



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Kovové implantáty v MR

Metal implants in MRI

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Klára Gilíková

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Oto Slowik

Kladno 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Gilíková** Jméno: **Klára** Osobní číslo: **483285**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Kovové implantáty v MR

Název bakalářské práce anglicky:

Metal Implants in MRIs

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude zpracování problematiky implantovaných kovových materiálů v těle pacienta vyšetřovaného magnetickou rezonancí. Teoretická část bude obsahovat popis základních principů zobrazování MR a problematiky kovů v MR. Kovové implantáty budou rozděleny do podkapitol dle jejich typů, včetně kovových cizích těles, a budou popsána úskalí při vyšetřování a možnosti, jak jejich negativní efekt minimalizovat. V praktické části se bude bakalářská práce zabývat problematikou MR kompatibilních kardiostimulátorů a implantabilních kardioverter-defibrilátorů. Bude prováděno dotazníkové šetření na pracovišti kardiologie FN Královské Vinohrady, které bude zaměřeno na ověření znalostí pacientů s integrovaným MR kompatibilním kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem o možnostech a úskalích vyšetřování v MR. Výsledky budou statisticky zpracované a ze závěrů bude vytvořen edukační materiál ve formě informačního letáku, který bude sloužit těmto pacientům k lepší orientaci v problematice vyšetření na MR.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MALÍKOVÁ, Hana, Základy radiologie a zobrazovacích metod, Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019, ISBN 978-80-246-4036-5
- [2] ANSORGE, Richard a Martin GRAVES, Physics and Mathematics of MRI, ed. San Rafael, Morgan & Claypool Publishers, 2016, ISBN 978-1-68174-004-1
- [3] NAZARIAN, Saman, Rozann HANSFORD, Amir A. RAHSEPAR, et al., Safety of Magnetic Resonance Imaging in Patients with Cardiac Devices, New England Journal of Medicine, ročník 377, číslo 26, 2017

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Oto Slowik

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2021**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Kovové implantáty v MR vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 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.

V Kladně dne 11.05.2021

.....
Klára Gilíková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce, Mgr. Otovi Slowikovi, za poskytnuté rady a připomínky, ochotu podílet se na řešení překážek, trpělivost a čas, který mi během zpracování této práce věnoval. Poděkování patří také Kardiologické klinice FN Královské Vinohrady za umožnění sběru dat, a zaměstnancům Radiodiagnostické kliniky FN Královské Vinohrady za pomoc při sběru těchto dat. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a blízkým, za podporu nejen během psaní této práce, ale také během celého studia.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou kovových implantátů v magnetické rezonanci, se zaměřením na informovanost pacientů se zavedeným implantabilním kardiostimulátorem nebo kardioverter-defibrilátorem a možnostech či úskalích při vyšetření na MR.

Teoretická část se nejprve věnuje historii vzniku a postupnému vývoji magnetické rezonance. V dalších kapitolách je popsán princip magnetické rezonance od vzniku signálu přes relaxační čas a gradienty magnetického pole, po zobrazovací sekvence. Dále je rozebrána bezpečnost a kompatibilita při vyšetření pacientů s kovovými implantáty i fyzikální aspekty, které mohou mít vliv na vznik nežádoucích účinků při tomto vyšetření. V samostatných kapitolách 3.3.2.1. – 3.3.2.5. pojednáváme o kovových implantátech, které jsou specifické pro konkrétní medicínské odvětví a na základě publikovaných studií hodnotíme, zda se jedná o kontraindikaci vyšetření na MR či nikoliv.

V rámci praktické části jsme sbírali data na kardiologické klinice FN Královské Vinohrady. Pro sběr dat byl vytvořen strukturovaný dotazník, který se soustředil na otázky ohledně informovanosti pacientů o návštěvě magnetické rezonance s integrovaným kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem. Data jsme vyhodnotili a výsledky pro přehlednost znázornili pomocí tabulek. Následně jsme vyhodnotili stanovené hypotézy a pro lepší přehlednost doplnili o prostorové výsečové grafy. Hypotézy č. 1, 2, 3, 5, 6, 7 jsme přijali a hypotézu č. 4 zamítli. Na základě přijetí většiny stanovených hypotéz a výsledků dotazníkového šetření, jsme vytvořili stručný a jednoduchý informační leták, shrnující kroky, které je nutné podstoupit před vyšetřením na magnetické rezonanci. Druhou částí letáku je výčet nejčastěji implantovaných zařízení, které klinika kardiologie FN Královské Vinohrady využívá a pro jejíž pacienty je tento informační leták určen. Hlavním účelem informačního letáku je edukace

pacientů, zvýšení míry informovanosti a zlepšení jejich spolupráce při vyšetření na magnetické rezonanci s integrovaným kardiostimulátorem nebo implantabilním kardioverter-defibrilátorem.

Klíčová slova

Magnetická rezonance; kardiostimulátor; implantabilní kardioverter-defibrilátor; kovové implantáty; informovanost pacientů; bezpečnost

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the issue of metal implants in MRI with a focus on patient awareness with an implanted pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator about the possibilities and pitfalls of MRI examination.

At first, the theoretical part focuses on the history, formation and development of MRI. In the following chapters, the principle of magnetic resonance is described, from signal generation through relaxation time and magnetic field gradient to imaging sequences. Also, we discuss safety and compatibility during MRI examination of patients with metal implants and the physical aspects that can lead to the occurrence of adverse side effects during this examination. In separate chapters 3.3.2.1. – 3.3.2.5 we describe metal implants specific for particular medical fields, and based on already published studies, we discuss whether it is a contraindication or not.

Within the practical part, we collected data at the cardiology clinic FN Královské Vinohrady. For the data collection, we used a structured questionnaire which is focused on patient awareness about an MRI attendance with an integrated pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator. We evaluated the data and, for clarity, presented them in tables. Then, we evaluated the hypotheses, and for clarity, we presented them in graphs. Hypothesis number 1, 2, 3, 5, 6, 7 we accepted, number 4 we did not accept. Based on the acceptance of the majority of hypotheses and the results of the questionnaire, we made a brief and simple information leaflet, which summarizes the steps that must be undergone before the MRI examination. The second part of the leaflet summarizes the most commonly used implantable devices at the cardiology clinic FN Královské Vinohrady for whose patients the leaflet is intended. The main purpose of this information leaflet is the education of patients, improvement of patient awareness and bettering their cooperation before and

during the MRI examination in patients with an integrated pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator.

Keywords

Magnetic resonance; pacemaker; cardioverter-defibrillator; metal implants; patient awareness; safety

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle práce.....	13
3	Přehled současného stavu.....	16
3.1	Historie.....	16
3.2	Magnetická rezonance.....	17
3.2.1	Princip magnetické rezonance.....	17
3.2.2	Vznik signálu.....	18
3.2.3	Relaxační čas.....	19
3.2.4	Gradienty magnetického pole.....	20
3.2.5	Zobrazovací sekvence.....	21
3.3	Bezpečnost a kompatibilita.....	24
3.3.2	Kovové implantáty v magnetické rezonanci.....	27
4	Metodika.....	39
4.1	Metoda sběru dat.....	39
4.2	Průběh sběru dat.....	39
4.3	Obsah dotazníku.....	39
4.4	Vyhodnocení dotazníku.....	40
5	Výsledky.....	41
5.1	Informační leták.....	56
6	Diskuze.....	60
7	Závěr.....	67
8	Seznam použitých zkratk.....	69
9	Seznam použité literatury.....	70

10	Seznam použitých obrázků.....	75
11	Seznam použitých tabulek.....	76
12	Seznam Příloh.....	77

1 ÚVOD

Práva pacientů v oblasti zdravotnictví a jejich informovanost jsou stále aktuálním tématem. V průběhu let se v rámci tohoto tématu mění otázky, na které společnost hledá odpověď. Dříve to byly otázky, jestli vůbec mají být pacienti informováni, jak moc nebo jakým způsobem. Metou volby dnešní doby je maximální informovanost pacienta o jeho stavu, o průběhu léčby, o průběhu vyšetření, o medikaci apod. Když pacient ví, co ho čeká, je to v mnoha případech lepší, než když si domýšlí scénáře a obává se toho nejhoršího. Psychický stav pacienta hraje důležitou roli v průběhu léčby. Zároveň informovanost pacienta může přinést i velké výhody pro zdravotnický personál. Různá vyšetření si žádají předchozí specifickou přípravu a v případě, že je o ní pacient dostatečně edukován a na vyšetření dorazí dle požadavků, ušetří to nejen čas a energii, ale dojde i ke zvýšení kvality vyšetření.

Magnetická rezonance je nejmladší a stále vyvíjející se zobrazovací metodou, která se využívá čím dál tím častěji. Na začátku vývoje měla tato metoda nespočet kontraindikací, které eliminovaly skupiny pacientů mohoucí toto vyšetření podstoupit. Jednou z těchto kontraindikací byly obecně kovové implantáty v těle pacienta. Nejen technologie magnetické rezonance se posouvala dopředu, ale zároveň i materiály kovových implantátů. S vývojem a implementací těchto materiálů do zdravotnické praxe, došlo ke zpřístupnění vyšetření magnetickou rezonancí pro mnoho pacientů, pro které by jinak toto vyšetření mohlo znamenat poškození jejich zdraví.

A protože je magnetická rezonance stále relativně čerstvou modalitou, rozšiřující škálu diagnostických možností o nová vyšetření, je dostatečná informovanost a kvalitní edukace pacienta velice důležitá. Vlastnosti, jako jednoduché, stručné a přehledné shrnutí nejdůležitějších informací, ke kterým se

pacient může vrátit, by měl splňovat i náš informační leták pro pacienty kardiologické kliniky FN Královské Vinohrady.

2 CÍLE PRÁCE

2.1 Úvod

Návštěva zdravotnického zařízení, lékaře a řešení zdravotního stavu může být pro pacienty stresující. Informovanost o diagnózách, průběhu vyšetření, které mají podstoupit, o lécích, které mají brát, implantátech nebo jiných pomůckách, které ke své léčbě využívají je důležitá. Snažíme se předcházet vzniku obav pacienta z toho, co ho čeká, zachovává to jeho psychický stav na dobré úrovni, což zvyšuje efektivitu léčby a zároveň tak předcházíme vzniku nežádoucích situací.

Při edukaci pacienta je důležité, aby předání informací bylo srozumitelné a dostatečné. Může se stát, že je pacient zahlcen velkým množstvím informací, které není schopen pod stresem prostředí zpracovat nebo mohou být informace předány v odborném jazyce, kterému pacient nerozumí. Vyplývá z toho, že pacient, který byl edukován, nemusí být zpravidla dostatečně informovaný.

2.2 Předmět a cíl práce

V praktické části se bude bakalářská práce zabývat ověřením znalostí pacientů s integrovaným MR kompatibilním kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem o možnostech a úskalích vyšetření na magnetické rezonanci. Ověření informovanosti pacientů bude probíhat skrze kvantitativní výzkum formou anonymního nestandardizovaného dotazníku.

Výstupem praktické části bude informační leták, který bude určen pacientům kardiologické kliniky FN Královské Vinohrady. Umožní jim jednodušší orientaci v náležitostech, které předchází vyšetření na magnetické rezonanci. Informační leták bude také obsahovat souhrn nejčastěji využívaných implantabilních kardiostimulátorů a ICD na kardiologické klinice FN Královské Vinohrady.

2.3 Stanovené hypotézy

V rámci našeho výzkumu, prováděného pomocí dotazníku, jsme stanovili následující hypotézy:

Hypotéza č. 1

Předpokládáme, že více než 50 % respondentů ví, že s kompatibilním kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem vyšetření na magnetické rezonanci lze provést.

Hypotéza č. 2

Předpokládáme, že méně než 50 % respondentů obdrželo informaci o kompatibilitě či nekompatibilitě vlastního zařízení s MR.

Hypotéza č. 3

Předpokládáme, že více než 50 % respondentů obdrželo informace ohledně možných nežádoucích účinků při vyšetření na MR se zavedeným kardiostimulátorem nebo implantabilním kardioverter-defibrilátorem.

Hypotéza č. 4

Předpokládáme, že méně než 50 % pacientů ví o nutné návštěvě kardiologa před vyšetřením na magnetické rezonanci.

Hypotéza č. 5

Předpokládáme, že více než 50 % pacientů ví o nutné návštěvě kardiologa před vyšetřením na magnetické rezonanci.

Hypotéza č. 6

Předpokládáme, že více než 50 % bylo informováno o krocích, které je nutné vykonat před vyšetřením na magnetické rezonanci.

Hypotéza č. 7

Předpokládáme, že více než 50 % respondentů bude považovat informační leták jako přínos.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Historie

Na vzniku a uvedení magnetické rezonance, jakožto zobrazovací metody, do klinického provozu se podílelo v průběhu mnoha let nespočet vědců. Předchůdcem magnetické rezonance byla spektroskopie. Základní stavební kámen této zobrazovací metody položil fyzik Isidor Isaac Rabi. Jeho práce vedla k objevení metody, která umožňuje měřit magnetické vlastnosti atomů, jaderných částic a molekul. V dnešní době je tato metoda měření známá jako magnetický moment jader, který se měří na základě spinu protonů v atomovém jádře. Za tyto přínosy, byl v roce 1944 oceněn Nobelovou cenou. V evoluci magnetické rezonance dále pokračovali fyzici Edward Mills Purcell a Felix Bloch, kteří byli za své přínosy v roce 1952 taktéž oceněni Nobelovou cenou. Věnovali se spíše technickým aspektům a tím umožnili modernizaci spektroskopie a její využití v praxi. [1,2,3]

V dalších 20 letech, se předchůdce magnetické rezonance (resp. spektroskopie), využíval především v odvětví fyziky a chemie. Do světa medicíny se MR dostala v 70. letech 20. století, za což vděčíme Paulu Lauteburovi a Peterovi Mansfieldovi. Výstupem vědecké práce Paula Lautebura, byl vznik 2D obrazu, vytvořený z 1D projekcí. Krátce na to, Peter Mansfield přišel s obdobnou metodou, která umožňovala získat rovnou snímky ve 2D během několika milisekund. Oba byli v roce 2003 za tyto poznatky oceněni Nobelovou cenou. S možností generovat 2D či 3D obrazy aplikací Fourierovy transformace, přišel Richard Ernst, taktéž držitel Nobelovy ceny. [1,2]

Na trh byly první magnetické rezonance ke klinickému využití představeny kolem roku 1983.

