

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDÍÍ  
Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

**Vojtěch Tůma**

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**ZOBRAZOVÁNÍ NÁDORŮ MOZKU NA MAGNETICKÉ  
REZONANCI**  
Bakalářská práce

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Jiří Ferda, PhD.

**PLZEŇ 2013**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2012/2013

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch TŮMA**  
Osobní číslo: **Z10B0246P**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Zobrazování nádorů mozku na magnetické rezonanci**  
Zadávající katedra: **Katedra záchranářství a technických oborů**

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

- Zpracovat seznam odborné literatury na vybrané téma
- Stanovit cíl kvalifikační práce
- Zpracovat teoretickou a praktickou část práce dle požadavků FZS
- Popsat metodiku praktické části
- Vypracovat diskuzi a závěr kvalifikační práce
- Dodržet formální úpravu kvalifikační práce dle požadavků FZS
- Dodržet citační normu

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- MUMENTHALTER Marco, MATTLE Heinrich, Neurologie, Přel. Hinterbuchner Eugen, 1. vyd., Grada Publishing, 2001, 672 s., Přel. z.: Neurologie ISBN 80-7169-545
- FENEIS Heinz, Anatomický obrazový slovník, Přel. R. Čihák, 1. vyd., Avicenum, 1981, 478 s., Přel. z: Anatomisches Bildwörterbuch ISBN 08-096-81
- ČIHÁK Radomír, Anatomie 1, 2. vyd., Grada Publishing, 2001, 497 s., ISBN 80-7169-970-5
- ČIHÁK Radomír, Anatomie 3, 1. vyd., Grada Publishing, 1997, 672 s., ISBN 80-7169-140-2
- VOKURKA Martin, HUGO Jan, Praktický slovník medicíny, 5. vyd., Maxdorf, 1998, 490 s., ISBN 80-85800-81-0
- VARSÍK Pavel, Neurológia, 1. vyd., Lufema, 1997, 648 s., ISBN 80-966972-8-5
- VYMAZAL, Jozef. Magnetická rezonance nervové soustavy, radiologické a klinické aspekty (I. Mozkové nádory), Praha : M-Diag Publishing, 2006 ISBN 80-903811-0-3.


Vedoucí bakalářské práce: **Doc. MUDr. Jiří Ferda, PhD.**

Datum zadání bakalářské práce: **31. ledna 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2013**

  
Doc. MUDr. Luboš Holubec, CSc.  
děkan



  
PhDr. Alena Pišťalíková  
vedoucí katedry

dne **31. 01. 2013**

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité  
prameny jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 27. 3. 2013

.....

vlastnoruční podpis



Děkuji Doc. MUDr. Jiřímu Ferdovi PhD. za odborné vedení mojí práce, poskytování cenných rad, klinických a materiálních podkladů. Dále děkuji zaměstnancům Kliniky zobrazovacích metod Fakultní nemocnice v Plzni za vstřícný přístup a za pomoc při řešení problémů během vyhotovování mojí bakalářské práce.

V neposlední řadě děkuji i své rodině za podporu ve studiu.

# Anotace

Příjmení a jméno: Tůma Vojtěch

Katedra: Záchranářství a technických oborů

Název práce: Zobrazování nádorů mozku na magnetické rezonanci

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Jiří Ferda PhD.

Počet stran: číslované 68, nečíslované 18

Počet příloh: 12

Počet titulů použité literatury: 22

Klíčová slova: magnetická rezonance, mozek, nádory mozku

Souhrn: S objevem a medicínským využitím magnetické rezonance se otevřely nové obzory v diagnostice nejrůznějších onemocnění lidského těla. Magnetická rezonance mozku se v současné diagnostice nádorových onemocnění nezastupitelnou metodou, bez které si jejich léčbu ani nelze představit. Podává nám nové informace o onemocnění a spolu s ostatními diagnostickými metodami zaručuje komplexní přístup k léčbě nádorového onemocnění. S rozvojem techniky se objevují stále nové možnosti využití magnetické rezonance při diagnostice a léčbě novotvarů v mozku. Tato práce obsahuje v teoretické části popis anatomie mozku, problematiku nádorů mozku a technické principy a možnosti magnetické rezonance. V praktické části demonstruje význam vyšetření pacientů s nádorem mozku na magnetické rezonanci.

# Annotation

Surname and name: Tůma Vojtěch

Department: Department of Paramedical Rescue Work and Technical Studies

Title of thesis: Magnetic Resonance Imaging of Brain Tumors

Consultant: Doc. MUDr. Jiří Ferda PhD.

Number of pages: numbered 68, not numbered 18

Number of appendices: 12

Number of literature items used: 22

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Brain, Brain Tumors

Summary: With the discovery of magnetic resonance imaging (MRI) and its use in medicine, new horizons in the diagnostics of various diseases of the human body have opened up. Brain MRI has become an irreplaceable method in the current diagnostics of cancer without which the treatment is hard to imagine. It gives us new information about the disease and assures a comprehensive approach to cancer treatment along with the other diagnostic methods. New possibilities of MRI use in the diagnosis and treatment of brain neoplasms still arise with the development of technology. This paper deals with the description of the brain anatomy, brain tumours issues, technical principles and the possibilities of MRI, in the theoretical part. While in the practical part it demonstrates the importance of the examination of patients with brain tumours using MRI.

# OBSAH

ÚVOD .....	11
Teoretická část .....	12
1 Anatomie mozku .....	12
1.1 Základní rozdělení nervové soustavy .....	12
1.2 Nervová buňka .....	12
1.3 Neuroglie .....	13
1.3.1 Astrocyty .....	13
1.3.2 Oligodendrocyty .....	13
1.3.3 Mikroglie .....	13
1.3.4 Ependym .....	13
1.3.5 Periferní glie .....	14
1.4.1 Mozkový kmen .....	14
1.4.3 Mezimozek .....	15
1.4.4 Koncový mozek .....	15
1.4.5 Mozkové dutiny .....	16
1.4.6 Mozkové obaly .....	16
1.4.7 Cévní zásobení mozku .....	17
2 Nádory mozku .....	18
2.1 Klasifikace nádorů mozku .....	18
2.2 Epidemiologie mozkových nádorů .....	19
2.3 Příčiny vzniku a klinické příznaky nádorů mozku .....	20
2.4 Diagnostika nádorů mozku .....	21
2.4.1 Historie zobrazování nádorů mozku .....	21
2.4.2 Klasická radiologie .....	22
2.4.3 Výpočetní tomografie (CT) .....	22
2.4.4 Magnetická rezonance .....	22
2.4.5 Digitální subtrakční angiografie (DSA) .....	23
2.4.6 Radionuklidové zobrazení .....	23
2.4.7 Ultrasonografie .....	23
2.4.8 Vyšetření mozkomíšního moku .....	23
2.4.9 Stereotaktická biopsie .....	23
2.5 Léčba mozkových nádorů .....	24
2.5.1 Chirurgická léčba .....	24

2.5.2	Radioterapie.....	24
2.5.3	Chemoterapie .....	24
2.5.4	Radiochirurgie gama nožem.....	25
3	Magnetická rezonance – technika .....	26
3.1	Základní princip.....	26
3.2	Základní sekvence používané na MR .....	28
3.2.1	SE sekvence .....	28
3.2.2	GE sekvence.....	28
3.2.3	Sekvence s předpřípravou magnetizace .....	29
3.2.4	Sekvence s magnetizačním transferem.....	29
3.2.5	Sekvence FLASH.....	29
3.2.6	Steady-state sekvence.....	30
3.2.7	Rychlé SE sekvence .....	30
3.2.8	Echoplanární sekvence.....	30
3.3	Speciální techniky .....	30
3.3.1	MR angiografie.....	30
3.3.2	Difúze.....	31
3.3.3	Perfuze .....	31
3.3.4	Funkční magnetická rezonance.....	31
3.3.5	MR spektroskopie .....	31
4	Předpoklady MR vyšetření nádorů mozku .....	33
4.1	Kontraindikace k MR vyšetření .....	33
4.1.1	Absolutní kontraindikace .....	33
4.1.2	Relativní kontraindikace .....	33
4.1.3	Bezpečné indikace .....	34
4.1.4	Není kontraindikace .....	34
4.1.5	Odpovědnost.....	34
4.1.6	Ostatní kontraindikace.....	35
4.2	Kontrastní látky .....	35
4.2.1	Složení a vlastnosti .....	35
4.2.2	Dělení kontrastních látek.....	36
4.2.3	Indikace kontrastních látek u zobrazování mozku .....	36
4.2.4	Kontraindikace a nežádoucí účinky podání kontrastních látek.....	36
4.3	Příprava pacienta na MR mozku .....	37
4.4	Pohyb cizího personálu na MR pracovišti .....	37
4.5	MR přístroje používané ve FN Píseň .....	38

4.5.1	SIEMENS MAGNETOM Avanto .....	38
4.5.2	SIEMENS MAGNETOM Skyra .....	38
5	Vlastní vyšetření mozku .....	39
5.1	Úvod .....	39
5.2	Průběh vyšetření .....	39
5.3	Vyšetřovací protokoly .....	40
5.3.1	Protokol TUMOR na MR 1,5 T .....	40
5.3.2	Protokol SELLA na MR 1,5 T .....	41
5.3.3	Protokol TUMOR na MR 3 T .....	41
5.3.4	Protokol SELLA na MR 3 T .....	42
5.3.5	Flow .....	43
5.3.6	MR angiografie .....	43
5.3.7	Peroperační sella na 1,5 T .....	43
5.3.8	Funkční vyšetření mozku .....	43
5.3.9	Zobrazení kortikospinálního traktu, DTI .....	45
5.3.10	MR spektroskopie .....	45
	Praktická část .....	46
6	Cíl práce .....	46
7	Kazuistiky .....	47
7.1	Kazuistika 1 .....	47
7.2	Kazuistika 2 .....	51
7.3	Kazuistika 3 .....	55
7.4	Kazuistika 4 .....	59
7.5	Kazuistika 5 .....	62
8	Diskuze .....	66
	Závěr .....	68
	Seznam použité literatury a pramenů .....	69
	Seznam použitých zkratk .....	72
	Seznam příloh .....	74
	Přílohy .....	75

## ÚVOD

Mozek je nejdůležitější orgán lidského těla. Řídí celý organizmus, umožňuje nám vnímat okolní prostředí, přemýšlet, prožívat různé pocity a podobně. Nádorové onemocnění mozku je velmi závažná diagnóza. Pokud se u pacienta projeví, ovlivní to velmi život nejen jeho a jeho rodiny, ale i blízkého či vzdálenějšího okolí.

Následný vývoj a léčba onemocnění záleží na mnoha vlivech. K úspěšné léčbě nádorů mozku přispívá velkou měrou včasné a přesné stanovení diagnózy pacienta. K tomu je důležité jak odborné klinické vyšetření, tak i kvalitní diagnostika. A tou je právě magnetická rezonance. Nabízí nám mnohé možnosti vyšetření mozku a upřesňuje a potvrzuje nálezy získané z jiných vyšetřovacích metod.

Toto téma jsem si vybral proto, že se mi zdá velmi zajímavé, stále aktuální a že pracuji ve FN Plzeň na magnetické rezonanci od roku 1999 a pozoruji neustálý vývoj a dynamiku této diagnostické metody.

V teoretické části jsem se zaměřil na anatomii mozku, klinickou problematiku nádorů mozku, teoretické a technické základy magnetické rezonance.

V praktické části se pokusím na několika klinických případech poukázat na význam a nezbytnost vyšetření magnetickou rezonancí při diagnostice nádorů mozku.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ANATOMIE MOZKU

### 1.1 Základní rozdělení nervové soustavy

Nervová soustava zprostředkovává vztahy mezi organizmem a jeho okolím a řídí a ovlivňuje vztahy mezi jednotlivými částmi organismu. Nervovou soustavu rozdělujeme na centrální nervovou soustavu (*systema nervosum centrale*) a periferní nervový systém (*systemy nervosum perifericum*). V centrální nervové soustavě (CNS) rozlišujeme dvě hlavní části: mozek (*encephalon*), který je uložen v lebeční dutině, a hřbetní mícha (*medulla spinalis*), která je uložena v páteřním kanálu. Periferní nervový systém obsahuje nervová vodivá vlákna, periferní nervy, které vystupují a vstupují do centrální nervové soustavy a zprostředkovávají spojení CNS a zbytku organismu. Periferní nervy jsou dvojího typu: mozkomíšní a autonomní. Mozkomíšní nervy dále dělíme na hlavové nervy (*nervi craniales*) a míšní nervy (*nervi spinales*). Autonomní nervy rozlišujeme sympatické a parasympatické. Autonomní nervy jsou do určité míry nezávislé na CNS a představují systém visceromotorický a viscerosensitivní. <sup>(1)</sup>

### 1.2 Nervová buňka

Nervová buňka (*neuron*) je základní stavební kámen nervové soustavy. Neuron je vzrušivý: má schopnost přijmout a přeměnit podnět na elektrochemický akční potenciál. Neuron je dále vodivý: vede dále již dříve vyvolaný nervový vzruch. <sup>(1)</sup>

Nervová buňka má tělo a výběžky. Tělo obsahuje buněčné jádro, tzv. perikaryon. Výběžky neuronu jsou dvojího typu: neurity (*axony*) a dendrity. Dendrity vedou vzruchy a podněty směrem do těla buňky a nervová buňka jich má většinou několik. Neurit má nervová buňka jen jeden a vede vzruch směrem od buňky dále. Je obalen myelinovou pochvou, která je produktem gliových buněk, tzv. oligodendroglíí. Místo, kde dochází k přenosu vzruchu mezi neurony se nazývá synapse. <sup>(1)</sup>



## **1.3 Neuroglie**

Neuroglie je soubor buněk v centrální nervové soustavě, které mají různé podpůrné funkce pro nervové buňky. Jako například obranné, podpůrné, vyživovací a obalové funkce. <sup>(1)</sup>

### **1.3.1 Astrocyty**

Astrocyty pocházejí z neuroektodermu. Mají malé buněčné tělo a hvězdicovité výběžky směřující do všech stran a lemující výběžky nervových buněk. Těm udržují vhodné prostředí, jako iontovou rovnováhu, izolaci od okolí. Mají též funkci imunobiologickou a ochrannou. Na povrchu CNS tvoří tzv. membrana limitans gliae perivascularis, souvislou vrstvu výběžků, která se stýká s pia mater. <sup>(1)</sup>

### **1.3.2 Oligodendrocyty**

Oligodendrocyty vznikají také z neuroektodermu jako astrocyty. Jsou to menší buňky, které mají menší počet výběžků a velké jádro. Oligodendrocyty tvoří myelinové pochvy axonů. Dále regulují výživu nervových vláken. Spolu s astrocyty tvoří tzv. hematoencefalickou bariéru. <sup>(1)</sup>

### **1.3.3 Mikroglie**

Mikroglie jsou buňky podobné astrocytům a oligodendrocytům. Jsou ale menší s výrazně dlouhými výběžky. Jsou mesenchymového původu. Zastávají funkci makrofágů, které jsou důležité při degenerativních a zánětlivých procesech. Fagocytují poškozené části nervových buněk. <sup>(1)</sup>

### **1.3.4 Ependym**

Ependym je soubor buněk, které vyplňují mozkové dutiny jako mozkové komory a centrální míšní kanálek. <sup>(1)</sup>

### **1.3.5 Periferní glie**

Periferní glie jsou podpůrné a doprovodné buňky neuronů mimo centrální nervovou soustavu. <sup>(1)</sup>

## **1.4 Vlastní anatomie mozku**

Makroskopicky se mozková tkáň rozlišuje na šedou hmotu mozkovou a bílou hmotu mozkovou, (substantia grisea a substantia alba). Šedá hmota mozková obsahuje okrsky perikarií neuronů a různých útvarů neuroglií. Táž obsahuje terminální úseky axonů, dendrity a jejich trny, výběžky neuroglií a kapiláry. Bílou hmotu mozkovou tvoří axony s myelinovými pochvami. Tyto axony se sdružují do svazků a označujeme je jako nervové dráhy. Nervové dráhy dělíme podle toho kam vedou vzruchy. Přívodné ( aferentní) přivádí vzruch do jader šedé hmoty z jiných neuronů a odvodné ( eferentní) odvádí vzruchy z různých skupin neuronů do jiných jader. Podle směru vedení můžeme dráhy rozdělit také na vzestupné (ascendentní), které vedou informace do vyšších oddílů v mozku, a sestupné (descendentní), které vedou informace směrem dolů k výkonným orgánům. Ascendentní dráhy také nazýváme dráhy sensitivní a descendentní nazýváme motorické. <sup>(1)</sup>

Při popisu se budeme držet od vývojově nejstarších po nejmladší části mozku. <sup>(1)</sup>

### **1.4.1 Mozkový kmen**

Mozkový kmen navazuje na hřbetní míchu. Jeho části jsou prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek. K mozkovému kmeni je dorsálně připojen mozeček. Prodloužená mícha (medulla oblongata) pokračuje ze hřbetní míchy. Ze předu je uložena na clivus týlní kosti. Ze hřbetní míchy pokračuje dále míšní kanálek, který se v prodloužené míše rozšiřuje ve IV. komoru mozkovou. Dorsální strana prodloužené míchy přechází plynule ve Varolův most. Varolův most (pons Varoli) vytváří na sagitálním pohledu viditelný val. Kraniálně plynule navazuje na střední mozek. Střední mozek (mesencephalon) je největší část mozkového kmene. Kraniálně se spojuje s mezimozkem. Ze strany a zezadu je krytý

koncovým mozkem. Přední část je vidět na mozkové bazi. Probíhá zde mokovod středního mozku (aquaeductus mesencephali), který spojuje III. a IV. komoru mozkovou. <sup>(1)</sup>

#### **1.4.2 Mozeček**

Mozeček (cerebellum) je uložen v zadní jámě lební. Mozeček rozdělujeme na dvě mozečkové polokoule (hemisphaeria cerebelli) a na mozečkového červa (vermis cerebelli). Mezi hemisférami mozečku je falx cerebelli. Povrch mozečku pokrývají četné brázdy, které od sebe oddělují jednotlivé úseky mozečku. Povrch pokrývá šedá hmota. Uvnitř mozečku se nachází hmota bílá. Mozeček je důležitý pro řízení a kontrolu pohybové aktivity. <sup>(1)</sup>

#### **1.4.3 Mezimozek**

Mezimozek (diencephalon) se nazývá část uložená mezi mozkovým kmenem a koncovým (velkým) mozkem, který jej přikrývá a částečně s ním srůstá. Mezimozek dělíme na epithalamus, thalamus, subthalamus a hypothalamus. Epithalamus tvoří strop III. komory mozkové. Thalamus je tvořen ze dvou párových útvarů, které se rozšiřují a tvoří postraní stěny III. komory mozkové. Po stranách thalamus sousedí s bazálními ganglii koncového mozku. Thalamická jádra šedé hmoty mají motorické funkce. Subthalamus nacházíme rostrálně a kaudálně od thalamu. Hypothalamus vytváří dno III. komory mozkové. K hypothalamu jsou připojeny žláza z vnitřní sekrecí, hypofýza, a chiasma opticum - místo, kde se kříží zrakové nervy. Jádra šedé hmoty hypothalamu mají funkci nadřazeného centra pro činnost autonomních nervů, neuroendokrinní regulace, kontroly čichových drah a kontroly limbického systému. <sup>(1)</sup>

#### **1.4.4 Koncový mozek**

Koncový mozek (telencephalon) se také někdy nazývá velký mozek. Rozděluje se na střední nepárovou část a dvě párové hemisféry. Střední část koncového mozku tvoří přední část III. komory. Základy hemisfér se dělí na tři části pallium, bazální ganglia, a septum, které odděluje obě hemisféry. Uprostřed pallida je příčný svazek myelinisovaných vláken, tzv. corpus calosum. Bazální

ganglia se dělí na několik útvarů: nucleus caudatus, putamen, globus pallidum a corpus amygdaloideum. <sup>(1)</sup>

