



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Role difúzně váženého obrazu při
vyšetření mozku magnetickou rezonancí**

**Role of diffusion-weighted image during
the magnetic resonance examination
of the brain**

Bakalářská práce

Studijní program: B5345

Studijní obor: 5345R010

Autor bakalářské práce: Bublíková Iva

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Oto Slowik



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bublíková** Jméno: **Iva** Osobní číslo: **491602**
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:

Role difúzně váženého obrazu při vyšetření mozku magnetickou rezonancí

Název bakalářské práce anglicky:

Role of Diffusion-Weighted Images During the Magnetic Resonance Examination of the Brain

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude zpracování problematiky vyšetření mozku magnetickou rezonancí se zaměřením na využití sekvence DWI. Teoretická část bude obsahovat popis historického vývoje MR, základní principy zobrazování MR, popis nejčastěji využívaných sekvencí využívaných při vyšetření MR mozku. Dále se práce bude zabývat indikacemi, protokolem a celým průběhem vyšetření mozku MR. V samostatné kapitole bude popsána problematika DWI, především přínos této sekvence pro zobrazování mozku magnetickou rezonancí. V praktické části se bude bakalářská práce zabývat případy vyšetřených pacientů za období 6 měsíců na MR ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady, kdy byla využita restrikce DWI během vyšetření mozku MR. Budou vyhledáni pacienti s pozitivním nálezem na této sekvenci a budou rozděleni do skupin dle diagnózy. Výsledkem bude analýza nejčastějších patologií způsobujících restrikci difúze.

Seznam doporučené literatury:

- [1] WESTBROOK, Catherine a John TALBOT, MRI in Practice, ed. 5th edition, Hoboken: Wiley-Blackwell, 2019, ISBN 978-1-119-39196-8
- [2] Sedláčková Z, Dorňák T, Čecháková E, Buřval S, Heřman M., Přehled onemocnění s obrazem restrikce difúze na magnetické rezonanci mozku, Česk Slov Neurol N, ročník 81, číslo 5, 2018, 539-545 s.
- [3] Newman, Aaron J., Research Methods for Cognitive Neuroscience, ed. 1 st, UK: SAGE, 2019, ISBN 978-1-4462-9650-9

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. Oto Slowik

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **23.09.2023**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Role difúzně váženého obrazu při vyšetření mozku magnetickou rezonancí“ 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 05.05.2022

.....

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu své bakalářské práce, panu Mgr. Otovi Slowikovi, za odborné vedení bakalářské práce, ochotu, trpělivost, věnovaný čas a za konstruktivní připomínky při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala vedení Radiodiagnostické kliniky ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady za poskytnutý přístup do nemocničního informačního systému za účelem sběru a zpracování dat do bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část práce obsahuje historii, vývoj a princip získání obrazu magnetické rezonance (MR), dále jsou vyjmenovány nejčastější využívané sekvence při vyšetřování MR. Dále se v tomto oddílu práce popisuje průběh vyšetření mozku na MR, je popsána jeho základní anatomie, indikace a kontraindikace vyšetření, způsob uložení pacienta a je vypsán standardní protokol na vyšetření mozku MR. Poslední část teoretické části je věnována samotnému difúzně váženému obrazu, jeho princip, využití a možnosti využití v klinické praxi pro diagnostiku onemocnění pacientů.

Praktická část práce se zabývá vyšetřenými pacienty protokolem Mozek na MR za období leden až červen 2021 na Radiodiagnostické klinice ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. Výsledky zahrnují ty pacienty, kteří měli restrikcí difúze a analyzuje jejich etiologii onemocnění do tabulek a grafického znázornění v podobě sloupcových či výsečových grafů.

Výsledky této práce jsou porovnány s výsledky tuzemských i zahraničních studií a články z odborných časopisů. Závěrem je navrženo řešení k získání co nejpřesnějších výstupů dat tak, aby bylo možné získat přesnější přehled pravděpodobností jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na věku a pohlaví pacienta.

Klíčová slova

Magnetická rezonance; mozek; difúzně vážený obraz; restrikce difúze; etiologie onemocnění

ABSTRACT

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

The theoretical part of the work contains the history, development, and principle of obtaining magnetic resonance imaging (MRI), then the most common sequences used in MRI examination are listed. Furthermore, this section describes the course of brain examination on MRI, its basic anatomy, indications and contraindications of examination, the method of patient placement and a standard protocol for brain examination of MRI is described. The last part of the theoretical part is devoted to the diffusion-weighted image itself, its principle, use and possibilities of use in clinical practice for the diagnosis of patients' diseases.

The practical part of the work deals with the examined patients with the Brain at MR protocol for the period from January to June 2021 at the Radiodiagnostic Clinic at Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. The results include those patients who had diffusion restriction and analyzed their etiology of the disease into tables and graphs in the form of bar or pie charts.

The results of this work are compared with the results of domestic and foreign studies and articles from professional journals. Finally, a solution is proposed to obtain the most accurate data outputs so that it is possible to obtain a more accurate overview of the probabilities of individual etiologies of the disease depending on age and sex of the patient.

Keywords

Magnetic resonance; brain; diffusion weighted image; diffusion restriction; disease etiology

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 9 |
| 2 | Cíle práce..... | 10 |
| 3 | Přehled současného stavu..... | 11 |
| 3.1 | Magnetická rezonance | 11 |
| 3.1.1 | Vývoj magnetické rezonance | 11 |
| 3.1.2 | Základní princip zobrazení..... | 13 |
| 3.1.3 | Nejčastější sekvence | 15 |
| 3.1.4 | Gradientsy..... | 18 |
| 3.2 | Mozek..... | 20 |
| 3.2.1 | Anatomie | 20 |
| 3.2.2 | Vyšetření mozku MR..... | 21 |
| 3.3 | Difúzně vážený obraz | 26 |
| 3.3.1 | Princip DWI | 27 |
| 3.3.2 | ADC mapa..... | 28 |
| 3.3.3 | Možná onemocnění zobrazená pomocí restrikce DWI..... | 29 |
| 4 | Metodika..... | 35 |
| 5 | Výsledky..... | 37 |
| 5.1 | Etiologie onemocnění..... | 48 |
| 5.2 | Pohlaví a etiologie onemocnění..... | 55 |
| 5.3 | Věk a etiologie onemocnění | 58 |
| 5.4 | Shrnutí etiologií | 60 |
| 6 | Diskuze | 62 |
| 7 | Závěr | 69 |

| | | |
|----|--------------------------------|----|
| 8 | Seznam použitých zkratk..... | 70 |
| 9 | Seznam použité literatury..... | 72 |
| 10 | Seznam použitých obrázků | 77 |
| 11 | Seznam použitých tabulek..... | 79 |
| 12 | Seznam příloh..... | 80 |

1 ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce bude vyšetřování mozku magnetickou rezonancí, konkrétně při aplikaci sekvence difúzně váženého obrazu.

V rámci diagnostiky ve zdravotnictví je magnetická rezonance (MR) nejmladší, avšak nezastupitelnou zobrazovací metodou. Od většiny přístrojů používaných v radiodiagnostice se liší velice důležitým aspektem – absencí ionizujícího záření (IZ). Pro pacienta i pro personál to s sebou nese výhodu v podobě nulového rizika nežádoucích účinků způsobených IZ. Díky vysokému rozlišení se magnetická rezonance využívá k zobrazování měkkých tkání a rozlišení jednotlivých druhů buněk. Využití zobrazování pomocí magnetické rezonance je velice výhodné mimo jiné pro vyšetřování mozku, kterému se budeme v naší práci věnovat. Mezi nejčastěji zmiňované nevýhody využití magnetické rezonance v diagnostice patří veliká škála kontraindikací, které vycházejí z využívaného silného magnetického pole, a dále pak délka vyšetření. Vzhledem k výše uvedenému je nezbytné pacienty před vyšetřením důkladně vyzpovídat, především pak cílenými dotazy na přítomnost feromagnetických kovů či elektronických zařízení (kardiostimulátor, ICD) v těle. Pokud by pacient takové implantáty měl, mohlo by pro něj vyšetření MR bez důkladné přípravy naopak představovat větší riziko poškození než IZ.

Během vyšetření jsou aplikovány různé sekvence k rozdílnému zobrazení jednotlivých tkání. Díky možnostem zobrazování MR jsme s velikou přesností schopni diagnostikovat jednotlivé patologie. Difúzně vážený obraz (DWI) má nezastupitelnou roli v diagnostice právě díky pomocí zdánlivého difúzního koeficientu (ADC), kde mohou lékaři radiologové rozpoznat restrikcí difúze a lépe diagnostikovat onemocnění pacienta. Těmito možnostmi se bude naše bakalářská práce zabývat. Konkrétně schopností rozlišit patologie na mozku zobrazených pomocí restrikce difúze a rozdělí onemocnění do skupin dle etiologií vzniku.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bude historie, vývoj a popis principu zobrazení MR a vyjmenuje nejčastěji využívané sekvence při vyšetření MR mozku. Tato práce popíše indikace a kontraindikace, přípravu a uložení pacienta a průběh celého vyšetření mozku MR. Dále se budeme důkladněji věnovat sekvenci DWI a jejímu využití při vyšetření mozku. Vyjmenujeme možná onemocnění mozku, které je možno zobrazit pomocí této sekvence, a rozdělíme je do skupin dle etiologií vzniku. Praktická část této práce bude zaměřena na pacienty vyšetřené ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady, u kterých byla během vyšetření mozku aplikovaná sekvence DWI (prakticky všichni). Z pacientů vybereme ty, u kterých se projevila restrikce difúze. Tyto pacienty rozdělíme do jednotlivých skupin dle etiologie onemocnění. Budeme analyzovat a popíšeme nejčastěji zastoupené patologie způsobující restrikci difúze ve tkáni u pacientů vyšetřených za časové období půl roku, od 1. ledna do 30. června 2021.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance patří mezi tomografické zobrazovací metody, tedy zobrazující lidské tělo v řezech tkání ve třech definovaných rovinách – transversální (axiální), frontální (koronární) a sagitální. Mezi základní charakteristiky magnetické rezonance patří absence ionizujícího záření, se kterým pracuje mnoho přístrojů využívaných k diagnostice pacienta, jako je např. konvenční rentgenka, CT, PET nebo SPECT.

Při využívání magnetického pole skoro 100 000krát silnějšího, než je magnetické pole Země ($B = 0,05 \text{ mT}$), umožňuje MR vyšetření bez rizika akutních nebo pozdních nežádoucích účinků. Za pomoci vysílání vysokofrekvenčních pulzů a registrace změn v poli atomů získáváme kvalitní obraz o rozložení buněk a tkání v těle pacienta.

3.1.1 Vývoj magnetické rezonance

Magnetická rezonance je nejmladším zobrazovacím přístrojem k neinvazivní diagnostice pacienta. K získání myšlenky o vytvoření takového přístroje bylo potřeba objevit vlastní magnetické vlastnosti atomů. Tzv. „Stern-Gerlachův experiment“ provedený počátkem 20. let minulého století naměřil magnetický moment valenčního elektronu u atomu stříbra s lichým počtem elektronů ve valenční slupce s. A to pomocí aparatury, kdy pomocí kolimátorů usměrnili svazek atomů stříbra procházející nehomogenním magnetickým polem. Směr svazku byl kolmý na magnetické pole. Svazek dopadající na stínítko byl rozptýlen do dvou šikmých svazků. Jelikož prvotní svazek atomů měl nulový magnetický moment, musel být svazek dále rozptýlen jiným momentem hybnosti – spinem. [1]

Počátky MR sahají až do roku 1938, kdy Isidor Isaac Rabi vyslal paprsek molekul do magnetického pole a prokázal schopnost vychýlení radiových vln v určitých frekvencích. Za studii obdržel v roce 1944 Nobelovu cenu. Následně Felix Bloch a Edward Mills Purcell jeho práci rozšířili o působení na kapalná a pevná tělesa. Dali základy pro vznik spektroskopie. Za tento výzkum jim byla předána druhá Nobelova cena v historii vývoje MR roku 1952. [1]

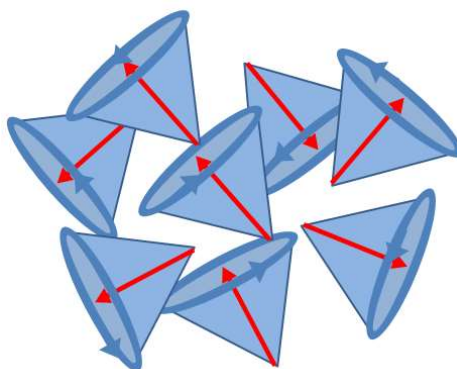
Roku 1971 se díky Raymondovi Damadianovi definují různé relaxační časy pro odlišné tkáně. Konstruuje první celotělové MR zařízení „Indomitable“ a získává patent na využití MR v medicíně k diagnostice rakoviny a zakládá společnost FONAR. První celotělové snímky získané díky principu magnetické rezonance byly získány až roku 1977, kdy snímání trvalo 5 hodin. Roku 1980 již byly první MR systémy pro komerční využití. [2]



Obrázek 1: Raymond Damadian a první pokusy skenování MR [3]

3.1.2 Základní princip zobrazení

Jak již bylo zmíněno výše, základním prvkem zobrazení MR je různá odpověď jednotlivých prvků – atomů na magnetické pole. Každou částici můžeme definovat, stejně jako molekulárním číslem nebo atomovou hmotností, pomocí vnitřního spinového momentu hybnosti (spin), kdy jádra rotují kolem své osy. Každá částice je také elektricky nabitá a vytváří kolem sebe vlastní magnetické pole. Částice kromě vlastního pohybu kolem své osy vykonávají navíc i další pohyb, který představuje pohyb po plášti kužele (precese) (viz Obrázek 2). Pohyb jednotlivých atomů v soustavě (např. v těle) je asynchronní. [4]

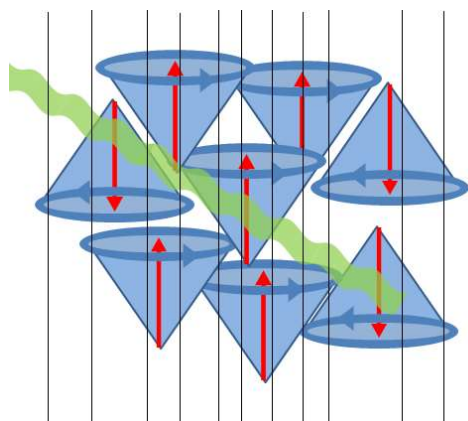


Obrázek 2: Náhodně natočené dipólové momenty s náhodnou fází precese.[5]

Atomová jádra se sudým počtem nukleonů nelze využít k zobrazování, protože se jejich magnetické pole dostatečně neprojeví. Oproti tomu jádra s lichým nukleonovým číslem, které mají vždy jeden nukleon nepárový, si zachovávají svůj magnetický moment a lze je pomocí MR detekovat. Jedná se např. o ^1H , ^{13}C , ^{19}F nebo ^{23}Na , které se hojně vyskytují v lidském těle. Z nichž se vlastní magnetické pole nejvýrazněji projevuje u vodíku, který se skládá z jednoho protonu a žádného elektronu. Vodík je také významným prvkem vody, která se skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku, a lidské tělo je tvořeno asi ze 60 % vodou. Proto je vodík nejdůležitějším prvkem při zobrazování MR. [6]

Vystavíme-li tyto jádra silnému magnetickému poli, uspořádají se protony svými siločarami rovnoběžně se siločarami tohoto magnetického pole. Matematicky bylo dokázáno, že pokud takto zapůsobíme na jádra, více jak polovina se jich uspořádá paralelně (rovnoběžně s vektorem působení pole), méně jak polovina antiparalelně (kolmo na vektor). Pro MR o $B = 1,5 \text{ T}$ je poměr paralelně k antiparalelně uspořádaným jádrům $\frac{10\,000\,009}{10\,000\,000}$. Právě těchto 9 nadpočetně uspořádaných protonů vykazuje rozdílný magnetický moment, a tím dávají informaci a podklad k vytvoření MR obrazu. [7]

V rámci celé soustavy, kterou může představovat lidské tělo v gantry MR, je celkový moment hybnosti nulový. Pokud vystavíme takovou soustavu magnetickému poli a dodáme atomům energii v podobě radiofrekvenčních (RF) pulzů (tomuto jevu říkáme rezonance – schopnost přenesení energie mezi dvěma oscilujícími částicemi), můžeme pozorovat měřitelné signály. Frekvence musí být přímo úměrná frekvenci precesních pohybů. To je vyjádřeno v tzv. *Larmorovou frekvenci*, danou vztahem: $\omega_L = \gamma \cdot B$, kde γ je vlastní gyro-magnetický poměr charakteristický pro daný jádro/prvek. Pro vodík je $\gamma = 42,58 \frac{\text{MHz}}{\text{T}}$, proto v poli o $B = 1,5 \text{ T}$ bude precesnímu pohybu vodíkových jader odpovídat $\omega_L = 63,87 \text{ MHz}$. Na základě vstupu správné frekvence dojde k synchronizaci pohybů atomů a k vychýlení magnetického pole soustavy o maximální úhel 90° (viz Obrázek 3). [8]



Obrázek 3: Magnetické momenty natočené paralelně a antiparalelně v magnet. poli (černé rovnoběžky). Fáze precesních pohybů je synchronizovaná Larmorovou frekvencí. [9]

Signály vznikající v magnetickém poli při dodání RF pulzů jsou dále přijímány přijímací cívkou jako časově proměnné elektrické napětí. Tato cívka se nachází v centru magnetického pole (v gantry MR či na pacientovi) a zcela obklopuje vyšetřovanou oblast pacienta. Cívky je nutno elektronicky zapojit a jsou odlišné pro jednotlivé vyšetřovací oblasti. Základní cívka je „*Body coil*“, která je přímo součástí přístroje a je vhodná pro vyšetřování velkých objemů. Další cívkou je „*Phased array*“, která je umístěna ve vyšetřovacím stole přístroje a je vhodná ke kraniospinálnímu vyšetření. Dále se umísťují kvadratické cívky, které zcela obalují vyšetřovací oblast a jsou tvarově specifické dle vyšetřovací oblasti (hlava, koleno, zápěstí...) avšak neměly by se přímo dotýkat těla pacienta bez izolační vrstvy, tu může tvořit oděv bez kovů nebo jednorázové papírové prostěradlo. Je to z bezpečnostního důvodu, protože by mohlo dojít k zahřívání oblasti dotyku s cívkou a hrozí riziko popálení pacienta. Ke korekci nehomogenit základního magnetického pole B_0 , je nutno zapojit vyrovnávací cívky „*Shim coils*“ k optimalizaci kvality obrazu. Jinak by mohlo dojít ke geometrickému zkreslení obrazu.

