



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Artefakty v MR obraze – jejich úskalí a možná klinická využití

Artifacts in MRIs – Their Pitfalls and Possible Clinical Use

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Magdaléna Hájková

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Oto Slowik

Kladno 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hájková** Jméno: **Magdaléna** Osobní číslo: **483289**
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:

Artefakty v MR obraze - jejich úskalí a možná klinická využití

Název bakalářské práce anglicky:

Artifacts in MRIs - Their Pitfalls and Possible Clinical Use

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce bude definovat a popsat důvody vzniku nejčastějších artefaktů, které vznikají při vyšetřování MR. V teoretické části budou popsány základní principy zobrazování MR a základní sekvence. Dále budou definovány a rozděleny artefakty v MR obraze podle příčin jejich vzniku a uvedeny možnosti jejich potlačení. Další kapitola se bude věnovat přínosu artefaktů v diagnostice, především se zaměříme na využití artefaktů způsobených pohybem a pulzací - efekt susceptibilitity, a posunem polí a frekvencí - artefakt způsobený tokem a pulzací. Praktická část bude zaměřena na zkoumání falešné positivity vymizení flow nitrolebních žilních splavů v T2w obrazu, které vyžadovalo aplikaci kontrastní látky pro upřesnění nálezu. Statistickým souborem budou pacienti vyšetřovaní na MR pracovišti RDG kliniky FN Královské Vinohrady za rok 2020. Cílem tohoto zkoumání bude zjistit poměr takto falešně pozitivních nálezů na celkovém počtu MR vyšetření mozku a poměr s pozitivním nálezem z těchto falešně pozitivních. Výsledky budou prezentovány pomocí dat a grafických ukázek.

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] WESTBROOK, Catherine a John TALBOT, MRI in Practice, ed. 5th edition, Hoboken: Wiley-Blackwell, 2019, ISBN 978-1-119-39196-8

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 Artefakty v MR obraze – jejich úskalí a možná klinická využití 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 10.05.2021

.....
Magdaléna Hájková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto způsobem bych velmi ráda poděkovala vedoucímu této bakalářské práce, panu Mgr. Otovi Slowikovi, za jeho odborné vedení, cenné a věcné připomínky a v neposlední řadě také za jeho trpělivost při vedení mé práce. Dále bych ráda poděkovala vedení Radiodiagnostické kliniky ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady za poskytnutí přístupu do nemocniční databáze za účelem sběru a zpracování dat.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části je popsána historie a vývoj samotné magnetické rezonance, dále jsou vyjmenovány nejčastěji využívané sekvence pro zobrazování pomocí MR. Velká část tohoto oddílu práce je věnována vybraným artefaktům, jež mohou v obraze MR vzniknout. Poslední část je věnována krátké kapitole o kontrastních látkách a trombóze nitrolebních žilních splavů.

Praktická část je zaměřena na zjištění počtu pozitivních nálezů trombotického uzávěru, který způsobil výpadek v obraze při vyšetření se zaměřením nitrolební žilní splavy na magnetické rezonanci na Radiodiagnostické klinice ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. Tyto výsledky jsou zpracovány do tabulek a grafického znázornění v podobě výsečových grafů.

Výsledky této práce jsou posléze porovnány s výsledky dvou různých studií, jenž byly vydány v roce 2007 a 2012. Závěrem je navržen další možný postup pro porovnávání výsledků, aby bylo docíleno co nejpřesnějšího srovnání počtu detekované nitrolební žilní trombózy z celkového počtu venografických vyšetření na MR mezi FNKV a jiným nemocničním zařízením.

Klíčová slova

Magnetická rezonance; nitrolební žilní splav; artefakt; trombóza; venografie

ABSTRACT

This bachelor's thesis is divided into theoretical and practical part.

The practical part describes a history and development of the magnetic resonance of itself, then it lists the most commonly used sequences for MR imaging. A large portion of this section is devoted to selected artifacts that may occur on the MR image. The last part is devoted to a short chapter on contrast agents and thrombosis of dural venous sinuses.

The practical part is focused on determining the number of positive findings of thrombotic occlusion, which caused a loss of signal in the image during examination with a focus on dural venous sinuses on magnetic resonance imaging at the Radiodiagnostic Clinic at Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. These results are processed into tables and graphical representations in the form of a circle chart.

The results of this thesis are then compared with the results of two different studies that were published in 2007 and 2012. In the end, there is a suggestion for another possible procedure to compare the results in order to achieve the most accurate comparison of the number of detected thrombosis of dural venous sinuses from the total number of venographic examinations for MR between FNKV and another hospital facility.

Keywords

Magnetic resonance; dural venous sinuses; artifact; thrombosis; venography

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce.....	12
3	Přehled současného stavu.....	13
3.1	Historie magnetické rezonance.....	13
3.2	Základní principy zobrazování MR	15
3.2.1	Základní typy MR zobrazení	17
3.2.2	Sekvence	20
3.3	Artefakty v MR obraze	23
3.3.1	Nevyhnutelné artefakty	24
3.3.2	Vlastní artefakty pro použitou sekvenci nebo protokol	32
3.3.3	Artefakty vznikající při poruše přístroje.....	33
3.4	Kontrastní látky využívané při MR vyšetření.....	34
3.4.1	Pozitivní KL	34
3.4.2	Negativní KL.....	35
3.5	Nitrolební žilní splavy	35
3.5.1	Trombóza nitrolebních žilních splavů	37
4	Metodika.....	39
5	Výsledky.....	41
5.1	Vyšetření provedená v roce 2016	41
5.2	Vyšetření provedená v roce 2017	43
5.3	Vyšetření provedená v roce 2018	45
5.4	Vyšetření provedená v roce 2019	47
5.5	Vyšetření provedená v roce 2020	48

5.6	Souhrn počtu vyšetření a pozitivních nálezů trombotického uzávěru	50
5.7	Kazuistika	52
5.7.1	Iniciální vyšetření	52
5.7.2	První kontrolní vyšetření po půl roce od rekanalizace	53
5.7.3	Vyšetření stejné pacientky, která přichází se synkopou po předchozí prodělané NŽT	56
6	Diskuze	59
6.1	Porovnání výsledků s výsledky práce z roku 2007 publikované v periodiku Česká radiologie	60
6.2	Porovnání výsledků s výsledky práce z roku 2012 publikované v periodiku Stroke	64
6.3	Návrh dalšího možného porovnávání výsledků	66
7	Závěr	67
8	Seznam použitých zkratk	68
9	Seznam použité literatury	70
10	Seznam použitých obrázků	75
11	Seznam použitých tabulek	78
12	Seznam Příloh	79

1 ÚVOD

Magnetická rezonance je zobrazovací metoda využívaná především v medicíně. Od ostatních zobrazovacích metod, které mají podobný přínos pro medicínu (diagnostické zobrazení určité oblasti lidského těla), se liší jedním zásadním parametrem – absencí ionizujícího záření. Přístroj magnetické rezonance funguje totiž na jiném principu, jak její název sám napovídá. Na principu snímání magnetických signálů, které jsou vyvolány interakcí mezi vyslaným radiofrekvenčním pulzem a protony [1].

Po příchodu na recepci magnetické rezonance je potřebné zkontrolovat, zda osobní a zdravotní údaje na žádance souhlasí. Poté je pacient požádán o vyplnění informovaného souhlasu, jenž většinou obsahuje základní informace o magnetické rezonanci a jejím přínosu, další část je tvořena otázkami na různé možné kontraindikace a další parametry, jež by mohly ovlivnit průběh vyšetření, či následnou obrazovou rekonstrukci, jako například: přítomnost kardiostimulátoru, inzulinové pumpy, kovových implantátů v těle pacienta, nebo také těhotenství, či například přítomnost tetování (inkoust obsahuje v malé míře železo). Po vyplnění a zodpovězení všech otázek stvrdí svůj souhlas podpisem (u nezletilých podepisuje zákonný zástupce) a je možné pacienta připravit na samotné vyšetření [2].

Obsluhující personál požádá pacienta, aby si odložil všechny kovové předměty (klíče, peněženka, pásek, řetízky a náušnice, brýle, sponky atd.) z blízkosti těla a nechal je v kabině a také si odložil oděv ve vyšetřované oblasti. Posléze je vhodné si ještě jednou ověřit informace ohledně přítomnosti kardiostimulátoru či jiných kovových implantátů a alergiích (především na kontrastní látky). Pakliže je vše v pořádku, je možné přejít k dalšímu kroku, uvedení pacienta do vyšetřovací místnosti a uložit ho na vyšetřovací lůžko, zatímco je obeznámen obsluhujícím personálem o průběhu vyšetření (pakliže

bude aplikována kontrastní látka, je možné zavést nitrožilní kanylu ještě před uložením pacienta na lůžko). Na uši jsou pacientovi nasazena sluchátka, které mají za účel alespoň částečně odstínit hluk, který přístroj vydává v průběhu vyšetření a do ruky je mu dán balónek – zvonek, které slouží jako indikátor jeho nepohodlí v průběhu vyšetření (klaustrofobie, nesnesitelné bolesti atd.). A posledním krokem, jenž personál provede na vyšetřovně, je aplikování cívky do oblasti zájmu [2].

Celé vyšetření může být nepříjemné, ať už z důvodu velkých hlukových efektů, které doprovázejí celou dobu vyšetření, anebo z důvodu nepříjemného pocitu z úzkých prostor, protože průměr gantry, ve kterém probíhá vyšetření, se pohybuje v rozmezí od 60 do 70 cm. Avšak tento diskomfort je vyvážen faktem, že nebyl pacient vystaven žádné dávce ionizujícího záření, jako je tomu například u vyšetření na výpočetní tomografii a v tomto případě můžeme zmínit i vyšší měkkotkáňové rozlišení jak u CT vyšetření [2].

Právě díky tomuto vyššímu měkkotkáňovému rozlišení a absenci radiační zátěže je vyšetření na magnetické rezonanci přínosné v diagnostice trombózy nitrolebních žilních splavů, která je prováděna velice často u mladší populace.

Trombóza nitrolebních žilních splavů je onemocnění, které je v dnešní době považováno za velmi vzácné oproti například cévní mozkové příhodě, které také postihuje cévní zásobení mozku a častěji se vyskytuje u mladších jedinců než CMP. Prognóza a léčba tohoto onemocnění je dána rychlostí detekce postižení. Detekce však v tomto případě není jednoduchá, diagnostiku může komplikovat například variabilita žilního systému nebo využití nesprávných technik MR (v tomto případě může hrozit falešně negativní nález a popsání stavu jako fyziologického) [3].

„Metodou volby při podezření na NŽT je v současné době MR s provedenou MR venografií (...). NŽT tak vedle traumat páteře, akutního syndromu zadní jámy lební a syndromu caudae equinae rozšiřuje indikace pro provedení akutního MR vyšetření.“ [3, str. 243]

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zjistit poměr počtu negativních a pozitivních MR venografických vyšetření pro sledování trombotického uzávěru v oblasti nitrolebních žilních splavů v pražské Fakultní nemocnici Královské Vinohrady v letech 2016 až 2020.

Pro dosažení výše uvedeného cíle, je nutné vyhledat data o provedených vyšetření v nemocničním informačním systému (NIS) a následně je zanást do tabulky se základními parametry (pohlaví a věk pacienta, přítomnost výpadku – popřípadě místo tohoto výpadku a v neposlední řadě zda byl přítomný trombotický uzávěr či nikoliv). Následně budou z těchto dat vytvořeny tabulky a grafická znázornění, které samostatně zhodnotíme a srovnáme s daty práce, která byla publikována v roce 2007 kolektivem autorů z Nemocnice Na Homolce v jejich příspěvku pod názvem Nitrolební žilní trombózy: Diagnostické možnosti a klinické korelace v periodiku Česká radiologie.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Magnetická rezonance (MR) na rozdíl od ostatních běžných zobrazovacích metod v klinické medicíně nevyužívá ionizujícího záření. Funguje na principu vysílání radiofrekvenčních impulzů v silném magnetickém poli a následné registraci magnetických signálů, které se měří a využívají k rekonstrukci výsledného obrazu [1].

Velkou výhodou při vyšetření magnetickou rezonancí je nejen absence ionizujícího záření, ale také například detailní zobrazení měkkých tkání anebo vyšetření ve 3 anatomických rovinách [1].

3.1 Historie magnetické rezonance

Vývoj magnetické rezonance může být rozdělen do tří fází [2].

V první fázi byly objeveny a následně pochopeny základy jaderného spinu. Druhou fází lze označit za fázi rozvoje metod pro využití excitace jaderných spinů pro spektroskopii (NMR) a později také pro diagnostické zobrazování (MR). V posledním stupni vývoje magnetické rezonance dochází k vývoji supravodivých magnetů, s velmi vysokou hodnotou magnetického pole, které jsou nezbytné k praktické aplikaci v reálném světě [2].

První experiment, který později přispěl ke vzniku magnetické rezonance, byl tzv. Stern–Gerlachův experiment proveden v roce 1922. Kdy fyzici, Otto Stern a Walther Gerlach, vyslali paprsek atomů stříbra skrze nehomogenní magnetické pole a byli svědky jeho vychýlení – čímž bylo dokázáno, že má jaderný spin kvantovou povahu. Z tohoto experimentu vzešel fakt, že protony mají nějaký moment hybnosti, jenž byl změřen v roce 1933 [2].

Na základě Stern–Gerlachova experimentu postupoval další vědec, Isidor Isaac Rabi, s dalšími pokusy, pomocí kterých prokázal existenci magnetického spinu (za tento objev získal v roce 1944 Nobelovu cenu za fyziku) [2].

Mezi další významné vědce, kteří se podíleli na vzniku magnetické rezonance, patří i Felix Bloch, jehož práce z roku 1946 obsahuje rovnice a popis experimentu, který prokazuje detekci radiofrekvenční emise z excitovaných protonů. K tomuto objevu byly přidány poznatky pana Edwarda Millse Purcella, jež se věnovaly především relaxačním mechanismům protonové rotace nalezených v pevných látkách. Za tyto poznatky byli oba pánové společně oceněni v roce 1952 Nobelovou cenou za fyziku [2].

Na začátku 70. let 20. století se objevuje první zájem o klinickou aplikaci spektroskopie (NMR). V této době americký matematik a lékař Raymond Vahan Damadian publikuje in-vitro studii, jenž poukazuje na fakt toho, že se liší T1 a T2 relaxační časy ve zdravé tkáni a v tkáni tumorózní. Tato studie však nebyla prokázána jako praktická pro in-vivo zobrazování [2].

Velkým krokem v přerodu NMR do klinické podoby MR byl experiment Paula Lauterbura, jehož výsledkem byl objev možnosti rekonstrukce 2D obrazu pomocí gradientů magnetického pole. S těmito poznatky pracuje Sir Peter Mansfield a v roce 1977 představuje použití více směrů gradientů a definuje tzv. K-prostor pro rychlou obrazovou akvizici. [2]

Po těchto všech experimentech a objevech lze říci, že už jsou teoretické základy pro klinickou podobu magnetické rezonance položeny a od této doby dochází spíše už jen k vývoji hardwaru přístroje pro klinický účel MR [2].

První zobrazení magnetickou rezonancí bylo provedeno v počátcích osmdesátých let minulého století na univerzitě v Aberdeenu (Skotsko, Spojené

království Velké Británie a Severního Irska), pomocí vzduchem plněných elektromagnetů s konvenčními cívkami vyrobených z mědi o hodnotě magnetického pole $B_0 = 0,08 \text{ T}$ [2].

V dnešní době se nejčastěji setkáváme s přístroji MR s magnetickým polem v rozmezí od 0,5 až po 3,0 T. Existují již však i přístroje s magnetickým polem do 11 T, tyto přístroje se používají však zatím jen pro výzkum [2].

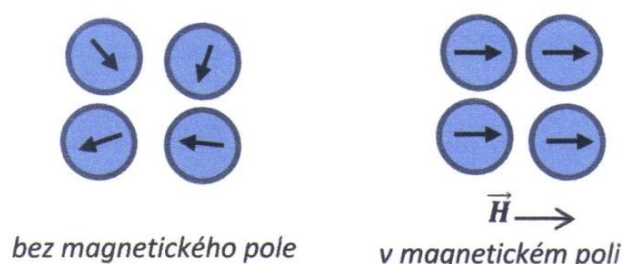
3.2 Základní principy zobrazování MR

„Magnetická rezonance (MR) patří k tomografickým metodám – zobrazuje tělo po vrstvách (...). Jednotlivé struktury těla jsou pro zobrazení odlišovány především podle jejich vlastností v magnetickém poli. Při 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 i emitovat energii ve formě elektromagnetického vlnění.“ [4, str. 28].

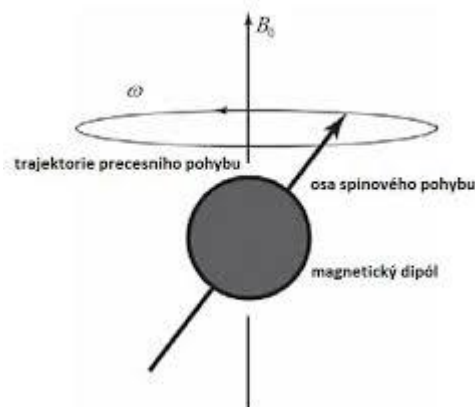
Z výše uvedené citace lze logicky odvodit, že nejvhodnějším atomovým jádrem pro zobrazování na magnetické rezonanci je atom vodíku, který nejen že je hodně zastoupen v lidském těle (jako například v molekule vody), ale také obsahuje právě jeden proton [4].