Mezi oběma hemisférami je fissura longitudinalis cerebri. Na hemisférách rozpoznáváme mozkové laloky (lobi): čelní lalok (lobus frontalis), temenní lalok (lobus parietalis), týlní lalok (lobus occipitalis), spánkový lalok (lobus temporalis) a insulu (lobus insularis). Mozkové laloky jsou uloženy v různých částech lebky. Čelní - přední jáma lebeční, spánkové - střední jáma lebeční, týlní - nad zadní jámou lebeční a mozkový kmen s mozečkem – zadní jáma lebeční. Povrch hemisfér není rovný a vytváří mozkové rýhy (sulci cerebri) a mozkové závitky (gyri cerebri). <sup>(1)</sup>

#### **1.4.5 Mozkové dutiny**

Z míchy, centrálním míšním kanálkem, pokračuje IV. komora mozková. Ta poté pokračuje kraniálně přes kanálek, který se nazývá aquaeductus mesencephali, do III. komory mozkové. III. komora přechází přes foramina interventricularia do pravé a levé postranní komory (I. a II.). V mozkových komorách se tvoří čirá, lehce alkalická tekutina – mozkomíšní mok, která má funkci v metabolismu CNS. <sup>(1)</sup>

#### **1.4.6 Mozkové obaly**

Mozková tkáň je pokryta obaly: tvrdá plena, pavučnice a omozečnice. Tvrdá plena mozková (dura mater cranialis) ležící k periostu lebečních kostí. Ve tvrdé pleni jsou patrné vstupy velkých cév a hlavových nervů. Do dutiny lebky vystupují řasy tvrdé pleny: falx cerebri (odděluje hemisféry), tentorium cerebelli (odděluje telencephalon od mozečku), diaphragma sellae (nad tureckým sedlem), cavitas trigeminalis (na hrotu pyramidy) a vagina externa nervi optici (obaluje optický nerv). Pavučnice (arachnoidea) je tenká bezcévná blána. Zevně naléhá na tvrdou plenu. Zevnitř je spojená trámčinou s omozečnicí. Omozečnice (pia mater) je tenká vazivová blána, která naléhá na povrch mozku. Obsahuje cévy, které vstupují do povrchu mozku. <sup>(1)</sup>

### 1.4.7 Cévní zásobení mozku

Krev do mozku přivádí čtyři hlavní tepny. Jsou to: pravá a levá arteria vertebralis a pravá a levá arteria carotis interna. Arterie vertebrales se spojují v arterii basilaris. Pravá a levá arteria carotis interna a arteria basilaris se dále větví a vytváří tzv. Willisův okruh. Tento okruh vyrovnává tepové vlny a udržuje rovnoměrné zásobení tepen, které z okruhu vycházejí. <sup>(1)</sup>

Žíly mozku rozdělujeme na žíly mozkového kmene a žíly mozkových hemisfér. Žíly mozkového kmene jsou dále rozděleny na žíly prodloužené míchy, žíly pontu, žíly středního mozku a žíly mozečku. Žíly koncového mozku můžeme rozlišit na povrchové a hluboké. Žíly se dále stékají do žilních splavů ze kterých je krev odváděna směrem k srdci. <sup>(1)</sup>

## 2 NÁDORY MOZKU

### 2.1 Klasifikace nádorů mozku

Mozkové nádory můžeme dělit podle různých kritérií. V první řadě můžeme rozdělovat nádory mozku na maligní a benigní. Toto rozdělení však u mozkových nádorů má jiný význam než u nádorů ve zbytku organismu, kde znakem malignity nádorů je tvorba metastáz a infiltrace do okolí. U mozku se spíše jedná o klinické působení nádoru. To znamená, že například benigní nádor může svým uložením, růstem, nebo když postihne nějaké důležité centrum zapříčinit smrt pacienta. Tudíž se vlastně projeví maligně. Spíše se používá termínu maligní/benigní v závislosti na histologickém zhodnocení rychlosti proliferace, stupně diferenciace a s tím souvisejícím sklonem k recidivě a infiltrativnímu růstu. U nádorů CNS na rozdíl od solidních nádorů, kde se dělí nádory na benigní a maligní (u těch dále pak určujeme histologicky stupeň diferenciace), uvádí WHO (Světová zdravotnická organizace) čtyři stupně klasifikace tumorů I – IV: benigní, semibenigní, semimaligní a vysoce maligní. Toto rozdělení odpovídá i histologickému gradingu G1-G4 (dobře diferencovaný, mírně diferencovaný, špatně diferencovaný a nediferencovaný). Nádory mozku se většinou nešíří mimo CNS. Z klasické TNM klasifikace má tedy smysl jen klasifikace T, tedy velikost nádoru a to ještě v závislosti na tom, zda je uložen supratentoriálně resp. infratentoriálně. T1- menší než 5 cm resp. 3 cm, T2 – větší než 5 cm resp. 3 cm, T3 – nádor infiltruje komorový systém, T4 – nádor překračuje střední čáru mozku infiltruje kolaterálně. <sup>(3)</sup>

Dále můžeme nádory mozku rozdělovat na extraaxiální a intraaxiální. Extraaxiální vychází z mozkových obalů a nervů. Intraaxiální nádory vznikají především z vlastní mozkové tkáně. <sup>(2)</sup>

V současné době se používá také klasifikace nádorů mozku a okolních struktur, kterou ratifikovala WHO poprvé v roce 1993. Pomocí této klasifikace lze poznat nejen daný typ nádoru, ale i s tím určit danou prognózu a léčbu. Pro

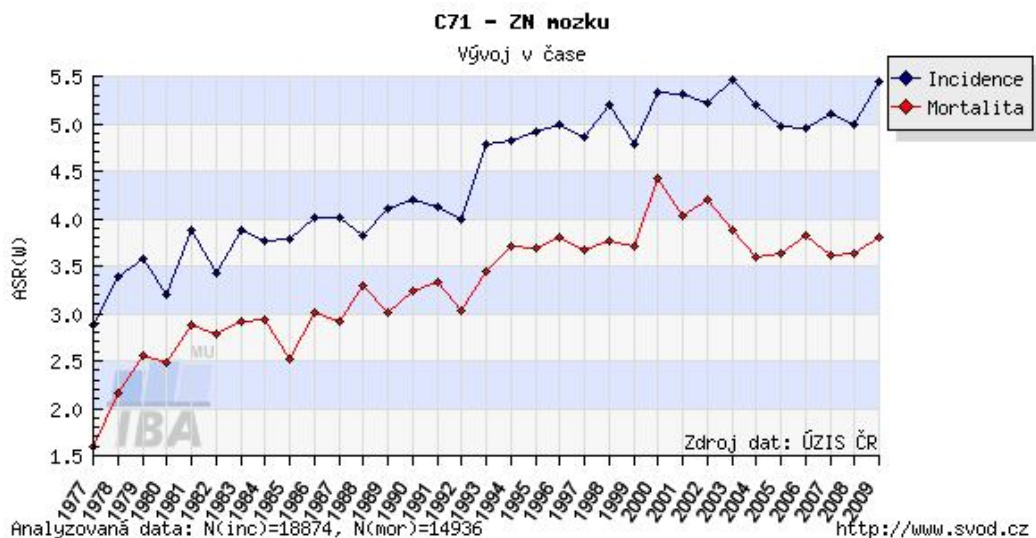
jednotlivé druhy nádorů udává WHO také jejich grading, tedy stupeň diference. <sup>(2) (3)</sup>

V poslední řadě nádory mozku dělíme na primární a sekundární. Primární nádory mozku jsou intrakraniální expanzivní procesy, které vyrůstají z mozkové nebo gliové tkáně. Sekundární nádory jsou metastázy nádorů do mozkové tkáně. Jejich výskyt je přibližně 10x větší než u primárních mozkových nádorů. <sup>(3)</sup>

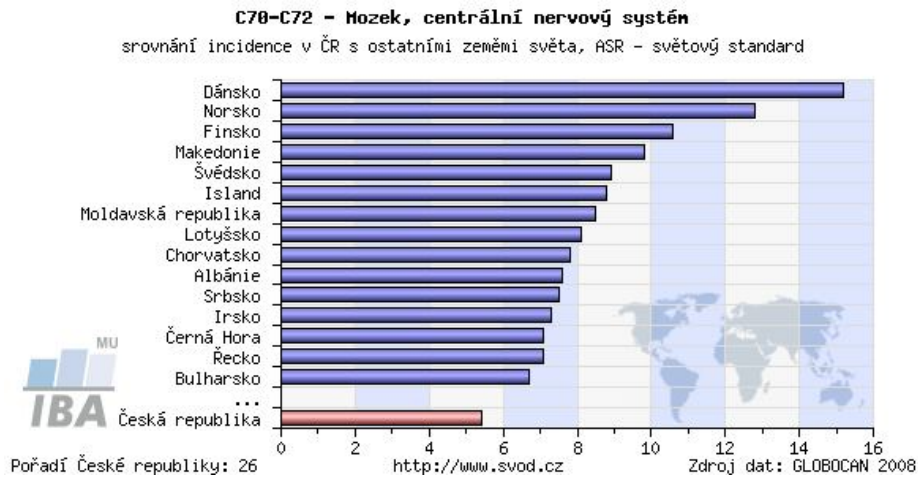
Mezi nejčastěji metastazující nádory do mozku jsou nádory prsu a plic. Dále se sem mohou šířit lymfomy a leukémie. <sup>(7)</sup>

## 2.2 Epidemiologie mozkových nádorů

Primární nádory mozku tvoří poměrně malé procento vůči celkovému počtu zhoubných nádorů. Je to přibližně 1,4 – 4,2 % celkového počtu.



Graf 1: vývoj v čase incidence a mortality nádorů mozku v ČR <sup>(6)</sup>



Graf 2: Srovnání výskytu nádorů mozku v ČR ve srovnání s jinými státy <sup>(6)</sup>

### 2.3 Příčiny vzniku a klinické příznaky nádorů mozku

Na vzniku nádorových onemocnění mozku se podílí velká řada příčin. Mohou to být různé chemické látky (např. etylnitrózomocovina, polychlóvané bifenyly nebo vinilchlorid), radioaktivní záření nebo onkogenní viry. Důležitým faktorem mohou být i genetické vlivy. <sup>(3)</sup>

Prvním symptomem onemocnění bývá bolest hlavy. Tato bolest je zpravidla difúzní a bývá způsobena růstem nádoru. Dalším příznakem mohou být psychické změny, od krátkodobých změn nálad přes agresivitu až po kompletní změnu osobnosti. Celková síla změn záleží i na lokalizaci léze. Zvláště patrné je to u nádorů čelních laloků. Velmi důležitý příznak choroby je tzv. nitrolební hypertenze. Ta se projevuje u pokročilejších stavů. Nitrolební hypertenze má řadu příznaků: zvracení bez neusey, silná bolest hlavy, zvýraznění ložiskových příznaků a kvantitativní poruchy vědomí. <sup>(3)</sup>

Další symptomy mohou být epileptické záchvaty. Objevují se přibližně u třetiny nemocných. <sup>(3)</sup>

Skupinou příznaků jsou takzvané ložiskové příznaky. Ty se projevují různě podle toho, kde se nádor nachází. Ložiskové příznaky vyvolává nádor lokálním tlakem svým růstem. Například u nádorů, které jsou uloženy v centrální oblasti, se



projevují motorické záchvaty v opačné polovině těla. Psychomotorickou epilepsii vyvolává postižení temporálního laloku. <sup>(3)</sup>

Onemocnění mozečku vyvolává neocerebelární syndrom. Ložiskových příznaků je celá řada a podávají nám první informace o postiženém ložisku. <sup>(3)</sup>

## **2.4 Diagnostika nádorů mozku**

### **2.4.1 Historie zobrazování nádorů mozku**

Historie diagnostického zobrazování hlavy a s tím samozřejmě i mozku začíná vlastně 8. listopadu 1895, kdy C. W. Roentgen objevil záření X a položil základy radiologie. Rozvoj radiologie znamenal obrovský přínos pro rozvoj skoro všech oborů medicíny. <sup>(8)</sup>

Konvenční radiologie je ve své moderní podobě hojně používaná dodnes. Současná technika je vysoce výkonná a bezpečná. Vychází ze zásad radiační hygieny. Donedávna byla vybavena moderními zesilovacími foliemi, zesilovači a vyvolávacími automaty. Dnes se používá většinou ve velkých zdravotnických zařízeních ve formě nepřímé a hlavně přímé digitalizace.

Další průlomový objev je výpočetní tomografie (M. L. Cormack, G. N. Hounsfield). Výpočetní tomografie (CT) byla zavedena do klinické praxe v roce 1973. Na rozdíl od klasické radiologie je zde výstup nesumační, tudíž nám podává nové informace o jednotlivých vrstvách. S rozvojem počítačové a přístrojové techniky se objevily nové možnosti vyšetřování, následného zpracování dat a rekonstruování obrazů v libovolných rovinách. <sup>(8)</sup>

V současné době je nejdokonalejší technikou zobrazování mozku magnetická rezonance. F. Bloch a E. M. Purcell dostali za svůj objev v roce 1952 Nobelovu cenu. <sup>(8)</sup>

Pro použití magnetické rezonance do klinické praxe se zasloužil Paul C. Lauterbur, který provedl první MR řez dvou trubic naplněných vodou v roce 1973. Provedl také první vyšetření živého organismu - laboratorní křisy. <sup>(10)</sup>

V klinické praxi se objevila MR až po roce 1980. Do té doby se používala v laboratořích na spektroskopické metody. I zde se uplatňuje rychlý rozvoj techniky a digitalizace. Objevují se stále modernější a výkonnější MR přístroje.

V současnosti se používají přístroje od 0,2 T do 7 T. V klinické praxi jsou nejčastější přístroje o síle 1,5 T a 3 T. <sup>(8)</sup>

V neposlední řadě je důležité propojení všech diagnostických modalit. To je možné díky systému PACS (picture archiving and communication systém). Díky tomuto systému je možné rychlé prohlížení a srovnávání dat nejen v klinickém zařízení, ale i jinde na místě tisíce kilometrů vzdáleném. <sup>(8)</sup>

#### **2.4.2 Klasická radiologie**

Klasická radiologie se při diagnostice mozkových nádorů již nepoužívá. Informace získané z klasického sumačního snímku lebky jsou v této problematice hrubě nedostatečné. U příznaků, které by mohly poukazovat na postižení mozku není snímek lebky metodou první volby.

#### **2.4.3 Výpočetní tomografie (CT)**

Metodou první volby při diagnostice akutních onemocnění mozku je CT. Vždy se provádí nativní CT, aby se vyloučilo nitrolební krvácení. Na nativním CT nemusí být tumor vždy zřetelný. Je třeba tedy doplnit vyšetření aplikací jódové kontrastní látky. Výsledek tohoto vyšetření je možné doplnit CT angiografií k ozřejmění cévního zásobení mozku. Nevýhodou tohoto vyšetření je možnost vzniku alergické reakce. <sup>(8) (3)</sup>

#### **2.4.4 Magnetická rezonance**

Pro podezření vysloveném na CT, nebo k doplnění diagnózy se používá magnetická rezonance (MR). Jedná se o zlatý standard v zobrazování mozku. Při diagnostice mozkových nádorů se vždy používá komplexní zobrazení včetně podání gadoliniové kontrastní látky, pokud nejsou popsány kontraindikace. Klasické MR zobrazení je možné doplnit dalšími speciálními typy zobrazení jako jsou: MR angiografie, spektroskopie, traktografie nebo funkčním vyšetření mozku.

#### **2.4.5 Digitální subtrakční angiografie (DSA)**

DSA se používá k ozřejmění cévního zásobení mozku nebo přímo nádoru. Nasondováním jednotlivých velkých mozkových tepen a následnou aplikací jódové kontrastní látky získáme detailní informace o cévní struktuře v různých projekcích. Některých případech je možné provést předoperační embolizaci nádorů a tím i usnadnit následnou operaci.

#### **2.4.6 Radionuklidové zobrazení**

Při diagnostice mozkových nádorů lze použít i radionuklidové metody, obzvláště hybridní zobrazení PET-CT. Aplikuje se zde radiofarmakum:  $^{18}\text{F}$ -FDG (fluorodeoxyglukoza) nebo  $^{18}\text{F}$ -FLT (fluorothymidin). Mezi hlavní indikace PET-CT patří: metabolická aktivita, stupeň diferenciacie, efekt léčby, odlišení nekrózy od tumoru, lokální recidivy, postradiační změny. <sup>(8)</sup> <sup>(3)</sup>

#### **2.4.7 Ultrasonografie**

Ultrasonografie mozku se používá jako metoda první volby v pediatrii při vyšetření mozku a komorového systému, pokud je otevřená velká fontanela. V neurochirurgii je možné jí použít USG při peroperačním vyšetření mozku u hluboko uložených lézí. <sup>(8)</sup>

#### **2.4.8 Vyšetření mozkomíšního moku**

Někdy se provádí cytologický rozbor mozkomíšního moku. Používá se hlavně u metastazujících tumorů, leukémií a lymfomů. Některé primární tumory mozku (glioblastom nebo meduloblastom) metastazují do likvorových cest. Tam může cytologický rozbor k diagnostice také přispět. <sup>(3)</sup>

#### **2.4.9 Stereotaktická biopsie**

Pokud jsou v diagnostice nějaké nejasnosti je možné provést stereotaktickou biopsii navedenou zobrazovacími metodami. Ta umožní s velikou přesností odběr tkáně a určení histologické skladby nádoru. Je zde ovšem nebezpečí odběru nekrotizované části tumoru a tím i nepřesného výsledku. <sup>(3)</sup>

## **2.5 Léčba mozkových nádorů**

Léčba mozkových nádorů je vždy komplexní a zahrnuje kombinaci různých metod. K jaké kombinaci je přistoupeno závisí na druhu nádoru, jeho gradingu a stupně pokročilosti onemocnění. <sup>(3)</sup>

### **2.5.1 Chirurgická léčba**

Pokud se přistoupí k chirurgickému řešení, je to z několika důvodů. Není-li jasná histologická diagnóza, je možné provést peroperační biopsii, kterou lze stereotakticky zpřesnit. Další důvod k operaci je snížení objemu nádorové tkáně, aby se dosáhlo snížení nitrolebního tlaku nebo zlepšení účinnosti dalších léčebných postupů. A za určitých podmínek se provádí totální odstranění tumorózní tkáně. Po chirurgickém zákroku se obvykle kontroluje radikalita operace magnetickou rezonancí nebo počítačovou tomografií (hlavně u gliomů). Resekcí se řeší i některé solitární metastázy do mozku. Operuje se především, pokud nejsou známy metastázy v jiných lokalizacích. <sup>(3)</sup>

### **2.5.2 Radioterapie**

Po operaci většinou následuje radioterapeutická léčba. Standardní dávka, která je aplikována, je 50 - 60 Gy za 5 - 6 týdnů. U vysoce maligních nádorů radioterapie prodlužuje přežití pacienta. Ozařuje se zpravidla oblast tumoru s bezpečnostním lemem. Někdy je možné přistoupit k ozáření celého mozku (u leukémie, malobuněčný bronchogenní karcinom). U meduloblastomů a ependymomů se ozařuje celý likvorový prostor. <sup>(3)</sup>

### **2.5.3 Chemoterapie**

Chemoterapie se u mozkových nádorů používá jen paliativně. Je omezená špatným průnikem cytostatik hematoencefalickou bariérou. Proto se kombinuje s radioterapií. Rozděluje na intratékální a nitrožilní. Intratekální se používá u nádorů, které postihují likvorový systém. Do likvorových cest se cytostatika aplikují lumbálními punkcemi. Chemoterapie se nepoužívá u low grade nádorů. <sup>(3)</sup>

#### **2.5.4 Radiochirurgie gama nožem**

Jediná instalace Leksellova gama nože je v Praze v Nemocnici na Homolce. Provádí se zde jednorázové fokusované ozáření jednotlivých ložisek do přibližně 3 centimetrů. K tomu, aby bylo možné gama nůž použít musí být ložisek maximálně 3 – 4. Pacient musí být v celkově dobrém stavu. Indikace gama nože jsou benigní nádory (meningeomy, adenomy hypofýzy a vestibulární schwanomy). U maligních nádorů se používá hlavně pro léčbu mozkových metastáz. <sup>(3) (9)</sup>

## 3 MAGNETICKÁ REZONANCE – TECHNIKA

Pokusím se v několika odstavcích v této kapitole přiblížit základy zobrazování magnetickou rezonancí a popsat po technické stránce základní sekvence používané při vyšetřeních. Jedná se o popis stručný, protože princip přístroje a vyšetřovacích sekvencí je velmi složitý a zdaleka přesahuje rozsah této práce.

