

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Martina Nedělková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Funkční MR vyšetření mozku - úloha radiologického asistenta

Martina Nedělková

Bakalářská práce

2016

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina Nedělková**
Osobní číslo: **Z13059**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Funkční MR vyšetření mozku - úloha radiologického asistenta**
Zadávací katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

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

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


1. SEIDL, Zdeněk a Jiří OBENBERGER. Neurologie pro studium i praxi. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 363 s. ISBN 80-247-0623-7
2. NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007, 67 s. ISBN 978-80-7368-335-1
3. ŽIŽKA, Jan, Jaroslav TINTĚRA a Marek MECHL. Protokoly MR zobrazování. Pokročilé techniky. Praha: Galén, 2015. ISBN 9788074921797
4. CLARE, Stuart John. Functional magnetic resonance imaging: Methods and applications. URL: <http://www.fmrib.ox.ac.uk/stuart> (2005-09-20)

Vedoucí bakalářské práce: prof. MUDr. Jan Žižka, Ph.D.


Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: 1. prosince 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2016


prof. MUDr. Josef Pusek, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Lukáš Čechán, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. března 2016

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 9. 5. 2016

Martina Nedělková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce prof. MUDr. Janu Žižkovi Ph.D. za odborné vedení, toleranci, cenné rady a čas, který této práci věnoval.

Nedělková Martina

ANOTACE.

Bakalářská práce se zabývá úlohou radiologického asistenta při vyšetření funkční magnetickou rezonancí mozku. Práce je rozdělena na dvě části. Teoretická část popisuje anatomii a patologie mozku, které se zobrazují při tomto vyšetření, dále se zabývá magnetickou a funkční magnetickou rezonancí. Praktická část je zaměřena na popis průběhu vyšetření a na jednotlivé úkony, které provádí radiologický asistent.

KLÍČOVÁ SLOVA

mozek, patologie mozku, funkční magnetická rezonance, radiologický asistent

TITLE

Functional MR screening of the brain - the role of radiology assistant

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the role of the radiology assistant by the functional magnetic resonance screening of the brain. This thesis is divided into two parts. In the theoretic part is described brain anatomy and pathology, the next part is a magnetic and functional resonance. The practical part is focused on the examination process and individual acts, which radiology assistant does.

KEY WORDS

Brain, pathology of the brain, Functional Magnetic rezonance, radiology assistant

Obsah

0	ÚVOD	12
	TEORETICKÁ ČÁST	13
1	Anatomie mozku	13
1.1	Základní rozdělení nervové soustavy.....	13
1.2	Neuron	13
1.3	Gliové buňky.....	13
1.3.1	Astrocyty	14
1.3.2	Oligodendrocyty	14
1.3.3	Mikroglie	14
1.3.4	Periferní glie	14
1.3.5	Ependym.....	14
1.4	Mozek	14
1.4.1	Mozkový kmen.....	15
1.4.2	Mozeček.....	15
1.4.3	Mezimozek	15
1.4.4	Koncový mozek.....	15
1.4.5	Komorový systém.....	16
1.4.6	Mozkomišní mok.....	16
1.4.7	Mozkové obaly	17
1.4.8	Cévní zásobení mozku.....	17
1.4.9	Mozkové hemisféry	17
2	Patologie mozku.....	19
2.1	Nádory mozku.....	19
2.1.1	Neuroepitelové nádory	19
2.1.2	Astrocytom	19
2.1.3	Ependyom.....	19
2.1.4	Glioblastom	19
2.1.5	Oligodendrogliom.....	20
2.2	Roztroušená skleróza	20
2.3	Arteriovenózní malformace	20
2.3.1	Kavernom	20
2.3.2	Žilní onemocnění mozkových cév.....	21

2.4	Syndrom oddělených hemisfér	21
3	Magnetická rezonance.....	22
3.1	Historie magnetické rezonance	22
3.2	Fyzikální princip MR.....	22
3.3	Základní vyšetřovací postupy	24
3.4	Tvorba MR obrazu.....	24
3.5	Artefakty MR obrazu	25
3.6	MR přístroje.....	25
3.6.1	Rozdělení magnetů	26
3.6.2	Cívky	26
3.6.3	Ovládací konzole	27
3.6.4	Stínění přístroje	27
3.7	Kontrastní látky.....	27
3.8	Výhody magnetické rezonance	27
3.9	Nevýhody MR.....	28
3.10	Indikace k fMR	28
3.11	Kontraindikace MR.....	28
4	Funkční magnetická rezonance (fMR).....	29
4.1	Základní principy funkčního MR zobrazování.....	29
4.2	Techniky fMR.....	30
4.2.1	BOLD	30
4.2.2	CBF.....	30
4.2.3	CBV	31
4.3	Stimulace při měření fMR	31
4.3.1	Blokové schéma (BS).....	31
4.3.2	„Event-related“ stimulační schéma (ERS)	32
4.3.3	Resting state.....	32
4.4	Vyhodnocení fMR	32
4.5	Analýza funkční konektivity.....	32
4.6	Klinické využití fMR	33
5	Radiologický asistent	35
5.1	Úloha radiologického asistenta na oddělení magnetické rezonance.....	36
6	Praktická část.....	37

6.1	Cíl výzkumno-praktické části	37
6.2	Spolupráce s pacientem	37
6.3	Příprava pacienta na fMR	37
6.4	Postup při vyšetření	38
6.5	Experiment.....	41
7	Diskuze.....	43
8	ZÁVĚR.....	44
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Funkční aktivace Broccova řečového centra, umístěného v tomto případě v pravé hemisféře. Rozsáhlý nádor levého čelního laloku.	39
Obrázek 2 Funkční aktivace primární motorické mozkové kůry pro pravou horní končetinu v blízkosti nízkostupňového nádoru levého čelního laloku.	40
Obrázek 3 Druhý pokus o funkční aktivaci motorického centra levého frontálního laloku (obr. vpravo).	41
Obrázek 4 První pokus o funkční aktivaci motorického centra levého frontálního laloku (obr. vlevo).	41
Obrázek 5 První pokus o funkční aktivaci motorického centra v levého frontálního laloku, axiálně (obr. vlevo)	42
Obrázek 6 Druhý pokus o funkční aktivaci motorického centra v levého frontálního laloku, axiálně (obr. vpravo).	42
Obrázek 7 Druhý pokus o funkční aktivaci motorického centra v levé části frontálního laloku, sagitálně (obr. vpravo).	42
Obrázek 8 První pokus o funkční aktivaci motorického centra v levé části frontálního laloku, sagitálně (obr. vlevo).	42

0 ÚVOD

Téma této bakalářské práce spočívá v šetření náplně povinností radiologického asistenta při funkční magnetické rezonanci. Vybrala jsem si jej proto, že metoda funkční magnetické rezonance je poměrně mladá, zajímavá a je jen málo nemocnic v České republice, kde se toto vyšetření zatím provádí a není tak úplně známá mezi laickou veřejností. Chtěla jsem proto svojí bakalářskou prací osvětlit tuto problematiku. Zároveň se zde zabývám rolí radiologického asistenta při funkčním MR vyšetření. Moje práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části se budu zabývat anatomii mozku, dále jsou popsány patologie, které funkční MR detekuje a v neposlední řadě se věnuji principu magnetické a především funkční magnetické rezonance. V části praktické popisuji činnosti radiologického asistenta při výkonu funkční MR a dokládám to i obrázkovou dokumentací z vyšetření.

Cílem této bakalářské práce je popis principu magnetické a funkční magnetické rezonance a následně popis průběhu vyšetření funkční magnetickou rezonancí a také detailně popsané povinnosti radiologického asistenta při samotném vyšetření. Dílčím cílem praktické části je experiment, při němž jsem se soustředila na prokázání správnosti metodiky na zdravém dobrovolníkovi.

TEORETICKÁ ČÁST

1 ANATOMIE MOZKU

1.1 Základní rozdělení nervové soustavy

Nervový systém společně s endokrinním a imunitním systémem zabezpečují výměnu informací uvnitř mnohobuněčných živočichů mezi jejich vnitřním a vnějším prostředím a zajišťují stálost vnitřního prostředí organismu, homeostázu. Funkcí nervového systému je obecně příjem, analýza a integrace informací získaných z vnitřního a vnějšího prostředí organismu a reakce na změny v těchto prostředích. Významné součásti informací jsou ukládány do paměti. Nervová soustava se dělí na periferní (*systema nervosum perifericum*) a centrální nervový systém (*systema nervosum centrale*). V centrální nervové soustavě rozlišujeme dvě hlavní části: mozek (*encephalon*), který je uložený v lebeční dutině a hřbetní míchu (*medulla spinalis*), která vede páteřním kanálem. Periferní nervový systém je složen ze dvou typů nervstva: mozkomíšní a vegetativní (*nervi autonomicales*). Mozkomíšní typ tvoří 31 párů míšních (*nervi spinalis*) a 12 párů hlavových nervů (*nervi craniales*). Vegetativními nervy jsou sympatikus a parasympatikus. Jsou to nervy, které inervují hladkou svalovinu v cévách a orgánech, žlázy a srdce. Stavba mozku je následující: mozkový kmen, mozeček, mezimozek a koncový mozek. Nervová tkáň je tvořena dvěma základními typy buněk, neurony a gliovými buňkami. (Druga, Grim, Dubový, 2011, s. 10, 11, 12, 13)

1.2 Neuron

Neuron je základní stavební a funkční jednotkou nervové tkáně. Zajišťuje příjem, vedení a zpracování informací. Neuron se skládá z těla, ze kterého vychází několik odstředivě vedených výběžků – dendritů a vystupuje z něj jeden odstředivý výběžek – axon. Normální funkce neuronů je úzce spjata s činností gliových buněk, zejména astrocytů. (Druga, Grim, Dubový, 2011, s. 16)

1.3 Gliové buňky

Gliové buňky zaujímají polovinu objemu CNS, mají mnoho funkcí a reagují na různé patologické stavy. Dělí se na makroglie (astrocyty a oligodendrocyty) která se odvozuje z neuroektodermu a mikroglie, jež do CNS vstupuje z krevního řečiště. (Druga, Grim, Dubový, 2011, s. 17)

1.3.1 Astrocyty

Astrocyty jsou největšími a nejpočetnějšími gliovými buňkami. Mnoho astrocytů má kontakt současně s neuronem i kapilárou. Ochraňují neurony, vyplňují místa po jejich zániku, zajišťují iontovou homeostázu extracelulárního prostoru a podílejí se na metabolismu mediátorů. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.17)

1.3.2 Oligodendrocyty

Oligodendrocyty jsou menší buňky než astrocyty a vyskytují se v šedé i bílé hmotě mozkové. Kolem axonů vytvářejí myelinový obal. Axony, které nejsou obaleny myelinovým obalem, vedou signály pomaleji než obalené axony. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.18)

1.3.3 Mikroglie

Mikroglie buňky vznikají z populace mononukleárních leukocytů, mají mezodermový původ., mají proto podobnou funkci jako monocyty. Zůstávají ovšem v klidovém stavu a pouze v případě poranění mozku jsou aktivovány. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.18)

1.3.4 Periferní glie

Periferní glie jsou podpůrné a doprovodné buňky neuronů mimo centrální nervovou soustavu. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.19)

1.3.5 Ependym

Ependym je soubor buněk, které vystylají mozkové komory a míšní kanálek. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.19)

1.4 Mozek

Mozek je řídicí orgán nervové soustavy. Lidský mozek má cca 100 miliard nervových buněk (neuronů) které vzájemně propojují tzv. synapse. V mozku se rozlišuje tzv. šedá a bílá hmota mozková. Šedá hmota, kterou tvoří převážně těla nervových buněk neuronů, pokrývá jako mozková kůra povrch velkého mozku a vytváří tzv. jádra, uložená uvnitř dalších oddílů mozku. Bílou hmotu tvoří výběžky nervových buněk axony.