Principem samotné magnetické rezonance je dodávání energie pomocí radiofrekvenčních (RF) pulzů právě protonům vodíků, čím dochází k jejich excitaci. Následně jsou takto excitované protony snímány pomocí tzv. přijímacích cívek, které jsou přiložené na vyšetřovanou oblast těla pacienta. Takto získaná data jsou informací o rychlosti ztráty energie protonů a tento proces byl označen jako relaxace [4].

Pakliže vložíme atomy vodíku do silného magnetického pole, magnetické momenty jejich protonů se usměrní souběžně se směrem zevního magnetického pole a to buď paralelně, nebo antiparalelně (viz obrázek č. 3). Mimo toto usměrnění dochází také při vložení atomu vodíku do magnetického pole ke vzniku tzv. precesního pohybu (viz obrázek č. 4). Precesní pohyb vykonává atom kolem své osy s určitou frekvencí, jenž se jmenuje Larmorova frekvence [4].



Obrázek 1 - protony vodíku bez vlivu magnetického pole, protony vodíku umístěné v silném zevním magnetickém poli [5]



Obrázek 2 - precesní pohyb [6]

Larmorova frekvence je definována jako: $\omega_0 = B_0 \cdot \gamma$ a pro vodík má hodnotu 42,57 MHz/T. Ze vzorce vyplývá fakt, že precesní frekvence je přímo úměrná hodnotě magnetického pole. Tedy aby došlo k samotné excitaci protonu vodíku, je nutné atomu dodat energii o frekvenci, která je rovna precesní frekvenci atomu. Pouze za takto splněných podmínek dochází k procesu rezonance [4] (fyz. jev, kdy systém schopný kmitání (...), nabuzený frekvencí, kt.

odpovídá frekvenci vlastních kmitů systému, se rozkmitá s velkou → amplitudou [7, str. 727]).

Radiofrekvenční pulzy, které jsou vysílány do těla pacienta z gradientních cívek (nacházejících se v gantry přístroje), mohou mít různé hodnoty energie, jenž je udávána ve stupních (úhel vychýlení atomů z osy rotace je přímo úměrný množství energie, která jim je dodána). Po předání energie protonů dochází nejen ke sklopení magnetizace, ale také k synchronizaci precesních prohybů všech protonů, kterým byla dodána energie zevním magnetickým polem. Takto ovlivněné atomy poté emitují RF vlnění, které je snímáno přijímajícími cívkami, které jsou uloženy pokud možno co nejbližší vyšetřované oblasti pacientova těla [4].

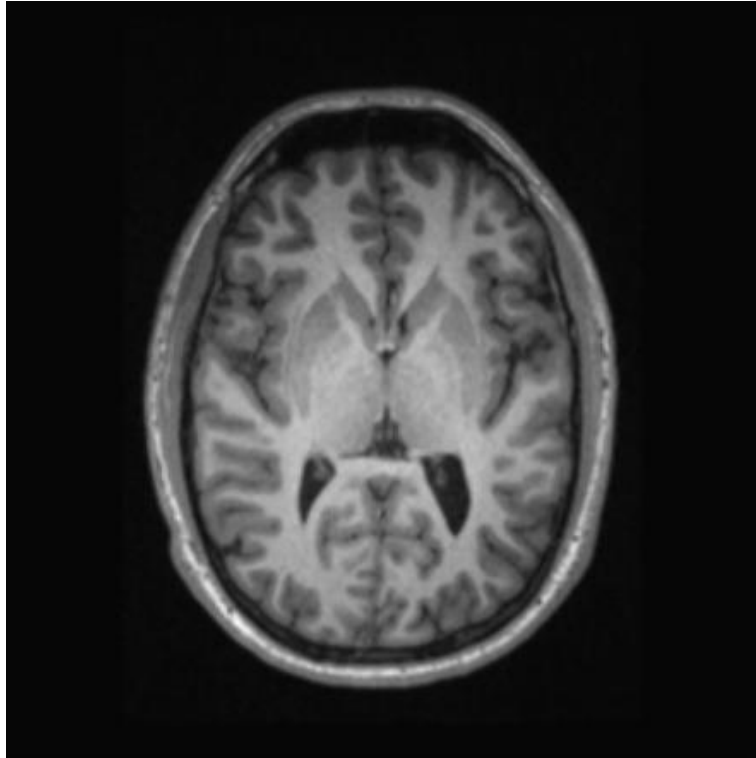
3.2.1 Základní typy MR zobrazení

Mezi základní typy MR zobrazení lze zařadit T1 a T2 vážené obrazy společně s obrazy protonové denzity [4].

T1 relaxační čas a T1 vážený obraz

T1 relaxační čas je čas potřebný k tomu, aby se proton navrátil na 63% své původní hodnoty po excitačním pulzu. Někdy je označován také jako spin-mřížková relaxace nebo jako podélná relaxace [8].

T1 relaxace poskytuje mechanismus, kterým se protony vzdávají své energie, aby se vrátily do své původní orientace. Pakliže bude na proton aplikován 90° RF pulz, nebude docházet k podélné magnetizaci. S časovým odstupem je možné sledovat návrat podélné magnetizace, poté co protony uvolní svou energii. Po návratu magnetizace dochází k jejímu exponenciálnímu růstu, kde T1 je časová konstanta popisující rychlost růstu magnetizace [8].

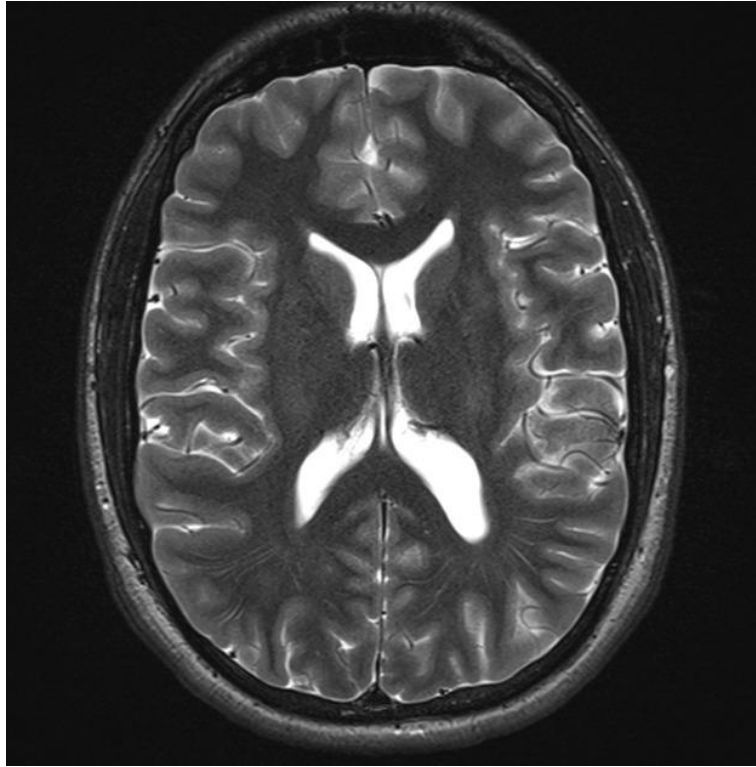


Obrázek 3 - T1 axiální řez mozkiem [9]

T1 vážený obraz (T1w) je určený T1 časem jednotlivých tkání. Je definován krátkým časem echa (TE) („doba, která uplyne od středu 90° RF excitačního pulzu do středu echa“ [10, str. 56]) a repetičním časem (TR) („čas mezi dvěma excitačními radiofrekvenčními pulzy“ [10, str. 56]). Kontrast výsledného obraz T1w je dán vlivem podélné magnetizace [10].

T2 relaxační čas a T2 vážený obraz

T2 relaxační čas je čas potřebný k tomu, aby se příčná složka magnetizace rozpadla nevratnými procesy na 37% své původní hodnoty. Někdy je označován také jako čas spin-spin nebo jako příčná relaxace [8].

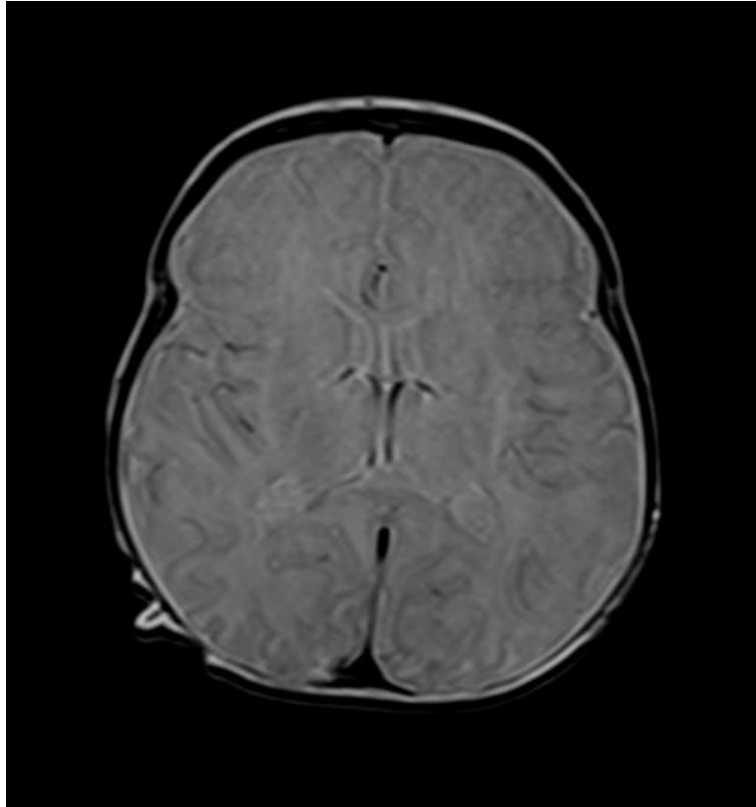


Obrázek 4 - T2 axiální řez mozkiem [11]

T2 vážený obraz (T2w) je určený T2 časem jednotlivých tkání. Je definován dlouhým TE a TR, kontrast výsledného obrazu T2w je dán vlivem příčnou složkou magnetizace [8].

Protodenzitní obraz

„Protodenzitní obraz ukazuje zastoupení vodíkových jader (atomů) ve vyšetřované vrstvě (čím více vodíkových atomů, tím vyšší signál a světlejší odstín ve škále šedi na obrázku, vliv T1 i T2 relaxace je zde potlačen).“ [4, str. 36]



Obrázek 5 - PD axiální řez mozem[12]

Vážené obrazy protonové denzity (PD) jsou definovány krátkým TE a dlouhým TR. Kontrast výsledného obrazu PD je dán jak podélnou, tak příčnou složkou magnetizace [10].

3.2.2 Sekvence

Samotná magnetická rezonance využívá k zobrazování tzv. sekvence, během kterých jsou do těla pacienta vysílány radiové pulzy, a nazpět je detekován signál rezonance pomocí přijímacích cívek. Délka jedné sekvence se může pohybovat v rozmezí desítek sekund až po desítky minut. Z čehož plyne celková délka jednoho vyšetření na MR, která může trvat v rozmezí 15–50 minut [4].

Sekvencí pro MR zobrazování je nepřehledné množství, v následující kapitole budou uvedeny základní – nejčastěji využívané.

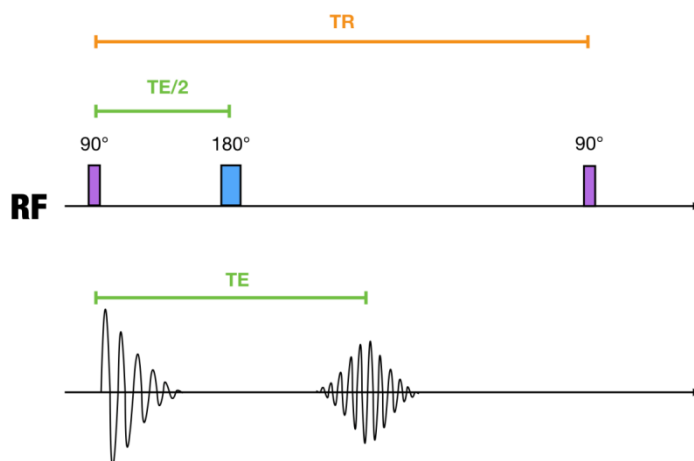
3.2.2.1 Spin echo (SE) sekvence

SE sekvence je jedna ze dvou základních technik pro získání MR signálu.

Tato sekvence je založena na principu aplikování 90° RF excitačního pulzu (kterým je docílena změna magnetizace z podélné na příčnou, jenž poté indukuje v cívce proud) a následného 180° refokuzčního pulzu, který zajistí zarovnání protonů zpět do fáze. *„Jestliže aplikujeme tento pulz přesně v polovině času mezi 90° pulzem a snímáním echo signálu, tak by v okamžiku snímání signálu měly všechny protony být opět „ve fázi“ (...). Signál v tuto chvíli exponenciálně klesá s časovou konstantou T_2 , která je prakticky nezávislá na větších inhomogenitách zvláště vnějšího pole. Čas mezi 90° pulzem a snímáním echo signálu nazýváme echo časem TE; jeho přesná polovina – tedy čas mezi 90° a 180° pulzem – se často označuje jako τ . Oproti tomu čas mezi dvěma 90° pulzy – tedy čas mezi dvěma experimenty – označujeme jako čas repetiční TR.“* [13, str. 248]

Zkracováním či prodlužováním TE nebo TR docílíme změny kontrastu výsledného MR obrazu, protože dochází k poklesu příčné magnetizace a tedy zároveň k obnově magnetizace podílné. Pakliže zkrátíme oba parametry snímání, dojde k potlačení T_2 efektu a výsledná intenzita MR obrazu bude záviset na T_1 relaxačním čase. Když naopak oba parametry prosloužíme intenzita MR obrazu bude definována T_2 relaxací [13].

Pro zkrácení celkové doby vyšetření na magnetické rezonanci byla vyvinuta modifikovaná metoda SE sekvence, tzv. fast spin echo sekvence – jenž dokáže několikanásobně urychlit vyšetření, ale je náchylnější například k podhodnocení obrazů při diagnostice mozkového krvácení (způsobené nižším kontrastem) [13].



Obrázek 6 - SE sekvence [14]

3.2.2.2 Gradientní echo (GE) sekvence

GE sekvence je druhou základní technikou pro získání MR signálu.

Jelikož při GE sekvenci je nepřítomen 180° refokuzující pulz a neproběhne následná kompenzace nehomogenity magnetického pole, je tato sekvence velmi náchylná ke vzniku artefaktů (především k těm vznikajícím z důvodu ztráty signálu anebo z překlápění anatomických struktur). Samotnou sekvenci můžeme označit za sekvenci $T2^*$ váženou, která se využívá k detekci malých hemoragických lézí nebo kalcifikací [10].

3.2.2.3 Sekvence s předpřípravou magnetizace

Tyto sekvence nacházejí využití především v technikách, které potlačují tuk nebo likvor, nebo také pro vyšší kontrast v T1w [10].

Sekvence pro potlačení signálu tuku

Tuk je nejen zdrojem pohybových a respiračních artefaktů, ale i zdroj vysoké hypersignalita (na výsledném obraze se nám zobrazí bíle ve škále šedi) v obraze, která může zastínit nějaké patologické procesy – čím může dojít k nesprávné interpretaci výsledku vyšetření. Proto je nutné jeho potlačení pomocí speciálních sekvencí (především pro T1w a PD vážené obrazy) [10].

K potlačení tuku můžeme použít dvě různé techniky:

- Technika spektrálního potlačení signálu tuku;
- STIR technika.

Spektrální potlačení signálu tuku

Je technika s velmi vysokými požadavky na homogenitu magnetického pole, k jejímuž dosažení se používají tzv. shimovací cívky. Při použití této techniky pro potlačení signálu tuku je nutné aplikovat před danou sekvenci spektrální saturační pulz, jenž signál tuku potlačí [10].

STIR technika

Při této technice je aplikován před T1 relaxační čas inverzní pulz, který dosáhne úplného potlačení signálu tuku. Inverzní pulz musí být aplikován v dostatečném časovém předstihu, aby bylo zajištěno, že bude tukem procházet příčná složka magnetizace, což povede k asignalitě tuku (nebude zdrojem signálu). Tato technika se nejčastěji využívá u rychlých sekvencí [10].

Sekvence pro potlačení signálu likvoru - FLAIR

Stejně jako tuk, tak i likvor může zastínit některé patologické procesy, a proto se snažíme v některých případech potlačit jeho signál. Toho lze dosáhnout vhodnou volbou inverzního času [10].

3.3 Artefakty v MR obraze

„Artefakt lze definovat jako signálovou intenzitu v MR obraze, která neodpovídá skutečné prostorové distribuci tkání a většinou způsobuje zhoršení kvality a snížení výpovědní hodnoty získaného obrazu.“ [10, str. 63] Existuje různé dělení artefaktů do skupin, např. artefakty nevyhnutelné, vlastní artefakty pro použitou sekvenci/protokol a artefakty, které vznikají při poruše přístroje [10].

3.3.1 Nevyhnutelné artefakty

Skupina nevyhnutelných artefaktů zahrnuje artefakty vzniklé chemickým posunem, truncační artefakty, artefakty způsobené susceptibilními gradienty a artefakty z toku a pohybu [10].