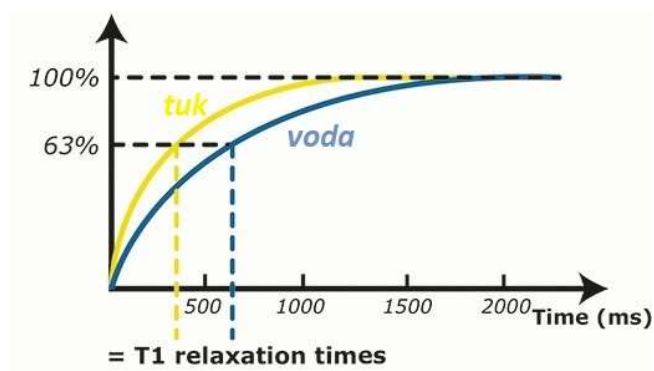
Cívky získávají informaci o době trvání ztráty získané energie atomů a době trvání jejich návratu do původní polohy a zpět k původnímu vlastnímu pohybu, což označujeme jako „dobu relaxace“. Tyto časy rozeznáváme dva: T1 relaxační čas, který odpovídá návratu na 63 % původní pozice, a T2 relaxační čas, který odpovídá 37 % původní hodnoty. [4]

3.1.3 Nejčastější sekvence

Množství sekvencí, kterými disponují moderní přístroje MR, je četné a rozmanité. Lze je rozdělit dle dominantního vlivu na vzhled tkání. Proto je rozdělení všech sekvencí na tři základní obrazy dle vlivu na vzhled tkání. Za tyto základní a nejčastější sekvence považujeme následující: T1 vážený obraz, T2 vážený obraz a protondensitní obraz.

T1 vážený obraz

Tento obraz odpovídá T1 relaxačnímu času, který uplyne k návratu atomům na 63 % vychýlení z jejich původní polohy. Bývá označován jako podélná relaxace. Vychýlení atomů je způsobeno aplikací RF pulzu, který je vychýlí o 90 °. Po ukončení RF pulzu dochází k návratu atomů do jejich původní orientace dle podélné magnetizace. Středně veliké molekuly tuku mají vlastní frekvenci velmi podobnou jako je daná Larmorovou frekvencí. Doba relaxace trvá u tukových tkání kratší dobu než ve vodě, která má velmi malé, rychle pohybující se molekuly, nebo velké a pomalé proteinové molekuly (viz Obrázek 4). T1 relaxační čas je definován dvěma hodnotami: TR a TE. TR („*repetition time*“) představuje dobu uplynutou mezi po sobě jdoucími RF pulzy aplikované na stejný řez. Obvyklé hodnoty TR jsou v rozmezí 300-2000 ms. TE („*time to echo*“) představuje čas, který uplyne mezi dodáním RF pulzu a přijetím signálu. Obvyklé hodnoty TE jsou v rozmezí 10-15 ms. Ve výsledném T1 obrazu se tuková tkáň jeví světle, kapaliny tmavě (viz Obrázek 6). [10]

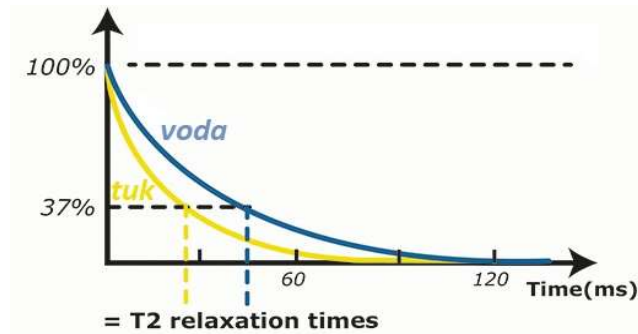


Obrázek 4: Graf T1 relaxačního času. [11]

T2 vážený obraz

Vychází z T2 relaxačního času a odpovídá době návratu atomů na 37 % původní pozice. Bývá označován jako příčná relaxace. Měříme vektor příčné magnetizace neboli změnu precesní fáze. Tento čas je ovlivněn především vlastním magnetismem sousedních protonů, proto tento proces probíhá v rámci

jednotlivých voxelů. Doba je kratší než u T1 obrazů a pohybuje se v rozmezích 30–130 ms (viz Obrázek 5). Vyžaduje delší TR čas, který má hodnoty v rozmezí 2000–6000 ms, i delší TE čas, jehož hodnoty jsou v rozmezí 100–150 ms. V T2 váženém obraze se kapaliny jeví světleji než tuková tkáň (viz Obrázek 6). [10]

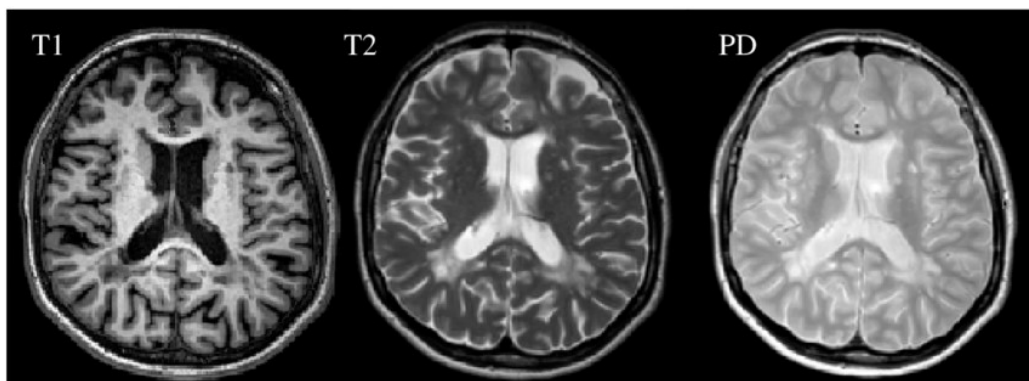


Obrázek 5: Graf T2 relaxačního času. [12]

Oba časy (T1 relaxační čas a T2 relaxační čas) probíhají současně, ale měřit lze vždy pouze jeden.

Proton density obraz

Protodensitní obraz zobrazuje hustotu protonů vodíku ve stupních šedi ve vyšetřované oblasti. Čím více atomů vodíku se v oblasti vyskytuje (získáváme větší signál), tím světlejší odstín šedi se zobrazí (viz Obrázek 6). Vyznačuje se dlouhým TR (2000–5000 ms) a krátkým TE (10–20 ms). T1 ani T2 relaxační čas protonů se zde neuplatňuje. [8]



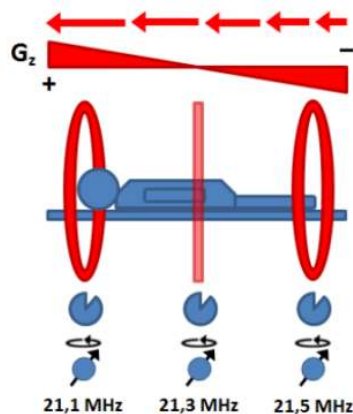
Obrázek 6: Výsledný T1, T2 a PD obrázky. [13]

3.1.4 Gradienty

Z výše zmíněných informací víme, jak získáváme obraz, ale nevysvětlují nám, jak dojde k rekonstrukci obrazu. K tomu nám chybí určení přesné pozice místa za pomoci tří souřadnic, kde signál vznikl. To je zprostředkováno třemi cívkami, které generují gradientní magnetická pole: G_x , G_y a G_z . Ty se skládají na základní magnetické pole B_0 a narušují jeho homogenitu. Gradienty G_z a G_y určují pozici voxelu, G_z vybírá tomorovinu, v níž se voxel nachází. [14]

G_z

Působí ve směru vnějšího magnetického pole B_0 a určuje vybranou měřenou vrstvu („*slice-selecting gradient*“). Pokud změním magnetické pole, dojde ke změně Larmorovy frekvence precesního pohybu částic (viz Obrázek 7). Když aplikujeme RF pulz o dané frekvenci, rezonují pouze jádra v jedné tomorovině. Šířka dané tomoroviny z je přímo úměrná šířce pásma budícího RF pulzu ω a nepřímo velikosti gradientu G_z . Určeno vztahem: $\omega = G_z \cdot z$. [15]

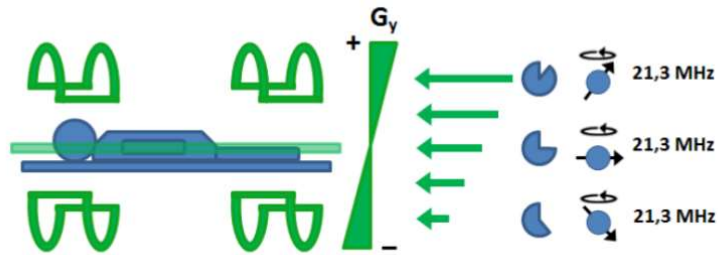


Obrázek 7: Vybraná tomorovina. Změna magnetického pole B_0 vlivem gradientního pole G_z a výsledná změna Larmorovy frekvence. [15]

G_y

Když přidáme gradient G_y , budou jádra vykonávat rychlejší precesní pohyb na pozicích s vyšší hodnotou G_y než ta s menší hodnotou („*phase-encoding*“

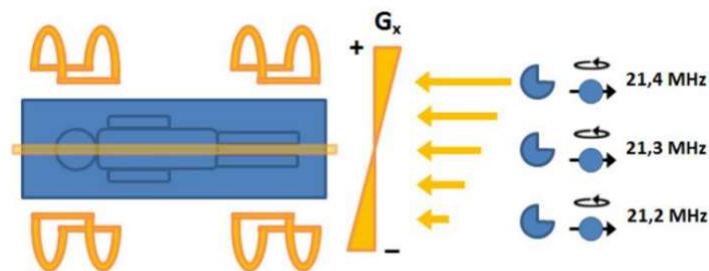
gradient“). Pokud bychom tento gradient vypnuli, precese jader bude jednotná, ale jejich fáze rozdílná, tzv. fázové kódování. Proto částice s vyššími hodnotami G_y precesují s vyšší Larmorovou frekvencí než částice s nižší hodnotou G_y (viz Obrázek 8). Po vypnutí gradientu G_y se Larmorova frekvence sjednotí, ale fáze částic zůstane rozdílná. [15]



Obrázek 8: Rozdílný precesní pohyb a Larmorova frekvence dle hodnot G_y . [15]

G_x

Abychom zjistili kódování pozice ve směru osy x , je zapotřebí přidat poslední třetí gradientní pole G_x . Aplikací gradientu se změní Larmorova frekvence precesního pohybu jader v jednotlivých pozicích osy x a při aplikaci RF pulzu rezonují pouze atomy ležící v dané ose x , tzv. frekvenční kódování („*frekvency-encoding gradient*“) (viz Obrázek 9). [15]



Obrázek 9: Změna Larmorovy frekvence na různých pozicích osy x . [15]

Výsledná pozice (x, y, z) z níž přichází signál je získána aplikací všech gradientních polí G_x , G_y a G_z . Tomovrstva G_z je maticí (tzv. k -prostor), kde G_y tvoří řádky stejné fáze a G_x sloupce o stejné frekvenci. [14]

3.2 Mozek

3.2.1 Anatomie

Mozek je součástí centrální nervové soustavy (CNS) stejně tak jako mícha. Funguje jako základní řídicí systém s hlavními úkoly: vnímat informace z těla a jeho okolí pomocí smyslů; zpracovat přijaté informace a umožnit nám si je zapamatovat, vybavit z paměti, umět rozpoznat a reagovat na ně (reflex); až po ovládání svalů (motorika) a vnitřních orgánů. [16]

Nervová tkáň (mozková) je tvořena mnoha buňkami. Mezi dva základní druhy buněk patří neurony (přenos a zpracování signálu) a glie (podpurná tkáň – metabolismus, výstelka, imunita). Dále jsou v nervové tkáni krevní cévy, lymfatický systém, membrány a tekutina, která podporuje neurony jak strukturálně, tak nutričně. Neurony jsou podstatou všech přenosů a procesů, díky svému vzájemnému propojení a svou vlastní vysokou elektrickou aktivitou. Součástí každého neuronu je axon, který je připojen k tělu buňky (soma), umožňující výstup a přenos signálu z buňky a na jehož konci se vyskytuje několik axonálních zakončení. Tato zakončení se spojují synapsemi s řadou dendritů, výstupků na těle buňky. Axony mohou být obaleny tzv. myelinovou pochvou, což je v podstatě tuková tkáň tvořená oligodendrocyty, která má napomáhat lepšímu a rychlejšímu přenosu elektrického signálu mezi buňkami. Právě poruchy v myelinové tkáni bývají příčinou mnohých degenerativních onemocnění mozku. Ačkoliv ani MR nejsme schopni zaznamenat jednotlivé neurony v mozku, rozlišujeme tkáně rozpoznatelné pouhým okem – šedou (tvořenou neuronovými těly a gliovými buňkami) a bílou (tvořenou axony s myelinovou pochvou) hmotu. Díky tukové složce v myelinové části je tato hmota světlejšího odstínu. [17]

3.2.2 Vyšetření mozku MR

Magnetická rezonance patří do primárních metod vyšetření mozku v neuroradiologii. Přednostmi vyšetření jsou vysoké tkáňové kontrasty, neinvazivnost, multiplanární zobrazení a jak již bylo zmíněno výše – absence možných nežádoucích účinků plynoucích z ionizujícího záření.

Indikace

U vyšetření mozku považujeme MR za nejcitlivější metodu k posouzení morfologie a případné patologie. Indikacemi k vyšetření jsou především:

- zánětlivá a demyelinizační onemocnění;
- epilepsie;
- nádorová onemocnění;
- onemocnění cév a cévní mozková příhoda;
- hydrocefalus;
- chronické bolesti hlavy;
- onemocnění podvěsku mozkového (hypofýzy);
- mechanické úrazy hlavy.

Kontraindikace

Kontraindikace k MR vyšetření můžeme rozdělit na dvě skupiny – absolutní a relativní. Mezi absolutní kontraindikace patří takové, které jsou rizikové hlavně z důvodu silného magnetického pole a život ohrožující pacienta. Patří mezi ně veškerá implantovaná elektronická zařízení, jako je kardiostimulátor („*pacemaker*“), implantovaný kardioverter – defibrilátor (ICD), inzulínová pumpa nebo kochleární implantát, kovová střešina v oku nebo ponechané aneurysmatické cévní svorky (klipy), pokud není písemně doložena jejich MR kompatibilita. Pacientovi hrozí při vstupu do magnetického pole nebezpečí

pohybu implantátu, nebezpečné zahřátí kovových částí a následné popálení. Pro vyšetření to nese riziko vzniku artefaktů v obraze. V dnešní době již existuje možnost, kdy lze speciální kardiostimulátor, případně ICD, před vyšetřením přepnout do „MR safe“ režimu a po vyšetření přepnout zpět do normálního režimu. Je zapotřebí, aby pacient před vyšetřením navštívil svého lékaře a na vyšetření donesl potvrzení od arytmologa o kompatibilitě implantovaného zařízení s MR – o jeho přepnutí do „MR safe“ režimu. Během vyšetření je pak nutné monitorovat životní funkce pacienta – srdeční tep, EKG, kyslíková saturace a dechová frekvence. Relativní kontraindikací jsou například kovové kloubní náhrady, stenty (cévní výztuže), mechanické chlopně nebo jakýkoliv osteosyntetický materiál, který byl implantován do 6 týdnů před vyšetřením nebo pacient nemá potvrzení o MR komptabilitě. V případě přítomnosti ICD u pacienta je potřeba jej na vyšetření vypnout, což s sebou nese pro pacienta mnohá rizika. [18]

Za relativní kontraindikaci k vyšetření MR je považována klaustrofobie pacienta. Pokud si je pacient vědom, že by ležení v úzkém tunelu nemusel zvládnout, je třeba předem informovat pracoviště. Mírné pocity úzkosti lze zvládnout za pomoci medikace předepsané od praktického lékaře spolu s doprovodem na vyšetření. Pokud má pacient silné a nezvladatelné úzkosti, dá se vyšetření udělat v analgosedaci či v celkové anestezii pod dohledem lékaře anesteziologa.

Podstupovat MR vyšetření během těhotenství je na mnoha pracovištích zakázáno – především v prvním trimestru. Pokud se žena nachází ve vyšším stupni těhotenství a je nutné provést MR, provádí se pouze nativně. Obecně se tvrdí, že vyšetření MR plodu neškodí, avšak nebyly podloženy jednoznačné důkazy. [19]

Státní úřad pro kontrolu léčiv (SÚKL) informuje o tom, že gadoliniová kontrastní látka se akumuluje v mozkové tkáni pacientů, avšak bez klinických známek poškození. Avšak přípravky s vyšší akumulací (gadoliniové lineární k. I.) jsou doporučeny používat pouze pro určité vyšetření (zobrazení jater – nutné pro správnou diagnostiku) či byla jejich registrace pozastavena. [20]

Příprava pacienta

Před vyšetřením mozku na MR není potřeba žádná speciální příprava pacienta.

Je důležité si uvědomit, že vyšetření trvá okolo 20–40 minut a je zapotřebí ležet nehybně. Pacient by měl být najezený a napitý tak, aby během vyšetření zvládl ležet a nemusel odbíhat na toaletu.

Pacient by měl dorazit na svůj termín vyšetření s menším předstihem. V případě nutné anestezie je zapotřebí, aby byl pacient přijat na lůžkovém oddělení. Radiologický asistent (RA) poučí pacienta o průběhu vyšetření. Lékař – radiolog podá pacientovi informovaný souhlas k přečtení a podepsání, informuje ho, v případě nejasností či dotazů podá konkrétnější informace. Po vyzvání již poučeného pacienta z čekárny odvede personál pacienta ke svlékací kabině, kde nejdříve zkontroluje totožnost pacienta a sdělí, kterou část oděvu si má odložit. Veškeré své osobní věci si pacient také nechá v kabině. Je důležité, aby pacient nevešel do prostoru s MR s kovovými předměty (mobil, hodinky, šperky, klíče, mince...) Před vstupem do vyšetřovny se personál pacienta znova zeptá na skutečnosti, které by mohly být kontraindikací k vyšetření. Pokud bude vyšetření probíhat s kontrastní látkou, RA/zdravotní sestra zavede pacientovi periferní žilní katetr (je nutné se předem ujistit, že v případě podání kontrastní látky má pacient odběry krve a jeho hodnoty

kreatinu a urey jsou v mezích normy, a také je nutno odebrat alergickou anamnézu pacienta).

Průběh vyšetření MR mozku

Pacient si před uložením do vyšetřovací polohy nasadí ochranu sluchu v podobě sluchátek nebo špuntů do uší. Poté se položí na vyšetřovací stůl na záda a temeno hlavy položí do speciální hlavové cívky. RA pacienta uloží tak, aby pacient měl hlavu položenou rovně a nebyl příliš v záklonu nebo v předklonu. Pokud je to možné, mezi hlavu pacienta a cívku vložíme molitanové vycpávky a znemožníme tím pohyb hlavy v cívce. Pacienta poučíme o nutnosti ležet nejlépe v naprostém klidu po celou dobu vyšetření.

Při ukládání pacienta nesmíme zapomenout podat pacientovi možnost SOS signalizačního zařízení pro případ, že by se pacientovi udělalo během vyšetření nevolno nebo nastal jiný problém, znemožňující pokračování ve vyšetření. Zároveň musíme pacienta během vyšetření kontrolovat pohledem, a to buď přes okénko v ovládací místnosti, nebo přes monitorovací systém s kamerami směřující na pacienta.

Samostatné vyšetření začíná zacentrováním požadované pozice a zavezením pacienta do gantry přístroje. RA si nejdříve pomocí lokalizačních snímků vymezí vyšetřovací oblast a poté plánuje jednotlivé sekvence vyšetření dané standardizovaným protokolem pro vyšetření mozku (ty se mohou mírně lišit dle jednotlivých pracovišť a dle diagnózy pacienta). [20]

Protokol vyšetření MR mozku

Při plánování je nutno pokrýt rozsah na transversálních sekvencích celého neurokrania, včetně skeletu od vertexu po foramen occipitale magnum.

