří asi deset a půl procenta celkové hmotnosti mozku. Funkce mozečku je především udržování rovnováhy, svalového tonu a taky koordinace pohybu. (Fiala a Valenta, 2020)

## **2.5 Diencephalon**

Diencephalon neboli mezimozek se skládá z epithalamu, methalamu, thalamu, subthalamu a hypothalamu. Společně s telencephalonem (koncovým mozem), který ho z velké části obklopuje, tvoří mozek (cerebrum). Diencephalon dělí na dvě poloviny třetí mozková komora, která je jeho součástí. (Fiala a Valenta, 2020)

## **2.6 Telencephalon**

Koncový mozek je největší částí CNS, tvoří ho dvě hemisféry, které jsou odděleny hlubokou štěrbinou (fisura longitudinalis) a propojeny kalózním tělesem (corpus callosum). Každá hemisféra je rozdělena na čtyři laloky, čelní lalok, temenní lalok, týlní lalok a spánkový lalok. (Fiala a Valenta, 2020)

## **2.7 Hypophysis**

Hypophysis neboli podvěsek mozkový je žláza s vnitřní sekrecí, váží asi půl gramu a je uložena v tureckém sedle. Dělí se na adenohipophysis (přední část) a neurohipophysis (zadní část). Podvěsek mozkový produkuje širokou škálu hormonů, jako například somatotropin (růst těla), thyreotropin (řídící funkci štítné žlázy), kortikotropin (stimulující kůru nadledvin), folitropin (folikuly stimulující) a prolaktin (stimuluje zvětšování mléčné žlázy v těhotenství a tvorbu mléka). (Fiala a Valenta, 2020)

## **3 MAGNETICKÁ REZONANCE (MR)**

Magnetická rezonance je neinvazivní zobrazovací metoda, která na rozdíl od CT (výpočetní tomografie) nevyužívá ionizující záření (Rosina et al., 2022). Využívá silného magnetického pole nejčastěji 1,5 T (Tesla) nebo 3 T a radiofrekvenčních pulzů (Vomáčka et al., 2023). Její největší předností je dobré zobrazení měkkých tkání, jako například mozku a míchy bez použití ionizujícího záření (Rosina et al., 2022).

### **3.1 Přístrojové vybavení**

Základní hardwarové vybavení MR vyšetřovny je homogenní stacionární magnet, gradientní cívky, vysokofrekvenční vysílač, přijímací cívky, vyšetřovací stůl, stínění a různé doplňky jako například monitor dechu nebo EKG (elektrokardiogram). (Vomáčka et al., 2023)

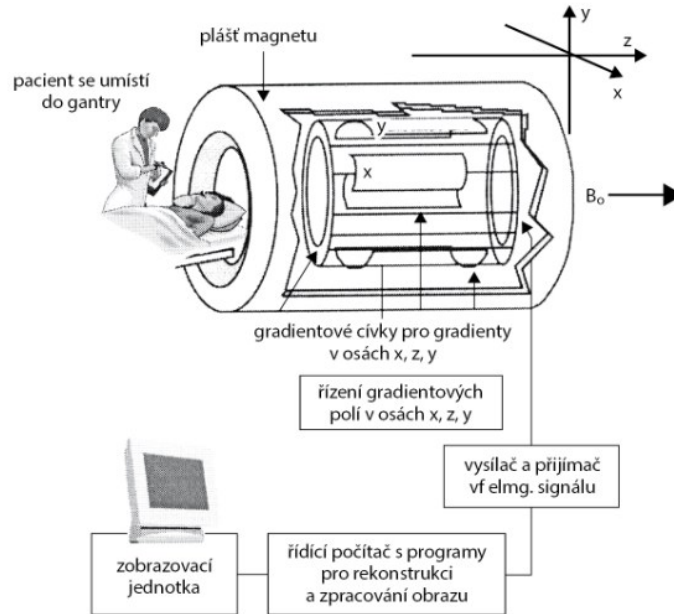
#### **3.1.1 Stacionární magnet**

Existuje několik typů magnetů. Například rezistivní je elektromagnet, magnetické pole se vytváří elektrickým proudem o vysoké intenzitě, chlazení pomocí vody. Druhým typem je permanentní magnet, je tvořen z feromagnetických slitin, váží i několik tun a chladí se vzduchem. Třetí a nejvíce používaný je supravodivý magnet. Jediný z těchto tří typů je schopný vytvořit magnetické pole o síle několik Tesla. Funguje na principu supravodivosti, vede proud s minimálním odporem, magnet je ponořen do tekutého helia o teplotě asi  $-270^{\circ}\text{C}$ . Helium cirkuluje, po odpaření se znovu zkapalní. Čerpadla pracují permanentně, tekuté helium se vyměňuje asi jednou za rok a je poměrně drahé. Magnetické pole je v místnosti stále, jediný způsob, jak ho vypnout je vypustit tekuté helium. (Vomáčka et al., 2023)

#### **3.1.2 Cívky**

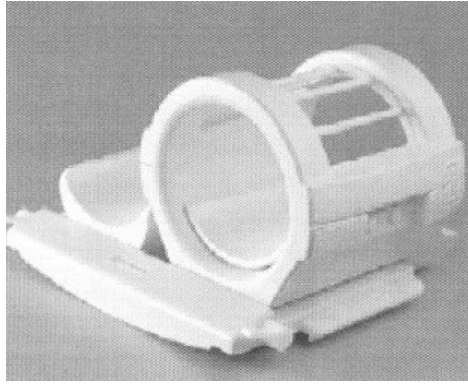
Gradientní cívky jsou umístěny v prostoru stacionárního magnetu, jsou tři a každá má svůj proudový zdroj. Slouží k výběru vyšetřované vrstvy a tloušťky vrstvy, pomáhají při rychlých sekvencích. Jejich rychlé vypínání a zapínání je zdrojem hluku při vyšetření. (Vomáčka et al., 2023)

Permanentně zabudované cívky jsou zabudované v gantry přístroje, patří k nim například celotělová cívka, která je daleko od povrchu těla a má velký šum a vyrovnávací cívka, která vyrovnává nehomogenity magnetického pole. (Nekula a Chmelová, 2007; Vomáčka et al., 2023)



**Obrázek 1: Schéma MR (Rosina et al., 2022)**

Povrchové cívky se přikládají k povrchu těla slouží jako přijímací. Kromě jejich dobré vodivosti je důležitá také jejich geometrie. Závity musí co nejlépe přiléhat povrchu těla, aby cívka zachytila i slabší signály z hloubky objektu. Skládá se z drátěných závitů mědi (Cu) nebo stříbra (Ag), indukuje se v nich proud o hodnotě několika mikroampér, který je zesílen a převeden na napětí. Tyto signály se zvětšují asi tisíckrát, mění se jejich frekvence z MHz na kHz a potom se digitalizují pomocí analogo-digitálního převaděče a přenášejí se do počítače. Špatné umístění cívky, příliš daleko od vyšetřovaného objemu vede k zhoršení MR obrazu. S cívkami je nezbytné zacházet opatrně, aby se nepoškodily, což by vedlo ke zhoršení kvality MR obrazu, nebo nemožnosti provést dané vyšetření. Pořízení nových povrchových cívek je poměrně drahé. Existuje mnoho druhů povrchových cívek, nejpoužívanější jsou hlavová k vyšetření hlavy a mozku, krční páteřní k vyšetření krční páteře, speciální cívka head and neck pro vyšetření hlavy a krku současně, spine pro zobrazení hrudníku nebo bederní páteře, speciální pro zobrazení ramene, kolena a zápěstí. (Nekula a Chmelová, 2007; Vomáčka et al., 2023)



**Obrázek 2: Kolenní cívka (Nekula a Chmelová, 2007)**

### **3.1.3 Vyšetřovací stůl**

Vyšetřovací stůl je podobný jako u CT přístroje a musí být vyrobený z nemagnetických prvků. V dřívějších dobách byla nosnost stolu omezena většinou do 150 kilogramů, v dnešní době nás omezuje spíše objem obézních pacientů a průměr gantry. (Nekula a Chmelová, 2007; Vomáčka et al., 2023)

### **3.1.4 Stínění MR vyšetřovny**

Signál z vyšetřovaného objemu je slabý a mohly by ho rušit okolní elektrické přístroje, a naopak je by mohly rušit impulzy a stacionární magnetické pole. Proto je MR pracoviště stíněné. Stínění MR jsou dva druhy aktivní stínění a pasivní. Pasivní stínění je principem Faradayova klec, tvoří ji silné pláty ocelových bloků a měděného plechu. Aktivní stínění funguje díky cívkám v okolí gantry, které vytvářejí magnetické pole v opačném směru, tím tlumí  $B_0$  (statické magnetické pole) a  $B_1$  (excitační magnetické pole). (Nekula a Chmelová, 2007; Vomáčka et al., 2023)

## **3.2 Princip magnetické rezonance**

Magnetická rezonance snímá pouze atomy s lichým počtem protonů. V humánní medicíně se používá vodík, značí se H, který má jeden proton a je v těle hojně zastoupen ve dvou třetinách tkáních, je součástí vody, z které se lidské tělo převážně skládá (Vomáčka et al., 2023). Dají se použít i jiné prvky, jako například sodík s jedenácti protony, fosfor s patnácti protony anebo fluor s devíti protony ty se však v běžné lékařské praxi na zobrazení MR nepoužívají (Beneš et al., 2022).

Jádro	Magnetický moment [ $5,051 \cdot 10^{-27} \text{ Am}^2$ ]	Frekvence [MHz · T <sup>-1</sup> ]	Zastoupení v lidském těle
vodík <sup>1</sup> H	2,8	42,6	88 M
sodík <sup>23</sup> Na	2,2	11,3	80 mM
fosfor <sup>31</sup> P	1,1	17,3	75 mM
fluor <sup>19</sup> F	2,6	40,1	4 μM

**Obrázek 3: Tabulka základné charakteristika vybraných izotopů (Beneš et al., 2022)**

Magnetická rezonance funguje díky uložení pacienta do silného statického magnetického pole ( $B_0$ ), které tvoří supravodivý magnet. Supravodivost je jev kvantové fyziky, který říká, že pokud materiál zchladíme pod svou kritickou hodnotu bude vést elektrický proud bez odporu. Tohoto zchlazení docílíme tekutým heliem, které má teplotu přibližně  $-270 \text{ °C}$ . (Vomáčka et al., 2023)

Po vystavení protonů silnému statickému magnetickému poli se protony uspořádají rovnoběžně se siločarami  $B_0$  za normálních podmínek jsou uspořádány nahodile (Vomáčka et al., 2023). Větší část protonů je v paralelním postavení, o něco málo méně je v energeticky náročnějším antiparalelním postavení (Malíková et al., 2022). Antiparalelní postavení je o  $180^\circ$  otočené oproti paralelnímu postavení (Vomáčka et al., 2023). To, že je více protonů v paralelním postavení, nám vytváří vektor podélné magnetizace ( $M$ ), který má stejný směr jako  $B_0$  a přispívá tak k jeho mírnému zesílení (Rosina et al., 2022).

Ve statickém magnetickém poli vzniká precese, což je rotační pohyb v transverzální rovině, po obvodu pomyslného kužele. Protony nejsou ve fázi, což znamená, že se všechny otáčejí po stejné kruhové dráze stejnou rychlostí, ale každý je ve stejném momentu na jiném místě v kruhu (Vomáčka et al., 2023). Frekvence, která má schopnost zřazovat precesi, se nazývá Larmorova frekvence. (Malíková et al., 2022)

Larmorova frekvence se spočítá jako intenzita zevního magnetického pole krát gyromagnetická konstanta (Malíková et al., 2022). Gyromagnetická konstanta je jedinečná pro každý prvek, udává precesní frekvenci jádra při síle  $B_0$  jeden Tesla, největší gyromagnetickou konstantu má vodík (Vomáčka et al., 2023). Larmorova frekvence pro vodík v magnetickém poli o síle jeden Tesla je 42,6 MHz s větším  $B_0$  frekvence lineárně roste (Beneš et al., 2022).

V moment, kdy pošleme do tkání radiofrekvenční pulz, dochází k excitaci. Proton, který získá větší energii se vychýlí o 90 nebo 180 stupňů ze směru zevního magnetického pole. (Vomáčka et al., 2023). Stupeň vychýlení ze zevního magnetického pole je závislý na množství předané

energie, čím větší je předaná energie, tím se vychýlí o víc stupňů od zevního magnetického pole. Aby proton energii přijal musí mít radiofrekvenční pulz Larmorovu frekvenci, ale může mít jiné energie, které jsou dány délkou pulzu a amplitudou (Malíková et al., 2022). Další efekt při vystavení tkáni radiofrekvenčním pulzem o Larmorově frekvenci je zřazování precese, čímž vzniká transversální (příčná) magnetizace. Zatímco transversální magnetizace po vystavení radiofrekvenčním pulzem stoupá, až do svého maxima, longitudinální (podélná) magnetizace naopak klesá. (Vomáčka et al., 2023)

Jakmile přestane působit radiofrekvenční pulz, dochází k relaxaci, což je jev, kdy se excitované protony vrací do své původní polohy a děje se opětovné rozřazování precesního pohybu. Tento proces je většinou delší než proces excitace. Energie z transversální magnetizace se uvolňuje postupně do okolních tkání, její energie exponenciálně klesá. Elektromagnetická energie se předává cívce, kde se mění na elektrickou energii, která se následně snímá (Vomáčka et al., 2023). Rychlost, s jakou se longitudinální magnetizace vrací z příčné roviny do roviny zevního magnetického pole, je závislá na T1 relaxaci. Rychlost ztráty synchronizace precesí je závislá na T2 relaxaci (Malíková et al., 2022). U různých druhů tkání je relaxační doba rozdílná, u tkání s velkým obsahem tuku je relaxační doba krátká a u vody je relativně dlouhá. Relaxace trvá od mikrosekund do několika sekund a závisí na mnoha faktorech jako například velikosti magnetického pole, teplotě nebo pohybu atomů. (Beneš et al., 2022)

T1 je doba, za kterou se obnoví 63 % longitudinální magnetizace. Odborně se jí říká spin-mřížková. Zajišťuje návrat vektoru magnetizace  $M$  do osy  $z$ . V těle trvá asi 150 až 2000 ms. (Rosina et al., 2022)

T2 je doba, za kterou klesne příčná magnetizace na 37 % své původní hodnoty. T2 relaxace probíhá první a je dvakrát až desetkrát rychlejší než T1. Odborně se jí také říká spin-spinová relaxace. (Rosina et al., 2022)

Pro zobrazení v trojrozměrném prostoru používáme gradientní cívky. Jsou to v podstatě malé magnety, které nám dělají nehomogenitu magnetického pole. Síla gradientního magnetického pole je měřena v mT a je podstatně menší než síla  $B_0$ , která se měří v T. Gradientní cívky určují rovinu řezu a šíři vrstvy. Tyto cívky jsou v hlavním magnetickém poli v rovinách  $x$ ,  $y$  a  $z$ . Rychlost, po kterou působí ovlivňuje délku vyšetření. (Vomáčka et al., 2023)

### 3.3 Sekvence

Sekvence je série impulzů mezi jednotlivými relaxacemi. Základní vyšetření se nazývá spin-echo sekvence (SE). Jednotlivé tkáně mají rozdílné T1 a T2 časy a díky tomu i rozdílnou

SI (intenzitu signálu). Rozdílná intenzita signálů se při vyšetření projevuje ve stupních šedi na obrazovce. Hyposignální (hypointenzní) struktury jsou na obrazovce tmavší. Hypersignální (hyperintenzní) jsou na obrazovce světlé. Asignální neboli tkáň bez signálu, jsou zobrazené černě, patří k nim například kostní kompakta. (Vomáčka et al., 2023)

T1 a T2 časy jsou na sebe závislé, síla podélné magnetizace ovlivňuje magnetizaci příčnou. V běžném provozu se tohoto využívá tak, že se s opakovaným impulzem nečeká, až podélná magnetizace dosáhne svého maxima, ale impuls se provede dřív, čímž se zkrátí doba vyšetření. (Nekula a Chmelová, 2007)