### 3.1 Základní princip

Protony, které se nacházejí v atomových jádrech, se projevují jako magnety. V jádrech mají sklon k párování, takže u prvků se sudým protonovým číslem se magnetický moment ruší. Magneticky se chovají tedy prvky s lichým protonovým číslem. Takových prvků je v lidském organismu několik. Zdaleka nejvíce je zastoupen vodík  $^1\text{H}$ . V daleko menší míře lze teoreticky použít  $^{13}\text{C}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{31}\text{P}$ . Magnetické pole okolo jádra se tedy projevuje malým magnetickým momentem. Momenty v organismu jsou uspořádány zcela chaoticky, takže výsledný magnetický moment je nulový. Je třeba jádra vystavit silnému vnějšímu magnetickému poli, kde se jejich momenty vyrovnají do rovnoběžných směrů. Část jich skončí v paralelním uspořádání a část v antiparalelním. Momenty uspořádané proti sobě se vyruší. Jedno z těchto upořádání je nepatrně energeticky výhodnější, a proto jich je na jednu stranu o několik víc. Tkáň začne vykazovat magnetický moment. Výsledný vektor magnetického momentu vykonává pohyb po plášti kužele, takzvanou precesi. Frekvence precesního pohybu se nazývá Larmorova frekvence a je závislá na síle magnetického pole. Pro rezonanci síle 1,5 T je  $f_L = 63,87$  MHz. Čím silnější je magnetické pole, tím je Larmorova precesní frekvence vyšší. Podélná magnetizace tkáně je oproti intenzitě zevního magnetického pole zanedbatelná a tudíž je prakticky nemožné ji změřit. Je třeba ji tedy pomocí radiofrekvenčního pulzu odklonit tak, abychom mohli magnetizaci měřit. Tento radiofrekvenční puls má stejnou frekvenci jako je Larmorova frekvence, aby mohl předat energii elektromagnetického vlnění. Vyslání pulzu do tkáně má dva důsledky: 1. předá energii některým paralelním protonům a otočí jejich magnetický vektor do antiparalelního postavení a způsobí

tím úbytek podélné (longitudinální) magnetizace, 2. elektromagnetický puls způsobí, že protony synchronizují svůj precesní pohyb, magnetické momenty se začnou sčítat ve směru kolmém na průběh siločar vnějšího magnetického pole a vytváří takzvanou příčnou (transverzální) magnetizaci, kterou lze již přímo změřit. Když přestane radiofrekvenční puls působit, nastává proces návratu z vybuzeného stavu zpátky do rovnovážného. Tento děj se nazývá relaxace. Podélná magnetizace postupně narůstá do své původní velikosti. Časová konstanta, jak rychle tento proces probíhá se nazývá  $T_1$  relaxace. Příčná magnetizace postupně ubývá až do úplného vymizení. Rychlost tohoto děje se nazývá  $T_2$  relaxace. <sup>(4)(10)</sup>

Puls, při kterém vektor podélné magnetizace úplně vymizí a při kterém se vektor tkáňové magnetizace otočí o  $90^\circ$  se nazývá  $90^\circ$  puls. Po vymizení příčné a obnovení podélné magnetizace se nám na přijímací anténě objevuje měřitelný signál. Puls který otočí vektor magnetizace o  $180^\circ$  do antiparalelní polohy se nazývá  $180^\circ$  puls. Pokud opakujeme  $90^\circ$  puls za dostatečně dlouhou dobu, za kterou příčná magnetizace zcela zmizí a podélná se obnoví, naměříme znovu úplně stejný signál jako při prvním pulsu. Pokud dobu mezi jednotlivými  $90^\circ$  pulsy zkrátíme, budou se signály vracející se z různých tkání různě lišit. Čím bude u jednotlivé tkáně vektor podélné magnetizace při opakovaném pulsu větší, relaxační čas  $T_1$  kratší a vektor příčné magnetizace větší, tím bude měřitelný signál na přijímací anténě větší. Takto vygenerovaný typ zobrazení nazýváme  $T_1$  vážený obraz. Interval mezi jednotlivými pulsy je tzv. TR (time to repeat).  $T_1$  vážený obraz proto maximalizuje vliv podélné magnetizace na výsledný kontrast. Dále aplikujeme  $90^\circ$  puls a v těsné návaznosti na to  $180^\circ$  puls. Rychle precedující protony se dostanou za pomalejší a začínají je zase znovu „dohánět“. Výsledkem toho je opětovný nárůst příčné magnetizace a tím i nárůst měřitelného signálu. To je základem  $T_2$  váženého obrazu. TE (time to echo) je čas, kdy měříme silný signál po opětovné synchronizaci precedujících protonů. Na kontrast v  $T_2$  váženém obraze má proto vliv transverzální magnetizace. Doba mezi jednotlivými sekvencemi je TR (mezi jednotlivými  $90^\circ$  pulsy). <sup>(4)(10)</sup>

## 3.2 Základní sekvence používané na MR

### 3.2.1 SE sekvence

Sekvence, při níž se používá opakování  $90^\circ$  a  $180^\circ$  pulzů se nazývá SE (spin-echo) sekvence. Je používaná hlavně na 1,5 T přístrojích. Bude-li bude výsledný obraz  $T_1$  nebo  $T_2$  vážený závisí na délce časů TR a TE. Po relativně krátkém intervalu TR získáme v krátkém čase TE obraz, který je  $T_1$  vážený ( např. TR=500 ms, TE=15 ms). Při dlouhém čase TR za dlouhou dobu TE vytvoříme  $T_2$  vážený obraz. (např. TR=2000 ms, TE=90 ms). Poslední druh základního zobrazení spin-echo sekvence je protonová denzita. Po dlouhém čase TR, kdy  $T_1$  vlastnosti tkání vymizely, a relativně krátkém TE, kdy se  $T_2$  vlastnosti ještě neprojeví, získáme obraz podle protonové denzity neboli hustoty. Je to vlastně grafické vyjádření toho, jak jsou dané tkáně bohaté nebo chudé na vodíková jádra.<sup>(4)(10)</sup>

Mezi další sekvence patří IR (inversion recovery) sekvence. Využívá se zde opačného pořadí pulsů než u SE sekvence. Nejprve tedy  $180^\circ$  puls a potom  $90^\circ$  puls. Čas mezi  $180^\circ$  a  $90^\circ$  pulsem nazýváme TI (inversion time). IR sekvence je silně  $T_1$  vážená. Další klasické sekvence jsou saturation recovery sequence a partial saturation sequence. U obou se používá opakovaných  $90^\circ$  pulsů a liší se jen v intervalech TR mezi jednotlivými pulsy. Partial saturation sequence má interval TR krátký ( je  $T_1$  vážená) a saturation recovery sequence tak dlouhý, že se obnovuje podélná magnetizace a výsledný obraz bude závislý na protonové hustotě. IR, saturation recovery sequence a partial saturation sequence jsou sekvence časově náročné a dnes již ustoupily modernějším a rychlejším sekvencím.<sup>(4)(10)</sup>

### 3.2.2 GE sekvence

GE (gradient – echo) sekvence používají ke generování signálu gradientní cívkou, které umožňují změnu magnetického pole v předem určených směrech. Ty nahrazují  $180^\circ$  refokusační puls. Mají zvýšenou citlivost k artefaktům na rozhraní různých tkání.<sup>(4)(10)</sup>



### 3.2.3 Sekvence s předpřípravou magnetizace

Patří sem sekvence, u kterých se používají přípravné pulsy pro potlačení signálu likvoru nebo tuku:

1. sekvence se spektrálním potlačením tuku využívají toho, že rezonanční frekvence vodíkových atomů vázaných v tuku je nepatrně nižší než vázaných ve vodě. Aplikuje se přípravný spektrální saturační puls. Tato technika je velmi citlivá na homogenitu magnetického pole. <sup>(4)</sup>

2. u sekvencí na relaxaci závislém potlačení signálu využíváme toho, že námi satureovaná tkáň (tuk, likvor), je předpřipravená různými pulzy tak, že dochází k eliminaci signálu dané tkáně. Aplikuje se zde předřazený inverzní puls, který způsobí, že při aplikaci excitačního pulsu není tuk nebo voda zdrojem žádného signálu. U potlačení tuku se tato sekvence nazývá STIR (short tau inversion recovery). U potlačení likvoru hovoříme o sekvenci FLAIR (fluid attenuated inversion recovery). <sup>(4)</sup>

### 3.2.4 Sekvence s magnetizačním transferem

Při MT (magnetizačním transferu). Dochází k přenosu magnetizace z protonů volné vody na protony vázané vody. Potlačuje tedy signál volné vody. Tato technika se využívá při MR angiografii k potlačení statické tkáně a po aplikaci kontrastní látky pro zvýraznění patologicky nasycených ložisek. <sup>(4)</sup>

### 3.2.5 Sekvence FLASH

Sekvence FLASH (fast low angle shot) je gradientní technika, při které dochází k excitaci tak, že je vektor magnetizace vychylován jen v malém úhlu. Používá se při vyšetřeních, kdy potřebujeme rychlé sekvence. Jedná se o dynamická vyšetření, vyšetření se zadržením dechu, kontrastní MR angiografie a 3D sekvence. Dále se tato sekvence používá pro zobrazení mozku  $T_1$  vážením u 3 T přístrojů. <sup>(4)</sup>

### **3.2.6 Steady-state sekvence**

Zde se používá opakovaná aplikace excitačních pulzů o malém úhlu. Dochází zde k postupnému zmenšení podélné magnetizace. Vliv  $T_1$  relaxace je téměř potlačen a výsledný obraz je  $T_2$  vážený. Tato sekvence se nazývá FISP (fast imaging with steady-state precession). Sekvence trueFISP používá velký excitační úhel a krátký TR. <sup>(4)</sup>

### **3.2.7 Rychlé SE sekvence**

Tyto sekvence se označují jako TSE (turbo spin echa) nebo FSE (fast spin echa). Tyto sekvence používají vícenásobná echa, které mají rozdílné fázové kódování. Používají delší TR, což zlepšuje jejich kontrast, ale dochází zde k potenciální ztrátě malých detailů. Poskytují lepší kontrast mezi šedou a bílou hmotou mozkovou. Kombinací techniky TSE s technikou half-Fourier vzniká sekvence HASTE. <sup>(4)</sup>

### **3.2.8 Echoplanární sekvence**

Jsou to ultrarychlé sekvence, EPI (echo planar imaging). Které jsou používány při zobrazování difuze (DWI) a při funkčním zobrazování mozku. <sup>(4)</sup>

## **3.3 Speciální techniky**

### **3.3.1 MR angiografie**

Zobrazení tepen a žil, které zásobují mozek je možný dvojím způsobem. Bez použití kontrastní látky a s aplikací kontrastní látky. Na bezkontrastní vyšetření se používají sekvence typu ToF (time of flight) a PC (fázový kontrast). Pracuje na principu toku nesaturované krve do saturované tkáně. Nesaturovaná krev se ve srovnání s okolní tkání jeví hyperintenzivně. Navíc se přidává k dokonalejší saturaci okolní tkáně magnetizační transfer. Navíc je saturován krevní tok opačného směru, který nezobrazujeme. Tato technika se hodí nejvíce na zobrazení tepen a žil mozku (např. saturace žilní krve tekoucí shora dolů).

Další možnost MR angiografie je takzvaný fázový kontrast (PC). Využívá toho, že transverzální magnetizace voxelu u stacionární tkáně bude mít rozdílnou fázi než voxel tekoucí krve. Tato technika se používá ke kvantifikaci toku krve. Na angiografii s použitím kontrastní látky jsou používány rychlé gradientní sekvence typu FLASH 3D, které jsou založené na krátkých TR a TE a umožňujících tak zachytit bolus kontrastní látky. <sup>(4)</sup>

### **3.3.2 Difúze**

Sekvence typu DWI zobrazuje difúzi v mozku, to znamená náhodný pohyb vodních molekul. Používá se na zobrazení cytotoxického edému, který se objevuje například i mozkových ischemií už krátce po jejich vzniku nebo při posuzování buněčnosti nádorů. V průběhu TE jsou zapnuty dva gradienty, které slouží k měření míry difúze. <sup>(4)</sup>

### **3.3.3 Perfuze**

PWI (perfuze) měří kapilární perfuzi. Používá se rychlých EPI sekvencí za současné aplikace kontrastní látky. Provede se opakovaných 50 i více měření a pomocí nich mapujeme průchod kontrastní látky mozkem a vypočítáváme parametrické mapy z křivky prvního průtoku. <sup>(4)</sup>

### **3.3.4 Funkční magnetická rezonance**

Funkční MR mozku (fMRI) umožňuje zobrazení různých funkčních center v mozku. Sekvence typu BOLD (blood oxygenation level dependent) pracuje s rozdílem mezi okysličenou a neokysličenou krví (oxyhemoglobin je diamagnetický a deoxyhemoglobin je paramagnetický). Deoxyhemoglobin způsobuje zkrácení  $T_2$  relaxačního času v gradientní sekvenci a působí tak jako přirozený kontrast. <sup>(4)</sup>

### **3.3.5 MR spektroskopie**

MR spektroskopie je metoda, která nám podává informace o chemickém složení ve sledovaném objemu tkáně. Vychází z toho, že hodnota rezonujících frekvencí je u různých látek různá. Naměřené hodnoty z pacienta se srovnávají se

standarty pro daný přístroj. Výstupem vyšetření je spektroskopická křivka sledovaných metabolitů, která je pro různé patologie různě charakteristická. Používají se sekvence typu SVS (singel voxel), která sbírá data z oblasti tvaru krychle, nebo CSI (chemical shift imaging), která je technicky náročnější a sbírá informace z více voxelů najednou. <sup>(4)</sup>

## 4 PŘEDPOKLADY MR VYŠETŘENÍ NÁDORŮ MOZKU

### 4.1 Kontraindikace k MR vyšetření

Přestože je MR vyšetření velmi přínosné a většinou i nezbytné k upřesnění a stanovení diagnózy při onemocnění mozku, má i svá omezení a kontraindikace. Vzhledem k tomu, že provedení MR vyšetření u kontraindikovaného pacienta na MR je životu a zdraví nebezpečné, rozhodl jsem se o detailnější popis kontraindikací.

Nejdříve se zaměříme na pacienty s různými kovovými a elektronickými implantáty. Pacientům implantovaná cizí tělesa můžeme z hlediska MR vyšetření rozdělit na čtyři skupiny: absolutně kontraindikované, relativně kontraindikované, bezpečné a bez kontraindikace. Na konci kapitoly si popíšeme ostatní kontraindikace. <sup>(11)</sup>

#### 4.1.1 Absolutní kontraindikace

- implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor
- ponechané elektrody po vyjmutí kardiostimulátoru nebo defibrilátoru
- aneurysmatické cévní svorky, pokud není písemně doložená jejich MR kompatibilita
- elektronické implantáty, jako inzulínové pumpy, kochleární implantáty, apod., pokud není písemně doložená jejich MR kompatibilita
- kovová tělesa z jiného než prokazatelně nemagnetického kovu uložené intrakraniálně a intraorbitálně. <sup>(11)</sup>

#### 4.1.2 Relativní kontraindikace

- stenty, kavární filtry, embolizační materiál apod. méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doložená jejich MR kompatibilita
- osteosyntetický materiál, endoprotézy a dentální materiál méně než 6 týdnů po implantaci, pokud není písemně doložená jejich MR kompatibilita

- osteosyntetický materiál, endoprotézy a dentální materiál se známkami uvolňování. <sup>(11)</sup>

#### **4.1.3 Bezpečné indikace**

- stenty, kavární filtry, embolizační materiál apod. déle než 6 týdnů po implantaci
- osteosyntetický materiál, endoprotézy a dentální materiál déle než 6 týdnů po implantaci bez známek uvolňování
- náhrady srdečních chlopní, pokud nebyla udána jejich nekompatibilita
- neaneurysmatické svorky a svorky ve žlučových cestách déle než 6 týdnů po implantaci. <sup>(11)</sup>

#### **4.1.4 Není kontraindikace**

- implantáty, u kterých je písemně potvrzená kompatibilita od výrobce a podpis operátora, který jej implantoval
- nitroděložní tělíška
- stenty, kavární filtry, embolizační materiál, pokud je písemně potvrzená kompatibilita od výrobce, bez ohledu na dobu implantace. <sup>(11)</sup>
- piercing, pevná zubní rovnátka a podobné implantáty jsou relativně bezpečné. Je však nutné posoudit každý případ zvlášť a vzít v úvahu termické působení MR na implantáty. Pacient musí být instruován, že každý nepříjemný nebo nezvyklý pocit musí hned hlásit, abychom předešli poškození organismu. <sup>(11)</sup>

#### **4.1.5 Odpovědnost**

Odpovědnost za informaci o kompatibilitě implantátu nese indikující lékař. Pokud nemáme informace o povaze implantátu, nesmíme vyšetření provést. Pokud se jedná o relativní kontraindikaci, musí indikující lékař rozhodnout, zda riziko převyšuje přínos vyšetření a pacient musí být řádně informován o možných rizicích a alternativách. <sup>(11)</sup>

#### **4.1.6 Ostatní kontraindikace**

- klaustrofobie pacienta (vyšetření pak lze udělat v celkové anestezii)
- neklid pacienta a nemožnost vzájemné komunikace, nespolupracující pacient (vyšetření pak lze udělat v celkové anestezii)
- příliš nízký věk pacienta (vyšetření pak lze udělat v celkové anestezii)
- těhotenství, pacientky je možné vyšetřit až od druhého trimestru těhotenství
- tetování, jedná se o relativní kontraindikaci, u některých starších druhů tetování se může zahřívat, je možné chladit vlhkou buničinou

## **4.2 Kontrastní látky**

### **4.2.1 Složení a vlastnosti**

Na rozdíl od ostatních kontrastních látek, používaných v radiodiagnostice, které zobrazujeme na obraze, preparáty používané na magnetické rezonanci nejsou zobrazovány, ale mění magnetické vlastnosti látek. Působí zkrácení relaxačního času  $T_1$ . Tím mění signální intenzitu ve tkáních, kde se vychytávají. Jedná se o látky s velkým elektronovým magnetickým dipolovým momentem. Mají výjimečné magnetické vlastnosti. Jádra, která mají lichý počet protonů, mají nenulový magnetický moment, který vykonává ve vnějším magnetickém poli precesi Larmorovou frekvencí. Elektrony v tomto poli tvoří magnetické dipoly, jejichž momenty mají mnohem větší sílu než jaderné momenty. Tuto vlastnost sloučenin nazýváme paramagnetismus. Paramagnetismus vzniká u atomů s nespárovanými elektrony. U těchto látek se projevuje magnetizace ve vnějším magnetickém poli. Způsobuje jí převaha paralelní orientace paramagnetických dipolových momentů. Nejpoužívanější paramagnetická látka je gadolinium. Vzhledem k vysoké toxicitě volného gadolinia je třeba používat formu chelátových sloučenin. <sup>(4)</sup>

#### **4.2.2 Dělení kontrastních látek**

Kontrastní látky můžeme dělit různě. Pro naši potřebu si je rozdělíme podle toho, kam jsou distribuovány. Jsou to extracelulární orgánově nespecifické a intracelulární orgánově specifické. Extracelulární kontrastní látky dále dělíme na nízkomolekulární a vysokomolekulární. Nízkomolekulární látky jsou cheláty gadolinia. Jsou to například: Gd-DTPA, kyselina diethylentriaminopentaoctová (Magnevist), Gd-DTPA-BMA (Omniscan), Gd-DO3A-butriol (Prohance), Gg-BOPTA (Multihance), Gadobutrol (Gadovist) a jiné. Vysokomolekulární látky jsou sloučeniny gadolinia, které se váží v těle na bílkoviny. Vzhledem k velikosti molekul nemohou difundovat do intersticia a zvyšuje se tím intravaskulární poločas. Jako příklad můžeme uvést Gadofosfeset (Vasovist) . Intracelulární kontrastní látky jsou vychytávány v určitých orgánech. Například Gd-EOB-DTPA (Primovist) je vychytáván hepatocyty. <sup>(4)</sup>

#### **4.2.3 Indikace kontrastních látek u zobrazování mozku**

Pokud není v mozku porušena hematoencefalická bariéra, chovají se extracelulární látky jako intravaskulární. Pokud se vlivem tumoru nebo jiné patologie bariéra poruší, dojde zde k prostupu kontrastní látky do mozkové tkáně a zvýraznění kontrastu na výsledných obrazech. Dále se používá kontrastní látka ke kontrastní MR angiografii (CEMRA). Kontrastní látka se dává v množství 0,1 mmol/kg to znamená 0,2 ml/kg s výjimkou gadovistu, který je jednodimolární a tudíž je ho možné podat poloviční dávku. Dávku je možné zvýšit až na 0,3 mmol/kg pro citlivější detekci ložiskových lézí nebo pro angiografii. Naopak u 3 T přístrojů je možné jí snížit. <sup>(4)</sup>

#### **4.2.4 Kontraindikace a nežádoucí účinky podání kontrastních látek**

Obecně je počet alergických reakcí na tyto látky mnohem menší než na jodové kontrastní látky používané na CT. Ovšem při známé alergii na některou ze složek KL jí nesmíme podat. Další kontraindikací je těhotenství. Zde KL nepodáváme, pouze v neodkladných případech. U kojících žen je třeba po podání KL na 24 hodin vysadit kojení. KL nesmíme podat při snížené funkci ledvin. Po



podání KL se objevil u pacientů se sníženou funkcí ledvin zvýšený výskyt nefrogenní systémové fibrozy. Při podání KL se mohou velmi výjimečně objevit i nějaké nežádoucí účinky jako u jiných léků. Jsou to bolesti hlavy, nevolnost, pocit horka, neobvyklé pocity v místě vpichu. Ještě vzácněji se mohou projevit alergické reakce ve všech svých podobách. <sup>(4)</sup>

### **4.3 Příprava pacienta na MR mozku**

K MR vyšetření mozku není v zásadě nutná příprava předem. Důležitá je informovanost pacienta. Indikující specialista by měl pacienta poučit u způsobu vyšetření a jeho možných alternativách. Indikující specialista by si měl být vědom všech kontraindikací k vyšetření, vydá pacientovi informovaný souhlas k vyšetření, který si ho přečte, vyplní osobní údaje a podepíše. Pokud je vyšetření z nějakého důvodu potenciálně kontraindikováno, je třeba všechny případy zvlášť pečlivě a zodpovědně přešetřit. Pokud máme pochybnosti o povaze implantátů, vyšetření raději neprovedeme.