Na sagitální rovině je vyšetřovaná celá hlava včetně prvních obratlů krční páteře – kraniocervikální přechod alespoň po C2/3. Sagitální sekvence skláníme dle falx cerebri/ corpus callosum, transversální a koronární sekvence jsou kolmé k hemisférám – cílem je zachycení stejné anatomické struktury obou hemisfér ve stejné vrstvě. Transversální rovina je dle bikalózní linie, koronární je souběžná se zadním okrajem mozkového kmene. [21]

Protokol v nativním zobrazení vždy obsahuje tyto sekvence v daných rovinách:

- T2 TSE transversální;
- T2 FLAIR transversální;
- DWI EPI transversální + ADC mapa;
- T1 SE sagitální;
- T2* transversální.

Alternativními sekvencemi mohou být:

- T2 FLAIR 3D sagitální
- SWI 3D transversální;
- T1 GRE sagitální;
- T1 TSE sagitální;
- T1 FLAIR sagitální;
- PD+T2 TSE transversální.

Volitelně je protokol doplněn sekvencemi (dle indikace lékaře):

- T2 TSE koronární;
- T2 TSE sagitální;
- T2 GRE 3D SSFP transversální;

- T2 TSE 3D res transversální;
- T2 GRE sagitální.

Pokud je zapotřebí při vyšetření aplikovat pacientovi kontrastní látku, poté se po aplikaci provádějí sekvence:

- T1 SE transversální/koronární;
- T1 SE sagitální;

Alternativní sekvencí je T1 GRE 3D v sagitální rovině.

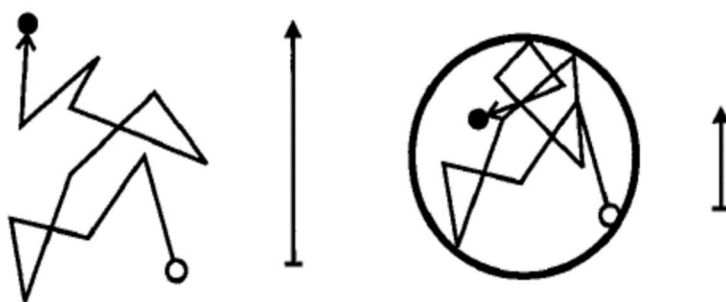
Lze doplnit o PWI EPI v sagitální rovině. [21]

3.3 Difúzně vážený obraz

Difúzně vážený obraz (DWI) je relativně nová metoda zobrazování MR, která snímá změnu signálu způsobenou difúzí (samovolnému pohybu částic objemem). Získáváme kvalitativní i kvantitativní informaci o mikroskopickém pohybu vodíkových molekul ve tkáni vymezeného voxelu. Tato metoda umožňuje vypočítat mapu průměrného zdánlivého difúzního koeficientu (ADC). DWI jsou velmi citlivé a úspěšné při detekci a lokalizaci například akutních ischemických mozkových lézí a umožňují rozlišení akutních mozkových oblastí ischemie od chronických infarktů. Zobrazí lokalizaci a tvar léze, zda je ložisko izolované či je přítomno víceložiskové postižení, zda je přítomen edém. Rozliší maligní a benigní léze a lze sledovat odpověď léze na terapii. Z obrazů DWI dále hodnotíme také řadu muskuloskeletální poruch, jako jsou zlomeniny obratle, malignity kostní dřeně, infekci kostní dřeně anebo primární nádory kostní a měkké tkáně. [22]

3.3.1 Princip DWI

Intenzita signálu závisí na stochastického Brownově pohybu molekul nebo na vlastním (již výše zmíněném) difúzním pohybu vodíkových molekul na mikroskopické úrovni ve tkáni. Extracelulární voda (vyskytující se mimo buňku) není moc omezována v pohybu a má tedy větší volnost ve srovnání s intercelulární (nacházející se v buňce). V buňce je pohyb omezen vlastními organelami buňky (např. jádro, ribozomy, cytoskelet aj.), makromolekulami, a především cytoplazmatickou membránou buňky (viz Obrázek 9). Proto obraz získaný metodou DWI na MR zobrazuje především ohraničení jednotlivých buněčných struktur, odráží rys tkáně, a převážně vyniknou tkáně s vysokou celularitou (velké množství buněk na pole spotřebovávající mnoho energie). Při teplotě lidského těla migrují molekuly vodíku přibližnou rychlostí 30 μm za 50 s. Pokud se ve tkáni nachází oblast se zvýšenou celularitou, tedy místo s velkým shlukem buněk, jde o oblast, kde se nachází mnoho buněčných cytoplazmatických membrán, mnoho makromolekul a mnoho buněčných organel, které svou přítomností omezují a ztěžují vodíkovým molekulám volný pohyb. Naopak nekrotizovaná část tkáně bude demonstrovat velké množství pohybu molekul. Nutno upozornit, že pohyb není zcela náhodný, protože je ovlivněn interakcí s hydrofobními lipidy, makromolekulami a vedlejšími proudy v tubulárních kanálech, jako jsou cévy. Získáváme tedy funkční informaci o tkáni na buněčné úrovni, díky níž můžeme diferenciovat tkáň normální od patologické. [23]



Obrázek 10: Schéma difúze molekuly ve volném prostoru oproti v buňce. [24]

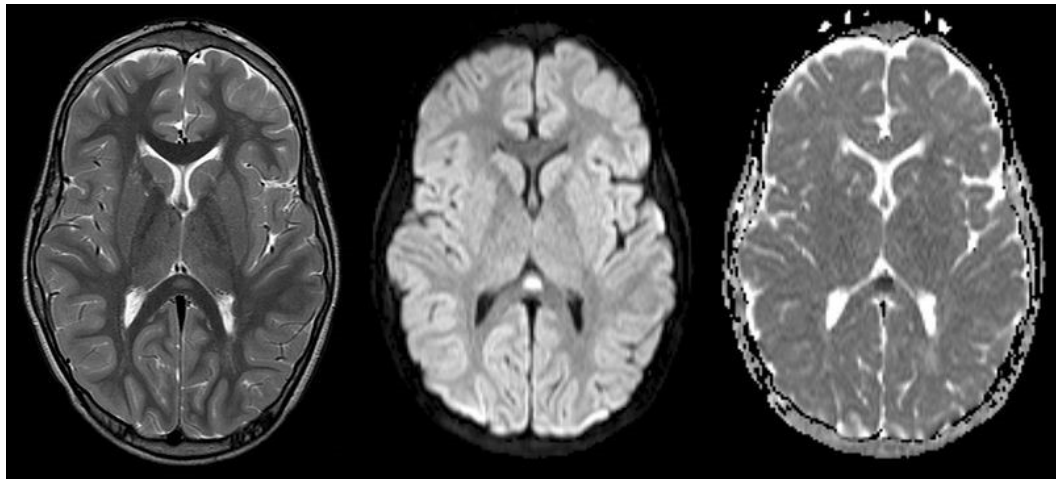
MR je schopna sledovat difuzivitu vodíkových molekul za pomoci aplikace různých gradientů senzibilizujících difúzi („*diffusion-sensitizing gradients*“ – DG’s) na T2 vážené sekvence. Ztráty signálu na DWI jsou úměrné volnému pohybu a použité síle difúzního gradientu. Síla a intenzita těchto gradientů je ovlivněna jejich „*b-value*“ (b hodnota). Těchto hodnot je potřeba při snímání sekvencí DWI dvě a více k následnému získání ADC. Kdybychom použili pouze jednu hodnotu (b0), voda by se zobrazila celistvě světle, jak je tomu u T2 vážených obrazů. Naopak u cév, kde se tekutina posouvá během gradientů na relativně velkou vzdálenost, dojde k útlumu signálu. Proto k posouzení, zda je v daném objemu omezena difúze molekul v pohybu neboli restrikce difúze, je zapotřebí získat alespoň ještě jednu hodnotu z přidaného gradientu (b1000) k obrazům bez přidaného gradientu (b0). Z těchto hodnot je vypočten již zmíněný zdánlivý difúzní koeficient (ADC). [25]

3.3.2 ADC mapa

Jak již bylo zmíněno, míru difúze lze číselně převést na hodnoty ADC, nejčastěji v jednotkách $\frac{mm^2}{s}$. K získání této hodnoty je zapotřebí znát intenzitu signálu voxelu získaným z minimálně dvou hodnot b faktoru. V praxi nejčastěji používáme právě dvě tyto hodnoty b – b0 a b1000. Výpočet hodnot ADC je vypočítán automaticky softwarem a jsou zobrazeny jako parametrická ADC mapa, která zobrazuje difúze molekul vody přes odlišné tkáně. Pokud se nám na DWI obrazech volná voda zobrazí hyperintenzně, potom na ADC mapách je signál hypointenzní. Pro klinické využití a hodnocení obrazů DWI z vyšetření, pátráme právě po oblastech restrikce difúze, tedy hypointenzitě na ADC mapách. Avšak neexistují jednotné hranice rozsahu „normální“ difúze a restrikce. Vše závisí na zobrazovaném orgánu a patologii. [25]

V následujících krocích je popsán průběh získání DWI obrazů a jejich ADC map:

1. Nejprve se generuje DWI sekvence bez DG's, nebo s velmi nízkou intenzitou = získání hodnoty b_0 . To poslouží jako základ k pozdější výpočet ADC mapy.
2. Poté se spustí gradienty postupně v různých kombinacích a intenzitách. Z toho získáváme zdrojový obraz (DW Source images) citlivý na difúzi v několika směrech.
3. Dále aritmeticky kombinujeme obrazy bez směrových informací (izotropní). Ty jsou používány pro klinickou diagnostiku.
4. ADC mapa je poté vypočítána z dat obrazů z b_0 hodnoty a ze Zdrojového obrazu. ADC mapa je použita k objasnění abnormalit tkáně. [26]



Obrázek 11: MR obrazy (zleva: T2, DWI, ADC mapa). [27]

3.3.3 Možná onemocnění zobrazená pomocí restrikce DWI

Restrikce difúze má důležitou diagnostickou roli při určování základní etiologie abnormalit CNS. Při vyšetření MR mozku můžeme setkat s celou řadou onemocnění od mozkových nádorů, přes mozkové příhody po onemocnění nervového systému. Etiologii onemocnění lze rozdělit do následujících skupin:

Cévní, infekční, neoplastická, Demyelinizační, metabolické a toxické, trauma a různé etiologie. [30]

Cévní etiologie

- **Ischemická a hemoragická cévní mozková příhoda (CMP)** – ischemická CMP tvoří 80 %. Jde o nejčastěji zobrazenou patologii, kterou můžeme nalézt pomocí restrikce difúze. Hyperintenzní změna signálu na DWI je patrná již v akutní fázi – již po několika minutách od tepenného uzávěru. Intenzita signálu se postupně v čase snižuje. Hemoragická CMP tvoří 20 %, obvykle je u pacientů přítomná hypertenzní choroba. Krvácení je obvykle z centrálních tepen do hlubokých mozkových struktur. V akutních a časných stádiích je signál hypointenzní, avšak v pozdních stádiích je signál hyperintenzní. DWI neodliší ložisko ischemické a hemoragické. K odlišení patologií na obrazech DWI je zapotřebí získání obrazů v časovém rozestupu.
- **Hypoxicky-ischemické onemocnění** – vzniká důsledkem hypotenze, sníženého okysličení krve a mozkové hypoperfúze. Běžnými příčinami u dospělých jsou zástavy srdce, šok a předávkování drogami. U dětí může být příčinou perinatální asfyxie. Na DWI se patologie ukazuje hyperintenzitně.
- **Akutní hypertenzní encefalopatie** – neboli syndrom posteriorní reverzibilní encefalopatie (PRES). Jde o neurotoxický stav způsobený poruchou cerebrální autoregulace v reakci na akutní změny krevního tlaku. Následně vzniká vasodilatace a následný vznik edému. Často se vyskytuje u žen s eklampií a těžkou hypertenzí. Na DWI jsou okrsky hyperintenzní.
- **Žilní infarkt** – trombóza hlubokých žilních struktur či jednotlivých žilních splavů. Predispozicemi jsou těhotenství, perorální

antikoncepce, operační zákroky nebo trauma. Na DWI jsou postižené struktury hyperintenzní.

Infekční etiologie

- **Absces mozku** – život ohrožující hnisavý ohraničený zánět objevující se do 14 dní po mozkové infekci – cerebritidě. Nejčastěji bývá způsobený anaerobním streptokokem. Typickým obrazem je sytá centrální a patrná periferní skvrnitá restrikce difúze.
- **Empyém** – jde o hnisavé nahromadění tekutiny v epidurálním či subdurálním prostoru, často způsobené bakteriální meningitidou. Léze typicky omezují difúzi.
- **Ventrikulitida** – ventrikulární endymální infekce, typicky se vyskytující při meningitidě, prasklém mozkovém abscesu či u komplikací kraniální chirurgie a traumatu.
- **Virová encefalitida** – onemocnění způsobené herpes simplex virem (HSV) u imunodeficitních pacientů a pacientů s HIV. Nález na DWI obrazech je variabilní. Může být hyposignální, smíšený i hypersignální.
- **Progresivní multifokální leukoencefalopatie** – jde o subakutní oportunní infekci způsobenou reaktivací JC (John Cunningham) lidského polyomaviru vedoucí k demyelinizaci postižené oblasti. Zobrazují se jako rozptýlené omezené difúze na periférii léze.
- **Creutzfeldova-Jacobova choroba** – rychle progredující prionové onemocnění. Léčba není známá a prognóza není příznivá (úmrtí do 2 let). Tuto diagnózu bereme v úvahu, pokud se u pacientů vyskytují psychické změny s rychlou progresí demence. S tímto onemocněním se v moderních zemích setkáváme již vzácně. Hypersignální změny na DWI obraze získávají v čase na intenzitě.

- **Toxoplazmóza** – toxoplasma gondii je prvokový parazit, který infikuje CNS u imunokompromitovaných pacientů. Na DWI vykazují mírně zvýšený signál, avšak na ADC jsou hodnoty stejné. Díky tomu lze odlišit toxoplazmózu od mozkového abscesu, který na ADC vykazuje restrikcí difúze s nízkými hodnotami.

Neoplastická etiologie

- **Meningeom** – nejčastější extraaxiální nádor (až 20 % všech intrakraniálních nádorů). Postihuje především ženy středního věku. Sekvence DWI a ADC zobrazují variabilně omezenou difúzi.
- **Meduloblastom** – maligní nádor zadní jámy lebeční kuželovitého tvaru s vysokou anaplazií buněk a četnými mitózami. Často doprovázeno hydrocefalem. Vyskytuje se u dětí v předškolním věku a v 10–12 letech.
- **Primární lymfom** – maligní nádor vychází z B-lymfocytů, nejčastěji se nachází v blízkosti mozkových komor. Vyskytuje se především u starších pacientů, u nemocných s AIDS či jiným imunodeficitem. Restrikce difúze je výrazná, na ADC mapě nižší signál.
- **Glioblastom** – intraaxiální maligní nádor vycházející z astrocytů. Vyskytuje se u starších jedinců s prognózou života 9-12 měsíců. Na DWI obrazech může být patrná restrikce difúze na periferních částech. Největší přínos k diferenciaci nádorů s vyšším stupněm malignit má využití DWI, resp. ADC mapy a perfúzního váženého obrazu.

Demyelinizační etiologie

- **Roztroušená skleróza (RS)** – autoimunitní chronický zánět myelinu a oligodendrocytů vedoucí k jejich destrukci. Postihuje hlavně mladé lidi mezi 20. - 40. rokem života a ženy častěji než muže. Na DWI

obrazech můžeme v akutních stádiích sledovat plaky restrikce difúze, které se na rozdíl od ischemických chorob postkontrastně sytí.

- **Akutní diseminovaná encefalomyelitida (ADEM)** – onemocnění obvykle se vyskytující u dětí po virové infekci nebo po očkování. Jedná se o komplex antigen-protilátka, jako sekundární imunitní křížené reakci s virovým proteinem. Léze vykazují zesílené periferní okraje nebo omezenou difúzi.

Metabolická a toxická etiologie

- **Osmotický demyelinizační syndrom** – dříve označován jako centrální pontinní myelinolýza (CPM). Je to stav, kdy k myelinizaci dochází jako sekundární jev po rychlé korekci poruch elektrolytů, nejčastěji hyponatremie. Postihuje chronické alkoholiky (70 %), podvyživené pacienty, pacienty s rozsáhlými popáleninami a příjemce transplantátu. Již do 24 h od nástupu může být detekována na DWI obrazech jako hypersignální.
- **Hypoglykemická encefalopatie** – vyvíjí se u pacientů s diabetem mellitus. Na DWI se zobrazuje jako hypersignální a odpovídající nízká hodnota na ADC.
- **Otrava oxidem uhelnatým** – oxid uhelnatý vytěsňuje kyslík z hemoglobinu a způsobuje hypoxii, která může vést až k ischemické encefalopatii. Symetrická omezená difúze globus pallidi je typickým nálezem.

Trauma

- **Difúzní axiální poranění** – traumatické poškození mozku a jeho tkáně vedoucí k rozvoji hemoragických i nehemoragických traumatických lézí. Důsledkem buněčného otoku nebo

cytotoxického edému může být přítomna restrikce difúze v postižených oblastech s nízkými hodnotami ADC.

Různé etiologie

- **Epidermoidní cysta** – benigní intrakraniální vrozená cysta. Zobrazí se hypersignálně na DWI.
- **Wallerova degenerace** – sekundární degenerace axonů k poškození centrálního neuronu. Díky biochemickým změnám lze pozorovat zvýšený signál na DWI, zatímco na ostatních sekvencích až během 2. – 3. měsíce.
- **Cysty choroidálního plexu** – známé jako xyntogranulomy, jsou běžné nálezy in utero mezi 26. – 28. týdnem těhotenství. Na DWI lze cysty pozorovat s restrikcí difúze na ADC. [28],[29],[30]

4 METODIKA

V praktické části se budeme v bakalářské práci zabývat případy vyšetřených pacientů za období 6 měsíců (1. 1. 2021 – 30. 6. 2021) na MR ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady (FNKV), kdy byla využita sekvence DWI během vyšetření mozku. Data pro praktickou část budou poskytnuta Radiodiagnostickým oddělením, kde pomocí NIS (nemocničního informačního systému) vyhledáme pacienty vyšetřené na MR v kategorii protokolu Mozek. K získání potřebných dat bude nutné projít jednotlivé pacienty jednoho po druhém a vyhledat v lékařském popisu vyšetření obsahující „restrikce difúze“. V data setu bude vyloučeno, aby se jeden pacient s opakujícím se vyšetřením (např. MR mozku pacienta před a po terapii) vyskytoval více než jednou.

FNKV disponuje dvěma přístroji magnetické rezonance: Siemens Magnetom SOLA 1,5 T a GE Signa HDxt 1,5 T, na kterých byla prováděna vyšetření, z nichž bude data set vytvořen. Data budou zapsána do vytvořené tabulky a následně z nich budou vytvořeny grafy pro lepší přehlednost výsledků.