### **3.3.1 T1 vážený obraz**

T1 vážený obraz je charakteristický krátkým TE (time to echo) i TR (time to repeat), například TR 500 ms a TE 20 ms (Vomáčka et al., 2023). TR čas je interval mezi dvěma excitačními radiačními pulzy, ovlivňuje ho především kontrast daný podélnou relaxací T1. TE je časový interval mezi radiofrekvenčním pulzem a náběrem dat, ovlivňuje ho hlavně příčná relaxace T2 (Beneš et al., 2022). Hodnoty TR a TE se dají upravovat, při zkrácení TR je signál intenzivnější. Kontrastní látka zkracuje také TR. Na T1 vážených obrazech je tekutina jako likvor, moč, žluč a edém tmavá, naopak tuk je bílý. Solidní tkáň jako je mozek je světlá. Vzduch, kostní kompakta jsou asignální a zobrazují se černě. T1 v. o. (T1 vážený obraz) je základní sekvence u většiny vyšetření, slouží k přesné anatomické verifikaci. T1 v. o. má určitou nevýhodu v překrývání fyziologické tekutiny s patologickým edémem. (Vomáčka et al., 2023)

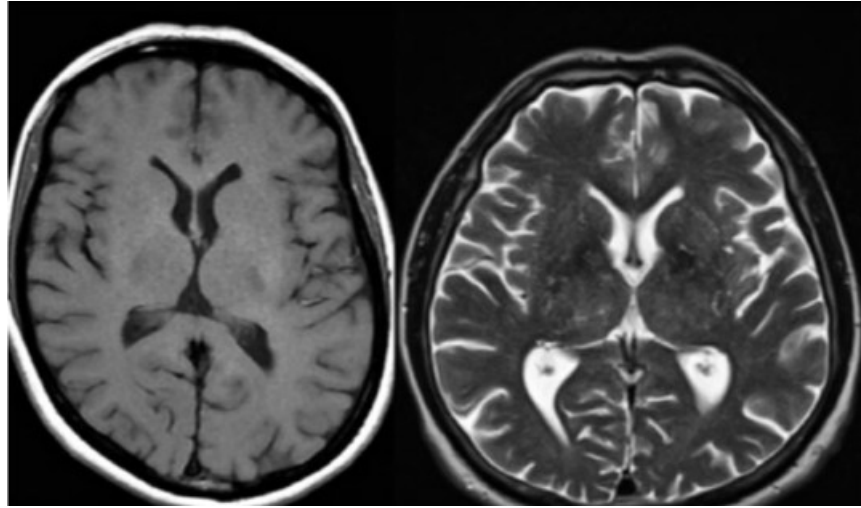
### **3.3.2 T2 vážený obraz**

T2 v. o. (T2 vážený obraz) je charakteristický dlouhým TE i TR, například TR 2000 ms a TE 90 ms. Hodnoty TR a TE se dají upravovat, při prodloužení TR na 3000-5000 ms se výrazně zesílí signál vody. Tento efekt se používá při zobrazení žlučových nebo močových cest a při MR myelografii. T2 v. o. jsou dlouhé, a proto se používají zrychlené skenovací sekvence. Obecně platí, že na T2 v. o. jsou solidní tkáň tmavší než tekutina. Na T2 vážených obrazech je tekutina jako likvor, moč, žluč a edém světlá, tuk šedý, solidní tkáň, jako mozek, je tmavá. Kalcifikace, kompakta a vzduch jsou asignální a zobrazují se černě. T2 v. o. jsou dobré na průkaz edému a posouzení tkáňového rozhraní. T2 v. o. mají horší výpovědní hodnotu při posouzení anatomických struktur než T1 v. o. (Vomáčka et al., 2023)

### **3.3.3 Proton denzitní obraz**

PD (proton denzitní) obrazy mají dlouhé TR a krátké TE, například TR 2000 ms a TE 20ms, jsou součástí T2. Signál závisí na hustotě protonů v tkáních. Tekutina na PD obrazech je spíše

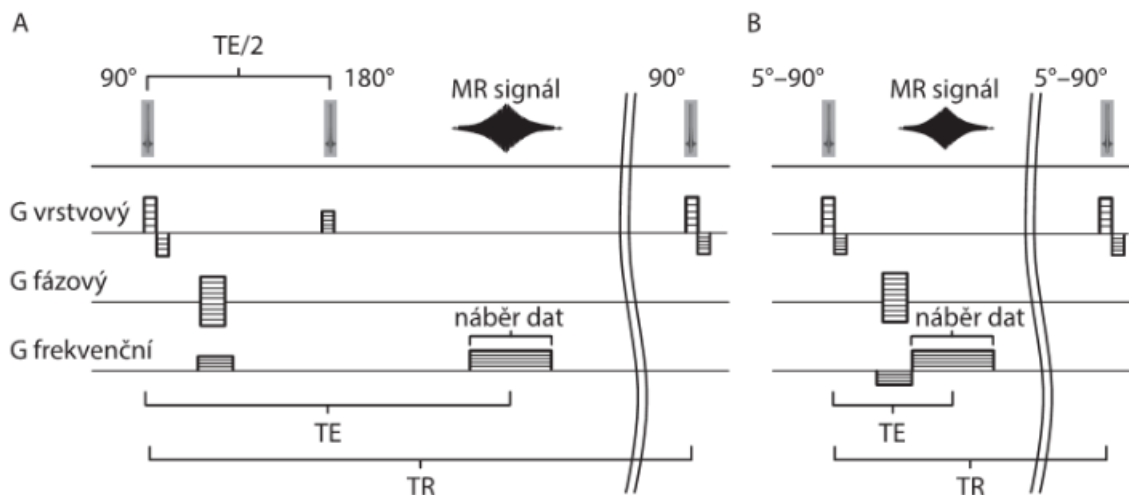
šedá. Tkáně s vyšším obsahem vody jsou tmavší než tkáně s nižším obsahem vody. PD obrazy se často používají se sekvencemi na potlačení signálu tuku. Nejčastěji se využívá ke zobrazení muskuloskeletálního systému. (Vomáčka et al., 2023)



Obrázek 4: Základní typy vážení MR, T1, T2 vážený obraz mozku, za sebou zleva do prava (Malíková, 2022)

### 3.3.4 Spin-echo sekvence

Při spin-echo sekvencích se začíná  $90^\circ$  pulzem, po vymizení příčné magnetizace a rozfázování precesí se spustí impuls, který protony vychýlí o  $180^\circ$  do antiparalelního postavení (Vomáčka et al., 2023).  $180^\circ$  pulz aplikujeme z důvodu refokusace magnetizace z důvodu, že po aplikaci  $90^\circ$  dochází kvůli, relaxačním procesům a nehomogenitě k postupnému zániku MR signálu (Beneš et al., 2022). Precesní pohyb je v opačném směru a lze opět měřit. Používáme poloviční excitační čas, který se sčítá do TE (Vomáčka et al., 2023).



Obrázek 5: A) Spin-echo sekvence B) sekvence gradientního echa (Beneš et al., 2022)

### 3.3.5 Gradientní echo

Sekvence gradientního echa jsou rychlé a neobsahují  $180^\circ$  refokusační pulz, místo něj se používá vychýlení. U GE (gradientního echa) je vychylovací úhel  $10^\circ$ - $15^\circ$ . Podélná magnetizace není zcela utlumena, a proto lze udělat sérii dalších rychlých pulzů. Na vychýlení používáme gradientní cívky, jejich magnetické pole se spojí s magnetickým polem  $B_0$ , a změní tak Larmorovu frekvenci. Správnou Larmorovu frekvenci má pouze vyšetřovaná vrstva. Doba vyšetření se zkrátí z 5–7 minut na desítky sekund někdy i méně. (Vomáčka et al., 2023, Beneš et al., 2022)

Pro zrychlení vyšetření se mohou používat multi-slice protokoly, při kterých vhodným řazením excitací využijeme čekání v TR ke snímání signálů ze sousedních řezů, které byly excitované dříve (Vomáčka et al., 2023).

Tekoucí krev se zobrazuje, na některých sekvencích, asignálně, protony v erytrocytech jsou sice excitovány, ale odtékají mimo vyšetřovanou oblast dřív, než je stihneme zobrazit. Tekoucí krev je na výsledném obrázku černá. Pokud se krev dostane mimo cévu, začíná se rozpadat a její metabolity, už signál dávají. (Vomáčka et al., 2023)

### 3.3.6 Inverzion recovery

Používá se u sekvencí, kde chceme potlačit signál určitého typu tkáně, tato tkán se po tom na výsledném vyšetření zobrazuje černě neboli asignálně. V praxi se využívají hlavně dvě sekvence STIR (short tau inverion recovery) a FLAIR (fluid attenuated inverion recovery). STIR je sekvence na potlačení signálu tuku, používá se především pro vyšetření páteře, nebo velkých kloubů. FLAIR je sekvence na potlačení signálu vody. Na T2 v. o. jsou některé patologická ložiska s větším obsahem vody a likvor hypersignální a nejdou od sebe odlišit, proto se používá FLAIR, který potlačí signál vody, ale patologická ložiska zůstanou hypersignální. FLAIR je základní sekvence v diagnostice roztroušené sklerózy. (Vomáčka et al., 2023)

## 3.4 Tvorba MR obrazu

Koncový obraz je závislý na mnoha faktorech, prvním je výběr vrstvy a kódování prostorových souřadnic. Výběr vrstvy a šíře vrstvy se děje pomocí gradientních cívek, které usměrní magnetický moment do tří rovin x, y, z. Kódování prostorových souřadnic je buď v horizontálním nebo vertikálním směru. Vlastní rekonstrukce obrazu je komplexní a velmi složitý proces, jehož hlavní složkou je Fourierova transformace. Fourierova transformace

je matematický proces, který převádí signály z prostoru lidského těla do obrazu, který následně vidíme na obrazovce. Jeho geometrickým vyjádřením je sinusoida. (Vomáčka et al., 2023)

### 3.4.1 K-prostor

K-prostor je plocha, na které se shromažďují signály z vyšetření (Vomáčka et al., 2023). MR sekvence neměří přímo MR obraz, ale skenují k-prostor. I způsob a pořadí náběru k-prostoru ovlivní výsledný obraz. K-prostor je buď dvoudimenzionální při běžném 2D (dvourozměrném) měření a nebo trojdimenzionální při 3D (trojrozměrném) měření. Pokud je k-prostor 2D tak se provádí 2D Fourierova transformace a pokud je k-prostor 3D tak se provádí 3D Fourierova transformace. (Mechl et al., 2014)

K-prostor má určité velmi důležité vlastnosti, které nám pomáhají při tvorbě MR obrazu, jedním z nich je, že se část k-prostoru nemusí měřit a dá se dopočítat díky tomu, že k-prostor je symetrický kolem svého středu. Kolem středu k-prostoru je uložena informace o kontrastu MR obrazu a také informace o poměru S/Š (signál/šum), ztráta dat z této oblasti znamená prakticky úplnou ztrátu obrazu. Na okrajích je kódováno rozlišení obrazu, ztráta těchto dat znamená ztrátu prostorového rozlišení a rozmazání obrazu. Hustota bobů k-prostoru určuje podíl možných artefaktů obrazu. Pokud je k-prostor skenován moc řídko může vzniknout artefakt překlopení struktur mimo FOV (field of view) do výsledného obrazu. (Mechl et al., 2014)

Kvalita MR obrazu se hodnotí za pomoci prostorového rozlišení a kontrastu. Konečný obraz je závislý na vnějších a vnitřních podmínkách. Mezi vnitřní podmínky se řadí počet protonů vodíku v jednotce objemu neboli spinová hustota. Vliv na spinovou hustotu má síla  $B_0$ , čím je větší tím víc se protonů vodíku se aktivizuje a tím je větší intenzita signálů. Protony vodíku jsou obsaženy především ve vodě, tucích a vybraných hydratovaných bílkovinách. Kostní kompakta, kalcifikace, kovy nedávají žádný signál, protože mají málo volných protonů vodíku. Další vnitřní podmínkou je magnetická susceptibilita. Magnetická susceptibilita je schopnost tkáně stát se magnetickou. Z hlediska magnetické susceptibilitu dělíme látky na několik typů feromagnetické, paramagnetické a diamagnetické. Feromagnetické a paramagnetické mají nepárový počet elektronů a mají pozitivní susceptibilitu. Feromagnetické vytvářejí permanentní magnetické pole. Paramagnetické vytvářejí magnetické pole jen dočasně, patří k nim například gadolinium, které je hlavní složkou kontrastní látky. Diamagnetické látky mají sudý počet elektronů a nejsou schopny vytvářet magnetické pole. Poslední z vnitřních podmínek, kterou se budeme zabývat jsou relaxační časy tkání. Struktury s vysokým obsahem vody mají dlouhé

relaxační časy, protože drobné molekuly vody dlouho rotují. Patří sem například likvor, edém a žluč. Naopak tkáně s vysokým obsahem tuku, nebo proteinů mají relaxační čas krátký, díky tomu, že jejich makromolekuly mají krátký setrvačný pohyb. (Vomáčka et al., 2023)

Mezi vnější podmínky řadíme hodnoty TE a TR, které se dají upravovat, čímž se dá měnit intenzita signálu. Dále také velikost statického magnetického pole. Intenzita signálu roste s druhou mocninou velikosti  $B_0$ , ale současně roste lineárně velikost šumu. Důležitá je homogenita  $B_0$ , která se také pravidelně kontroluje, čím je větší tím je obraz kvalitnější. Třetím vnějším parametrem je velikost matice a šířky vrstvy. Čím je menší objem voxelu, tím získáme detailnější obraz, ale za cenu, že nám vzroste šum, který snižuje kvalitu obrazu a máme horší poměr S/Š. Tenká šířka vrstvy vede také k lepšímu rozlišení, ale k většímu šumu. Standardní šíře vrstvy je okolo 5 mm, ale záleží na typu vyšetření. Poslední vnější podmínkou je počet excitací. Čím máme větší počet excitací, tím získáme kvalitnější obraz, ale za cenu prodloužení doby vyšetření. (Vomáčka et al., 2023)

Šum vzniká, kvůli elektrickým mikroproudům z celého těla mimo vyšetřovanou oblast. Na šum mají vliv tepelné produkty z okolí vyšetřované oblasti,  $B_0$ , velikost voxelu, šíře vrstvy a kvalita cívky. Cívky mají obkružovat vyšetřovaný objekt a nepřesahovat ho. V praxi existuje nepsané pravidlo, že by se měla používat nejmenší cívka do které se vyšetřovaná oblast vejde. Celotělová cívka bude mít větší šum nežli povrchová, protože detekuje mikroproudy z celého těla. (Vomáčka et al., 2023)

### **3.5 Artefakty MR obrazu**

Artefakty obrazu vznikají jako falešné změny signálu, tyto změny vznikly až v souvislosti s vyšetřením a neindikují patologii ve vyšetřované oblasti (Vomáčka et al., 2023). Některým artefaktům obrazu se dá vyhnout, jiným prakticky ne, protože jsou typické pro určité sekvence. Artefakty MR obrazu můžeme rozdělit do mnoha skupin, podle různých kritérií, například podle toho, zda se jim můžeme vyvarovat nebo ne. (Seidl et al., 2012)

Do nevyhnutelných artefaktů řadíme truncační artefakty, chemický posun, susceptibilní gradienty způsobené artefakty a artefakty z toku a pohybu. K artefaktům, kterým se dá vyvarovat patří aliasingové artefakty. Do poslední skupiny řadíme artefakty vzniklé poruchou přístroje. (Seidl et al., 2012)