3.2 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je zobrazovací metodou, využívanou především v radiodiagnostice. Od ostatních zobrazovacích metod, které se v radiodiagnostice využívají na denní bázi jako je skiografie nebo výpočetní tomografie, se liší tím, že nevyužívá ionizujícího záření. Jedná se o metodu neinvazivní, poskytující informace o biochemických procesech. Znamená to tedy, že mimo informace o anatomii, nám může poskytnout informace o průtoku krve tkání nebo orgánem tzv. perfuzi, dále nám také umožní zobrazení difuze – tzv. DWI (diffusion weighted imaging), které své užití nachází mimo jiné u časných změn ve tkáních, které poukazují na patologické změny. [4,5]

Mezi vlastnosti charakteristické pro výsledný digitální obraz se řadí kontrast, který lze popsat jako rozdíl intenzit v signálu v různých tkáních a jas, kdy stupně šedi výsledného obrazu jsou charakterizovány právě jeho intenzitou. Zobrazuje kosti i plíce, ale oproti ostatním zobrazovacím metodám, se magnetická rezonance vyznačuje především výborným kontrastem měkkých tkání. [2,4]

3.2.1 Princip magnetické rezonance

„Pro zobrazování na MR využíváme fyzikálního jevu, kdy se jádra atomů s lichým počtem protonů chovají jako slabý magnet a mohou tak při umístění do magnetického pole přijímat a emitovat energii ve formě elektromagnetického vlnění.“ [3, s.28] Využití atomových jader se sudým počtem protonů není možné, z důvodu vyrušení magnetického momentu způsobené jejich charakteristickou vlastností - párováním těchto protonů. [6]

Z teoretického hlediska lze využít jakákoliv atomová jádra s lichým počtem protonů, jako jsou ^{13}C , ^{23}Na , ^{31}P . Avšak ideálním prvkem je vodík, hlavně z toho

důvodu, že se nachází ve všech organických sloučeninách. Z medicínského hlediska je nejpodstatnější, že se nachází také ve vodě, která je přítomná v biologických tkáních. [4,6]

Podstatou zisku dat pro zobrazení dané oblasti je nutné dodat energii protonům vodíku, což je prováděno vysíláním rádiové vlny do vyšetřovaného těla, jinak řečeno protonům je dodávána energie ve formě radiofrekvenčních pulsů. Protony, kterým byla dodána energie, následně získanou energii ztrácí a vrací se do svého původního stavu. Tuto ztrátu nazýváme procesem relaxace, během které jsou z vyšetřovaného těla vysílány signály, které zachycujeme pomocí přijímacích cívek, umístěných na těle pacienta. Podmínkou pro fungování je přítomnost silného magnetického pole, jehož velikost síly ovlivňuje kvalitu zobrazení. [5]

3.2.2 Vznik signálu

Před umístěním pacienta do zevního magnetického pole jsou protony vodíkových jader v jeho těle orientovány zcela náhodně. Umístíme-li tělo do silného zevního magnetického pole, protony vodíkových jader se usměrní souběžně s jeho směrem. Existují dvě možnosti orientace – paralelní nebo antiparalelní, ale vzhledem k tomu, že více protonů je orientováno paralelně, výsledný magnetický moment směřuje též paralelně. Důvodem, proč je větší množství protonů orientováno paralelně, je, že tento stav je ve srovnání s antiparalelní orientací energeticky výhodnější, méně náročný. [5,6]

Vektor výsledné magnetizace vykonává pohyb okolo své osy s určitou frekvencí, tzv. precesní pohyb. Frekvence tohoto pohybu stoupá se zvyšující se silou magnetického pole, ve kterém jsou atomová jádra umístěna. Frekvence precesního pohybu, jinak nazývána Larmorova frekvence, je důležitá pro dodání

energie protonům. Aby došlo k excitaci protonů vodíku, musí mít radiofrekvenční pulzy, kterými energii dodáváme stejnou frekvenci, jako je právě jejich Larmorova frekvence. Je to jedna z podmínek, kterou je nutné splnit, abychom docílili tzv. rezonance. [5,6]

Druhou podmínkou pro vznik rezonance, je působení externího magnetického pole ve formě radiofrekvenčního pulzu, které je kolmé na statické magnetické pole. Tento rychlý radiofrekvenční pulz vede k odklonu výsledné magnetizace jader nejčastěji o 90° , tzn. do roviny kolmé ke statickému magnetickému poli. O kolik stupňů se nám magnetický moment vychýlí, záleží na velikosti dodané energie, jinak řečeno na amplitudě a délce trvání pulzu. Tento radiofrekvenční pulz nám mimo jiné také synchronizuje precesní pohyb protonů. Po odeznění tohoto pulzu, výsledné magnetické momenty vykonávají v odkloněné rovině precesní pohyb již synchronizovaně, s Larmorovou frekvencí, a to vede k emisi radiofrekvenčního vlnění, které můžeme zaznamenávat na tzv. přijímacích cívkách uložených na těle pacienta ve formě proměnného elektrického napětí. [4,5,6]

3.2.3 Relaxační čas

Již v předchozí kapitole bylo zmíněno, že po vychýlení jader radiofrekvenčním pulzem dochází k emisi získané energie. Uvolňováním této energie se dostávají jádra zpět do svého původního stavu a obsazují tak zpátky energetické hladiny základního stavu. Tento proces nazýváme relaxací. Vzhledem k odlišnostem různých tkání například v chemických vazbách, velikostech molekul, kterými jsou tvořeny, není rychlost relaxace pro každý druh tkáně stejný. [4]

3.2.3.1 T1 relaxační čas

Rychlost tohoto procesu nazýváme T1 relaxací. Je charakterizována jako „*doba, která je nutná k zotavení 63 % původní longitudinální magnetizace.*“ [6, s.55] Čím kratší je T1 relaxační čas, tím větší vzniká signál a čím větší signál, tím světlejší se jeví. Tkáně jeví se světle jsou tedy tvořeny menšími molekulami, které se pohybují rychleji, např. molekuly vody a tkáně jeví se tmavší jsou tvořeny molekulami většími, které se pohybují pomaleji, např. molekuly proteinů. Přesto jsou nejlepším zdrojem signálu molekuly o střední velikosti, neboť frekvence jejich pohybu, se blíží Larmorově frekvenci, která jak již bylo zmíněno, je závislá na síle magnetického pole. Z toho tedy vyplývá, že doba trvání T1 relaxačního času závisí na frekvenci pohybu molekul a velikosti magnetického pole. [4,6]

3.2.3.2 T2 relaxační čas

T2 relaxační čas charakterizujeme jako „*pokles transverzální magnetizace z maxima na 37 % původní hodnoty.*“ [4, s.56] Jinak řečeno, je to čas, který popisuje, jak rychle zanikne měřitelná makroskopická magnetizace působící v transverzálním směru na vnější magnetické pole. K zániku této magnetizace, jinými slovy k zániku intenzity tohoto magnetického pole dochází rozfázováním jader jejich vychýlením aplikací radiofrekvenčního pulzu. Ve srovnání s T1 relaxačním časem je T2 relaxační čas kratší, v mnohem menší míře závisí na intenzitě vnějšího magnetického pole, ale oba časy se odvíjejí od toho, o jaký druh tkáně se jedná. Pro velké molekuly pohybující se pomaleji je T2 relaxační čas kratší, a proč rychle se pohybující molekuly je T2 relaxační čas delší. [4,6]

3.2.4 Gradienty magnetického pole

Již bylo zmíněno, na jakém principu vzniká signál, který využíváme v zobrazování magnetickou rezonancí. Další otázkou tedy zůstává, jakým způsobem tyto signály zachycujeme a převádíme do obrazové podoby. Na těchto

procesech se podílejí hlavně gradientní a přijímací cívkami. Proměnné magnetické pole, jinak nazývané jako gradient magnetického pole využíváme ke změně intenzity základního stacionárního pole ve směru podél osy x, y nebo z. Tyto gradienty jsou generovány gradientními cívkami, které se v přístroji magnetické rezonance vyskytují v počtu tří. Gradientní cívky mohou generovat gradient buď jednotlivě podél os, které jsou na sebe kolmé, nebo společně, což vede k možnosti aplikovat gradient v libovolném směru. Předpokládáme, že při provádění vyšetření magnetické rezonance zobrazujeme konkrétní oblast, tudíž vrstva, ze které chceme získat signály nebo jinak řečeno, vrstva, o které chceme získat prostorovou informaci je nám známá. Můžeme tedy aplikovat gradient s radiofrekvenčními pulzy, které odpovídají frekvenci precesního pohybu protonů právě té vrstvy, která nás zajímá. Dochází k tomu, že excitují protony pouze s frekvencí precesního pohybu odpovídající frekvenci radiofrekvenčního pulzu s gradientem. Z toho plyne, že to, jaký řez budeme zobrazovat závisí na použité frekvenci radiofrekvenčního pulzu a to, jak velký gradient aplikujeme, nám říká, jaká bude tloušťka řezu. Vysílání radiofrekvenčních pulzů s gradientem se opakuje spolu s přijímáním signálu na přijímacích cívkách. Tento proces se opakuje tak dlouho, dokud nezískáme dostatečné množství dat, které stačí pro vznik výsledného obrazu rekonstrukcí. [5,6]

3.2.5 Zobrazovací sekvence

Na konci předchozí kapitoly bylo uvedeno, že proces vysílání radiofrekvenčních pulzů a nabírání dat na přijímacích cívkách se opakuje, tedy pracuje v sekvencích, dokud nezískáme dostatek signálu pro vznik obrazu. Existují různé typy sekvencí, které se liší odlišnou kombinací radiofrekvenčních pulzů, intenzitou gradientů a jejich načasováním. Vede to k rozdílnému výslednému kontrastu, a umožňuje nastavení různých variací pro získání nejlepšího výsledného obrazu u různých zkoumaných objemů v těle pacienta.

Abychom mohli přejít k jednotlivým sekvencím, je důležité zmínit dva základní parametry. Prvním parametrem je repetiční čas. Už bylo řečeno, že aplikace radiofrekvenčních pulzů se opakuje. Repetiční čas je čas charakterizující dobu právě mezi dvěma excitačními radiofrekvenčními pulzy. Druhým velmi důležitým parametrem je čas echa (TE), který je charakterizovaný jako „*doba, která uplyne od středu 90°RF excitačního pulzu do středu echa.*“ [4, s.56] Jinak řečeno čas echa popisuje dobu, která uplyne mezi radiofrekvenčním pulzem působícím excitaci a náběrem dat. [4,5,6]

Následující kapitoly se budou věnovat základním, nejčastěji používaným sekvencím.

3.2.5.1 Spin echo (SE) sekvence

Jedná se o nejjednodušší sekvenci, která je kombinací gradientů a pulzu v 90°, na který navazuje v polovičním čase echa refokuzující pulz v 180°, vedoucí ke vzniku echa v čase TE. Střídání aplikace těchto pulzů se opakuje. Podstatou 180° pulzu je, že zajišťuje rychlejší sfázování magnetických momentů spinů, tedy kompenzuje zánik MR signálu. Zánik signálu je způsobený konstantními nehomogenitami pole, které vedou ke vzniku odlišných frekvencí precesního pohybu spinů, jinak řečeno, vedou k jejich defázaci. [4,6]

3.2.5.2 Gradientní echo (GE) sekvence

Gradientní echo sekvence se od SE sekvence liší tím, že neaplikuje 180° pulz. To znamená, že nekompenzuje, ale naopak akcentuje nehomogenity pole. Místo toho využívá gradientů opačné polaroty, tzv. bipolárních gradientů, což vede k možnosti pracovat s mnohem kratšími TE i TR. Zároveň nelze aplikovat velké sklápěcí úhly excitačních pulzů jako u SE, protože „*jestliže použijeme velký sklápěcí úhel excitačního pulzu s krátkým TR, je zde minimální doba pro T1 relaxaci během TR*“

periody, proto dochází k rychlé saturaci signálu a výsledný obraz má špatné SNR a nízký kontrast.“ [2, kap.4, s.9]

3.2.5.3 Odvozené sekvence

Již bylo řečeno, že existují různé typy sekvencí. Tyto odvozené sekvence vznikají ze základní SE sekvence nebo GE sekvence úpravou různých parametrů. Podle toho, o jakou vyšetřovanou oblast se jedná, jaký druh tkáně se snažíme zobrazit akcentujeme nebo potlačujeme podíl relaxace T1 a T2 na emitované signály. Pro představu to znamená, že jsme schopni sestavit takovou sekvenci, která vede k potlačení signálu tuku, což vede k redukci pohybových a respiračních artefaktů a zároveň dělá patologické léze viditelnějšími. Nejzákladnější způsob, jak potlačit tuk ve výsledném obraze, je přidáním radiofrekvenčního pulzu na úplném začátku sekvence, s následnou aplikací korekčního gradientu, který zajistí, že na začátku akvizice bude longitudální magnetizace nulová. Z toho důvodu bude magnetizace v transversálním směru taktéž téměř nulová. A protože transversální magnetizace je induktorem na přijímacích cívkách, při její nulové magnetizaci nedojde ke vzniku signálu. Do této skupiny sekvencí řadíme i STIR, tzv. short-tau inversion recovery. Principem jejího fungování je dodání 90° radiofrekvenčního pulzu až ve chvíli, kdy vektor magnetizace tuku prochází nulou. Při průchodu nulou je magnetizace v longitudálním směru minimální či nulová. Jakmile aplikujeme 90°RF pulz, dojde k minimalizaci transversální magnetizace, tudíž opět není žádný signál tuku, který by mohl být přijímacími cívkami zaznamenáván. Výsledkem je tedy potlačení signálu tuku. Jsme taktéž schopni sestavit takovou sekvenci, která naopak vede k potlačení signálu likvoru. Tato sekvence se nazývá FLAIR, která pracuje na stejném principu jako již zmíněné sekvence potlačující tuk. Vzhledem k naprosto minimální, spíše nulové transversální magnetizace, není na přijímacím cívkách detekován žádný signál. Výhodnou bývá například v rámci diagnostiky roztroušené sklerózy, při studiu periventriculárních lézí. [5,6,7,8]

3.3 Bezpečnost a kompatibilita

Při zobrazování pomocí MR je nutné dodržovat bezpečnostní pokyny. I tato zobrazovací metoda s sebou nese specifická rizika, která mohou mít vliv na zdraví nejen vyšetřovaných pacientů, ale také na obsluhující a jiný zdravotnický personál, který se pohybuje v její blízkosti. Mezi hlavní rizika, která s sebou nese vyšetřování na MR, patří: interakce a síla magnetického pole, indukovaný elektrický proud a jiné. [9,10,11]

3.3.1.1 Elektromagnetické pole

V kapitole 3.2.2 jsme zmínili, že dodání energie protonům vodíku radiofrekvenčními pulzy, je jednou z podmínek pro vznik rezonance. Protože lidské tkáně jsou vodivé a platí zde Faradayovo pravidlo elektromagnetické indukce, většina energie dodaná RF pulzy se vstřebává tkáněmi pacientova těla a vede tak k nárůstu teploty. Různé tkáně jsou odlišně citlivé na teplo, kde faktorem může být prokrvení dané oblasti, jako příklad citlivé tkáně na teplo, se uvádí oční čočka. Existují i vedlejší faktory, které musíme brát v potaz v rámci nežádoucích účinků na pacienta, na základě zvýšené teploty. Mezi ně se řadí například věk, obezita nebo již zvýšená teplota spojená s právě probíhající nemocí, případně medikace, která ovlivňuje pacientovu termoregulaci. V těchto případech může být zhoršená schopnost těla vyrovnávat se se změnou teploty a může to vést k navýšení rizika nežádoucích účinků. [9]

K ovlivnění a zamezení vzniku komplikací radiofrekvenčními pulzy magnetického pole jsou prezentovány standardy limitů SAR (specific absorption rate). Mezinárodní elektrotechnická komise společně s Britskou standardizační organizací stanovila pro jednotlivé oblasti těla akceptovatelné hodnoty nárůstu teploty, které by neměly způsobit žádné komplikace. [9]

Přestože se nejedná o přímé ohrožení zdraví pacienta, jedná se i tak o faktor, který může negativně ovlivnit výstup vyšetření. Kontakt mezi elektromagnetickou indukcí spolu s vodivými tkáněmi lidského těla může vést ke zkreslení výsledného obrazu, který může být buď úplně nečitelný, nebo jej můžeme interpretovat jinak, než jaká je skutečnost na základě vzniklých zkreslujících artefaktů. Může tak dojít ke stanovení chybné diagnózy. [11]