Data budou určovat tyto parametry:

- datum vyšetření;
- pohlaví pacienta;
- rok narození pacienta (věk);
- diagnóza pacienta.

V práci nejdříve jednotlivá data rozdělíme do tabulek dle parametrů, podle nichž byla sbírána. Dle data vyšetření vytvoříme tabulku k porovnání celkového počtu pacientů ku počtu pacientů s nálezem restrikce difúze. Vyjádříme zastoupení jednotlivých onemocnění diagnostikovaných s restrikcí difúze v rámci jednotlivých měsíců. Dále pacienty rozdělíme do skupin mužů a žen,

kde zjistíme, kolik jich bylo celkově vyšetřeno, kolik z nich mělo restrikci difúze a jaká onemocnění byla diagnostikována. Porovnáme, jaká onemocnění jsou častější u žen a která u mužů. Dále zjistíme, jaký je průměrný věk pacientů diagnostikovaných u jednotlivých etiologií onemocnění, která byla definována v předešlých kapitolách této práce. Na závěr do tabulky vytvoříme výčet četností zastoupených jednotlivých diagnostikovaných etiologií onemocnění pomocí restrikce difúze a vyjádříme je pomocí grafu. Přidáme několik snímků ke každé ze zastoupené etiologii onemocnění v axiální rovině, všechny ve shodném řezu. Snímky budou v T2 váženém čase, DWI snímek a ADC mapy se zobrazenou restrikcí difúze.

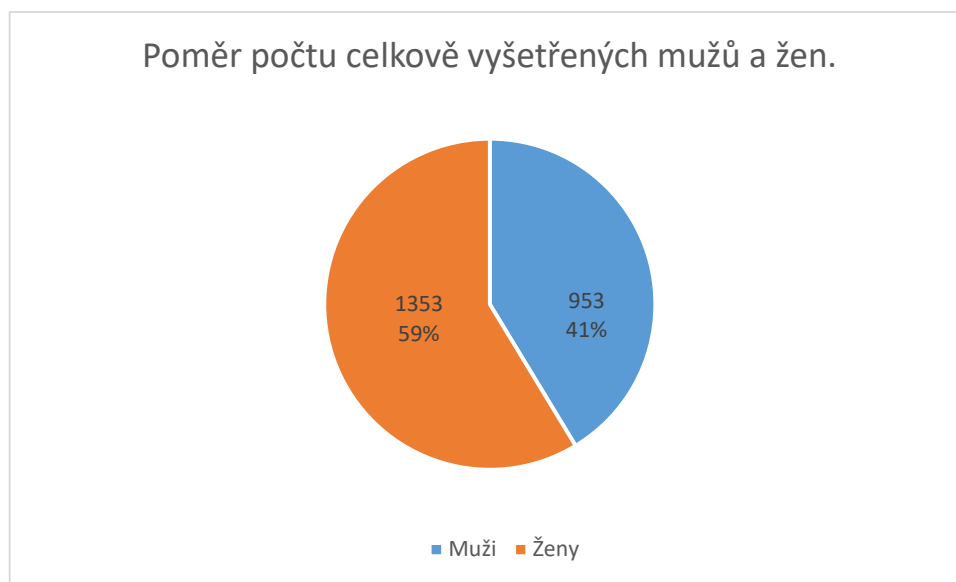
5 VÝSLEDKY

Za období leden až červen 2021 byl ve Fakultní nemocnici Královské Vno hradu vyšetřen mozek pomocí MR u celkem 2306 pacientů (viz Tabulka 1).

| Pacienti | Měsíce | | | | | | Celkem |
|-----------------|--------|------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | |
| Muži | 136 | 152 | 160 | 153 | 170 | 182 | 953 |
| Ženy | 219 | 210 | 230 | 210 | 239 | 245 | 1353 |
| Celkem v měsíci | 347 | 362 | 390 | 363 | 409 | 427 | 2306 |

Tabulka 1: Přehled vyšetřených pacientů

Aritmetickým průměrem je 383 vyšetřených pacientů v jednotlivých měsících. Vyšetřených mužů bylo celkem 953 a v průměru za měsíc bylo vyšetřeno 158,8 mužů. Vyšetřených žen bylo celkem 1353 a v průměru za měsíc bylo vyšetřeno 225,5 žen za měsíc. Na základě zpracování námi získaných dat (viz Obrázek 12) nám vyšlo, že poměr počtu vyšetřených mužů ku ženám za dané období byl 2:3.



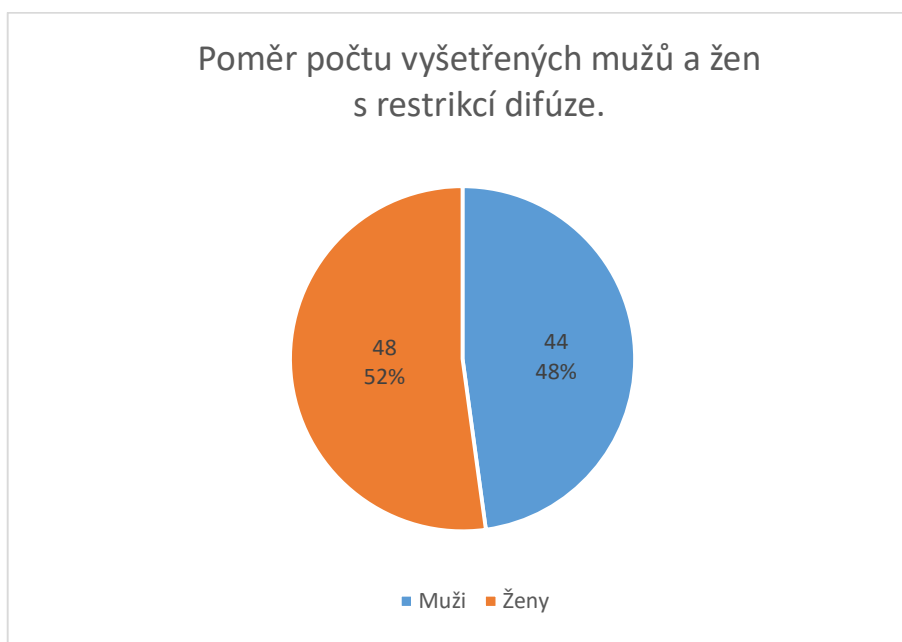
Obrázek 12: Graf poměru počtu vyšetřených mužů a žen.

Z celkového počtu vyšetřených pacientů bylo celkem 92 pacientů, u kterých byla popsána restrikce difúze (viz Tabulka 2). Průměrně byla restrikce difúze popsána u 7,3 muže za měsíc a u 8 žen.

| Pacienti | Měsíce | | | | | | Celkem |
|-----------------|--------|------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | |
| Muži | 4 | 11 | 10 | 8 | 5 | 6 | 44 |
| Ženy | 5 | 8 | 15 | 9 | 6 | 5 | 48 |
| Celkem v měsíci | 9 | 19 | 25 | 17 | 11 | 11 | 92 |

Tabulka 2: Počet vyšetřených pacientů s restrikcí difúze.

Počet vyšetřených pacientů s nálezem restrikce difúze se mění v jednotlivých měsících. Mezi počtem pacientů vyšetřených s nálezem restrikce difúze a celkovému počtu vyšetřených pacientů je přímá úměra. Celkem vyšetřených mužů s restrikcí difúze bylo 44, počet takto vyšetřených žen bylo 48. V tomto případě je poměr mužů a žen již 1:1 (viz Obrázek 13).



Obrázek 13: Poměr počtu vyšetřených mužů a žen s restrikcí difúze.

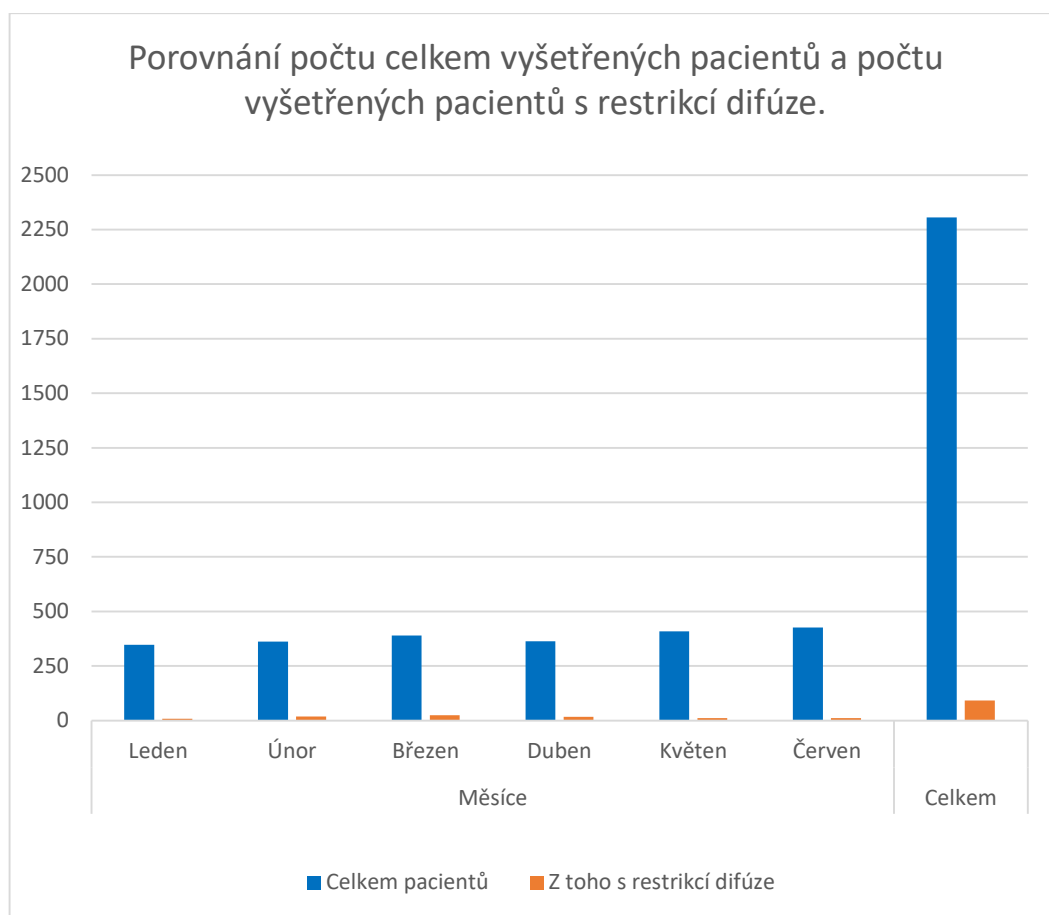
Porovnání počtu celkově vyšetřených pacientů a počtu pacientů s nálezem restrikce difúze je zapsáno v následující Tabulce 3.

| Pacienti | Měsíce | | | | | | Celkem |
|---------------------------|--------|------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | |
| Celkem | 347 | 362 | 390 | 363 | 409 | 427 | 2306 |
| Z toho s restrikcí difúze | 9 | 19 | 25 | 17 | 11 | 11 | 92 |

Tabulka 3: Počet celkem vyšetřených pacientů a počet vyšetřených pacientů s restrikcí difúze.

Jak již bylo zmíněno výše, počet vyšetřených pacientů v jednotlivých měsících bylo v průměru 383. Aritmetickým průměrem celkového počtu pacientů vyšetřených s restrikcí difúze byl v jednotlivých měsících 15,3. Z našich získaných dat tvoří pacienti s restrikcí difúze 3,99 % z celkového počtu vyšetřených pacientů MR mozku za dané období. Nejvíce pacientů s nálezem s restrikcí difúze bylo v březnu (25), nejméně v lednu (9). Oproti tomu nejvíce pacientů vyšetřených za měsíc bylo v květnu (409), nejméně v lednu (347). V našem případě není korelace mezi počtem vyšetřených pacientů za měsíc a počtem pacientů v daném měsíci s nálezem s restrikcí difúze. Při výpočtu korelačního koeficientu jsme dospěli k hodnotě $-0,1244642$, což odpovídá tomu, že hodnoty žádný vztah nemají, resp. minimální s efektem kdy jedna veličina stoupá, druhá klesá.

Pro lepší představu velmi malého počtu vyšetřených pacientů s restrikcí difúze ku celkovému počtu vyšetřených pacientů při vyšetření mozku MR byl z Tabulky 3 vytvořen graf (viz Obrázek 14). Graf reprezentuje porovnání počet celkově vyšetřených pacientů MR mozku za daný měsíc a počet pacientů s restrikcí difúze ve stejném měsíci.



Obrázek 14: Graf Počtu celkem vyšetřených pacientů a počtu pacientů s restrikcí difúze.

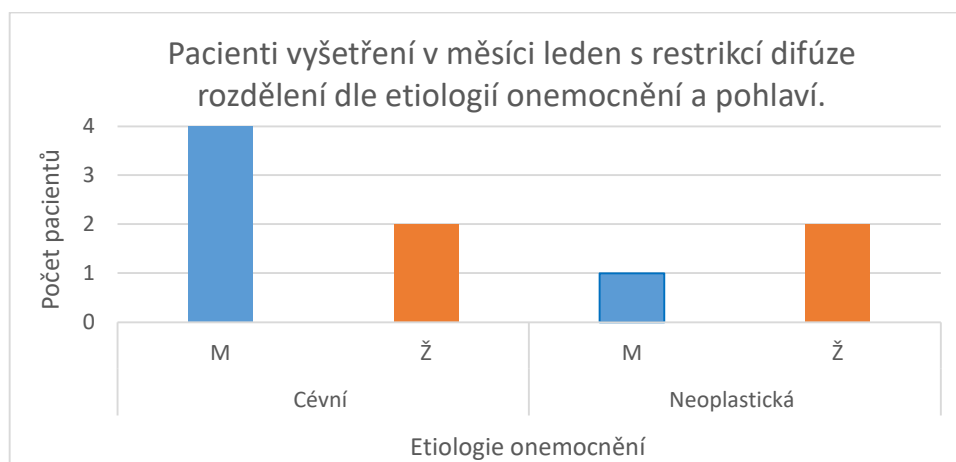
V následující části jsou vypsána zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění s restrikcí difúze v jednotlivých měsících. Pacienti jsou zapsáni do tabulek v celkovém počtu pacientů diagnostikovaných s danou etiologií onemocnění a jejich zastoupení pohlaví. Rozdělení etiologií onemocnění je definováno výše, v předchozích kapitolách této práce. Celkem je 7 kategorií etiologií: cévní, infekční, neoplastická, demyelinizační, metabolická a toxická, trauma a různá. Dle tohoto rozdělení se řídí výsledky celé této práce.

V následující Tabulce 4 je zapsáno zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění z námi získaných dat v měsíci leden. V měsíci leden bylo celkem vyšetřeno 9 pacientů s nálezem s restrikcí difúze. U těchto pacientů se vyskytovaly pouze dvě etiologie onemocnění – cévní a neoplastická. Cévní etiologií byla u šesti pacientů (čtyři muži a dvě ženy). Neoplastických etiologie byla u tří pacientů (jeden muž a dvě ženy).

| Leden | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 6 | M | 4 |
| | | Ž | 2 |
| Infekční | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Neoplastická | 3 | M | 1 |
| | | Ž | 2 |
| Demyelinizační | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

Tabulka 4: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci leden.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsíci leden je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 15). Vidíme, že mužů bylo dvakrát více než žen u cévní etiologie, naopak žen bylo o jednu více než mužů pro neoplastickou etiologii.



Obrázek 15: Pacienti vyšetření v měsíci leden s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

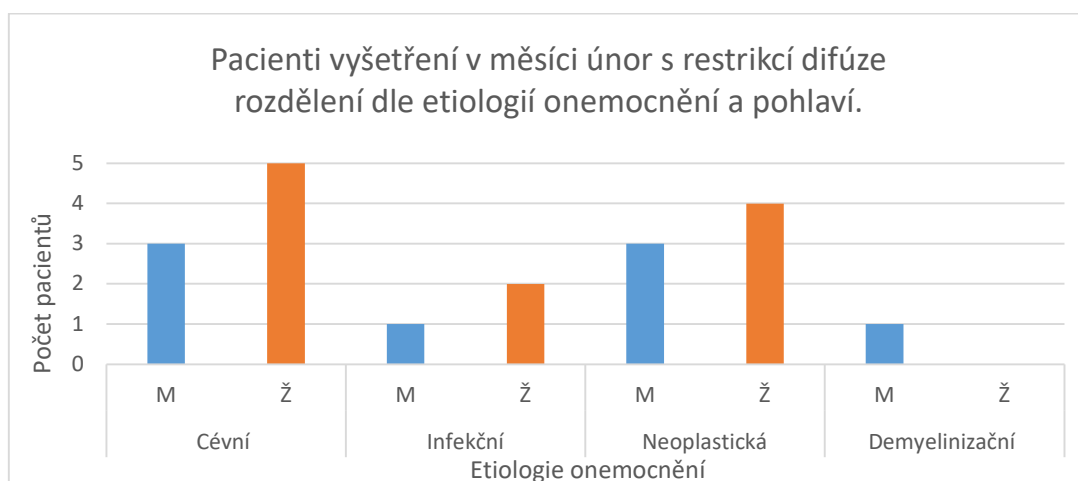
V následující Tabulce 5 je zapsáno zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění z námi získaných dat v měsíci únor. Je rozdělena dle shodných parametrů, která byla definována výše. V měsíci únor bylo vyšetřeno s nálezem restrikce difúze celkem 19 pacientů. Mezi nálezy s restrikcí difúze byla cévní, infekční, neoplastické a demyelinizační etiologie. S cévní etiologií bylo celkem

osm pacientů (tři muži a pět žen). Infekční etiologii měli celkem tři pacienti (jeden muž a dvě ženy). S neoplastickou etiologií bylo diagnostikováno celkem sedm pacientů (čtyři muži a jedna žena). Demyelinizační etiologii onemocnění měl jeden pacient – žena

| Únor | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 8 | M | 3 |
| | | Ž | 5 |
| Infekční | 3 | M | 1 |
| | | Ž | 2 |
| Neoplastická | 7 | M | 3 |
| | | Ž | 4 |
| Demyelinizační | 1 | M | 1 |
| | | Ž | 0 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

Tabulka 5: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci únor.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsíci únor je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 16). Vidíme, že za daný měsíc bylo žen více než mužů, kromě demyelinizační etiologie, kdy s touto etiologií nebyla diagnostikována žádná žena, pouze jeden muž.