U truncačního artefaktu nedojde ke změření vysokých frekvencí, to zapříčiní vlnový artefakt na snímku. Často se projevuje jako střídavé světlé a tmavé pruhy u kontrastního rozhraní (Seidl et al., 2012). Naopak pohybové artefakty jsou zapříčiněné pohybem člověka a jeho

orgánů. Pohybové artefakty vznikají například kvůli dýchání, srdeční pulzaci, peristaltickému pohybu střev, nebo kvůli krevnímu toku a pulzaci velkých tepen. Tyto artefakty se snažíme eliminovat například zadržením dechu při vyšetření, nebo synchronizací s EKG. Pulzní artefakty obrazu se odstraňují regionálně, kdy se speciální technikou utlumí signál proudící krve, tak že je zanedbatelný. Mezi další artefakty se řadí chemický posun, který je způsoben změnou frekvence. Zobrazuje se jako zvýšení nebo snížení intenzity signálu na rozhraní tkání s vysokým obsahem tuku a vody. Například to můžeme vidět u mozkové tkáně a likvoru (Vomáčka et al., 2023). Aliasingové artefakty vznikají, jestliže je FOV menší než vyšetřovaná oblast, část vyšetřované oblasti mimo FOV je promítne na opačné straně, než se nachází na MR obrazu. (Seidl et al., 2012, Vomáčka et al., 2023)

### **3.6 Kontrastní látky pro MR**

Nejčastější kontrastní látky pro MR jsou cheláty s obsahem gadolinia, tyto kontrastní látky jsou paramagnetické (Heřman et al., 2014). Příkladem těchto KL (kontrastních látek) jsou přípravky Gadovist, Prohance a Dotarem. Tyto preparáty mají poměrně velké makromolekuly, které nepronikají do buněk a kolují v krevním řečišti. KL s obsahem gadolinia obsahují chelátové komplexy s vysoce toxickými volnými ionty gadolinia, které se mohou uvolnit v lidském těle. U některých lineárních kontrastních látek, jako jsou kyselina gadobenová (Multihance), gadodiamid (Omniscan), kyselina gadopentetová (Magnevist) a gadoversetamid (Optimark), bylo zjištěno, že malé množství gadolinia z nich se ukládá v mozkové tkáni, což vedlo k doporučení omezit jejich používání (SÚKL, 2017). KL s obsahem gadolinia má schopnost relaxivity, což znamená, že zkracuje relaxační časy (Vomáčka et al., 2023). KL ovlivňuje víc T1 relaxační čas, a to až o několik desítek procent, naopak ovlivnění T2 relaxace je mnohem menší, řádově se jedná pouze o jednotky procent (Rosina et al., 2022). Zkrácení T1 času se projeví na snímku hyperintenzitou. Dávka KL se udává v milimolech, běžná dávka je 0,1 až 0,2 mmol/kg. V celkovém množství je to zhruba 10 ml u novějších extravaskulárních KL i menší množství. (Vomáčka et al., 2023)

Přesto, že se na výsledném snímku zobrazí i samotná KL, tak jejím účelem je ovlivnění okolních tkání a změna jejich magnetických vlastností. Proto tolik nezáleží na koncentraci tohoto typu KL, jako u jodové KL. (Mechl et al., 2014)

Kontrastní látky můžeme dělit do několika skupin, třeba podle způsobu aplikace na perorální, nitrokloubní a nejvíce používané nitrožilní. Zvláštní skupinou jsou látky intravaskulární, které se používají ke zobrazení cévního řečiště. Do intravaskulárních se v dnešní době řadí pouze

jedna látka s chemickým názvem gadofosvest, která se používá pouze v pár zemích. Další způsob rozdělení KL je na tkáňově nespecifické (extracelulární) a tkáňově specifické. Většina používaných KL patří do skupiny extracelulárních látek. Do tkáňově specifických patří KL hepatospecifické a látky s afinitou k retikuloendoteliálnímu systému. (Mechl et al., 2014)

KL nepřestupují neporušenou hematoencefalickou bariérou. V případě patologických abnormalit centrálního nervového systému nastává ideální syčení za 5 až 7 minut od aplikace. V protokolu je tedy vhodné po aplikaci kontrastní látky nejdřív zařadit sekvence, které KL velmi neovlivňuje jako je T2. Extracelulární paramagnetická kontrastní látka se vylučuje převážně ledvinami a z organismu se dostane zhruba do 24 hodin. (Mechl et al., 2014)

Alergické reakce jsou sice u MR kontrastních látek vzácné, ale mohou se vyskytnout (Mechl et al., 2014). Specifickou pozdní reakcí pro MR kontrastní látky je NSF (nefrogenní systémová fibróza). Jedná se o prakticky neléčitelné onemocnění, které se projevuje fibrózou kůže a pojivových tkání. Tato komplikace se vyskytuje pouze u lidí s renálním selháním (Vomáčka et al., 2023). Abychom této vzácné reakci předešli, podává se u lidí se špatnými renálními funkcemi cyklická kontrastní látka, u které nebylo prokázáno uvolňování atomu gadolinia z chelátu (Mechl et al., 2014).

### **3.7 Kontraindikace**

U magnetické rezonance existují relativní a absolutní kontraindikace, na které se musí dávat pozor. Pokud by se vyšetřil pacient s absolutní kontraindikací, může ho vyšetření buď zranit, nebo dokonce zabít. Proto se před vyšetřením kontrolují možné kontraindikace formou dotazníku. (Malíková et al., 2022)

#### **3.7.1 Absolutní kontraindikace**

Do absolutních kontraindikací patří kardiostimulátor, kardioverter, kochleární implantáty, inzulinová pumpa a cizí kovové těleso v orbitě nebo intrakraniálně. V dnešní době se cévní svorky a implantáty vyrábějí z nemagnetických materiálů, ovšem pokud se jedná o starší materiál a nevíme jistě, že je nemagnetický, tak se vyšetření nemůže provést. (Malíková et al., 2022)

Pokud máme podezření, že by člověk mohl mít cizí kovové těleso v oku, například obráběč kovů, tak mu musíme před vyšetřením provést rentgenový snímek k vyloučení této skutečnosti. Kdybychom vyšetřili pacienta s kovovým magnetickým tělesem v oku mohl by přestat vidět

na dané oko nebo mít jinak poškozený zrak, protože v řídké tkáni by se kovové magnetické těleso mohlo začít pohybovat. (Malíková et al., 2022)

V dnešní době existují typy kardiostimulátorů, které jsou MR kompatibilní. U těchto typů je vyšetření možné provést, ale musí se splnit určité podmínky. Kardiostimulátor se musí před vyšetřením přepnout do MR bezpečného modu a po vyšetření se zkontrolovat a přepnout zpět do běžného režimu. Přepnutí a kontrolu kardiostimulátoru provádí kardiolog-arytmolog, a proto se takové vyšetření musí provádět za spolupráce s arytmologickým pracovištěm. (Malíková et al., 2022)

### **3.7.2 Relativní kontraindikace**

Mezi relativní kontraindikace patří TEP (totální endoprotéza kyčle), stenty, kava filtry, svorky do šesti týdnů po implantaci, první trimestr těhotenství, klaustrofobie (strach z malých prostorů) a cizí tělesa v těle mimo orbitu a intrakraniálně (Vomáčka et al., 2023). Cizí kovové předměty v těle, většinou neohrožují vyšetřovaného na životě, ale mohou se během vyšetření zahřívat a způsobovat bolest nebo dokonce i lokální popáleniny. U implantovaných cizích materiálů jako jsou osteosyntézy, endoprotézy, stenty a umělé srdeční chlopně se doporučuje provádět vyšetření aspoň šest týdnů od implantace. Mezi další relativní kontraindikací se řadí klaustrofobie. Při těžké klaustrofobii se vyšetření může provádět v celkové anestezii nebo analgosedaci. (Malíková et al., 2022)

## 4 MAGNETICKÁ REZONANCE MOZKU

Magnetická rezonance, dokáže velmi dobře zobrazit měkké tkáně bez použití ionizujícího záření, a proto je vhodná pro zobrazení mozku. Magnetická rezonance mozku může být indikována po CT vyšetření, protože je přesnější, nebo jako metoda první volby například u roztroušené sklerózy. Častými indikacemi k vyšetření jsou podezření na cévní malformace a průkaz metabolitů krvácení, mozkovou ischemii a mozkové nádory. Dalšími indikacemi mohou být vyšetření mozkových cév nativně, pooperační kontroly a primární diagnostika hypofýzy a epilepsie. (Vomáčka et al., 2023)

### 4.1 Příprava před vyšetřením

Na magnetickou rezonanci mozku není potřeba žádná speciální příprava. Dokonce ani u vyšetření s gadoliniovou kontrastní látkou nemusí být člověk lačný. Co ale potřebujeme je zajistit informovaný souhlas s vyšetřením a zjistit možné kontraindikace vyšetření. Každé pracoviště má svoji vlastní verzi informovaného souhlasu pro různé druhy vyšetření. V informovaném souhlasu je uveden typ výkonu, jak se vyšetření provádí, alternativy k tomuto vyšetření a případné možné komplikace. Informovaný souhlas musí splňovat několik náležitostí; musí být udělen dobrovolně svéprávnou osobou, daná osoba musí být poučena a rozumět těmto informacím (Doležal a Doležal, 2023). Poučení může být jak ústní, tak pouze písemnou formou. Pokud osoba souhlasí s vyšetřením a rozumí informacím, stvrdí tento fakt svým podpisem informovaného souhlasu. Za děti uděluje souhlas zákonný zástupce. V rámci informovaného souhlasu může být i dotazník na kontraindikace, pokud není jeho součástí tak je vyplňován zvlášť. Už odesílající lékař by měl vyloučit kontraindikace vyšetření, ale i přesto je nezbytně nutné s pacientem projít dotazník a ujistit se, že neexistuje žádný důvod, proč by vyšetření nešlo provést. Pokud by se jednalo o vyšetření s kontrastní látkou, tak se musí vyloučit možnost renálního selhání (Malíková et al., 2022). Jestliže pacient s vyšetřením souhlasí a nejsou žádné kontraindikace, kvůli kterým by vyšetření nešlo provést, může se přejít k vyšetření. (Vomáčka et al., 2023)

### 4.2 Vyšetření mozku na MR

Před samotným vyšetřením si pacient musí odložit všechny kovové věci v kabině. Než se pacient pustí do vyšetřovny, ujistí se personál, že tak pacient opravdu učinil. Dobré je provést vizuální kontrolu, že pacient nemá například kovový zip, nebo sponky ve vlasech, a ještě jednou se pacienta zeptat, zda nemá ještě něco kovového. Pokud pacient na sobě nemá nic kovového můžeme spolu s ním přejít do vyšetřovny. Po vyzvání se položí na záda na vyšetřovací stůl.

Dostane do ruky balonek a je ve zkratce informován, jak bude vyšetření probíhat, včetně upozornění, že se nesmí hýbat, protože přístroj je citlivý na pohyb. Personál pacienta upozorní, že v případě jakýchkoliv potíží během vyšetření má zmáčknout balonek. Je vhodné pacienta informovat o to, že po dobu vyšetření bude sledován personálem. Dále záleží na pracovišti, pokud je zvykem tak dáváme pacientovi sluchátka, aby tolik neslyšel hluk, spojený s vyšetřením. Na vyšetření se používá hlavová cívka, kterou má pacient okolo hlavy. Centrujte se lokalizátor laserového paprsku na glabelu. (Malíková et al., 2022)

Existuje několik druhů vyšetření mozku. Pro naše účely se budeme bavit především o základním nativním vyšetřením. Kde je rozsah skenu v transverzální rovině od vertexu pod foramen occipitale magnum a dělají se v této rovině nejběžněji T2 TSE (sekvence rychlého spinového echa), DWI (zobrazení molekulární difuze) EPI (sekvence s ultra-rychlou akvizicí dat) plus ADC (aparentní koeficient difuze v biologické tkáni) mapa, FLAIR, GRE (sekvence gradientního echa) T2 vážení. V sagitální rovině by měla být celá hlava plus horní krční páteř alespoň po přechod druhého a třetího krčního obratle. V sagitální rovině se většinou dělají T1 SE a může se dělat například T2 TSE. V koronární rovině se snažíme zachytit obě hemisféry symetricky a probíhá rovnoběžně se zadním okrajem mozkového kmene. V této rovině se může dělat například T2 TSE se spektrální saturací tuku, k posouzení orbit a báze lební. Všechny uvedené sekvence jsou pouze orientační a závisí na konkrétním pracovišti a důvodu vyšetření. (Mechl et al., 2014)

## PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část je nejdůležitější částí pro praxi. Najdeme zde, jak byl výzkum prováděný, kolik bylo respondentů, data ze samotného výzkumu, diskusi a v ní odpovědi na výzkumné otázky.

### 5 METODIKA PRAKTICKÉ ČÁSTI

Výzkum byl prováděn kvantitativní metodou, formou mnou konstruovaném dotazníku. Dotazník jsem vytvořila, abych zjistila odpovědi na výzkumné otázky. Dotazník obsahoval dohromady sedmnáct otázek, nacházeli se v něm pouze uzavřené otázky. U každé otázky byla možnost zakroužkovat pouze jednu odpověď. Jedna otázka byla podmíněna jinou otázkou a tím pádem na ní neodpovídali všichni respondenti. Konkrétně šlo o otázku, čeho se respondenti bojí na vyšetření na magnetické rezonanci. Pokud tedy respondenti při předešlé otázce odpověděli že, strach z vyšetření nemají, tak na tuto otázku neodpovídali. Dotazník byl zcela anonymní a dobrovolný, respondenti měli možnost se rozhodnout kdykoli v průběhu vyplňování dotazníku skončit. Respondenty byli lidé starší osmnácti let, kteří přišli na vyšetření mozku magnetickou rezonancí na radiodiagnostické oddělení, vybrané nemocnice krajského typu. Výzkum byl prováděn se souhlasem vedení dané nemocnice, na přelomu podzimu a zimy roku 2024. Do výzkumu se zapojilo padesát respondentů.

Respondenti byli informováni, že dotazník je zcela anonymní, dobrovolný a že pokud se ho rozhodnou nevyplnit nebude to mít žádný vliv na péči o ně. Rovněž byli informováni, že vyplněné dotazníky budou sloužit jako podklad k mé bakalářské práci. Pokud se rozhodli dotazník vyplnit, dostali dotazník, psací potřeby a byli informováni že, kdykoli v průběhu vyplňování si to mohou, bez jakýchkoliv následků, rozmyslet a přestat. Dotazníky byly vyplňovány před samotným vyšetřením v kabině. Vyplněné dotazníky byly dávány do neprůhledných barevných desek. Bylo rozdáno padesát dotazníků a všech padesát bylo vybráno vyplněných, návratnost dotazníků byla tedy 100 %.

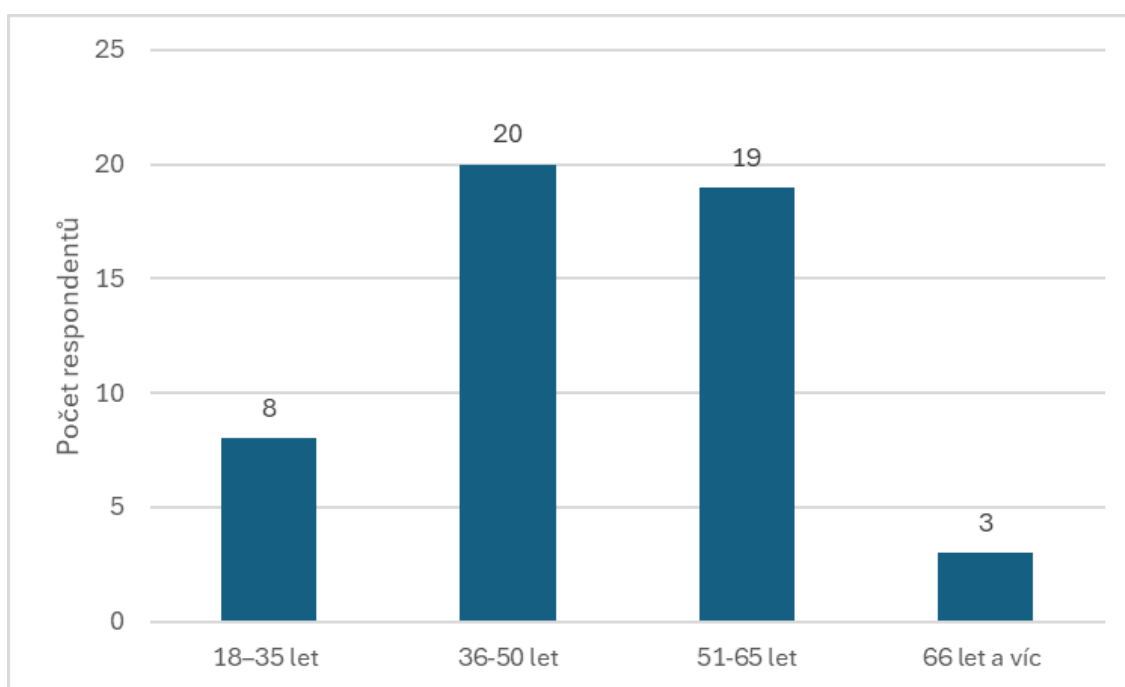
Data byla zpracovávána v programu Excel. Výsledky jsou prezentovány pomocí absolutní a relativní četnosti ve Wordu pomocí grafů a jejich popisů.