Uvnitř mozku existují čtyři mozkové komory, mezi nimiž a prostorem okolo mozku a míchy viz mozkové obaly, meningy koluje likvor.(Druga,Grim,Dubový, 2011,s.15)

1.4.1 Mozkový kmen

Mozkový kmen (truncus encephalicus) je pokračováním hřbetní míchy. V lebce je uložen v zadní jámě lebeční. Dělí se na tři oddíly. Nejkaudálněji je prodloužená mícha (medulla oblongata, uprostřed je Varolův most (pons varoli) a nejkraniálněji je střední mozek (mesencephalon). Mezi mozečkem a dorsální plochou kmene se nachází čtvrtá komora mozková (ventriculus quartus). (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.41)

1.4.2 Mozeček

Mozeček (cerebellum) je uložen v zadní jámě lební nad prodlouženou míchou a nad Varolovým mostem. Obsahuje více než 50 % neuronů celého CNS. Skládá se ze středních částí – vermis cerebelli – a ze dvou postranních hemisfér – hemisphaeria cerebelli. Tvoří je šedá a bílá hmota. Šedá hmota tvoří na povrchu ochrannou kůru (cortex cerebelli), zatímco bílá hmota poskytuje prostředí pro mozečková jádra. Vzájemné propletení obou hmot je zřetelné na sagitálním řezu, na němž je patrné stromečkovité větvení bílé hmoty do jednotlivých folií (arbor vitae cerebelli) Je důležitý pro řízení a kontrolu pohybových, ale i kognitivních funkcí. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.65,78,79)

1.4.3 Mezimozek

Mezimozek se skládá ze dvou hlavních částí – thalamus a hypothalamus (ten je spojen s podvěskem mozkovým, hypofýzou). Jsou párové a obsahují více než 50 jader. Mezi thalamy je 3. mozková komora. Thalamus je hlavní senzoričké přepojovací a integrační centrum. Skládá se ze dvou polovin a přijímá senzoričké signály s výjimkou čichových signálů. Hypothalamus je uložen pod thalamem a také leží těsně za chiasma opticum. Podobně jako thalamus je složen z mnoha jader, která kontrolují autonomní funkce, emociální odpovědi, endokrinní systém, tvorbu paměťových stop a regulaci tělesné teploty. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.80)

1.4.4 Koncový mozek

Telencephalon je u člověka největší součástí CNS. Jeho povrch tvoří šedá mozková kůra (cortex cerebri, palium). Pod ní je bílá hmota a bazální ganglia (shluky šedé hmoty uvnitř bílé hmoty). Bazální ganglia se dělí na několik útvarů: nukleus caudatus, putamen, globus pallidum a corpus amygdaloideum. Koncový mozek je uspořádán do dvou hemisfér, které představují 83% celkové mozkové hmoty. Mezi oběma hemisférami je hluboká, sagitálně orientovaná podélná mozková štěrbina (fissura longitudinalis cerebri), která sahá až k mozkovému svalku – corpus callosum.

Tento svazek bílé hmoty spojuje obě hemisféry a zprostředkovává mezi nimi spojení. Rýhy na povrchu mozku se nazývají sulci a mezi nimi leží závitky – gyri. Nitro hemisfér obsahuje postranní komory. Hemisféry se člení na pět laloků (lobi). Čelní lalok (lobus frontalis) leží před centrální brázdou (sulcus centralis). Temenní lalok sahá od centrální brázdy po temennotýlní brázdou (sulcus parietooccipitalis). Týlní lalok (lobus parietalis) je oddělen od temenního laloku myšlenou čarou spojující temennotýlní brázdou a předtýlní zářez (incisura preoccipitalis) na spodním okraji mozkových hemisfér. Spánkový lalok (lobus temporalis) je oddělen od čelního a temenního laloku boční brázdou (sulcus lateralis). Ostrovní lalok (lobus insularis), též zvaný ostrov (insula) je skrytý lalok uložený v hloubce postranní a centrální brázdy, překrytý rychleji rostoucími částmi čelního, temenního a spánkového laloku koncového mozku. (Druga, Grim, Dubový, 2011, s. 101)

1.4.5 Komorový systém

Centrální nervový systém je plášťovitě obklopen tekutinou – liquor cerebrospinalis, která cirkuluje v subarachnoideálním prostoru (zevní likvorový prostor). Likvor rovněž vyplňuje dutiny v CNS, označované jako komory – ventriculi (vnitřní likvorový prostor). Mozkové komory jsou čtyři a jsou vzájemně propojeny. Čtvrtá komora mozková se napojuje z míšního kanálku, kde je uložena mezi mozkovým kmenem a mozečkem. Odtud vede úzký kanálek (aquaeductus mesencephali) vedený mezimozkem do třetí mozkové komory. Třetí mozková komora je obklopena thalamem a hypotalamem. S postranními komorami je spojena foramen interventriculare. (Druga, Grim, Dubový, 2011, s. 157)

1.4.6 Mozkomíšní mok

Mozkomíšní mok (liquor) je čirá, nažloutlá tekutina obsahující malé množství proteinů a glukózy. Vznik mozkomíšního moku se uskutečňuje aktivní sekrecí buňkami plexus choroideus a ependymu jednotlivých mozkových komor (50–70 %). Další podíl je vytvářen ultrafiltrací krevní plazmy chorioidálními kapilárami. Objem likvoru u dospělého jedince činí asi 120–180 ml. Je produkován rychlostí asi 500–600 ml za 24 hodin. Cirkulace CSF začíná v postranních komorách, pokračuje třetí a čtvrtou komorou a dále proudí do subarachnoidálního prostoru. Část likvoru obtéká mozkový kmen a míchu. (Druga, Grim, Dubový, 2011, s. 154)

1.4.7 Mozkové obaly

Mezi útvary, které chrání mozek, patří lebka, mozkové blány (meningy) a mozkomíšní mok. Nervové buňky CNS jsou rovněž chráněny před účinky škodlivých látek z krve, a to pomocí hematoencefalické bariéry (HEB). HEB je souvislá vrstva endotelových velmi těsně propojených buněk, která neumožňuje průchod látek mezibuněčnými prostory. Mozek i míchu obalují tři vrstvy plen – tvrdá plena (dura mater encephali), pavučnice (arachnoidea encephali) a měkká plena (pia mater encephali). Tyto obaly jsou z pojivové tkáně. Obecná funkce těchto plen je ochrana CNS, ochrana krevních cév zásobujících CNS a shromažďování mozkomíšního moku. Uspořádání obalů je odlišné v lebce a v páteřním kanálu. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.16)

1.4.8 Cévní zásobení mozku

Lidský mozek, který představuje cca 2 % hmotnosti celého těla, dostává přibližně 20 % objemu arteriální krve a spotřebuje 20 % kyslíku určeného pro celé tělo. Mícha je zásobována arteriální krví ze dvou zdrojů, a to, z podélných spinálních arterií (aa.spinales), které jsou větvemi a.vertebralis. Do mozku přitéká arteriální krev dvěma páry tepen – aa. carotis interna a aa.carotis vertebrales. Oba páry tvoří tzv. Willisův okruh (circulus arteriosus cerebri). Z tohoto okruhu se pak oddělují další tepny, které přímo zásobují mozek. Oproti tomu se mozkové žíly dělí na systém povrchový a hluboký. Hluboké mozkové žíly se nacházejí na horní ploše thalamu pod corpus calosum. Povrchové žíly mozku vycházejí z mozkové kůry a podkorové hmoty, postupně z drobných žil stékají a vyprazdňují do tzv. mozkových splavů - sinů.

Ty jsou na sebe napojeny a krev z nich vytéká dvěma vnitřními jugulárními žilami (vv.jugulares interna), které ústí z lebky v její spodině nedaleko vstupu karotických arterií. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.166,173)

1.4.9 Mozkové hemisféry

Mozkové hemisféry jsou spojeny corpus callosum, commissura anterior cerebri, commissura hippocampi (fornicis) a svazky bílé hmoty. Podle současných poznatků vědy jde mezi hemisférami o dělbu práce. Každá hemisféra má jiné funkce a pouze jejich koordinovaná činnost umožňuje správnou analýzu signálů z periferie. V levé hemisféře jsou uložena motorická a senzitivní centra (Brocovo,Wernickeovo). Brocovo centrum se nalézá ve frontálním laloku a je důležité pro tvorbu řeči a také souvisí s přednostním používáním jedné ruky k práci – levorukost či pravorukost. Wernickeovo centrum je uloženo ve spánkovém laloku a slouží pro porozumění řeči. Důležitým procesem této hemisféry je logické myšlení. V pravé hemisféře jde při zpracování podnětů o procesy syntetické (globální, holistické).

Jedná se o zpracování vnímání složitých zrakových, sluchových a emočních projevů. Je to také zároveň sídlo neverbální paměti. (Druga,Grim,Dubový, 2011,s.152-153)

2 PATOLOGIE MOZKU

Pomocí funkční magnetické rezonance zobrazujeme následující patologie v oblasti psychiatrické i neurologické: nádory mozku, schizofrenii, Alzheimerovu chorobu, Huntingtonovu chorobu, Parkinsonovu chorobu, epilepsii, roztroušenou sklerózu, syndrom oddělených hemisfér, ale i cévní onemocnění mozku.