3.3.1.2 Časově proměnné magnetické pole

Časově proměnné magnetické pole může způsobovat u vyšetřovaného nervovou stimulaci. Na pacienta působí gradienty magnetického pole ve třech na sebe kolmých směrech, jejichž změna polarity je za krátkou dobu vysoká. Takto se indukuje proud v tělních tkáních. Dva parametry, které hrají roli v tom, jakou odezvu bude mít tkáň na elektrický proud jsou reobáze a chronaxie. Reobáze je „nejmenší intenzita elektrického proudu nutná k vyvolání odpovědi při stimulaci nervu či svalů“. [12, kapitola R] Chronaxie je „minimální trvání impulsu elektrického proudu, kterým proud o intenzitě dvojnásobné, než je reobáze, vyvolá v nervech či svalech odpověď“. [12, kapitola CH] Nervová stimulace se u pacientů na magnetické rezonanci projevuje nejčastěji cukáním, či brněním v končetinách. [9]

Chronaxie nabývá na svém významu hlavně v případě, kdy je takto ovlivněno srdce či bránice. Ve chvíli, kdy by elektrický proud a chronaxie dosáhli určité hodnoty, mohlo by se stát, že by se právě působení elektrického proudu a vznik nervové stimulace mohlo začít chovat jako pacemaker, tzn. mohlo by dojít k ovlivnění srdečního rytmu. V dnešní době se samozřejmě klade velký důraz na bezpečnost a v klasickém zobrazovacím módu by k těmto komplikacím docházet nemělo. V případě, že ano, pacient má vždy v ruce k dispozici alarm, který může při jakýchkoliv komplikacích a pocitu nevolnosti zmáčknout. Příslušný radiologický asistent provádějící vyšetření pacienta okamžitě vyveze ven. [9,11]

3.3.1.3 Kovové předměty v magnetické rezonanci

Kovové předměty jakéhokoliv druhu mohou narušovat bezpečnost v různých směrech. Přestože se stavba a vybavení přístroje vyvíjí neskutečnou rychlostí dopředu a stínění je více propracované, můžou být některé feromagnetické předměty přitahovány i z několika metrů. Častým příkladem bývá, že zdravotnický personál, neznalý bezpečnosti práce na MR, vnese anebo zaveze do vyšetřovny kovový předmět, který není kompatibilní pro použití s MR (postel, kyslíková láhev, různé monitory apod). Bohužel tuto skutečnost zaznamená až ve chvíli, kdy je pozdě. V této situaci může dojít k ohrožení života pacienta, či personálu. Je tedy nutné těmto situacím předcházet. U pacientů se těmto nehodám předchází tak, že jsou radiologickým asistentem dotazováni na přítomnost kovových materiálů jak na těle, tak v těle, typicky různé šperky, piercingy, zubní a jiné protézy, špony, stenty atd. V případě přítomnosti odstranitelných kovových materiálů jsou požádáni o jejich odložení před vyšetřením. V neodkladných situacích je důležité vyhodnocení rizika. Radiologická společnost České lékařské společnosti pro tyto případy vypracovala tabulku kontraindikací k vyšetření (viz tabulka č. 1).

Absolutní kontraindikace	Relativní kontraindikace (potenciálně nebezpečné)	Bezpečné	Není kontraindikace
implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor (ICD)	stenty (cévní výztuže), žilní filtry, kovový embolizační materiál a okludery méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita	stenty (cévní výztuže), žilní filtry, kovový embolizační materiál a okludery 6 a více týdnů po implantaci	písemné potvrzení výrobce implantátu o jeho plné MR kompatibilitě (kdekoli v těle pacienta) s písemným potvrzením operátéra, který jej implantoval
ponechané elektrody po deplancaci kardiostimulátoru nebo defibrilátoru	kloubní náhrady, osteosyntetický materiál a dentální implantáty méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita	kloubní náhrady, osteosyntetický materiál a dentální implantáty 6 a více týdnů po implantaci, bez známek uvolňování (bez ohledu na použitý materiál)	nitroděložní tělíska (IUD)
aneurymatické cévní svorky (klipy), pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita	kloubní náhrady a osteosyntetický materiál se známkami uvolňování	náhrady srdečních chlopní s výjimkou cíleně udané MR nekompatibility	stenty (cévní výztuže), žilní filtry, kovový embolizační materiál a okludery, pokud lze písemně doložit plnou MR kompatibilitu (bez ohledu na dobu implantace)
elektronické implantáty (kochleární, inzulinová pumpa atd.), pokud není písemně doložena MR kompatibilita		neaneurymatické chirurgické cévní svorky (hemostatické klipy) 6 a více týdnů po implantaci	
kovová cizí tělesa z jiného než prokazatelně nemagnetického kovu: – intrakraniálně – intraorbitálně		svorky na žlučových cestách 6 a více týdnů po operaci	

Tabulka 1: Kontraindikace vyšetření na MR [13, s. 71]

Další možností, jak těmto situacím předcházet, je dostatečné značení před vstupem do místnosti, které informuje nejen pacienty, ale taktéž zdravotnický personál či jiné osoby pohybující se v blízkosti magnetické rezonance. Poučení o chování v blízkosti magnetické rezonance je také obsaženo v informovaném souhlasu. V neposlední řadě je důležitá edukace zdravotníků i ze spolupracujících pracovišť, například zdravotní sestry, záchranáři, anesteziologové atd. u kterých je pravděpodobnost, že tyto prostory navštíví. [9]

Malé feromagnetické předměty, které bez povšimnutí uvíznou v gantry magnetické rezonance, mohou mít vliv na homogenitu vyšetřovaného objemu, kvalitu a geometrii výsledného obrazu. Zobrazování magnetickou rezonancí slouží i k plánování chirurgických zákroků nebo k plánování radioterapie. V tomto případě, může být nepřesnost a zkreslení výsledného obrazu fatální a může dojít ke stanovení chybné léčebné strategie. [9]

Stejně tak feromagnetické předměty, uložené vně pacienta, mohou způsobovat poškození výsledného obrazu tvorbou artefaktů, zároveň mohou mít i přímý dopad na zdraví pacienta. Konkrétním příkladům takovýchto předmětů, se kterými se můžeme často setkat v praxi, bychom rádi věnovali větší pozornost v samostatné kapitole.

3.3.2 Kovové implantáty v magnetické rezonanci

Mezi kovové předměty, jejichž přítomnost může způsobovat komplikace, řadíme implantované přístroje jako jsou kardiostimulátory, kardioverter defibrilátory, ale i kloubní náhrady, stenty, coily, cizí tělesa a mnoho dalších. Jejich přítomnost musíme brát v úvahu ještě před zahájením vyšetření. Je nezbytné zhodnotit, zda přítomnost některého z předmětů je úplnou kontraindikací a může pacienta ohrozit natolik, že vyšetření na magnetické rezonanci není možné nebo zda je kontraindikace neúplná a pacienta lze

připravit tak, aby přínos vyšetření převyšoval možné nežádoucí účinky, viz tabulka č.1 v kapitole 3.3.1.3.

3.3.2.1 Cizí tělesa

K popisu chování cizího tělesa v magnetické rezonanci nám jako příklad bude sloužit projektil ze střelné zbraně.

Magnetická rezonance je adekvátní metodou pro posouzení rozsahu poškození střelnou zbraní z hlediska kvality zobrazení měkkých tkání. Již méně adekvátní se stává, když vezeme v úvahu, že některé části projektilu mohou být z feromagnetického materiálu, který může interagovat s magnetickým polem. Na to, jak se takový projektil v magnetickém poli chová, se provádělo mnoho různých výzkumů, od in vivo studií, po studie klinické. [14]

Studie hodnotily migraci a rotaci projektilu během vyšetření, ohřívání a jeho dopad na okolní tkáně a tvorbu artefaktů. Jakým způsobem a v jakém množství se interakce projektilu a magnetického pole projeví záleží na vlastnostech daného náboje. Pohyb a rotace je ovlivňována složením projektilu, konkrétně množstvím magnetismu v materiálu. Jestli projektil bude rotovat nebo nebude, může ovlivnit jeho poloha vůči ose Z, magnetického pole. V některé z in vivo studií došlo pouze k rotaci projektilu, který měl svislou polohu vůči ose Z a náboj v poloze rovnoběžné s osou Z, nerotoval. V jakém množství dojde k ohřívání je ovlivnitelné nejen vlastnostmi projektilu (velikost, délka, materiál), ale i vlastnostmi přístroje magnetické rezonance. [14]

Ve výsledku je možné, aby projektil nacházející se uvnitř pacienta rotoval či migroval na základě jeho vlastností. Existuje tedy určitá pravděpodobnost, že takto rotující nebo migrující projektil může poškodit okolní tkáně. Ohřívání feromagnetických materiálů vně pacienta je vlastnost, která je taktéž potenciálně

schopná poškodit okolní tkáň. Přesto je ve srovnání s migrací či rotací projektilu z klinického hlediska méně ohrožující. Je to dáno převážně malou velikostí projektilů. Množství artefaktů, které se objeví na výsledném obraze je opět dáno vlastnostmi, hlavně vlastnostmi materiálu projektilů. Může dojít k výpadku signálu, který se projeví zčernáním těchto míst, případně nahromadění signálu, které se naopak projeví prosvětlením míst. Vznik artefaktů může vést k nemožnosti výsledný obraz interpretovat, případně ke zkreslení anatomie a chybné diagnostice. [14]

Vyplývá z toho, že projektil, jakožto cizí předmět v těle pacienta, má potenciál k tomu jej ohrozit na životě. Avšak tato skutečnost ve velké míře závisí na druhu konkrétního projektilu. Z toho důvodu, se dříve absolutní kontraindikace stala závažnou. Rozhodujícím faktorem může být lokalizace cizího tělesa. Pokud se bude cizí těleso nacházet v citlivých tkáních jako je oko, s velkou pravděpodobností bude tato situace hodnocena jako kontraindikace. V případě, že se cizí těleso nachází například ve stehenním svalu a vyšetřovanou oblastí bude hlava, případ tohoto cizího tělesa nebude hodnocen jako kontraindikace. Pokud si lokalizací či přítomností cizího tělesa nejsme jisti, je vhodné před vyšetřením magnetickou rezonancí provést jinou zobrazovací metodu, která nám pomůže při rozhodování o dalším postupu (typicky skiagram, CT). Vždy je důležité, aby přínos vyšetření přesahoval možné nežádoucí účinky. Každý případ si žádá individuální přístup.

3.3.2.2 Kovové implantáty v otologii

Jedním z řešení korekce sluchových vad jsou implantabilní systémy. Patří mezi ně takové systémy, které přeměňují zvuk na vibrace. Tyto vibrace se dále převádí do kochley pomocí kostního vedení. Převaděč zvuku je z titanu a je implantovaný přímo do kosti. Dalšími hojně využívanými systémy jsou středoušní implantáty. Toto elektronické zařízení se skládá z části zevní a části

vnitřní. Slouží jako náhrada převodního systému středního ucha. V neposlední řadě existují i kochleární implantáty. Zvuk je převáděn na elektrické signály, kterými jsou stimulovány sluchová nervová vlákna. Skládá se ze zevní části a vnitřní části, kterou tvoří několik desítek elektrod implantovaných přímo do kochley. Tyto elektrody jsou zakončeny cívkou umístěnou za ušním boltcem. [15]

Otologické implantáty jsou dalším subjektem, jehož kompatibilitu s vyšetřením na MR můžeme zpochybnit. Okolí ucha je velmi citlivou oblastí a z teoretického hlediska by pohyb implantátu, či případná dislokace mohla vést ke komplikacím. K těmto pohybům zpravidla dochází interakcí feromagnetických materiálů s magnetickým polem. Tomuto tématu se věnovalo několik studií. Jedna z těchto studií testovala 35 druhů metalických středoušních implantátů, běžně aplikovaných po Spojených státech amerických. Implantát byl vložen do scanneru magnetické rezonance v petriho misce. Na misce bylo měřítko, na základě kterého bylo určeno, zda došlo k pohybu implantátu nebo nikoliv. Každý implantát prošel touto zkouškou třikrát. Výstupem této studie je, že žádný z 35 testovaných implantátů neprokázal interakci s magnetickým polem. Zdůvodnění je takové, že žádný z těchto implantátů neobsahoval feromagnetický materiál. Avšak důležitým bodem a zároveň připomínkou tohoto výzkumu je, že je velmi důležité znát materiál, ze kterého daný implantát je, ještě před tím, než je pacient podroben vyšetření. *„Výrobci otologických a jiných metalických biomedicínských implantátů rutinně neprovádí testování a zároveň ani negarantují, že jejich produkty nejsou feromagnetické.“* [16, str. 280] Vyšetření na magnetické rezonanci se středoušním implantátem tedy provést lze, ale nelze garantovat 100% jistotu, že žádné nežádoucí účinky nenastanou. [16]

Další studie zabývající se otologickými implantáty byla soustředěna konkrétně na Med-El Combi 40/40+ kochleární implantát. V rámci studie byl implantát vystaven nejméně vyhovujícím podmínkám, za kterých by mohl být

pacient s takovýmto implantátem vyšetřován. V rámci interakce implantátu se statickým magnetickým polem, statickými či proměnnými gradienty a radiofrekvenčními pulzy byla hodnocena demagnetizace, indukce napětí, nárůst teploty, vznik artefaktů a v neposlední řadě točivý moment. Výsledky této studie prokázaly, že většina sledovaných aspektů zůstala v akceptovatelné normě až na jeden jediný. Bylo prokázáno, že točivý moment má vliv na vnitřní část implantátu, který pozmění svou polohu a může tak nepříznivě působit na mozek. Riziko se zvyšuje u implantátů, které nejsou ke kosti připevněni dostatečně pevně, dále u malých dětí, těsně po implantaci. Podle výsledků této studie není vyšetření na MR s kochleárním implantátem adekvátní. V případě, že je toto vyšetření vyloženě nutné, je potřeba dostatečně zhodnotit přínosy a možné nežádoucí účinky. V neposlední řadě je doporučena konzultace s výrobcem. [17]

3.3.2.3 Kovové implantáty v ortopedii

V diagnostice muskuloskeletálního aparátu má magnetická rezonance svou nenahraditelnou roli. Zároveň v rámci léčby muskuloskeletálního systému roste užitek kovových implantátů různého druhu, od osteosyntéz po endoprotézy. Osteosyntéza je jednou z možností, jak řešit komplikované zlomeniny. Jedná se o stabilizaci zlomené kosti fixací vnitřní či zevní, pomocí kovových implantátů. Mezi vnitřní osteosyntézy řadíme osteosyntetické K dráty, šrouby různých tvarů a velikostí, které se ve většině případech kombinují s dalšími implantáty, dlahy, které se nejčastěji využívají k přemostění zlomeniny a v neposlední řadě hřeby. Zevní fixace osteosyntézou, jak už z názvu vyplývá, je fixací mimo poraněnou zónu. Oproti vnitřní fixaci je výhodou menší invaze, dává prostor kvalitnějšímu ošetření měkkých tkání a zajišťuje dostatečnou stabilitu. Endoprotéza slouží jako částečná či úplná náhrada kloubu. Její podstatou je v co nejvyšší možné míře imitovat funkci původního kloubu. [18,19]

Tyto implantáty mohou potenciálně způsobovat komplikace při vyšetření MR. Tomuto tématu se věnovala studie Ritabh Kumara a spol. Do studie zahrnuli kyčelní endoprotézy různých materiálů, ramenní hemiprotézu, šrouby různých materiálů, části externího fixátoru a další. V rámci studie se prováděly dva experimenty. První experiment se týkal vychýlení implantátu v magnetickém poli. Výsledky ukázaly, že u žádného z interních implantátů nedošlo k vychýlení, kdežto u externích fixátorů byla zjevná reakce s magnetickým polem, konkrétně vychýlením se směrem k magnetickému poli. V druhém experimentu se zkoumal vzrůst teploty implantátu. Měřila se teplota roztoku, do kterého byl implantát umístěn a povrch implantátu. Teplota vzrostla o 1,5 °C, ale vzrůst, zapříčiněný implantátem byl pouze o 0,2 °C. Odlišné materiály, v tomto případě titan a ocel vykazovaly stejné chování. [20]