## 6 ANALÝZA DAT

Otázka číslo jedna:

1. Jaký je váš věk?

- a) 18–35 let
- b) 36–50 let
- c) 51–65 let
- d) 66 let a víc



Obrázek 6: Graf věku

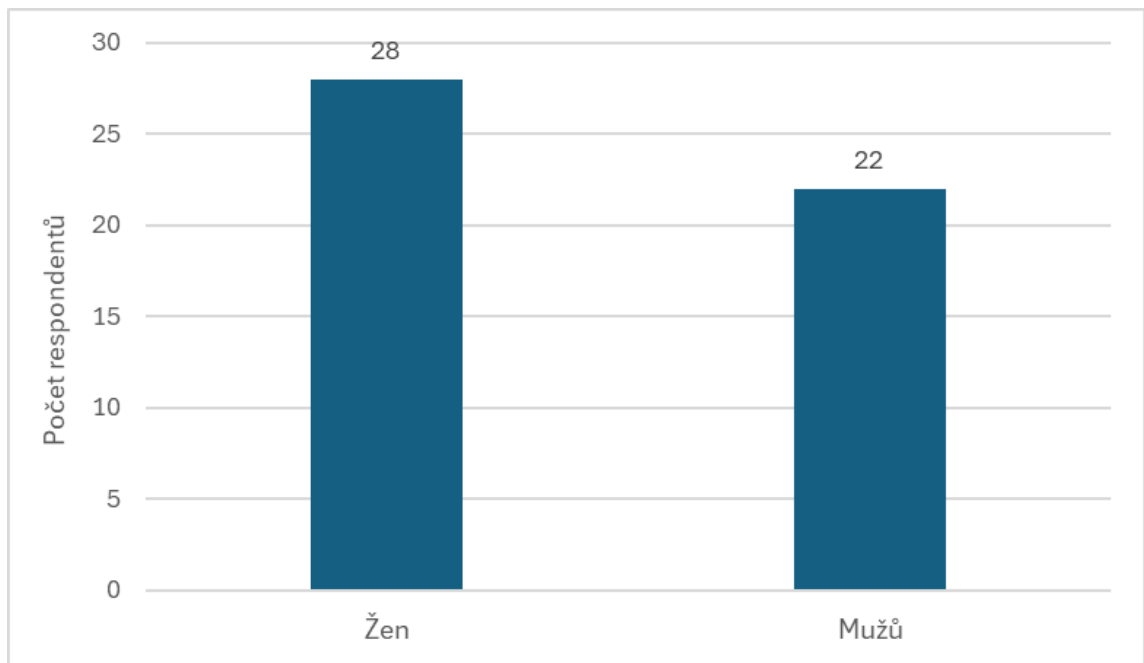
Z grafu výše je patrné, že největší skupina lidí z celkových 50 (100 %) respondentů, byla ve věku 36–50 let, což je 20 (40 %) respondentů. Druhá nejpočetnější skupina, byla skupina respondentů ve věku 51–65 let, která obsahuje 19 (38 %) respondentů. Další skupina ve věku 18–35 let obsahuje 8 (16 %) respondentů. Poslední nejméně početná skupina, je skupina respondentů ve věku 66 let a starších, do které patří pouze 3 (6 %) respondentů.

Otázka číslo dva:

2. Pohlaví:

a) Žena

b) Muž



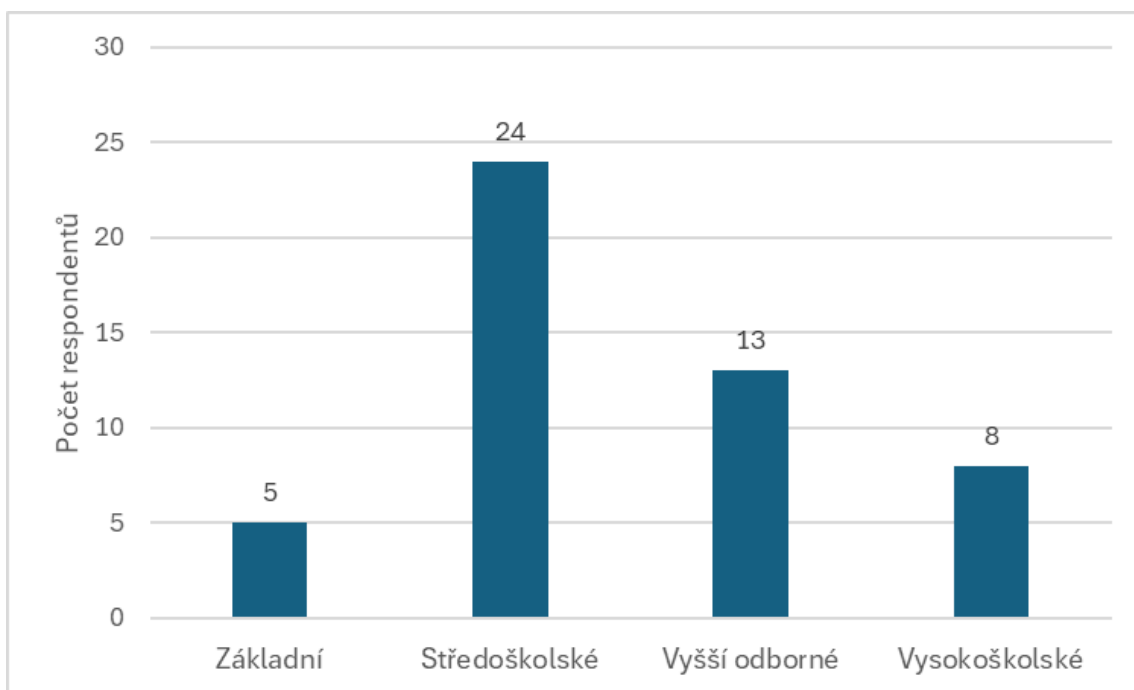
Obrázek 7: Graf pohlaví

Na Grafu pohlaví můžeme vidět, jaké bylo zastoupení žen a mužů v dotazníkovém šetření. Z celkového počtu 50 respondentů (100 %) se zúčastnilo 28 žen, což činí 56 % respondentů a 22 mužů, kteří tvoří zbylých 44 % respondentů.

Otázka číslo tři:

3. Nejvyšší dosažené vzdělání:

- a) Základní
- b) Středoškolské
- c) Vyšší odborné
- d) Vysokoškolské



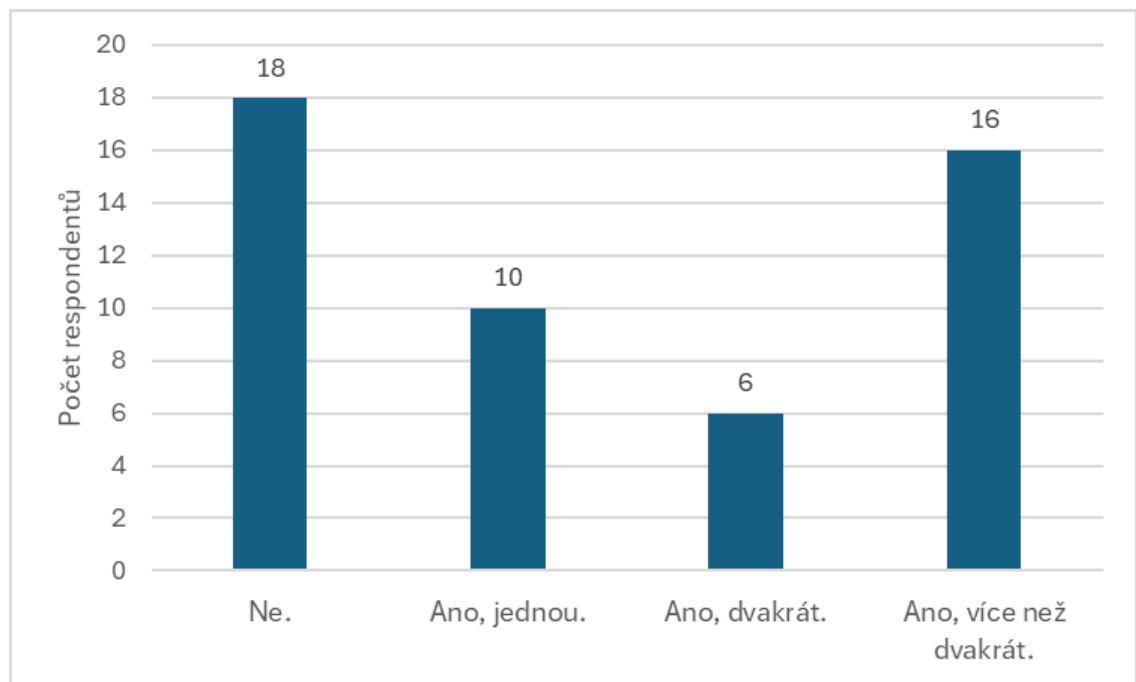
**Obrázek 8: Graf nejvyššího dosaženého vzdělání**

Graf nejvyššího dosaženého vzdělání nám ukazuje, že největší skupinu respondentů tvořili lidé se středoškolským vzděláním, kterých bylo 24 (48 %). Druhou nejpočetnější skupinu tvořili lidé s vyšší odbornou školou, kterých bylo 13 (26 %), další skupinou byla skupina, která má vysokoškolské vzdělání s 8 (16 %) respondentů. Nejmenší část tvořili lidé se základním vzděláním, do výzkumného šetření se jich zapojilo 5 (10 %).

Otázka číslo čtyři:

4. Byli jste už někdy na magnetické rezonanci?

- a) Ne.
- b) Ano, jednou.
- c) Ano, dvakrát.
- d) Ano, více než dvakrát.



Obrázek 9: Graf čtvrté otázky

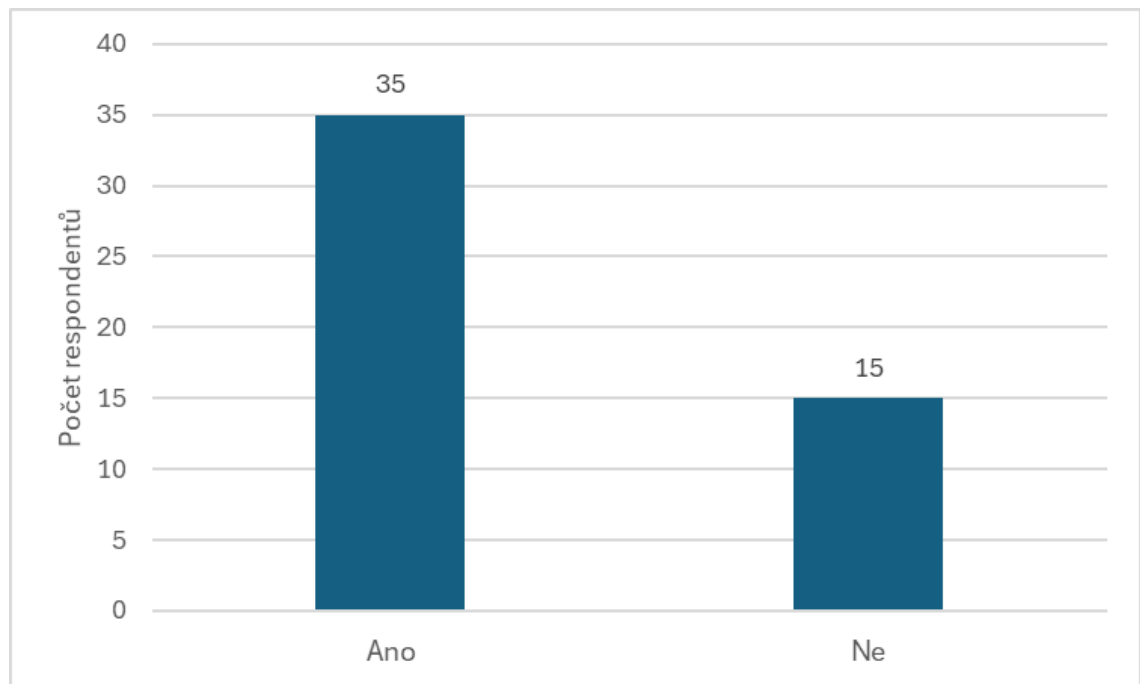
Z grafu výše je patrné, že největší skupina lidí z celkových 50 (100 %) respondentů, ještě nikdy na magnetické rezonanci nebyla, což je 18 (36 %) respondentů. Další početnou skupinou, do které patří 16 (32 %) respondentů, jsou naopak lidé, kteří na magnetické rezonanci byli už více než dvakrát. 10 (20 %) respondentů bylo na magnetické rezonanci pouze jednou a 6 (12 %) respondentů dvakrát.

Otázka číslo pět:

5. Myslíte si, že máte dostatek informací o magnetické rezonanci?

a) Ano.

b) Ne.



Obrázek 10: Graf páté otázky

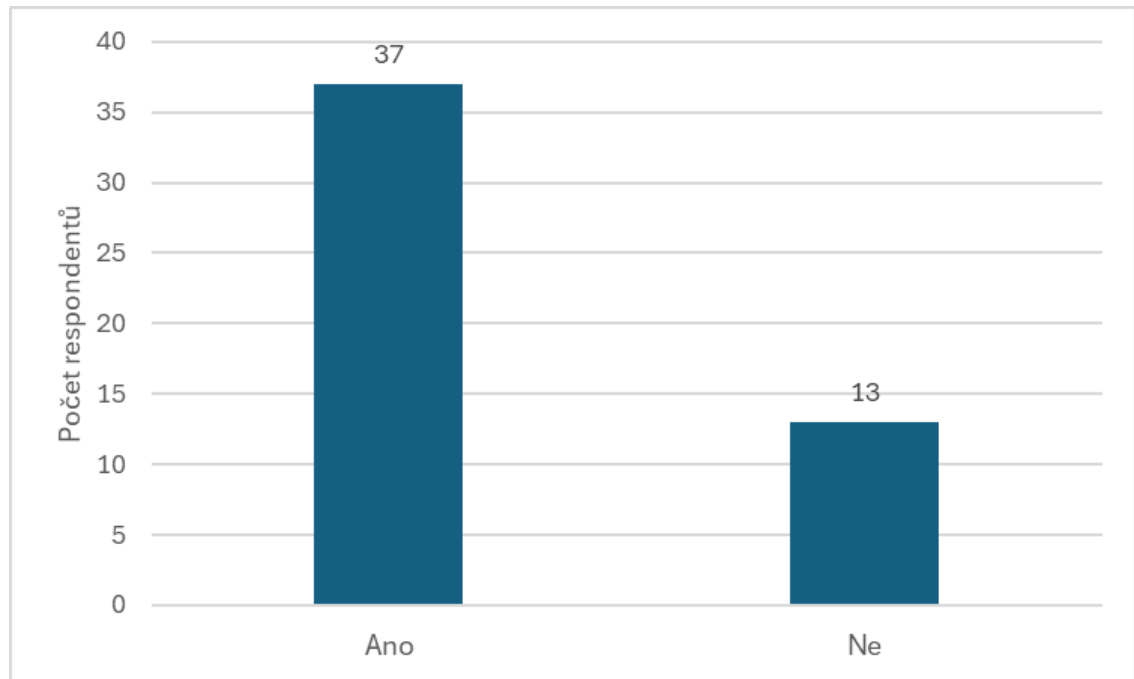
Z Grafu páté otázky vyplývá, že si 35 (70 %) respondentů myslí, že mají dostatek informací o magnetické rezonanci, a jen 15 (30 %) respondentů si myslí opak.