2.1 Nádory mozku

Nádory mozku tvoří asi 9 % z celkového počtu nádorových onemocnění. Přitom jde převážně o sekundární ložiska z jiných lokací postižených nádorovým bujením. V četnosti se jedná o polovinu metastáz bronchogenního karcinomu, následuje karcinom prsu a v neposlední řadě je to kolorektální karcinom. Nádory, které zobrazujeme na fMR jsou intraaxiální tzn. vycházející z mozku. (Seidl, Obenberger, 2004, s. 172)

2.1.1 Neuroepitelové nádory

Do této skupiny patří nádory s nejčastějším výskytem. Jsou to tzv.gliomy. Dělí se na astrocytomy, ependyomy, oligodendrogliomy a glioblastomy. (Seidl, Obenberger, 2004, s. 172)

2.1.2 Astrocytom

Původ má v astrocytomech – glie, častěji postihuje muže okolo 50let. Čím vyšší věk, tím je forma nádoru agresivnější nebo může být maligní. Pokud jde o maligní formu, způsobuje léze, uzávěry, krvácení a následnou nekrózu. Benigní nádor je neohraničený a nejčastěji se objevuje v temporálním laloku. (Seidl, Obenberger, 2004, s. 176)

2.1.3 Ependyom

Lokalizace nádoru v prostoru komorových oblastí bývají těžko odhalitelné a přináší tedy vážné komplikace. Nádory rostou dlouhou dobu asymptomaticky, projeví se spíše obstrukcí likvorových cest vedoucích ke vzniku hydrocefalu a tím vzniká nitrolební hypertenze. (Seidl, Obenberger, 2004, s. 181)

2.1.4 Glioblastom

Glioblastom je nej malignější astrogliální tumor. Vyrůstá v mozkových hemisférách, opět postihuje starší věkovou skupinu, lidé pod 50 let mají lepší prognózu. Projevuje se cévní trombózou, mikrovaskulární proliferací a nekrózou. (Seidl, Obenberger, 2004, s. 173)

2.1.5 Oligodendrogliom

Ohraničený benigní nádor. Často vyrůstá ve frontálním laloku a bývá kalcifikovaný až smíšený. (Seidl, Obenberger, 2004, str. 181)

2.2 Roztroušená skleróza

Roztroušená skleróza je chronické zánětlivé autoimunitní onemocnění myelinových vláken centrálního nervového systému. Postihuje převážně mladší generace, častěji ženy. Roztroušená skleróza napadá bílou hmotu mozku, ve které dochází k nervovým vzruchům ze smyslů a ke svalům. Dochází k porušování a rozpadu myelinové pochvy, která izoluje a obaluje nervová vlákna (axony). Místa, kde došlo k přerušení myelinové pochvy, se nazývají plaky. Myelin napomáhá přenášet nervové impulsy. Pokud axony přijdou o část myelinové pochvy, vysílané impulsy nejsou správně přenášeny, což má za následek příznaky roztroušené sklerózy. I když buňky CNS jsou schopné do jisté míry myelinovou pochvu obnovit, vznikají na ní jizvy. Se zvyšováním počtu jizev jsou příznaky stále výraznější. Příčina dosud není známa. (Z. Seidl, J. Obenberger, 2004, s. 265)

2.3 Arteriovenózní malformace

Tato velmi početná skupina se vyznačuje abnormálními spoji mezi arteriemi a žilami. Protože zde chybí kapilární síť, vznikají tzv. Nidy – centrální shluk těchto abnormálních spojů. (Dělí se na cévní nádory – hemangiomy a na cévní malformace – arteriovenózní vysoko nebo nízkoprůtokové, dále na kapilární, lymfatické a smíšené.)¹

2.3.1 Kavernom

Kavernom je tenkostěnná cévní dutina, kterou velmi pomalu protéká krev. Přivádí do sebe drobné tepénky a odvádí drobné žíly. Nejčastěji se vyskytuje na mozkovém kmene. Tento typ cévní dutiny je velice nebezpečný, protože zde hrozí prasknutí této dutiny či vylití krve do okolní mozkové tkáně, což znamená těžké postižení nemocného až do smrti nebo samotné úmrtí. Operace se provádí preventivně, aby se zabránilo prasknutí, neboť druhé prasknutí by bylo smrtelné.²

¹ (Avminority.cz/co-je-avm/. Avminority [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: <http://avminority.cz/co-je-avm/>)

² (Kavernomy kmene. [Http://www.fnkv.cz/](http://www.fnkv.cz/) [online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: http://www.fnkv.cz/soubory/343/kavernomy_kmene.pdf)

2.3.2 Žilní onemocnění mozkových cév

Původ tohoto onemocnění je v uzávěru (trombóza) nebo v zánětu (tromboflebitida). Závažné postižení se týká hlubokých žil a cévních splavů. Trombóza může způsobit nitrolební hypertenzi. Pokud se zánět rozšíří i na povrchové žíly mozku, mohou se objevit ložiskové příznaky malacie. (Z. Seidl, J. Obenberger, 2004,s.200)

2.4 Syndrom oddělených hemisfér

Tento syndrom může vzniknout buď poraněním nebo může být dědičný. Jde o strukturální poruchy, kdy se přeruší svazek vláken nebo jde o funkční poruchy v jedné či v obou hemisférách. Větší rozsah poškození pak vede k mentálním poruchám a psychotickému chování nemocného.³

³ (Pfyziollfup.upol. Pfyziollfup.upol [online].[cit.2016-01-26].
<http://pfyziollfup.upol.cz/castwiki/?p=6008>)

Dostupné z:

3 MAGNETICKÁ REZONANCE

3.1 Historie magnetické rezonance

Teoretické počátky magnetické rezonance jsou datovány do 20. let minulého století. Používat se však začala až v 50. letech a využívala se tehdy výhradně v chemii, jako analytická metoda pro MR spektroskopii. Nobelovu cenu za objev získali v roce 1952 vědci Edward Mills Purcell a Felix Bloch. V 60. letech 20. století byla využita Fourierova transformace, což napomohlo ke zvýšení citlivosti této techniky. V 70. letech se začaly využívat supravodivé magnety, což byl obrovský přelom v oblasti MR. První obraz části lidského těla získali P. Mansfield a A. A. Maudsley v roce 1973. Od 90. let se rozvíjejí 3D metody a jiné kombinované metody MR, např. funkční MR. Paul Lauterbur a Peter Mansfield obdrželi za průlomový objev využití MR pro medicínské zobrazování v roce 2003 Nobelovu cenu. (Válek, Žižka, 1996, s. 5).

3.2 Fyzikální princip MR

Lidské tělo obsahuje více než 60 % vody, která se skládá ze dvou molekul vodíku a jedné molekuly kyslíku. Pro magnetickou rezonanci je vodík důležitým prvkem, protože jeho magnetický moment je poměrně silný a tudíž jsou jeho změny dobře měřitelné. Protony jsou kladně nabitě částice v jádru atomu, které neustále rotují kolem své osy. Tomuto pohybu se říká spin. Spin a magnetický moment mají však jen atomová jádra s lichým nukleonovým číslem, neboť spiny a magnetické momenty spárovaných protonů a neutronů se vzájemně ruší – jsou nulové. Atomová jádra se sudým nukleonovým číslem pro MR zobrazení nelze používat. Oproti tomu jádra s lichým nukleonovým číslem si svůj magnetický moment zachovávají. Jedná se o tyto prvky: ^{13}C , ^{19}F , ^{23}Na , ^{31}P . Pokud jsou protony v silném statickém magnetickém poli – B_0 , uspořádají se do řady rovnoběžně se siločárami magnetického pole. Protony jsou paralelně a antiparalelně uspořádány. Počet paralelních protonů převažuje a je zdrojem slabého magnetického pole. Intenzita statického vnějšího magnetického pole B_0 se značí T (Tesla). Běžně se využívá intenzita v rozmezí 0,5 – 1,5 T. Dalším pohybem protonu je tzv. precese, kterou způsobuje statické magnetické pole. Je to pohyb podobný rotaci dětské hračky – káči- kdy se paralelní protony točí kolem vlastní osy, ale nerotují synchronně – nejsou tzv. ve fázi, což znamená, že sice všechny protony v kruhové dráze rotují stejnou rychlostí, ale nejsou na svých místech. Závislost frekvence precesního pohybu závisí na velikosti statického magnetického pole a konstantě gyromagnetického poměru. Tato závislost se jmenuje Larmorova rovnice:

$$\omega = \mathbf{B}_0 * \gamma ,$$

kde ω je rychlost otáčení a γ je gyromagnetická konstanta, jejíž hodnota je pro každý prvek specifická. Frekvence B_0 musí být stejná jako frekvence rotujících spinů v zobrazované vrstvě (rezonance). (Nekula, Chmelová, 2009, s. 9-10)

Magnetický moment je prakticky nezjistitelný, ale můžeme jej detekovat tak, že změním uspořádání protonů vodíku, pak bude mít magnetický moment jiný směr než siločáry B_0 . Uspořádání protonů provedeme přidáním energie pomocí elektromagnetického impulsu, díky němuž dojde k excitaci protonu s největší energií a následnému překlopení o 90° nebo o 180° . Tímto pohybem vzniká podélná magnetizace. Pokud zvolíme takovou frekvenci radiofrekvenčního impulsu, která bude odpovídat Larmorově frekvenci, protony vodíku dodanou energii přijmou. Tímto způsobem vzniká rezonance. Pokud jsou protony pod vlivem radiofrekvenčního impulsu, konají pohyb synchronně – precesi ve fázi a tím zvyšují transverzální magnetizaci, čímž dochází k příčné magnetizaci a naopak longitudinální magnetizace se zmenšuje. Jestliže utlumíme radiofrekvenční impuls, dojde k desynchronizaci precesního pohybu. Toto se označuje jako relaxace. Značíme ji zkratkou TR.

Doba, za kterou se magnetizace v podélné ose, jež byla při excitaci utlumována, vrací do normálu, nazýváme čas T1. V praxi toto nelze přesně změřit, takže se stanovuje, že T1 charakterizuje čas, při kterém dosáhne podélná magnetizace 63 % původní velikosti. Oproti tomu čas T2 znamená, že došlo k desynchronizaci pohybu tzv. rozfázování a T2 je tedy čas, kdy příčná magnetizace klesne na 37 % své původní hodnoty. Navíc tyto časy závisí jak na velikosti rotujících molekul, tak i na chemickém složení tkáni. Tkáně obsahující větší množství molekul vody mají delší relaxační čas než v tukové tkáni.