3.3.1.1 Artefakty vzniklé chemickým posunem

Chemický posun u většiny protonových metabolitů je poměrně malý, takže nedochází k ovlivnění standardního MR obrazu na bázi protonů, tento fakt se však nevztahuje na tuk. Lidská tuková tkáň je totiž tvořena řadou uhlovodíkových jader, jejíž hlavním kontributorem je methylen. Právě tento methylen může způsobit chemický posun a tím vznik artefaktu. Tento posun se při vyšetření na přístroji s magnetickým polem o velikosti 1,5 T projeví jako posun o 220 Hz níž než je Larmorova frekvence vody. U vyšetření na přístroji s tří teslovým magnetickým polem tento posun tvoří až 440 Hz [2].

Ve standardních zobrazovacích sekvencích MR je délka excitačního pulzu dostatečně velká na to, aby došlo k excitaci protonů jak v molekulách vody, tak v molekulách lipidů, proto dochází k jejich objevení se na výsledném obrazu. Jelikož ale excitované protony z lipidů mají jinou frekvenci než Larmorovu, je jejich signál chybně registrován v přijímacích cívkách a dochází k chybnému kódování frekvence a následnému vzniku artefaktu [2].

Velikost chemického posunu závisí na množství gradientu kódování frekvence, který je řízen zorným polem (FOV) ve směru kódování frekvence a šířkou pásma přijímací cívky. Čím větší zvolíme FOV nebo délku excitačního pulzu, tím menší bude chemický posun a naopak [2].

Lipidy však mají i krátký T1 relaxační čas, a proto se na T1w obrazech zobrazí jasně. V tomto případě je nutné potlačit signál z tuku, toho lze dosáhnout

aplikací saturačního pulzu (CHESS) těsně před danou sekvencí. CHESS zajistí převrácení pouze lipidové magnetizace do příčné roviny, aniž by byla narušena magnetizace vody. Po převrácení je aplikován velký gradientní pulz, jenž silně potlačí příčnou magnetizaci tuku [2].



Obrázek 7 - T1 obraz kavernomu očníce s artefaktem způsobeným chemickým posunem [15]

3.3.1.2 Trunkační artefakty

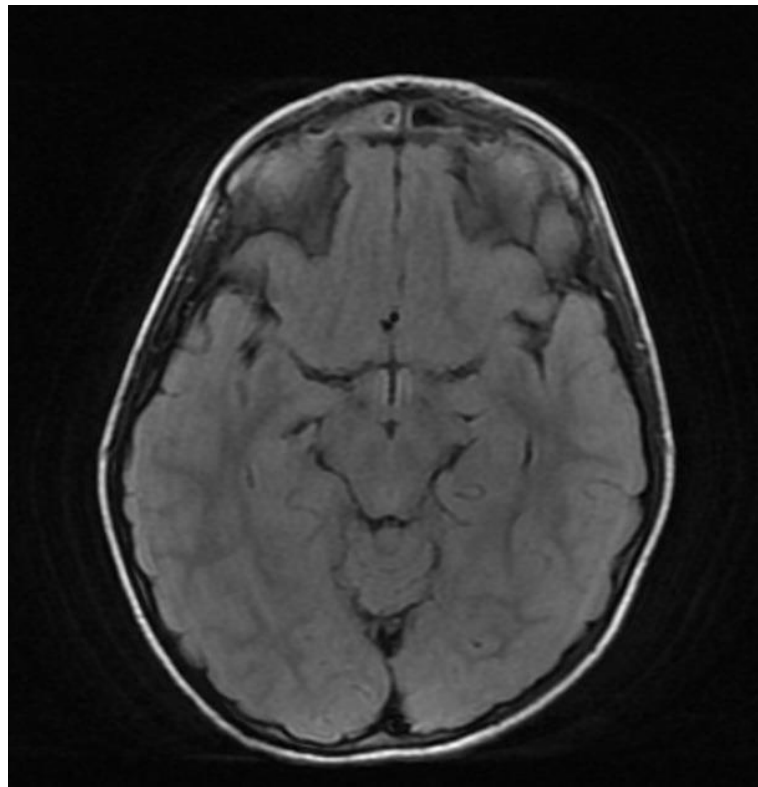
Trunkační artefakty vznikají při nedostatečném digitálním vzorkování echa. Nejčastěji vzniká tento artefakt, když je sběr dat ukončen, zatímco jsou ještě v přijímající cívce detekovány signály protonů. Tento typ artefaktu může také nastat v případě, pakliže je echo vzorkováno asymetrickým způsobem – tedy pakliže je echo vzorkováno rozdílně na obou stranách [16].

Aby bylo zabráněno vzniku těmto artefaktům, je nutné snížení amplitudy signálu, tak aby bylo minimum na začátku nebo na konci náběru dat [16].

Ke snížení amplitudy můžeme využít dvě metody:

- Snížení signálu tuku pomocí potlačení jeho signálu, nebo;
- Použitím apodizačního filtru na hrubá data ještě před Fourierovou transformací.

Jak se potlačuje signál tuku, je popsáno v předešlé kapitole – sekvence. Pro druhou metodu je nutné nastavení minimální amplitudy na konci náběru dat. Při použití apodizačních filtrů se zlepšuje poměr signálu k šumu, avšak zároveň dochází k eliminaci vysoké frekvence, jenž zodpovídá za jemné prostorové rozlišení – takže je možné výsledné rozmazání obrazu, při nadměrném filtrování [16].



Obrázek 8 - SWI obraz s vyskytujícím se truncačním artefaktem [17]

3.3.1.3 Artefakty způsobené susceptibilními gradienty

Při tomto druhu artefaktu dochází ke zkreslení obrazu společně se vznikem velkých signálních výpadků [8].

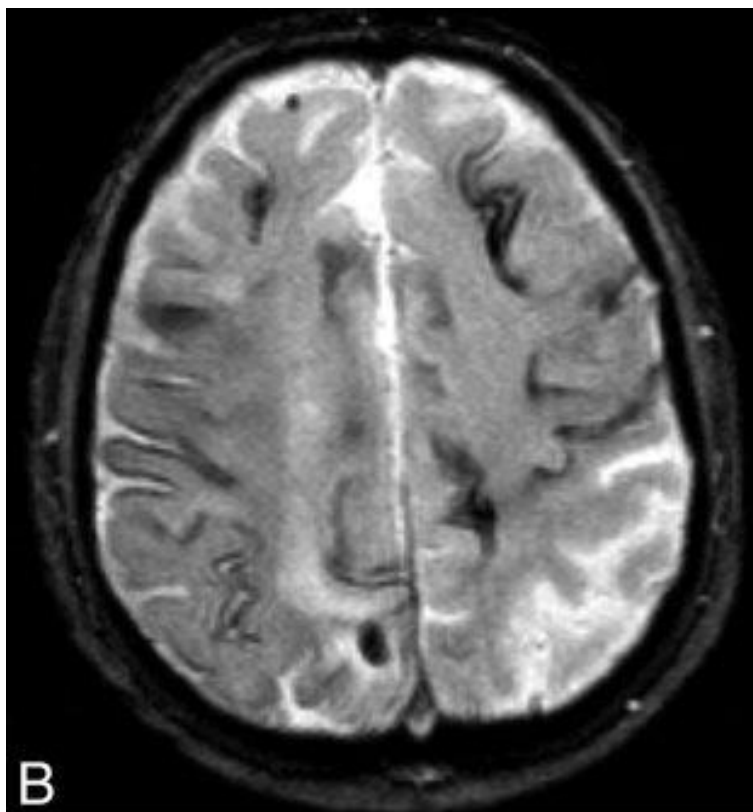
Magnetická susceptibilita je schopná magnetizovat látky. Každá tkáň je však magnetizována do různých úhlů, což vede k rozdílu v precesní frekvenci a fázi magnetického momentu jader v tkáni. Tím je způsobena nižší ostrost a ztráta signálu v těchto tkáních [8].

Tento artefakt vzniká přitahováním čar magnetického toku k feromagnetickému předmětu, což způsobí odpovídající nelinearitu gradientů použitých v prostorovém kódování. V praxi tyto artefakty vznikají převážně díky kovům nacházející se ve vyšetřované oblasti pacientova těla, ale také se může stát, že ke vzniku dojde díky krvácení, protože to magnetizuje v mnohem větší míře, než magnetizuje okolní tkáň [8].

Susceptibilní artefakty jsou nejvýraznější v GE sekvenci, jelikož zde nedochází ke kompenzaci fázového rozdílu na rozhraní po obrácení gradientu [8].

Za určitých okolností může tento artefakt být nápomocný při diagnostice – malé krvácení je někdy vidět, jen proto, že je zdrojem magnetické susceptibility. Obecně je však tento artefakt nežádoucí. Abychom předešli jeho vzniku je nutná důkladná příprava vyšetření a sekvencí, jako například:

- Odstranění všech odnímatelných feromagnetických kovů z oblasti vyšetření;
- Použití SE sekvence místo GE sekvence;
- Zkrácení TE [8].



Obrázek 9 - GRE T2 obraz krvácení do levého temporálního laloku [18]

3.3.1.4 Artefakty z pohybu

Pohybové artefakty vznikají v důsledku pohybu tkáně během akvizice dat. Projevují se jako chyba v registraci signálu ve směru fázového kódování – i když výsledný vzhled artefaktu závisí na povaze pohybu a konkrétní měřicí technice [16].

Protony pohybující se tkáně jsou vybudeny v jednom místě, ale jejich signál je zaznamenán v jiném místě. Fourierova transformace tedy nesprávně mapuje tyto protony na nesprávné místo ve směru fázového kódování v obraze. Obecně platí, že v průběhu náběru dat dochází k mnoha změnám, které jsou v určité míře zapříčiněny pohybem tkání [16].

Citlivost měření pohybu tkáně závisí na rozsahu frekvence a fázových variacích, ke kterým dochází mezi echy v důsledku pohybu tkáně. Pokud dojde k pohybu tkáně během měření s vysokým kladným nebo záporným gradientem

fázového kódování, pak bude mít chybně registrovaný signál velmi malou amplitudu – artefakt bude minimální. Pakliže dojde k pohybu tkáně během měření s nízkou amplitudou gradientu fázového kódování, artefakt bude mít povahu daného pohybu. Pokud je časování echa pomalé nebo je samotný pohyb anatomické struktury mírný, vzniká významný artefakt, jenž bude vznikat na podkladě různě vyzařovaných signálů z různých míst [16].

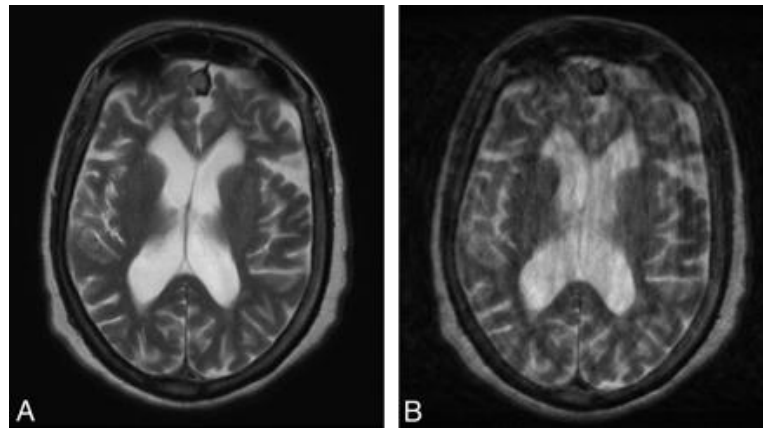
Vzhled této chyby v obraze MR také závisí na povaze samotného pohybu. Pakliže je pohyb periodický, pak jeho artefakt bude mít diskrétní povahu, jež je často označována jako „duch“. Signály těchto „duchů“ se posunou ve směru fázového kódování od primární anatomie v místech nepřímo úměrných rozdílu mezi periodou pohybu a TR skenu [16].

Samotná sekvence může také ovlivnit, jaké obrazy skenování budou obsahovat pohybové artefakty a jaké ne. U skenů s jednou smyčkou budou všechny výsledné MR obrazy obecně vykazovat pohybové artefakty, zatímco u skenů s více dílčími smyčkami budou pohybové artefakty přítomné pouze v dané dílčí smyčce, kde byl detekován pohyb [16].

K potlačení artefaktů vznikajících v důsledku pohybu se běžně využívají metody, jako například aplikace presaturačního pulzu (potlačující pohybové artefakty způsobené dýcháním při vyšetření páteře). Pakliže je zapotřebí potlačit vznik pohybových artefaktů ve vyšetřované oblasti využívá se modifikace parametrů akvizice nebo je snímání signálů podřízené fyziologickým procesům (např. sledování srdečního rytmu pomocí EKG) [16].

Metoda náběru dat, jenž eliminuje pohybové artefakty v obraze, stojící za zmínku se nazývá PROPELLER (Periodically Rotated Overlapping Parallel Lines with Enhanced Reconstruction) pro stroje firmy GE Healthcare nebo BLADE pro stroje firmy Siemens. Algoritmus této techniky je založen na fázové

korekci pro každý „blade“, aby bylo zajištěná rotace bodu právě ve středu k-prostoru (kde se nachází nejvyšší kontrast obrazu), po níž následuje korekce in-plane rotace a in-plane translace vyšetřované oblasti a posledním krokem je korelační vážení k minimalizaci dat z blade jenž obsahují pohybové artefakty [19].



Obrázek 10 - T2w obraz s použitím BLADE (A), bez použití BLADE - pohybový artefakt (B) [20]

3.3.1.5 Artefakty z toku

Artefakty toku mohou značně omezit výsledný stupeň snímaného signálu z lumen cévy nebo mozkomíšního moku. Bylo objeveno několik negativních aspektů tohoto jevu, jako například chybné mapování fází zapříčiněné vysokým pulzujícím signálem z arteriálního toku krve, nebo mylně zobrazená velikost cévy z důvodu pomalu pohybujícího toku tekutiny [8].

Stejně tak jako byly zjištěny negativní aspekty, existují i pozitivní aspekty – výhody, které nám přináší tyto artefakty. Jako například zisk angiografických obrazů. Ty jsou získány, pakliže jsou parametry sekvence nastaveny tak, aby saturovaly pozadí signálu z anatomie při zachování vysokého signálu v cévách [8].

Jsou známé dva jevy toku, jež mají významný vliv na intenzitu signálu:

- Fenomén vstupního řezu (ESP);
- Time of Flight (TOF).

ESP zesiluje signál, který je produkován tokem tekutiny a na výsledném obraze MR se lumen cévy jeví jako hypersignální (hyperintenzivní). Zatímco v obraze s TOF se lumen zobrazí méně hypersignální (hyperintenzivní), což je zapříčiněno ztrátou signálu ve vysoké rychlosti [8].

Se signálem, který se vrací z tekoucí krve v cévě lze uměle manipulovat, a jako takový ho lze definovat jako artefakt (v tomto případě nelze říct, zda se jedná o nežádoucí účinek). Avšak existuje případ, kdy tento fakt je označen za problém a to v případě, kdy se zdroj signálu (v tomto případě anatomická struktura) pohne mezi kroky fázového kódování a tím dojde ke vzniku artefaktu [8].

Jako většinu artefaktů i tento je možné kompenzovat a to za použití presaturačního pulzu, který je vyslán do místa, jenž se nachází mimo zobrazovaný objem. Pakliže se jedná o studii pro níž je důležitá přítomnost vysokého signálu z vaskulatury, je nutno použít gradienty, které kompenzují průtok krve. Takovéto gradienty se nazývají gradient flow compensation [8].

Gradient moment rephasing

Je technika, která kompenzuje změněné fázové hodnoty magnetických momentů jader proudících podél gradientu. Využívá další přechody k opravě změněných fází zpět na jejich původní hodnoty a řídí se stejnými principy, jako balanced gradient echo, který se využívá u balanced GE sekvence. Tekoucí jádra si uchovávají svůj magnetický moment a jsou stále zdrojem signálu. K přeměně momentu je nutné provést přechod kódující frekvencí. Tím dojde ke změně

polarity jádra z kladné na dvojně zápornou a zpět na kladnou. Na protékající jádra kolem takového gradientu po jejich dráze působí různě velké síly magnetického pole a podle toho dochází ke změně fáze jejich magnetického momentu [8].

3.3.2 Vlastní artefakty pro použitou sekvenci nebo protokol

Toto je skupina artefaktů, kterým se lze vyhnout, jedná se totiž o chyby vzniklé v MR obraze, za které může nejčastěji obsluhující personál přístroje. V tomto případě poté mluvíme o tzv. aliasingových artefaktech. [10]

Aliasingové artefakty

Aliasingové artefakty, jsou artefakty, kde se obraz anatomie, který se vyskytuje mimo zorné pole, překlopí do horní části obrazu uvnitř zorného pole [8].

Jelikož i anatomické struktury, které jsou mimo zorné pole, působí silné magnetické pole, tak i ony jsou zdrojem signálu, pakliže se nacházejí v oblasti přijímací cívky. Tyto zdroje signálu mají jiné frekvence (vyšší nebo nižší) než frekvenci v rámci FOV, která je zapříčiněná umístěním jader na částech gradientu, které přesahují FOV [8].