Otázka číslo šest:

6. Informoval vás váš odesílající lékař o průběhu vyšetření?

a) Ano.

b) Ne.



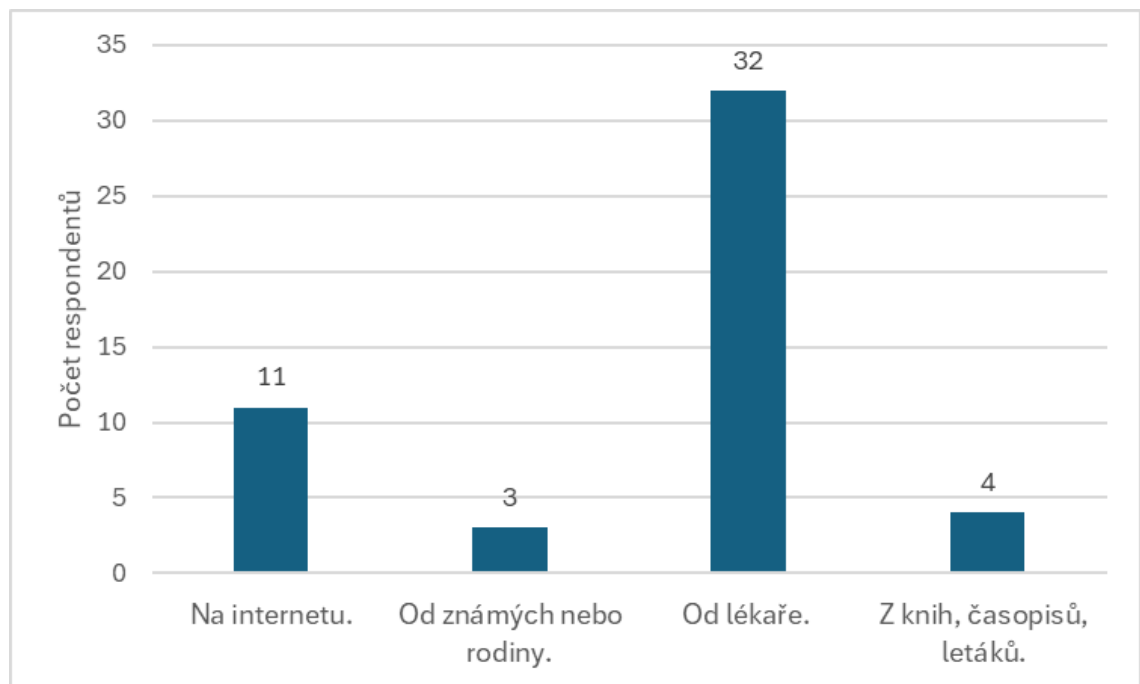
Obrázek 11: Graf šesté otázky

Na grafu šesté otázky je vidět, že 37 (74 %) respondentů z celkových 50 (100 %) bylo informováno svým odesílajícím lékařem o průběhu vyšetření. Zároveň na tomto grafu vidíme, že 13 (26 %) respondentů nebylo informovaných lékařem.

Otázka číslo sedm:

7. Kde jste získávali informace?

- a) Na internetu.
- b) Od známých nebo rodiny.
- c) Od lékaře.
- d) Z knih, časopisů, letáků.



Obrázek 12: Graf otázky sedm

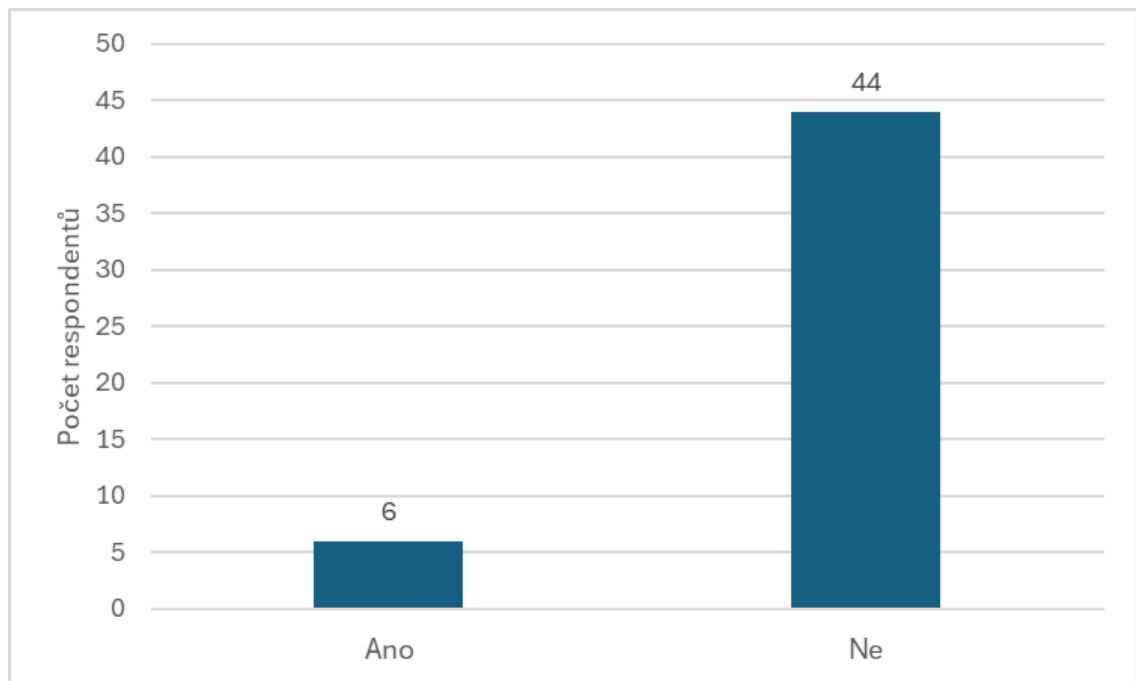
Z Grafu otázky sedm je patrné, že 32 (64 %) respondentů, tedy většina, získala informace o vyšetření především od svého lékaře. Skupina 11 (22 %) respondentů měla jako hlavní zdroj informací internet, 4 (8 %) respondenti knihy, časopisy, letáky a poslední skupina 3 (6 %) respondentů čerpala informace od rodiny a známých.

Otázka číslo osm:

8. Trpíte klaustrofobií?

a) Ano.

b) Ne.



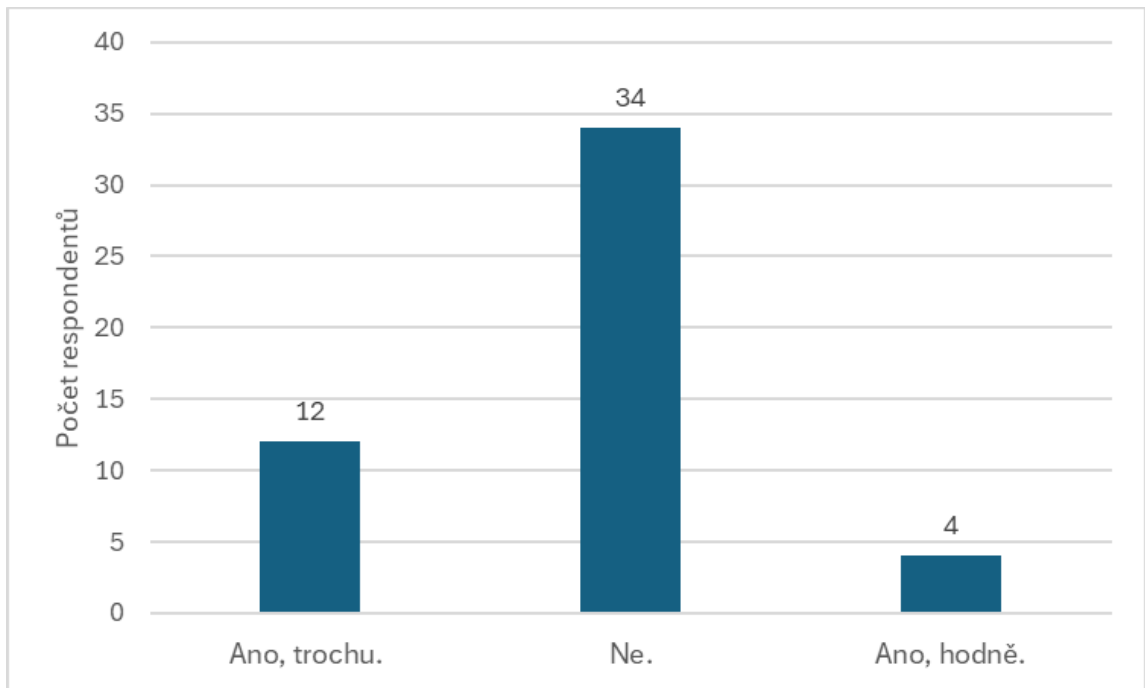
Obrázek 13: Graf otázky osm

Graf otázky osm nám ukazuje, kolik lidí z provedeného dotazníkového šetření trpí klaustrofobií. Pouze 6 (12 %) respondentů má klaustrofobii, zatímco 44 (88 %) respondentů klaustrofobii nemá.

Otázka číslo devět:

9. Máte strach z vyšetření?

- a) Ano, trochu.
- b) Ne.
- c) Ano, hodně.



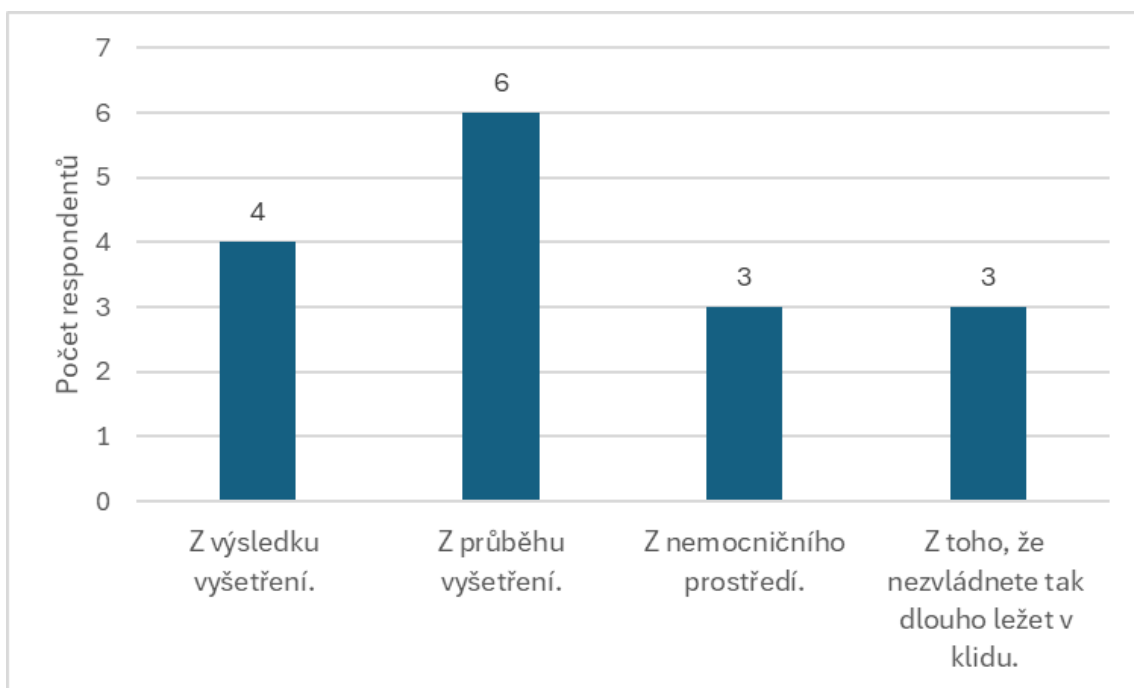
Obrázek 14: Graf otázky devět

Na Grafu otázky devět vidíme, kolik lidí má strach z vyšetření a kolik ne a pokud strach mají tak, jestli trochu nebo hodně. 34 (68 %) respondentů nepocítuje strach z vyšetření. 12 (24 %) respondentů uvádí, že mají strach trochu a 4 (8 %) respondenti mají strach z vyšetření hodně velký.

Otázka číslo deset:

10. Pokud máte strach, z čeho ho máte?

- a) Z výsledku vyšetření.
- b) Z průběhu vyšetření.
- c) Z nemocničního prostředí.
- d) Z toho, že nezvládnete tak dlouho ležet v klidu.



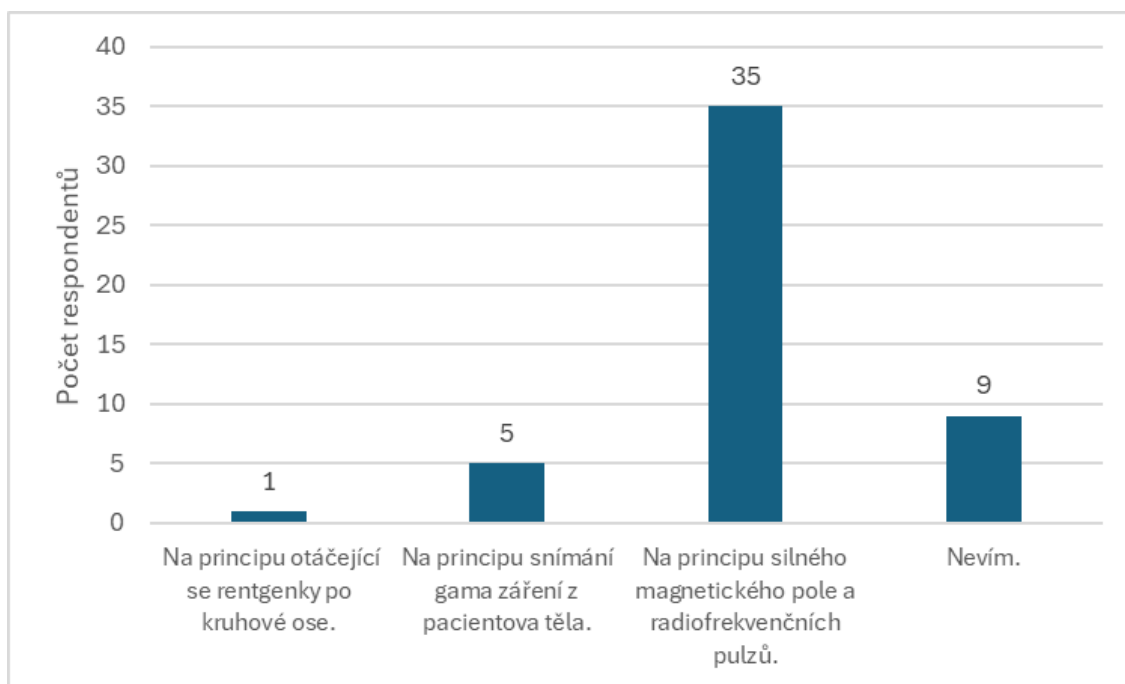
Obrázek 15: Graf otázky deset

Na Grafu otázky deset vidíme, z čeho měli lidé před vyšetřením na magnetické rezonanci strach. Tato otázka byla podmíněna otázkou číslo 9, pokud tedy respondent uvedl v této otázce, že strach z vyšetření nemá, tak na otázku 10. neodpovídal. Proto místo 50 (100 %) respondentů na tuto otázku odpovídalo pouze 16 (32 %) respondentů. Z toho 6 respondentů mělo strach z průběhu vyšetření, 4 respondenti z výsledku vyšetření, 3 z nemocničního prostředí a 3 měli strach z toho, že nezvládnou ležet tak dlouho v klidu.