V praxi lokalizujeme polohu jednotlivých protonů v trojrozměrném prostoru. Využijeme k tomu přídatná gradientní pole, která se vloží do hlavního magnetického pole ve třech na sebe kolmých rovinách - x, y, z. Pokud gradientní cívky zapneme, síla B_0 nebude v žádném místě tohoto obrazu stejná. „*Gradientní cívky určují rovinu řezu a šířku vrstvy.*“ (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, str. 48)

3.3 Základní vyšetřovací postupy

Nejčastější vyšetřovací technikou je zjišťování T1 a T2 relaxačních časů. Série impulsů, které se často opakují mezi jednotlivými relaxačními časy, se nazývá sekvence, z jejíhož názvu vzešlo i základní vyšetření spin-echo sekvence (SE). Časy T1 a T2 mají v různých tkáních odlišnou dobu působení i intenzitu signálu. Tmavé struktury jsou hyposignální, světlé hypersignální a tkáně bez signálu, které jsou pak černé – např. tekoucí krev – asignální. Vzniklé obrazy jsou T1 (vážené podle podélné relaxace) a T2 (vážené podle příčné relaxace). Při postupu spin-echo využijeme radiofrekvenčního impulsu k vychýlení protonů o 90° . (Nekula, Vomáčka, Kozák, 2012, str. 48) Po ukončení příčné magnetizace a rozfázování se objeví podélná a po vyslání dalšího impulsu o 180° do tkáně v opačném směru se rychlejší protony budou přibližovat k těm pomalejším. Až se potkají, začnou protony s větší frekvencí opět vykonávat precesní pohyb se souhlasnou fází, což se projeví nárůstem signálu. Poté začnou sesynchronizované protony s vyšší frekvencí než je Larmorova opět předbíhat ostatní protony, což znovu zmenší příčnou magnetizaci i tkáňový signál a celý proces může začít znovu. (Válek, Žižka, 1996, str. 14) Čas mezi excitačním 90° pulsem a maximálním signálem – echem se označuje TE (Time to echo). Echem se rozumí příjem signálu po vyslání 180° signálu. TR (Time to repeat) je pak doba mezi jednotlivými excitačními impulsy.

Obrácený postup platí pro speciální sekvence, kdy se začíná 180° impulsem a po něm následuje 90° impuls. Značí se IR (Inversion recovery). Jedná se o sekvence na potlačení signálu vody – FLAIR nebo potlačení signálu tuku – STIR. Proton denzitní obraz závisí na počtu protonů vodíku v zobrazované tkáni, relaxace je zde dlouhá a TE krátký. U takzvaného gradientního echa (GRE /GE), je zkrácena doba vyšetření. Je to obdoba spin-echa, ale toto echo závisí na podélné magnetizaci - není kompletně utlumená, tudíž se může využívat dalších rychlých impulsů. Protože jde o gradientní echo, využívají se gradientní cívky, přidají se do B_0 na krátkou dobu a intenzita gradientního pole půjde jenom z vyšetřované tkáně. „*Podstatou rychlých sekvencí u GE je vychylovací úhel jen $10-50^\circ$.*“ (Nekula, Kozák, Vomáčka, 2012, str. 49)

3.4 Tvorba MR obrazu

Výsledný MR obraz závisí především na výběru vrstvy a na kódování prostorových souřadnic. Gradientní cívky souvisí s výběrem vrstvy, protože určují tři základní roviny magnetických momentů – x, y, z. Také ovlivňují nastavení šířky a vrstvy.

Pomocí Fourierovy transformace převádíme trojrozměrný obraz lidského těla do dvourozměrného obrazu z matice, kam připadají všechny naměřené signály. Tato matice hrubých dat se nazývá K-prostor. Další podmínky, které ovlivňují obraz, jsou vnější a vnitřní. Mezi vnitřní podmínky spadá počet protonů – čím vyšší počet, tím je měřený signál lepší, dále je to magnetická susceptibilita („*schopnost tkáně stát se magnetickou*“) a také doba relaxačních časů v jednotlivých tkáních.

Mezi vnější podmínky patří hodnoty TE, TR, velikost statického magnetického pole, počet excitací, velikost matice a šířka vrstvy. Protože obraz MR se skládá z pixelů a voxelů, záleží na poměru signál/šum, pro praxi se používá 3-5 mm. Šum vychází z celého těla mimo vyšetřovanou vrstvu, tvoří ho nahodilé elektrické mikroproudy a také ho ovlivňuje velikost B_0 – čím je B_0 větší, tím lineárně roste šum, s velikostí pole B_0 ale roste i signál, dokonce i kvadraticky, takže při zdvojnásobení intenzity pole B_0 získáme v úhrnu dvojnásobně vyšší MR signál. (Nekula, Kozák, Vomáčka, 2012, str. 50)

3.5 Artefakty MR obrazu

Artefakty vznikají v průběhu vyšetření, závisí na biologických pochodech v pacientově těle a také na nedostacích v MR přístroji. Jsou definovány jako falešné změny intenzity signálu, tvaru a polohy pacienta. Mezi artefakty patří artefakty pohybové (dýchání, střevní pohyb, krevní tok), artefakty chemického posunu (zde závisí na změně frekvence – jiné než Larmorova, objevují se na rozhraních např. vody a tuku, změní se intenzita signálu) a v neposlední řadě je to vliv nehomogenit v magnetickém poli (příčinou bývají kovové implantáty, střeptiny nebo kovové pigmenty v make-upu). (Nekula, Vomáčka, Kozák, 2012, str. 51)

3.6 MR přístroje

Nejpoužívanějším typem je nyní 1,5 T. Mezi jeho základní části patří:

- Homogenní stacionární magnet B_0 s napájecím a chladícím zařízením. Součástí je i korekční systém na zlepšení homogenity.
- Gradientní cívky a jejich elektrické zdroje
- Vysokofrekvenční vysílač a cívka na výrobu excitačního magnetického pole B_1
- Vysokofrekvenční přijímač a jiné druhy přijímacích cívek
- Počítačový systém na zpracování signálu, rekonstrukci a archivaci obrazu
- Vysokofrekvenční stínění

- Vyšetřovací stůl magnetu přístroje
- Doplňky (monitorace EKG, dýchání, apod.)

3.6.1 Rozdělení magnetů

Magnety se dělí na rezistentní, supravodivé a permanentní. Rezistentní (odporové), jsou klasické elektromagnety, jejichž magnetickým polem protéká elektrický proud o velké intenzitě. Konstrukce je měděná, zevnitř je chlazený vodou.

Tento typ je vhodný pro pacienty s klaustrofobií, říká se mu tzv. open typ – přístroj je krátký a otevřený. Nevýhodou je vysoká spotřeba energie. Supravodivé magnety jsou typem permanentních magnetů chlazené kapalným heliem. Potřebují nízkou teplotu (-269°C), protože jen při tak nízké teplotě bude ve vodiči minimální elektrický odpor. Permanentní magnety váží několik tun, protože jsou vyrobené z feromagnetických slitin. Magnetické pole zde probíhá bez elektrického proudu a přístroj je chlazený klimatizací. Tyto magnety bývají u přístrojů do 0,3 T. Gradientní magnetický systém vyrábí menší magnetické pole než je B_0 , pomocí tří cívek a jejich proudových zdrojů. Magnetické pole cívek jde do tří základních směrů a také na nich závisí tloušťka jednotlivých vrstev. Avšak mohou zapříčinit výskyt artefaktů a jsou zdrojem hluku u každého vyšetření. (Chmelová, Nekula, 2009, str. 21, 22)

3.6.2 Cívky

Cívky jsou dvojího typu:

Permanentně zabudované

Volumové (volume coils) cívky jsou pevně zabudované v gantry, takže nejsou vidět. Slouží nejen jako vysílač, ale i jako přijímač signálu a jako celotělová cívka (whole body coil), jsou okolo pacienta. Poblíž jsou i gradientní cívky. Dalším typem jsou vyrovnávací cívky (shim coils), zajišťují homogenitu pole.

Povrchové

Tyto cívky (surface coils) fungují jako přijímače. Každá jednotlivá cívka je tvarována podle oblasti, kterou potřebujeme vyšetřit (hlavová, krční, páteřní, prsní, ramenní, kolenní, břišní nebo endorektální). Závity, které jsou z Cu nebo Ag, musí naléhat co nejbliž vyšetřované tkáni, aby zachytily i nejmenší signál z hloubky tkáně.

Proudí zde minimální elektrický proud, který se postupně zesiluje, změní se frekvence, signál se digitalizuje a data se přenesou do počítače pomocí analogo-digitálního převaděče. (Chmelová, Nekula, 2009, str. 22)

3.6.3 Ovládací konzole

Tento přístroj se nachází v ovladovně, je spojený s řídicím počítačem. Umožňuje vkládat a archivovat data o pacientech (PACS), manipulovat s nimi a také provádět úpravu jednotlivých sekvencí při vyšetření, upravovat základní řezy (lokalizér, pilot, scan) nebo výběr cívky.)

3.6.4 Stínění přístroje

Protože intenzita magnetického signálu z vyšetřované tkáně je velmi malá a magnetické pole může zasahovat mimo vyšetřovnu, je nutno přístroj stínit a to dvěma způsoby. Prvním způsobem je aktivní stínění magnetického pole – zajišťují ho cívky v okolí gantry výrobou vlastního magnetického pole opačným směrem. Dochází k útlumu B0 a B1. Pasivní radiofrekvenční stínění zajišťuje Faradayova klec ve stěně vyšetřovny, je tvořena z ocele nebo mědi. (Nekula, Vomáčka, Kozák, 2012, str. 54)

3.7 Kontrastní látky

Tyto látky jsou makromolekuly na bázi gadolinia, proto nepronikají do buněk, ale zůstávají pouze v krevním oběhu. Je-li narušena bariéra buňky jako v případě zánětu, nádoru nebo cévní léze, proniknou dovnitř a zobrazí nejmenší detaily tkáně. Dále zvyšují intenzitu signálu ve vyšetřované tkáni, ale snižují dobu obou relaxačních časů, především TR T1 v. o. – na skenu se to projeví hyperintezitou (bílým stínem). Jsou podobné jodovým kontrastním látkám, ale vedlejší účinky jsou tu poměrně vzácné. Může se projevit nefrotoxicita. Pod komerčním názvem jsou uváděny jako Gadovist, MultiHance, Omniscan nebo Dotarem. (Nekula, Chmelová, 2009, str. 9)

3.8 Výhody magnetické rezonance

Výhodou magnetické rezonance je, že na rozdíl od ostatních diagnostických metod nevyužívá ionizující záření, dokáže mnohem lépe zobrazit měkké tkáně a to ve třech základních rovinách. Dále zobrazí mozkové tepny bez podání kontrastní látky. Používá speciální vyšetřovací postupy jako je mozková difúze, funkční MR nebo MR spektroskopie. (Nekula, Vomáčka, Kozák, 2012, str. 47)

3.9 Nevýhody MR

Mezi nevýhody MR patří dlouhá doba vyšetření (cca 20 – 50min), finanční náročnost (jedná se o částku od 3 do 8 tisíc Kč za vyšetření), klaustrofobie (někteří pacienti nesnesou stísněný prostor gantry, navíc prostor, ve kterém je pacient uložen, je omezený šíří gantry, takže nelze vyšetřit obézní pacienty. Nosnost pohyblivého stolu z neferomagnetického materiálu je pro pacienty do 150Kg). V neposlední řadě je pro pacienty nepříjemný hluk, který přístroj vydává (hluk vzniká při generování impulsů).