Tento typ artefaktu se vyskytuje z důvodu podvzorkování během jedné sekvence. Abychom eliminovali vznik této chyby v obraze je nutné zvětšení FOV, tak aby obsahovalo všechny struktury, jež jsou zdrojem signálu. Další možnost jak potlačit tento artefakt je možnost použití tzv. presaturačních pásů, které mohou vynulovat signály právě z oblastí produkujících signály mimo FOV [8].



Obrázek 11 - T2 obraz s aliasingovým artefaktem [21]

3.3.3 Artefakty vznikající při poruše přístroje

Do této skupiny artefaktů bychom mohli zařadit například ztrátu gradientu, která způsobí zkreslení výsledného MR obrazu. Další artefakty mohou vznikat díky vířivým proudům, které jsou indukovány gradientními cívkami a tím jsou způsobeny fázové posuny v obraze [8].

Chyby vznikající při náběru dat, jsou zdroji všemožných artefaktů, jež se ve výsledném obraze můžou projevit zobrazením chybějícího signálu s geometrickým vzhledem. Takovéto artefakty mohou být odstraněny opakováním sekvence, pakliže by ani po tomto pokusu přetrvávaly, je nutné přivolat technika, který musí najít a následně vyměnit chybnou část hardwaru způsobující tento druh artefaktu [8].

3.4 Kontrastní látky využívané při MR vyšetření

„Kontrastní látky (KL) slouží k lepšímu zobrazení anatomických struktur a orgánů, případně jejich funkce. Nejčastěji jsou aplikovány do cévního řečiště, mohou být podávány i do preformovaných dutin lidského těla.“ [10, str. 76]

Velkou výhodou při zobrazování pomocí MR je zobrazení chorobných procesů bez použití kontrastních látek (KL), jelikož ve většině případů jsou tyto patologické procesy bohaté na vodu, dochází k jejich krásnému zobrazení na T2w obrazech. V některých případech však ani takovéto zobrazení není dostačující a je vyžadována aplikace KL, jež umožní selektivní zesílení – zvýraznění patologie [22].

Kontrastní látky využívané při MR vyšetření lze rozdělit do dvou skupin – pozitivní (zvyšující kontrast obrazu pomocí aktivní složky – nejčastěji gadolinium) a negativní (snižující kontrast obrazu, obsahující oxidy železa) KL, které se v dnešní době už nepoužívají [22].

3.4.1 Pozitivní KL

Aktivní složkou pozitivních KL pro zobrazování magnetickou rezonancí je gadolinium, které se při 20°C chová jako feromagnetická látka, avšak při teplotě stejné, jako je teplota lidského těla, vykazuje schopnost silně paramagnetické látky – což vede k fluktuaci magnetického pole o podobné frekvenci jako je larmorova frekvence blízkých vodíkových jader. V tomto případě dochází ke zkrácení jak T1, tak T2 času [22].

Doporučené dávkování (0,1-0,2 mmol/kg) má za následek pouze zkrácení T1 času – tedy je možné říci, že pozitivní KL jsou látky, které zvyšují kontrast v T1 obrazech. Samotné gadolinium má tendenci se vázat na proteiny různých

tělních struktur, proto je nutné aplikovat gadolinium vázané na ligandy, jež nejenže zabraňují toxické vazbě látky na proteiny, ale také usnadňují rychlejší vylučování KL z těla nefrogenní cestou [22].

Gadoliniové KL se mohou podávat intravenózně, perorálně (vyšetření GIT – pankreas) nebo do dutiny – kloubu (MR artrografie – kyčle, ramene nebo hlezna) [22].

3.4.2 Negativní KL

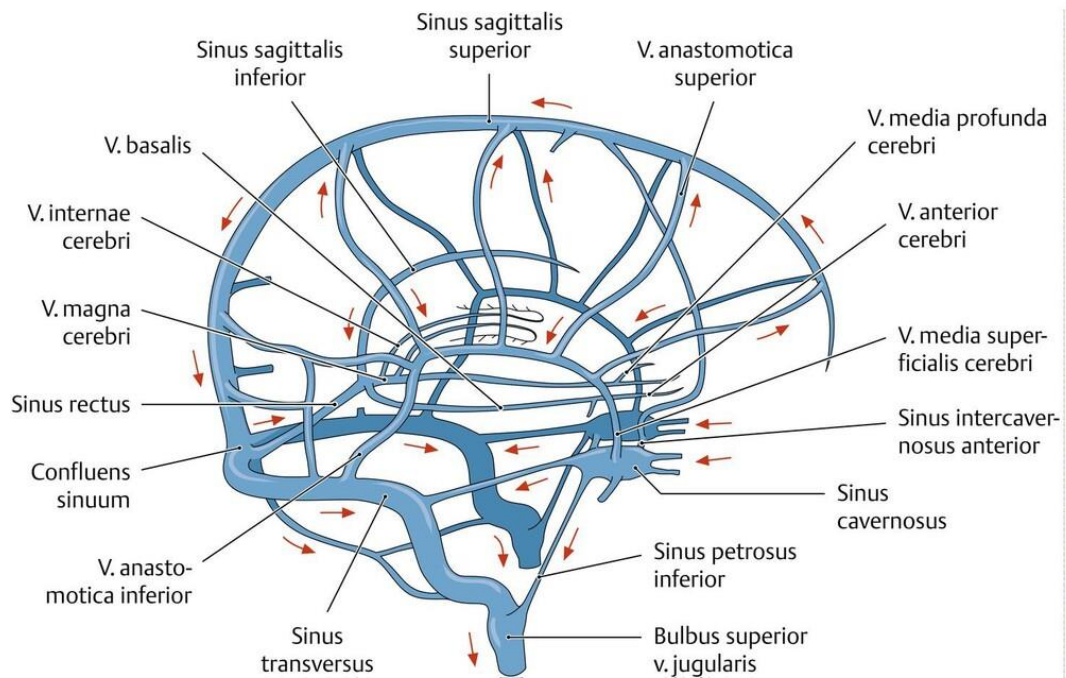
Aktivní složkou negativních KL jsou oxidy železa (nejčastěji manganu), které vykazují superparamagnetické vlastnosti – tedy jsou schopné vytvářet malé změny v homogenitě magnetického pole v blízkosti jakýchkoliv injektovaných částic do krevního oběhu. Toto vede k defázování magnetických momentů atomových jader a následnému zkrácení T2 času a snížení intenzity signálu ve výsledném obraze [22].

Oxidy železa v dnešní době jako KL lze označit za historii, avšak na nějakých pracovištích se jako negativní KL využívají ovocné šťávy (z ananasu, či borůvek) pro dosažení snížení intenzity signálu ve střevě (např. při vyšetření MRCP pro naplnění žaludku) [22].

3.5 Nitrolební žilní splavy

„Žilní splavy probíhají v mozkové tvrdé plně mezi původními dvěma listy ektomeninx. Stěnu žilních splavů tvoří endotel a list tvrdé pleny, který nahrazuje tunica media et adventitia za vazivo tvrdé pleny, jež ji vyztužuje. Splavy nejsou typickými žilami, postrádají chlopně a nejsou schopny kolabovat při poškození. Splavy přijímají přítoky z mozku, mozkových obalů a kostí lebky, rovněž vytvářejí spojení s mimolebečními žilami.“ [23, str. 475]

Nitrolební žilní splavy jsou tvořeny velkým množstvím cév, jež je možné pozorovat na obrázku č. 12 níže. Základní cévy, na kterých je možné dobře pozorovat patologický nález, tvoří sinus sagittalis superior et inferior, sinus rectus a sinus transversus.



Obrázek 12 - schéma nitrolebních žilních splavů [24]

Průběh sinus sagittalis superior je téměř podél střední čáry mozku při horním okraji falx cerebri v celé jeho délce zředu dozadu. Do tohoto žilního splavu vbíhají Pacchioniho granulace – místo vstřebávání mozkomíšního moku do krve. Zatímco sinus sagittalis inferior probíhá podél dolního okraje falx cerebri. Sinus rectus je splav, jenž vzniká soutokem sinus sagittalis inferior a vena magna cerebri. V případě sinus transversus se jedná o párový splav, jenž je uložen v sulcus sinus transversi, u kterého lze sledovat mírné pozdvižení v oblasti processus mastoideus a následné stočení laterálním směrem, kdy už pokračuje jako esovitý splav (sinus sigmoideus) [23, 25].

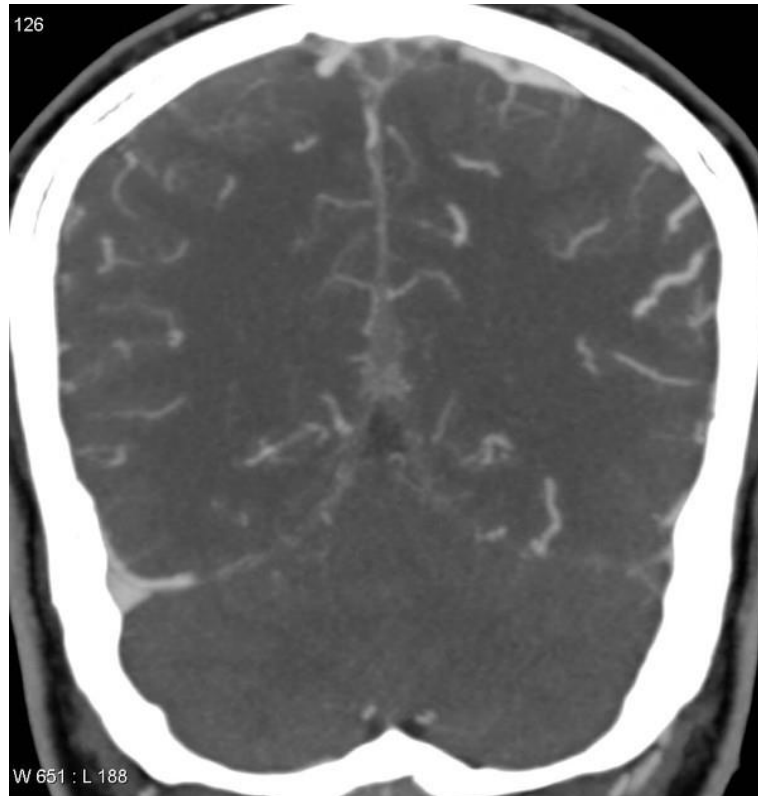
3.5.1 Trombóza nitrolebních žilních splavů

„Trombóza splavů je jedna z forem cévní mozkové příhody. Často je komplikovaná krvácením ze stázy krve.“ [23, str. 474]. Pakliže dojde ke vzniku trombotického procesu, venózní systém se snaží nedostatek odvodu krve z nitrolebních prostor kompenzovat pomocí odvodu kolaterálním oběhem, pakliže dojde k selhání i tohoto oběhu může dojít k obstrukci kapilárního oběhu a následné ischemii [26].

Mezi možné faktory vzniku trombotického procesu lze zařadit těhotenství, perorální antikoncepci, kompresi venózních struktur expanzivními procesy, úrazy nebo různé poruchy koagulace. Mezi klinické příznaky trombózy nitrolebních žilních splavů se řadí bolesti hlavy, nauzea, zvracení a v některých případech se může projevit ve formě epileptického záchvatu [26].

Při diagnostice této problematiky se využívá CT modality, magnetické rezonance, anebo také své zastoupení má DSA modalita [25].

Při vyšetření pomocí CT modality se postižená céva zobrazí jako hypertenzní ložisko, mimo trombotizovanou cévu se může zobrazit i malé krvácení v důsledku poruchy hematoencefalické bariéry. Pakliže je při vyšetření aplikována kontrastní látka je možné sledovat v oblasti žilních splavů tzv. delta sign [26].



Obrázek 13- koronární CT řez s KL, prokazující přítomnost trombózy na sinus sagittalis superior [27]

„V modalitě MR jsou trombotizované žilní struktury v hyperakutním stadiu hyposignální v T1W i T2W obrazu. V akutním stadiu se trombus zobrazí jako izosignální v T1W obrazu, zvýšené intenzity signálu v T2W obrazu, v subakutním stadiu má zvýšenou intenzitu signálu v T1W i T2W obrazu (v tomto stadiu bývá nejčastěji trombóza diagnostikována), v modu FLAIR bývá trombus hyperintenzivní. Ztráta flow void v sinu může podpořit diagnózu jeho uzávěru, ale nemusí být na druhé straně vždy korelátem okluze.“ [26, str. 122] Své zastoupení při diagnostice trombózy venózních splavů najde své uplatnění i MRA a to především její venózní fáze, jež je schopna zobrazit uzávěr cévních struktur společně i s navazujícím kolaterálním oběhem. Při tomto vyšetření je možnost nárazu na úskalí – vymizení flow signálu a následné falešné positivity při zkoumání přítomnosti trombózy, nebo naopak (imitace flow signálu v důsledku hypersignality trombu v T1 váženém obrazu). V tomto případě se uplatní aplikace KL pro podání přesnější informace [26].

4 METODIKA

V praktické části bakalářské práce posuzujeme podíl pozitivních nálezů průkazu přítomnosti trombózy v nitrolebních žilních splavech na celkovém počtu vyšetření MR venografie. Data pro tuto práci byla poskytnuta radiodiagnostickou klinikou Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze. Tato data jsme si vyhledali v historii nemocničního DICOM systému pod heslem MR venografie.

Fakultní nemocnice Královské Vinohrady (FNKV) disponuje dvěma přístroji magnetické rezonance (Siemens Magnetom SOLA a GE Signa HDxt, obě se silou magnetického pole o velikosti 1,5 T), na kterých byla prováděna vyšetření, jež tvoří data set pro tuto práci. Získaná data jsme zaznamenávali do námi vytvořené tabulky, z níž jsme následně vytvořili grafy pro lepší orientaci ve výsledcích. Pro výzkum jsme si určili následující parametry:

- pohlaví pacienta;
- věk pacienta (v době vyšetření);
- přítomnost výpadku v obraze (popř. místo výpadku);
- zda byla či nebyla aplikována KL pro upřesnění nálezu;
- zda byla potvrzena přítomnost trombózy nitrolebních žilních splavů.

Z důvodu malého počtu provedených MR venografických vyšetření v roce 2020, jsme se rozhodli data set rozšířit o vyšetření z let 2016 až 2020, abychom mohli porovnat různé parametry mezi sebou a statistika nebyla ovlivněna nízkým počtem vstupních dat.

Výsledky jsou interpretovány a statisticky zpracovány do tabulek a následného grafického zobrazení v podkapitolách podle let, ve kterých byla vyšetření provedena (roky 2016 až 2020).

Dále je v kapitole výsledky krátká část věnována jedné kazuistice, ve které je pomocí reálných obrázků z MR venografického vyšetření graficky znázorněno vymizení flow nitrolebních žilních splavů v obraze z důvodu přítomnosti trombózy. Tyto obrazy jsou poté doplněny následným vyšetřením pro rekanalizaci postižené oblasti půl roku po výkonu a obrazy kontrolními po dvou a půl letech od diagnózy NŽT.

5 VÝSLEDKY

5.1 Vyšetření provedená v roce 2016

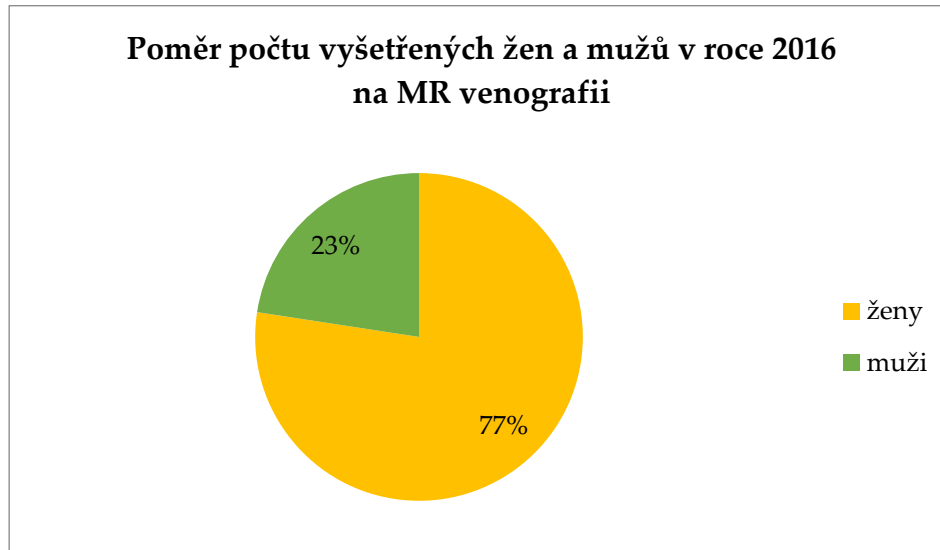
V roce 2016 bylo na Radiodiagnostické klinice ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady provedeno celkem 31 venografických vyšetření na magnetické rezonanci (viz tabulka č. 1).