Otázka číslo jedenáct:

11. Na jakém principu funguje magnetická rezonance?

- a) Na principu otáčející se rentgenky po kruhové ose.
- b) Na principu snímání gama záření z pacientova těla.
- c) Na principu silného magnetického pole a radiofrekvenčních pulzů.
- d) Nevím.



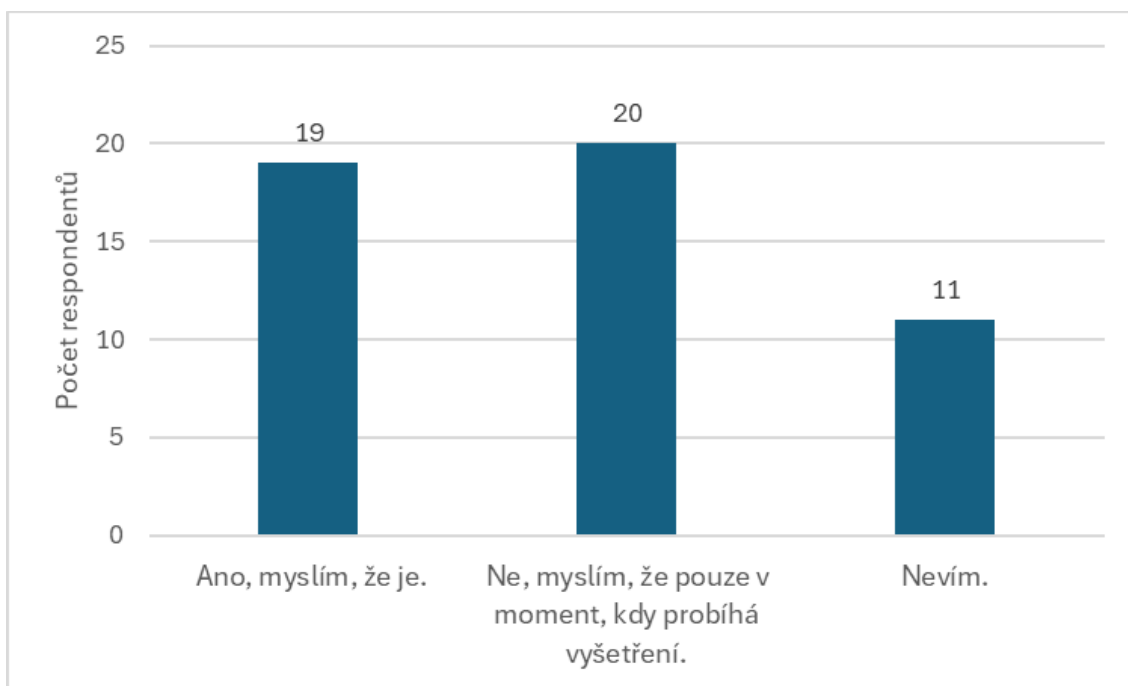
Obrázek 16: Graf otázky jedenáct

Otázka jedenáct byla první vědomostní otázkou v dotazníku a měla zjistit, zda respondenti vědí, na jakém principu funguje magnetická rezonance. Z grafu je patrné že 35 (70 %) respondentů označilo odpověď na principu silného magnetického pole a radiofrekvenčních pulzů. 9 (18 %) respondentů se přiznalo, že neví. 5 (10 %) označilo odpověď na principu snímání gama záření z pacientova těla a 1 (2 %) respondent označil odpověď na principu otáčející se rentgenky po kruhové ose.

Otázka číslo dvanáct:

12. Myslíte si, že magnetické pole je v místnosti, i když přístroj zrovna nevyšetřuje?

- a) Ano, myslím, že je.
- b) Ne, myslím, že pouze v moment, kdy probíhá vyšetření.
- c) Nevím.



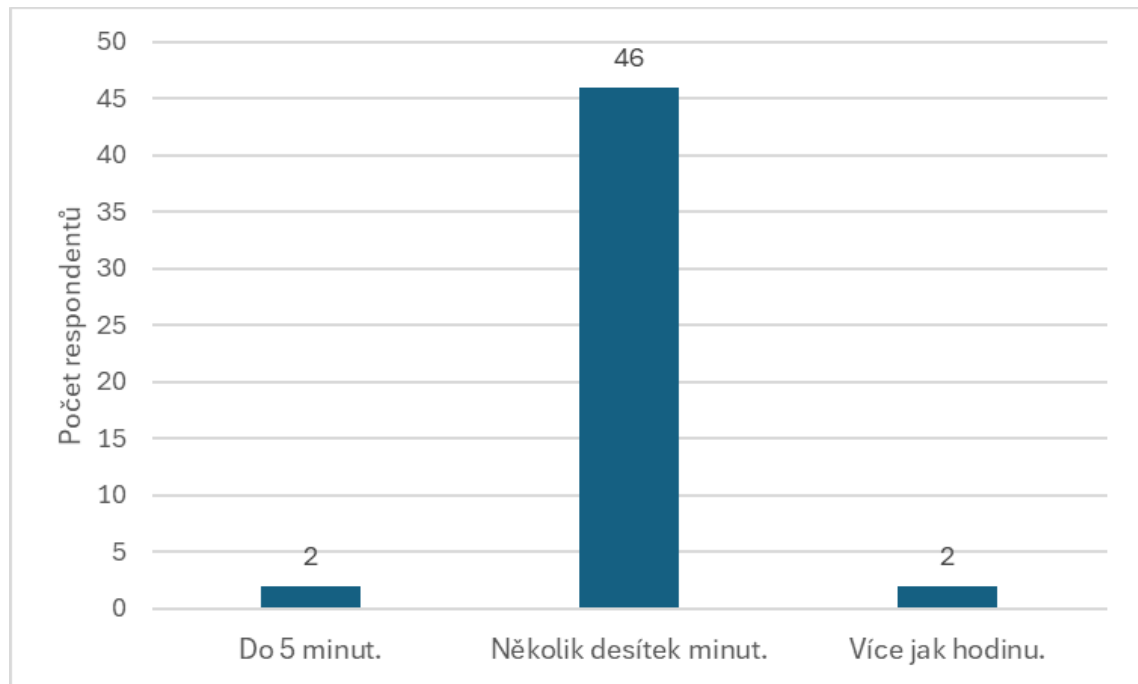
Obrázek 17: Graf otázky dvanáct

Na Grafu otázky dvanáct je vidět kolik respondentů si myslí, že magnetické pole je v místnosti, i když přístroj zrovna nevyšetřuje. 19 (38 %) respondentů si myslí, že magnetické pole se vyskytuje v místnosti, i když zrovna neprobíhá vyšetření. 11 (22 %) respondentů neví a nejpočetnější skupina 20 (40 %) respondentů si myslí, že magnetické pole je v místnosti pouze při vyšetření.

Otázka číslo třináct:

13. Jak dlouho si myslíte, že bude vyšetření trvat?

- a) Do 5 minut.
- b) Několik desítek minut.
- c) Více jak hodinu.



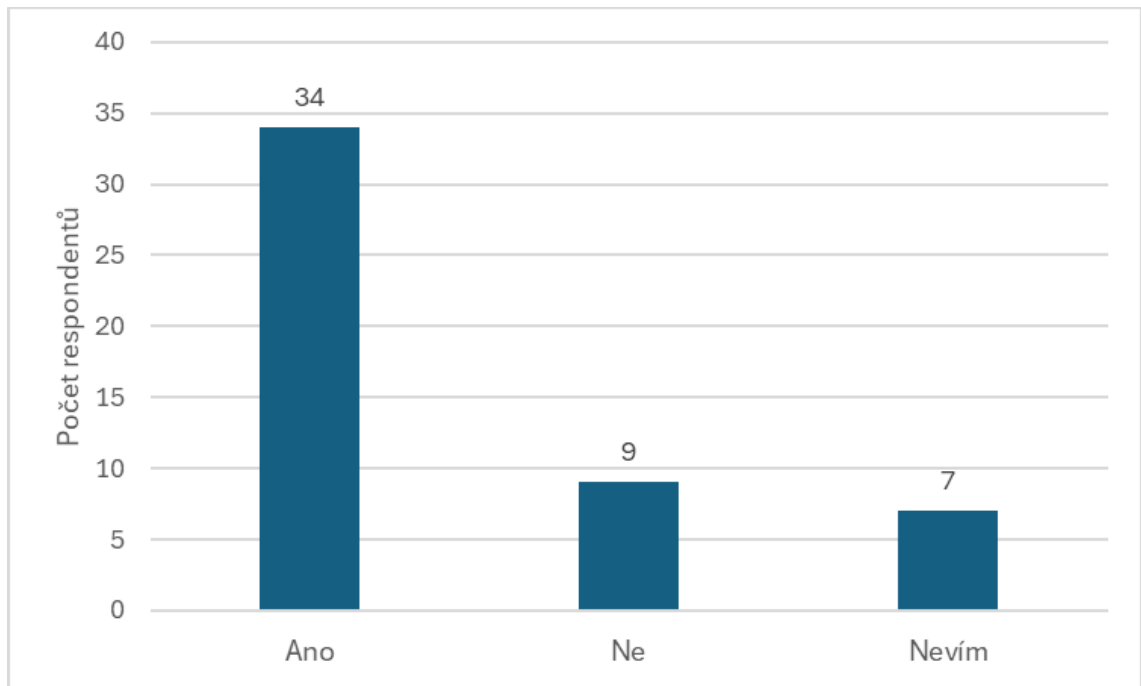
Obrázek 18: Graf otázky třináct

Z Grafu otázky třináct můžeme vyčíst, jak dlouho si respondenti mysleli, že bude vyšetření trvat. Absolutní většina 46 (92 %) respondentů předpokládalo, že vyšetření bude trvat několik desítek minut. 2 (4 %) respondenti si mysleli, že vyšetření bude hotové do pěti minut, a zbývající 2 (4 %) respondenti si naopak mysleli, že vyšetření zabere více jak hodinu.

Otázka číslo čtrnáct:

14. Myslíte si, že se pro magnetickou rezonanci používá kontrastní látka?

- a) Ano.
- b) Ne.
- c) Nevím.



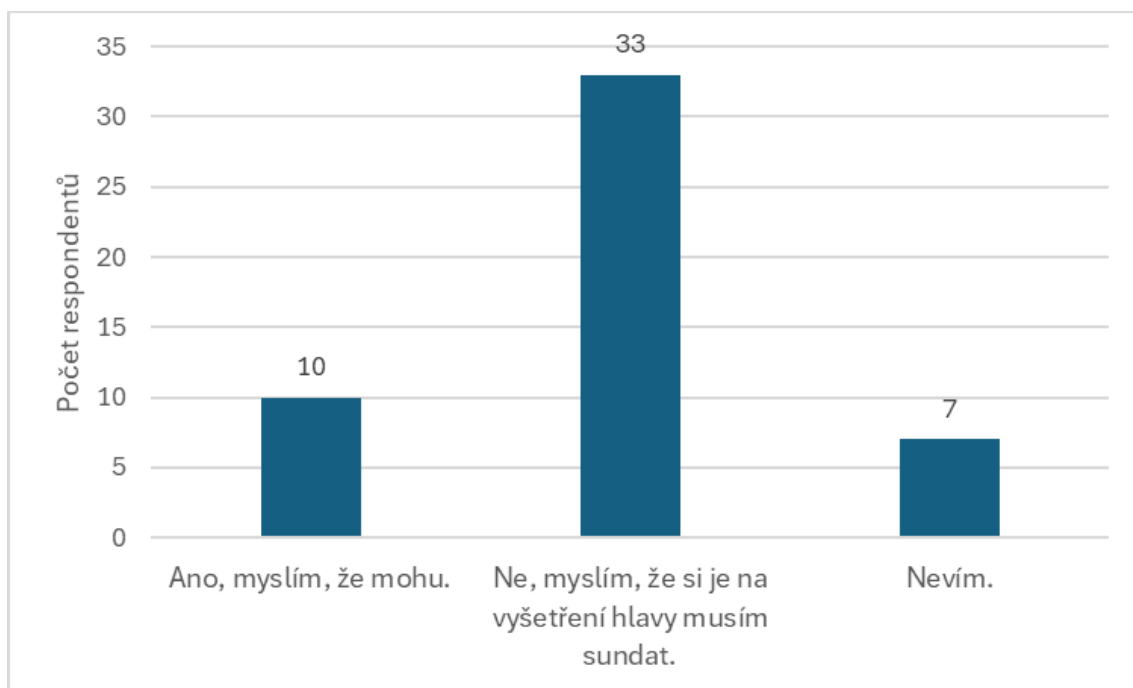
Obrázek 19: Graf otázky čtrnáct

Otázka číslo čtrnáct, měla za cíl zjistit, zda si respondenti uvědomují, že se u magnetické rezonance může použít kontrastní látka. Z grafu je patrné, že si to 34 (68 %) respondentů myslí. 7 (14 %) respondentů neví a 9 (18 %) respondentů si myslí, že se pro magnetickou rezonanci kontrastní látka nepoužívá.

Otázka číslo patnáct:

15. Myslíte si, že si můžete nechat sponky ve vlasech, pokud nejsou z magnetického materiálu?

- a) Ano, myslím, že mohu.
- b) Ne, myslím, že si je na vyšetření hlavy musím sundat.
- c) Nevím.



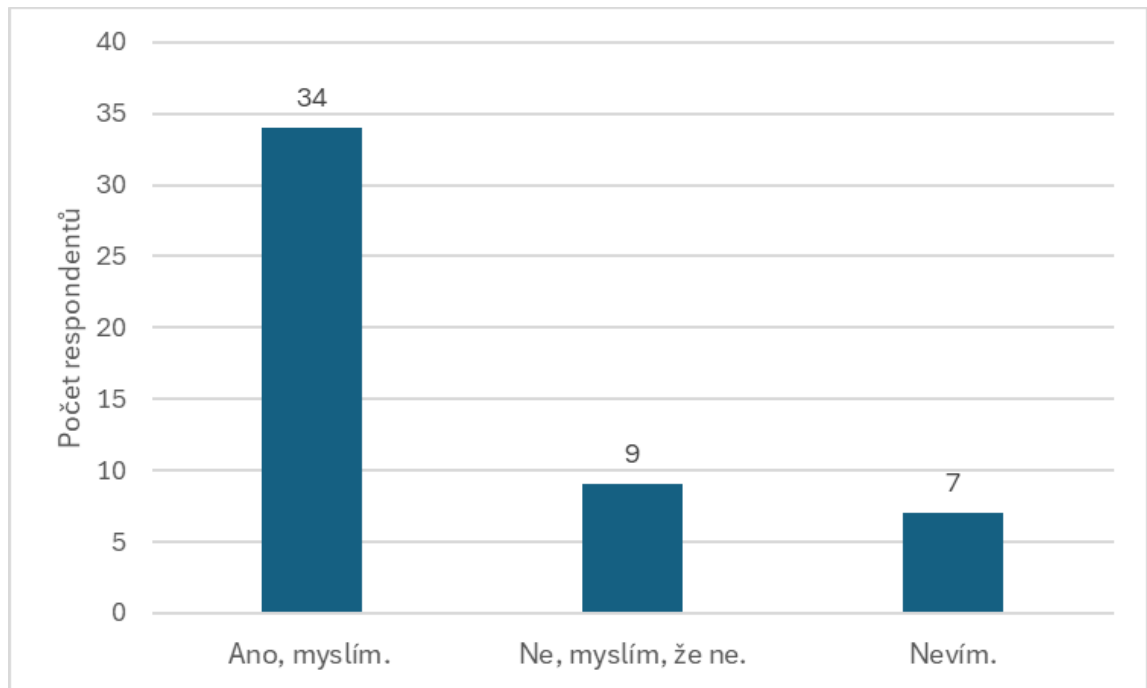
Obrázek 20: Graf otázky patnáct

Na Grafu otázky patnáct, jsou vidět odpovědi na otázku, zda si lidé mohou nechat sponky ve vlasech, pokud nejsou z magnetického materiálu na vyšetření hlavy na magnetické rezonanci. Většina 33 (66 %) respondentů si uvědomuje, že si sponky na vyšetření hlavy musí sundat. 7 (14 %) respondentů neví a 10 (20 %) respondentů si myslí, že si sponky mohou nechat.