3.10 Indikace k fMR

Indikací k fMR vyšetření jsou intraaxiální nádory mozku, arteriovenózní malformace schizofrenie, Alzheimerova nebo Parkinsonova choroba a také roztroušená skleróza.

3.11 Kontraindikace MR

Absolutními kontraindikacemi k MR vzhledem k silnému magnetickému poli jsou:

- implantovaný MR nekompatibilní kardiostimulátor
- implantovaná infuzní pumpa
- kochleární (sluchový) implantát.

Relativní kontraindikace:

- kovové cévní svorky,
- kovový materiál v těle v blízkosti vyšetřované oblasti

– kovové implantáty,

– náhrady kloubů,

– kovové špony a střepliny,

- tetování,
- permanentní make-up,
- gravidita (první trimestr), nitroděložní tělísko.⁴

⁴ (Magnetická rezonance. Practicus [online]. 2008, 2008(7), 3 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://web.practicus.eu/sites/cz/Documents/Practicus-2008-07/34-magneticka-rezonance.pdf>)

4 FUNKČNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE (fMR)

4.1 Základní principy funkčního MR zobrazování

Princip zobrazující funkční aktivity MR spočívá v rozdílu lokálního krevního zásobení, tedy na změnách toku a objemu mozkových cév (cerebral blood flow – CBF a cerebral blood volume - CBV) a také krevní oxygenaci. Pokud aktivujeme mozkové buňky, dojde ke spuštění hemodynamického procesu, což v praxi znamená, že se zvýší spotřeba kyslíku a tím pádem se na místě neuroaktivity změní metabolismus glukózy. Tento proces se nazývá neurovaskulární vazba („coupling“). Touto aktivitou se zvýší krevní průtok a průsvit kapiláry díky přenosu neuronů na blízké endoteliální buňky arteriol. Oproti klidovému stavu je zvýšený lokální krevní průtok (CBF), dále je zvýšený lokální krevní objem (CBV) a vyšší je také lokální koncentrace oxyhemoglobinu. Dynamika celého procesu začíná po několika sekundách, kdy se začne zvyšovat spotřeba kyslíku a vzroste metabolismus glukózy, tím dojde ke zvýšenému průtoku krve (perfúze) v blízkosti aktivních neuronů. Společně s tímto roste i relativní koncentrace oxy-hemoglobinu oproti klidovému stavu – protože efekt neurovaskulární vazby zvyšuje průtok aktivovanou tkání více, než je skutečná potřeba kyslíku nervovými buňkami. Přestože spotřeba kyslíku je tedy v aktivované nervové tkáni zvýšená a dal by se očekávat pokles koncentrace oxyhemoglobinu v aktivované oblasti mozku. Podle různých teorií je možné, že tento „nadhodnoceně“ zvýšený průtok (a s ním i nabídka kyslíku) má chladící efekt nebo rychlé odplavení metabolitů z lokálního místa aktivace neuronů. Při fMR se spoléhá především na neuronální aktivitu – je to buď metabolický nebo vaskulární efekt. Nejpoužívanější sekvencí pro toto vyšetření je změna oxygenaci krve tzv. BOLD (blood oxygenation level dependent). Podle toho, jaká je neuronální aktivita, lze zmapovat pomocí MR signálu lokální oxygenaci krve. Pokud bychom fMR srovnali např. s EEG, při fMR budou změny signálu napojené na mozkovou aktivitu budou menší a tím pádem bude vyšetření déle trvat. Čas, který představuje změnu MR signálu od počátku stimulace, trvá okolo 4-7 s, se nazývá tzv. transit time“ a doba, kdy je signál zaznamenán vaskulárním systémem, se udává jako hemodynamic response function. Zjednodušeně řečeno, po začátku stimulace se zvýší spotřeba kyslíku (dočasně se zvýší koncentrace deoxyhemoglobinu), kdy MR signál klesne, poté se signál opět zvýší prostřednictvím koncentrace diamagnetického oxyhemoglobinu. Když aktivace skončí, klesne i MR signál na původní hodnotu. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 30, 31)

4.2 Techniky fMR

Mezi tyto techniky řadíme metody měřící změny CBV, CBF a BOLD.

4.2.1 BOLD

BOLD (blood oxygenation level dependent) je nejpoužívanější technika, která využívá rozdílné magnetické vlastnosti oxyhemoglobinu (diamagnetický) a deoxyhemoglobinu (paramagnetický) v aktivované oblasti mozku. Náběr dat se provádí buď spirálním náběrem dat k-prostoru nebo technikou echo-planar imaging (EPI). Jsou to tzv. „single shot“ techniky, což znamená vytvoření celé matice už po jednom excitačním RF impulsu. Pokud se jedná o EPI, k-prostor se nabírá paralelními řádky a spirální náběr sbírá k-prostor spirálovitě. Akvizice dat je v tomto případě velice rychlá za předpokladu, že snížíme počet měřených řádků k-prostoru nebo současnou excitací a navýšením počtu řádků. Na počtu řádků závisí také TR a TE. Další sekvencí je tzv. PRESTO (principles of echo-shifting with a train of observations). Je to modifikace sekvence GRE FLASH, kdy je TE delší TR, protože vytvoření signálu ECHA je dáno posunutím vytvoření signálu až do doby následujícího repetičního intervalu od původní excitace. Sekvence PRESTO používá 3D obraz a zmenšuje tím výskyt artefaktů proudící krve než 2D obraz, ale oproti 2D obrazu je citlivý na časové změny, které zapříčiňují v praxi dýchacími a pulsačními pohyby pacienta. U této techniky záleží na změnách magnetické susceptibility a s tím také související lokální nehomogenity sledovaného pole. U sekvencí spinového echa (SE) jsou sice menší rozdíly v susceptibilitě než u sekvencí gradientního echa (GRE), ale pro citlivost detekce změn susceptibility se častěji používá GRE. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 32)

4.2.2 CBF

Tato metoda stanovující průtok tkání (cerebral blood flow) je alternativou k BOLD efektu, přesto je nazývána jako arterial spin labeling (ASL). V zobrazované mozkové tkáni neustále proudí molekuly vody, které jsou omývány dalšími molekulami doprovázenými arteriální krví. Figuruje zde inverzní 180° RF impuls, s jehož pomocí se označí spiny přitékající arteriální krve. Po průchodu označených molekul vody do kapilár a okolní tkáně, začíná modifikace celkové magnetizace a samotného MR signálu. Z toho vyplývá, že tato metoda je neinvazivní, stejně jako BOLD. Metody ASL se dělí na kontinuální („steady state“), „*kdy značení spinů inverzí je realizováno speciálně lokalizovanou RF cívkou s kontinuální transmisí*“ a na pulsní, kdy se použije při inverzním pulsu stejná RF cívka jako při měření obrazových dat. Pulsní metody se používají častěji pro nenáročný hardware a pro snadnější klinickou realizaci, další techniky této metody jsou EPISTAR, FAIR a QUIPSS.

Sleduje se zde jednak stav, kdy RF puls označí přiteklé spiny do zobrazované oblasti a druhý stav, kdy se v kontrolním skenu označí všechny spiny stejně a z celého objemu (FAIR) nebo žádné (EPISTAR). Informaci o perfúzi zjistíme pomocí odečtení těchto dvou stavů a získáme tak signál, kterým přispívají pouze do vrstvy přiteklé spiny. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 31)

4.2.3 CBV

V okolí aktivovaných neuronů pomocí stimulací dojde k vazodilataci. Což znamená, že se zvýší lokální objem krve, což je CBV – cerebral blood volume. Vazodilatace ale působí i na nárůst CBF a změnu oxygenaci (BOLD efekt). Metoda CBV se díky vazodilataci nazývala VASO (vascular space occupancy). Měření spočívá v rozdílu hodnot relaxační doby T1 krve a šedé hmoty mozkové. Změny v T1 měříme pomocí sekvence inversion recovery a inverzní čas je vybrán tak, aby signál krve byl v čase T1 nulový. Změny signálu VASO jsou více vázány k místu aktivace podobně jako u ASL a na rozdíl od efektu BOLD, kde signál narůstá v aktivaci, u VASO klesá a také poměr signál/šum je u VASO 2,5krát nižší než u BOLD. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 31)

4.3 Stimulace při měření fMR

Při fMR se sleduje zobrazování dvou nebo více rozdílných dynamických stavů mozkové aktivity. Tato aktivita je převáděna na MR signál časové aktivity. Po detekci jednotlivých změn signálu jsou pak zachyceny jednotlivé stavy mozkové aktivity. Podle stimulačního schématu vznikají různé stavy mozkové aktivity. Pracuje se se dvěma stimulačními schématy a to blokovým schématem (BS) a tzv. „event-related“ (ERS). Důležité je, že se při těchto schématech střídají bloky aktivních úloh (různé typy stimulace) a bloky referenčního stavu (klid, referenční úloha). Délka bloku odpovídá fyziologickému stavu mozku, čas proto nemusí být konstantní. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 32)

4.3.1 Blokové schéma (BS)

Toto schéma se v praxi uplatňuje nejvíce a to díky své jednoduchosti, snadné realizaci a především významnosti MR signálu. Počet bloků je uzpůsoben velikosti měřených MR signálů. Střídají se zde kontrolní a stimulační úlohy, čímž se dosahuje změny mozkové aktivity a odpovídajícího MR signálu. Délka bloku často trvá 10-40 s. Použití blokového schématu je mnohem výhodnější než použití ERS schématu kvůli lepšímu poměru signál/šum. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 32)