Tabulka 1 - MR venografie v roce 2016 na RDG klinice FNKV

	Pohlaví	Věk [let]	Přítomnost výpadku	Místo výpadku	Aplik. KL	Přítomnost trombózy
Pacient č. 1	Žena	14	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 2	Žena	66	Ano	sinus sagittalis superior; sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ano
Pacient č. 3	Žena	66	Ano	sinus sagittalis superior; sinus transversus; sinus sigmoideus	Ne	Ano
Pacient č. 4	Žena	51	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ano
Pacient č. 5	Žena	51	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ne
Pacient č. 6	Žena	51	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ano
Pacient č. 7	Žena	47	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 8	Žena	46	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 9	Žena	46	Ano	sinus transversusu; sinus sigmoideus	Ano	Ne
Pacient č. 10	Žena	46	Ano	sinus transversusu; sinus sigmoideus	Ano	Ne
Pacient č. 11	Muž	39	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 12	Muž	39	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 13	Muž	39	Ano	sinus transversus	Ano	Ano
Pacient č. 14	Žena	39	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 15	Muž	38	Ano	sinus ethmoidalis	Ano	Ne
Pacient č. 16	Muž	38	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 17	Žena	37	Ano	sinus sagittalis superior	Ano	Ne
Pacient č. 18	Žena	36	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 19	Žena	35	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 20	Žena	35	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 21	Muž	33	Ne	-	Ne	Ne

Pacient č. 22	Muž	33	Ne	-	Ne	Ano
Pacient č. 23	Žena	31	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 24	Žena	26	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 25	Žena	25	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 26	Žena	25	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 27	Žena	24	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 28	Žena	21	Ano	sinus transversus	Ano	Ano
Pacient č. 29	Žena	21	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 30	Žena	21	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 31	Žena	20	Ne	-	Ne	Ne

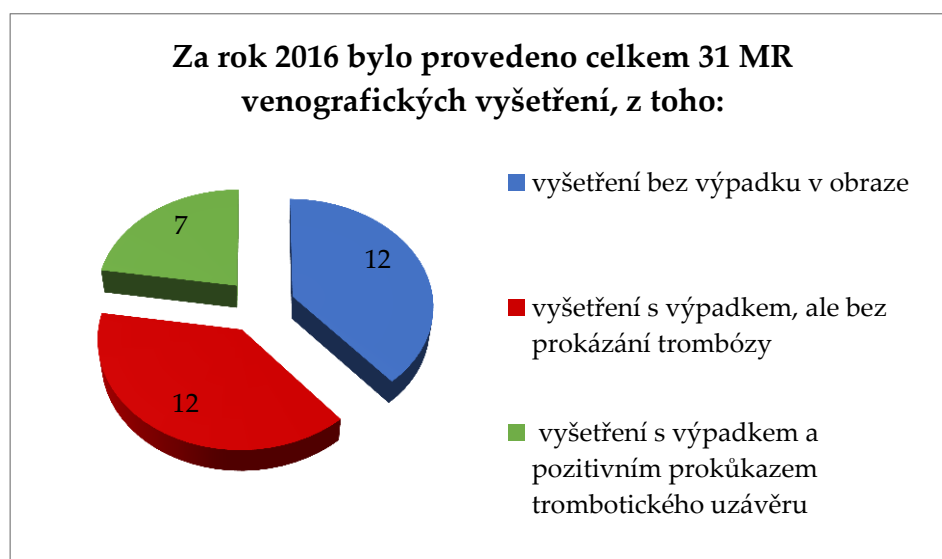
Z nichž bylo 24 vyšetření podstoupeno pacientkami ženského pohlaví a zbylých 7 vyšetření bylo provedeno u mužského pohlaví (viz obrázek č. 11). Nejmladší pacient, jenž se podrobil tomuto vyšetření, bylo pouhých 14 let, zatímco nejstarší osobě, která byla v tomto roce vyšetřena tímto typem vyšetření, bylo 66 let.



Obrázek 14 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2016 na MR venografii

Z celkového počtu 31 vyšetření, bylo v obrazech magnetické rezonance celkem prokázáno 19 výpadků v obraze – především se jednalo o výpadky v oblasti sinus sagittalis superior, sinus transversus a sinus sigmoideus. Z tohoto počtu výpadků v obraze bylo celkem 7 případů, u kterých byl

pozitivní nález trombotického uzávěru, který tento výpadek způsobil (viz obrázek č. 12).



Obrázek 15 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2016 s rozdělením na výšeče

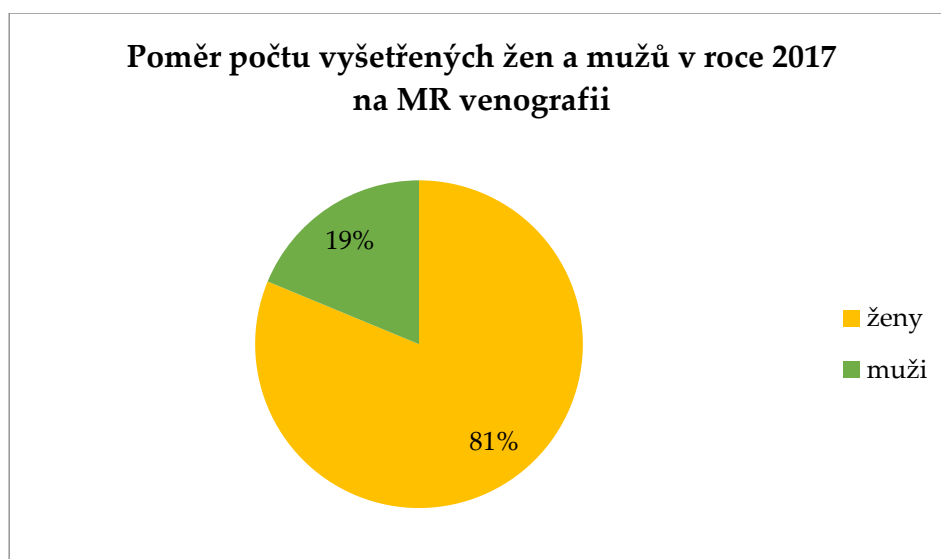
5.2 Vyšetření provedená v roce 2017

O rok později, v roce 2017, na stejném oddělení ve FNKV, bylo provedeno celkem 16 MR venografických vyšetření (viz tabulka č. 2), v poměrném zastoupení 13 vyšetření u žen a 3 vyšetření u mužů (viz obrázek č. 13), s věkovým rozptylem 18 až 75 let.

Tabulka 2 - MR venografie v roce 2017 na RDG klinice FNKV

	Pohlaví	Věk [let]	Přítomnost výpadku	Místo výpadku	Aplik. KL	Přítomnost trombózy
Pacient č. 1	Žena	75	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 2	Žena	70	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 3	Žena	69	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ne
Pacient č. 4	Muž	61	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 5	Žena	58	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 6	Muž	46	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 7	Muž	45	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 8	Žena	37	Ano	sinus transversus	Ano	Ano
Pacient č. 9	Žena	30	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ne

Pacient č. 10	Žena	29	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 11	Žena	29	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 12	Žena	27	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ne	Ne
Pacient č. 13	Žena	26	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 14	Žena	21	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 15	Žena	21	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 16	Žena	18	Ano	sinus transversus	Ano	Ne



Obrázek 16 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2017 na MR venografii

V obrazech magnetické rezonance v tomto roce bylo prokázáno celkem 14 výpadků, jež se nacházely v oblasti sinus transversus a sinus sigmoideus. Trombotický uzávěr, který způsobil výpadek signálu v obraze MR, byl prokázán pouze v jednom případě z těchto 14 výpadků (viz obrázek č. 14).



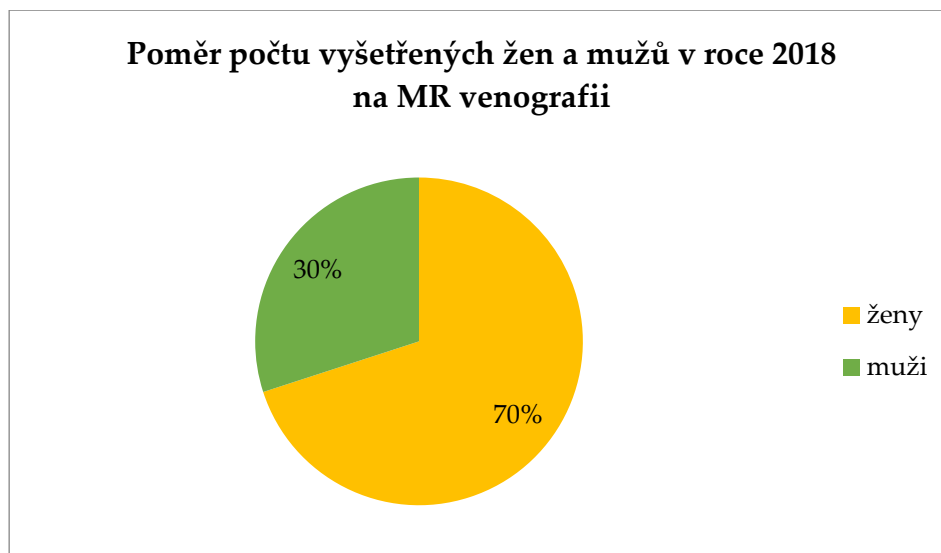
Obrázek 17 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2016 s rozdělením na výšeče

5.3 Vyšetření provedená v roce 2018

V roce 2018 se na Radiodiagnostické klinice FNKV provedlo celkem 10 venografických vyšetření pomocí magnetické rezonance (viz tabulka č. 3). Z nichž 7 vyšetření bylo provedeno u žen a zbylá tři byla provedena u mužů (viz obrázek č. 15). Nejmladšímu pacientovi, který podstoupil toto vyšetření, bylo 23 let, zatímco nejstaršímu pacientovi bylo jednou tolik – 46 let.

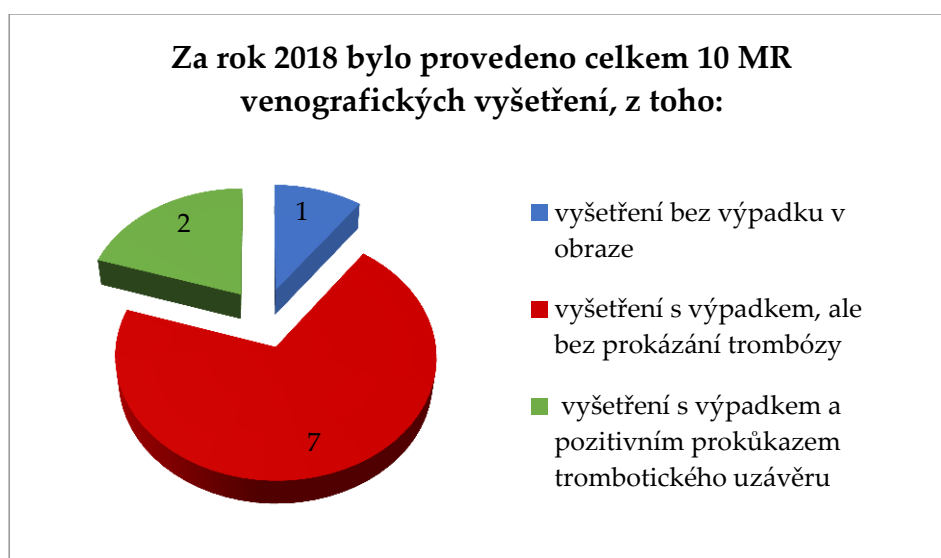
Tabulka 3 - MR venografie v roce 2018 na RDG klinice FNKV

	Pohlaví	Věk [let]	Přítomnost výpadku	Místo výpadku	Aplik. KL	Přítomnost trombózy
Pacient č. 1	Žena	46	Ano	sinus transversus	Ano	Ano
Pacient č. 2	Muž	45	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 3	Žena	46	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 4	Žena	40	Ano	sinus maxillaris	Ne	Ne
Pacient č. 5	Žena	27	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 6	Muž	23	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 7	Muž	26	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 8	Žena	26	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 9	Žena	23	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 10	Žena	23	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ne	Ano



Obrázek 18 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2018 na MR venografii

V tomto roce byl patrný výpadek v obraze MR téměř u všech provedených vyšetření – pouze u jednoho z 10 vyšetření se výpadek v MR obraze nevyskytl. Výpadky signálu byly sledovány v oblasti sinus transversus a v jednom případě se výpadek zobrazil i v oblasti sinus sigmoideus. Pozitivní nález trombotického uzávěru byl prokázán z 2 pacientů (viz obrázek č. 16).



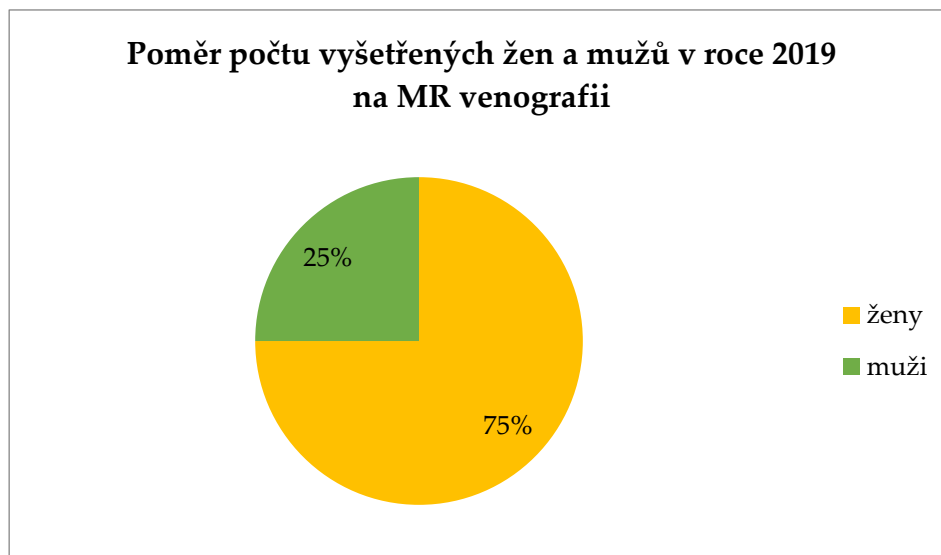
Obrázek 19 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2018 s rozdělením na výšeče

5.4 Vyšetření provedená v roce 2019

Vyšetření pod názvem MR venografie za rok 2019 na oddělení radiodiagnostiky ve FNKV podstoupilo celkem 8 pacientů (viz tabulka č. 4), z nichž bylo 6 žen a 2 muži (viz obrázek č. 17). Nejmladšímu pacientovi, který v tomto roce postoupil toto vyšetření, bylo 23 let a nejstaršímu 72 let.

Tabulka 4 - MR venografie v roce 2019 na RDG klinice FNKV

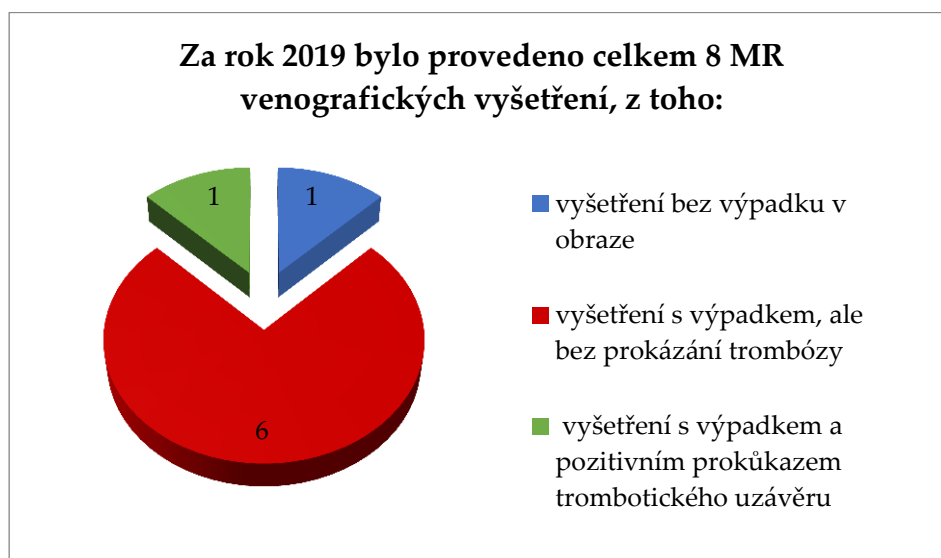
	Pohlaví	Věk [let]	Přítomnost výpadku	Místo výpadku	Aplik. KL	Přítomnost trombózy
Pacient č. 1	Muž	72	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ne	Ne
Pacient č. 2	Žena	63	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ne
Pacient č. 3	Muž	46	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 4	Žena	42	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 5	Žena	32	Ano	sinus transversus; sinus sigmoideus	Ano	Ne
Pacient č. 6	Žena	30	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 7	Žena	23	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 8	Žena	47	Ano	sinus transversus	Ano	Ano



Obrázek 20 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2019 na MR venografii

I v tomto roce, stejně jako v roce 2018, byl sledován výpadek v obraze MR skoro ve všech případech až na jedno vyšetření. Tyto výpadky byly sledovány

hlavně v oblasti sinus transversus a v menším počtu poté také v oblasti sinus sigmoideus. Pozitivní nález trombotického uzávěru byl v tomto roce prokázán pouze u jednoho pacienta (viz obrázek č. 18).