Otázka číslo šestnáct:

16. Myslíte si, že vyšetření může být rizikové, při přítomnosti kovu v těle?

- a) Ano, myslím.
- b) Ne, myslím, že ne.
- c) Nevím.



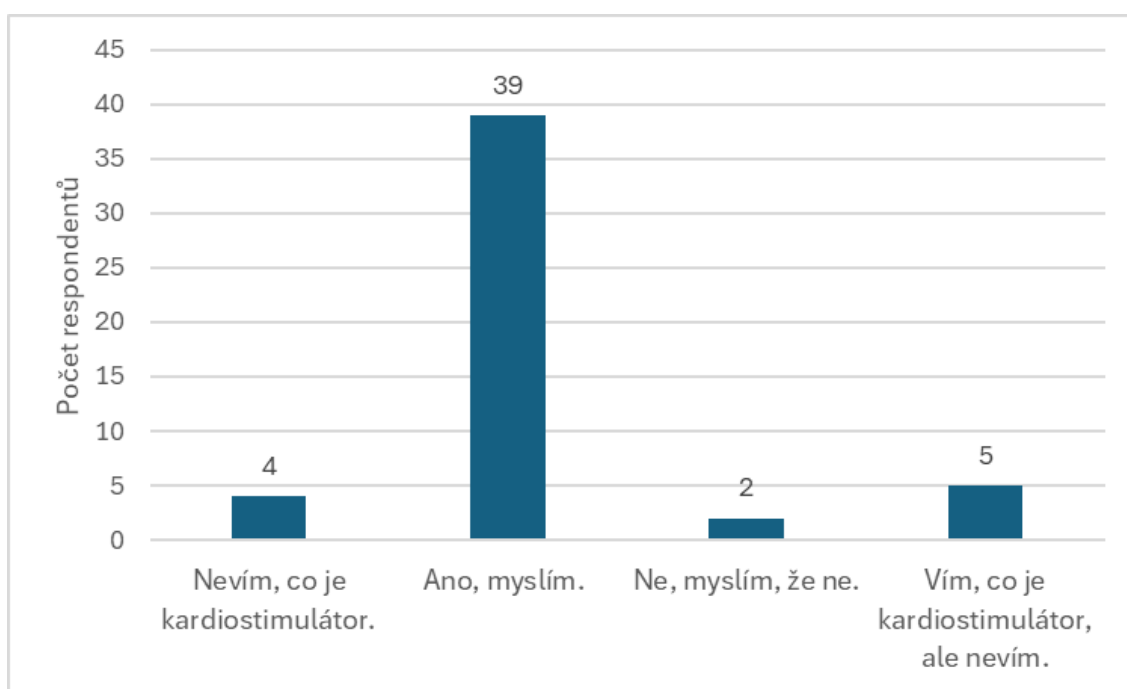
Obrázek 21: Graf otázky šestnáct

Z Grafu otázky šestnáct vyčteme, zda si respondenti myslí, jestli vyšetření může být rizikové při přítomnosti kovu v těle. Odpověď *Ano, myslím* označilo 34 (68 %) respondentů. 7 (14 %) neví a 9 (18 %) respondentů označilo odpověď *Ne, myslím, že ne*.

Otázka číslo sedmnáct:

17. Myslíte si, že vyšetření může být rizikové, pokud má člověk kardiostimulátor?

- a) Nevím, co je kardiostimulátor.
- b) Ano, myslím.
- c) Ne, myslím, že ne.
- d) Vím, co je kardiostimulátor, ale nevím.



Obrázek 22: Graf otázky sedmnáct

Na Grafu sedmnáct je vidět odpověď na otázku, zda si lidé myslí, že vyšetření může být rizikové, pokud má člověk kardiostimulátor. Odpověď *Ano, myslím* označila většina 39 (78 %) respondentů. 4 (8 %) respondenti neví co je kardiostimulátor a 5 (10 %) respondentů ví co je kardiostimulátor, ale neví, zda s ním může být vyšetření rizikové. A poslední skupina 2 (4 %) respondentů označila zápornou odpověď.

## 7 DISKUZE

V této kapitole se podíváme na odpovědi na výzkumné otázky. Co se porovnání s jinými výzkumy týká, tak existuje několik podobných výzkumů a dotazníkových šetření. Z České republiky se jedná například o bakalářskou práci s názvem Úloha radiologického asistenta při informovanosti pacienta před vyšetřeními magnetickou rezonancí a při jeho přípravě k vyšetření, která obsahuje dotazníkové šetření na téma informovanosti pacientů před vyšetřeními magnetickou rezonancí (Slezáková, 2017). V zahraničí existuje výzkum: Assessment of patients' knowledge and perceptions of MRI scans and safety in Saudi Arabia, v překladu: Posouzení znalostí pacientů a jejich vnímání vyšetření magnetickou rezonancí a bezpečnosti v Saúdské Arábii (Alghamdi, 2024). Bohužel i přes podobné zaměření výzkumů se otázky liší natolik, že je možné je srovnávat pouze v omezené míře.

### 7.1 První výzkumná otázka

První výzkumná otázka zní: Jaká je informovanost lidí o magnetické rezonanci? A v dotazníkovém šetření, je pět otázek, k této výzkumné otázce. Jsou to otázky 11, 12, 13, 14 a 15. Jako dostatečně informovaní lidé budou hodnoceni ti, jenž z těchto otázek neměli žádnou chybu, nebo pouze jednu. Pokud zodpověděli dvě a více otázek špatně, budou hodnoceni jako nedostatečně informovaní o magnetické rezonanci.

První otázka k této výzkumné otázce byla otázka číslo 11, která zjišťovala, zda lidé, kteří jdou na vyšetření na magnetickou rezonanci, ví, na jakém principu funguje magnetická rezonance. I přesto, že by se tato otázka mohla zdát poměrně jednoduchá, také z toho důvodu, že pouze v jedné odpovědi se mluví o magnetu, tedy konkrétně o magnetickém poli, tak správnou odpověď dalo pouze 70 % lidí ze všech respondentů. Překvapivé bylo, že si to lidé pletou s metodami nukleární medicíny a myslí si, že se snímá gama záření z pacientova těla, konkrétně si to myslelo 10 % lidí. Naopak pouze 2 % si myslelo, že magnetická rezonance funguje na principu otáčející se rentgenky po kruhové ose, na kterém funguje výpočetní tomografie. Pouze 18 % lidí dalo, že neví.

Druhá otázka k informovanosti lidí o magnetické rezonanci byla otázka 12, která měla za cíl zjistit, jestli lidé vědí, že magnetické pole je v místnosti, i když se zrovna neprovádí vyšetření. Tato otázka dopadla úplně nejhůře ze všech, dokonce špatnou odpověď označilo více lidí než správnou. Správnou odpověď označilo pouze 38 % lidí z celkového vzorku. 40 % lidí si myslelo, že magnetické pole je v místnosti pouze, když probíhá vyšetření, a 22 % se přiznalo, že odpověď neví.

Třetí otázka k první výzkumné otázce byla otázka číslo 13, která se snažila zjistit, jestli lidé mají představu o tom, jak dlouho bude samotné vyšetření trvat. Naopak oproti otázce číslo 12, na tuto otázku odpovědělo nejvíc lidí správně. Správně odpovědělo 92 % lidí z celkového vzorku. Pouze 8 % odpovědělo špatně, z toho si 4 % mysleli, že vyšetření bude trvat pouze do pěti minut a naopak také 4 % si zase mysleli, že vyšetření zabere více než hodinu.

Další otázkou byla otázka číslo 14, která se snažila zjistit, jestli si lidé uvědomují, že se i pro vyšetření na magnetické rezonanci může použít kontrastní látka. Většina lidí dala správnou odpověď, konkrétně 68 %. Špatnou odpověď označilo 18 % a 14 % se přiznalo, že neví.

Poslední otázkou k této výzkumné otázce byla otázka číslo 15, která se snažila zjistit, jestli si lidé uvědomují, že i když daný materiál není vyloženě magnetický a přístroj by ho k sobě nepřitahoval, mohl by ovlivnit výsledný obraz. Například drahé kovy, jako je zlato a stříbro, jsou nemagnetické, ale jejich přítomnost ve vyšetřované oblasti by mohla způsobit mimo jiné artefakty obrazu. Otázka byla samozřejmě položena jednoduše na konkrétním příkladu, protože ptát se na artefakty obrazu by bylo moc složité a daný pojem by nemusel být respondentům znám. Otázka je proto položena tak, jestli si myslí, že si na vyšetření hlavy musí sundat sponky i když by tyto sponky byly z nemagnetického materiálu. Správnou odpověď označila většina 66 % lidí z dotazníkového šetření. 20 % lidí by si sponky ponechalo a zbylých 14 % se přiznalo, že neznají odpověď.

V celkovém hodnocení by tedy uspělo bez chyby 6 respondentů a s jednou chybou 18 respondentů. To znamená, že dle předem nastavených kritérií by bylo dostatečně informovaných o magnetické rezonanci 48 % lidí účastnících se dotazníkového šetření. Průměrný počet chyb u těchto otázek byl 1,68.

## **7.2 Druhá výzkumná otázka**

Druhá výzkumná otázka zní: Jaká je informovanost lidí o kontraindikacích? A v dotazníkovém šetření jsou dvě otázky na kontraindikace. Jsou to otázky 16 a 17. Jako dostatečně informovaní lidé budou hodnoceni ti, jenž z těchto otázek neměli žádnou chybu. Pokud zodpověděli jednu či obě otázky špatně, budou hodnoceni jako nedostatečně informovaní o kontraindikacích.

První otázka ke kontraindikacím byla otázka 16, která se snažila zjistit, zda si lidé uvědomují, že vyšetření, pokud má člověk kovový materiál v těle může být rizikové. Tato otázka byla položena obecně, nebyl použit žádný konkrétní příklad, a to proto, že nám stačilo pouze zjistit, zda si lidé vůbec uvědomují, že by tam mohla být rizika. 68 % lidí kteří se zúčastnili

dotazníkového šetření si tento fakt uvědomuje. 18 % lidí ze všech respondentů si rizik není vědom a 14 % neví.

Druhá otázka ke kontraindikacím a poslední otázka dotazníku měla za cíl se dozvědět, jestli si lidé, kteří jdou na vyšetření magnetickou rezonancí, uvědomují rizika spojená s implantovaným kardiostimulátorem při vyšetření. 78 % lidí ze všech dotázaných si správně myslí, že tam riziko existuje. 8 % dotázaných neví, co je kardiostimulátor, a 10 % ví, co je kardiostimulátor, ale neví, zda s ním může být vyšetření rizikové. Pouze 4 % si rizik nejsou vůbec vědomi.

V celkovém hodnocení by tedy uspělo bez chyby 29 respondentů. To znamená, že dle předem nastavených kritérií by bylo dostatečně informovaných o kontraindikacích 58 % lidí účastnících se dotazníkového šetření. Průměrný počet chyb u otázek na kontraindikace byl 0,52.

V celém dotazníku bylo sedm vědomostních otázek, které měli za cíl odpovědět na dvě výzkumné otázky na to jaká je informovanost lidí o magnetické rezonanci a druhá na to jaká je informovanost lidí o kontraindikacích. Průměrný počet chyb ve všech vědomostních otázkách byl 2,2. Podmínky, co jsme si nastavily o dostatečné informovanosti o magnetické rezonanci a zároveň i o kontraindikacích splnilo 34 % (17) lidí zapojených do dotazníkového šetření.

### **7.3 Třetí výzkumná otázka**

Třetí výzkumná otázka zní: Čeho se respondenti bojí na vyšetření magnetickou rezonancí? V dotazníkovém šetření jsou tři otázky k této výzkumné otázce. Jsou to otázky 8, 9 a 10.

První otázka k této výzkumné otázce byla otázka číslo 8, která zjišťovala, zda lidé z vybraného souboru, kteří přišli na magnetickou rezonanci mozku, mají klaustrofobii. Pouze 12 % lidí z výzkumného souboru uvedlo, že trpí klaustrofobií, zbylých 88 % lidí uvedlo, že strach z malých prostor nemají.

Otázka číslo 9, měla za cíl zjistit, zda respondenti mají strach z vyšetření magnetickou rezonancí či nikoliv. Dohromady mělo strach z vyšetření 32 % respondentů, z toho 24 % respondentů uvedlo, že mají strach trochu, a 8 % respondentů dalo, že mají strach hodně velký. Většina respondentů, konkrétně 68 %, uvedlo, že nepocítují strach z vyšetření.

Desátá otázka navazovala na otázku předchozí a zjišťovala konkrétní důvod strachu u respondentů, kteří uvedli, že strach pocítují. Protože na tuto otázku odpovídala pouze část respondentů, tak výsledná procenta nedají dohromady 100 %. Nejčastější strach respondentů byl z průběhu vyšetření, který uvedlo 12 % ze všech účastníků dotazníkového šetření. 8 %

respondentů mělo strach z výsledků vyšetření. 6 % mělo strach z nemocničního prostředí a dalších 6 % mělo strach, že nevydrží tak dlouho v klidu ležet.

Celkem i s klaustrofobií mělo tedy strach 34 % dotázaných. Většina lidí, co uvedla, že trpí klaustrofobií, tak zároveň přiznala, že mají z vyšetření strach, a to konkrétně především buď z průběhu vyšetření anebo z toho, že nevydrží tak dlouho v klidu ležet. Pouze jeden člověk, co uvedl, že má klaustrofobii, neuvedl, že má strach z vyšetření.

Nastává tedy otázka, jestli by pomohla lepší informovanost lidí, zmírnit strach z vyšetření. S ohledem k tomu, že v mém výzkumném souboru, pociťovala strach méně než polovina respondentů, tak z dat nejde vyvodit žádné závěry, k této otázce, protože výzkumný soubor na to nebyl dost velký. Navíc i v našem malém vzorku to nenaznačuje jakoukoliv kauzalitu mezi lepší informovaností a menším strachem. Strach uvedli jak lidé dostatečně informovaní, dle našich kritérií, tak ti nedostatečně. Zahraněční studie, ale naznačují, že lepší informovanost pacientů o průběhu vyšetření může pomoci snížit jejich úzkost a stres spojený s neznámem. Taková informovanost může zlepšit jejich připravenost na samotné vyšetření a snížit obavy z neznámého. Tento efekt však není univerzální a není dostatečně silný, aby zcela eliminoval strach, zejména u pacientů trpících klaustrofobií, kteří mohou stále pociťovat úzkost i při dostatečné informovanosti.

#### **7.4 Porovnání s podobnými výzkumy**

Dotazníkové šetření v bakalářské práci slečny Slezákové (2017) se zaměřovalo především na to, kde a jakým způsobem lidé před vyšetřením získali informace o vyšetření na magnetické rezonanci, a zda považují tyto informace za dostatečné. Výsledky tohoto šetření byly velmi pozitivní, většina dotázaných si myslela, že mají dostatek informací. Avšak v tomto výzkumu chyběly vědomostní otázky, které by nám poskytly konkrétní údaje o tom, zda respondenti byli opravdu dobře informováni, nebo zda šlo pouze o jejich subjektivní pocit.

V mém výzkumu jsem se rovněž ptala respondentů, zda si myslí, že mají dostatek informací o MR. Většina, konkrétně 70 %, odpověděla, že ano. Nicméně, výsledky vědomostních otázek ukazují, že dostatečně informovaných respondentů je pouze malá část a že jejich vnímání informovanosti je často pouze subjektivním pocitem, který neodpovídá skutečné úrovni jejich znalostí.