Z této studie tedy vyplývá, že riziko vychýlení či signifikantního nárůstu teploty, které by mohlo vést k nežádoucím účinkům při vyšetření na magnetické rezonanci u ortopedických implantátů vně pacienta, které nejsou z feromagnetického materiálu, je minimální. Je zde však možnost nepřímého nežádoucího účinku na základě vzniku artefaktů, které kovové implantáty způsobují. Může dojít ke zkreslení výsledného obrazu a na základě toho ke stanovení chybné diagnózy. Tohoto problému jsou si vědomi také výrobci MR skenerů, kteří nabízejí různé techniky pro potlačení artefaktu susceptibility – konkrétně technika WARP u MR výrobce Siemens. Množství rizika ovlivňuje i skutečnost, zda se implantát nachází ve vyšetřované oblasti či nikoliv. Nejedná se o úplnou kontraindikaci, je však třeba tuto skutečnost brát na vědomí. Za úplnou kontraindikaci je považován externí fixátor. Jedná se o dočasné řešení, které je jen na přechodnou dobu, tudíž nejsou kladeny takové nároky na výrobu a některé části jsou vyrobeny z feromagnetických materiálů, což vede k rizikové interakci s magnetickým polem. [20]

3.3.2.4 Kovové implantáty v neurologii

Neurologie je jedním z odvětví, které rutinně využívá schopností magnetické rezonance. Indikace k tomuto vyšetření jsou rozmanitá, řadíme sem vyšetření mozku, meziobratlových plotének, míchy a kořenů, či skeletu páteře a jiné. Jednou z nejčastějších indikací je zobrazení páteře a míchy, neboť kvalitně zobrazit struktury této oblasti v sagitální či koronární rovině dokáže pouze magnetická rezonance. [21]

Stanovit jasnou příčinu bolestí páteře je velmi obtížné. Může se jednat o bolest vycházející ze svalů, vazů, plotének, kloubů či obratlů. Zdrojem bolesti může být i tkáň nervová, kdy je kompresí či chemicky drážděn kořen nervu. Existují případy, kdy po několika chirurgických výkonech v oblasti lumbální páteře, indikovaných k úlevě od bolestí zad a dolních končetin, k žádnému zlepšení nedojde. Tento stav je nazýván syndromem neúspěšné chirurgické léčby degenerativního onemocnění bederní páteře. Pooperativní léčba je složena z rehabilitací a farmakoterapie, v rámci které se využívá lokálních obstříků anestetikem v kombinaci s kortikoidy, ale i podání opioidních přípravků. Aby došlo ke snížení užívání těchto látek, začalo se v těchto případech využívat páteřního stimulátoru. Pokud by pacient s takovýmto přístrojem měl podstoupit vyšetření na MR, jsou zde opět rizika, které je důležité přehodnotit. Je důležité zhodnotit, jaké je riziko poškození okolních tkání, ke kterému by mohlo dojít na základě točivého momentu přístroje nacházejícím se v magnetickém poli, na základě tendence srovnání se implantovaného přístroje se směrem působícího magnetického pole nebo vlivem zahřívání. V neposlední řadě u implantovaných přístrojů vzniká riziko, kdy může dojít k poruše nebo úplnému selhání na základě změny hustoty magnetického toku v čase. [22,23,24]

Problematikou páteřního stimulátoru v magnetické rezonanci se zabývala Univerzitní nemocnice ve Valencii. Vytvořila studii, ve které se hodnotila rizika,

keré toto vyšetření s sebou přináší. Jednalo se o provedení MR vyšetření, konkrétně na 1,5 T přístroji, u pacientů s implantovaným stimulátorem v bederní oblasti. Před zahájením samotného vyšetření byl pacientovi implantovaný stimulátor přeprogramován a po vyšetření byl opět uveden do původního nastavení. Tito pacienti byli instruováni hlásit jakékoliv abnormality, které by se v průběhu či po vyšetření mohly objevit. Taktéž bylo prováděno hodnocení změn na jednotlivých komponentech tohoto zařízení, tzn. izolovaného drátku, který je na jednom konci zakončen elektrodami a na druhém je připojen k prodlužovacímu kabelu, který je dál napájen ke zdroji energie. Bylo provedeno kontrolní rentgenové vyšetření pro zhodnocení, zda došlo ke změně polohy přístroje či nikoliv. Kontrola pacientů byla provedena 3 měsíce po vyšetření, pro doplnění informací o možných změnách stavu v těchto 3 měsících. Byl zaznamenán případ pacienta pociťující změny v nastavení stimulátoru vedoucí ke změně intenzity, avšak skutečnost, že by příčinou bylo vyšetření na magnetické rezonanci byla vyloučena. Někteří z pacientů podílející se na studii pociťovali během vyšetření na MR zvyšující se teplotu v místě implantovaného stimulátoru, což v oblasti nervového systému, který je na zvyšující se teplo velmi citlivý, může být problémem. Po přezkoumání nebyly popáleniny nebo jakékoliv jiné nežádoucí účinky zvyšující se teploty potvrzeny. Stejně tak ani změna polohy implantátu nebyla detekována, což potvrzuje fakt, že implantované příslušenství tohoto přístroje není vyrobeno z feromagnetického materiálu, tudíž nedochází k tak významné interakci s magnetickým polem, která by mohla vést k dislokaci. Tato studie tedy potvrzuje, že pacienty s páteřním stimulátorem je možné podrobit vyšetření na magnetické rezonanci, přesto je nutné je provádět pod dohledem, s předchozí přípravou pacienta. [24]

3.3.2.5 Kovové implantáty v kardiologii

Využití implantátů v kardiologii je rozmanité. Implantáty lze využít k náhradě srdečních struktur, které již neplní dostatečně svou funkci, případně

lze využít implantátů, které podporují správnost funkce. Jedná se o koronární a periferní vaskulární stenty, sternální dráty, implantovatelný záznamník smyčky, uzávěry septálních defektů, srdeční chlopně, anuloplastické prstence, kardiostimulátory, implantabilní kardio-verter defibrilátory (ICF) a jiné. [25]

Koronární stenty jsou implantovány pacientům do koronárních artérií v místě částečné či úplné stenózy, která vznikla na podkladě aterosklerotického onemocnění a slouží k udržení průchodnosti arterie. Zákrok, při kterém se implantace provádí, se nazývá perkutánní koronární intervence. Jedná se o pomůcku z kovových materiálů jako je ocel, zlato, či kobalt nebo tantal. Opět se tu setkáváme s otázkou, zda působením magnetického pole MR na tyto pomůcky může dojít ke změně polohy implantátu, zda radiofrekvenční pulzy a jejich tepelný efekt může zvyšovat riziko poškození tkání v okolí stentu a v neposlední řadě, zda může dojít ke zkreslení výsledného obrazu či ke vzniku artefaktů. Touto problematikou se zabývalo již několik ex vivo studií, které se shodovali v tom, že koronární stenty nejsou rizikovým faktorem při vyšetření na magnetické rezonanci. Interakce magnetického pole ani tepelný efekt nemají natolik velký účinek, který by mohl ohrozit pacienta. Jediná výjimka platila, a to pro pacienty s čerstvě implantovaným stentem, u kterých bylo doporučeno počkat s vyšetřením na MR 4 až 8 týdnů. Studie ukázaly, že ani vyšetření provedené v rámci dní po zákroku nemá žádné nežádoucí účinky. Koronární stenty byly tedy vyhodnoceny jako neškodné pro vyšetření na magnetické rezonanci. [26,27]

Uzávěry septálních defektů jsou zákroky časté v dětské kardiologii. Velmi rutinním případem je defekt síňového septa. Původně je foramen ovale otvor mající velký význam pro fetální cirkulaci. Je tvořen dvěma řasami, septum primum a secundum, které koncem prvního týdne po narození uzavírají otvor vzájemným slepením. V případě, že po narození nedojde k samovolnému

uzavření foramen ovale, může docházet k levo-pravému zkratu mezi síněmi. U pacientů v předškolním věku závisí indikace převážně na velikosti levo-pravého zkratu, u starších je zákrok indikován v případě projevující se plicní hypertenze, kterou je možné zákrokem zvrátit, či na základě nadměrné objemové zátěže pravé komory. Odlišný přístup k indikaci obdrží dívky, neboť u nich „indikujeme k operaci i malé síňové defekty, které představují potenciální riziko paradoxní embolie při těhotenství“. [28, kap. 4, s. 47] Uzavřít defekt je možné několika způsoby. Jedním z nich je katetrizace, během které pomocí katetru zavedeme na místo určení síňový uzávěr, například tzv. Amplatzův okludér. Okludéry využívané v kardiologii jsou z kovových materiálů, a proto byly podrobeny studiím, zda interagují s magnetickým polem, zda mají tendenci způsobovat artefakty na výstupních snímcích nebo jestli je tepelný efekt rizikem pro pacienta. Výsledkem těchto studií byl poznatek, že pacientovi se zavedeným uzávěrem nemusí být odpíráno vyšetření na magnetické rezonanci, neboť nebyla potvrzena žádná rizika, která by podporovala obavy z možných nežádoucích účinků. Stejně jako u koronárních stentů se doporučuje provádět vyšetření na MR s určitým odstupem po implantaci, aby mohl být implantát pevně ukotven okolními tkáněmi. [25,28]

Kardiostimulátor je řešením onemocnění, při kterých dochází k vadné tvorbě srdečních vzruchů, nebo řešením samotné poruchy převodního systému srdce. Problémy řeší trvalou stimulací v podobě elektrických impulzů. Naopak implantabilní kardioverter-defibrilátor je zařízením, které má za úkol předcházet důsledkům arytmií, tzn. náhlé srdeční smrti. ICD má schopnost detekovat nové arytmie a vypořádat se s nimi. Řadu let byli pacienti s implantovaným kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem kontraindikováni k vyšetření na magnetické rezonanci. Hlavním důvodem bylo riziko změny polohy zařízení či riziko přeprogramování zařízení. Často se objevujícím důsledkem přeprogramování byla nevhodná aktivace terapií

tachykardií, asynchronní stimulace, případná fibrilace komor. Problémem byly i elektrody, jejichž vodivý materiál měl tendence nevhodně stimulovat srdce, případně zvyšující se teplotou materiálu elektrod docházelo k poškození okolní tkáně. Na popud těchto rizik a faktu, že stav pacientů s těmito implantovanými přístroji často vyžaduje vyšetření na MR, výrobci přišli s verzí kompatibilních zařízení. Jejich snížená tendence k interakci s magnetickým polem je způsobená nahrazením materiálů komponentů, které dříve byly z feromagnetických kovů, za materiály, které feromagnetické nejsou a nemají tendenci vést proud. U těchto zařízení, tedy u kardiostimulátorů a implantabilních kardioverter-defibrilátorů, které jsou MR kompatibilní, je možné pacienta na magnetické rezonanci vyšetřit bez větších rizik. Je důležité, aby pacient hlásil skutečnost, že má implantovaný některý z těchto přístrojů, přestože se jedná o MR kompatibilní zařízení, neboť i v tomto případě je nutné podstoupit přípravu. Důležitým krokem je předchozí návštěva kardiologa, který přepne přístroj do příslušného režimu a po vyšetření opět přepne do původního nastavení. Za samostatnou zmínku stojí krátkodobé implantáty. U těchto zařízení se neklade takový důraz na vedlejší požadavky, jako je využití jiných materiálů než feromagnetických k výrobě komponentů nebo přítomnost programu vhodného k podstoupení vyšetření na MR. Krátkodobě implantované zařízení jsou tedy kontraindikací na magnetické rezonanci. Otázkou stále zůstává, zda vyšetřit či nevyšetřit pacienta s kardiostimulátorem nebo implantabilním kardioverter-defibrilátorem, který není kompatibilní s magnetickou rezonancí. Touto problematikou se zabývala studie financována Univerzitou Johnsna Hopkinsna a Národním institutem zdraví. Před začátkem a po skončení vyšetření na MR se u každého pacienta zaznamenaly hodnoty rizikových faktorů, jako je impedance stimulační elektrody, napětí baterie aj. Před vyšetřením bylo zařízení vyšetřovaného pacienta přepnuto do příslušného módu a po vyšetření zpět do původního nastavení. Vyšetření byla prováděna na magnetických rezonancích o síle 1,5 Tesla. Během studie došlo k určitým odchylkám, které vedly k resetování

přístroje, u jednoho z pacientů došlo k přepnutí programu na bradykardiální stimulaci, nebo v rámci samotného zařízení došlo ke změně napětí baterie. Přesto při celkovém zhodnocení studie, které se účastnilo přes 1500 pacientů, z toho 42 % s implantovaným kardioverter-defibrilátorem a 58 % s implantovaným kardiostimulátorem, došli k závěru, že je možné bezpečně vyšetřit pacienta na magnetické rezonanci s některým z těchto zařízení, které nejsou MR kompatibilní. Je důležité neopomenout, že tato studie probíhala na magnetických rezonancích o síle 1,5 Tesla a vyšetření se provádělo podle specifického protokolu, který byl před zahájením studie schválen. Tudíž výsledky nejsou vztahovány obecně, na každý případ. Je tedy stále nutné brát v úvahu možná rizika, vyhodnotit, zda je vyšetření opravdu nutné a nenahraditelné jinou modalitou a přínos tohoto vyšetření převažuje možné nežádoucí účinky. Zároveň je nutná konzultace s kardiologem, který individuálně vyhodnotí konkrétní případ pacienta. [25, 27, 29, 30]

4 METODIKA

4.1 Metoda sběru dat

Cílem práce bylo ověřit a zhodnotit znalosti pacientů s integrovaným MR kompatibilním kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem o možnostech vyšetření na magnetické rezonanci. Sběr dat jsme prováděli pomocí anonymního nestandardizovaného dotazníku, který byl distribuován pacientům na pracovišti kardiologie FN Královské Vinohrady.

Sběr dat pomocí dotazníku byl v tomto případě jednoznačnou volbou, neboť umožňuje nabídnout respondentům jednoduché otázky s jednoduchými odpověďmi, které souběžně tvoří podstatná a plnohodnotná data.

4.2 Průběh sběru dat

Sběr dat byl schválen oddělením kardiologie FN Královské Vinohrady. Avšak vzhledem ke zhoršení epidemiologické situace v České republice v období, kdy mělo dotazníkové šetření původně probíhat, bylo po dohodě odloženo na dobu, kdy situace způsobená onemocněním COVID-19 nebude kritická. Samotný sběr probíhal od 12.4.2021 do 16.4.2021. Dotazníky byly na dané pracoviště distribuovány prostřednictvím zaměstnance Radiodiagnostické kliniky FN Královské Vinohrady.

4.3 Obsah dotazníku

Začátek dotazníku tvoří úvod, ve kterém je shrnuto, o jaký dotazník se jedná a k čemu tento dotazník slouží. Dotazník je tvořen 17 uzavřenými otázkami s jednou možnou odpovědí. Otázka č. 1, 2 a 3 je identifikační a charakterizuje námi zkoumanou část populace. Otázky 4, 5, 7, 8, 11, 12 se zaměřují na informovanost pacientů z hlediska jejich znalostí. Otázky 6, 9, 14, 15, 16, 17 se

zabývají informovaností pacientů s implantovaným kardiostimulátorem či ICD, jestli jim byly informace předány, potažmo jaký je vhodný způsob pro předání informací ohledně pokynů před vyšetřením na magnetické rezonanci.