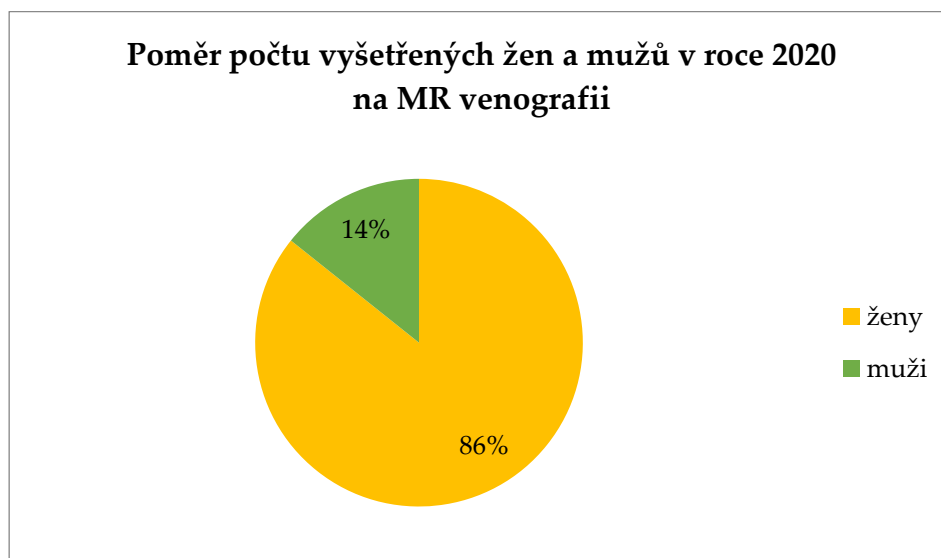
Obrázek 21 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2019 s rozdělením na výšeče

5.5 Vyšetření provedená v roce 2020

V minulém roce, tedy v roce 2020, bylo na klinice radiodiagnostiky FNKV provedeno celkem 14 venografických vyšetření za použití magnetické rezonance (viz tabulka č. 5). Opět vyšší počet vyšetřených pacientů tvoří ženy, v tomto roce jej podstoupilo celkem 12 žen a zbylí dva pacienti byly mužského pohlaví (viz obrázek č. 19). Nejmladší osobě, která toto vyšetření v roce 2020 podstoupila, bylo 19 let a té nejstarší bylo v době vyšetření 79 let.

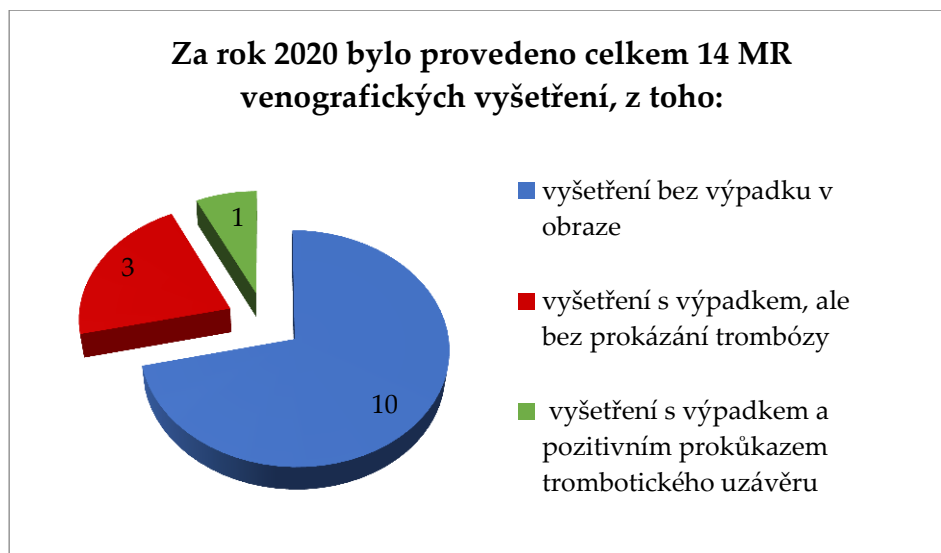
Tabulka 5 - MR venografie v roce 2020 na RDG klinice FNKV

	Pohlaví	Věk [let]	Přítomnost výpadku	Místo výpadku	Aplik. KL	Přítomnost trombózy
Pacient č. 1	Žena	20	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 2	Žena	19	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 3	Muž	79	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 4	Žena	54	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 5	Žena	38	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 6	Žena	38	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 7	Žena	37	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 8	Žena	37	Ne	-	Ano	Ne
Pacient č. 9	Žena	35	Ano	sinus cavernosus	Ano	Ne
Pacient č. 10	Žena	29	Ano	sinus transversus	Ano	Ne
Pacient č. 11	Muž	28	Ano	sinus transversus	Ne	Ne
Pacient č. 12	Žena	25	Ne	-	Ne	Ne
Pacient č. 13	Žena	23	Ano	sinus transversus	Ne	Ano
Pacient č. 14	Žena	25	Ne	-	Ne	Ne



Obrázek 22 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2020 na MR venografii

Při celkovém počtu 12 vyšetření byl výpadek v obraze sledován celkem u 4 vyšetření a to především v oblasti sinus transversus a v jednom případě byla postižena oblast sinus cavernosus. Výpadek v obraze MR způsobený trombotickým uzávěrem byl prokázán pouze u jednoho případu (viz obrázek č. 20).



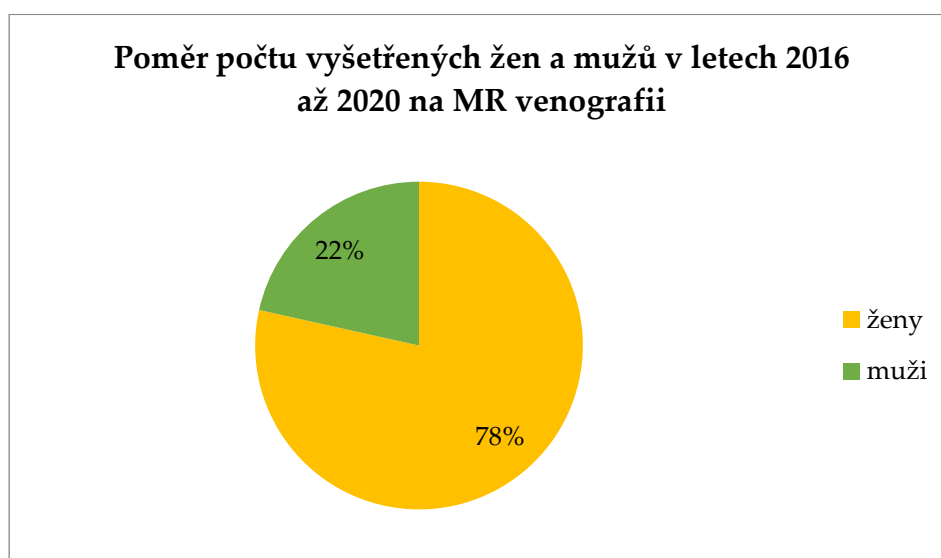
Obrázek 23 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2020 s rozdělením na výšeče

5.6 Souhrn počtu vyšetření a pozitivních nálezů trombotického uzávěru

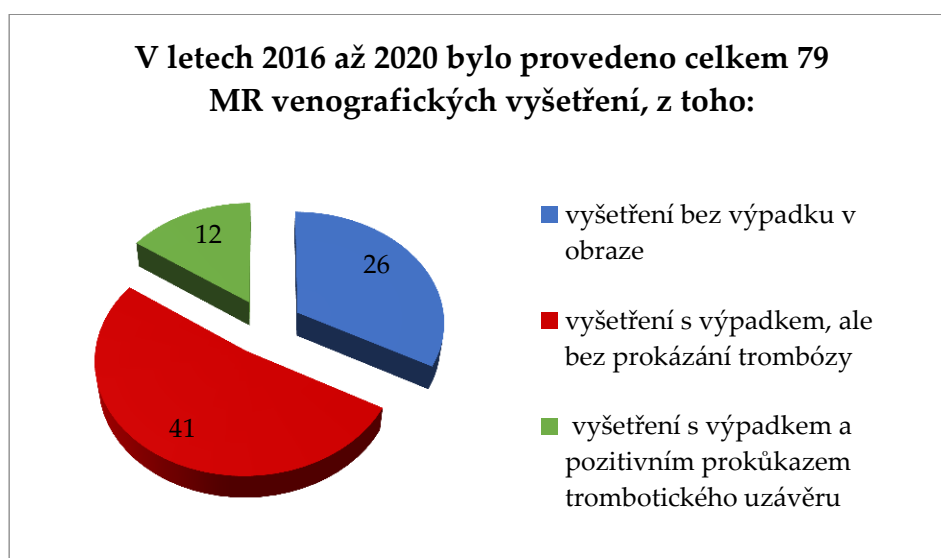
Z výše uvedených statistických dat vyplývá celkový počet 79 venografických vyšetření na magnetické rezonanci v letech 2016 až 2020 na Radiodiagnostické klinice pražské Fakultní nemocnice Královské Vinohrady (viz tabulka č. 6). Celkem se vyšetření podrobilo 62 žen a 17 mužů (viz obrázek č. 21), s věkovým rozpětím mezi 14 až 79 lety života. Z těchto téměř osmdesáti vyšetření byl sledován výpadek v obraze magnetické rezonance u dvou třetin vyšetření (nejčastěji v oblasti sinus transversus, sinus sagitallis superior a sinus sigmoideus). Výpadek, jenž byl v obraze sledován, byl z jedné pětiny způsoben právě trombotickým uzávěrem jednoho či více nitrolebních žilních splavů (viz obrázek č. 22).

Tabulka 6 - souhrn počtu MR venografických vyšetření a prokázaných trombotických uzávěrů

Rok	Počet MR venografických vyšetření celkem	Počet vyšetřených žen	Počet vyšetřených mužů	Počet výpadků v obraze MR	Počet prokázaných trombotických uzávěrů
2016	31	24	7	19	7
2017	16	13	3	14	1
2018	10	7	3	9	2
2019	8	6	2	7	1
2020	14	12	2	4	1



Obrázek 24 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v letech 2016 až 2020 na MR venografii



Obrázek 25 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření v letech 2016 až 2020 s rozdělením na výšeče

5.7 Kazuistika

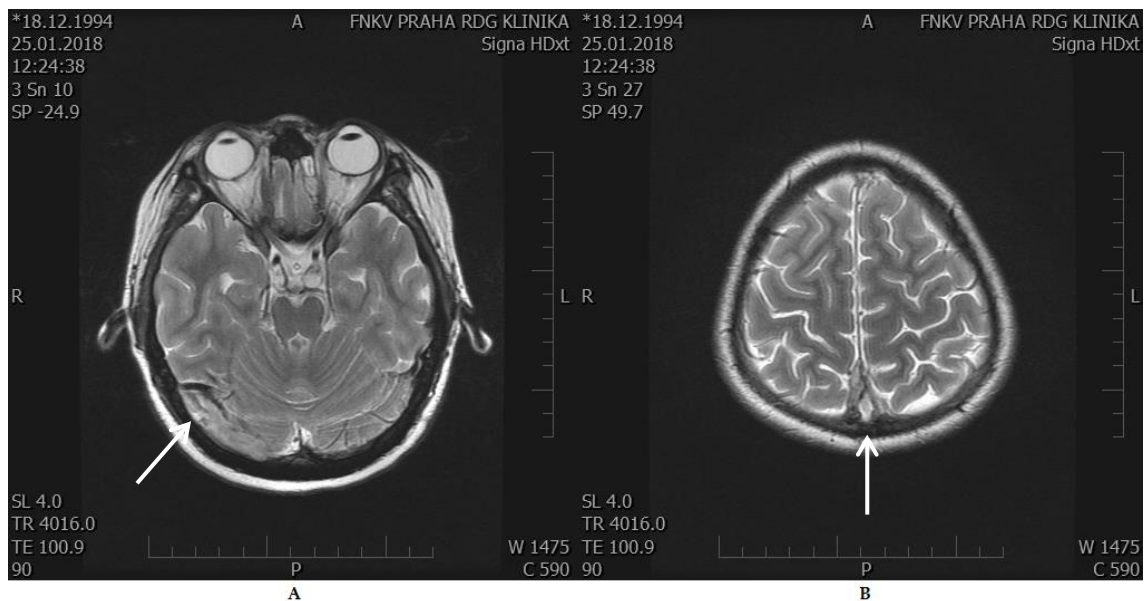
5.7.1 Iniciální vyšetření

Žena, 23 let, podstupuje dne 25. 01. 2018 nativní MR vyšetření mozku (v transversální a sagitální rovině, za použití TSE T2, FLAIR, SE T1, DWI a žilní 2D TOF sekvencí) s podezřením na nehnisavou trombózu nitrolebního žilního systému (I676).

Subakutní trombóza splavů sinus sagittalis superior, sinus transversus a sinus sigmoideus vpravo. Trombóza zasahuje i do jugulární vnitřní žíly vpravo. Na vertexu jsou trombotizovány i kortikální žíly. Levý sinus transversus a sigmoideus je hypoplastický. Sinus rectus a vv. cerebri internae jsou průchodné.

Tč. Nejsou přítomné známky venosních ischemií.

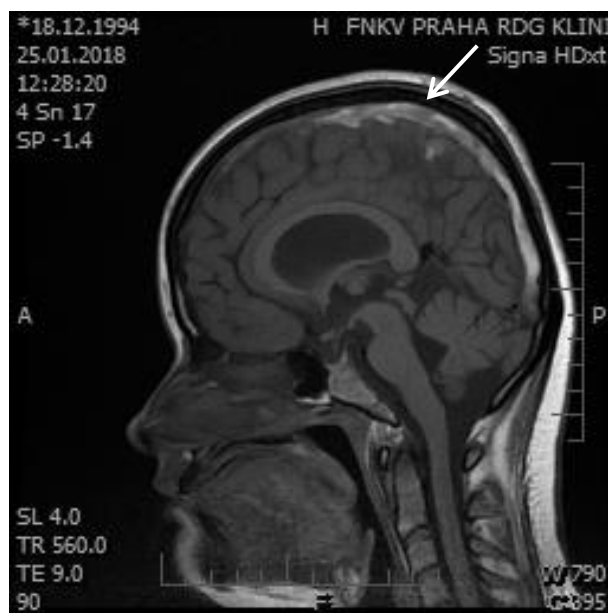
VN: slizniční hyperplasie mastoideálních sklípků vpravo.



Obrázek 26 - T2 axiální řez mozku ženy (23 let) prokazující NŽT: A - v oblasti sinus transversus vpravo (šipka); B - v oblasti sinus sagittalis superior (šipka)

Obrázek č. 26 představuje dva reálné snímky ženy (23 let) s prokázanou NŽT. Jedná se o snímky provedené za pomoci T2 sekvence v axiální rovině a je na nich možné pozorovat krvácení v oblasti sinus transversus vpravo

(obrázek č. 26 A) – v tomto případě se krvácení zobrazuje jako hypersignální (hyperdenzní) ložisko. Stejně tomu tak je i na obrázku č. 26 B, kde je možné sledovat krvácení v oblasti sinus sagittalis superior, i v tomto případě se jedná o hypersignální ložisko s hyposignálním lemem (průkaz přítomnosti subakutního trombu). Krvácení v oblasti sinus sagittalis superior se lépe vizuálně pozoruje v T1 sagitální řezu mozku té samé pacienty (viz obrázek č. 27).



Obrázek 27 - T1 sagitální řez mozku ženy (23 let) prokazující NŽT v oblasti sinus sagittalis superior (šipka)

5.7.2 První kontrolní vyšetření po půl roce od rekanalizace

Žena, 23 let, podstupuje dne 23. 07. 2018 nativní MR vyšetření mozku včetně venografie (ve třech rovinách, za použití T2 FSE, FLAIR, T1 SE, DWI a GRE T2* sekvence, jenž byly poté doplněny ještě o žilní 2D TOF sekvence) jako kontrolní vyšetření po 6 měsících od diagnózy NŽT.

Při srovnání s min. vyšetřením došlo k rekanalizaci trombovaných splavů – sinus sagittalis superior, sinus transversus vpravo a sinus sigmoideus vpravo se zasahováním do jugulární žíly vpravo, v sinus transversus a sinus sigmoideus vpravo jsou patrná drobná organizovaná rezidua.

Komorový systém je ve střední čáře, bez známek komprese či dislokace, stacionární velikosti a konfigurace. Šíře subarachnoidálních prostor na bazi lební i konvexitě je v mezích normy. Signál šedé i bílé hmoty mozkové bez patologických odchylek. Oblast hypofýzy a epifýzy bez odchylek. Na očních symetrický nález. Paranasální dutiny vzdušné. Přiměřený nález v mostomozečkových koutech. Signál zobrazeného skeletu norm.

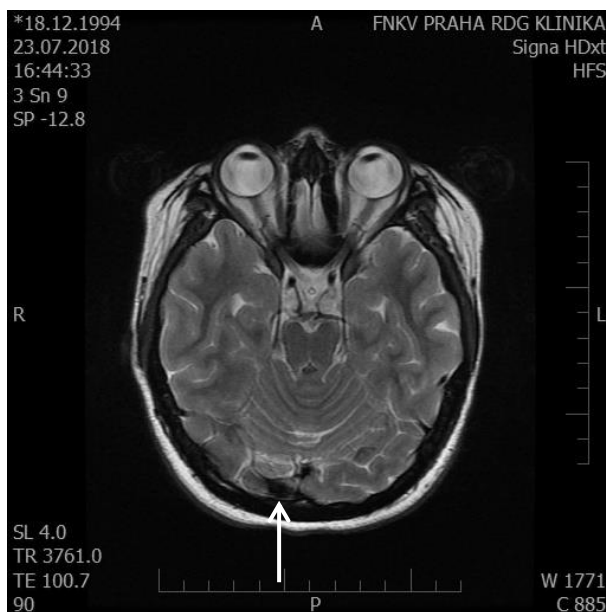
Závěr:

Při srovnání s min. vyšetřením z 1/2018 došlo k rekanalizaci trombózy sinus sagittalis superior, sinus transversus vpravo a sinus sigmoideus vpravo, splavy jsou průchodné, v lumen jen místy patrna drobná organizovaná rezidua.