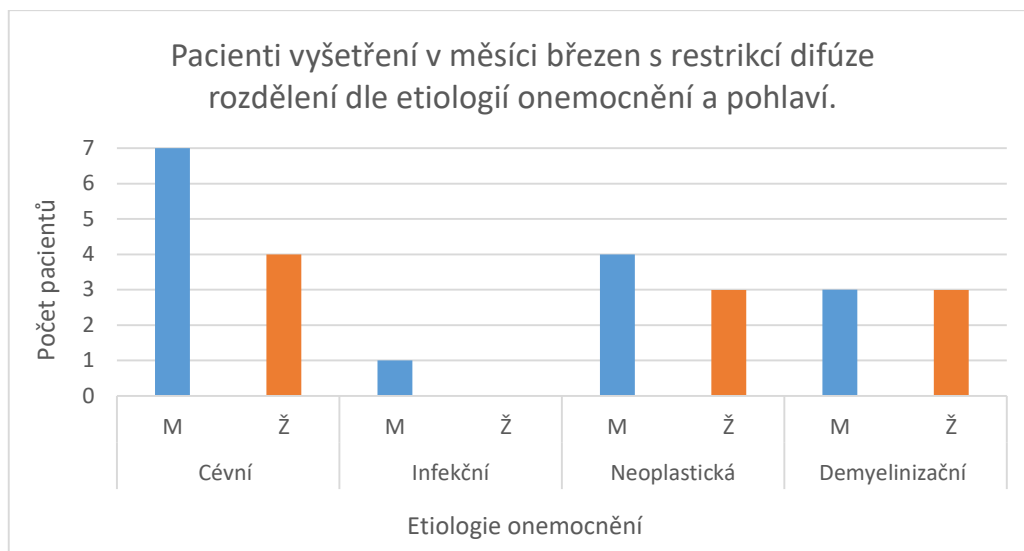
Obrázek 16: Pacienti vyšetření v měsíci únor s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

V následující Tabulce 6 je zapsáno zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění z námi získaných dat v měsíci březen. Je rozdělená dle shodných parametrů, která byla definována výše. Z námi získaných dat bylo celkem vyšetřeno 25 pacientů s restrikcí difúze. To je největší počet restrikcí difúze v jednom měsíci za celé námi měřené období. Cévní etiologie byla diagnostikovaná u jedenácti pacientů (sedm mužů a čtyři ženy), infekční etiologie u jednoho pacienta – muže, neoplastické etiologie u sedmi pacientů (čtyři muži a tři ženy) a demyelinizační etiologie u šesti pacientů (tři muži i tři ženy).

| Březen | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 11 | M | 7 |
| | | Ž | 4 |
| Infekční | 1 | M | 1 |
| | | Ž | 0 |
| Neoplastická | 7 | M | 4 |
| | | Ž | 3 |
| Demyelinizační | 6 | M | 3 |
| | | Ž | 3 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

Tabulka 6: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci březen.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsíci březen je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 17). Vidíme, že počet mužů s restrikcí difúze ve všech zastoupených etiologiích v tomto měsíci bylo více, či stejně jako žen.



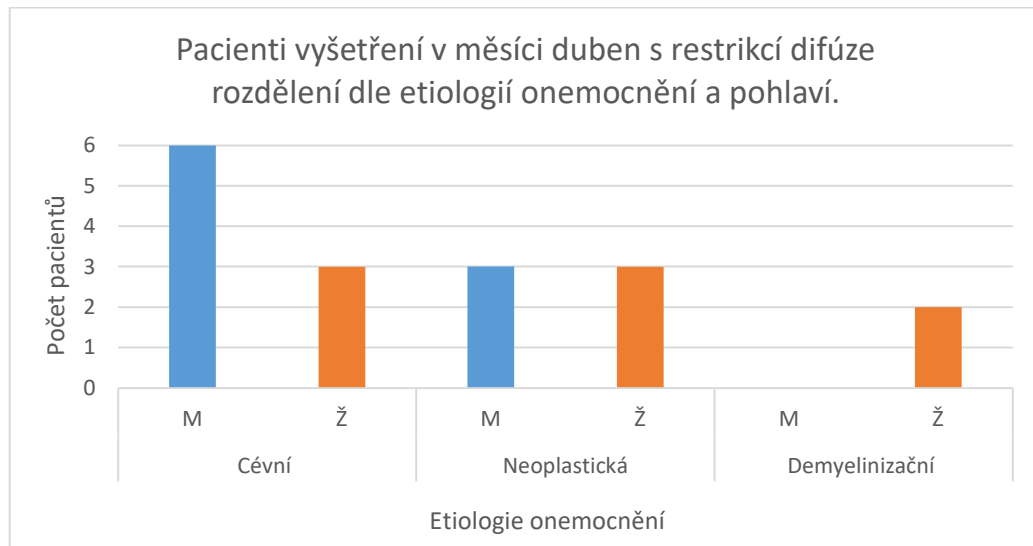
Obrázek 17: Pacienti vyšetření v měsíci březen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

V následující Tabulce 7 je zapsáno zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění z námi získaných dat v měsíci duben. Je rozdělená dle shodných parametrů, která byla definována výše. V tomto měsíci bylo vyšetřeno pomocí restrikce difúze celkem 17 pacientů, u nichž byla zastoupeny tři etiologie onemocnění. Cévní etiologie byla diagnostikována u devíti pacientů (z toho šest mužů a tři ženy), neoplastická etiologie u šesti pacientů (z toho tři muži i tři ženy) a demyelinizační etiologie u dvou pacientů – žen.

| Duben | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 9 | M | 6 |
| | | Ž | 3 |
| Infekční | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Neoplastická | 6 | M | 3 |
| | | Ž | 3 |
| Demyelinizační | 2 | M | 0 |
| | | Ž | 2 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

Tabulka 7: Zastoupení etiologií náleží v měsíci duben.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsíci duben je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 18). Vidíme, že mužů bylo dvakrát více pro cévní etiologii, u neoplastické etiologie byl počet shodný a demyelinizační etiologii zastoupily pouze ženy.



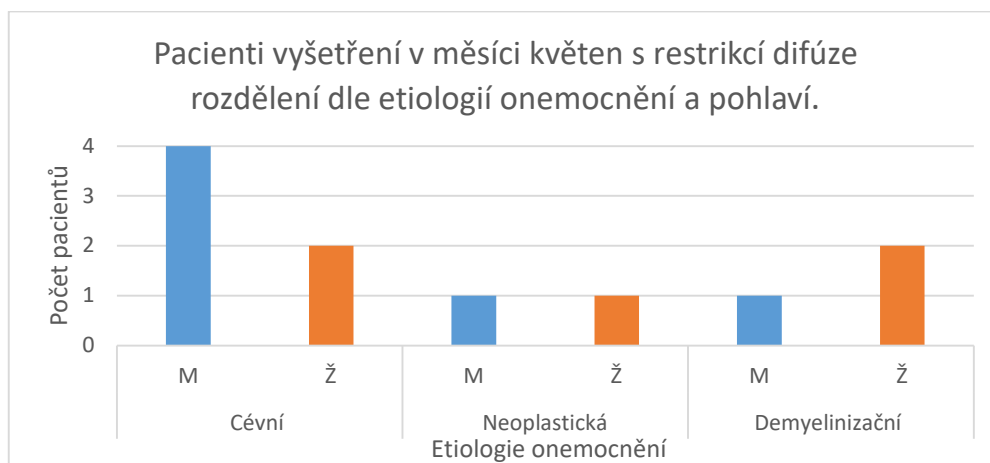
Obrázek 18: Pacienti vyšetření v měsíci duben s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

V následující Tabulce 8 je zapsáno zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění z námi získaných dat v měsíci květen. Je rozdělená dle shodných parametrů, která byla definována výše. V tomto měsíci bylo vyšetřeno s restrikcí difúze celkem 11 pacientů a zastoupili tři etiologie onemocnění. Cévní etiologie onemocnění byla zaznamenána u šesti pacientů (z toho čtyři muži a dvě ženy), neoplastická etiologie u dvou pacientů (jeden muž i jedna žena) a demyelinizační etiologie u tří pacientů (jeden muž a dvě ženy).

| Květen | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 6 | M | 4 |
| | | Ž | 2 |
| Infekční | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Neoplastická | 2 | M | 1 |
| | | Ž | 1 |
| Demyelinizační | 3 | M | 1 |
| | | Ž | 2 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

Tabulka 8: Zastoupení etiologií onemocnění v měsíci květen.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsíci květen je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 19). Vidíme, že pro cévní etiologii bylo mužů dvakrát více, u neoplastické etiologie byl počet shodný a pro demyelinizační etiologii bylo o jednu ženu více jak mužů.



Obrázek 19: Pacienti vyšetření v měsíci květen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

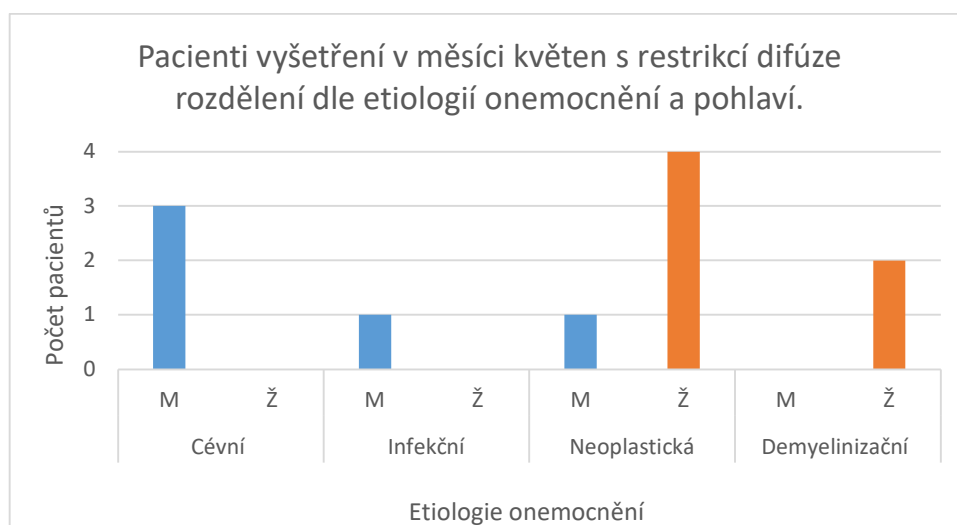
V následující Tabulce 9 je zapsáno zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění z námi získaných dat v měsíci červen. Je rozdělená dle shodných parametrů, která byla definována výše. V červnu bylo vyšetřeno celkem 11 pacientů.

Vyskytovala se cévní etiologie u tří pacientů – mužů, infekční etiologie u jednoho pacienta – muže, neoplastická etiologie u pěti pacientů (jeden muž a čtyři ženy) a demyelinizační etiologie u dvou pacientů – žen.

| Červen | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 3 | M | 3 |
| | | Ž | 0 |
| Infekční | 1 | M | 1 |
| | | Ž | 0 |
| Neoplastická | 5 | M | 1 |
| | | Ž | 4 |
| Demyelinizační | 2 | M | 0 |
| | | Ž | 2 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

Tabulka 9: Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v měsíci červen.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsíci červen je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 20). Vidíme, že pro cévní a infekční etiologii byli zastoupeni pouze muži, pro demyelinizační etiologii pouze ženy. U neoplastické etiologie byla výrazní převaha počtu žen.



Obrázek 20: Pacienti vyšetření v měsíci květen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

5.1 Etiologie onemocnění

Následující data z této části práce zaznamenávají a zpracovávají data souhrnně za celé námi měřené časové období leden až červen 2021.

Z předchozích tabulek (viz Tabulka 3 až Tabulka 9) vyjadřující zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění s obrazem restrikce difúze získáme výslednou tabulku (viz Tabulka 10). Počet pacientů je dán souhrnně pro jednotlivé etiologie a také rozdělen na muže a ženy. Je rozdělena dle shodných parametrů, která byla definována výše.

| Leden-červen | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|
| Etiologie onemocnění | Počet | Pohlaví | Počet |
| Cévní | 43 | M | 27 |
| | | Ž | 16 |
| Infekční | 5 | M | 3 |
| | | Ž | 2 |
| Neoplastická | 30 | M | 13 |
| | | Ž | 17 |
| Demyelinizační | 14 | M | 5 |
| | | Ž | 9 |
| Metabolická a toxická | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Trauma | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |
| Různá | 0 | M | 0 |
| | | Ž | 0 |

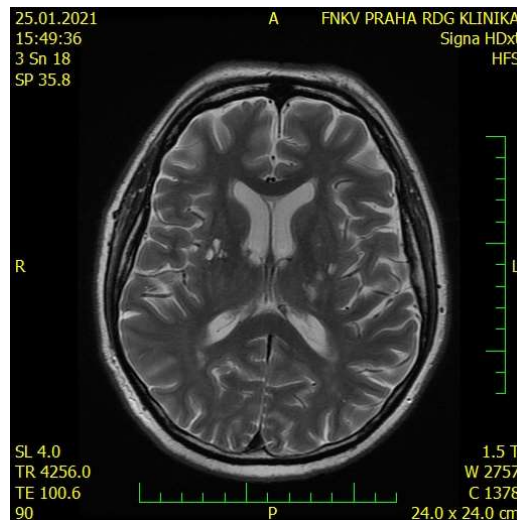
Tabulka 10: Tabulka etiologie onemocnění za 6 měsíců rozdělení na muže a ženy.

Z tabulky vyplývá, že za celé námi měřené období 6 měsíců nebylo ve FNKV na MR při vyšetření mozku diagnostikováno žádnému pacientovi s restrikcí difúze onemocnění patřící do skupiny s metabolickou a toxickou etiologií, traumatem, ani se žádnou jinou etiologií patřící do skupiny různé etiologie.

Cévních etiologií bylo celkem 43, z čehož mužů bylo 27, žen 16. Tato skupina tvoří nejvýznamnější skupinu a z celkového počtu zastupují více než 1/2

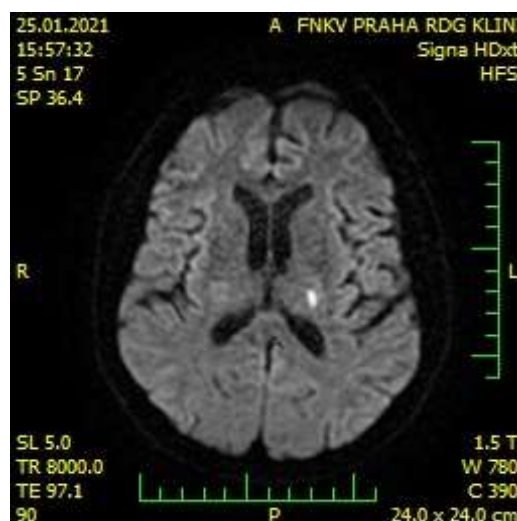
z celkového data setu. Na následujících třech obrázcích (viz Obrázek 21 až Obrázek 23) jsou anonymizované snímky z vyšetření jednoho z pacientů, který měl restrikcí difúze při vyšetření mozku s cévní etiologií onemocnění.

Na Obrázku 21 je snímek T2 váženého času v axiální rovině. Jdou vidět světlejší místa v okolí postranních komor.



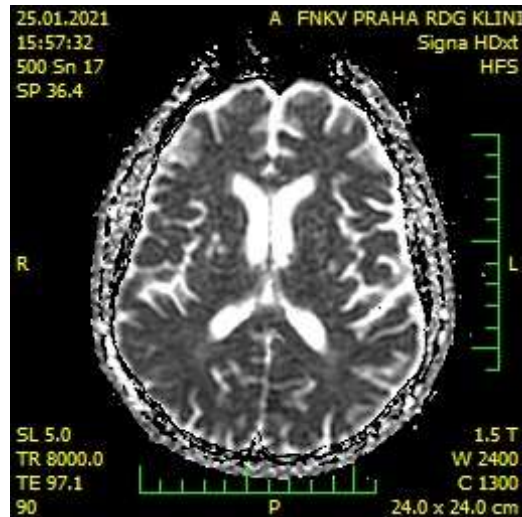
Obrázek 21: Cévní etiologie – T2 vážený obraz.

Na obrázku 22 je snímek DWI také v axiální rovině na stejném řezu jako předchozí T2 vážený obraz (viz Obrázek 21). Hypersignální ložisko je jedno, na levé straně od postranních komor.



Obrázek 22: Cévní etiologie – DWI.

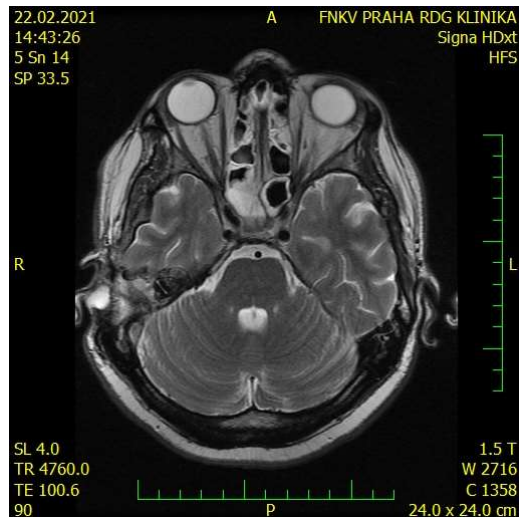
Na Obrázku 23 se nachází ADC mapa v axiální rovině ze stejného řezu jako předchozí snímky. Nacházíme restrikcí difúze v podobě hyposignální oblasti jako tmavé místo v místě předchozího hypersignálního ložiska zobrazeného na předchozím DWI obraze (viz Obrázek 22).



Obrázek 23: Cévní etiologie – ADC.

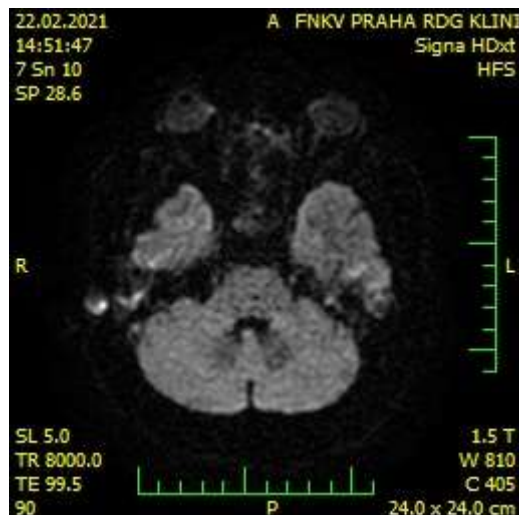
Infekčních etiologií bylo 5, z toho 3 muži a 2 ženy. Tvoří nejmenší skupinu etiologií diagnostikovaných pomocí restrikce difúze za dané období. Na následujících obrázcích (viz Obrázek 24 až Obrázek 26) jsou anonymizované snímky z vyšetření jednoho z pacientů, který měl restrikcí difúze při vyšetření mozku s infekční etiologií onemocnění.

Na Obrázku 24 je snímek T2 váženého času v axiální rovině. Je patrné světlejší ložisko v oblasti pravého středního ucha.



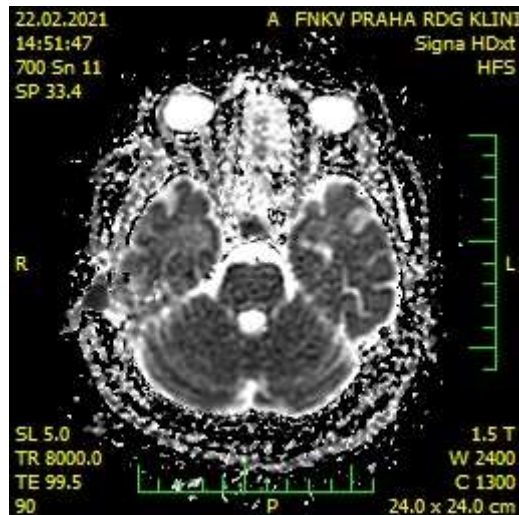
Obrázek 24: Infekční etiologie – T2 vážený čas.

Na Obrázku 25 je snímek z DWI sekvence v axiální rovině ve stejném řezu jako předchozí snímek (viz Obrázek 24). Vidíme hypersignální ložisko v oblasti pravého středního ucha.