Velmi důležitá je psychická příprava pacienta. Často přichází pacient s obavami z vyšetření. Naším úkolem je mu tyto obavy rozptýlit a pokusit se vyšetření provést. Někteří pacienti trpí strachem z uzavřených prostor, klaustrofobií. U lehkých forem stačí podrobné vysvětlení vyšetření, ujištění, že je bezpečné. Někdy musí indikující lékař pacientovi podat premedikaci na uklidnění, používají se benzodiazepiny (neurole, diazepam, apaurin, lexaurin apod.). U těžších forem je možné ve spolupráci s anesteziologem provést vyšetření v celkové anestezii. To platí i pro nespolupracující pacienty a děti, které jsou příliš malé na to, aby mohly vyšetření bez problému absolvovat. Zde je nutná naše spolupráce s anesteziologem.

### **4.4 Pohyb cizího personálu na MR pracovišti**

Pohyb v okolí MR scanneru, kde se vyskytuje velmi silné magnetické pole, které je například v případě 1,5 T 30000x silnější než magnetické pole Země, je nebezpečný pro pacienta i pro personál. Proto je třeba dbát všech bezpečnostních pravidel v tomto prostředí. Každý pacient i personál by měl být poučen. Nesmí si

s sebou brát do vyšetřovny žádné feromagnetické předměty. Přístroje, jako ventilátor, infuzní pumpa, defibrilátor, oxymetr, atd., musí být speciálně určené pro práci v silném magnetickém poli. Nepohybliví pacienti musí být do vyšetřovny převezeni na speciálním nemagnetickém lůžku. Obsluhující personál, radiologický asistent, musí na vše dohlédnout, neznalé osoby informovat a vše dobře zkontrolovat.

## **4.5 MR přístroje používané ve FN Plzeň**

V současné době jsou na úseku magnetické rezonance ve FN Plzeň používány dva přístroje vyrobené firmou SIEMENS. Jedná se o přístroj SIEMENS MAGNETOM Avanto o síle 1,5 T a o přístroj SIEMENS MAGNETOM Skyra o síle 3 T. Oba přístroje obsahují i speciální softwarové komplety používané k diagnostice mozkových patologií.

### **4.5.1 SIEMENS MAGNETOM Avanto**

Jedná se o přístroj magnetické rezonance o síle 1,5 T. Vnitřní průměr gantry je 60 cm. Pomocí systému TIM (total imaging matrix) lze vyšetřit pacienta až o délce 205 cm. Jedná se o supravodivý magnet chlazený heliem. Při vyšetření mozku je používána povrchová cívka Head Matrix, která má 12 kanálů s dvanácti integrovanými předzesilovači. <sup>(12)</sup>

### **4.5.2 SIEMENS MAGNETOM Skyra**

Skyra je přístroj magnetické rezonance o síle 3 T. Vnitřní průměr gantry je 70 cm, takže zde lze vyšetřovat pacienty objemnější než na Avantu. Je to opět supravodivý magnet chlazený heliem. I zde je použitelný systém TIM. Cívky však nejsou kompatibilní s cívkami na 1,5 T. I zde je používána speciální povrchová cívka na hlavu, která má v tomto případě 20 kanálů. <sup>(14)</sup>

## **5 VLASTNÍ VYŠETŘENÍ MOZKU**

### **5.1 Úvod**

Pacient přichází na magnetickou rezonanci mozku zpravidla již vyšetřen na CT. Je tedy vysloveno nějaké podezření na malignitu a je třeba nálezu potvrdit nebo upřesnit. Indikující specialista musí na žádance k MR vyšetření upřesnit o jaké podezření se jedná, aby bylo možné vybrat správný vyšetřovací protokol. Vyšetřovacích možností je totiž na MR mnoho a pokud nejsou dostatečné informace, vyšetření se prodlužuje a tím se kromě jiného zvyšuje i náročnost pro pacienta. Občas přichází pacient na MR i bez předchozích vyšetření. Potom je zvolen standardní základní protokol a ostatní se odvíjí podle aktuálního nálezu.

### **5.2 Průběh vyšetření**

Pacient přichází na magnetickou rezonanci již připraven, s vyplněným informovaným souhlasem a se základními informacemi o vyšetření. Asistent nebo sestra rozhovorem ověří znovu možné kontraindikace. Pokud žádné kontraindikace ani nic jiného nebrání vyšetření, je možno pokračovat dále. V kabině si pacient odloží oblečení, všechny své osobní věci, šperky, protézy, paruku, atd. Obleče se do operačního pláště, tzv. empíru. Sestra provede zajištění žilního vstupu pomocí flexibilní kanyly. Zpravidla se napichují žíly v loketní jamce nebo na zápěstí. Je možné ale použít i jiné standardní žilní vstupy. Pacient je poté uložen na vyšetřovací stůl. Hlava je zafixovaná proti pohybu. Pacient je poučen, že každý pohyb při vyšetření je nežádoucí. Pokud se pacient pohne, danou sekvenci nelze hodnotit a je třeba jí opakovat. Pacientovi je možné nabídnout sluchátka nebo ucpávky uší, aby byl zeslaben nepříjemný hluk doprovázející vyšetření. Na přístroji 3 T je toto dáváno pacientovi standardně. Hluk je zde větší. Pacienta asistent zaveze do přístroje a následně lze zahájit vyšetření. Centruje se obvykle na kořen nosu. Podle záklonu hlavy je možné centraci individuálně upravit.

Radiologický asistent vybere vyšetřovací protokol a podle protokolu pokračuje ve vyšetření. Celá procedura vyšetření nádoru mozku trvá zhruba 25 –

30 minut. V průběhu vyšetření se aplikuje kontrastní látka a po pauze 3 – 5 minut, kdy dojde k nasycení tkání, se pokračuje dál. Po konzultaci s lékařem, který bude vyšetření popisovat, je možné skončit. Je možné ještě doplnit různé speciální sekvence, pokud to daný stav vyžaduje. Pokud je vše hotovo, pacient je vyvezen, zabezpečen nebo zrušen žilní vstup. Oblékne se, pokud byla aplikována kontrastní látka, zůstane pacient v čekárně přibližně 1 hodinu od podání injekce. Když je poté vše v pořádku, odchází domů nebo na příslušné oddělení.

## **5.3 Vyšetřovací protokoly**

### **5.3.1 Protokol TUMOR na MR 1,5 T**

Jedná se o standardní protokol používaný ve FN Plzeň při vyšetření mozku, pokud máme podezření na nádor mozku nebo pokud jde pacient na kontrolní vyšetření po léčbě malignity. Používá se také u časných pooperačních kontrol do 24 hodin po operaci. Standardně se provádí s aplikací kontrastní látky. Pouze pokud to z nějakého z výše uvedených důvodů není možné, je vyšetření provedeno pouze nativně.

Sekvence:

- LOCALIZER I - základní plánovací scan pro určení polohy pacienta a určený k dalšímu plánování vyšetření
- LOCALIZER II - plánovací scan v sagitální rovině určený ke správnému naplánování sklonu axiálních sekvencí
- T2 TSE TRA 512 - T<sub>2</sub> vážený axiální obraz, tloušťka řezu 5,5 mm
- TIRM TRA DARK FLUID - T<sub>2</sub> vážený axiální obraz typu FLAIR s potlačením volně vázané tekutiny, 5,5 mm
- T1 SE SAG - T<sub>1</sub> vážený sagitální obraz, 5mm
- EP2D diff 3SCAN TRACE - zobrazení difuze v mozku
- EP 2D TRA PASL - neinvazivní nativní zobrazení krevní perfuze
- CSI SE 135 - spektroskopie cílená na oblast zájmu
- aplikace kontrastní látky, poté pauza 3 - 5 min

- T1 SE TRA MTC - T<sub>1</sub> vážený axiální obraz s využitím efektu magnetizačního transferu pro zvýraznění patologicky nasycených ložisek, 5,5 mm
- FL3D 1 x 1 x 1 TRA - 3D zobrazení sekvencí FLASH, používané také jako navigace při neurochirurgických operacích, 1 mm

### **5.3.2 Protokol SELLA na MR 1,5 T**

Jedná se o speciální protokol používaný k diagnostice a kontrole nádorů tureckého sedla jako adenomů hypofýzy atd. Sekvence obvykle mají menší tloušťku řezů a jsou cílené přímo na oblast tureckého sedla.

Sekvence:

- LOCALIZER I - základní plánovací scan pro určení polohy pacienta a určený k dalšímu plánování vyšetření
- LOCALIZERI II - plánovací scan v sagitální rovině určený ke správnému naplánování sklonu axiálních sekvencí
- T2 TSE TRA 512 - T<sub>2</sub> vážený axiální obraz, tloušťka řezu 5,5 mm
- T1 SE SAG - T<sub>1</sub> vážený sagitální obraz, 5mm
- aplikace kontrastní látky, pokračuje se bez pauzy dále ve vyšetření
- T1 SE COR 2MM - T<sub>1</sub> vážený koronární obraz, 2 mm, cílený na oblast tureckého sedla
- T1 SE SAG 2MM - T<sub>1</sub> vážený sagitální obraz, 2 mm, cílený na oblast tureckého sedla
- FL3D 1 x 1 x 1 TRA - 3D zobrazení sekvencí FLASH, používané také jako navigace při neurochirurgických operacích, 1 mm

### **5.3.3 Protokol TUMOR na MR 3 T**

Sekvence používané v protokolu TUMOR na MR 3 T jsou v zásadě podobné jako na slabším přístroji. Jsou navíc technicky přizpůsobené 3 T magnetu. Tomu odpovídá i menší tloušťka řezů.

Sekvence:

- AAH SCOUT - plánovací scan systému DOT (systém určený k automatickému plánování vyšetření podle určitých kritérií)
- T2 TSE TRA P2 - T<sub>2</sub> vážený axiální obraz, tloušťka řezu 4 mm, použita paralelní akvizice dat
- T2 TIRM TRA DARK FLUID - T<sub>2</sub> vážený axiální obraz typu FLAIR s potlačením volně vázané tekutiny, 4 mm
- T1 fl2D sag - T<sub>1</sub> vážený sagitální obraz, 4 mm
- T1 fl2D tra - T<sub>1</sub> vážený axiální obraz, 4mm
- ep2Ddiff mddw - difuzně vážené obrazy s možností zobrazení kortikospinálních drah, tzv. DTI
- CSI slaser 135 - sekvence určená ke spektroskopické analýze ložiska v mozku
- aplikace kontrastní látky, poté pauza 3 - 5 min
- T1 fl2D tra - T<sub>1</sub> vážený axiální obraz, 4mm
- T1 MPRAGE TRA - 3D zobrazení, používané také jako navigace při neurochirurgických operacích, 1 mm, magneticky připravená rychlá gradient - echo sekvence

#### **5.3.4 Protokol SELLA na MR 3 T**

Protokol opět určený k vyšetřování patologií oblasti tureckého sedla.

Sekvence:

- AAH SCOUT - plánovací scan systému DOT (systém určený k automatickému plánování vyšetření podle určitých kritérií)
- T2 TSE TRA P2 - T<sub>2</sub> vážený axiální obraz, tloušťka řezu 4 mm, použita paralelní akvizice dat
- T1 TSE SAG - T<sub>1</sub> vážený sagitální obraz, 2 mm, cílený na oblast tureckého sedla
- aplikace kontrastní látky, pokračuje se bez pauzy dále ve vyšetření
- T1 TSE COR - T<sub>1</sub> vážený koronární obraz, 2 mm, cílený na oblast tureckého sedla

- T1 TSE SAG - T<sub>1</sub> vážený sagitální obraz, 2 mm, cílený na oblast tureckého sedla
- T1 MPRAGE TRA - 3D zobrazení, používané také jako navigace při neurochirurgických operacích, 1 mm, magneticky připravené rychlé gradient - echo sekvence

### **5.3.5 Flow**

Na doplnění základního vyšetření je možné provést sekvenci určenou k vizualizaci toku mozkomíšního moku: FLASH 6 IN PLANE. Provádí se při podezření na obstrukci toku. Je nutné použít synchronizaci s EKG.

### **5.3.6 MR angiografie**

Používá se pro zobrazení cévního zásobení mozku. Je možné provést jak zobrazení tepen tak žil. Jedná se o sekvence TOF 3D WE HR (pro tepny) a TOF 2D (pro žíly). Na vyšetření není nutná žádná příprava. Pokud potřebujeme zobrazit intrakraniální řečiště, provádí se vyšetření bez kontrastní látky.

### **5.3.7 Peroperační sella na 1,5 T**

Tento protokol se používá při peroperačních kontrolách při endoskopických operacích nádorů hypofýzy. Pacient přijede uspaný přímo z operačního sálu a po provedení vyšetření se pokračuje podle výsledku dále v operaci. Jedná se o rychlý protokol.

- aplikace kontrastní látky
- FL 3D sag -tenké řezy typu FLASH v sagitální rovině
- FL 3D cor - tenké řezy typu FLASH v koronární rovině
- FL 3D 1x1x1 tra - 3D zobrazení typu FLASH, používané také jako navigace při neurochirurgických operacích, 1 mm

### **5.3.8 Funkční vyšetření mozku**

Jedná se o speciální vyšetření, které se provádí v případě, že zjištěný nádor se nachází v blízkosti důležitých mozkových center. Provádí se na žádost neurochirurga před operací mozku. Jedná se zpravidla o 4 - 5 zkoušek, při kterých

se zobrazují důležitá mozková centra. Většinou se jedná o řečová a motorická centra. Používají se k tomu sekvence typu BOLD (blood oxygenation level dependent), pomocí kterých je možné zobrazit zvýšené okysličení právě zapojených mozkových center. Pacient střídavě provádí různé zkoušky a střídavě odpočívá. Aktivní fáze tedy střídají klidové fáze. Tato sekvence je schopná odlišit zvýšení okysličení mozkového centra v aktivní fázi oproti klidové fázi. Pacient přichází na vyšetření již vyškolen a poučen speciálně vyškolených pracovníkem nebo logopedem. Je položen stejně jako u klasického vyšetření na zádech. Navíc má připevněnou soustavu zrcátek na hlavové cívce, aby viděl ven na obrázky.

Zkoušky, které pacient absolvuje, jsou tyto:

1. verbální fluence, pacient má zavřené oči a pusy, na pokyn v duchu vyjmenovává části těla
2. test pojmenování, pacient má stále otevřené oči, na pokyn pojmenovává jednoduché obrázky, bezhlesně pohybuje rty
3. finger tapping, pacient na pokyn pohybuje palcem proti ostatním prstům, pohybuje jen palcem, nezvedá paže ani předloktí, v aktivní fázi se pohybuje ta končetina, která přísluší straně v mozku, kde je přítomná patologie (pokud je nález v pravé hemisféře mozkové, pohybuje se levá končetina a naopak), v klidové fázi se pohybuje druhá končetina
4. pacient pohybuje na pokyn ploskou nohy, nezvedá nohu, opět platí, že se v aktivní fázi pohybuje ta noha, které nález přísluší
5. pacient na pokyn pohybuje v ústech jazykem ze strany na stranu.

Vyhodnocení zkoušek provádí lékař ve speciálním softwaru a promítá výsledku hodnocení do anatomických obrazů. Podle výsledku je možné při neurochirurgickém zákroku se daným centřům vyhnout nebo je částečně zachovat.

Sekvence:

- LOCALIZER I, II - topogramy určené k naplánování dalších sekvencí
- GRE FIELD MAPPING -mapování šedé hmoty
- T1 FL 3D - anatomické isotropaní obrázky T<sub>1</sub> vážené



- EP PACE - sekvence typu BOLD opakované pro každou zkoušku zvlášť
- T2 TSE - T<sub>2</sub> vážené obrázky určené k vizualizaci výsledků

### **5.3.9 Zobrazení kortikospinálního traktu, DTI**

K zobrazení mozkových drah jsou používány sekvence typu DTI. Tato sekvence nám neposkytuje jen modelované kortikospinální dráhy, ale i jiné informace, jako například difuzně vážené obrázky. DTI nám umožňuje ozřejmit anatomické poměry, upřesnit lokalizaci expanze, zobrazit deviace nebo destrukce traktů nebo určit směr propagace expanze. <sup>(13)</sup>

Na vyšetření opět není nutná žádná příprava. Jedná se o velmi vhodné doplnění standardního vyšetření mozku, zvláště pokud je podezření na nádor mozku.

### **5.3.10 MR spektroskopie**

MR spektroskopie je opět vyšetření, kterým je vhodné doplnit standardní vyšetření nádoru mozku. Tato sekvence nám podává informaci o chemickém složení naplánované oblasti. Protože se jedná o sekvenci citlivou na nehomogenitu magnetického pole. Ta je způsobena konstrukční nehomogenitou magnetu a nehomogenitou vzorku. Je třeba jí doladit ručně. Automatická nastavení nebývají uspokojivá. Tato procedura se nazývá shiming. Stejně tak je nutné pomocí presaturací přesně vymežit vyšetřovaný objem.

Výstupem vyšetření je spektroskopická křivka, kterou zkušený radiolog vyhodnotí podle množství výskytu jednotlivých metabolitů. Pomocí těchto metabolitů lze určit povahu vyšetřované oblasti. Zda se jedná o nízkostupňový nebo vysokostupňový nádor, zda se jedná o naenhancující tumor nebo edém, glióza nebo tumor. Tato metoda však zatím nenahrazuje histologický rozbor. Spíše diagnózu doplňuje.

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 6 CÍL PRÁCE

Cíl mojí práce je popsat význam vyšetření magnetickou rezonancí u nemocných s nádorovým onemocněním mozku. Pomocí pěti kazuistik se pokusím ukázat na možnosti vyšetření magnetickou rezonancí. Nejenom provedení základního vyšetření mozku, ale i nadstandardních technik, které se u těchto onemocnění používají.

Pacienti, které tyto kazuistiky obsahují, byli vyšetřováni na Klinice zobrazovacích metod Fakultní nemocnice Plzeň od roku 2002 do letošního roku 2013. Následně byli operováni na Neurochirurgickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň a léčeni na Onkologicko radioterapeutickém oddělení Fakultní nemocnice Plzeň.