4.4 Vyhodnocení dotazníku

Data získaná prostřednictvím distribuce dotazníků byla vyhodnocena v Microsoft Office Word 2019 a Microsoft Office Excel 2019. Nasbírané hodnoty jednotlivých položek dotazníku byly vyjádřeny v absolutní hodnotě (n) a relativní četnosti (%) a uspořádány do tabulek. U některých položek jsme navíc vyjádřili výsledky pomocí grafů.

5 VÝSLEDKY

Položka č. 1

Pohlaví	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Muž	41	74,55
Žena	14	24,45
CELKEM	55	100,00

Tabulka 2: Pohlaví respondentů

Tabulka znázorňuje složení našeho zkoumaného vzorku populace z hlediska pohlaví. Z výsledných čísel můžeme říct, že zastoupení mužů je oproti zastoupení žen většinové. Celkových 55 respondentů tvořili ze 74,55 % muži (tj. 41 respondentů) a 24,45 % ženy (tj. 14 respondentek).

Položka č.2

Věk	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
50 - 59let	6	10,91
60 - 69let	3	5,45
70 - 79let	25	45,45
80 a více let	21	38,18
CELKEM	55	100,00

Tabulka 3: Věk respondentů

Dotazníková položka č. 2 zjišťovala věk respondentů. Pro lepší orientaci byly vytvořeny čtyři věkové kategorie, z nichž má největší zastoupení kategorie 70 – 79let tvořící 45,45 %, tj. 25 respondentů z celkových 55. Následuje kategorie 80 a více let, kterou tvoří 38,18 %, tj. 21 respondentů z celkových 55, poté kategorie 50 – 59let tvořící 10,91 % tj. 6 respondentů z celkových 55. Poslední 3 respondenti, tj. 5,45 % z celkových 55 patří do kategorie 60 – 69let.

Položka č. 3

Máte zavedený kardiostimulátor nebo implantabilní kardioverter-defibrilátor?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano	55	100,00
Ne	0	0
CELKEM	55	100,00

Tabulka 4: Přítomnost kardiostimulátoru či ICD

Tabulka ověřující přítomnost zavedeného kardiostimulátoru či ICD jednoznačně prokazuje, že námi zkoumaný vzorek populace je zcela složen z jednotlivců s implantovaným zařízením.

Položka č.4

Mohu podstoupit vyšetření na magnetické rezonanci se zavedeným <u>nekompatibilním</u> kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, můžu.	2	3,64
Ne, nemůžu.	14	25,45
Nevím, nejsem si jist/á.	39	70,91
CELKEM	55	100,00

Tabulka 5: Ověření znalosti respondentů o nekompatibilním zařízení

V tabulce dotazující se na možnost podstoupení vyšetření na magnetické rezonanci s nekompatibilním kardiostimulátorem odpovědělo 70,91 % respondentů (tj. 39 z celkových 55), že si nejsou jisti, 25,45 % (tj. 14 respondentů z celkových 55) odpověděli, že to není možné a zbývajících dva, z celkových 55 respondentů (tj. 3,64 %) odpovědělo, že ano.

Položka č. 5

Mohu podstoupit vyšetření na magnetické rezonanci se zavedeným <u>kompatibilním</u> kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, můžu.	7	12,73
Ne, nemůžu.	1	1,82
Nevím, nejsem si jist/á.	47	85,45
CELKEM	55	100,00

Tabulka 6: Ověření znalosti respondentů o kompatibilním zařízení

V tabulce dotazující se na možnost podstoupení vyšetření na magnetické rezonanci s kompatibilním kardiostimulátorem odpovědělo 85,45 % respondentů (tj. 47 z celkových 55), že si nejsou jisti, 12,73 % (tj. 7 respondentů z celkových 55) odpověděli, že to není možné a jediný z celkových 55 respondentů (tj. 1,82 %) odpověděl, že ano.

Položka č. 6

Obdržel/a jste informace, zdali je vaše zařízení kompatibilní či nekompatibilní s magnetickou rezonancí?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, obdržel/a.	23	41,82
Ne, neobdržel/a.	32	58,18
CELKEM	55	100,00

Tabulka 7: Informovanost pacientů o vlastním zařízení

Tabulka informovanosti respondentů o kompatibilitě vlastního zařízení nám poskytuje přehled, kolik z pacientů obdrželo informaci o kompatibilitě či nekompatibilitě zařízení, které mají implantované. Z tabulky vyplývá, že větší část respondentů, konkrétně 58,18 % (tj. 32 respondentů z celkových 55) odpověděla, že tuto informaci neobdržela a zbylých 41,82 % (tj. 23 respondentů z celkových 55) tuto informaci obdrželo.

Položka č. 7

Myslíte si, že je důležité upozornit lékaře, který vás posílá na vyšetření magnetickou rezonancí o tom, že máte aplikovaný kompatibilní kardiostimulátor, či implantabilní kardioverter-defibrilátor?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, je to důležité.	51	92,73
Ne, není to důležité.	0	0
Nevím, nejsem si jist/á.	4	7,27
CELKEM	55	100,00

Tabulka 8: Informovanost o krocích před vyšetřením na MR

Tabulka znázorňuje povědomí respondentů o tom, jak je důležité informovat lékaře indikujícího vyšetření na magnetické rezonanci o skutečnosti, že má respondent implantovaný kompatibilní kardiostimulátor nebo ICD. Jednoznačnou volbou byla odpověď, že hlásit tuto skutečnost je důležité, kterou zvolilo 92,73 % respondentů (tj. 51 z celkových 55), a zbylých 7,27 % (tj. 4 respondenti z 55) si nebylo jisto.

Položka č.8

Myslíte si, že je důležité, aby <u>personál</u> magnetické rezonance věděl před zahájením vyšetření o tom, že má pacient zavedený kompatibilní kardiostimulátor, či implantabilní kardioverter-defibrilátor?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, je to důležité.	51	92,73
Ne, není to důležité.	0	0
Nevím, nejsem si jist/á.	4	7,27
CELKEM	55	100,00

Tabulka 9: Informovanost o krocích před vyšetřením na MR

Tabulka znázorňuje povědomí respondentů o tom, jak je důležité informovat personál magnetické rezonance, který provádí vyšetření o

skutečnosti, že má respondent kompatibilní kardiostimulátor nebo ICD. Výsledné hodnoty odpovídají stejnému rozložení odpovědí jako u Tabulky č.8. 92,73 % respondentů (tj. 51 z celkových 55) zvolilo odpověď, že je tuto skutečnost nutné hlásit a zbylých 7,27 % (tj. 4 respondenti z 55) si nebylo jisto.

Položka č. 9

Obdržel/a jste informace ohledně možných nežádoucích účincích při vyšetření na magnetické rezonanci se zavedeným <u>kompatibilním</u> kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, obdržel/a.	21	38,18
Ne, neobdržel/a.	7	12,73
Nevím, nejsem si jist/á.	27	49,09
CELKEM	55	100,00

Tabulka 10: Informovanost pacientů o možných nežádoucích účincích

Dotazníková položka č. 9 se zaměřuje na to, zda jsou pacienti s implantovaným kardiostimulátorem nebo ICD informováni o možných nežádoucích účincích při vyšetření na magnetické rezonanci. Z tabulky vyplývá, že skoro polovina, přesněji 49,09 % respondentů (tj. 27 z celkových 55) si není jista, zda takovéto informace obdrželi. 38,18 % respondentů (tj. 21 z celkových 55) odpovědělo, že informace o nežádoucích informacích obdrželo, a zbylých 7 respondentů (tj. 12,73 % z celku) jednoznačně odpovědělo, že takové informace neobdrželi.

Položka č. 10

Podstoupil/a jste již vyšetření na magnetické rezonanci v období po zavedení kardiostimulátoru či implantabilního kardioverter-defibrilátoru?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, podstoupil/a.	3	5,45
Ne, nepodstoupil/a.	52	94,55
CELKEM	55	100,00

Tabulka 11: Předchozí návštěva magnetické rezonance

Tabulka č. 11 je zhodnocením, kolik respondentů z našeho zkoumaného vzorku populace již podstoupilo vyšetření na magnetické rezonanci. V závislosti na zvolené odpovědi respondent pokračuje dále na otázku 12 nebo 13 v dotazníku. Pouze 3 z 55 respondentů, tzn. pouze 5,45 % zkoumaného vzorku populace již podstoupilo vyšetření na magnetické rezonanci, a zbylých 94,55 % (tj. 52 respondentů z celkových 55) vyšetření na magnetické rezonanci nepodstoupilo.

Položka č. 11

V případě, že jste již vyšetření podstoupil/a, věděl/a jste, že je nejdříve nutná návštěva kardiologa a proč?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, věděl/a.	3	100,00
Ne, nevěděl/a.	0	0
CELKEM	3	100,00

Tabulka 12: Informovanost respondentů o návštěvě kardiologa

Tato dotazníková položka byla určena pouze respondentům, kteří již vyšetření na MR podstoupili. Z tabulky č. 11 již víme, že takovýto respondent ve našem zkoumaném vzorku populace byly tři, a všichni tj. 100 % odpovědělo, že o návštěvě kardiologa, která předchází samotnému vyšetření věděli.

Položka č. 12

V případě, že u vás vyšetření na MR nebylo vyžadováno, věděl/a byste s odstupem času od zavedení přístroje, že než vyšetření podstoupíte, je nutná návštěva u kardiologa a proč?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, věděl/a.	15	28,85
Ne, nevěděl/a.	37	71,15
CELKEM	52	100,00

Tabulka 13: Informovanost pacientů o návštěvě kardiologa

Tato dotazníková položka byla určena pouze respondentům, kteří ještě vyšetření na MR nepodstoupili. Z tabulky č. 11 víme, že takových respondentů bylo 52. 15 z celkových 52 respondentů, kteří toto vyšetření nepodstoupili (tj. 28,85 %) odpovědělo, že by o nutné návštěvě kardiologa předcházející vyšetření na MR vědělo, zbylých 71,15 % (tj. 37 respondentů z 52) odpovědělo, že by o této návštěvě nevěděl.

Položka č. 13

Byl/a jste informován/a o krocích, které je nutné provést, než podstoupíte vyšetření na magnetické rezonanci jako prevence před nežádoucími účinky? (tzn. návštěva kardiologa, přepnutí přístroje do příslušného módu kompatibilního vyšetření na MR atd.)	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, byl/a.	27	49,09
Ne, nebyl/a.	28	50,91
CELKEM	55	100,00

Tabulka 14: Informovanost pacientů o nežádoucích účincích

Dotazníková položka č. 13 zjišťovala, zda byli respondenti informováni o krocích, které je potřebné podstoupit před vyšetřením na MR. Z tabulky vyplývá,

že pokyny obdrželo 27 respondentů z celkových 55 (tj. 49,09 %) a zbylých 28 respondentů (tj. 50,91 %) o těchto krocích informováno nebylo.

Položka č. 14

Byly pro Vás tyto informace srozumitelné?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, byly.	27	100,00
Ne, nebyly.	0	0
CELKEM	27	100,00

Tabulka 15: Srozumitelnost informací

Položka č. 14 byla určena pro respondenty, kteří v položce č. 13 odpověděli, že obdrželi informace o krocích, které je nutné absolvovat, než podstoupí vyšetření na MR. Respondentů, kteří informace obdrželi bylo 27 a 100 % z nich odpovědělo, že informace, které obdržely pro ně byly srozumitelné.

Položka č. 15

Byly pro Vás tyto informace dostatečné?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, byly.	27	100,00
Ne, nebyly.	0	0
CELKEM	27	100,00

Tabulka 16: Dostatečnost obdržených informací

Položka č. 15 byla taktéž určena respondentům, kteří v položce č. 13 odpověděli ano. Všichni z těchto respondentů, celkem 27, kteří činí 100 % odpovědělo, že obdržené informace byly nejen srozumitelné, ale i dostatečné.

Položka č. 16

Jsou pro Vás informace předané ústní formou dostačující a dobře zapamatovatelné?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, jsou.	49	89,08
Ne, nejsou.	6	10,91
CELKEM	55	100,00

Tabulka 17: Dostatečnost informací obdržených ústní formou

Tabulka nám hodnotí obdržení informací pacientem, konkrétně zda je pro respondenty obdržení informací ústní formou dostatečné, či nikoli. 89,09 % z celku 55 respondentů (tj. 49) považuje informace obdržené ústní formou za dostatečné a dobře zapamatovatelné. Zbýlých 6 respondentů z celkových 55 (tj. 10,91 %) informace obdržené ústní formou za dostatečné a dobře zapamatovatelné nepovažuje.

Položka č. 17

Byl by pro Vás souhrn kroků, které je nutné provést před vyšetřením na MR s implantovaným kompatibilním kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem v písemné formě přínosem?	Absolutní četnost (n)	Relativní četnost (%)
Ano, byl.	45	81,82
Ne, nebyl.	10	18,18
CELKEM	55	100,00

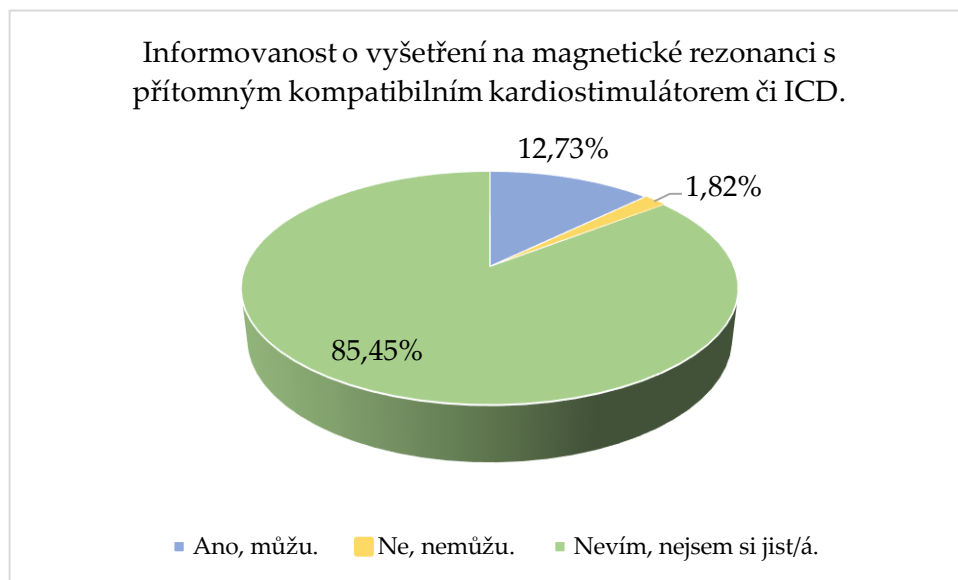
Tabulka 18: Přínos informačního letáku

Poslední dotazníková položka zjišťovala, zda by pro respondenty bylo shrnutí nejpodstatnějších informací, v podobě informačního letáku přínosem. 81,82 % respondentů (tj. 45 z celkových 55) odpovědělo, že by informační leták přínosem bylo, zbylých 18,18 % (tj. 10 respondentů z 55) odpovědělo, že by pro ně souhrn kroků v písemné podobě přínos neměl.

V následující části této kapitoly, vyhodnotíme stanovené hypotézy. K jednotlivým hypotézám jsme vytvořily prostorové výsečové grafy, pro jednodušší orientaci.

Hypotéza č. 1: Informovanost o vyšetření na magnetické rezonanci s přítomným kompatibilním kardiostimulátorem či ICD. (otázka č.5)

Předpokládáme, že více než 50 % respondentů ví, že s kompatibilním kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem vyšetření na magnetické rezonanci lze provést.