Obrázek 25: Infekční etiologie – DWI.

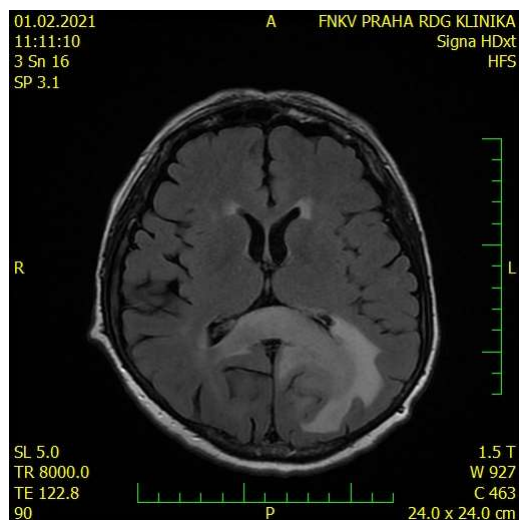
Na Obrázku 37 je ADC mapa v axiální rovině ve stejném řezu jako dva předchozí snímky. Vidíme restrikcí difúze ložiska umístěného ve shodné oblasti jako na DWI sekvenci (viz Obrázek 26).



Obrázek 26: Infekční etiologie – ADC.

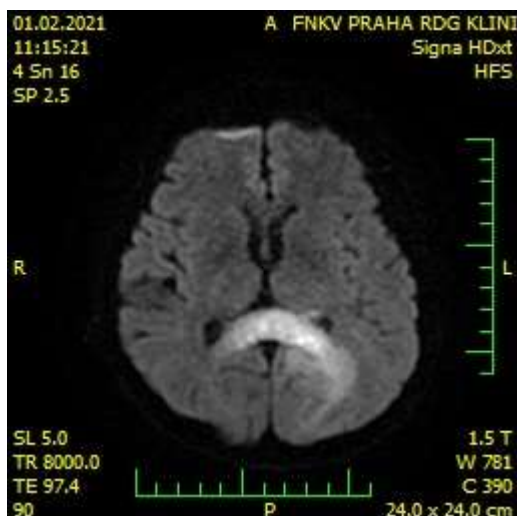
Neoplastická etiologie je druhou nejzastoupenější skupinou v počtu 30 pacientů, z toho 13 mužů a 17 žen. Na následujících obrázcích (viz Obrázek 27 až Obrázek 29) jsou anonymizované snímky z vyšetření jednoho z pacientů, který měl restrikcí difúze při vyšetření mozku s neoplastickou etiologií onemocnění.

Na Obrázku 27 je snímek sekvence T2 váženého času v axiální rovině. Již zde je patrná výrazně světlá oblast v posteriorní části postranních komor.



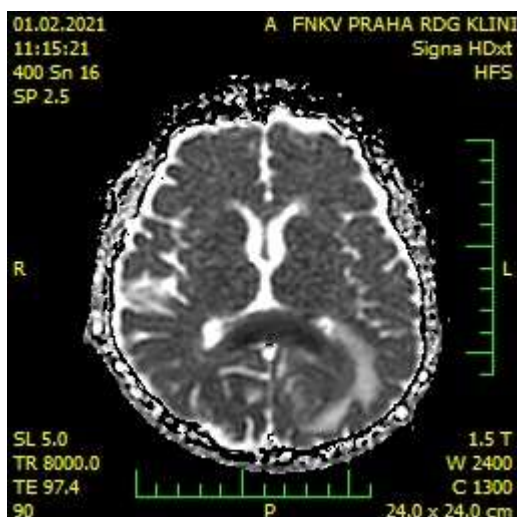
Obrázek 27: Neoplastická etiologie – T2 vážený obraz.

Na Obrázku 28 je snímek DWI sekvence v axiální rovině ze stejného řezu jako předchozí snímek. Vidíme výrazné a rozsáhlé hypersignální ložisko v posteriorní části postranních komor.



Obrázek 28: Neoplastická etiologie – DWI.

Na Obrázku 29 se nachází ADC mapa v axoální rovině a stejného řezu jako předchozí snímky. Výrazná restrikce difúze v podobě hyposignální oblasti se shodnou lokalizací jako hypersignální ložisko na DWI sekvenci.

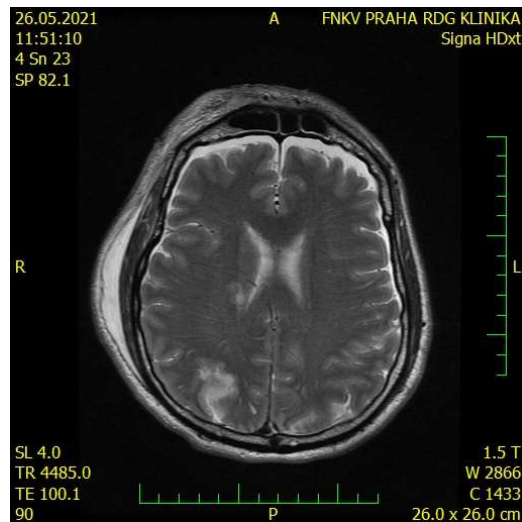


Obrázek 29: Neoplastická etiologie – ADC.

Poslední etiologie onemocnění byla demyelinizační, diagnostikovaná u celkem 14 pacientů, z toho 5 mužů a 9 žen. Na následujících obrázcích (viz Obrázek 30 až Obrázek 32) jsou anonymizované snímky z vyšetření jednoho

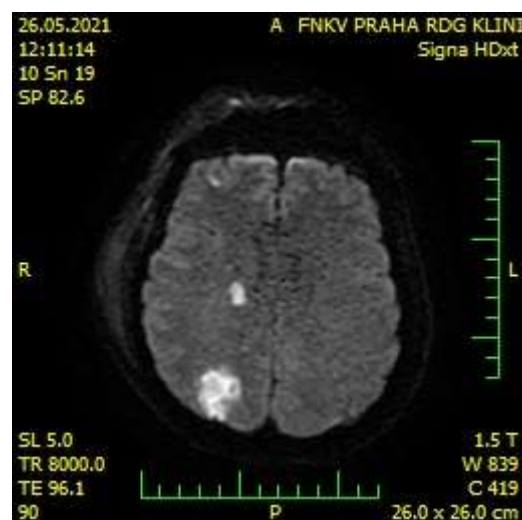
z pacientů, který měl restrikcí difúze při vyšetření mozku s demyelinizační etiologií onemocnění.

Na Obrázku 30 je snímek sekvence T2 váženého času v axiální rovině. Je zde patrné světlé ložisko na posterioru pravé hemisféry a menší v centrální části.



Obrázek 30: Demyelinizační etiologie – T2 vážený čas.

Na Obrázku 31 je snímek z DWI sekvence v axiální rovině stejného řezu jako předchozí snímek (viz Obrázek 30). Jdou vidět dvě výrazná hypersignální ložiska na pravé hemisféře.



Obrázek 31: Demyelinizační etiologie – DWI.

Na Obrázku 32 je znázorněna ADC mapa v axiální rovině stejného řezu jako předchozí dva snímky. Vidíme dvě restriktce difúze jako tmavá místa v místech hypersignálních ložisek na DWI snímku (viz Obrázek 30).

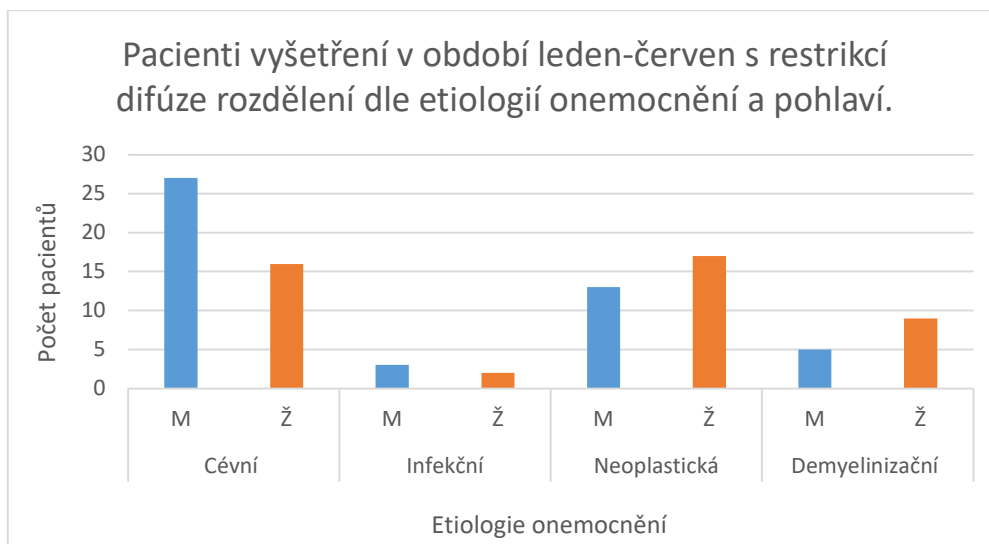


Obrázek 32: Demyelinizační etiologie – ADC.

5.2 Pohlaví a etiologie onemocnění

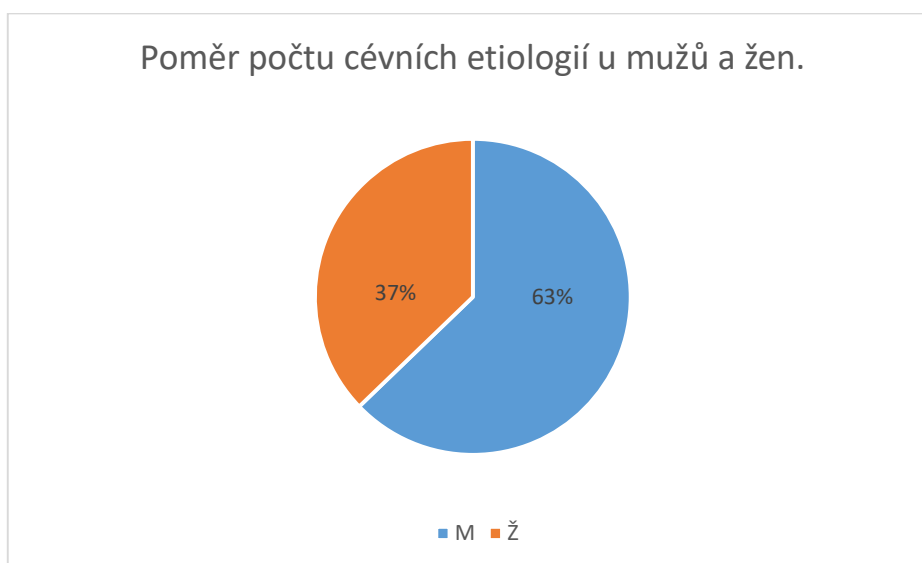
Jak již bylo zmíněno výše, z celkového počtu vyšetřených pacientů ve FNKV z námi sledovaného období byl počet celkem vyšetřených mužů (953) výrazně menší, než počet vyšetřených žen (1353). Z dat se zobrazením restriktce difúze vyšlo, že mužů bylo diagnostikováno méně (44) než žen (48). V našich datech byla korelace mezi počtem vyšetřených pacientů MR mozku a s nálezem restriktce difúze v rámci pohlaví.

Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v závislosti na pohlaví v měsících leden až červen je přehledně znázorněno v následujícím grafu (viz Obrázek 33). Vidíme, že pro cévní a infekční etiologii bylo více mužů, naopak u neoplastické a demyelinizační etiologie bylo více žen.



Obrázek 33: Pacienti vyšetření v období leden-červen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví.

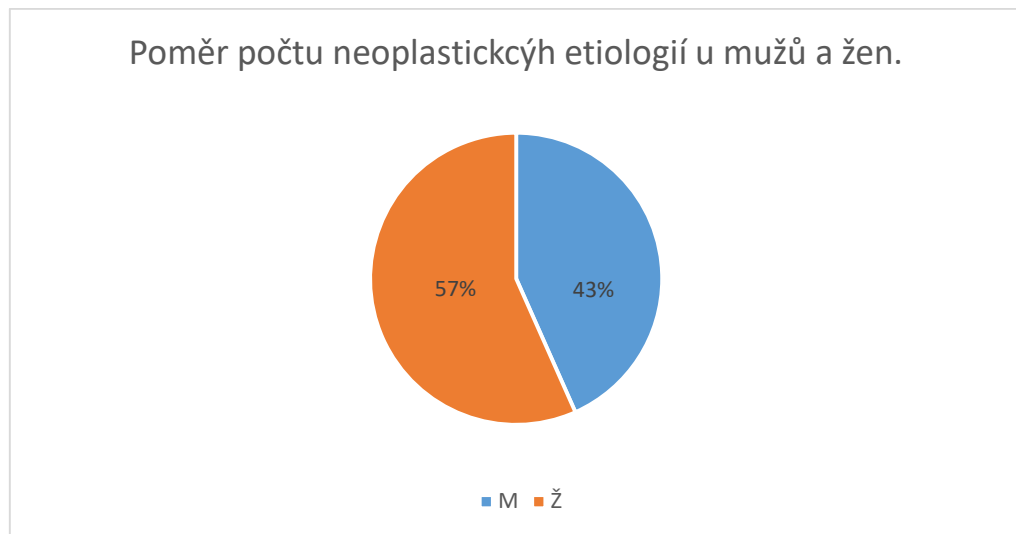
Rozdílnost pohlaví hraje významnou roli pro jednotlivé etiologie onemocnění. Jak je znázorněno v Tabulce 10, muži mají větší pravděpodobnost pro cévní etiologii onemocnění než ženy. Z celkového počtu 43 pacientů tvoří muži 63 %, lze tvrdit, že pro tuto skupinu je poměr mužů ku ženám 2:1 (viz Obrázek 34).



Obrázek 34: Poměr počtu cévních etiologií mužů a žen.

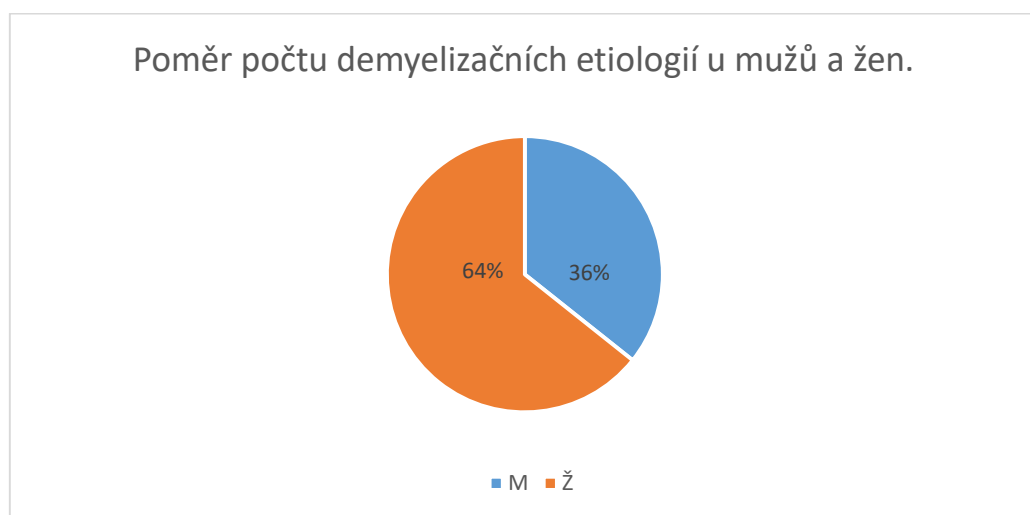
Druhou nejzastoupenější skupinou dle Tabulky 10 byla neoplastická onemocnění, která byla celkově diagnostikována celkem 30 pacientů. Více jak polovinu těchto pacientů tvořily ženy, v počtu 17, mužů bylo celkem 13. Z námi získaných dat přehledně zobrazených na Obrázku 35 vyplývá, že z našeho

množství pacientů za dané období byly častěji diagnostikovány ženy než muži, v poměru 3:2.



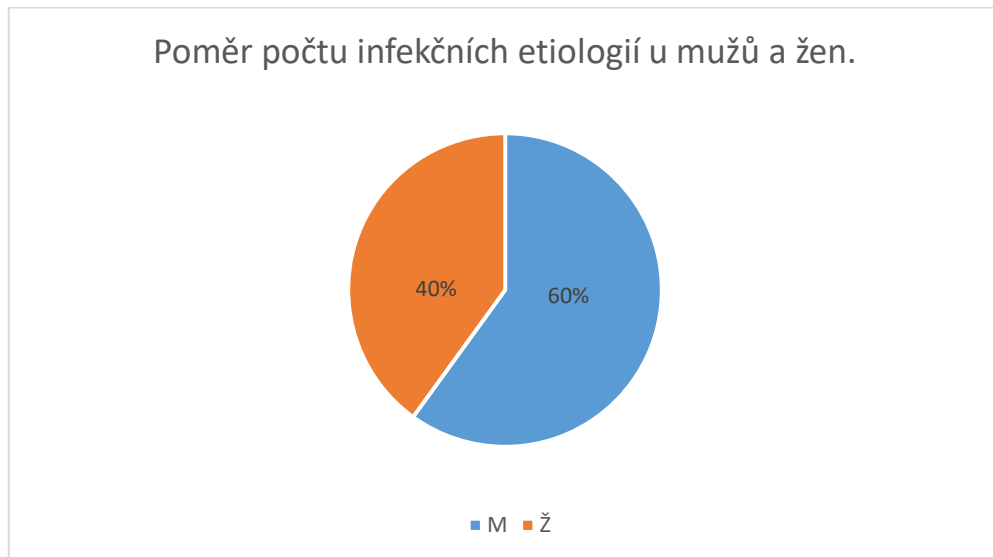
Obrázek 35: Poměr počtu neoplastických etiologií mužů a žen.

Další skupinu z Tabulky 10 tvořily demyelinizační etiologie. Celkový počet pacientů v této skupině bylo 14, kde výraznou většinu tvořily ženy, kterých bylo 9. Mužů bylo 5. Na základě námi získaných dat přehledně vyobrazených na Obrázku 36 vidíme, že z našeho množství pacientů za dané období byly ženy častěji diagnostikovány s demyelinizační etiologií onemocnění. V poměru 2:1 vůči mužům.



Obrázek 36: Poměr počtu demyelinizačních etiologií mužů a žen

Poslední nejméně zastoupenou skupinu dle Tabulky 10 tvořilo 5 pacientů s infekční etiologií onemocnění, v zastoupení 3 mužů a 2 žen. Zastoupení mužů a žen je názorně vyobrazeno na Obrázku 37.



Obrázek 37: Poměr počtu infekčních etiologií u mužů a žen.

5.3 Věk a etiologie onemocnění

Dalším a posledním z našich parametrů, který určoval data set, byl věk (primárně ročník narození) pacientů. Vzhledem k množství pacientů, jsou pacienti rozděleni do věkových skupin po deseti letech (viz Tabulka 11).

| Věková skupina (roky) | Počet pacientů |
|-----------------------|----------------|
| 0-9 | 1 |
| 10-19 | 1 |
| 20-21 | 11 |
| 30-39 | 11 |
| 40-49 | 6 |
| 50-59 | 12 |
| 60-69 | 21 |
| 70-79 | 25 |
| 80-89 | 3 |
| 90-99 | 1 |

Tabulka 11: Rozdělení počtu pacientů dle věkové skupiny.