Sběr informací ke kazuistikám proběhl v době školou schválených praxí v souladu s uděleným souhlasem Mgr.Bc. Světluše Chabrové, manažerky pro vzdělávání a výuku NELZP FN Plzeň. Souhlas je přiložen v příloze. Veškerá obrazová dokumentace, která je součástí kazuistik, je pořízena na pracovišti KZM FN Plzeň.

## 7 KAZUISTIKY

### 7.1 Kazuistika 1

Žena, 29 let, v lednu 2005 při jízdě autem náhle ztratila vědomí. Osobou blízkou bylo popisováno bezvědomí snad několik minut. Dostavily se křeče končetin, jazyk pokousaný neměla a nebyla pomočená. Po nabytí vědomí byla zcela bez potíží. Na příhodu si pacientka nepamatuje. Po měsíci se obdobný stav opakoval. Pacientka navštívila neurologickou ambulanci, kde bylo doplněno EEG vyšetření a příhody uzavřeny jako prostý kolapsový stav.

Pacientka nebyla dříve vážněji nemocná. V osobní anamnéze se objevily jen běžné dětské nemoci.

Obtíže se opakovaly a proto byla objednána na MR vyšetření mozku. Na MR vyšetření, které bylo provedeno v menší nemocnici, bylo nalezeno ložisko, které se po podání gadoliniové kontrastní látky intravenózně sytí. Nález byl klasifikován jako gliom frontálně vlevo. Pacientka byla poté odeslána na neurochirurgickou ambulanci FN Plzeň.

Pacientka zde byla klinicky vyšetřena a odeslána na kontrolní magnetickou rezonanci. Ta byla provedena v prosinci 2005. Nález: expanzivní proces frontálního laloku vpravo velikosti 65 x 35 x 50 milimetrů, který se šíří přes corpus callosum doleva a je komprimován frontální roh pravé postranní komory. Přesun střední čáry na úrovni septum pellucidum a foramen Monroi je doleva 8,5 milimetrů. Pacientce bylo na neurochirurgické ambulanci navrženo vzhledem k tomu, že se ložisko chová expanzivně, operační řešení.

Pacientka byla ihned v prosinci 2005 přijata k odstranění gliomu frontálně vpravo. Byla provedena obrazově navigovaná osteoplastická kraniotomie frontálně vpravo, vyříznutí tumoru mediální části frontálního laloku, corpus callosum, septum pellucidum a pravé postranní komory.

Druhý den byla provedena histologická analýza odebraného tumoru. Makroskopicky nebyl tumor dobře patrný, mikroskopicky byl nález určen jako anaplastický oligodendrogliom grade II-III podle WHO.

Po operaci byl stav pacientky bez komplikací, bez EP záchvatu, všechny přechodné potíže odezněly. Bylo provedeno kontrolní pooperační MR vyšetření, které prokázalo frontální poresekční dutinu zasahující až ke corpus callosum bez známek rezidua tumoru.

Pacientce je nasazena preventivní antiepileptická medikace a je propuštěna po deseti dnech hospitalizace do domácího ošetřování s následnou kontrolou a odesláním na ambulanci onkologického a radioterapeutického oddělení.

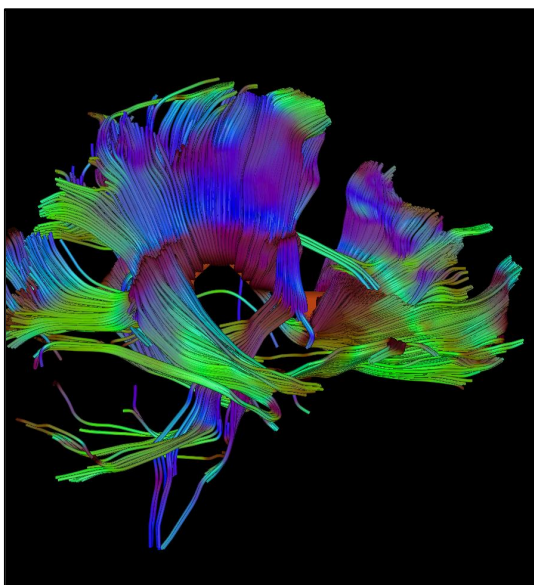
Poté absolvovala na radioterapeutickém oddělení adjuvatní chemo radioterapii v březnu 2006. Po ukončení cyklu byla bez obtíží.

V říjnu 2009 pozorovala pacientka postupné zhoršování řeči. Bylo proto provedeno kontrolní MR vyšetření, kde byla prokázána dvě ložiska v corpus callosum a ve frontálním laloku vlevo. Objevila se tedy dle MR recidiva nádorového onemocnění. Stav pacientky se postupně zhoršoval. Vzhledem ke graviditě nemocné, sedmý měsíc těhotenství, bylo domluveno po konzultaci s neonatologem a gynekologem předčasné ukončení gravidity. Byl proveden císařský řez v listopadu 2009.

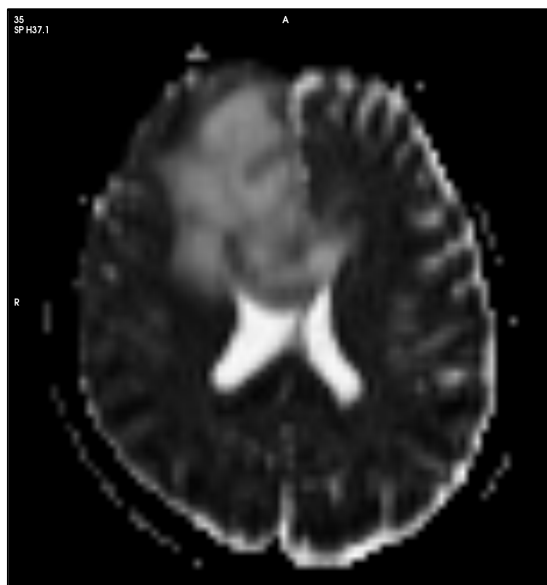
Po porodu je pacientka observována na neurochirurgickém oddělení. Dále dochází k dalšímu zhoršování fatických a motorických funkcí. Vzhledem k prorůstání nádoru do corpus callosum a vyčerpaných možnostech radioterapie je onkologem a neurochirurgem doporučená symptomatická léčba a rehabilitace.

Pacientka je následně po domluvě přeložena v prosinci do zařízení Hospic v Plzni, kde dále pokračuje symptomatická léčba a intenzivní rehabilitace. Zde pacientka umírá.

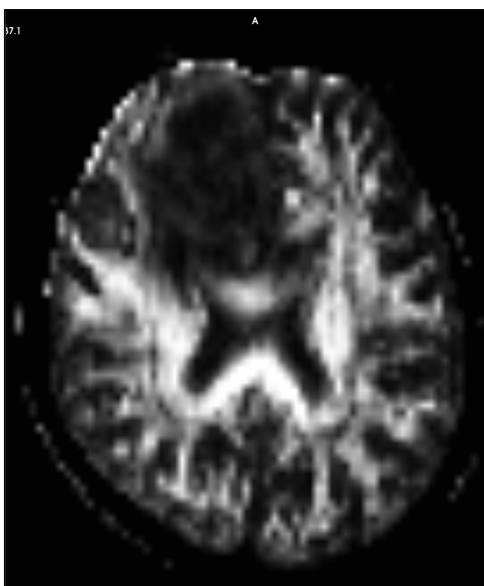
## Obrázky ke kazuistice č. 1



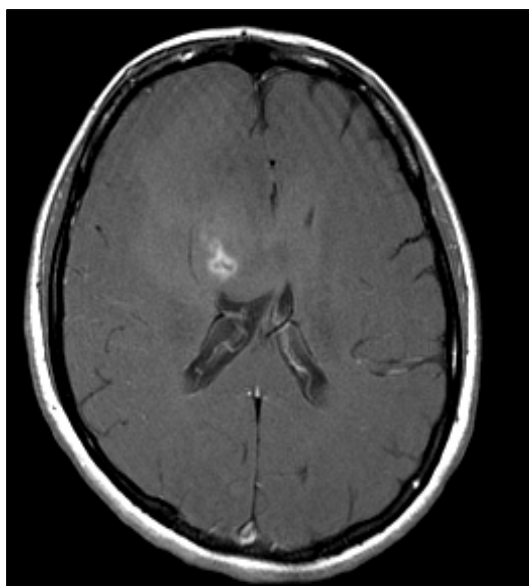
Obr. 1: Traktografie



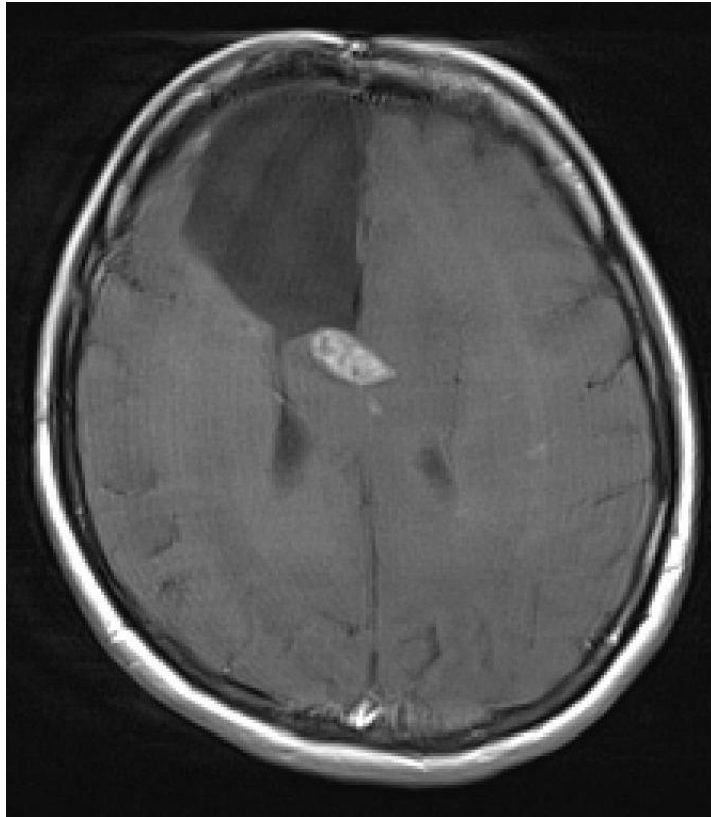
Obr. 2 : mapa ADC



Obr. 3: mapa frakční anizotropie



Obr. 4: T1 SE po aplikaci KL



Obr. 5: recidiva tumoru, T1 SE po aplikaci KL

## 7.2 Kazuistika 2

Šestašedesátiletý muž je v červenci 2011 probuzen ráno v 5:00 záškuby levé poloviny obličeje. Nemohl mluvit, poruchu hybnosti neměl. Odjel s RZP na centrální příjem na neurologickou ambulanci FN Plzeň, kde se záškuby opakovaly i během neurologického vyšetření. Pacient je přijat na neurologickou kliniku na dovyšetření.

Následně je provedena magnetická rezonance mozku, kde je zjištěno patologické ložisko frontolaterálně vpravo o velikosti 35 x 33 milimetrů. Je zavedena antiepileptická terapie. Od té doby záškuby vymizely.

V září 2011 je provedeno PET/CT vyšetření fluorothymidinem, které ukazuje pravděpodobně na vysokostupňový gliom. Kontrolní MR je indikováno říjnu 2011 a ukazuje na progresi nálezů. Ložisko se zvětšilo na 49 x 39 milimetrů a, vykazuje vaskularizaci a mírně tlačí na pravou postranní komoru. Součástí vyšetření je i MR spektroskopie, která ukazuje na glioblastom grade IV. Zároveň se u pacienta objevuje a zhoršuje levostranná hemiparéza. V listopadu je provedeno opět kontrolní PET/CT, které potvrdí vysokou proliferativní aktivitu ložiska o velikosti 61 x 63 mm, které se šíří za makroskopické okraje podél rostrálního obvodu expanze.

Pacient je přijat na neurochirurgické oddělení a je indikováno operační řešení. V listopadu 2011 je provedena osteoplastická kraniotomie frontodorzálně vpravo navigovaná pomocí stereotaxe a provedena resekce high grade gliomu.

Po operaci je provedena histologie s výsledkem: difúzní glioblastom grade IV.

Po operaci se u pacienta objevuje těžká levostranná hemiparéza a plegie levé horní končetiny. Tento stav se postupně zlepšuje. Je indikována časná pooperační kontrola na MR, která ukazuje předpokládané malé reziduum dorzálně před motorickou oblastí. Pacient po několika dnech začíná rehabilitovat a po deseti dnech hospitalizace je přeložen na neurologickou kliniku, kde se pokračuje v intenzivní rehabilitaci.

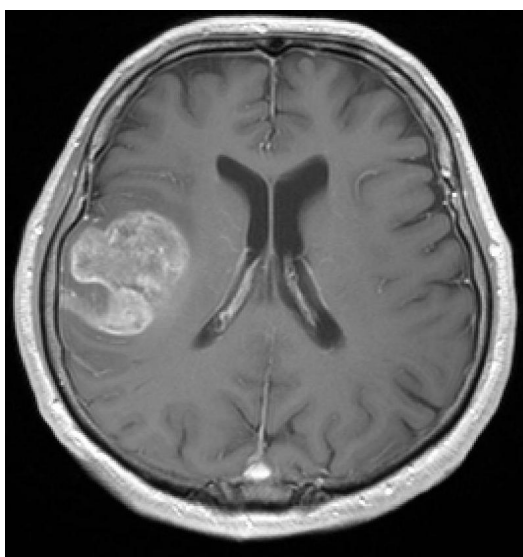
Dále je provedeno onkologické vyšetření a indikována další léčba. V době přijetí na onkologicko radioterapeutické oddělení je pacient chodící a přetrvává

levostranná hemiparéza. U pacienta je provedeno v období od ledna do března 2012 pooperační radikální ozáření oblasti tumoru s lemem 23 x 2 Gy, následně redukce na lůžko tumoru 7 x 2 Gy. Radioterapeutická léčba proběhla v konkomitaci s chemoterapií Temodalem. Po léčbě je pacient propuštěn v uspokojivém stavu do domácího ošetřování.

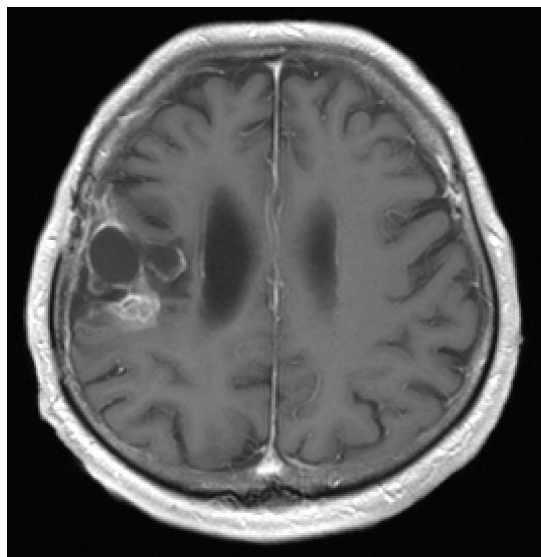
V září 2012 je provedena další kontrolní MR mozku. Je zjištěno, že se reziduum tumoru zmenšilo, ale zachovává si stále svojí aktivitu. Nejsou přítomny žádné tlakové změny.

Pacient je dále léče paliativní chemoterapií. Další kontrolní vyšetření je naplánováno na březen 2013.

### Obrázky ke kazuistice č. 2

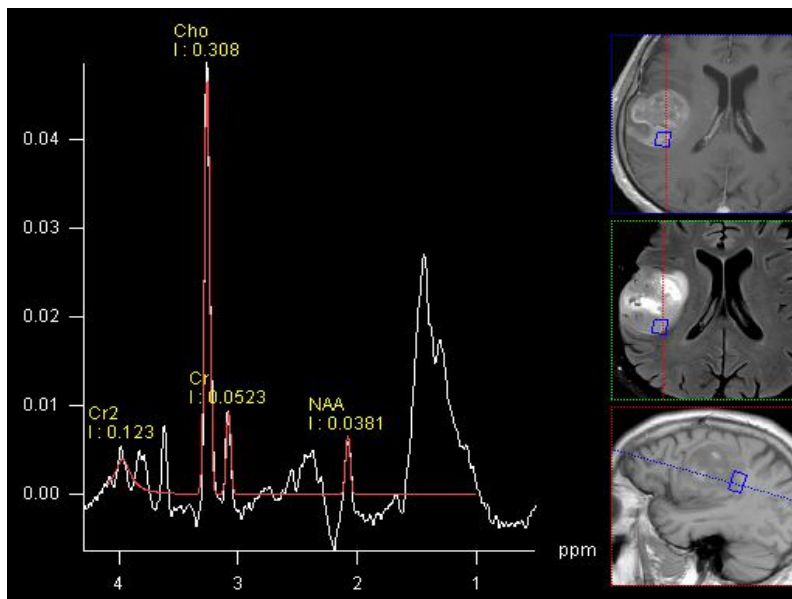


Obr. 6: před operací, T1SE po KL

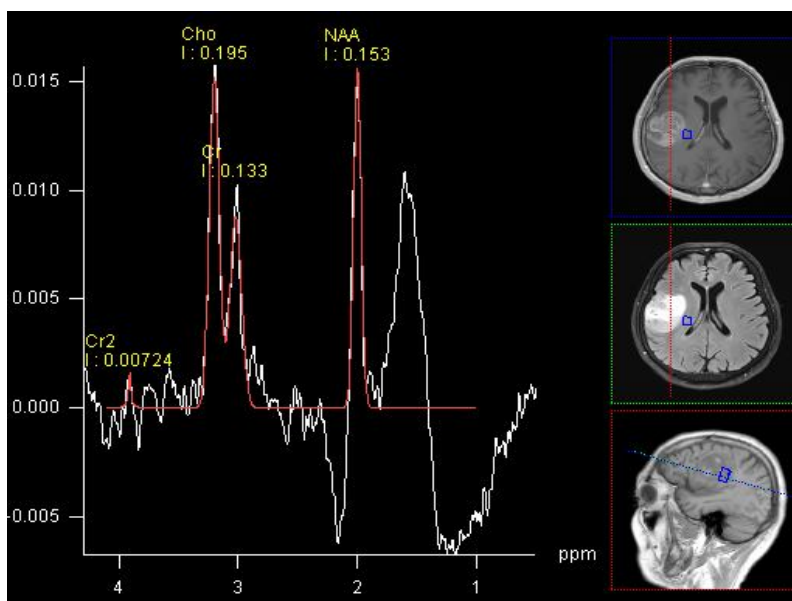


Obr. 7: kontrola září 2012, T1 SE po KL

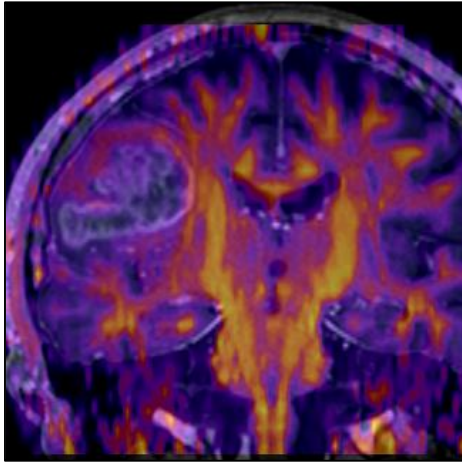




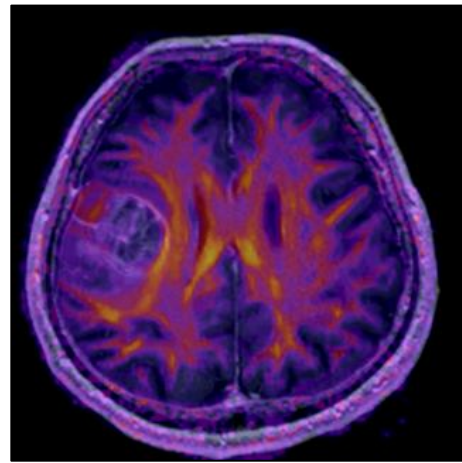
Obr. 8: křivka maligního ložiska



Obr. 9: křivka tkáně obklopující nádor



Obr. 10: DTI



Obr. 11: DTI

### 7.3 Kazuistika 3

Žena, 35 let, prodělala v říjnu 2007 první záchvat poruch vědomí s křečemi a pokousáním. Byla odvezena na centrální příjem, kde bylo indikováno neurologem akutní CT mozku nativní i s podáním jodové kontrastní látky. Zde se objevilo ložisko nejspíše low grade astrocytomu, s mírným posunem středočárových struktur doleva 1 - 2 milimetry. Po dvou dnech bylo indikováno MR vyšetření mozku pro upřesnění diagnózy a pro potřebu neurochirurgické navigace. Nativně nebyla expanze patrná. Po aplikaci kontrastní látky se potvrdil nález na CT.