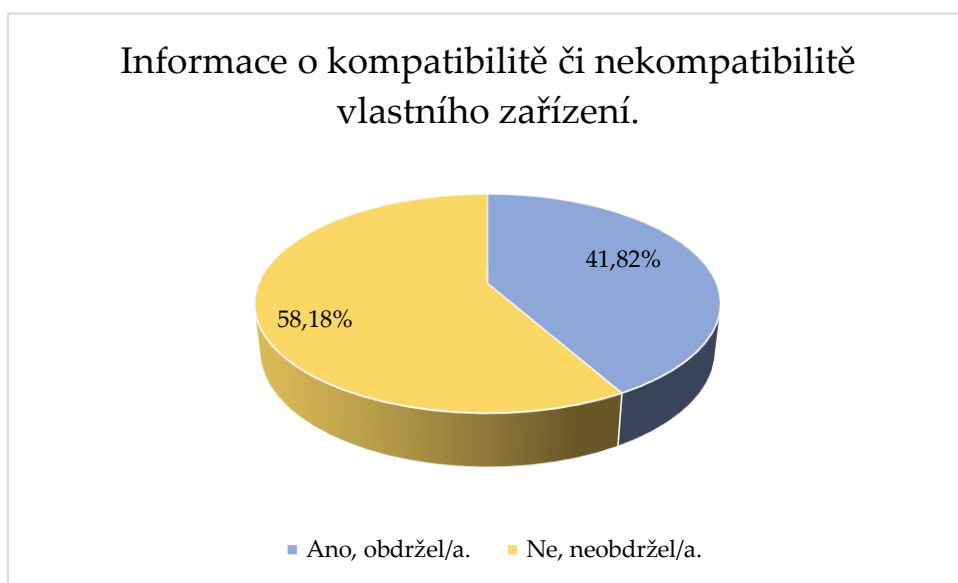


Graf 1: Vyhodnocení otázky č.5

Na základě výsledků deskriptivní statistiky, tuto hypotézu přijímáme.

Hypotéza č. 2: Informace o kompatibilitě či nekompatibilitě vlastního zařízení s MR. (otázka č.6)

Předpokládáme, že více než 50 % respondentů obdrželo informaci o kompatibilitě či nekompatibilitě vlastního zařízení s MR.

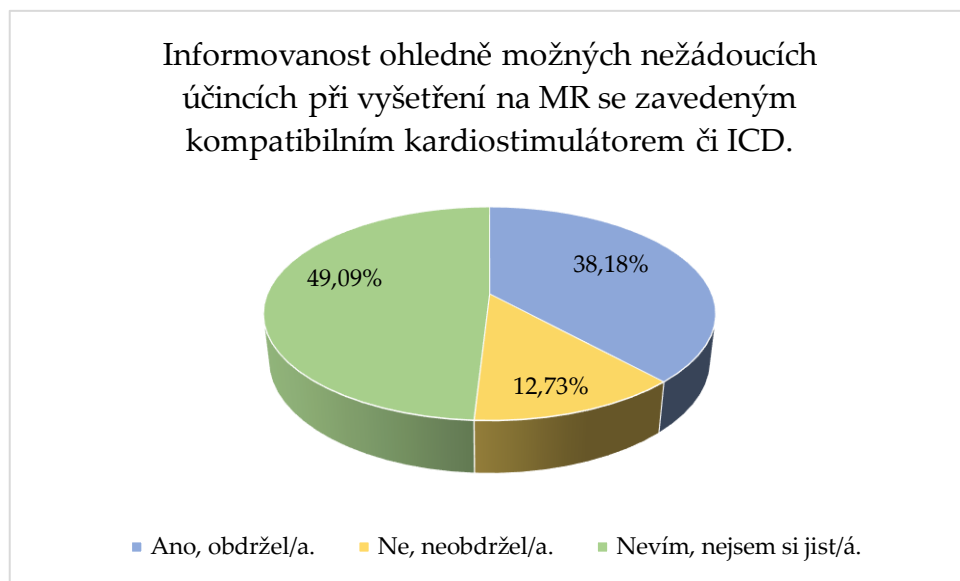


Graf 2: Vyhodnocení otázky č. 6

Na základě výsledků deskriptivní statistiky, tuto hypotézu přijímáme.

Hypotéza č. 3: Informovanost ohledně možných nežádoucích účincích při vyšetření na R se zavedeným kompatibilním kardiostimulátorem či ICD. (otázka č. 9)

Předpokládáme, že méně než 50 % respondentů obdrželo informace ohledně možných nežádoucích účinků při vyšetření na MR se zavedeným kardiostimulátorem nebo implantabilním kardioverter-defibrilátorem.



Graf 3: Vyhodnocení otázky č. 9

Na základě výsledků deskriptivní statistiky, tuto hypotézu přijímáme.

Hypotéza č. 4: Informovanost o návštěvě kardiologa před vyšetřením na magnetické rezonanci u pacientů, kteří podstoupili vyšetření na MR. (otázka č.11)

Předpokládáme, že méně než 50 % pacientů ví o nutné návštěvě kardiologa před vyšetřením na magnetické rezonanci.

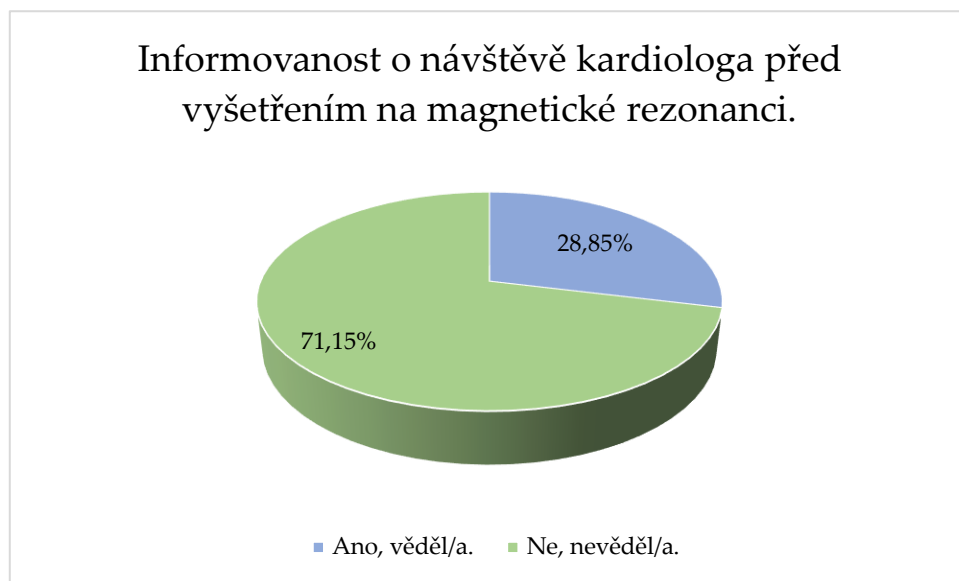


Graf 4: Vyhodnocení otázky č. 11

Na základě deskriptivní statistiky, tuto hypotézu nepřijímáme.

Hypotéza č. 5: Informovanost o návštěvě kardiologa před vyšetřením na magnetické rezonanci u pacientů, kteří ještě takové vyšetření nepodstoupili. (otázka č. 12)

Předpokládáme, že více jak 50 % pacientů ví o nutné návštěvě kardiologa před vyšetřením na magnetické rezonanci.

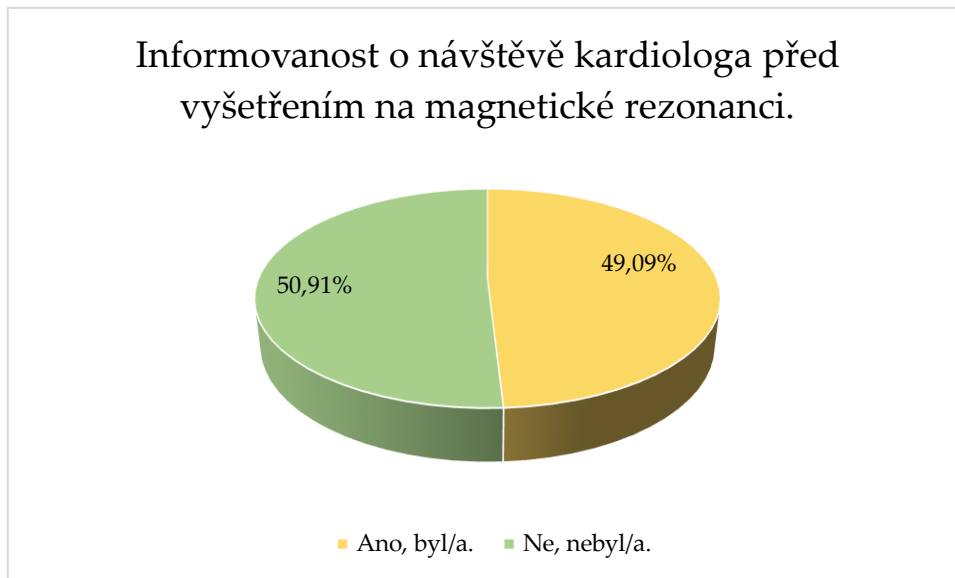


Graf 5: Vyhodnocení otázky č. 12

Na základě deskriptivní statistiky, tuto hypotézu přijímáme.

Hypotéza č. 6: Informovanost o krocích, které je nutné vykonat před vyšetřením na magnetické rezonanci. (otázka č. 13)

Předpokládáme, že více než 50 % bylo informováno o krocích, které je nutné vykonat před vyšetřením na magnetické rezonanci.

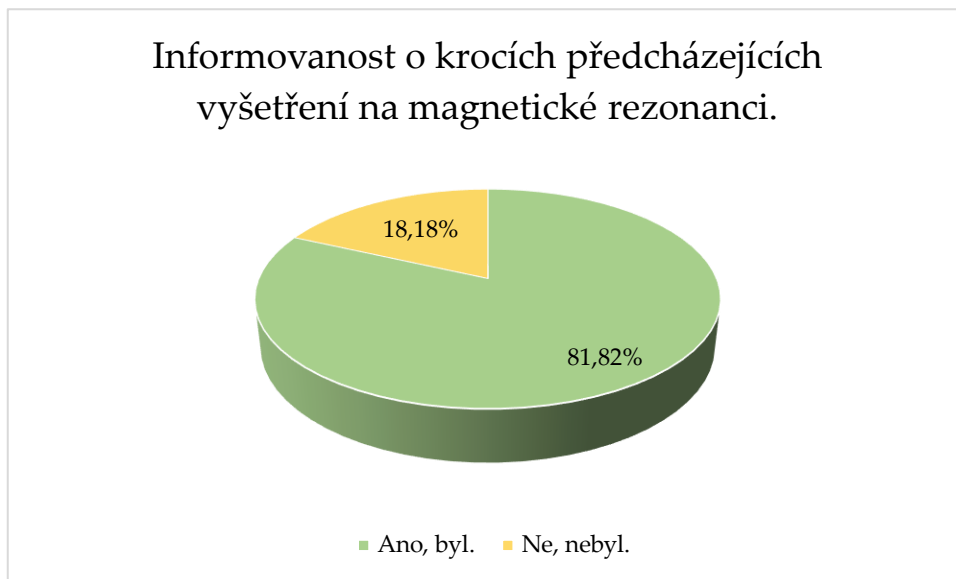


Graf 6: Vyhodnocení otázky č. 13

Na základě deskriptivní statistiky, tuto hypotézu přijímáme.

Hypotéza č. 7: Přínos informací o krocích předcházejících vyšetření na magnetické rezonanci v písemné formě v podobě informačního letáku, očima respondentů. (otázka č. 17)

Předpokládáme, že více než 50 % respondentů bude považovat informační leták jako přínos.



Graf 7: Vyhodnocení otázky č. 17

Na základě deskriptivní statistiky, tuto hypotézu přijímáme.

5.1 Informační leták

Na základě výsledků dotazníkového šetření, ze kterého je zřejmé, že informovanost pacientů není dostatečná a informační leták by měl pro pacienty přínos, jsme se rozhodli k jeho zhotovení. Měl by najít uplatnění u pacientů kardiologické kliniky FN Královské Vinohrady a sloužit jim jako jednoduché a stručně shrnutí nejpodstatnějších informací, které je nutné vědět, v případě, že má pacient podstoupit vyšetření na magnetické rezonanci s implantovaným kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem.

Na následující stránce je uveden textový obsah informačního letáku. Finální podoba i s vizualizací je přiložena v příloze této práce.

Informace pro pacienta s implantovaným kardiostimulátorem či kardioverter-defibrilátorem a pokyny před vyšetřením na magnetické rezonanci.

Pacienta s implantovaným kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem žádáme, aby při každé návštěvě lékaře hlásil přítomnost implantovaného přístroje.

V případě, že vám bylo indikováno vyšetření na magnetické rezonanci, je nutné podstoupit následující kroky:

- Návštěva ošetřujícího lékaře, který vám udělí potvrzení o kompatibilitě přístroje, včetně elektrod.
- V rámci návštěvy lékaře je potřeba přenastavit přístroj do kompatibilního módu – po přenastavení obdržíte potvrzení, které přinesete s sebou na vyšetření magnetickou rezonancí (potvrzení nesmí být starší než 24h).
- Od ošetřujícího lékaře je nutné obdržet potvrzení, že v těle nemáte žádné jiné implantáty, které by zabraňovali vyšetření na magnetické rezonanci.

- Po příchodu na pracoviště magnetické rezonance, je nutné hlásit přítomnost implantovaného přístroje a předat všechna potvrzení od ošetřujícího lékaře zdravotnickému personálu magnetické rezonance.

Nejčastěji využívané přístroje na kardiologické klinice FN Královské Vinohrady

Biotronic

Implantabilní přístroje s vlastností ProMRI, která umožňuje pacientovi podstoupit celotělové vyšetření na magnetické rezonanci se statickým magnetickým polem o velikosti 1,5 T nebo 3 T. *

Medtronic

Implantabilní přístroje se systémem SureScan, umožňující podstoupit celotělové vyšetření na magnetické rezonanci 1,5 či 3 T*, bez omezení délky vyšetření.

Vitatron

Implantabilní kardiostimulátory se systémem SureScan, který umožňuje kompatibilitu s vyšetřením na magnetické rezonanci.

St Jude Medical

Assurity MRI – primárně využívaný model kardiostimulátoru této firmy umožňuje celotělové vyšetření na magnetické rezonanci 1,5 či 3 T*, bez omezení jeho funkčnosti či ovlivnění délky trvání vyšetření.

Boston Scientific

Model Vitalio je kardiostimulátor kompatibilní s celosvětovým vyšetřením na magnetické rezonanci v případě dodržení všech podmínek užití.

*Při dodržení všech doporučených opatření.

6 DISKUZE

Předmětem naší bakalářské práce byla problematika vyšetřování na magnetické rezonanci u pacientů s integrovanými kovovými implantáty různých druhů, konkrétně se zaměřením na informovanost a možnosti vyšetření na magnetické rezonanci u pacientů s implantovaným kardiostimulátorem či ICD. Není tomu tak dávno, kdy kovové implantáty všeho druhu byly naprostou kontraindikací vyšetření na MR. V teoretické části jsme se věnovali představení principu magnetické rezonance a objasnění, proč kovové implantáty vzbuzovaly obavy v rámci tohoto vyšetření. Následně jsme se v jednotlivých kapitolách věnovali konkrétním kovovým implantátům využívaným v různých odvětvích medicíny a na základě studií jsme zhodnotili, jestli jejich kontraindikace přetrvává či nikoliv.