Z Tabulky 11 vyplývá, že nejčastějšími pacienty vyšetřené s restrikcí difúze byli 70–79 let staří. Pokud bychom sjednotili tři nejpočetnější věkové skupiny, které spolu sousedí, potom 58 pacientů z celkových 92 spadalo do věkové skupiny 50–79 let. Tato skupina pacientů měla dle Tabulky 12 převážně cévní a neoplastické etiologie onemocnění. Nárůst počtu diagnostikovaných pacientů pomocí restrikce difúze ve věku 20-29 a 30-39 lze vysvětlit Tabulkou 12, kde je patrný výrazný průměrný věkový rozdíl demyelinizačních a infekčních etiologií od předchozích dvou. Celkový průměrným věkem všech pacientů s restrikcí difúze bylo 58 let. Nejstaršímu pacientovi bylo 90 let s cévní etiologií onemocnění, nejmladšímu pacientovi byly 3 roky s neoplastickou etiologií onemocnění.

| Pohlaví | Průměrný věk |
|--------------------------|---------------------|
| M | 60 |
| Cévní etiologie | 67 |
| Infekční etiologie | 35 |
| Neoplastická etiologie | 62 |
| Demyelinizační etiologie | 39 |
| Ž | 55 |
| Cévní etiologie | 67 |
| Infekční etiologie | 41 |
| Neoplastická etiologie | 56 |
| Demyelinizační etiologie | 36 |
| Celkový průměr | 58 |
| Cévní etiologie | 67 |
| Infekční etiologie | 59 |
| Neoplastická etiologie | 37 |
| Demyelinizační etiologie | 37 |

Tabulka 12: Průměrný věk pacientů dle etiologií onemocnění a pohlaví.

Průměrný věk mužů vyšetřených s restrikcí difúze byl 60 let, u žen byl o pět let menší – 55 let. Tento jev lze pozorovat i u dvou jednotlivých etiologií (neoplastické a demyelinizační), kde ženy jsou v průměru mladší než muži. Průměrný věk pro ženy v případě neoplastické etiologie je 56 let a pro

demyelinizační etiologii 36 let. Naopak muži mají průměrný věk v případě neoplastické etiologie 62 let a v případě demyelinizační etiologie 39 let. V případě infekční etiologie byl průměrný věk mužů 35 let a byli naopak o 5 let v průměru mladší než ženy, jejichž průměrný věk byl 40 let. V posledním případě – cévní etiologii, nehraje věk u daného pohlaví roli. Průměrný věk obou skupin je shodný 67 let.

Celkové zastoupení jednotlivých diagnostikovaných etiologií onemocnění pomocí restrikcí difúze je zapsán v následující Tabulce 13.

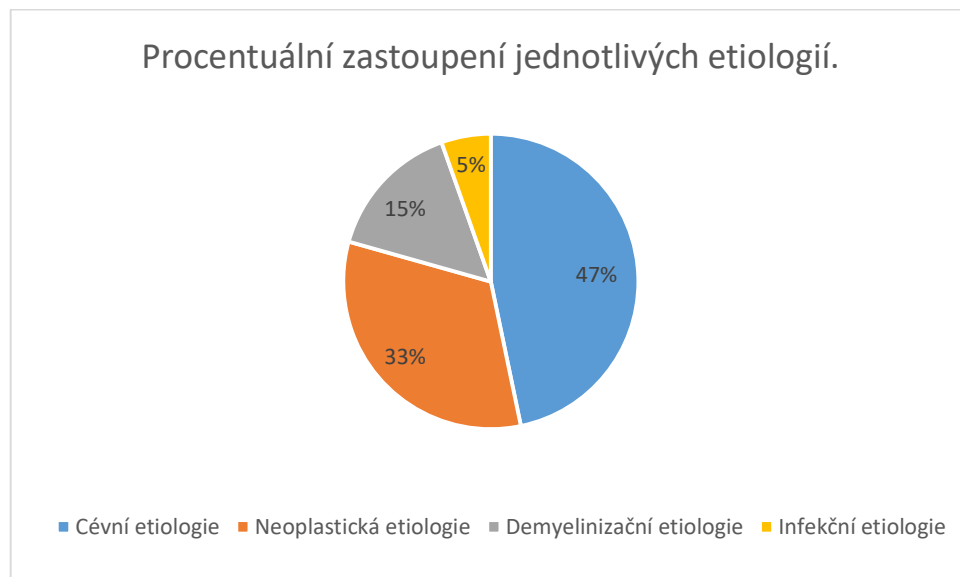
| Etiologie onemocnění | Počet |
|-----------------------------|--------------|
| Cévní etiologie | 43 |
| Infekční etiologie | 5 |
| Neoplastická etiologie | 30 |
| Demyelinizační etiologie | 14 |
| Celkový součet | 92 |

Tabulka 13: Počet jednotlivých etiologií diagnostikovaných za dané období s restrikcí difúze.

5.4 Shrnutí etiologií

Jak již bylo zmíněno výše, nejčastěji zastoupenou etiologií onemocnění byla cévní v celkovém počtu 43 pacientů. V této skupině byly nejčastěji diagnostikovány akutní a subakutní ischemie, dále se nacházely mikroembolizace, kavernom a postmalatická pseudocysta. Infekční etiologii čítalo celkem 5 pacientů, kde byly diagnostikovány hnisavé abscesy a toxoplazmózy způsobené parazitem. Neoplastická etiologie se týkala celkem 30 pacientů. V této kategorii se nejčastěji vyskytovaly sekundární mozkové nádory (metastázy z jiných nádorů v těle) i primární nádory, např. high-grade a low-grade gliomy, meningiomy a lymfomy. V jednom případě byla diagnostikována benigní abscedovaná dermoidní cysta. V poslední kategorii, která byla zastoupena, byla demyelinizační etiologie s celkem 14 pacientů, kde nejčastějším nálezem byly demyelinizační ložiska a plaky roztroušené sklerózy.

Procentuální zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění, které byly diagnostikovány ve FNKV v období leden až červen 2021 při vyšetření mozku na MR s pomocí restrikcí difúze, přehledně zobrazuje následující Obrázek 38.



Obrázek 38: Procentuální zastoupení jednotlivých etiologií.

6 DISKUZE

Předmětem této bakalářské práce byla analýza dat ze souboru pacientů vyšetřených na Radiodiagnostickém oddělení ve FNKV v období leden až červen 2021 na MR protokolem Mozek. Z NIS byli vybráni ti pacienti, kteří měli při vyšetření Difúzním váženým obrazem restrikcí difúze na výsledných ADC mapách. V analýze jsme se zabývali etiologií diagnostikovaných onemocnění v jednotlivých měsících a souhrnně za celé období 6 měsíců. Analýza probíhala kromě samostatné etiologie onemocnění také v závislosti na pohlaví a věku pacientů.

V teoretické části byla popsána historie a vývoj MR, popsány nejčastěji používané sekvence a vyjmenovány sekvence využívané při vyšetření MR mozku. Byl objasněn princip DWI sekvence při vyšetření magnetickou rezonancí, která je součástí standardního protokolu vyšetření mozku. Dále byl popsán způsob vzniku ADC mapy, ze které lze zjistit restrikcí difúze určité tkáně, a byly vyjmenovány onemocnění, u kterých lze s využitím DWI zvýšit diagnostickou výtěžnost vyšetření.

V praktické části bylo celkem 2306 pacientů, kterým bylo provedeno MR vyšetření mozku s využitím sekvence DWI za období leden až červen 2021. U 92 z těchto pacientů byla zaznamenána restrikce difúze. Mezi nalezenými etiologiemi onemocnění byly cévní, infekční, neoplastické a demyelinizační, z čehož skoro polovinu nálezů tvořily cévní etiologie v počtu 43 pacientů. Při souhrnu námi získaných dat etiologií jsme došli k výsledku, že 47 % (43) tvořily cévní etiologie, 33 % (30) tvořily neoplastické etiologie, 15 % (14) demyelinizační etiologie a 5 % (5) tvořily infekční patologie. Počet celkem vyšetřených žen byl výrazně větší (1353), než počet vyšetřených mužů (953). Výsledný počet žen a mužů s restrikcí difúze byl velmi podobný, až s mírnou

převahou mužů – 48 mužů a 44 žen. Věkové rozmezí pacientů bylo od věku 3 do 90 let, kde průměrný věk pacientů s nálezem s restrikcí difúze byl 58 let.

Podobným tématem se zabývá studie MUDr. Z. Sedláčkové, Ph.D. a kol. z Univerzity Palackého v Olomouci s názvem „Přehled onemocnění s obrazem restrikce difúze na magnetické rezonanci mozku.“ [31]. Studie byla publikována v časopise „Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie“, patřící mezi medicínské časopisy s publikacemi z celé neurologie a neurovědním zaměřením. Studie se zabývala jednotlivými onemocněními, které lze diagnostikovat pomocí DWI při vyšetření mozku. Předmětem jejich práce bylo zjištění, u kterých onemocnění je restrikce difúze vždy přítomna a kdy restrikce může, ale nemusí být přítomna. Výsledkem jejich práce bylo zjištění, že diagnostikovaná onemocnění vždy za přítomnosti restrikce difúze jsou akutní ischemie s typickou přítomností abscesu, lymfomy a Creutzfeld-Jakobova nemoc. Dále byla onemocnění, při nichž se restrikce difúze může i nemusí objevit, jako jsou celulární tumory, metastázy, difúzní axonální poranění, encefalitidy, encefalopatie, encefalomyelitida, osmotický demyelinizační syndrom, hypo-/hyperglykemie, cysta, akutní fáze Wilsonovy choroby, otrava oxidem uhelnatým, RS a epilepsie. Ačkoliv bakalářská práce druhy onemocnění dělila do předem stanovených skupin dle etiologií onemocnění, nezabývala se výčtem onemocnění, tak se se studií shodují s výsledkem. Nejčastěji diagnostikovány jsou akutní ischemie (v této práci jako cévní etiologie), a dále lze registrovat restrikci difúze u tumorů a některých metastáz (neoplastické etiologie), Creutzfeldova-Jakobova choroba (infekční etiologie) a vyskytují se i u mnoha dalších onemocnění, která náleží do všech výše zmíněných skupin etiologií onemocnění.

Autoři MUDr. Z. Sedláčkové, Ph.D. a kol. vydali i další práci „Restrikce difúze na MR mozku“ [32], která byla publikována v periodiku „Česká radiologie“.

Článek se zabýval podobným tématem, kterým se zabývala tato práce, kde zhodnocovali MR mozku provedené na radiodiagnostické klinice Fakultní nemocnici Olomouc za 1 rok a zjišťovali četnost onemocnění s obrazem restrikce difúze. Autoři pracovali celkem s 6001 pacienty vyšetřených za období 1. 6. 2017 – 31. 5. 2018. Z toho se po vyloučení opakovaných vyšetření zobrazila u 324 vyšetření restrikce difúze. Výsledky zaznamenávali dle diagnózy pacienta. Výsledkem jejich studie bylo diagnostikování akutní ischemie u 58 % (189) pacientů, krvácení u 21 % (68) pacientů, tumor u 15 % (50) a jiné onemocnění mělo zbylých 5 % (17). Tato bakalářská práce se shoduje se studií v tvrzení, že značnou většinu diagnostikovaných onemocnění tvoří cévní etiologie, a to ve výrazném zastoupení (sub)akutní ischemie a krvácení. Také se práce shodují, že další nejčastěji zastoupenou skupinou jsou neoplastické etiologie (ve studii vedeno jako „tumory“). V práci Z. Sedláčkové tvořili tumory třetí nejčastěji zastoupená diagnostikovaná onemocnění u 15 % pacientů (50), v bakalářské práci to byla druhá nejčastěji zastoupená etiologie onemocnění s počtem 33 % pacientů (30). Ve studii také hodnotili průměrný věk pacientů, kde z jejich věkového rozmezí 0-91 let vyšel průměr 58 let. Průměrný věk pacientů s restrikcí difúze, který vyšel z výsledků této práce byl shodných 58 let. Studie také zkoumala poměr mužů a žen s restrikcí difúze. Z jejich dat vyšlo, že mužů bylo o něco více než žen a poměr byl 172:152. Tato práce se poměrem diagnostikovaných mužů a žen také zabývala (jak již bylo zmíněno výše), avšak došla k odlišnému výsledku, že mužů bylo diagnostikováno o něco méně než žen. Z námi získaných dat byl poměr mužů a žen s restrikcí difúze 44:48.

Ze zahraničních studií se podobnému tématu věnovaly tři studie.

První studie je od autora N. Nagaraja z Univesrity of Florida College of Medicine publikovanou v periodiku Journal of the Neurological Sciences s názvem „*Diffusion weighted imaging in acute ischemic stroke: A review of its*

interpretation pitfalls and advanced diffusion imaging application“ [33]. Studie se zabývala pouze zobrazením akutní mozkové ischemie pomocí DWI sekvence. Výsledkem jejich práce bylo zjištění důležitosti DWI obrazů pro hodnocení mechanismu vzniku (již několik minut po začátku) a předpokládání komplikací onemocnění. Úskalím diagnostiky pomocí DWI je až 21 % klinicky diagnostikovaných pacientů s CMP s negativním nálezem na obrazech.

Druhá zahraniční studie je od autora S. Gaddamanugu z University of Alabama s názvem „*Clinical applications of diffusion-weighted sequence in brain imaging: beyond stroke*“ [34]. Studie se zabývá technikami DWI u neurologických nálezů mimo akutní ischemie. Bakalářská práce se shoduje se studií v nálezech toxoplazmózy, abscesu, demyelinizačních ložisek a nádory mozků. Při porovnání výsledků studie s rozdělením etiologií, které byly zmíněny v kapitolách této práce výše, potom z nálezů zmíněné ve studii odpovídají nálezům získaných v praktické části práce: infekční, neoplastická i demyelinizační etiologie (cévní etiologie není ve studii zahrnuta).

Poslední a třetí zahraniční studie je od autorky P. W. Schaefer z Harvard Medical School, Boston s názvem „*Applications of DWI in clinical neurology*“ [35]. Studie zhodnocuje přínos EP DWI a DWI obrazů k hodnocení akutních ischemických CMP a dalších onemocnění mozku. Uvádí, že citlivost DWI k detekci časných stádiích CMP se pohybují od 86 % do 100 %. Upozorňují na možnost falešně negativního obrazu u pacientů s velmi malým lakunárním mozkovým kmenem a u pacientů s charakteristicky sníženou perfuzí, která odpovídá ischemické, ale životaschopné tkáni. Dále se může vyskytnou falešně pozitivní DWI obraz u pacientů s podezřením na CMP s cerebrálním abscesem (omezení difúze na základě viskozity) a u nádorů (omezená difúze z důvodu hustého buněčného obalu). Dále popisují přínos DWI obrazů oproti konvenčním sekvencím MR pro odlišení epidermoidních tumorů a arachnoideálních cyst.

Hlavní přínos představují v kombinaci T2 vážených obrazů, DWI a ADC mapy. Dále lze DWI sekvenci využít při detekci intrakraniálních infekcí včetně encefalitidy způsobené herpes virem a Creutz-Jakobovy nemoci, u poranění hlavy a krvácení. Při získávání našich dat v této práci jsme pracovali taky s obrazy T2 váženého času, DWI a ADC mapami. Rozdělení onemocnění jsme dělili dle jejich etiologií. Cévní etiologie (ve studii CMP a krvácení), infekční etiologie (encefalitida, Creutz-Jakobova nemoc) byla v našich výsledcích taky zastoupena. Trauma (poranění hlavy) bylo ve výsledcích této práce zahrnuto jako kategorie, kterou jsme také hledali, ale bez zastoupení jediného pacienta.

Dále se práce zabývala etiologiemi onemocnění v závislosti na pohlaví a věku pacientů. Jak již bylo zmíněno, poměr počtu mužů a žen s restrikcí difúze byl 48:44.

Poměr zastoupení pohlaví v závislosti na jednotlivých etiologiích se liší. Výsledky ukázaly, že cévní etiologie onemocnění byla častěji u mužů než u žen v poměru 2:1 (v počtu 27 mužů a 16 žen). Ze statistických výstupů Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) ČR pro incidenci CMP v letech 2013-2017 [36], je pro muže i ženy shodná, tedy 1:1 (300 na 100 000 obyvatel. Odchylna našich výsledků je způsobena především tím, že pacienti s CMP jdou primárně na CT vyšetření – rychlé a dostupné diagnostické vyšetření v akutní fázi rozvoje onemocnění.

Z výsledků této práce vyplynulo, že průměrným věkem incidence cévní etiologie bylo 67 let shodných pro muže i pro ženy. Pokud tyto výsledky porovnáme s výsledky příspěvku publikovaného v českém farmakoterapeutickém časopise „Remedia“ s názvem „Epidemiologie a prognóza cévních mozkových příhod“ [37], zjistíme, že se shodují. V příspěvku je uvedeno, že incidence akutní ischemie (hlavní onemocnění v cévní etiologii)

se zdvojnásobuje po 55. roce života s každým desetiletím, kdy největší incidence je v 65. roce života.

Další nejčastěji zastoupenou etiologií onemocnění, jak již bylo zmíněno, byla neoplastická etiologie. Diagnostikovány pomocí restrikce difúze byly častěji ženy než muži, v počtu 17 žen a 13 mužů (v poměru 3:2). Věkový rozptyl této skupiny se pohyboval od 22 let do 85 let a průměrný věk u žen byl menší (56 let) než u mužů (62 let). MUDr. Pavel Fadrus, Ph.D. a kol. (FN Brno) ve své práci s názvem „Intrakraniální nádory – diagnostika a terapie“ [38] uvádí vyšší incidenci nádorového onemocnění u mužů. Dle věku má incidence dva vrcholy, první je v dětském věku do 15 let, a druhý po 6. dekádě života. S tímto údajem souhlasí i výsledky této práce, kde průměrným věkem neoplastických etiologií u pacientů s restrikcí difúze byl pro obě pohlaví 59 let. Také nejmladší diagnostikovaný pacient (3 roky) spadl do této kategorie etiologií.

Třetí nejčastěji zastoupenou etiologií byla demyelinizační, kde výsledkem byl poměr počtu diagnostikovaných mužů a žen 1:2 (5 mužů a 9 žen). Dále bylo zjištěno, že průměrným věkem pacientů patřící do této skupiny byl pro muže a ženy 37 let. Průměrný věk pouze mužů byl 39 let a nižší pro ženy – 36 let. Podobnou studii provedla M. Váchová (Nemocnici Teplice, o. z.) s názvem „Epidemie roztroušené sklerózy ve světě?“ [39], kde uvádí, že incidence RS (nejčastějším onemocněním v demyelinizační etiologii) má poměr mužů a žen 1:2. Dále ve své práci uvádí, že incidence RS je nejvyšší u mladých dospělých ve věku 20–40 let. S oběma informacemi se výsledky této práce shodují.

V poslední, čtvrté, zastoupené skupině pacientů diagnostikovaných za dané období bylo celkem 5 pacientů. Jedná se o pacienty s infekční etiologií onemocnění v zastoupení infekčních abscesů a parazitární toxoplazmózou. Zastoupení mužů v této kategorii bylo 3:2 vůči ženám. Průměrný věk pacientů

byl 59 let. O zastoupení této kategorie pojednávají výše zmíněné studie od MUDr. Z. Sedláčkové, Ph.D. a kol. s názvem „Přehled onemocnění s obrazem restrikce difuze na magnetické rezonanci mozku.“ [31] a od P. W. Schaefer s názvem „*Applications of DWI in clinical neurology*“ [35].