Na neurochirurgickém oddělení byla provedena navigovaná punkční biopsie. Výsledek neukazoval na jasnou patologii. Nález svědčí spíše pro low grade gliom.

Pacientce byla zavedena antiepileptická terapie a bylo doporučeno postupovat vzhledem k low grade nálezu konzervativně.

Následně bylo provedeno několik kontrolních MR vyšetření. V listopadu 2007, v únoru 2008, v srpnu 2008. Při tomto vyšetření došlo k mírné progresi nálezu, posun středočárových struktur je patrný 4 mm doleva.

Následující kontrolní vyšetření v září 2009 a v únoru 2010 neprokázaly další změnu stavu. I klinický stav byl při zavedené medikaci uspokojivý.

MR mozku provedené v únoru 2011 prokázalo lehce větší edém okolo ložiska. Proto bylo indikováno vyšetření PET CT fluorothymidinem pro posouzení aktivity ložiska. Nález ukazuje nízkou proliferační aktivitu, na pomalu rostoucí nízkostupňový gliom. Posun středočárových struktur je patrný již o 7 mm doleva. Zároveň se objevilo postupné zhoršování klinického stavu. Objevuje se levostranná hemiparéza.

Vzhledem k předchozím vyšetřením a stavu pacientky je naplánováno operační řešení na neurochirurgickém oddělení. Před operací je indikováno funkční vyšetření mozku a spektroskopie na MR. To prokáže ložisko o velikosti 45 x 90 x 60 difúzně infiltrující pravý spánkový lalok. MR spektroskopie svědčí pro gliový tumor. Na funkčním vyšetření se senzorická a motorická centra dobře

zobrazují a jsou vzdálená od tumoru. Pacientka není schopná si zapamatovat zkoušky pro řečová centra, tudíž se nezobrazují.

V květnu 2010 je provedena osteoplastická kraniotomie temporálně vpravo a resekce temporálního laloku a hipokampu s tumorem.

Histologické vyšetření prokáže low grade tumoru charakteru fibrilárního astrocytomu.

Pooperační průběh je bez komplikací. Na časném pooperačním MR není prokázáno nádorové reziduum.

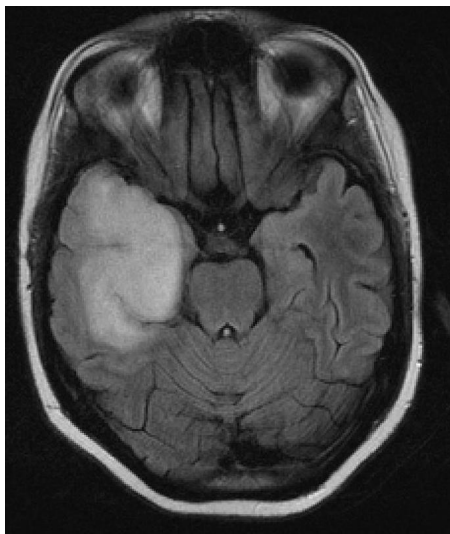
V září 2011 je provedeno kontrolní CT mozku pro potřeby plánování radioterapie. Zde je patrná poresekční dutina a na mediálním okraji hypotenze recidivy.

Dále je pacientka předána do následné péče onkologa. Je u ní doporučeno radikální pooperační ozáření. V září a v říjnu 2011 proběhla radioterapeutická léčba: radikální pooperační aktinoterapie 1,8 Gy 5x týdně celkem 28 frakcí. Pacientka tolerovala léčbu špatně. Dochází ke zhoršení psychického a fyzického stavu.

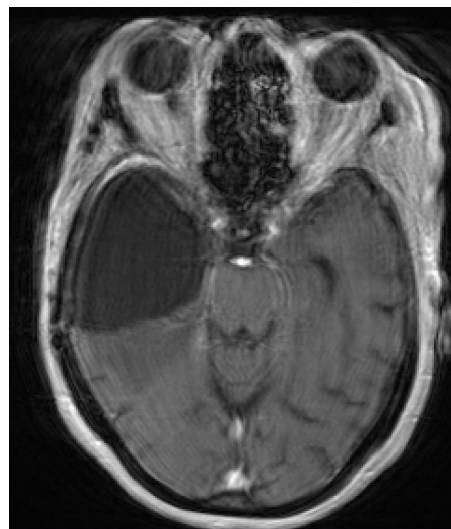
Na konci onkologické léčby je provedeno kontrolní MR vyšetření. Pro stav pacientky a nespolupráci se jedná o hrubě orientační vyšetření. Výsledek: poresekční dutina s výraznou gliózou, objevuje se hypointenzivní nepravidelná zóna šíře 10mm, nelze hodnotit hyperintenzivní zóna rezidua.

Po léčbě je pacientka přeložena do nemocnice následné péče v okolí svého bydliště.

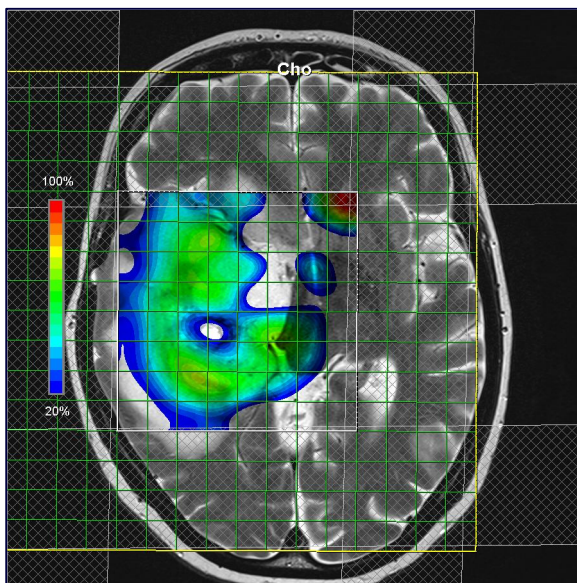
### Obrázky ke kazuistice č. 3



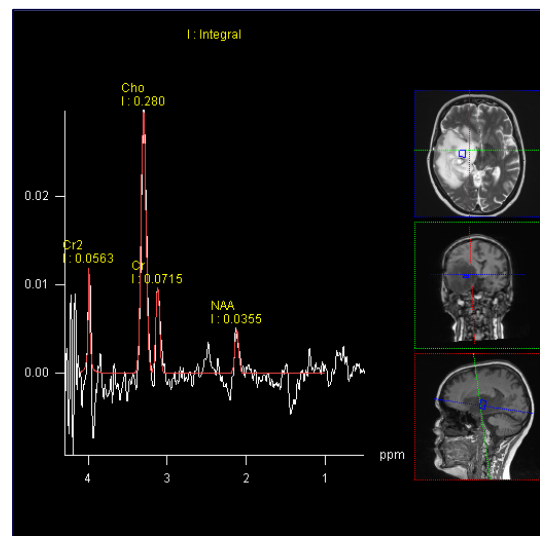
Obr. 11: listopad 2007, TIRM T2



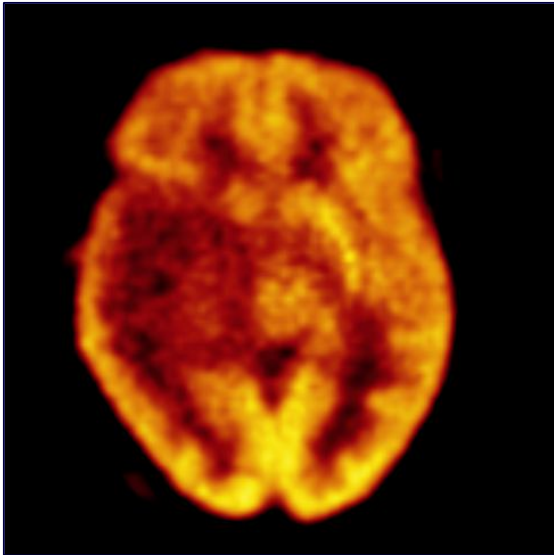
Obr. 12: říjen 2007, T1 SE



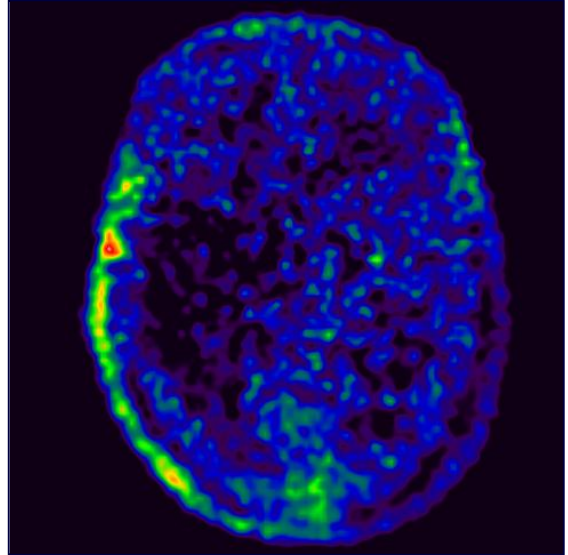
Obr. 13: spektroskopie



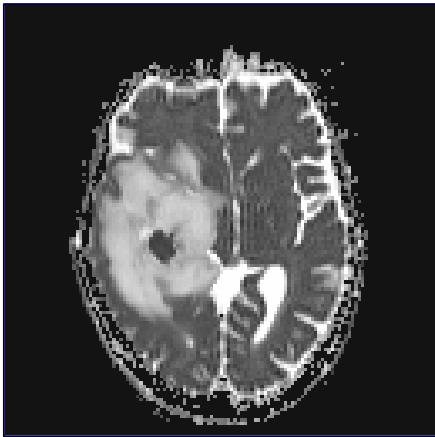
Obr. 14: spektroskopie



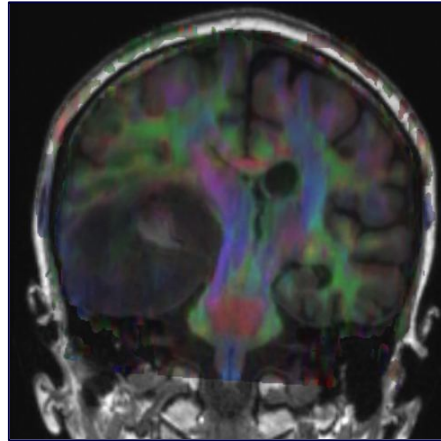
Obr 15: PET s FDG



Obr 16: PET s FLT



Obr 17: difúze, mapa ADC



Obr 18: DTI

## 7.4 Kazuistika 4

Sedmdesátiletá žena v říjnu 2010 doma upadla a pozorovala následné slábnutí levé nohy. Provedeno vyšetření na neurologické ambulanci. Zhruba tři měsíce zpátky pozorovala občasné křeče a jemný třes levostranných končetin. U pacientky je zavedena antiepileptická terapie. Ta nezabrala a pacientka pozoruje záchvaty dále. Je patrná monoparéza levé dolní končetiny. Jsou indikována grafická vyšetření. V lednu 2011 je provedeno CT vyšetření nativně a po podání kontrastní látky. To ukazuje ložisko na rozhraní mezi frontálním a parietálním lalokem parasagitálně, u kterého nelze vyloučit tumor. Je doporučena korelace s MR. MR vyšetření, provedené za týden, potvrzuje CT a vyslovuje podezření na low grade gliom a dvě nespecifická ložiska které se sytí po podání gadoliniové kontrastní látky.

Pro ozřejnění aktivity ložiska je indikováno PET/CT, které prokáže nádorovou infiltraci s vysokou proliferační aktivitou, nejspíše anaplastického neuroepiteliálního tumoru, a je doporučena navigovaná biopsie.

Před biopsií je provedena vzhledem k umístění léze ještě funkční magnetická rezonance s traktografií s spektroskopií. FMRI ukazuje obvykle vlevo uložené Broccovo centrum a normálně uložená motorická centra tvorby hlasu. Senzomotorická centra pro levou ruku jsou normálně uložená. Oblasti pro levou nohu jsou méně aktivní. MR traktografie ukazuje zřetelné roztlačení vláken bílé hmoty v oblasti příslušející motorickému centru levé dolní končetiny. MR spektroskopie ukazuje podezření na vysokostupňový gliom.

Na neurochirurgii je poté provedena osteoplastická kraniotomie s obrazově navigovanou biopsií precentrálního gyru parasagitálně vpravo za současného elektrofyziologického monitoringu.

Provedené histologické vyšetření prokázalo astrocytom grade II s přechodem na grade III.

Pooperační průběh je uspokojivý, předoperační stav se nezměnil. Dominuje centrální monoparéza levé dolní končetiny. Pacientce je naplánováno kontrolní MR za tři týdny, doporučena rehabilitace, objednána k onkologickému vyšetření a je propuštěna do domácího ošetřování.

Na kontrolní MR vyšetření se neprokáže změna stavu, pouze se objeví postbioptická dutinka.

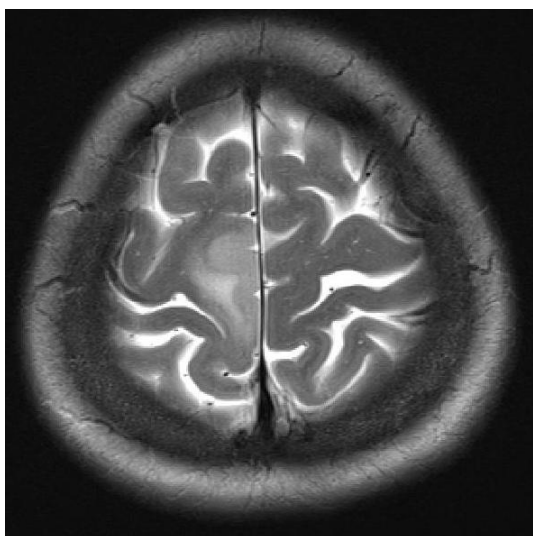
Onkologem je doporučena paliativní radioterapie mozku. Je provedená v období od března do dubnu 2011. Poté je pacientka propuštěna domů za současné symptomatické léčby.

Na kontrolním MR vyšetření v srpnu 2011 se nález podstatně nemění. Dochází ale v obou hemisférách k progresi leukoencefalopatie. Klinický stav se podstatně nemění.

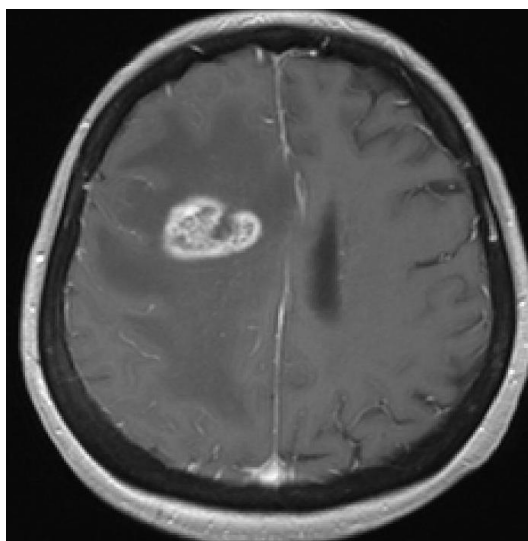
V září a v říjnu 2011 se stav pacientky začíná postupně zhoršovat, obzvláště hybnosti a je odkázána na péči druhé osoby. Je indikováno kontrolní vyšetření MR. Objevuje se na něm výrazná progresie nálezu mnohočetného gliomu s výrazným edémem a přetlakem doprava.

Pacientka je přijata na onkologické oddělení pro symptomatickou terapii. Následně je pacientka přeložena do zařízení Hospic, kde umírá.

#### Obrázky ke kazuistice č. 4

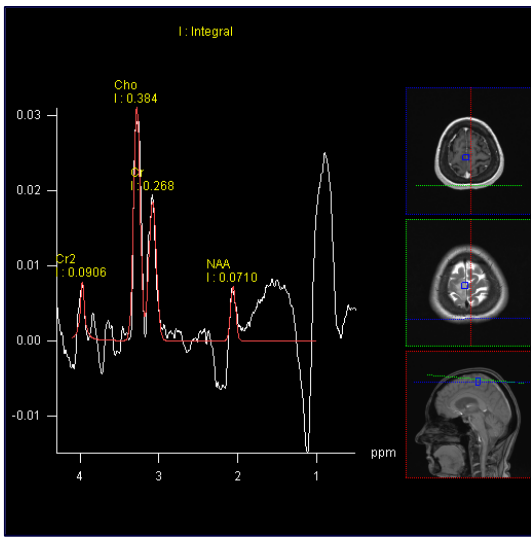


Obr. 19: T2 TSE, leden 2011

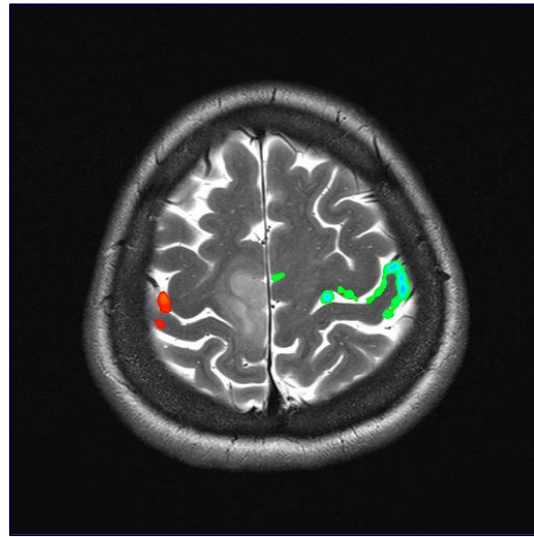


Obr. 20: T1 SE po KL, říjen 2011

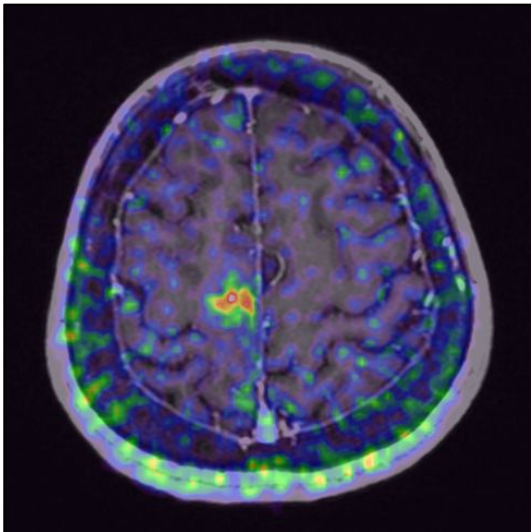




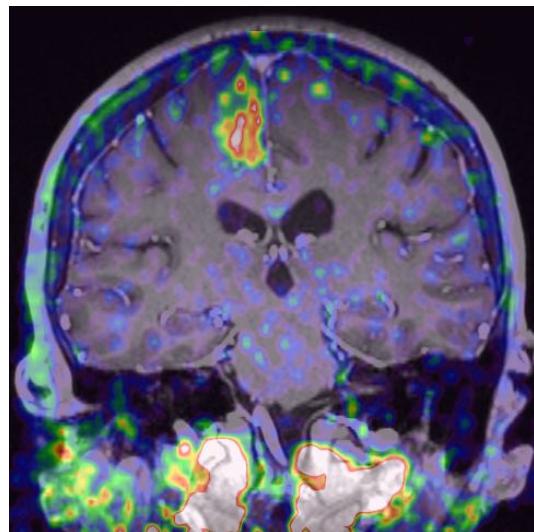
Obr. 21: spektroskopie



Obr. 22: fMRI, motorická centra HK



Obr. 23: fúze PET s FLT s MRI



Obr. 24: fúze PET s FLT s MRI

## 7.5 Kazuistika 5

Žena, 49 let, se dostavila pro neurologické obtíže na nervovou ambulanci v září 2002. Následně provedena magnetická rezonance mozku s výsledkem: tumorózní expanze v insule parietotemporálně. Za tři měsíce v prosinci 2012 byla provedena kontrola. Tam se neprojevila žádná progresse. Postkontrastní syčení je v obou případech minimální. Pro ozřejnění diagnózy je indikována neurochirurgem punkce expanzivního ložiska.