4.3.2 „Event-related“ stimulační schéma (ERS)

Při tomto měření je třeba zachytit signálovou odezvu na různé izolované stimulační podněty, které se po čas vyšetření vícekrát opakují, záleží také na tom, jaký neurofyziologický stav chceme sledovat. Odezva signálu se odvíjí od stavu vyšetřované oblasti, typu stimulace ale i od vybavení přístroje. Také časové rozlišení se při náběru dat mění. („*kratší TR vede ke snížení počtu vrstev a redukci prostorového rozlišení*“). (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 32)

4.3.3 Resting state

„Resting state“ je schéma, při kterém pacient pouze relaxuje (ale nesmí usnout!) a nemáme proto žádnou kontrolu nad jeho mozkovou aktivitou. Je to klidová fMR, kdy se sledují spontánní pomalé změny aktivity mozku. Při následné analýze se zde hledají jednotlivé možné základní režimy spontánní mozkové aktivity. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 33)

4.4 Vyhodnocení fMR

Vyhodnocení se provádí komplexně, ale jeho průběh je náročný v tom smyslu, že už během procesu dochází ke korekci pohybových artefaktů, korekci časového náběru vrstev, prostorovému vyhlazení a normalizaci dat do standardního prostoru – obzvlášť když má dojít ke srovnání mozkových aktivit ve skupině subjektů. Analýza se pak provádí průměrně u desítek až stovek zdravých subjektů. Při vyhodnocování časové série obrazů je důležité vybrat správnou metodiku. Dříve se od sebe odečetly průměry obrazů naměřené během stimulace kontrolní úlohy, ale dnes už se to neprovádí kvůli výskytu pohybových artefaktů. Nyní se tedy provádí takové statistické metody, které počítají z časových sérií obrazů statistické mapy, v nichž je aktivita změny signálu uspokojivě zaznamenána. Mezi statistiky vycházející ze znalosti funkce stimulačního schématu patří t-test, výpočet korelačního koeficientu obecný lineární model. Dalšími analýzami jsou analýza principálních komponent (PCA – principal component analysis) nebo analýza nezávislých principálních komponent (ICA – independent component analysis) a to v případě, že neznáme stimulační model.

4.5 Analýza funkční konektivity

Mozek je chápán jako celek propojený nezávislými funkčními oblastmi, ale každá ta oblast má svoji konektivitu. Proto je cílem zmapovat celé tyto oblasti a jejich interakce. Provádí se to již výše zmíněnou analýzou ICA, která nezávisí na znalosti významných funkčních oblastí. O funkční konektivitu se jedná tehdy, když k analýze používáme časovou korelaci signálu v jednotlivých oblastech bez ohledu na vývoj průběhu, což je případ ICA.

Další analýzou je analýza efektivní konektivity. Funguje na využití statistického modelu, který je založen na anatomických předpokladech. Vždy je vybráno několik částí mozku a testuje se zde, zda hypotéza konektivity platí nebo neplatí. (tzv. „hypothesis driven“ analýza nebo „data-driven“ analýza). Existují 3 zástupci algoritmů efektivní konektivity a to jsou: „structural equation modelling - SEM“, „multivariate autoregressive modelling - MAR“ a „dynamic causal modelling - DCM“. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 33)

4.6 Klinické využití fMR

Funkční magnetická rezonance je neinvazivní vyšetřovací metoda, pomocí níž lze mapovat funkční oblasti mozku aktivované při provádění určitého úkolu či stimulace centrální nervové soustavy subjektu. Tato technika umožňuje zobrazit aktivované oblasti mozkové kůry na podkladě lokální změny poměru oxy- a deoxyhemoglobinu v místech se zvýšeným krevním průtokem, který aktivaci mozkové kůry provází. Představuje důležitou anatomickou a funkční informaci pro neurochirurgy při plánování operací nádorů nebo jiných patologických ložiskových lézí, které postihují funkčně cenné (tzv. elokventní) zóny mozkové kůry: primární motorická centra, zraková, řečová, sluchová centra apod., kde pomáhá minimalizovat riziko neurologického poškození pacienta operačním výkonem. Stále širší uplatnění nachází také v psychiatrii a neurologii. Její hlavní výhodou je reprodukovatelnost a opakovatelnost bez ozáření pacienta. Tato metoda je využívána od 90. let minulého století. Existuje spousta paradigmatických schémat, ale nejčastěji je využíváno blokové schéma stimulace, protože je pro zdejší klinické podmínky robustnější a jednodušší. Samozřejmě je nutné podotknout, že v přítomnosti patologického ložiska mohou být funkční aspekty změněny natolik, že výsledky fMR pomocí metody BOLD jsou oproti zdravému mozku naprosto odlišné. Je to způsobené například krvácením, nádorovou tkání nebo pozůstatky kovových částic v mozku pacienta po operaci, které způsobují artefakty v obrazu. Jsou zde také látky, které se chovají jako léčiva s vazodilatačními účinky, např. kofein, kokain a některé neurostimulační preparáty zvyšují BOLD efekt a antihistaminika ho snižují. Schreiber et al. prokázali, že patologická tkáň může ovlivnit obraz fMR tak, že zkoumali pokles aktivity v místě gliomů a non-gliomů. To, že aktivita klesla, vysvětlují infiltrací nádoru do okolní tkáně.

Možností pro testování mozku při fMR je celá řada, musí se však dbát na to, aby se pacient nehýbal. Tudíž se testy provádí bez mluveného slova, pacient provádí verbální testy v duchu. Broccova oblast a oblast mediálního frontálního laloku pacient aktivuje tím, že bude myslet na slova např. z obrázku, který mu ukážeme.

Pokud chceme aktivovat Wernickeovo centrum u pacienta, předložíme mu text na porozumění řeči (sémantickou úlohu) nebo text na doplňování slov. Po praktické stránce většinou ale tyto úlohy obvykle nejdou zopakovat a navíc se při tomto testu aktivují např. pravý frontální a temporální lalok. Pro dětské pacienty se často zajišťuje pasivní poslech, ale i zde je těžké zabránit aktivaci ostatních center. Dalším testem je test verbální fluence (VF). Pacient bude v duchu myslet na slova, která začínají na určité písmeno. (Žižka, Tintěra, Mechl, 2015, str. 33, 34)

5 RADIOLOGICKÝ ASISTENT

Radiologický asistent (RA) je nelékařský zdravotnický pracovník, který vykonává velmi důležitou a odpovědnou práci, proto musí mít speciální přípravu a požadované odborné znalosti pro práci na pracovištích s radiologickými výkonů. S rozvojem výkonů by měl znát průběh jednotlivých výkonů, orientovat se v anatomii, měl by znát používaný materiál, dále by měl znát případná rizika komplikací při výkonech a správně a včas na ně reagovat. Důležitá je také komunikace RA s pacientem před, během i po výkonu. RA informuje pacienta o tom, jaký druh výkonu se bude provádět, co výkon obnáší, jak má pacient spolupracovat. RA by měl mít jistou dávku empatie a porozumění pro pacienty, protože nervózního pacienta snáz uklidní a vyšetření bude mít i lepší průběh. (Nekula, Vomáčka, Kozák, 2012, str. 64)

RA získává odbornou způsobilost dle zákona č. 96/2004 Sb. Zákon o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti související s poskytováním zdravotnické péče.

(1) Odborná způsobilost k výkonu povolání radiologického asistenta se získává absolvováním

a) akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru pro přípravu radiologických asistentů,

b) tříletého studia v oboru diplomovaný radiologický asistent na vyšších zdravotnických školách, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005, nebo

c) střední zdravotnické školy v oboru radiologický laborant, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 1996/1997.

(2) Radiologický asistent, který získal odbornou způsobilost podle odstavce 1 písm. c), může vykonávat své povolání bez odborného dohledu až po 3 letech výkonu povolání radiologického asistenta a získání specializované způsobilosti. Do té doby musí vykonávat své povolání pouze pod odborným dohledem.

(3) Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkonů.

Radiologický asistent provádí činnosti související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu⁸) a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči. Činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany může radiologický asistent vykonávat, pokud splňuje požadavky stanovené zvláštním právním předpisem⁸). § 9⁵

5.1 Úloha radiologického asistenta na oddělení magnetické rezonance

- Přijímá a kontrolu identifikaci pacienta
- Informuje a poučuje pacienta o výkonu
- Ukládá pacienta do správné polohy
- Komunikuje s pacientem po dobu vyšetření
- Spolupracuje s počítačovou technikou a obsluhuje přístroje

⁵ Zákony pro lidi. Zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96>

6 PRAKTICKÁ ČÁST

6.1 Cíl výzkumno-praktické části

Praktická část má za cíl uvést popis práce radiologického asistenta při vyšetření pomocí fMR. Výzkumná část se bude zabývat experimentem na jednom dobrovolníkovi, kdy se prokáže či neprokáže, že metodika funkční MR je správná a reprodukovatelná (výsledky vyšetření na zdravém jedinci by měly být srovnatelné).

6.2 Spolupráce s pacientem

Na vyšetření mozku pomocí fMR přicházejí často onkologičtí pacienti, proto by měl mít radiologický asistent dostatek empatie a trpělivosti, aby pacienta před vyšetřením způsobile a podrobně informoval o výkonu. Tito pacienti jsou často zmatení, potřebují věci vícekrát vysvětlit, tudíž je u tohoto vyšetření nutné, aby proběhl nácvik samotného vyšetření tak, aby pacient strávil v gantry co nejkratší dobu a úkony s tím spojené se nemusely opakovat. Je nezbytné, aby úlohu (úlohy), které bude pacient během fMR vyšetření provádět (motorické testy, test verbální fluence, apod.), vyšetřovaný dokonale pochopil, protože jedině tak je možné očekávat relevantní výsledek vyšetření. Pokud např. u motorických úloh nemocný pro obrnu končetiny není schopen dobře s ní pohybovat, je nezbytné, aby se maximálně soustředil na to, že chce volně daný pohyb (např. prsty ruky) provést. Pro úspěch fMR vyšetření není nezbytně dobrá periferní odpověď, nýbrž dokonalé soustředění na provádění úlohy.

Někteří pacienti mají také strach z uzavřených prostor, trpí klaustrofobií. U lehkých forem stačí vysvětlení, uklidnění nebo léky tlumící úzkost a strach, např.: diazepam, lexaurin, apaurin a jiné.