Pokud bychom chtěli dosáhnout co nejpřesnějších výsledků, museli bychom rozšířit data set vyšetřených pacientů více způsoby. Ačkoliv je FNKV vybavena dvěma přístroji magnetické rezonance, slouží primárně jako spádová nemocnice pro občany Prahy 3 a Prahy 10, v některých oborech i pro pacienty z celé Prahy a Středočeského kraje. Proto by bylo nutno do dalšího výzkumu zahrnout více nemocnic nejen z Prahy ale i dalších měst ČR disponujících přístroji MR (nezávisle na síle magnetického pole 1,5 T nebo 3 T). Dále by bylo pro větší počet pacientů přínosné rozšířit i časové období, za které budou data sbírána. Kdyby existoval centrální republikový systém, pro všechny pacienty na území ČR, kde by bylo možné filtrovat pacienty, dle jednotlivých klinik, druhu vyšetření (MR – mozek) a byly by možné filtrovat mezi pacienty dle diagnózy a způsobu vyšetření (např. možnost vyhledat pacienty s restrikcí difúze), mohli bychom získat analýzu takových dat pro celou ČR a porovnat s predispozicemi jednotlivých skupin onemocnění, které již jsou známé. Pokud by existoval systém, který by zahrnoval i výsledky vyšetření z dalších zobrazovacích modalit, jako je například CT, mohli bychom lépe analyzovat jednotlivá onemocnění a jejich predispozice.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla analyzována data pacientů vyšetřených magnetickou rezonancí protokolem mozek s nálezem restrikce difúze na Radiodiagnostické klinice ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady za období leden až červen 2021.

V teoretické části byla představena magnetická rezonance, popsán difúzně vážený obraz a vznik ADC mapy, stručně vypsána anatomie mozku a popsán průběh vyšetření mozku na MR. Etiologie onemocnění, u kterých můžeme nalézt restrikci difúze, mohou být cévního, infekčního, neoplastického, demyelinizačního, metabolického a toxického, traumatického či jiného původu.

Po zpracování získaných dat, byla porovnána s daty a údaji z jiných studií (tuzemských i zahraničních), se články z odborných časopisů a se statistickými daty.

Difúzně vážený obraz je součástí standardního vyšetřovacího protokolu a restrikce difúze může pomoci při diagnostice mnohých mozkových onemocnění.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|-------|---|
| 3D | Trojrozměrný |
| ADC | Apparent Diffusion Coefficient |
| ADEM | Akutní diseminovaná encefalomyelitida |
| AIDS | Syndrom získaného selhání imunity |
| b | Gradient |
| B | Magnetická indukce |
| CMP | Cévní mozková příhoda |
| CNS | Centrální nervová soustava |
| CPM | Centrální pontinní myelinolýza |
| CT | Výpočetní tomografie |
| DG | Diffusion-sensitizing Gradients |
| DWI | Difúzně vážený obraz |
| EKG | Elektrokardiografie |
| EPI | Echo-Planar Imaging |
| FLAIR | Fluid Attenuated Inversion Recovery |
| FNKV | Fakultní nemocnice Královské Vinohrady |
| G | Gradientní magnetické pole |
| GRE | Gradient Recalled Echo |
| HIV | Virus lidské imunitní nedostatečnosti |
| HSV | Herpes simplex vir |
| Hz | Hertz |
| ICD | Implantabilní kardioverter-defibrilátor |
| IZ | Ionizující záření |
| JCV | John Cunningham vir |
| MR | Magnetická rezonance |
| NIS | Nemocniční informační systém |
| PD | Proton Density |

| | |
|------------|--|
| PET | Pozitron-emisní tomografie |
| PRES | Syndrom posteriorní reverzibilní encefalopatie |
| PWI | Perfusion Weighted Imaging |
| RA | Radiologický asistent |
| RF | Radiofrekvenční |
| RS | Roztoušená skleróza |
| SE | Spin Echo |
| SPECT | Jednofotonová emisní výpočetní tomografie |
| SSFP | Steady-State Free Precession |
| SÚKL | Státní úřad pro kontrolu léčiv |
| SWI | Susceptibility-Weighted Imaging |
| T | Tesla |
| TE | Time to echo |
| TR | Relaxation time |
| TSE | Turbo Spin Echo |
| γ | Gyro-magnetický poměr |
| ω_L | Larmorova frekvence |

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] EDELMAN, Robert R. The History of MR Imaging as Seen through the Pages of Radiology. Radiology [online]. 2014, 273(2S), S181-S200 [cit. 2021-7-27]. ISSN 0033-8419. Dostupné z: doi:10.1148/radiol.14140706
- [2] History of FONAR. FONAR [online]. New York: FONAR, 2021 [cit. 2021-9-8]. Dostupné z: <http://www.fonar.com/history.html>
- [3] Who Invented the MRI? Affordable MRI [online]. Indianapolis: AffordableMRI.com, 2021 [cit. 2021-9-8]. Dostupné z: <https://affordablemri.com/who-invented-the-mri/>
- [4] FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-807-4921-643.
- [5] Náhodně natočené dipólové momenty s náhodnou fází precese. Wikiskripta [online]. Praha: MEFANET, 2011 [cit. 2021-9-9]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Nukle%C3%A1rn%C3%AD_magnetick%C3%A1_rezonance#/media/Soubor:Nahodne_dipoly.png
- [6] NAVRÁTIL, Leoš. Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory. 2., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0210-5.
- [7] VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. Moderní diagnostické metody: Magnetická rezonance. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-701-3225-6.
- [8] MALÍKOVÁ, Hana. Základy radiologie a zobrazovacích metod. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5
- [9] Magnetické momenty natočené paralelně a antiparalelně v magnet. poli (černé rovnoběžky). Fáze precesních pohybů je synchronizovaná Lamorovou frekvencí. Wikiskripta [online]. Praha: MEFANET, 2011 [cit. 2021-9-9]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Nukle%C3%A1rn%C3%AD_magnetick%C3%A1_rezonance#/media/Soubor:MRLamor.png

- [10] NEWMAN, Aaron J. Research methods for cognitive neuroscience. UK: SAGE, 2019. ISBN 978-1-4462-9650-9.
- [11] T1 relaxion time. *Startradiology.com* [online]. Maastricht UMC+ (The Netherlands): Annelies van der Plas, 2015 [cit. 2021-9-9]. Dostupné z: <https://www.startradiology.com/uploads/images/english-class-mri-technique-fig6-t1-relaxtion-times-fa-water.jpg>
- [12] T2 relaxion time. *Startradiology.com* [online]. Maastricht UMC+ (The Netherlands): Annelies van der Plas, 2015 [cit. 2021-9-9]. Dostupné z: <https://www.startradiology.com/uploads/images/english-class-mri-technique-fig9-t2-relaxtion-time-fat-water.jpg>
- [13] T1-, T2-and PD-weighted images. Research Gate [online]. London: Lise Magnollay, 2017 [cit. 2021-9-11]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/profile/Lise-Magnollay/publication/320516690/figure/fig17/AS:651862512517121@1532427542108/19-T1-T2-and-PD-weighted-images-in-a-patient-with-MS-showing-large-periventricular.png>
- [14] Magnetic field gradients and spatial encoding in MRI [online]. IMAIOS SAS., Castelnau Le Lez, 2021 [cit. 2021-11-09]. Dostupné z: <https://www.imaios.com/en/e-Courses/e-MRI/Signal-spatial-encoding/Magnetic-field-gradients>
- [15] SEDLÁŘ MARTIN, Biofyzikální ústav LF MU Brno [online]. 2014 [cit. 2021-11-09]. Dostupné z: <https://www.med.muni.cz/biofyz/zobrazovacimetody/>
- [16] ÚVOD DO CENTRÁLNÍ NERVOVÉ SOUSTAVY. CNS online [online]. Anatomický ústav 3. LF UK: 3.LF UK v Praze [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <http://www.cnsonline.cz/?p=271>
- [17] JENKINSON, Mark a Michael CHAPPELL. Short Introduction to Brain Anatomy for Neuroimaging Analysis. In: Introduction to Neuroimaging Analysis [online]. 2017 [cit. 2021-11-09], s. 1–10. ISBN 9780198816300. Dostupné z: www.oup.co.uk/

- [18] MR kontraindikace. Cerebrovaskulární manuál [online]. Brno: MUDr. David Goldemund, 2021 [cit. 2021-9-11]. Dostupné z: <https://www.manual-cmp.cz/mr-kontraindikace/>
- [19] SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Manuela. Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře. Martin Tarant. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2007. 324 s., 4 barevné strany. ISBN 978-80-247-1106-5.
- [20] Kontrastní látky obsahující gadolinium – konečné stanovisko EMA. SÚKL [online]. Praha 10: Oddělení Farmakovigilance, 2017, 26. 7. 2017 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/kontrastni-latky-obsahujici-gadolinium-konecne-stanovisko?highlightWords=kontrastn%C3%AD+l%C3%A1tky>
- [21] MECHL, Marek. Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-807-4921-797.
- [22] Albers GW: Diffusion-weighted MRI for evaluation of acute stroke. *Neurology* 1998;51:S47–S49.
- [23] Le Bihan D, Turner R, Douek P, Patronas N. Diffusion MR imaging: clinical applications. *AJR Am J Roentgenol.* 1992;159(3):591–9.
- [24] Modelling-of-diffusion-weighted-MRI-signals. *Semantics Scholar* [online]. Computer Science: Sisi Liang, 2017 [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Modelling-of-diffusion-weighted-MRI-signals-in-Liang/d9f9e5743e98380d5550d7856ebba78e4b360b54>
- [25] Apparent diffusion coefficient. *Radiopaedia* [online]. DR BELL, Daniel J. 2021 [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/articles/apparent-diffusion-coefficient-1>
- [26] Diffusion-weighted-imaging. *Radiopaedia* [online]. Radiopaedia: Dr. Ayush Goel, Dr. Usman Bashir a kol., 2012 [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/articles/diffusion-weighted-imaging-2>
- [27] Mild encephalitis with reversible lesion in the splenium 6jm Noro-MRT T2 DWI ADC. *Wikimedia commons* [online]. Wikimedia Commons:

- Hellerhoff, 2016 [cit. 2021-9-12]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mild_encephalitis_with_reversible_lesion_in_the_splenium_6jm_Noro-MRT_T2_DWI_ADC_ax_-_001.jpg
- [28] VANĚČKOVÁ, Manuela. Diagnostická radiologie: Neuroradiologie. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4546-6.
- [29] MR DWI v diagnostice CMP. Cerebrovaskulární manuál [online]. Brno: MUDr. David Goldemund, 2020, 2021 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://www.manual-cmp.cz/mr-dwi-v-diagnostice-akutni-cmp/>
- [30] DANIEL, Jeremy. Decoding the Diffusion: Overview of Restricted Diffusion on Brain MRI. JAORC [online]. Tulsa, OK: J Am Osteopath Coll Radiol, 2020 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.jaoir.org/articles/decoding-the-diffusion-overview-of-restricted-diffusion-on-brain-mri>
- [31] SEDLÁČKOVÁ, Zuzana, Tomáš DORNÁK, Eva ČECHÁKOVÁ, Stanislav BUŘVAL a Miroslav HEŘMAN. Review of diseases with restricted diffusion on magnetic resonance imaging of the brain. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie [online]. Univerzita Palackého v Olomouci, 2018, 81/114(5), 539-545 [cit. 2022-03-17]. ISSN 12107859. Dostupné z: doi:10.14735/amcsnn2018539
- [32] SEDLÁČKOVÁ, Zuzana, Tomáš DORNÁK, Eva ČECHÁKOVÁ, Stanislav BUŘVAL a Miroslav HEŘMAN. Restrikce difuze na MR mozku [online]. 73-3. Olomouc: Galén, 2019 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1903_160_166.pdf
- [33] NAGARAJA, Nandakumar. Diffusion weighted imaging in acute ischemic stroke: A review of its interpretation pitfalls and advanced diffusion imaging application. Journal of the Neurological Sciences [online]. FL, USA, 2021, 425 [cit. 2022-03-17]. ISSN 0022510X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jns.2021.117435
- [34] GADDAMANUGU, Siddhartha, Omid SHAFAT, Houman SOTOUDEH, Amir Hossein SARRAMI, Ali REZAEI, Zahra

SAADATPOUR a Aparna SINGHAL. Clinical applications of diffusion-weighted sequence in brain imaging: beyond stroke. *Neuroradiology* [online]. AL, USA, 2022, 64(1), 15-30 [cit. 2022-03-17]. ISSN 0028-3940. Dostupné z: doi:10.1007/s00234-021-02819-3

- [35] SCHAEFER, Pamela W. Applications of DWI in clinical neurology. *Journal of the Neurological Sciences* [online]. Boston, 2001, 186(SUPPL. 1), S25–S35. ISSN 0022-510X. Dostupné z: doi:10.1016/S0022-510X(01)00488-9
- [36] 6.1.21 Incidence – mozková mrtvice. Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky. [online]. Praha: ÚZIS ČR, 2017 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://reporting.uzis.cz/cr/index.php?pg=statisticke-vystupy--morbidity--incidence-dle-diagnoz--incidence-mozkova-mrtvice>
- [37] Epidemiologie a prognóza cévních mozkových příhod. *Remedia* [online]. Praha: MEDICAL TRIBUNE CZ, 2009 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <http://www.remédia.cz/Clanky/Prehledy-nazory-diskuse/Epidemiologie-a-prognoza-cevnych-mozkovych-prihod/6-F-Bn.magarticle.aspx>
- [38] FADRUS, Pavel, Radek LAKOMÝ a Petra HÜBNEROVÁ. Intrakraniální nádory – diagnostika a terapie. *Interní medicína pro praxi* [online]. Praha: SOLEN, 2010 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.internimediceina.cz/pdfs/int/2010/07/10.pdf>
- [39] VÁCHOVÁ M. Epidemie roztroušené sklerózy ve světě? Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie [online]. *Nemocnice Teplice, o. z.*, 2012, 75/108(6), 701-706 [cit. 2022-03-17]. ISSN 12107859. Dostupné z: <https://www.csn.eu/casopisy/ceska-slovenska-neurologie/2012-6-1/epidemie-roztrousene-sklerozy-ve-svete-38950/download?hl=cs>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Raymond Damadian a první pokusy skenování MR [3] | 12 |
| Obrázek 2:Náhodně natočené dipólové momenty s náhodnou fází precese.[5] | 13 |
| Obrázek 3:Magnetické momenty natočené paralelně a antiparalelně v magnet. poli (černé rovnoběžky). Fáze precesních pohybů je synchronizovaná Lamorovou frekvencí.[9]..... | 14 |
| Obrázek 4: Graf T1 relaxačního času. [11] | 16 |
| Obrázek 5: Graf T2 relaxačního času. [12]..... | 17 |
| Obrázek 6: Výsledný T1, T2 a PD obrazy.[13]..... | 17 |
| Obrázek 7: Vybraná tomografie. Změna magnetického pole B0 vlivem gradientního pole GZ a výsledná změna Larmorovy frekvence. [15] | 18 |
| Obrázek 8: Rozdílný precesní pohyb a Larmorova frekvence dle hodnot Gy. [15] | 19 |
| Obrázek 9: Změna Larmorovy frekvence na různých pozicích osy x.[15] | 19 |
| Obrázek 10: Schéma difúze molekuly ve volném prostoru oproti v buňce. [24] | 27 |
| Obrázek 11: MR obrazy (zleva: T2, DWI, ADC mapa). [27] | 29 |
| Obrázek 12: Graf poměru počtu vyšetřených mužů a žen. | 37 |
| Obrázek 13: Poměr počtu vyšetřených mužů a žen s restrikcí difúze. | 38 |
| Obrázek 14: Graf Počtu celkem vyšetřených pacientů a počtu pacientů s restrikcí difúze..... | 40 |
| Obrázek 15: Pacienti vyšetření v měsíci leden s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 41 |
| Obrázek 16: Pacienti vyšetření v měsíci únor s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 42 |
| Obrázek 17: Pacienti vyšetření v měsíci březen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 18: Pacienti vyšetření v měsíci duben s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 45 |
| Obrázek 19: Pacienti vyšetření v měsíci květen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 46 |
| Obrázek 20: Pacienti vyšetření v měsíci květen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 47 |
| Obrázek 21: Cévní etiologie – T2 vážený obraz. | 49 |
| Obrázek 22: Cévní etiologie – DWI. | 49 |
| Obrázek 23: Cévní etiologie – ADC..... | 50 |
| Obrázek 24: Infekční etiologie – T2 vážený čas. | 51 |
| Obrázek 25: Infekční etiologie – DWI..... | 51 |
| Obrázek 26: Infekční etiologie – ADC..... | 52 |
| Obrázek 27: Neoplastická etiologie – T2 vážený obraz. | 52 |
| Obrázek 28: Neoplastická etiologie – DWI..... | 53 |
| Obrázek 29: Neoplastická etiologie – ADC..... | 53 |
| Obrázek 30: Demyelinizační etiologie – T2 vážený čas. | 54 |
| Obrázek 31: Demyelinizační etiologie – DWI..... | 54 |
| Obrázek 32: Demyelinizační etiologie – ADC..... | 55 |
| Obrázek 33: Pacienti vyšetření v období leden-červen s restrikcí difúze rozdělení dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 56 |
| Obrázek 34: Poměr počtu cévních etiologií mužů a žen. | 56 |
| Obrázek 35: Poměr počtu neoplastických etiologií mužů a žen. | 57 |
| Obrázek 36: Poměr počtu demyelinizačních etiologií mužů a žen..... | 57 |
| Obrázek 37: Poměr počtu infekčních etiologií u mužů a žen. | 58 |
| Obrázek 38: Procentuální zastoupení jednotlivých etiologií. | 61 |

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1: Přehled vyšetřených pacientů..... | 37 |
| Tabulka 2: Počet vyšetřených pacientů s restrikcí difúze..... | 38 |
| Tabulka 3: Počet celkem vyšetřených pacientů a počet vyšetřených pacientů s restrikcí difúze..... | 39 |
| Tabulka 4: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci leden..... | 41 |
| Tabulka 5: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci únor..... | 42 |
| Tabulka 6: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci březen..... | 43 |
| Tabulka 7: Zastoupení etiologií nálezů v měsíci duben..... | 44 |
| Tabulka 8: Zastoupení etiologií onemocnění v měsíci květen..... | 46 |
| Tabulka 9: Zastoupení jednotlivých etiologií onemocnění v měsíci červen... .. | 47 |
| Tabulka 10: Tabulka etiologie onemocnění za 6 měsíců rozdělení na muže a ženy..... | 48 |
| Tabulka 11: Rozdělení počtu pacientů dle věkové skupiny..... | 58 |
| Tabulka 12: Průměrný věk pacientů dle etiologií onemocnění a pohlaví..... | 59 |
| Tabulka 13: Počet jednotlivých etiologií diagnostikovaných za dané období s restrikcí difúze..... | 60 |

12 SEZNAM PŘÍLOH