Před punkcí je provedeno MR vyšetření za účelem navigace v lednu 2003. Následně poté je provedena navigovaná punkce ložiska. Histologicky bylo ložisko klasifikováno jako oligodendrogliom. Vzhledem k umístění nádoru v blízkosti fatické oblasti obou ploch Sylviovy rýhy nebylo operační vyšetření indikováno.

Následně byly indikovány kontrolní vyšetření v červnu 2003 a v prosinci 2004. Obě vyšetření prokázala, že se nález nemění. Pacientka prodělala jediný epileptický záchvat v roce 2005.

Při kontrolním vyšetření v lednu 2006 se stav nálezů změnil. Ložisko o rozměrech 47 x 44 x 40 se po aplikaci kontrastní látky nerovnoměrně uzlovitě nasýtilo a objevila se lateralizace doprava 3 mm. Nález svědčí pro zvrát do high grade formy. Vzhledem k výsledku je neurochirurgem indikováno operační řešení.

Před operací je provedeno PET mozku, které potvrdilo vysokostupňový tumor mozku, patrně anaplastický oligodendrogliom. Následně je doporučeno funkční vyšetření magnetickou rezonancí. Vzhledem k jazykové vybavenosti pacientky je vyšetření motorického řečového centra provedeno ve třech jazycích a to v češtině, ruštině a francouzštině. Levostranné motorické řečové centrum je v blízkosti 5 mm od ložiska, motorická oblast jazyka naléhá na infiltrovanou tkáň.

V únoru 2006 je provedená osteoplastická kraniotomie s obrazově a elektrofyziologicky navigovanou excizní gyrus temporalis superior, zadního opekula a gyrus marginalis vlevo.

Po operaci bylo provedeno histologické vyšetření, které potvrdilo anaplastický oligodendrogliom.

Pooperační průběh je klidný a bez komplikací. Nemocná je bez pohybových obtíží. Objevuje se frustní expresivní fatická porucha. Je indikována časná

pooperační MR kontrola, která prokáže vitální tumorózní reziduum o velikosti 18 x 13 x 11, uloženém na mediálním a dolním okraji poresekční dutiny.

Pacientka je odeslána na onkologické vyšetření, kde je vzhledem k histologickému nálezu indikována chemoterapie v režimu PCV. Radioterapie je ponechána pro případný neřešitelný relaps.

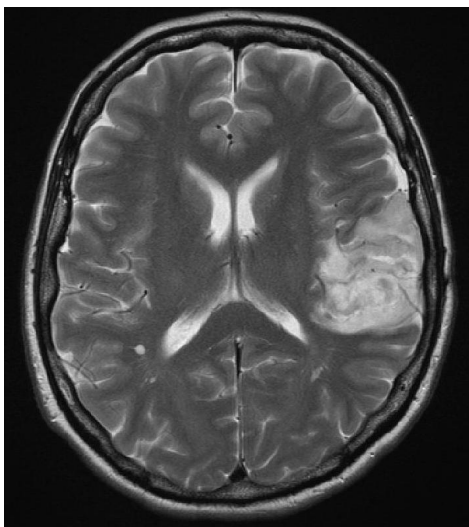
Po absolvované chemoterapii je pacientka propuštěna v celkově dobrém stavu do domácího ošetřování a doporučena intenzivní řečová rehabilitace.

MR kontrola v únoru 2007 ukázala regresi tumorózních reziduí. Následovaly kontrolní vyšetření po roce v letech 2007-2012. Žádné z nich neprokázalo recidivu onemocnění.

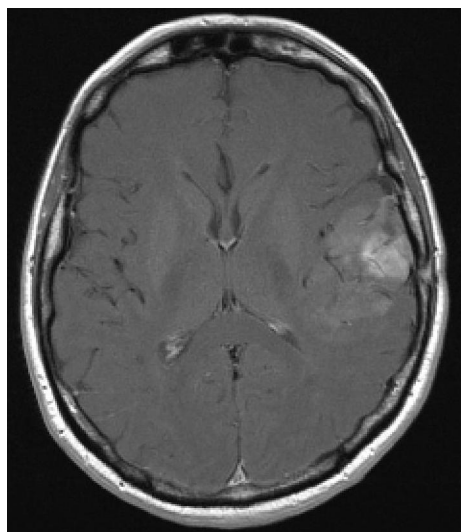
MR vyšetření v lednu 2013 prokázalo recidivu tumoru v poresekčním terénu. V únoru 2013 je provedeno funkční MR opět ve třech jazycích.

V současné době je pacientka dovyšetřována a je rozhodováno o jejím dalším léčebném postupu.

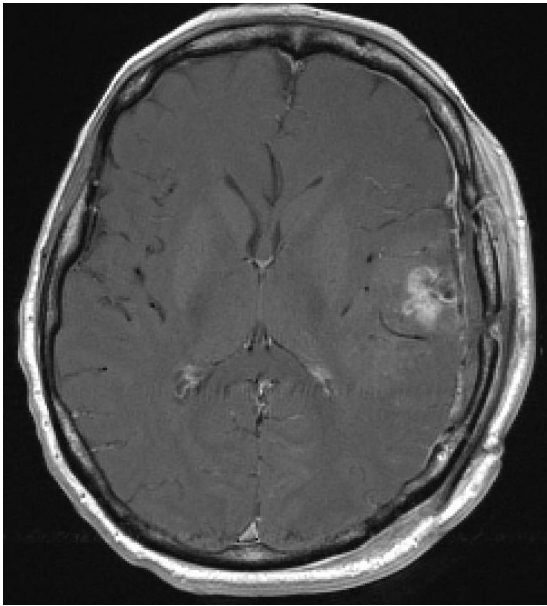
#### Obrázky ke kazuistice č. 5



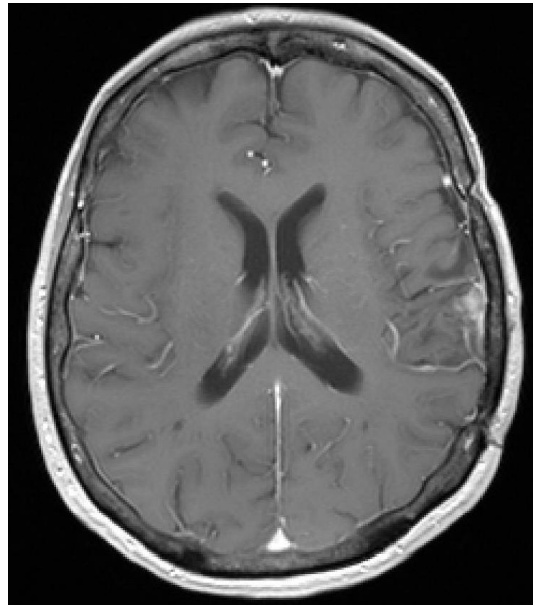
Obr. 25: prosinec 2004, T2 TSE



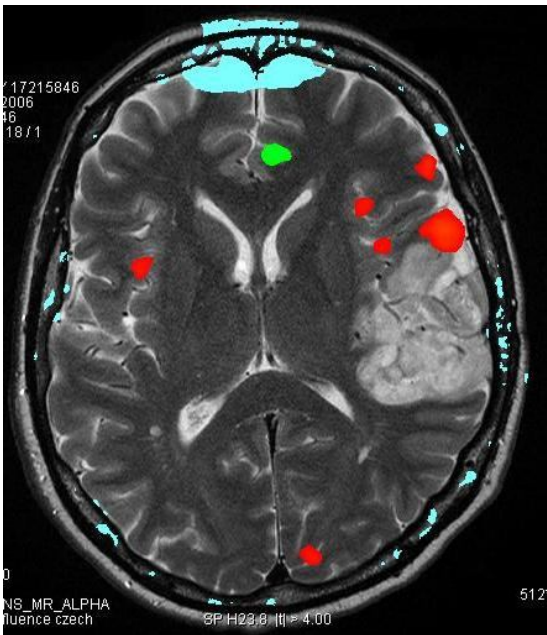
Obr. 26: leden 2006, T1 SE po KL



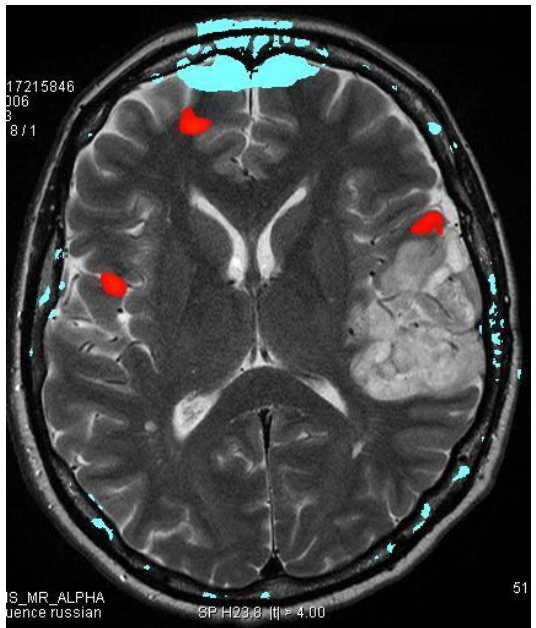
Obr 27: únor 2006, pooperační kontrola,  
T1 po podání KL



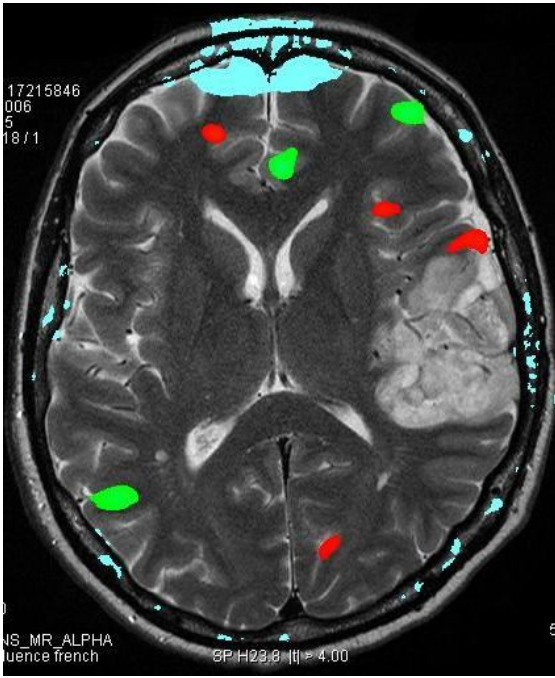
Obr. 28: leden 2013, recidiva  
FL 2D po podání KL



Obr. 29: únor 2006, FMRI - čeština



Obr. 30: únor 2006, FMRI - ruština



Obr. 31: únor 2006, FMRI - francouzština

## 8 DISKUZE

Cílem práce bylo poukázat na význam použití magnetické rezonance při vyšetření pacientů s nádorem mozku.

Kazuistika 1 ukazuje, že klinické vyšetření, popřípadě provedení EEG, nemusí vždy odhalit pravou příčinu onemocnění. Po těchto vyšetřeních byly potíže pacientky uzavřeny jako prostý kolapsový stav. Až později provedená magnetická rezonance mozku s podáním gadoliniové kontrastní látky odhalila pravou diagnózu díky které se mohla použít adekvátní léčba. Magnetická rezonance odhalila i následný relaps onemocnění.

Kazuistika 2 opět ukazuje na význam magnetické rezonance při rychlém stanovení diagnózy. Dále naznačuje význam použití MR spektroskopie, která prokázala na vysokou proliferační aktivitu. Vidíme zde i význam kombinace magnetické rezonance s jinými diagnostickými metodami. V tomto případě PET/CT potvrdilo podezření na vysokostupňový gliom. Toto bylo ověřeno i později při pooperačním histologickém vyšetření.

Kazuistika 3 je důkazem toho, že jsou nutné časté kontroly i u pacientů, u kterých první vyšetření prokáže low grade nádor a u kterých není zprvu indikováno operační vyšetření. Časté kontroly nám ukazují vývoj nálezu a umožňují přistoupit k radikální léčbě, pokud stav pacienta a kontrolní vyšetření prokáží zhoršení. Také zde vidíme význam časných pooperačních kontrol, která objevila po operaci nádorové reziduum.

V kazuistice 4 vidíme nutnost použití funkční MR, aby měl operaci provádějící neurochirurg co nejpřesnější informace o uložení nádoru. Zvláště pokud se nález nachází v blízkosti důležitých mozkových center.

Kazuistika 5 je opět příkladem významu častých kontrolních vyšetření. U pacientky byla stanovena diagnóza low grade oligodendrogliomu. Nebylo indikováno operační řešení. Při několika kontrolách se stav nezměnil. Až po několika letech došlo ke zvratu na high grade formu, který kontrola na magnetické rezonanci odhalila. Dále zde vidíme možnosti funkční magnetické rezonance. Vzhledem k tomu, že pacientka ovládala velmi dobře tři jazyky, bylo možné provést vyšetření řečového motorického centra v češtině, ruštině a angličtině.

U všech případů byla součástí vyšetření i sekvence používaná k 3D neurochirurgické navigaci. Pomocí ní je operace přesnější a neurochirurg má zjednodušenou orientaci při operaci a výsledek je tudíž přesnější.

Na těchto případech vidíme, že se kvalitní diagnostika nádorů mozku bez magnetické rezonance nemůže obejít. Nálezy upřesňuje a pomáhá ke zdárnému vyřešení pacientových problémů.

## ZÁVĚR

Ve své práci jsem se věnoval problematice nádorů mozku a to hlavně z hlediska diagnostiky těchto onemocnění pomocí magnetické rezonance.

V teoretické části jsem popsal velmi složitou anatomii mozku. Dále jsem se zabýval klinickou stránkou onemocnění, epidemiologií a dělením nádorů mozku podle různých kritérií. podrobná klasifikace dle WHO je součástí přílohy. Část práce je věnovaná celkové diagnostice a léčbě nádorů mozku. Dále následuje popsání technického principu magnetické rezonance. Toto téma je velmi složité a zdaleka přesahuje rozsah této práce. Na konci teoretické části jsem popsal vlastní průběh vyšetření, protokoly a různé možnosti diagnostiky magnetickou rezonancí, které jsou používány na Klinice zobrazovacích metod FN Plzeň, která je vybavena moderními přístroji a kde se provádí diagnostika magnetickou rezonancí na nejvyšší úrovni.

V praktické části jsem se pokusil na několika klinických příkladech ukázat význam vyšetření magnetickou rezonancí. Dokazuji zde, jak je toto vyšetření výjimečné a nenahraditelné v posloupnosti diagnostiky a následné léčby u nádorů mozku. Poukazuji zde na různé možnosti a varianty vyšetření a na velký význam včasných i pozdních kontrol nejen v průběhu léčby, ale i periodických kontrol po více či méně úspěšné léčbě pacienta. U jednotlivých kazuistik jsem pro názornost přidal bohatou obrazovou dokumentaci, která danou problematiku pomáhá dokazovat.

Za posledních dvacet až třicet let došlo k obrovskému pokroku v diagnostice mozkových novotvarů. Magnetická rezonance má v této diagnostice nezastupitelnou hodnotu. Jedná se o nejdynamičtěji rozvíjející se obor diagnostiky. S pokrokem techniky a softwaru se nám otevírají stále nové a nové možnosti diagnostiky, které umožňují stále přesnější a efektivnější léčbu nejen nádorů mozku, ale i spousty jiných onemocnění.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

1. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, 655 s. ISBN 80-716-9140-2
2. VYMAZAL, Josef. *Magnetická rezonance nervové soustavy: radiologické a klinické aspekty*. 1. vyd. Praha: M-DIAG Publishing, 2006, 156 s. ISBN 80-903-8110-3.
3. ADAM, Zdeněk, Jiří VORLÍČEK a Jiří VANÍČEK. *Diagnostické a léčebné postupy u maligních chorob: radiologické a klinické aspekty*. 2. aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 684 s. ISBN 80-247-0896-5
4. SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 319 s. ISBN 978-802-4711-065
5. FENEIS, Heinz. *Anatomický obrazový slovník*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1996, 455 s. ISBN 80-716-9197-6
6. Epidemiologické analýzy. DUŠEK, Ladislav, Jan MUŽÍK, Miroslav KUBÁSEK, Jana KOPTÍKOVÁ, Jan ŽALOUDEK a Rostislav VYZULA. *Epidemiologie zhoubných nádoru v České republice* [online]. [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://www.svod.cz/?sec=analzy>
7. MAČÁK, Jiří a Jana MAČÁKOVÁ. *Patologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 347 s., 24 s. barev. příl. ISBN 80-247-0785-3
8. CHARVÁT, František a Bohumil MARKALOUS. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika*. 2. upr. a rozš. vyd. Praha: Triton, 2006, 658 s. ISBN 80-725-4904-9
9. LIŠČÁK, Roman. *Radiochirurgie gama nožem: principy a neurochirurgické aplikace*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 239 s. ISBN 978-802-4723-501
10. VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. *Moderní diagnostické metody: principy a neurochirurgické aplikace*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996, 43 s. ISBN 80-701-3225-6
11. Metodický list pro vyšetřování pacientů s kovovými implantáty na MR. MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA, Jan ŽIŽKA, Josef VYMAZAL a Ľudovít KLZO. *Radiologická společnost ČLS JEP* [online]. [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://www.crs.cz/media/File/pdf/RizikaaKlvysetrovaniMR.pdf>

12. SIEMENS. *MAGNETOM Avanto* [online]. [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://healthcare.siemens.com/magnetic-resonance-imaging/0-35-to-1-5t-mri-scanner/magnetom-avanto>
13. Modelování kortikospinálního traktu pomocí DTI traktografie na 3T MRI. TUPÝ, Radek, Jiří FERDA, Jan KASTNER, Hynek MÍRKA, Jan MRAČEK. *MDCT* [online]. Plzeň, 2012 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: [http://mdct.cz/wp-content/uploads/tupy\\_3TMR\\_modelace\\_kortikospin%C3%A1ln%C3%ADho-traktu.pdf](http://mdct.cz/wp-content/uploads/tupy_3TMR_modelace_kortikospin%C3%A1ln%C3%ADho-traktu.pdf)
14. SIEMENS. *MAGNETOM Skyra* [online]. [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://healthcare.siemens.com/magnetic-resonance-imaging/3t-mri-scanner/magnetom-skyra>
15. Zobrazení nádorů mozku na molekulární úrovni. FERDA, Jiří, Eva FERDOVÁ, Jan KASTNER, Hynek MÍRKA, Jan MRAČEK, Milan CHOC a Ondřej HES. *MDCT* [online]. Plzeň, 2012 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: [http://mdct.cz/wp-content/uploads/ferda\\_molekul%C3%A1rn%C3%AD\\_zobrazen%C3%AD\\_U\\_mozku.pdf](http://mdct.cz/wp-content/uploads/ferda_molekul%C3%A1rn%C3%AD_zobrazen%C3%AD_U_mozku.pdf)
16. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1. 2. vyd.* Praha: Grada Publishing, 2001, 497 s. ISBN 80-716-9970-5
17. VOKURKA, Martin. *Praktický slovník medicíny. 5. rozš. vyd.* Praha: Maxdorf, 1998, 490 s. ISBN 80-858-0081-0
18. LAMBERT, Joseph B a Eugene P MAZZOLA. *Nuclear magnetic resonance spectroscopy: an introduction to principles, applications, and experimental methods.* Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, c2004, xiv, 341, 8 p. ISBN 01-308-9066-9
19. MÖLLER, Torsten B a Emil REIF. *Pocket atlas of sectional anatomy: computed tomography and magnetic resonance imaging.* 3rd ed., rev. and updated. New York: Thieme, c2007-, v. <2,3>. Thieme flexibook. ISBN 9781588905663