6.3 Příprava pacienta na fMR

Radiologický asistent vyzve pacienta do kabinky, kde ho poučí, aby si sundal vše, co by mohlo obsahovat kov, projde s ním dotazník a znovu pacienta srozumitelně seznámí s výkonem vyšetření a vysvětlí mu, že se jedná o neinvazivní a bezbolestnou metodu a také, že je důležité, aby při vyšetření ležel v klidu a nehýbal se. Dále s pacientem nacvičí např. pohyby prstů – stisk palce postupně se všemi prsty. Začne přesně v tom okamžiku, kdy se na obrazovce ve vyšetřovně objeví signál k tomu, aby tento pohyb začal provádět. Pacient dbá na to, aby pohyboval vždy správnou končetinou (pravou nebo levou).

Dětským pacientům se může zapůjčit speciální konzole na hry a na obrazovce se budou soustředit na trefování pohyblivých teček, zde ale mohou být zároveň aktivovaná i jiná centra.

6.4 Postup při vyšetření

Radiologický asistent uloží pacienta na vyšetřovací stůl na záda, hlavou směrem dovnitř. Na hlavu mu nasadí hlavovou cívku, uvnitř které je připevněna soustava zrcátek tak, aby pacient viděl na obrazovku za gantry, na které se objevují úlohy, pomocí kterých budou mapována jednotlivá centra mozku. Pacient také dostane sluchátka a po celou dobu vyšetření bude mít v ruce signalizační zařízení, pomocí kterého je možné zavolat obsluhu a požádat o pomoc. Během celého vyšetření radiologický asistent má k dispozici mikrofon, přes který komunikuje s pacientem.

Hlavní počítač MR zařízení musí být sesynchronizován s přístrojem pro funkční, jinak by test nebylo možné provést, neboť sekvence funkčních úloh by nesouhlasila s náběrem MR dat. U těchto testů se začíná spuštěním sekvence, kdy se udělají pouze morfologické snímky hlavy, např. 3D obraz s použitím techniky T2 FLAIR.

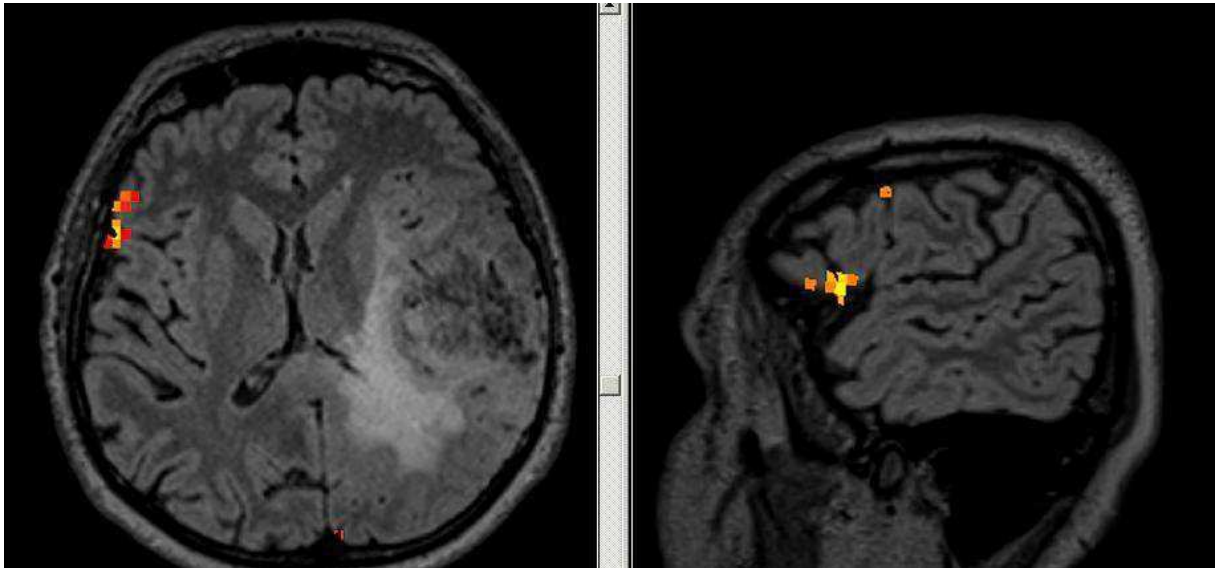
Test je nastaven na opakovaná měření za sebou (např. 80). Nejprve se odpočítává klidová fáze - pacient vidí na obrazovce křížek a žádnou úlohu neprovádí. Až se zobrazí signál na obrazovce, začne provádět nacvičenou úlohu: např. písmeno na obrazovce spustí úlohu, kdy pacient začne generovat v duchu slova, která začínají na zobrazené písmeno, takto se například provádí test verbální fluence.

Testy, které se při tomto vyšetření aplikují v praxi jsou tyto:

- **Test verbální fluence**, pacient na pokyn vymýšlí slova na písmeno, které se objevilo na obrazovce, pokud pacient není schopen vzpomenout si na víc slov, i to, že myslí na daný úkol, stačí, probíhá střídání tvorby slov a klidu, v blocích po 30 sekundách.
- **Test pojmenování**, pacient pojmenovává v duchu různé obrázky nebo části obrázky z obrazovky, v bloku se vystřídají vždy 3 písmena, opět jsou zde 4 cykly po 30 sekundách
- **Test motoriky**, pacient hýbe prsty na nohou nebo rukou na opačné straně, než je v mozku přítomna patologie (pyramidové dráhy se kříží) nebo se zjišťuje, zda se centrum např. po operaci nepřesunulo do druhé hemisféry, vyšetření probíhá ve 4 cyklech aktivity a jednoho cyklu klidového
- **Jazykový test**, pacient na pokyn hýbe jazykem ze strany na stranu

Pacient č. 1

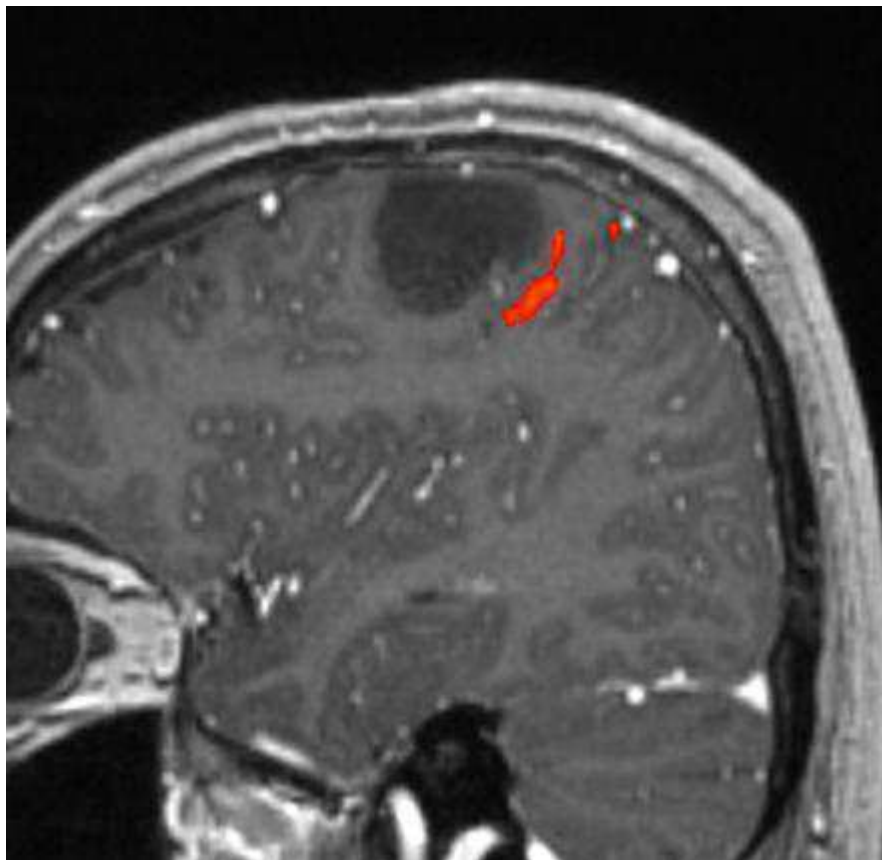
Pacient (45 let) s rozsáhlým nízkostupňovým nádorem levého čelního laloku, proveden test verbální fluence, který prokazuje přítomnost Broccova řečového centra atypicky vpravo (což lze dobře vysvětlit tím, že pacient je přeučený levák a má tedy dominantní levou mozkovou hemisféru).



Obrázek 1 Funkční aktivace Broccova řečového centra, umístěného v tomto případě v pravé hemisféře. Rozsáhlý nádor levého čelního laloku.

Pacient č. 2

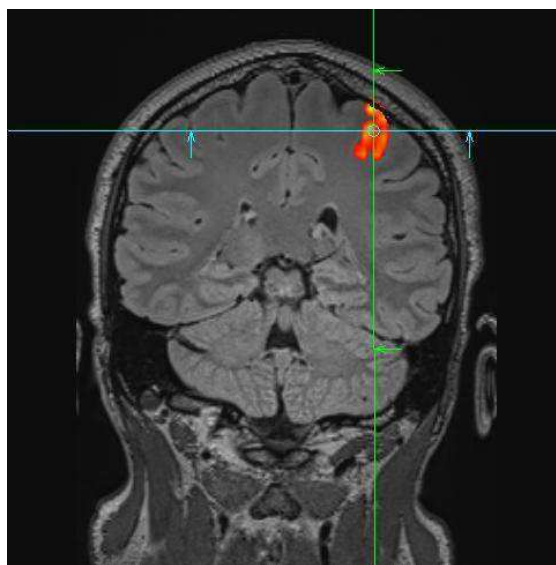
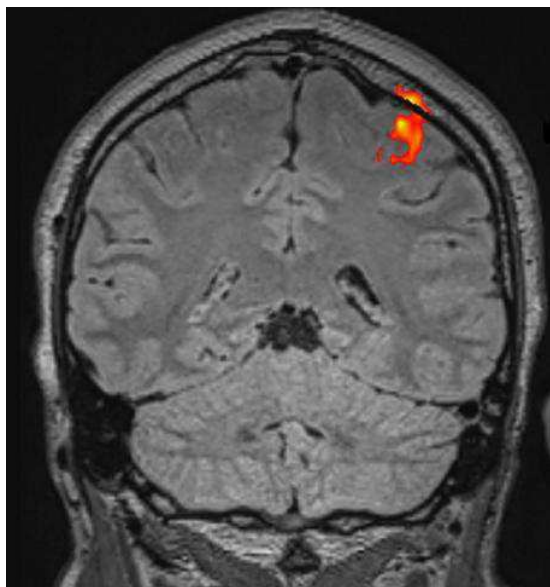
Pacient (26 let) s biopticky oběženým nízkostupňovým astrocytárním nádorem v precentrální krajině levého čelního laloku, provedeno funkční MR vyšetření pro zjištění vztahu nádoru a primárního motorického kortexu pro pravou horní končetinu.