Studie ze Saudské Arábie je více podobná mému dotazníkovému šetření a také se zaměřuje především na otestování znalostí týkajících se vyšetření magnetickou rezonancí. Studie se zúčastnilo 200 pacientů, kteří šli na jakékoliv vyšetření na MR, a byla prováděna ve více

zdravotnických zařízeních v Saudské Arábii, což jí poskytlo rozmanitější vzorek respondentů. Tímto způsobem bylo možné lépe posoudit vliv různých demografických faktorů, jako je věk, pohlaví a vzdělání, na úroveň znalostí pacientů o bezpečnosti a postupu při vyšetření MR. Výsledky studie ukázaly, že většina pacientů měla pouze základní povědomí o bezpečnostních aspektech vyšetření MR, což naznačuje, že jejich znalosti byly spíše omezené. I když byly zjištěny určité pozitivní korelace mezi faktory jako věk, vzdělání a úrovní znalostí, celkově byla úroveň informovanosti pacientů o bezpečnosti a postupu vyšetření MR považována za nedostatečnou. Pacienti s vyšším vzděláním a mladší věkovou skupinou měli obecně lepší povědomí o bezpečnostních opatřeních a procesu vyšetření. (Alghamdi, 2024)

Podobné výsledky vyplývají i z mého dotazníkového šetření, které rovněž ukazuje na nedostatečnou informovanost respondentů o MR vyšetření. Tato zjištění naznačují, že pacienti v obou případech nemají dostatečné informace o vyšetření, což může vést k jejich zbytečným obavám nebo dokonce k riziku při samotném vyšetření. Studie rovněž upozornila na potřebu jasné a srozumitelné komunikace ze strany zdravotnického personálu, aby byla zajištěna bezpečnost pacientů a minimalizováno jejich stresové zatížení během vyšetření. (Alghamdi, 2024)

## 8 ZÁVĚR

Tato práce byla rozdělena na dvě části na teoretickou a praktickou. V teoretické části se práce zabývá základní anatomií mozku, přístrojovým vybavením magnetické rezonance, principem magnetické rezonance, základními sekvencemi na MR, tvorbu MR obrazu, artefakty obrazu, kontraindikacemi, kontrastními látky a popisem vyšetření mozku na magnetické rezonanci. Tato část byla napsána za pomoci odborných informací z odborných knih, skript a učebnic českých autorů. Teoretická část práce slouží k vysvětlení a lepšímu porozumění magnetické rezonance, jejím kontraindikacím a samotnému vyšetření mozku na ní. Je to odborný základ pro praktickou část.

V praktické části práce jsme měli za cíl zodpovědět tři výzkumné otázky, byly to otázky: 1. Jaká je informovanost lidí o magnetické rezonanci? 2. Jaká je informovanost lidí o kontraindikacích? 3. Čeho se respondenti bojí na vyšetření magnetickou rezonancí? Na tyto otázky jsem hledala odpovědi za pomoci dotazníkového šetření na radiodiagnostickém pracovišti nemocnice krajského typu. Výzkum byl prováděn kvantitativní metodou, formou mnou konstruovaném dotazníku. Dotazník byl anonymní, dobrovolný a do jeho vyplňování se zapojilo 50 lidí. Díky tomuto šetření se zjistily nedostatky v informovanosti u velkého množství dotázaných. Dle našich předem nastavených kritérií bylo dostatečně informováno jak o magnetické rezonanci, tak i o kontraindikacích pouze 34 % lidí zapojených do dotazníkového šetření. Pokud bychom výzkumné otázky vzali zvlášť, tak by dostatečně informovaných o MR bylo 48 % lidí účastnících se dotazníkového šetření. A o kontraindikacích na MR 58 % lidí účastnících se dotazníkového šetření.

Co se týká strachu, tak strach spojený s vyšetřením ten pocítovalo 34 % lidí zapojených do dotazníkového šetření. Nejčastější strach respondentů byl z průběhu vyšetření, který uvedlo 12 % ze všech účastníků dotazníkového šetření a zároveň stejný počet respondentů uvedl, že trpí klaustrofobií. Dále měli respondenti strach z výsledků vyšetření, z nemocničního prostředí a někteří měli obavu, že nevydrží tak dlouho ležet v klidu.

Vzhledem k nedostatkům v informovanosti jsem se rozhodla vytvořit návrh informačního letáku o magnetické rezonanci pro především praktické lékaře, ale i jiné lékaře odesílající pacienty na magnetickou rezonanci mozku. Tito lékaři si budou moci podle tohoto návrhu vytvořit vlastní verzi informačního materiálu, kterou mohou přizpůsobit specifickým potřebám své praxe a konkrétním pacientům. Věřím, že pokud budou mít pacienti nejen dostatek informací o vyšetření od svého lékaře, ale i možnost si základní informace znovu v klidu přečíst

z informačního letáku, informovanost lidí o magnetické rezonanci a jejich kontraindikacích by se mohla zlepšit. Z těchto důvodů jsem se rozhodla vytvořit návrh informačního letáku, který je součástí této bakalářské práce a nachází se v příloze označené písmenem B.

## 9 POUŽITÁ LITERATURA

ALGHAMDI, Sami A., 2024. *Assessment of patients' knowledge and perceptions of MRI scans and safety in Saudi Arabia*. Front Public Health. [online]. Frontiers Media SA, 12, p. 1439131. doi:10.3389/fpubh.2024.1439131

BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK, 2022. *Základy lékařské fyziky*. Páté vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. 349 s. ISBN 978-80-246-5398-3.

DOLEŽAL, Tomáš a DOLEŽAL, Adam, 2023. *Informovaný souhlas ve zdravotnictví: právní a etické aspekty*. Praha: Ústav státu a práva AV ČR, 391 s. ISBN 978-80-87439-59-3.

DRUGA, Rastislav, Miloš GRIM a Petr DUBOVÝ, 2011. *Anatomie centrálního nervového systému*. Praha: Galén. 219 s. ISBN 978-80-7262-706-6.

FIALA, Pavel a Jiří VALENTA, 2020. *Přehled anatomie centrálního nervového systému*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. 146 s. ISBN 978-80-246-4477-6.

FIALA, Pavel, Jiří VALENTA a Lada EBERLOVÁ, 2015. *Stručná anatomie člověka*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. 243 s. ISBN 978-80-246-2693-2.

HAVLÍČEK, Karel, Zuzana ČERVENKOVÁ a Vít BLANAŘ, 2019. *Anatomické listy*. 4. doplněné vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice. 135 s. ISBN 978-80-7560-242-8.

HEŘMAN, Miroslav, 2014. *Základy radiologie*. [Online]. Učebnice. V Olomouci: Univerzita Palackého. 320 s. ISBN 978-80-244-2901-4. [cit. 2025-01-01]. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/zaklady-radiologie-12778/>.

MALÍKOVÁ, Hana, 2022. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Druhé, aktualizované vydání. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. 118 s. ISBN 978-80-246-5190-3.

MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA, 2014. *Protokoly MR zobrazování*. Praha: Galén. 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4.

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ, 2009. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Karolinum. 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.

NEKULA, Josef a CHMELOVÁ, Jana, 2007. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta. 68 s. ISBN 978-80-7368-335-1.

NOVOTNÝ, Ivan a Michal HRUŠKA, 2015. *Biologie člověka. 5., rozšířené a upravené vydání*. Praha: Fortuna. 247 s. ISBN 978-80-7373-128-1.

ROSINA, Jozef, 2022. *Základy lékařské biofyziky: pro studenty lékařských fakult*. Praha: Grada Publishing. 320 s. ISBN 978-80-271-2574-6.

SEIDL, Zdeněk, Andrea BURGETOVÁ, Eva HOFFMANNOVÁ, Martin MAŠEK, Manuela VANĚČKOVÁ a Tomáš VITÁK, 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing. 372 s. ISBN 978-80-247-4108-6.

SLEZÁKOVÁ, Lucie, 2017. *Úloha radiologického asistenta při informovanosti pacienta před vyšetřeními magnetickou rezonancí a při jeho přípravě k vyšetření*. [online]. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta zdravotnických studií. [cit. 2025-02-05] Dostupné z: <https://theses.cz/id/w2a3vf/>.

SÚKL, 2017. Kontrastní látky obsahující gadolinium – doporučeno pozastavení registrace čtyř lineárních látek. In: *Státní ústav pro kontrolu léčiv* [online]. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2017. [cit. 2025-03-05]. Dostupné z: <https://sukl.gov.cz/farmakovigilance-cs/dulezite-informace-a-upozorneni-k-bezpecnosti-leciv/kontrastni-latky-obsahujici-gadolinium-doporuceno-pozastaveni-registrace-ctyr-linearnich-latek/>

VOKURKA, Martin a HUGO, Jan, 2004. *Praktický slovník medicíny. 7., rozš. vyd.* Praha: Maxdorf. 492 s. ISBN 80-7345-009-7.

VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK, 2023. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Třetí, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 164 s. ISBN 978-80-244-6204-2.

## **10 PŘÍLOHY**

Příloha A – <i>Dotazník</i> .....	60
Příloha B – <i>Návrh informačního letáku</i> .....	62

## Dotazník magnetická rezonance mozku

Dobrý den, dotazník je určen pro lidi, kteří jdou na magnetickou rezonanci mozku. Tento dotazník je dobrovolný a zcela anonymní, máte možnost kdykoli v průběhu vyplňování skončit. Vyplněné dotazníky budou sloužit jako podklad k mé bakalářské práci. Pokud se dotazník rozhodnete vyplnit, velmi vám děkuji.

1. Jaký je váš věk?

- a) 18–35 let
- b) 36–50 let
- c) 51–65 let
- d) 66 let a víc

2. Pohlaví:

- a) Žena
- b) Muž

3. Nejvyšší dosažené vzdělání:

- a) Základní
- b) Středoškolské
- c) Vyšší odborné
- d) Vysokoškolské

4. Byli jste už někdy na magnetické rezonanci?

- a) Ne.
- b) Ano, jednou.
- c) Ano, dvakrát.
- d) Ano, více než dvakrát.

5. Myslíte si, že máte dostatek informací o magnetické rezonanci?

- a) Ano.
- b) Ne.

6. Informoval vás váš odesílající lékař o průběhu vyšetření?

- a) Ano.
- b) Ne.

7. Kde jste získávali informace? (zakroužkujte jeden hlavní zdroj informací)

- a) Na internetu.
- b) Od známých nebo rodiny.
- c) Od lékaře.
- d) Z knih, časopisů, letáků.

8. Trpíte klaustrofobií?

- a) Ano.
- b) Ne.

9. Máte strach z vyšetření?
- a) Ano, trochu.
  - b) Ne.
  - c) Ano, hodně.
10. Pokud máte strach, z čeho ho máte?
- a) Z výsledku vyšetření.
  - b) Z průběhu vyšetření.
  - c) Z nemocničního prostředí.
  - d) Z toho, že neovládnete tak dlouho ležet v klidu.
  - e) Z něčeho jiného.
11. Na jakém principu funguje magnetická rezonance?
- a) Na principu otáčející se rentgenky po kruhové ose.
  - b) Na principu snímání gama záření z pacientova těla.
  - c) Na principu silného magnetického pole a radiofrekvenčních pulzů.
  - d) Nevím.
12. Myslíte si, že magnetické pole je v místnosti, i když přístroj zrovna nevyšetřuje?
- a) Ano, myslím, že je.
  - b) Ne, myslím, že pouze v moment, kdy probíhá vyšetření.
  - c) Nevím.
13. Jak dlouho si myslíte, že bude vyšetření trvat?
- a) Do 5 minut.
  - b) Několik desítek minut.
  - c) Více jak hodinu.
14. Myslíte si, že se pro magnetickou rezonanci používá kontrastní látka?
- a) Ano.
  - b) Ne.
  - c) Nevím.
15. Myslíte si, že si můžete nechat sponky ve vlasech, pokud nejsou z magnetického materiálu?
- a) Ano, myslím, že mohu.
  - b) Ne, myslím, že si je na vyšetření hlavy musím sundat.
  - c) Nevím.
16. Myslíte si, že vyšetření může být rizikové, při přítomnosti kovu v těle?
- a) Ano, myslím.
  - b) Ne, myslím, že ne.
  - c) Nevím.
17. Myslíte si, že vyšetření může být rizikové, pokud má člověk kardiostimulátor?
- a) Nevím, co je kardiostimulátor.
  - b) Ano, myslím.
  - c) Ne, myslím, že ne.
  - d) Víím, co je kardiostimulátor, ale nevím.

### **Co je magnetická rezonance (MR)?**

Magnetická rezonance je moderní, neinvazivní vyšetřovací metoda, která využívá silné magnetické pole (které je v místnosti aktivní i mimo vyšetření) a rádiové vlny k vytvoření snímků vnitřních struktur vašeho těla. Na rozdíl od rentgenu a CT, MR nevyužívá ionizující záření, které může být ve vysokých dávkách škodlivé.

### **Co se bude dít během vyšetření?**

Vyšetření MR je bezbolestné a trvá od 20 minut do jedné hodiny, v závislosti na konkrétním vyšetření. Před vyšetřením budete požádáni, abyste si v kabině odložili veškeré kovové předměty, jako jsou šperky, hodinky, brýle nebo kovové sponky ve vlasech. Dále je nutné si odložit veškeré oblečení, které obsahuje kovové součásti, například pásek, kalhoty se zipem nebo kovové knoflíky. Během vyšetření budete ležet na stole, který se bude pohybovat do magnetického přístroje. Budete slyšet hlasitý zvuk z přístroje, ale tento zvuk je normální, abyste chránili svůj sluch, můžete si sebou vzít špunty do uší. Je důležité, abyste během vyšetření zůstali klidní a nehybní, aby vyšetření bylo hodnotitelné.



### **Jak se na vyšetření připravit?**

Vyšetření magnetickou rezonancí obvykle nevyžaduje speciální přípravu. Výjimkou je například vyšetření břicha.

## Bezpečnostní upozornění a kontraindikace

I když je MR bezpečná metoda, existují určité situace, kdy nemusí být bezpečné ji podstoupit. Před vyšetřením informujte lékaře, pokud se vás týká některá z následujících kontraindikací:

- **Kovové implantáty:** Například kardiostimulátory, umělé klouby, kovové úlomky.
- **Těhotenství:** I když MR není považována za nebezpečnou pro plod, doporučuje se vyhnout MR v prvním trimestru těhotenství, pokud není nezbytně nutná. Vždy je třeba konzultovat s lékařem.
- **Alergie na kontrastní látky:** Některá vyšetření vyžadují kontrastní látky. Pokud máte alergii na tuto látku, informujte lékaře.
- **Cizí kovové předměty v těle:** Například kovové střepey nebo šrouby.
- **Klaustrofobie:** MR vyšetření vyžaduje, aby pacient ležel v úzkém prostoru (v tunelu přístroje). Pokud máte závažnou klaustrofobii, může být vyšetření obtížné. V některých případech lze zvážit použití sedativ nebo alternativní vyšetřovací metody.
- **Nedávné chirurgické zákroky:** Pokud byl nedávno proveden chirurgický zákrok, při němž byly implantovány kovové zařízení nebo materiály, je důležité informovat lékaře, protože to může ovlivnit možnost provedení MR vyšetření.

Pokud máte jakékoliv z těchto problémů, informujte před vyšetřením svého lékaře nebo personál, aby se zajistila vaše bezpečnost.

Použitá literatura:

GEORGE, R., DELA CRUZ, J., STEWART, O., SINGH, R. a ILANGO VAN, R., 2023. *MRI Master [online]*. London: MRI Master. [cit. 2025-03-12]. Dostupné z: <https://mrimaster.com/>

MECHL, M., TINTĚRA, J., ŽIŽKA, J., VYMAZAL, J. a KLZO, E., 2010. Kontraindikace a rizika vyšetření pomocí magnetické rezonance. *Česká radiologie [online]*. Česká radiologická společnost, 64(1), s. 69–75. Dostupné z: <https://www.crs.cz/media/File/pdf/RizikaaKlvysetrovaniMR.pdf>

VOMÁČKA, J., NEKULA, J. a KOZÁK, J., 2023. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Třetí, doplněné vydání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 164 s. ISBN 978-80-244-6204-2.