Ostatní MR nález na mozku je stacionární.

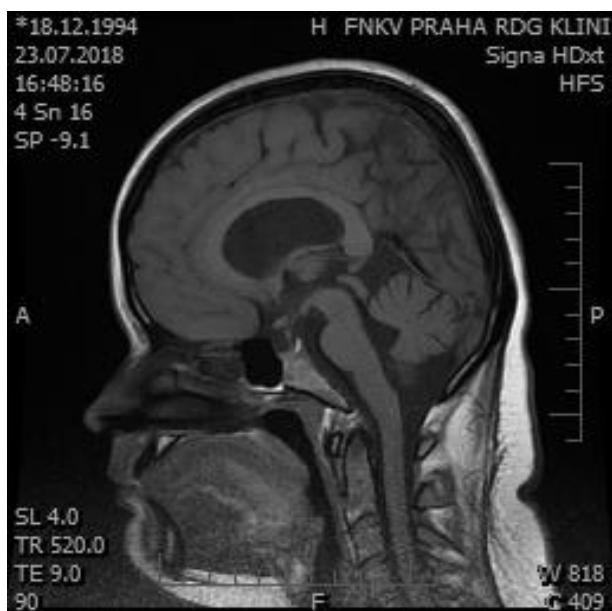
Kontrolní vyšetření po půl roce od rekanalizace zasažených nitrolebních žilních splavů trombózou bylo provedeno za použití stejných sekvencí jako první vyšetření v lednu roku 2018 a bylo doplněno 2D TOF žilními technikami, ze kterých byly vytvořeny MIP rekonstrukce (viz obrázku č. 30).

Na T2 axiálním snímku lze pozorovat hypodenzní reziduální ložisko v oblasti sinus transversus vpravo (obrázek č. 28), které se zde zobrazuje v důsledku prodělané NŽT v lednu roku 2018.



Obrázek 28 - T2 axiální řez mozkem ženy (23 let) po prodělané NŽT bez známek patologie, pouze se známkami předešlého postižení v oblasti sinus transversus opravo (šipka)

Na snímku provedeném za použití T1 sekvence v sagitální rovině (viz obrázek č. 29) v červenci roku 2018 nejsou žádné známky krvácení, či jiné patologie oproti snímku z ledna téhož roku (viz obrázek č. 27).



Obrázek 29 - T1 sagitální řez mozkem ženy (23 let) po prodělané NŽT bez známek patologie, pouze se známkami předešlého postižení v oblasti sinus sagitallis superior

Na rekonstruovaném obrázku 2D TOF žilní techniky lze sledovat průtok nitrolebním žilním systémem. Průtok je čistý bez známek patologických uzávěrů či jiných patologií (viz obrázek č. 30).



Obrázek 30 - rekonstruovaný snímek žilní 2D TOF sekvence provedené v koronární rovině

5.7.3 Vyšetření stejné pacientky, která přichází se synkopou po předchozí prodělané NŽT

Žena, 25let, přichází na vyšetření dne 02. 09. 2020 z důvodu mdloby, pacientka má v anamnéze nehnisavou trombózu nitrolebního žilního systému (I676) diagnostikovanou v lednu roku 2018. Vyšetření je provedeno nativně ve třech rovinách (axiální, koronární a sagitální) za použití T1 SE, T2 FSE, FLAIR, GRE T2*, DWI a doplněno žilními 2D TOF sekvencemi.

Klin. Údaje: mdloba

Ložiskové změny supra ani infratentoriálně neprokazují, signál šedé i bílé hmoty mozkové bez odchylek. Oba hippocampy symetrické, bez odchylek signálu. Mozkové struktury normálně konfigurované. Komory vzhledem k věku prostornější, středové struktury bez dislokace. SA prostory konvexity a basální cisterny nerozšířené, volné. Hypofýza menší velikosti. Vnitřní zvukovody symetrické, odstupy statoakust. nervů

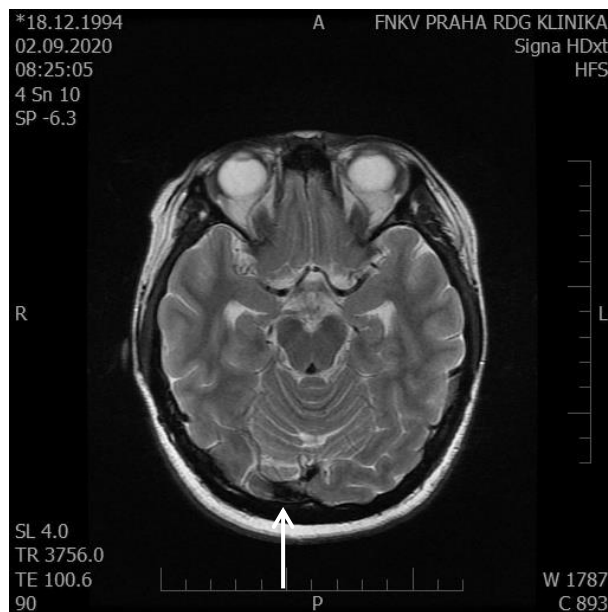
diferencovatelné, jejich průběh i průsvit bez odchylek. Obsah orbit bez patologie.

Paranasální dutiny vzdušné. Splavy průtočné.

Závěr:

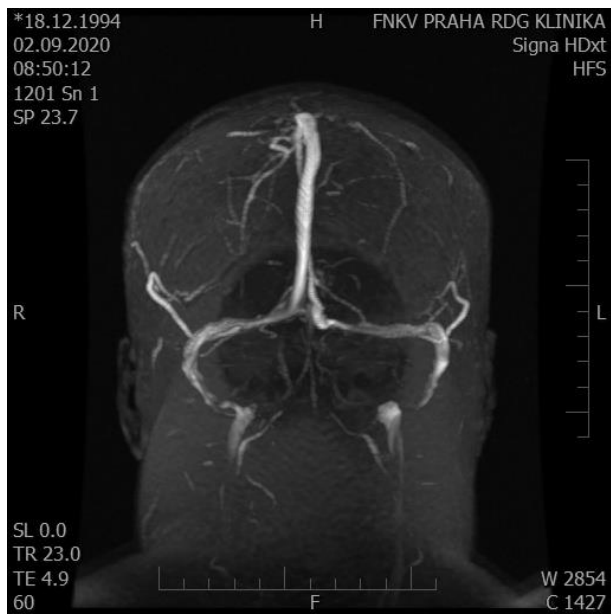
Intrakraniální MR obraz bez patol. odchylek.

Na T2 axiálním snímku lze pozorovat hypodenzní reziduální ložisko v oblasti sinus transversus vpravo (obrázek č. 31), které se zde zobrazuje v důsledku prodělané NŽT v lednu roku 2018.



Obrázek 31 - T2 axiální řez mozem ženy (25 let), po prodělané NŽT bez známek patologie, pouze se známkami předešlého postižení v oblasti sinus transversus vpravo (šipka)

Na rekonstruovaném obrázku 2D TOF žilní techniky lze sledovat průtok nitrolebním žilním systémem. Průtok je čistý bez známek patologických uzávěrů či jiných patologií (viz obrázek č. 32).



Obrázek 32 - rekonstruovaný snímek žilní 2D TOF sekvence provedení v koronární rovině

6 DISKUZE

Cílem této bakalářské práce bylo zjištění celkového počtu MR venografických vyšetření, ze kterého byl dále zkoumán počet vyšetření, při kterých došlo k vymizení flow nitrolebních žilních splavů v T2w obrazu. Mimo toto zkoumání, byl zkoumán i počet vyšetření, jež vyžadovaly aplikaci kontrastní látky pro upřesnění nálezu, zda se jedná či nikoliv o trombotický uzávěr na jedné či více z nitrolebních cév.

Statistický soubor byl vytvořen pacienty, kteří byli vyšetřeni na magnetické rezonanci za použití klasických nativních sekvencí, které byly doplněné technikami 2D TOF nebo flow_PC3D a popřípadě postkontrastními sekvencemi v pražské Fakultní nemocnici Královské Vinohrady v období mezi 01. 01. 2016 až 31. 12. 2020.

V období mezi lety 2016 a 2020 bylo na radiodiagnostické klinice FNKV provedeno celkem 79 venografických vyšetření na magnetické rezonanci (viz tabulka č. 6) pro upřesnění nálezu z jiné zobrazovací metody (USG nebo CT vyšetření). Vyšší procento vyšetřených pacientů tvořily ženy (viz obrázek č. 22) – pakliže bychom chtěli být přesnější, jednalo se o 78 % vyšetřených žen (s průměrným věkem 36,1 let) a zbylých 22 % pacientů bylo mužského pohlaví (s průměrným věkem 42,9 let).

Z tohoto celkového počtu vyšetření – 79 vyšetření, bylo sledováno vymizení flow nitrolebních žilních splavů v T2w obraze celkem u 53 vyšetření, tedy se jedná o více jak dvě třetiny vyšetření, o kterých bychom mohli říct, že jsou suspektními pro trombotický uzávěr. Avšak v tomto případě ještě není možné říct se stoprocentní jistotou, že se jednoznačně jedná o trombózu nitrolebních žilních splavů (výpadek v obraze totiž nemusí hned nutně znamenat trombózu, ale může se například jednat o hypertrofické Pacchioniho granulace nebo

hypoplazii– „zmenšení orgánu n. jeho části, podmíněné nedostatečným vývojem“ [28, str. 221] mozkového sinu [26]).

Pro upřesnění nálezu je tedy vhodné aplikovat kontrastní látku s paramagnetickými vlastnostmi (na RDG klinice FNKV jsou aplikovány KL jako např. Gadovist, ProHance či Dotarem).

Když se podíváme na výše uvedené tabulky, lze z nich vyvodit podíl vyšetření, jenž byla doplněna o postkontrastní sekvence. Tedy celkem tři pětiny z celkového počtu vyšetření (číselně je tento podíl tvořen 48 vyšetřeními), byly doplněny sekvencemi po aplikování kontrastní látky.

Po zjištění výše uvedených parametrů je na čase zhodnotit počet prokázaných trombotických uzávěrů u pacientů vyšetřených mezi lety 2016 až 2020.

V tomto časovém rozmezí bylo na radiodiagnostické klinice Fakultní nemocnice Královské Vinohrady diagnostikováno celkem 12 pozitivních případů trombózy nitrolebních žilních splavů, které se nejčastěji vyskytovaly v oblasti sinus transversus (v cca 91,66 % případech), sinus sigmoideus (v cca 33,33 % případech) a v neposlední řadě byla postižena oblast sinus sagittalis superior (v cca 16,66 % případech). V deseti případech se jednalo o ženy a ve zbylých dvou byla trombóza diagnostikována u mužského pohlaví. Průměrný věk pacientů s touto diagnózou činí 41,92 let za období mezi lety 2016 až 2020.

6.1 Porovnání výsledků s výsledky práce z roku 2007 publikované v periodiku Česká radiologie

Výsledky této práce a našeho zkoumání jsme se rozhodli porovnat s výsledky, které byly zveřejněny v roce 2007 v článku Nitrolební žilní trombózy: Diagnostické možnosti a klinické korelace kolektivem autorů

Vymazal Josef, Šroubek Jan, Denisa Vondráčková a Miroslav Kalina v periodiku Česká radiologie.

Cílem tohoto článku bylo poukázat na problematiku pozdní diagnostiky nitrolebních žilních splavů při využití zobrazení mozku magnetickou rezonancí. Statický soubor v této práci je tvořen celkem 11 vyšetřených pacientů s pozitivním nálezem trombotického uzávěru alespoň na jednom splavu za období mezi lety 2005 a 2006 v Nemocnici Na Homolce [3].

Tato práce zkoumala poměr vyšetřených mužů a žen (i když dodnes stále nebylo jasně prokázáno, zda se tato diagnóza vyskytuje častěji u jednoho či druhého pohlaví [29]) a průměrný věk, jenž byl porovnán s výsledky jiné výzkumné práce, která zahrnovala celkem 624 pacientů z 89 různých zdravotnických zařízení z 21 různých koutů světa. Zda byla prokázána trombofilní mutace MTHFR, která je považována za vyvolávající faktor časně trombózy. Či zda byla sledována zvýšená hladina při vyšetření D-dimeru. A v neposlední řadě zda pacientka postižená trombotickým uzávěrem užívala hormonální antikoncepci, která může být považována za rizikový faktor pro vznik této diagnózy, pakliže pacienta trpí trombofilní mutací. Všechny sledované parametry jsou uvedeny v tabulce níže (viz obrázek č. 33) [3].

	Počet		Počet
muž	1	zvýšení faktoru VIII	6
žena	10	leidenská mutace	0
hormonální antikoncepce	8	cefalea	7
průměrný věk	33	epileptický záchvat	4
rozpětí věku	19–50	hemiparéza	3
trombofilní mutace MTHFR	8	pozitivní RA	3
elevace D-dimeru	11		

Obrázek 33 - Základní klinické a laboratorní parametry pacientů s NŽT v NNM [3]

Pakliže budeme porovnávat výsledky této práce – data z Fakultní nemocnice Královské Vinohrady – s výsledky, které byly publikované kolektivem autorů z Nemocnice Na Homolce (NNH) v periodiku Česká radiologie v roce 2007, je možné sledovat mnoho odchylek.

Zatímco v Nemocnici Na Homolce bylo v rozmezí let 2005 až 2006 hospitalizováno 11 pacientů s diagnózou nitrolební žilní trombózy, ve FNVK to bylo za pět let (v rozmezí 01/2016 až 12/2020) pouze o jednoho pacienta více. Ve studii, z níž autoři českého článku čerpají, je uváděna incidence tohoto vzácného onemocnění dva až sedm případů na milion obyvatel za rok [30]. Kdybychom toto aplikovali na Českou republiku, mohli bychom říci, že se v České republice za rok diagnostikuje přibližně 20 až 70 pacientů s tímto onemocněním – v tomto případě bychom mohli konstatovat, že počet pozitivních nálezů z FNKV se každoročně v průběhu let od roku 2016 až po rok 2020 podílel z přibližně jedné desetiny na celostátním průměru diagnostiky onemocnění.

Co se týče poměru vyšetřených žen a mužů, tak počet vyšetřených žen je při obou zkoumáních stejný, čili 10 pacientek. V případě mužů sledujeme nárůst o jednoho pacienta ve FNKV oproti NNH (je nutné, ale brát v potaz časové rozmezí sledování statického souboru). Pakliže bychom měli tato čísla vyjádřit procentuálně, FNKV by vykazovala za 5 let diagnostiky NŽT pozitivní nález z cca 83,3 % u žen a 16,6 % u mužů, zatímco v NNH v letech 2005–2006 byla pozitivně diagnostikována NŽT z přibližně 90,9 % u žen a 9,1 % pozitivního nálezu bylo tvořeno mužským pohlavím. I když je těžké porovnávat výsledky ze studie, která byla provedena před téměř 15 lety v časovém rozmezí pouze jednoho roku a data této bakalářské práce, je možné zde vidět a konstatovat, že se trombóza nitrolebních žilních splavů vyskytuje častěji u ženského pohlaví, než u mužského.

Při zkoumání vyšetřených pacientů ve FNKV v časovém rozmezí pěti let bylo nejmladšímu pacientovi s tímto onemocněním 21 let a tomu nejstaršímu 66 let (v době vyšetření). Věkový průměr je vypočítaný na necelých 42 let. Ve studii, která byla provedena v NNH byl sledován věkový rozptyl pacientů od devatenácti do padesáti let života, přičemž byl vypočítán průměrný věk pacienta na 33 let. Studie tento svůj vypočítaný průměr věku pacienta srovnává s věkovým průměrem mezinárodní studie, jenž udává věkový průměr pacienta s pozitivním nálezem trombózy v obraze venografického vyšetření provedeného na MR 39 let [3]. Čili je možné tvrdit, že věkový průměr pacientů, kteří podstoupili vyšetření ve FNKV je o téměř 9 let vyšší jak průměrný věk pacientů, jenž mají stejnou diagnózu potvrzenou v NNH, avšak oproti mezinárodní studii je to pouze o 3 roky vyšší.

Výše srovnávané parametry jsou částečně porovnány, ale je nutné zmínit, že jsou ovlivněny obdobím náběru dat. Zatímco v letech 2005–2006 bylo v České republice pouze 39 přístrojů magnetické rezonance (34 nacházejících se v nemocnicích a zbylých 5 v zařízeních s ambulantní péčí), tak o deset let později můžeme mluvit o téměř trojnásobném nárůstu přístrojového vybavení (k roku 2018 dle mezinárodní databáze OECD, ČR disponuje 110 přístroji magnetické rezonance, z nichž je 89 umístěno v nemocnicích a zbytek v zařízeních s ambulantní péčí (dostupné z: https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=HEALTH_STAT)). Tento nárůst může být následkem snížení, ať už celkového počtu MR venografických vyšetření mozku na jednom pracovišti, nebo se také může odrazit na snížení počtu pozitivních nálezů NŽT v jednom nemocničním zařízení.

6.2 Porovnání výsledků s výsledky práce z roku 2012 publikované v periodiku Stroke

V této podkapitole se věnujeme porovnání a zkoumání výsledků naší práce s výsledky, které byly publikovány v roce 2012 v akademickém žurnálu Stroke, v němž jsou pravidelně publikovány různé lékařské výzkumy, jež se zabývají poruchami mozkové cirkulace.