Z teoretické části jasně vyplynulo, že vyšetření magnetickou rezonancí může podstoupit i pacient se zavedeným kardiostimulátorem či ICD, za určitých podmínek, které je nutné splnit. Na tento fakt, navazovala naše praktická část, ve které jsme zjišťovali, jaká je informovanost pacientů se zavedeným kardiostimulátorem či ICD o vyšetření na magnetické rezonanci. Sběr dat jsme prováděli pomocí dotazníkového šetření na klinice kardiologie FN Královské Vinohrady. Komplikací našeho sběru dat byla pandemie koronaviru SARS-CoV-2 a opatření, která tato situace s sebou nesla. V rámci těchto opatření se kardiologická klinika, kde probíhal sběr dat, snažila omezit počet přítomných lidí a zabránit tak zbytečným kontaktům mezi nimi. Byly jsme požádáni o odložení sběru dat na dobu, kdy bude epidemiologická situace lepší. Vzhledem k tomu, že výrazné zlepšení, které by umožnilo osobně sbírat data nepřicházelo, byl umožněn přístup již očkovanému zaměstnanci Radiodiagnostické kliniky FN Královské Vinohrady, který byl ochotný naše dotazníky distribuovat, za což mu patří velké poděkování.

Vzhledem k již zmíněným komplikacím, byl minimální počet respondentů našeho dotazníků stanovený na 55. Minimální počet respondentů byl v souladu s časovým úsekem, během kterého sběr dat probíhal, a to konkrétně po dobu jednoho týdne.

Předpokladem naší práce bylo, že pacienti s integrovaným kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem nejsou dostatečně informováni o možných úskalích při vyšetření na magnetické rezonanci a stejně tak nejsou dostatečně edukováni o opatřeních, které je nutné před takovým vyšetřením podstoupit, pro zajištění bezpečnosti a adekvátního výsledku. Nasbíráním dat a jejich vyhodnocením se nám tento předpoklad potvrdil.

Nalézt práce, které by šlo adekvátně porovnávat s tou naší, nebylo jednoduché, neboť žádné z nich nekombinují informovanost pacientů o kardiostimulátorech a současně i o vyšetření na magnetické rezonanci. Nalezli jsme však bakalářskou práci Bc. Evy Sopóci s názvem *Informovanost pacientů o implantaci kardiostimulátorů*, diplomovou práci Mgr. Michaely Glúckové s tématem *Informovanost seniorů před a po implantaci kardiostimulátoru* a v neposlední řadě práci Bc. Kateřiny Holubové, která se zabývá, jaký vliv má kardiostimulátor na život pacienta. Ve všech těchto třech pracích můžeme nalézt části, které se dotýkají i naší práce a je tedy vhodné je zahrnout.

Z celkových 55 respondentů (100 %) bylo 41 mužů (74,55 %) a 14 žen (24,45 %). Největší zastoupení měla věková kategorie 70-79let, tvořena 25 respondenty (45,45 %), následovala kategorie 80 a více, kterou zastupovalo 21 respondentů (38, 18 %), 6 respondentů (10,9 %) bylo ve věku 50 -59let a pouze 3 respondenti (5,45 %) byly věkové kategorie 60 – 69let. Vyplývá z toho, že pacienti s integrovaným kardiostimulátorem či ICD jsou z větší části muži a jedná se

nejčastěji o starší pacienty ve věku 70 a více let. S tím se shodují i výsledky výzkumu práce Bc. Evy Sopóci nebo Mgr. Michaely Glúckové, které otázku pohlaví a věku ve svém výzkumu taktéž zahrnuly.

Otázka č. 3 byla především orientační pro nás, abychom si byli jisti, že respondenti našeho dotazníku mají implantovaný kardiostimulátor nebo ICD a získané informace jsou tak relevantní.

Záměrem otázky 4 a 5 bylo zjistit, zda pacienti ví, že existují kompatibilní, ale i nekompatibilní přístroje a jak je to s návštěvou magnetické rezonance s takovýmto přístrojem. U nekompatibilního přístroje převažovala odpověď, že si respondenti nejsou jisti. Takto odpovědělo 39 (70,91 %) z celkového počtu 55 (100 %). 14 respondentů (25,45 %) pak správně zvolilo odpověď ne. Jediní 2 respondenti (3,64 %) odpověděli, že vyšetření na magnetické rezonanci je i s nekompatibilním přístrojem možné. Stejně tak u otázky, jak je tomu u kompatibilního zařízení, převažovala odpověď nevím, kterou zvolilo 47 respondentů (85,45 %) z celkových 55, odpověď že toto vyšetření s kompatibilním přístrojem je možné zvolilo 7 respondentů (12,73 %) a pouze 1 respondent (1,82 %) zvolil odpověď, že to není možné. Tato informace může být i pro samotného pacienta podstatnou, neboť pokud zná tuto vlastnost u svého přístroje, umožní mu to lepší orientaci v tom, co je pro něj kontraindikací a co naopak není. Proto jsme se v otázce 6 zeptali na to, zda byl pacient informován o kompatibilitě či nekompatibilitě vlastního přístroje. Výzkum ukázal, že z 55 respondentů (100 %) obdrželo tuto informaci pouze 23 (41,82 %) a zbylých 32 respondentů (58,18 %) tuto informaci neobdrželo.

Otázka 7 a 8 byla zaměřena na to, jak důležité připadá pacientům o přítomnosti kardiostimulátoru nebo implantabilního kardioverter-defibrilátoru informovat ošetřujícího lékaře a personál magnetické rezonance. Obě otázky

měly totožné výsledky, které ukázaly, že z 55 respondentů (100 %) 51 z nich (92,72 %) považuje za důležité lékaře a personál MR informovat o svém implantátu a zbylí 4 respondenti (7,27 %) si nebyli jistí. Obdobný dotaz vznesla Bc. Kateřina Holubová ve své práci. Pacientů se ptala, kdy, v případě jejich hospitalizace informují pacienti zdravotnický personál o přítomnosti kardiostimulátoru. Většina dotazovaných odpověděla, že informují personál ihned po příchodu. Jen jeden z dotazovaných odpověděl, že spoléhá na jeho dokumentaci, kterou má zdravotnický personál. Z výsledků je patrné, že kardiostimulátor nebo ICD je pacienty vnímán, jako něco, o čem by měl informovat své okolí, neboť to může mít vliv na průběh léčby nebo indikovaných výkonů. [33]

Ve všech třech, již zmiňovaných pracích se jejich autorky dotazovaly, zda mají pacienti představu o možnosti nežádoucí interakce implantátu s určitým přístrojem. Bc. Kateřina Holubová se dotazovala konkrétněji, na medicínské přístroje. Nejčastější odpověď pacientů byla právě magnetická rezonance. Mgr. Michaela Glúcková nejprve zvolila jednodušší dotaz, zda si vůbec myslí, že je možné kardiostimulátorem ovlivnit funkci přístroje, načež přibližně 80,77 % respondentů odpovědělo ano, zbytek odpověděl ne, nebo nevím. V následující položce dotazníku měli pacienti na výběr z různých přístrojů a jejich úkolem bylo zvolit ten, který podle nich má největší vliv na funkci kardiostimulátoru. Nejčastěji volenou odpovědí byla opět magnetická rezonance. Bc. Eva Sopoci poskytla pacientům tři možnosti přístrojů, které mohou ovlivňovat funkci kardiostimulátoru. I v tomto případě byla nejčastěji volenou odpovědí magnetická rezonance. Z tohoto souhrnu jiných prací je patrné, že pacienti určité povědomí o možném negativním vlivu magnetické rezonance na kardiostimulátor mají. V našem dotazníku v otázce č. 9, jsme se dotazovali, zda pacienti obdrželi informace o možných nežádoucích účincích při vyšetření na magnetické rezonanci s implantovaným kardiostimulátorem, nebo ICD. Z 55

respondentů (100 %) pouze 21 (38,18 %) odpovědělo, že takové informace dostali. 27 respondentů (49,09 %) si nebylo jisto, a zbylých 7 (12,73 %) odpovědělo, že takové informace neobdrželi. Pacienti znají odpověď, v případě že mají z několika různých na výběr. Z našeho výzkumu, je informovanost o nežádoucích účincích nízká. Vzhledem k tomu, že skoro polovina odpověděla, že si není jistá, zda informace obdržela, nemůžeme zamítnout, že jim tyto informace poskytnuty nebyly, avšak možným problémem je, že informace nebyly dostatečně srozumitelné nebo předané takovým způsobem, aby si je pacient osvojil. V tomto případě může hrát roli i faktor vyšší věkové kategorie pacientů s integrovanými přístroji. [31,32,33]

Tázali jsme se pacientů, zda již podstoupili vyšetření na magnetické rezonanci, neboť jejich odpověď na následující otázku, by to mohlo ovlivnit. V otázce č. 10 nám odpověděli 3 respondenti (5,45 %), že již vyšetření na magnetické rezonanci postoupili. Jim byla dále určená otázka č.11, ve které se dotazujeme, zda před vyšetřením věděli, že mají navštívit kardiologa a proč. Všichni 3 respondenti odpověděli ano. Zbylých 52 respondentů, kteří ještě vyšetření na MR nepodstoupili, obdrželi podobnou otázku. V otázce č. 12 jsme se jich zeptali, zda by věděli při případné indikaci na toto vyšetření, že mají nejprve navštívit svého kardiologa a proč. Z 52 respondentů (100 %) odpovědělo 37 z nich (71,15 %), že by o této návštěvě nevědělo a zbylých 15 respondentů (28,85 %) odpovědělo, že ano. Můžeme tedy říct, že povědomí pacientů o tomto důležitém kroku, který předchází samotnému vyšetření, je nízké. Zajímalo nás tedy, zda byli tyto informace pacientům poskytnuty. Výsledky otázky č. 13 ukázaly, že z 55 respondentů (100 %) obdrželo informace 27 z nich (49,01 %), zbylých 28 respondentů (50,91 %) na toto téma edukováno nebylo.

V případě, že pacienti tyto informace obdrželi, je dobré vědět, zda byli pro ně srozumitelné a dostatečné. 27 respondentů, kteří v otázce č. 13 odpověděli ano,

jsme se zeptali na srozumitelnost a dostatečnost informací, což bylo zahrnuto v otázce 14 a 15. Na obě otázky všech 27 respondentů (100 %) odpovědělo, že informace pro ně byli srozumitelné, i dostatečné.

V diplomové práci Mgr. Michaely Glúckové byl vyhodnocen dotaz, jaký je nejčastější způsob, kterým respondenti obdrželi informace. Z celkových 104 odpovědí (100 %) tvořila 98 z nich metoda ústní formou. Neboť jsme tento fakt také předpokládali, v otázce č. 16 jsme se našich respondentů zeptali, zda jsou pro ně informace předané ústní formou dostatečné. 49 respondentů (89,09 %) z celkových 55 (100 %) odpovědělo, že pro ně informace obdržené touto cestou dostatečné jsou, zbylých 6 respondentů (10,91 %) odpovědělo, že nikoliv. [32]

Předpoklad, se kterým jsme v této práci pracovali, se naším výzkumem potvrdil. Informovanost pacientů je v tomto ohledu nízká. Ze strany pacientů, je edukace ústní formou dle získaných dat dostatečná, ale jak je patrné, ne vše důležité si pamatují. Taktéž je možné, že některé důležité informace sami za důležité nepovažují. Jistě jsou zahlceni velkým množstvím nových informací a v danou chvíli zhodnotit, co je opravdu důležité, nemusí být snadný úkol. Zda pacient v danou chvíli opravdu porozuměl všem informacím, je obtížné zhodnotit. Nesmíme opomenout faktor stresové situace a věk pacienta, neboť i to může mít negativní vliv na edukaci pacienta. V poslední otázce našeho dotazníku jsme se respondentů zeptali, zda by v informačním letáku viděli přínos. Z 55 respondentů odpovědělo 45 z nich (81,82 %) ano, a zbylých 10 respondentů (18,18 %), že ne. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli pro vytvoření informačního letáku.

Záměrem bylo, aby byl informační leták jednoduchým a stručným shrnutím těch nejdůležitějších informací, které pacient s integrovaným kardiostimulátorem nebo implantabilním kardioverter-defibrilátorem využije.

Nejedná se tak o studijní materiál, nýbrž o populárně naučnou publikaci. Výhodou informačního letáku je, že se k němu pacient může vždy vrátit a osvěžit si své vědomosti. Hned na začátku našeho letáku je připomínka o důležitosti hlásit přítomnost implantátu lékaři nebo zdravotnickému personálu. Dále je tvořen souhrnem kroků, které je nutné podstoupit, než pacient vyšetření na MR podstoupí. Z druhé strany jsou vyjmenovány a stručně představeny nejčastěji implantované přístroje na kardiologické klinice FN Královské Vinohrady. Pacient si tedy může poznamenat, jaký z těchto přístrojů mu byl implantován. Leták je tvořen ve světlých barvách s tmavým písmem, aby text vynikl a byl dobře čitelný.

Informační leták byl vytvořen s předpokladem toho, že zvýší informovanost pacientů, sníží jejich obavy z vyšetření na magnetické rezonanci, zlepší spolupráci mezi pacientem a zdravotnickým personálem a tím vytvoří pro obě strany příjemnější prostředí.

7 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsme se zabývali informovaností pacientů, kteří mají integrovaný kompatibilní kardiostimulátor nebo implantabilní kardioverter-defibrilátor, o možnostech a úskalích na magnetické rezonanci.

V teoretické části jsme rozebrali problematiku magnetické rezonance, na jakém principu tato metoda funguje. Probrali jsme základní pojmy nutné k lepší orientaci v této problematice, zmínili jsme různé zobrazovací sekvence, které v rámci magnetické rezonance můžeme využívat. Zahrnuli jsme kapitulu bezpečnosti a kompatibility, která objasňuje, co způsobuje možné nežádoucí účinky při vyšetření na magnetické rezonanci u pacientů s kovovými implantáty a samozřejmě jak těmto situacím předcházet. Pro představu jsme uvedli několik příkladů kovových implantátů využívaných v různých odvětvích medicíny a zhodnotili jsme studie, které objasňovaly, zda jsou tyto implantáty úplnou kontraindikací vyšetření na MR, případně za jakých podmínek je možné pacienta s tímto předmětem vyšetřit.

Dotazníkové šetření, které bylo předmětem praktické části, potvrdilo naše předpoklady, že je informovanost pacientů ohledně daného tématu nízká. Snažili jsme se tedy vytvořením informačního letáku přispět k možnostem, jak předat pacientům důležité informace, které jim zůstanou i po tom, co odejdou z nemocničního prostředí. Způsob, jak umožnit pacientům, vracet se ke zdroji informací ve chvíli, kdy je potřebují. Cílem nebylo zahltit pacienty velkým množstvím informací, ale poskytnout jim ty nejrelevantnější, které dokážou v budoucnu využít.