20. KRETSCHMANN, Hans-Joachim, Wolfgang WEINRICH a Hans-Joachim KRETSCHMANN. *Cranial neuroimaging and clinical neuroanatomy: atlas of MRI imaging and computed tomography*. 3rd ed., rev. and expanded. New York: Thieme Medical Publishers, c2003. ISBN 15-889-0145-9
21. I.P. ARLART, I.P.G, Wolfgang WEINRICH a Hans-Joachim KRETSCHMANN. *Magnetic resonance angiography: atlas of MRI imaging and computed tomography*. 2nd revised ed. Berlin [etc.]: Springer, 2003, 451 p. ISBN 35-404-3975-7
22. ČERNOCH, Zdeněk, Wolfgang WEINRICH a Hans-Joachim KRETSCHMANN. *Neuroradiologie: atlas of MRI imaging and computed tomography*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus, 2000, 1 CD-ROM. ISBN 80-901-7539-2

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

CNS - centrální nervová soustava

tzv. - tak zvaný

WHO - Světová zdravotnická organizace

TNM - typ klasifikace nádorů

např. - například

CT - počítačová tomografie

MR - magnetická rezonance

T - tesla, jednotka síly magnetického pole

PACS - Picture Archiving and Communication System

DSA - digitální subtrakční angiografie

PET - pozitronová emisní tomografie

USG - ultrasonografie

Gy - Grey, jednotka dávky

MHz - megahertz, jednotka frekvence

TE - Time to Echo

TR - Time to Repeat

SE - Spin-Echo

IR - Inversion Recovery

GE - Gradient-Echo

STIR - Short Tau Inversion Recovery

FLAIR - Fluid Attenuated Inversion Recovery

MT - magnetizační transfer

FLASH - Fast Low Angle Shot

3D - trojrozměrný

FISP - Fast Imaging with Steady-State Precession

TSE - Turbo Spin-Echo

FSE - Fast Spin-Echo

HASTE - Half Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin-Echo

EPI - Echo-Planar Imaging

DWI - Diffusion Weighted Imaging

TOF - Time of Flight

PWI - Perfusion Weighted Imaging

PC - Phase Contrast

fMRI - funkční MR

BOLD - Blood Oxygenation Level Dependent

SVS - Singel Voxel

CSI - Chemical Shift Imaging

apod. - a podobně

MRA - MR angiografie

CEMRA - kontrastní MR angiografie

DTI - Diffusion Tensor Imaging

FN - fakultní nemocnice

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Informovaný souhlas k magnetické rezonanci

Příloha 2: Souhlasné stanovisko se sběrem informací ve FN Plzeň

Příloha 3: Dělení nádorů mozku dle WHO v roce 2007, tabulka 1 ( zdroj:

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1929165/pdf/401\\_2007\\_Article\\_243.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1929165/pdf/401_2007_Article_243.pdf) )

Příloha 4: Dělení nádorů mozku dle WHO v roce 2007, tabulka 2 (zdroj:

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1929165/pdf/401\\_2007\\_Article\\_243.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1929165/pdf/401_2007_Article_243.pdf) )

Příloha 5: Kontrastní látky Magnevist a Multihance

Příloha 6 : Kontrastní látka Gadovist

Příloha 7: MR přístroj SIEMENS Avanto

Příloha 8: Periferní hlavová cívka pro Avanto

Příloha 9: Periferní hlavová cívka pro Avanto

Příloha 10: MR přístroj SIEMENS Skyra

Příloha 11: Periferní hlavová dvacetikanálová cívka pro Skyru

Příloha 12: Periferní hlavová dvacetikanálová cívka pro Skyru



## Příloha 2: Souhlasné stanovisko se sběrem informací ve FN Plzeň



### Útvar náměstka pro ošetrovatelskou péči

Dr. E. Beneše 13, 305 00 Plzeň - Bory  
ul. Svobody 80, 304 02 Plzeň - Lochotín  
IČO 00869806 tel.: 377 401 111, 377 103 111

Vážený pan  
Vojtěch Tůma  
Student ZČU FZS, Katedra záchranářství a technických oborů

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň uděluji souhlas se sběrem informací ve FN Plzeň, na Klinice zobrazovacích metod, v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „Zobrazování nádorů mozku na magnetické rezonanci“, za níže uvedených podmínek.

Podmínky pro umožnění sběru informací ve FN Plzeň (v rámci studentských – výzkumných šetření):

- Vrchní radiologický asistent osloveného pracoviště souhlasí s Vaším postupem.
- Osobně povedete svoje šetření.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického řádu FN Plzeň. Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372 / 2011 Sb..
- Vaše šetření povedete v době Vašich, školou schválených, praktik.

Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete ZOK FN Plzeň závěry Vašeho výzkumu, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK zájem.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců. Spolupráce zaměstnanců FN Plzeň na Vašem šetření je dobrovolná a je vyjádřením ochoty ke spolupráci oslovených zaměstnanců / pacientů FN Plzeň s Vámi.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

I

Mgr., Bc. Světluše Čižková  
manažerka pro vzdělávání a výuku NELZP  
zástupkyně náměstkyně pro oš. péči

Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň  
tel.: 377 103 204, 377 402 207  
e-mail: [chabrovias@fnplzeň.cz](mailto:chabrovias@fnplzeň.cz)



Příloha 3: Dělení nádorů mozku dle WHO v roce 2007, tabulka 1

**TUMOURS OF NEUROEPITHELIAL TISSUE**

**Astrocytic tumours**

Pilocytic astrocytoma	9421/1 <sup>1</sup>
Pilomyxoid astrocytoma	<i>9425/3*</i>
Subependymal giant cell astrocytoma	9384/1
Pleomorphic xanthoastrocytoma	9424/3
Diffuse astrocytoma	9400/3
Fibrillary astrocytoma	9420/3
Gemistocytic astrocytoma	9411/3
Protoplasmic astrocytoma	9410/3
Anaplastic astrocytoma	9401/3
Glioblastoma	9440/3
Giant cell glioblastoma	9441/3
Gliosarcoma	9442/3
Gliomatosis cerebri	9381/3

**Oligodendroglial tumours**

Oligodendroglioma	9450/3
Anaplastic oligodendroglioma	9451/3

**Oligoastrocytic tumours**

Oligoastrocytoma	9382/3
Anaplastic oligoastrocytoma	9382/3

**Ependymal tumours**

Subependymoma	9383/1
Myxopapillary ependymoma	9394/1
Ependymoma	9391/3
Cellular	9391/3
Papillary	9393/3
Clear cell	9391/3
Tanyctic	9391/3
Anaplastic ependymoma	9392/3

**Choroid plexus tumours**

Choroid plexus papilloma	9390/0
Atypical choroid plexus papilloma	<i>9390/1*</i>
Choroid plexus carcinoma	9390/3

**Other neuroepithelial tumours**

Astroblastoma	9430/3
Chordoid glioma of the third ventricle	9444/1
Angiocentric glioma	<i>9431/1*</i>

**Neuronal and mixed neuronal-gliial tumours**

Dysplastic gangliocytoma of cerebellum (Lhermitte-Duclos)	9493/0
Desmoplastic infantile astrocytoma/ganglioglioma	9412/1
Dysembryoplastic neuroepithelial tumour	9413/0
Gangliocytoma	9492/0
Ganglioglioma	9505/1
Anaplastic ganglioglioma	9505/3
Central neurocytoma	9506/1
Extraventricular neurocytoma	<i>9506/1*</i>
Cerebellar liponeurocytoma	<i>9506/1*</i>
Papillary glioneuronal tumour	<i>9509/1*</i>
Rosette-forming glioneuronal tumour of the fourth ventricle	<i>9509/1*</i>
Paraganglioma	8680/1

**Tumours of the pineal region**

Pineocytoma	9361/1
Pineal parenchymal tumour of intermediate differentiation	9362/3
Pineoblastoma	9362/3
Papillary tumour of the pineal region	<i>9395/3*</i>

**Embryonal tumours**

Medulloblastoma	9470/3
Desmoplastic/nodular medulloblastoma	9471/3
Medulloblastoma with extensive nodularity	<i>9471/3*</i>
Anaplastic medulloblastoma	<i>9474/3*</i>
Large cell medulloblastoma	9474/3
CNS primitive neuroectodermal tumour	9473/3
CNS Neuroblastoma	9500/3
CNS Ganglioneuroblastoma	9490/3
Medulloepithelioma	9501/3
Ependymblastoma	9392/3
Atypical teratoid / rhabdoid tumour	9508/3

**TUMOURS OF CRANIAL AND PARASPINAL NERVES**

Schwannoma (neurilemoma, neurinoma)	9560/0
Cellular	9560/0
Plexiform	9560/0
Melanotic	9560/0
Neurofibroma	9540/0
Plexiform	9550/0

<sup>1</sup> Morphology code of the International Classification of Diseases for Oncology (ICD-O) {614A} and the Systematized Nomenclature of Medicine (<http://snomed.org>). Behaviour is coded /0 for benign tumours, /3 for malignant tumours and /1 for borderline or uncertain behaviour.

\* The italicised numbers are provisional codes proposed for the 4th edition of ICD-O. While they are expected to be incorporated into the next ICD-O edition, they currently remain subject to change.

Příloha 4: Dělení nádorů mozku dle WHO v roce 2007, tabulka 2

Table 1 continued

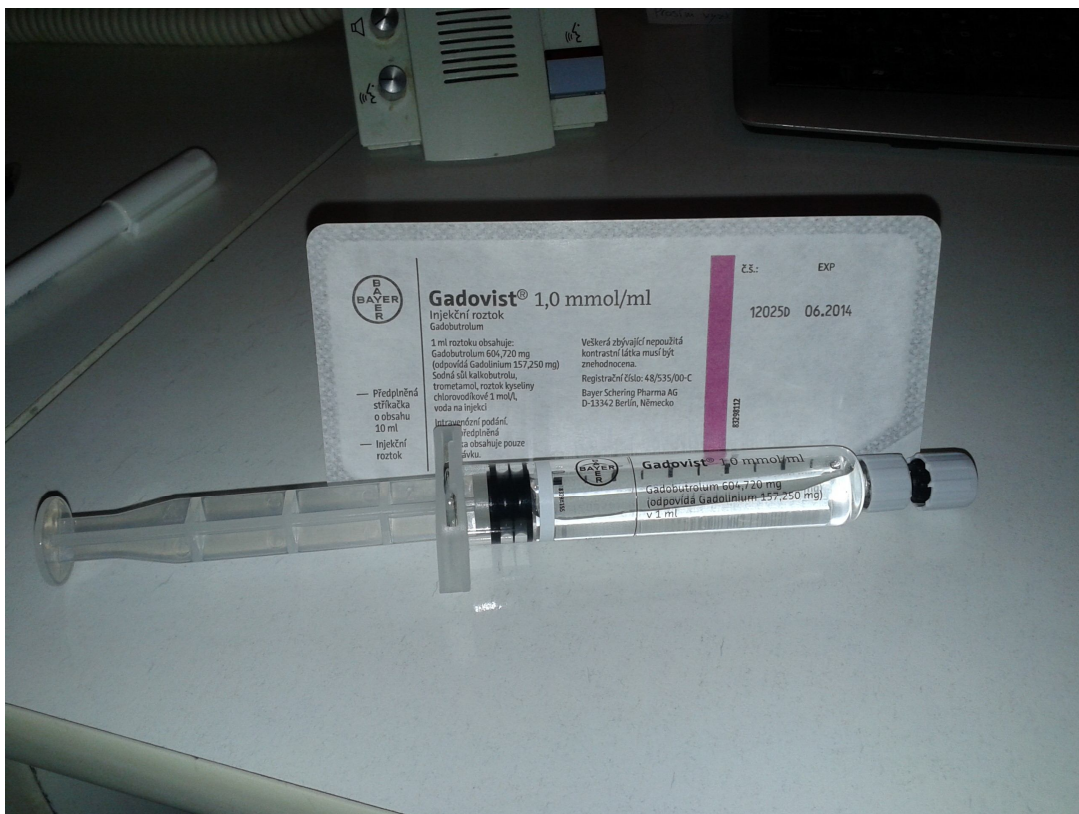
Perineurioma		Haemangiopericytoma	9150/1
Perineurioma, NOS	9571/0	Anaplastic haemangiopericytoma	9150/3
Malignant perineurioma	9571/3	Angiosarcoma	9120/3
Malignant peripheral		Kaposi sarcoma	9140/3
nerve sheath tumour (MPNST)		Ewing sarcoma - PNET	9364/3
Epithelioid MPNST	9540/3	<b>Primary melanocytic lesions</b>	
MPNST with mesenchymal differentiation	9540/3	Diffuse melanocytosis	8728/0
Melanotic MPNST	9540/3	Melanocytoma	8728/1
MPNST with glandular differentiation	9540/3	Malignant melanoma	8720/3
		Meningeal melanomatosis	8728/3
<b>TUMOURS OF THE MENINGES</b>		<b>Other neoplasms related to the meninges</b>	
<b>Tumours of meningotheial cells</b>		Haemangioblastoma	9161/1
Meningioma	9530/0	<b>LYMPHOMAS AND HAEMATOPOIETIC</b>	
Meningothelial	9531/0	<b>NEOPLASMS</b>	
Fibrous (fibroblastic)	9532/0	Malignant lymphomas	9590/3
Transitional (mixed)	9537/0	Plasmacytoma	9731/3
Psammomatous	9533/0	Granulocytic sarcoma	9930/3
Angiomatous	9534/0	<b>GERM CELL TUMOURS</b>	
Microcystic	9530/0	Germinoma	9064/3
Secretory	9530/0	Embryonal carcinoma	9070/3
Lymphoplasmacyte-rich	9530/0	Yolk sac tumour	9071/3
Metaplastic	9530/0	Choriocarcinoma	9100/3
Chordoid	9538/1	Teratoma	9080/1
Clear cell	9538/1	Mature	9080/0
Atypical	9539/1	Immature	9080/3
Papillary	9538/3	Teratoma with malignant transformation	9084/3
Rhabdoid	9538/3	Mixed germ cell tumour	9085/3
Anaplastic (malignant)	9530/3	<b>TUMOURS OF THE SELLAR REGION</b>	
<b>Mesenchymal tumours</b>		Craniopharyngioma	9350/1
Lipoma	8850/0	Adamantinomatous	9351/1
Angiolipoma	8861/0	Papillary	9352/1
Hibernoma	8880/0	Granular cell tumour	9582/0
Liposarcoma	8850/3	Pituicytoma	9432/1*
Solitary fibrous tumour	8815/0	Spindle cell oncocyoma	
Fibrosarcoma	8810/3	of the adenohypophysis	8291/0*
Malignant fibrous histiocytoma	8830/3	<b>METASTATIC TUMOURS</b>	
Leiomyoma	8890/0		
Leiomyosarcoma	8890/3		
Rhabdomyoma	8900/0		
Rhabdomyosarcoma	8900/3		
Chondroma	9220/0		
Chondrosarcoma	9220/3		
Osteoma	9180/0		
Osteosarcoma	9180/3		
Osteochondroma	9210/0		
Haemangioma	9120/0		
Epithelioid haemangioendothelioma	9133/1		





Příloha 6 :

## Kontrastní látka Gadovist



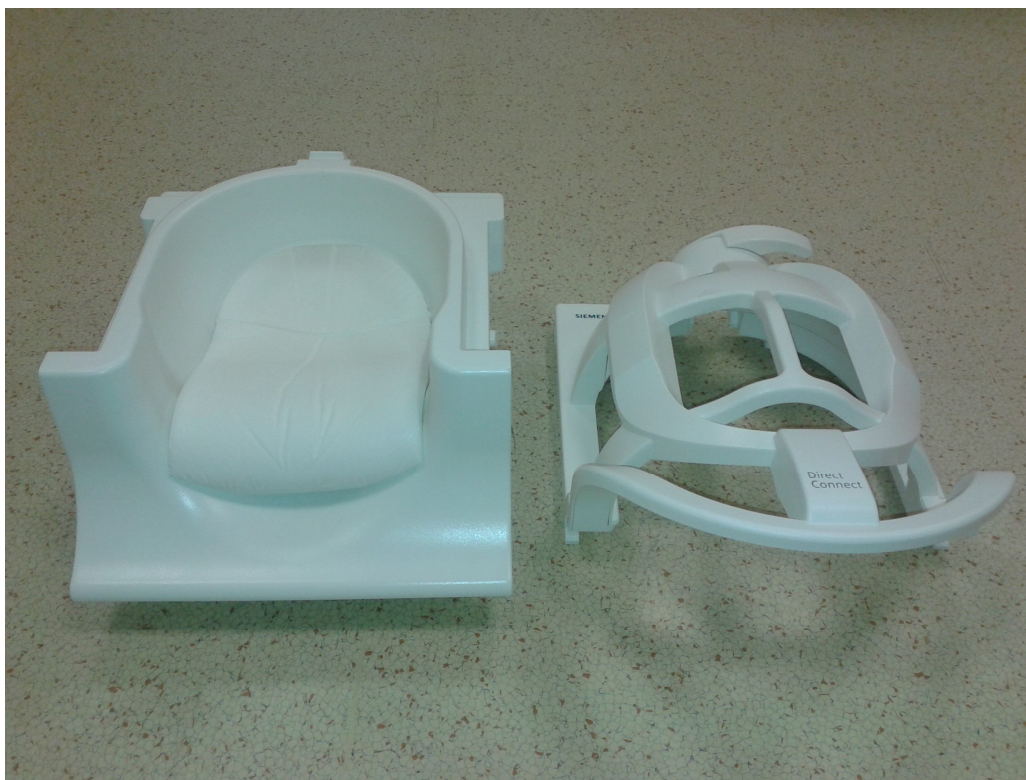
Příloha 7:

MR přístroj SIEMENS Avanto



Příloha 8:

Periferní hlavová cívka pro Avanto



Příloha 9:

Periferní hlavová cívka pro Avanto





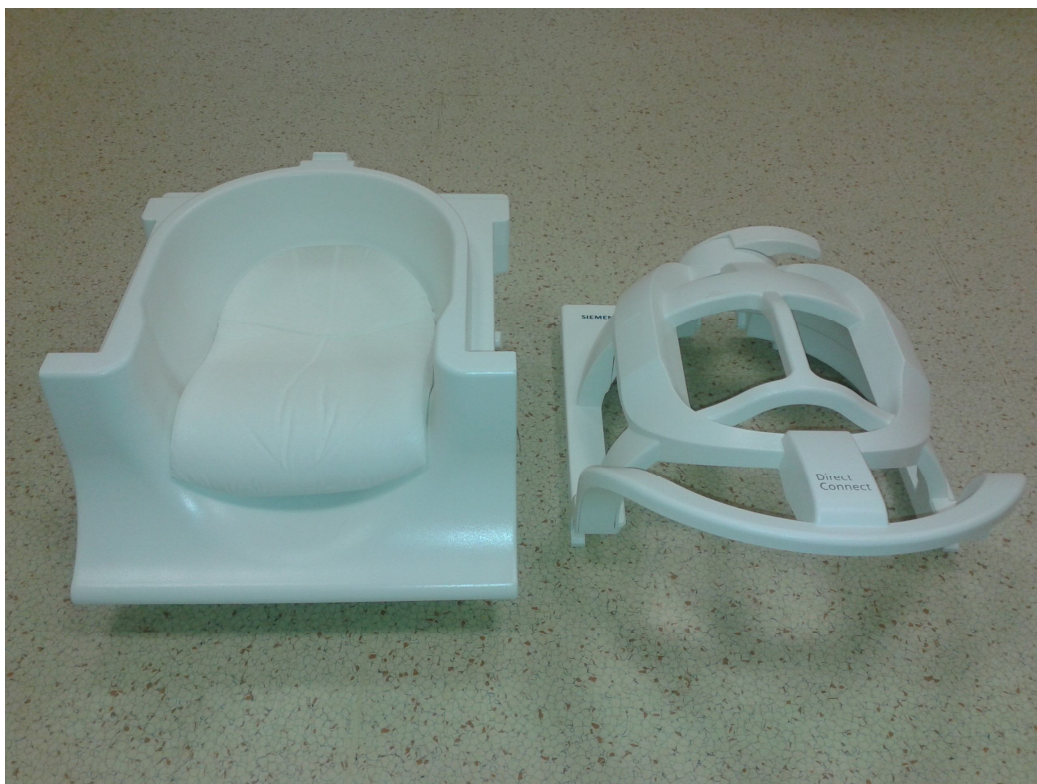
Příloha 10:

MR přístroj SIEMENS Skyra





Příloha 11: Periferní hlavová dvacetikanálová cívka pro Skyru



Příloha 12: Periferní hlavová dvacetikanálová cívka pro Skyru