Cílem této práce, jež je prací Jonathana M. Coutinho, MD a kolektivu z Nizozemí, bylo zjištění incidence samotného onemocnění trombózy nitrolebních žilních splavů, průměrného věku pacientů s tímto onemocněním a poměr počtu žen a mužů, u nichž byla NŽT diagnostikována. Statistický soubor v této práci je tvořen 9270 potenciálními případy s podezřením na NŽT, jež byly diagnostikovány v období mezi 01. 01. 2008 až 31. 12. 2010 v celkem 19 nemocničních zařízeních ve dvou nizozemských provinciích (pomocí MR nebo CT venografie, konvenční angiografie nebo pitvy) [31].

Autoři této práce, stejně jako my, využili retrospektivního náběru dat z nemocničních informačních systémů daných nemocničních zařízení a použili k vyhledávání dat tří základních kódů – kód přímo pro NŽT (jež zahrnuje jak hnisavou, tak nehnisavou formu), kód pro hemoragickou mozkovou příhodu a také kód pro ischemickou mozkovou příhodu (tyto kódy byly zahrnuty z důvodu možné špatné diagnostiky, místo NŽT) [31].

Po prvotním zjištění počtu potenciálních případů pro NŽT autoři prošli každý případ a zjistili reálný počet pozitivních nálezů trombózy nitrolebních žilních splavů je u 147 pacientů, z čehož celkem 53 pacientů nespĺňuje parametry, jež autoři zkoumají. Čili výsledný počet zkoumaných pozitivních nálezů, jež byl zjištěn, činí 94 pacientů [31].

Incidenci onemocnění autoři vypočítali z dat statistického úřadu o počtu obyvatel v letech 2008–2010 v daných provinciích kde prováděli šetření. Výsledkem tohoto zkoumání bylo zjištění průměrné incidence onemocnění NŽT 1,32 na 100000 obyvatel za rok ve zkoumané oblasti [31].

Mimo počet pozitivních případů pro NŽT byla i potvrzena myšlenka vyššího počtu postižených žen než-li mužů (v tomto případě je incidence 1,86:0,75 na 100000 obyvatel za jeden kalendářní rok). Průměrný věk pacientů s tímto onemocněním byl vypočítán na 41 let a nejčastějším místem výskytu trombu byla identifikována oblast sinus transversus (v cca 70 %) a sinus sigmoideus (v cca 53%) [31].

Pakliže porovnáme všechna výše zmíněná data studie provedené v Nizozemí s daty této bakalářské práce, můžeme konstatovat, že i v tomto případě se práce shodují s vyšší incidencí onemocnění u žen než u mužů. Také se výsledky shodují s věkovým průměrem pacientů, jenž byli postiženi tímto onemocněním (věkový průměr pacientů této bakalářské práce činí necelých 42 let, což je pouze o jeden rok vyšší než věkový průměr pacientů zahrnutých v nizozemské studii). A poslední parametr, který můžeme porovnávat je poměr počtu zasažených oblastí trombotickým uzávěrem, kdy i v tomto případě můžeme říci, že se výsledky více méně shodují – nejčastější postiženou oblastí je v obou případech oblast sinus transversus, následovaný oblastí sinus sigmoideus.

Stejně jako při předchozím srovnávání výsledků je nutné zmínit možnost ovlivnění výsledků porovnávání fakt, že tato bakalářská práce zkoumá pouze výsledky MR venografických vyšetření v jedné nemocnici za dobu pěti let, zatímco studie z Nizozemí zahrnovala výsledky vyšetření z 19 nemocničních zařízení v období dvou let, jenž byla provedena nejen na magnetické rezonanci, ale také pomocí CT nebo angiografie.

6.3 Návrh dalšího možného porovnávání výsledků

Kdybychom chtěli dosáhnout co nejpřesnějšího porovnání výsledků, museli bychom si vybrat nemocnici, která by byla stejně dostupná jako je FNKV (nemocnice sloužící primárně pro občany z Prahy a Středočeského kraje) a má stejné vybavení – tedy provádí vyšetření na dvou přístrojích magnetické rezonance se silou magnetického pole o velikosti 1,5 Tesly. A také samozřejmě porovnávat stejně časové období náběru dat (každým rokem v České republice MR přístrojů přibývá, přibližně je to tedy deset nových přístrojů za rok). Například by se mohly výsledky porovnat s výsledky z Všeobecné fakultní nemocnice v Praze anebo z Ústřední vojenské nemocnice, které disponují taky dvěma přístroji MR (avšak jeden z nich je vždy se silou 3 T magnetického pole – to by však na počet vyšetření nemělo být vůbec vliv) a tím by bylo docíleno přesnějších výsledků porovnávání.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byl zkoumán počet pozitivních nálezů trombózy v oblastech nitrolebních žilních splavů z celkového počtu provedených venografických vyšetření na magnetické rezonanci ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady.

Při diagnostice výše uvedeného onemocnění se radiolog může setkat s různými úskalími (asymetrie žilního systému; jiné patologické nálezy, jež se zobrazují podobně – Pacchioniho granulace či hypoplazie samotného sinu; u čerstvě vzniklých trombotizovaných stavů může docházet k imitaci průtoku tekutiny), které mohou ovlivnit závěr. Proto je nutné dbát v těchto případech na aplikaci správných zobrazovacích technik už při náběru dat (což je práce radiologického asistenta).

Získaná data, která byla porovnána s daty z jiných studií, dokazují raritu incidence tohoto onemocnění a meziroční pokles počtu pozitivních případů diagnostikovaných v jedné nemocnici, což může být způsobeno zvyšujícím se počtem přístrojů magnetické rezonance v celé České republice.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

MR	Magnetická rezonance
CT	Computed Tomography (výpočetní tomografie)
CMP	Cévní mozková příhoda
NIS	Nemocniční informační systém
NMR	Nukleární magnetická rezonance
2D	Dvourozměrný
RF	Radiofrekvenční
MHz	Megahertz
T	Tesla
T1w	T1 vážený obraz
TE	Time to Echo (čas echa)
TR	Time to Repetition (repetiční čas)
T2w	T2 vážený obraz
PD	Protonová denzita
SE	Spin Echo (spinové echo)
GE	Gradient Echo (gradientní echo)
STIR	Short Tau Inversion Recovery
FLAIR	Fluid Attenuated Inversion Recovery
FOV	Field of View
CHESS	Chemical Shift Selective
EKG	Elektrokardiografie
PROPELLER	Periodically Rotated Overlapping Parallel Lines with Enhanced Reconstruction
ESP	Entry-slice phenomenon
TOF	Time of Flight
KL	Kontrastní látka
mmol	Milimol

kg	Kilogram
GIT	Gastrointestinální trakt
MRCP	MR cholangiopankreatikografie
DSA	Digitální subtrakční angiografie
MRA	MR angiografie
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
FNKV	Fakultní nemocnice Královské Vinohrady
TSE	Turbo Spin Echo
DWI	Diffusion Weighted Imaging
2D TOF	Dvourozměrná Time of Flight technika
NŽT	Nitrolební žilní trombóza
FSE	Fast Spin Echo
GRE	Gradient Recalled Echo
MIP	Maximal Intensity Projection
flow_PC3D	Flow Phase-contrast trojrozměrná technika
USG	Ultrasonografie
MTHFR	Metyltetrahydrofolátreduktáza
RA	Rodinná anamnéza
NNH	Nemocnice Na Homolce

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.
- [2] ANSORGE, Richard a Martin GRAVES. *The physics and mathematics of MRI*. San Rafael: Morgan & Claypool Publishers, [2016]. IOP concise physics. ISBN 978-1-68174-004-1.
- [3] VYMAZAL, Josef, et al., 2007. Nitrolební žilní trombózy: Diagnostické možnosti a klinické korelace. *Česká radiologie* [online]. **61**(3), 242-250 [cit. 26. 4. 2021]. Dostupné z:
http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_02.pdf .
- [4] MALÍKOVÁ, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.
- [5] Momenty atomů paramagnetické látky. In: *Elektrotechnické materiály 1* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z:
https://publi.cz/books/353/images/pics/7_1.jpg
- [6] NOVÁKOVÁ, Marie. *Mapování pohybových artefaktů ve FMRI*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce prof. Ing. Jiří Jan, CSc.. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z:
<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/26238/final-thesis.pdf?sequence=11> .
- [7] Rezonance. In: *UNIVERSUM, Všeobecná encyklopedie: 3. Díl, M-R*. Praha: Odeon, 2002, s. 727. ISBN 80-207-1116-3

[8] WESTBROOK, Catherine a John TALBOT. *MRI in practice*. 5th edition. Hoboken: Wiley-Blackwell, [2019]. ISBN 978-1-119-39196-8.

[9] Normal MRI brain: Axial T1. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 18. 4. 2021]. Dostupné z: https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/15543906/35b06a994ca05d4b9cb985c188c438_big_gallery.jpeg

[10] SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Grada, 2012. ISBN 978-80-247-8221-8.

[11] Normal MRI brain: Axial T2. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 18. 4. 2021]. Dostupné z: https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/15541119/fc1004df6b597215b7bbb8e62abed7_big_gallery.jpeg

[12] Proton density (PD) image characteristics: PD axial sequence used in brain imaging. In: *MRI master* [online]. [cit. 18. 4. 2021]. Dostupné z: <https://mrimaster.com/images/POSSITION%20BUTTON/PLANNING/ped%20brain/ped%20brain%20image/mri%20pediatric%20brain%20pd%20axial%20image%203.jpg>

[13] KALVACH, Pavel. *Mozkové ischemie a hemoragie: 3. přepracované a doplněné vydání*. Grada, 2010. ISBN 978-80-247-7037-6.

[14] Spinecho sequences: Conventional Spin Echo. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/29139020/eb7647d0d958eadc3603813e730aae_gallery.jpeg

- [15] Chemical shift artifact: Orbital cavernous hemangioma extra conal. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/20201/0180c85acd900298ef306a82deae19_big_gallery.jpeg
- [16] DALE, Brian M., Mark A. BROWN a Richard C. SEMELKA. *MRI: basic principles and applications*. Fifth edition. Chichester: John Wiley, 2015. ISBN 978-1-119-01305-1.
- [17] Gibbs and truncation artifacts: Axial SWI. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/5728814/437ae17c634a10bba36dc1da769cd3_big_gallery.jpeg
- [18] Isolated Acute Nontraumatic Cortical Subarachnoid Hemorrhage: Fig 8. . In: *American Journal of Neuroradiology* [online]. 2010 [cit 17. 4. 2021]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Christophe-Cognard/publication/4111420/figure/fig7/AS:668268838797314@1536339115108/CA-A-A-Axial-brain-CT-scan-shows-a-subtle-left-rolandic-hyperattenuation-favoring_W640.jpg
- [19] *Questions and Answers in MRI* [online]. PROPELLER/BLADE: How does PROPELLER reduce motion artifacts?. ©2021 [cit 2. 3. 2021]. Dostupné z: <http://mriquestions.com/propellerblade.html>
- [20] Comparison of Brain MR Images at 1.5T Using BLADE and Rectilinear Techniques for Patients Who Move during Data Acquisition: Fig 3. . In: *American Journal of Neuroradiology* [online]. 2012 [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/content/ajnr/33/1/77/F3.medium.gif>
- [21] Aliasing artifacts: Axial T2. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: <https://prod-images->

static.radiopaedia.org/images/5600704/1c6680010b8a94452dff87eb7e9893_big_gallery.jpeg

[22] WESTBROOK, Catherine. *Handbook of MRI technique*. Chichester: Wiley Blackwell, 2014. ISBN 978-1-118-66162-8.

[23] HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix Anatomie*. Praha: Triton, 2013. ISBN 978-80-7387-6746.

[24] Sinus durae matris: Zuflüsse und akzessorische Abflüsse. In: *Thieme eRef* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: https://eref.thieme.de/images/l/cs_9218694.jpg

[25] KOS, Jaroslav. *Přehled topografické anatomie*. Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2409-9.

[26] SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ. *Diagnostická radiologie: Neuroradiologie*. Grada, 2014. ISBN 978-80-247-9426-6.

[27] Dural venous sinus thrombosis and hemorrhage: CT venogram, Coronal Venous phase. In: *Radiopaedia* [online]. [cit. 17. 4. 2021]. Dostupné z: http://static.radiopaedia.org/images/22263/cbb7d1c2f9b118362baeccd72888e9_big_gallery.jpeg

[28] Hypoplazie. In: *UNIVERSUM, Všeobecná encyklopedie: 2. Díl, G-L*. Praha: Odeon, 2002, s.221. ISBN 80-207-1115-5

[29] WHITE, Richard H.. The Epidemiology of Venous Thromboembolism. In: *Circulation*. [online]. 17 Jun 2003 [cit. 26. 4. 2021]. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/01.CIR.0000078468.11849.66>

[30] LEACH, James L., et al.. Imaging of Cerebral Venous Thrombosis: Current Techniques, Spectrum of Findings, and Diagnostic Pitfalls. In: *Radiographics* [online]. Oct 1 2006 [cit. 26. 4. 2021]. Dostupné z: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.26si055174>

[31] COUTINHO, Jonathan M., et al.. The Incidence of Cerebral Venous Thrombosis: A Cross-sectional Study. In: *Stroke* [online]. 20 Sep 2012 [cit. 5. 5. 2021]. Dostupné z:

<https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/STROKEAHA.112.671453>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - protony vodíku bez vlivu magnetického pole, protony vodíku umístěné v silném zevním magnetickém poli [5]	16
Obrázek 2 - precesní pohyb [6].....	16
Obrázek 3 - T1 axiální řez mozkiem [9]	18
Obrázek 4 - T2 axiální řez mozkiem [11].....	19
Obrázek 5 - PD axiální řez mozkiem[12]	20
Obrázek 6 - SE sekvence [14].....	22
Obrázek 7 - T1 obraz kavernomu očnice s artefaktem způsobeným chemickým posunem [15]	25
Obrázek 8 - SWI obraz s vyskytující se truncačním artefaktem [17]	26
Obrázek 9 - GRE T2 obraz krvácení do levého temporálního laloku [18].....	28
Obrázek 10 - T2w obraz s použitím BLADE (A), bez použití BLADE - pohybový artefakt (B) [20].....	30
Obrázek 11 - T2 obraz s aliasingovým artefaktem [21]	33
Obrázek 12 - schéma nitrolebních žilních splavů [24].....	36
Obrázek 13- koronární CT řez s KL, prokazující přítomnost trombózy na sinus sagittalis superior [27]	38
Obrázek 14 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2016 na MR venografii	42
Obrázek 15 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2016 s rozdělením na výšeče	43
Obrázek 16 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2017 na MR venografii	44
Obrázek 17 - výšečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2016 s rozdělením na výšeče	45
Obrázek 18 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2018 na MR venografii	46

Obrázek 19 - výsečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2018 s rozdělením na výseče	46
Obrázek 20 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2019 na MR venografii	47
Obrázek 21 - výsečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2019 s rozdělením na výseče	48
Obrázek 22 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v roce 2020 na MR venografii	49
Obrázek 23 - výsečový graf s popisem celkového počtu vyšetření za rok 2020 s rozdělením na výseče	50
Obrázek 24 - poměr počtu vyšetřených žen a mužů v letech 2016 až 2020 na MR venografii.....	51
Obrázek 25 - výsečový graf s popisem celkového počtu vyšetření v letech 2016 až 2020 s rozdělením na výseče	51
Obrázek 26 - T2 axiální řez mozkiem ženy (23 let) prokazující NŽT: A - v oblasti sinus transversus vpravo (šipka); B - v oblasti sinus sagitallis superior (šipka)	52
Obrázek 27 - T1 sagitální řez mozkiem ženy (23 let) prokazující NŽT v oblasti sinus sagitallis superior (šipka)	53
Obrázek 28 - T2 axiální řez mozkiem ženy (23 let) po prodělané NŽT bez známek patologie, pouze se známkami předešlého postižení v oblasti sinus transversus vpravo (šipka)	55
Obrázek 29 - T1 sagitální řez mozkiem ženy (23 let) po prodělané NŽT bez známek patologie, pouze se známkami předešlého postižení v oblasti sinus sagitallis superior	55
Obrázek 30 - rekonstruovaný snímek žilní 2D TOF sekvence provedené v koronární rovině	56

Obrázek 31 - T2 axiální řez mozkiem ženy (25 let), po prodělané NŽT bez známek patologie, pouze se známkami předešlého postižení v oblasti sinus transversus vpravo (šipka)	57
Obrázek 32 - rekonstruovaný snímek žilní 2D TOF sekvence provedení v koronární rovině	58
Obrázek 33 - Základní klinické a laboratorní parametry pacientů s NŽT v NNM [3]	61

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - MR venografie v roce 2016 na RDG klinice FNKV	41
Tabulka 2 - MR venografie v roce 2017 na RDG klinice FNKV	43
Tabulka 3 - MR venografie v roce 2018 na RDG klinice FNKV	45
Tabulka 4 - MR venografie v roce 2019 na RDG klinice FNKV	47
Tabulka 5 - MR venografie v roce 2020 na RDG klinice FNKV	49
Tabulka 6 - souhrn počtu MR venografických vyšetření a prokázaných trombotických uzávěrů	51

12 SEZNAM PŘÍLOH