Věříme, že náš informační leták bude na Kardiologické klinice FN Královské Vinohrady nápomocen při snaze zvýšit informovanost pacientů a zároveň pacientům, kteří jej obdrží, usnadní průběh a orientaci ve stresových situacích,

které s sebou kombinace implantabilních přístrojů a vyšetření na magnetické rezonanci přináší.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

MRI – magnetic resonance imaging

RF - radiofrekvence

TR – time to repetition

TE – time to echo

SE – spin echo

GE – gradientní echo

SAR – specific absorption rate

CT – výpočetní tomografie

ICD – implantabilní kardio-verter defibrilátor

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Michael Hayden, Pierre-Jean Nacher. History and physical principles of MRI. Luca SABA. Magnetic Resonance Imaging Handbook, 1, CRC press, 2016, ISBN-13: 978-1482216288. fahal-01191404f
2. ANSORGE, Richard a Martin GRAVES. *The physics and mathematics of MRI*. Version 20161001. San Rafael, CA: Morgan and Claypool publishers, 2016. ISBN 978-1-6817-4004.
3. Mayo Clin Proc. February 2012;87(2):e11
doi:10.1016/j.mayocp.2011.11.012 © 2012 Mayo Foundation for Medical Education and Research e11 www.mayoclinicproceedings.org
4. BENEŠ Jiří, JIRÁK Daniel, VÍTEK František, *Základy lékařské fyziky*, 4. vydání, Univerzita Karlova: Nakladatelství Karolinum, 2015, ISBN 978-80-246-2645-1
5. MALÍKOVÁ, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. 1. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.
6. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
7. PIŤHA, MUDr. Jiří. Roztroušená skleróza - mýty a realita. *Medicína pro praxi* [online]. 2014, **2014**(1), 26-28 [cit. 2020-12-28]. ISSN 1803-5310.
8. BITAR, MD, MSC, Richard, Richard PERNG, MD, Sameh TARDOS, MD, et al. *MR Pulse Sequences: What Every Radiologist Wants to Know but Is Afraid to Ask*. RADIOLOGICAL SOCIETY OF NORTH AMERICA. *RadioGraphics* [online]. 2006, **26**(2), 513-537 [cit. 2021-02-22]. ISSN 1527-1323. Dostupné z: doi:10.1148/rg.262055063

9. WESTBROOK, Catherine a John TALBOT. *MRI in Practice*. 5th Edition. United States: John Wiley, 2018. ISBN 9781119391968.
10. Magnetic Resonance Safety Update
2002: Implants and Devices. *JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING*. 2002, **16**(5), 485-496. Dostupné z: doi:16:485-496
11. KANAL, EMANUEL.
An Overview of Electromagnetic Safety Considerations Associated with Magnetic Resonance Imaging. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1992, **649**(1 Biological Ef), 204-224. ISSN 0077-8923. Dostupné z: doi:10.1111/j.1749-6632.1992.tb49610.x
12. VOKURKA, Martin a Jan HUGO. *Velký lékařský slovník*. 10. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, [2015]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-456-2.
13. MECHL, Marek, Jan ŽIŽKA, Jaroslav TINTĚRA, Josef VYMAZAL a Ludovít KLZO. Kontraindikace a rizika vyšetření pomocí magnetické rezonance. *Ces radiol*. 2010, **64**(1), 69-75.
14. MARTINEZ-DEL-CAMPO M.D., Eduardo, Leonardo RANGELL-CASTILA M.D., Hector SORIANO-BARON M.D. a Nicolas THEODORE M.D. Magnetic resonance imaging in lumbar gunshot wounds: an absolute contraindication? *Journal of neurosurgery*. 2014, **37**(1), 1-7. Dostupné z: doi:10.3171/2014.7.FOCUS1496.
15. *Otorinolaryngologie a foniatrie v současné praxi*. 2., doplněné a aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, [2019], s. 382-386. ISBN 978-80-271-0572-4.
16. Shellock FG, Schatz CJ. Metallic otologic implants: in vitro assessment of ferromagnetism at 1.5 T. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1991 Mar-Apr;12(2):279-81. PMID: 1902028.
17. Teissl C, Kremser C, Hochmair ES, Hochmair-Desoyer IJ. Cochlear implants: in vitro investigation of electromagnetic interference at MR

- imaging--compatibility and safety aspects. *Radiology*. 1998 Sep;208(3):700-8. doi: 10.1148/radiology.208.3.9722849. PMID: 9722849.
18. Zásady osteosyntézy: typy osteosyntéz, výhody a nevýhody, AO systém, techniky osteosyntéz a použití jednotlivých typů dlah, zvláštnosti osteosyntézy u dětí [online]. Praha: OrthoComp s.r.o., ©2019 [cit. 28.3.2021]. dostupné z: <https://www.ortoport.cz/>
19. Operace umělého kyčelního kloubu: počítačově navigovaným systémem OrthoPilot [online]. Praha: B.Braun., ©2014 [cit. 28.3.2021]. dostupné z: https://lepsipecce.cz/wp-content/uploads/2014/07/2014-07-21_Operace-kycle-brozura-pro-pacienta.pdf
20. KUMAR, Ritabh, Richard A. LERSKI, Stephen GANDY, Benedict A. CLIFT a Rami J. ABOUD. Safety of orthopedic implants in magnetic resonance imaging: An experimental verification. *Journal of Orthopaedic Research*. 2006, **24**(9), 1799-1802. ISSN 0736-0266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.20213
21. Výhody a omezení vyšetření páteře a páteřního kanálu pomocí magnetické rezonance. *Neurologie pro praxi* [online]. 2002, **2002**(1), 25-27 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2002/01/07.pdf>
22. MÁLEK, PH.D., MUDr. Václav, MUDr. Jaroslav ADAMKOV a MUDr. Pavel RYŠKA, PH.D. Syndrom neúspěšné chirurgické léčby degenerativního onemocnění bederní páteře (Failed back surgery syndrome - FBSS). *Neurologie pro praxi* [online]. 2008, **2008**(3), 149 - 153 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2008/03/06.pdf>
23. Sdrulla AD, Guan Y, Raja SN. Spinal Cord Stimulation: Clinical Efficacy and Potential Mechanisms. *Pain pract*. 2018, **18**(8), 1-31. Dostupné z: doi:10.1111/papr.12692

24. De Andres J, Valía JC, Cerda-Olmedo G, Quiroz C, Villanueva V, Martinez-Sanjuan V, de Leon-Casasola O. Magnetic resonance imaging in patients with spinal neurostimulation systems. *Anesthesiology*. 2007 Apr;106(4):779-86. doi: 10.1097/01.anes.0000264776.17533.06.
25. CMR and CT of the patient with cardiac devices: Safety, efficacy and optimization Strategies. *JACC: Cardiovascular Imaging* [online]. 2019, 12(5), 890-903 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.09.030>
26. Chhabra L, Zain MA, Siddiqui WJ. Coronary Stents. [Updated 2020 Aug 10]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507804/>
27. BAIKOUSSIS, Nikolaos G., Efstratios APOSTOLAKIS, Nikolaos A. PAPAKONSTANTINOY, Ioannis SARANTITIS a Dimitrios DOUGENIS. Safety of Magnetic Resonance Imaging in Patients With Implanted Cardiac Prostheses and Metallic Cardiovascular Electronic Devices. *The Annals of Thoracic Surgery* [online]. 2011, 91(6), 2006-2011 [cit. 2021-03-21]. ISSN 00034975. Dostupné z: doi:10.1016/j.athoracsur.2011.02.068
28. HUČÍN, Bohumil. *Dětská kardiologie*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4497-1.
29. ŠTEJFA, Miloš. *Kardiologie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1385-4.
30. NAZARIAN, Saman, Rozann HANSFORD, Amir A. RAHSEPAR, et al. Safety of Magnetic Resonance Imaging in Patients with Cardiac Devices. *New England Journal of Medicine*. 2017, 377(26), 2555-2564. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa1604267
31. SOPÓCI, Eva. Informovanost pacientů o implantaci kardiostimulátoru [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-04-26]. Dostupné z:

- <https://is.muni.cz/th/mb1oy/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Marta ŠENKYŘÍKOVÁ.
32. GLÚCKOVÁ, Michaela. Informovanost seniorů před a po implantaci kardiostimulátoru [online]. Brno, 2012 [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/uikjdm/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce MUDr. Vlasta Polcarová.
33. HOLUBOVÁ, Kateřina. Vliv implantace kardiostimulátoru na život pacienta. Č. Budějovice, 2019. bakalářská práce (Bc.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Zdravotně sociální fakulta

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Graf 1: Vyhodnocení otázky č.5	50
Graf 2: Vyhodnocení otázky č. 6	51
Graf 3: Vyhodnocení otázky č. 9	52
Graf 4: Vyhodnocení otázky č. 11.....	53
Graf 5: Vyhodnocení otázky č. 12.....	54
Graf 6: Vyhodnocení otázky č. 13.....	55
Graf 7: Vyhodnocení otázky č. 17.....	56

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1- Kontraindikace vyšetření na MR Chyba! Záložka není definována.

Tabulka 2: Pohlaví respondentů	41
Tabulka 3: Věk respondentů.....	41
Tabulka 4: Přítomnost kardiostimulátoru či ICD	42
Tabulka 5: Ověření znalosti respondentů o nekompatibilním zařízení	42
Tabulka 6: Ověření znalosti respondentů o kompatibilním zařízení	43
Tabulka 7: Informovanost pacientů o vlastním zařízení.....	43
Tabulka 8: Informovanost o krocích před vyšetřením na MR.....	44
Tabulka 9: Informovanost o krocích před vyšetřením na MR.....	44
Tabulka 10: Informovanost pacientů o možných nežádoucích účincích.....	45
Tabulka 11: Předchozí návštěva magnetické rezonance	46
Tabulka 12: Informovanost respondentů o návštěvě kardiologa.....	46
Tabulka 13: Informovanost pacientů o návštěvě kardiologa.....	47
Tabulka 14: Informovanost pacientů o nežádoucích účincích.....	47
Tabulka 15: Srozumitelnost informací.....	48
Tabulka 16: Dostatečnost obdržených informací.....	48
Tabulka 17: Dostatečnost informací obdržených ústní formou	49
Tabulka 18: Přínos informačního letáku.....	49

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Dotazník

Příloha 2: Informační leták (verze k oboustrannému tisku)

Příloha 1: Dotazník



Vážená paní/Vážený pane,

mé jméno je Klára Gilíková, jsem studentkou posledního ročníku bakalářského oboru Radiologický asistent na Českém vysokém učení technickém v Praze. Součástí mé bakalářské práce je i následující dotazník na téma „Ověření znalostí pacientů s integrovaným MR kompatibilním kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem a vyšetřením na magnetické rezonanci“. Ráda bych vás požádala o jeho vyplnění. Tento dotazník je anonymní.

Děkuji Vám za ochotu a Váš čas.

Klára Gilíková

1) Jste:

Žena.

Muž.

2) Do které věkové skupiny patříte?

55 – 59let

60 – 69let

70 – 79let

80 a více let

3) Máte zavedený kardiostimulátor nebo implantabilní kardioverter-defibrilátor?

Ano, mám.

Ne, nemám.

4) Mohu podstoupit vyšetření na magnetické rezonanci se zavedeným nekompatibilním kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem?

Ano, můžu.

Ne, nemůžu.

Nevím, nejsem si jist/á.

5) Mohu podstoupit vyšetření na magnetické rezonanci se zavedeným kompatibilním kardiostimulátorem, či implantabilním kardioverter-defibrilátorem?

Ano, můžu.

Ne, nemůžu.

Nevím, nejsem si jist/á.

6) Obdržel/a jste informace, zdali je vaše zařízení kompatibilní či nekompatibilní s magnetickou rezonancí?

Ano, obdržel/a.

Ne, neobdržel/a.

7) Myslíte si, že je důležité upozornit lékaře, který vás posílá na vyšetření magnetickou rezonancí o tom, že máte aplikovaný kompatibilní kardiostimulátor či implantabilní kardioverter-defibrilátor?

Ano, je to důležité.

Ne, není to důležité.

Nevím, nejsem si jist/á.

8) Myslíte si, že je důležité, aby personál magnetické rezonance věděl před zahájením vyšetření o tom, že má pacient zavedený kompatibilní kardiostimulátor či implantabilní kardioverter-defibrilátor?

Ano, je to důležité.

Ne, není to důležité.

Nevím, nejsem si jist/á.

9) Obdržel/a jste informace ohledně možných nežádoucích účinků při vyšetření na magnetické rezonanci se zavedeným kompatibilním kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem?

Ano, obdržel/a.

Ne, neobdržel/a.

Nevím, nejsem si jist/á.

10) Podstoupil/a jste již vyšetření magnetické rezonance v období po zavedení kardiostimulátoru či implantabilního kardioverter-defibrilátoru?

Ano, podstoupil/a.

Ne, nepodstoupil/a.

11) V případě, že jste již vyšetření podstoupil/a, věděl/a jste, že je nejdříve nutná návštěva kardiologa a proč?

Ano, věděl/a.

Ne, nevěděl/a.

12) V případě, že u vás vyšetření na MR nebylo vyžadováno, věděl/a byste s odstupem času od zavedení přístroje, že než vyšetření podstoupíte, je nutná návštěva u kardiologa a proč?

Ano, věděl/a.

Ne, nevěděl/a.

13) Byl/a jste informován/a o krocích, které je nutné provést, než podstoupíte vyšetření na magnetické rezonanci jako prevence před nežádoucími účinky? (tzn. návštěva kardiologa, přepnutí přístroje do příslušného módu kompatibilního s vyšetřením na magnetické rezonanci)

Ano, byl/a.

Ne, nebyl/a.

14) Byly pro Vás tyto informace srozumitelné?

Ano, byly.

Ne, nebyly.

15) Byly pro Vás tyto informace dostatečné?

Ano, byly.

Ne, nebyly.

16) Jsou pro vás informace předané ústní formou dostačující a dobře zapamatovatelné?

Ano, jsou.

Ne, nejsou.

17) Byl by pro vás souhrn kroků, které je nutné provést před vyšetřením na MR s implantovaným kompatibilním kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter-defibrilátorem v písemné formě přínosem?

Ano, byl.

Ne, nebyl.

Informace pro pacienta s implantovaným kardiostimulátorem či kardioverter-defibrilátorem a pokyny před vyšetřením na magnetické rezonanci

Pacienta s implantovaným kardiostimulátorem či implantabilním kardioverter defibrilátorem žádáme, aby při každé návštěvě lékaře hlásil přítomnost implantovaného přístroje.

V případě, že vám bylo indikováno vyšetření na magnetické rezonanci, je nutné podstoupit následující kroky:

- Návštěva ošetřujícího lékaře, který vám udělí potvrzení o kompatibilitě přístroje, včetně elektrod.
- V rámci návštěvy lékaře je potřeba přenastavit přístroj do kompatibilního módu - po přenastavení obdržíte potvrzení, které přinesete s sebou na vyšetření magnetickou rezonanci (potvrzení nesmí být starší než 24h).
- Od ošetřujícího lékaře je nutné obdržet potvrzení, že v těle nemáte žádné jiné implantáty, které by zabraňovali vyšetření na magnetické rezonanci.
- Po příchodu na pracoviště magnetické rezonance je nutné hlásit přítomnost implantovaného přístroje a předat všechna potvrzení od ošetřujícího lékaře zdravotnickému personálu magnetické rezonance.

Zdroj: Česká radiologická společnost

Nejčastěji využívané přístroje na kardiologické klinice FN Královské Vinohrady

BIOTRONIC

Implantabilní přístroje s vlastností ProMRI, která umožňuje pacientovi podstoupit celotělové vyšetření na magnetické rezonanci se statickým magnetickým polem o velikosti 1,5 T nebo 3 T.*

MEDTRONIC

Implantabilní přístroje se systémem SureScan umožňující podstoupit celotělové vyšetření na magnetické rezonanci 1,5 či 3 T*, bez omezení délky trvání vyšetření.

VITATRON

Implantabilní kardiostimulátory se systémem SureScan, který umožňuje kompatibilitu s vyšetřením na magnetické rezonanci.



ST JUDE MEDICAL

Assurity MRI - primárně využívaný model kardiostimulátoru této firmy umožňuje celotělové vyšetření na magnetické rezonanci 1,5 či 3 T*, bez omezení jeho funkčnosti či ovlivnění délky trvání vyšetření.

BOSTON SCIENTIFIC

Model Vitalio je kardiostimulátorem kompatibilním s celotělovým vyšetřením na magnetické rezonanci v případě dodržení všech podmínek užití.

*Při dodržení všech doporučených opatření.