Obrázek 2 Funkční aktivace primární motorické mozkové kůry pro pravou horní končetinu v blízkosti nízkostupňového nádoru levého čelního laloku

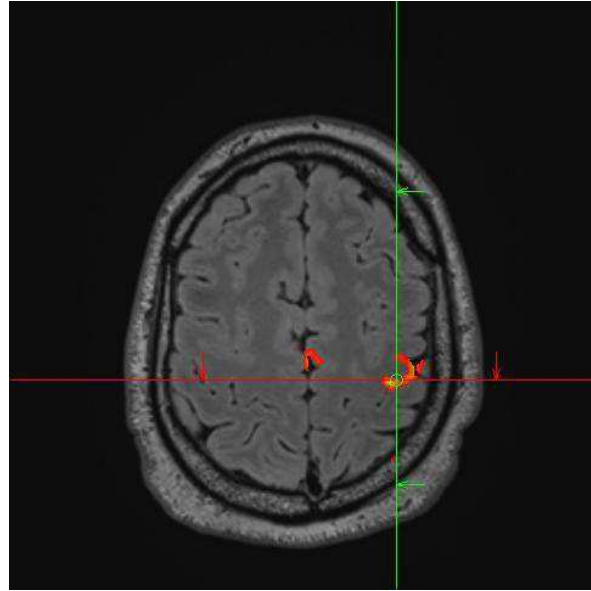
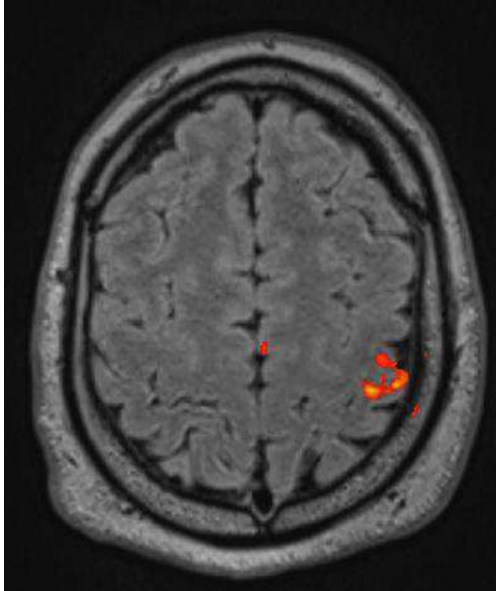
6.5 Experiment

Zdravý subjekt (25 let) byl dvakrát vyšetřen pomocí funkční MR ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové v odstupu dvou týdnů. Na začátku experimentu byly pořízeny tři morfologické snímky pomocí 3D sekvence a techniky T2 FLAIR. Následně se provedlo funkční MR. Byla prováděna funkční aktivace řečového a motorického centra. Pro aktivaci řečového centra byl použit test verbální fluence a na činnost motorického centra subjekt použil prsty na pravé ruce (tzv. Finger tapping). Subjekt pracoval přesně podle pokynů radiologického asistenta, tudíž vyšetření proběhlo správně a v obou případech byly výsledky u obou vyšetření podobné, z čehož lze usoudit, že motorické i řečové centrum je uloženo normálně a že metodika provedené fMR byla správná (výsledky jsou dobře reprodukovatelné).



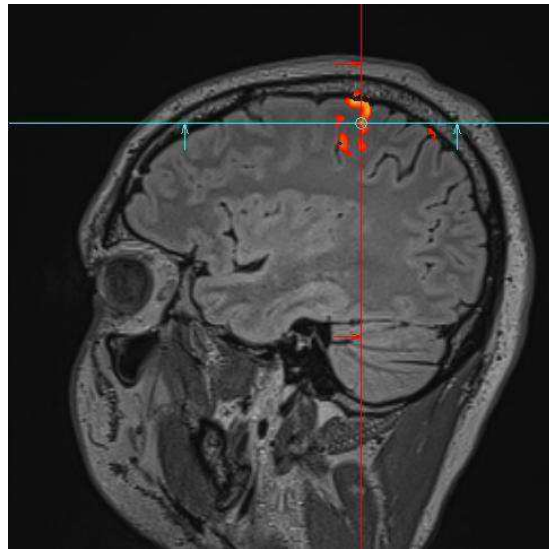
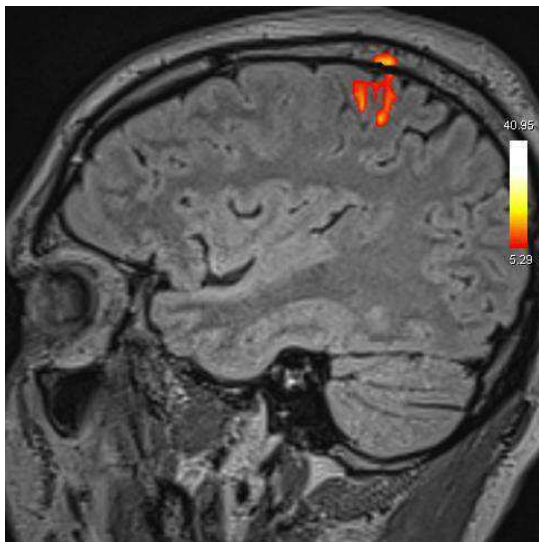
Obrázek 3 Druhý pokus o funkční aktivaci motorického centra levého frontálního laloku (obr. vpravo)

Obrázek 4 První pokus o funkční aktivaci motorického centra levého frontálního laloku (obr. vlevo)



Obrázek 5 První pokus o funkční aktivaci motorického centra v levého frontálního laloku, axiálně (obr. vlevo)

Obrázek 6 Druhý pokus o funkční aktivaci motorického centra v levého frontálního laloku, axiálně (obr. vpravo)



Obrázek 7 Druhý pokus o funkční aktivaci motorického centra v levé části frontálního laloku, sagitálně (obr. vpravo)

Obrázek 8 První pokus o funkční aktivaci motorického centra v levé části frontálního laloku, sagitálně (obr. vlevo)

7 DISKUZE

Hlavním cílem bakalářské práce bylo popsat úlohu radiologického asistenta při funkční MR. Díky neustálému zlepšování technologií ve zdravotnictví se požadavky na radiologického asistenta stále zvyšují a samozřejmě se odvíjí od podmínek pracoviště, proto by měl radiologický asistent ovládat znalosti o anatomii, přístroji se kterým pracuje a samozřejmě zvládat komunikaci a manipulaci s pacientem. Práce byla rozdělena na dvě části, část teoretickou a část praktickou doplněnou o výzkum se zdravým subjektem. Teoretická část se zabývá anatomii mozku a patologiemi, které se dají pomocí fMR vyšetřit. V dalších kapitolách jsou popsány základy magnetické rezonance a následně funkční magnetická rezonance. Praktická část se zabývá samostatným vyšetřením pomocí funkční MR a úlohou radiologického asistenta při něm, snažila se také potvrdit poznatky z teoretické části. Při praktické části jsem proto zvolila i metodu výzkumu na zdravém dobrovolníkovi, aby se potvrdila správnost či nesprávnost metodiky vyšetření. Hlavním problémem této práce bylo, že tato metoda je ještě mladá, neustále se rozvíjí a proto o ní není mnoho publikací, navíc se neprovádí ve všech zdravotnických zařízeních, kde je magnetická rezonance a nedělá se tak často. Abych tuto problematiku lépe pochopila, je třeba čerpat z více zdrojů – knih, odborných článků a prováděla jsem také experiment na subjektu, což byl dílčí cíl praktické části, kdy se potvrdilo, že metodika vyšetření je správná i v praxi, a že u zdravých jedinců je vyšetření snáz opakovatelné než např. u onkologických pacientů, protože mohou mít porušená některá centra a může být i ztížená komunikace, tudíž vyšetření nemusí proběhnout v pořádku – na snímcích mohou být pohybové artefakty .

8 ZÁVĚR

Závěrem bych chtěla říct, že funkční MR je jednou z nejmodernějších metod vyšetření a pro neurochirurgy představuje velkou pomoc při operacích, usnadní cestu, kterou se má neurochirurg vydat, aby nezasáhl některé z důležitých center mozku.

V teoretické části jsem se věnovala jak anatomii mozku, tak jeho patologiím, ale především pro mě bylo důležité, abych popsala, jak vlastně magnetická rezonance funguje a jak se dá udělat speciální vyšetření, kterým je právě funkční MR.

V praktické části jsem popisovala průběh vyšetření a úlohu radiologického asistenta. Dále jsem provedla experiment na zdravém subjektu, kdy jsem zjišťovala, zda je metodika funkční MR správná či nikoli.

Toto téma pro mě určitě bylo přínosem o nové poznatky z oblasti zdravotnictví.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. DRUGA, Rastislav, Miloš GRIM a Petr DUBOVÝ. Anatomie centrálního nervového systému. 1. vyd. Praha: Galén, c2011, 219 s. ISBN 978-80-7262-706-6.
2. NEKULA, Josef a Jana CHMELOVÁ. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007, 67 s. ISBN 978-80-7368-335-1.
3. SEIDL, Zdeněk a Jiří OBENBERGER. Neurologie pro studium i praxi. Vyd. 1. Praha: Grada, 2004, 363 s. ISBN 80-247-0623-7.
4. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
5. ŽIŽKA, Jan, Jaroslav TINTĚRA a Marek MECHL. Jan Žižka, Jaroslav Tintěra, Marek Mechl et al. PROTOKOLY MR ZOBRAZOVÁNÍ. POKROČILÉ TECHNIKY. Galén, 2015. ISBN 9788074921797.
6. VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. Moderní diagnostické metody. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-225-6.

Internetové zdroje:

7. Avminority.cz/co-je-avm/. Avminority [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: <http://avminority.cz/co-je-avm/>
8. Kavernomy kmene. [Http://www.fnkv.cz/](http://www.fnkv.cz/) [online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: http://www.fnkv.cz/soubory/343/kavernomy_kmene.pdf
9. Magnetická rezonance. Practicus [online]. 2008, 2008(7), 3 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://web.practicus.eu/sites/cz/Documents/Practicus-2008-07/34-magneticka-rezonance.pdf>
10. Pfyziollfup.upol. Pfyziollfup.upol [online]. [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://pfyziollfup.upol.cz/castwiki/?p=6008>
11. Zákony pro lidi. Zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96>