

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav zobrazovacích metod

Veronika Schwarzová

**Výpočetní tomografie a magnetická rezonance
v diagnostice mozku u dospělých**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D.,MBA

Olomouc 2012

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Výpočetní tomografie a magnetická rezonance v diagnostice mozku u dospělých“ jsem vypracovala samostatně a veškeré informace, ze kterých jsem čerpala, uvádím v příloženém seznamu literatury.

Olomouc 23. dubna 2012

podpis

Děkuji doc. MUDr. Jaroslavu Vomáčkovi, Ph.D., MBA za odborné vedení bakalářské práce, za poskytnutí literatury a za cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

Anotace bakalářské práce

Název práce v ČJ: Výpočetní tomografie a magnetická rezonance v diagnostice mozku u dospělých

Název práce v AJ: Computed tomography and magnetic resonance imaging in the diagnosis of the brain in adults

Datum zadání: 2012-01-16

Datum odevzdání:

Vysoká škola, fakulta: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd

Ústav: Ústav radiologických metod

Autor práce: Schwarzová Veronika

Vedoucí práce: Doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D.,MBA

Oponent práce: Doc. MUDr. Stanislav Buřval, Ph.D.

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce se zabývá tím, jaké byly opublikovány poznatky o výpočetní tomografii a magnetické rezonanci mozku u dospělých v českém a slovenském jazyce. Cíle práce byly formulovány tyto:

1. Předložit poznatky o zobrazování mozku pomocí výpočetní tomografie
2. Předložit poznatky o zobrazování mozku pomocí magnetické rezonance
3. Předložit poznatky o ostatních zobrazovacích metodách v diagnostice mozku

Informace byly dohledány v periodikách Česká radiologie, Praktická radiologie, Interní medicína pro praxi, Neurologie pro praxi, Psychiatrie pro praxi, Medicína pro praxi a Practicus.

Abstrakt v AJ: This thesis deals with what was published findings on computed tomography and magnetic resonance imaging of the brain in adults in Czech and Slovak language. The objectives were formulated as follows:

1. Present findings on brain with computed tomography
2. Present findings on brain with magnetic resonance imaging
3. Present findings on other imaging methods in the diagnosis of brain

Information were searched in Česká radiologie, Praktická radiologie, Interní medicína pro praxi, Neurologie pro praxi, Psychiatrie pro praxi, Medicína pro praxi and Practicus.

Klíčová slova v ČJ: diagnostika, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, neuroradiologie, mozek, angiografie, cévní mozková příhoda, krvácení, nádory mozku, traumata mozku

Klíčová slova v AJ: diagnosis, computed tomography, magnetic resonance imaging, neuroradiology, brain, angiography, stroke, bleeding, brain tumors, brain trauma

Rozsah: 49 stran + 6 příloh

OBSAH

ÚVOD.....	8
CÍLE.....	10
1 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE V DIAGNOSTICE MOZKU.....	11
1.1 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE.....	11
1.2 NATIVNÍ CT MOZKU.....	14
1.3 PERFUZNÍ CT MOZKU.....	15
1.4 CT-ANGIOGRAFIE MOZKU.....	17
1.5 CT U NĚKTERÝCH SPECIFICKÝCH ONEMOCNĚNÍ.....	19
2 MAGNETICKÁ REZONANCE V DIAGNOSTICE MOZKU.....	22
2.1 MAGNETICKÁ REZONANCE.....	22
2.2 STANDARDNÍ PROTOKOL.....	24
2.3 STROKE PROTOKOL.....	25
2.4 EPI PROTOKOL.....	27
2.5 MR-ANGIOGRAFIE.....	29
2.6 MR S APLIKACÍ KONTRASTNÍ LÁTKY.....	31
3 OSTATNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY V DIAGNOSTICE MOZKU.....	35
4 VYŠETŘOVACÍ PROTOKOLY.....	37
ZÁVĚR.....	41
BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE.....	42

SEZNAM ZKRATEK.....	46
SEZNAM TABULEK.....	48
SEZNAM PŘÍLOH.....	49
PŘÍLOHY.....	50

ÚVOD

Smyslem této práce je poskytnout informace o postavení jednotlivých zobrazovacích metod, hlavně výpočetní tomografie a magnetické rezonance, v diagnostickém zobrazování mozku.

Zobrazování mozku se řadí do oboru neuroradiologie. V dnešní době je většina výkonů prováděných na pracovišti výpočetní tomografie a magnetické rezonance právě z tohoto oboru. Neuroradiologie je obor radiologie, který se zabývá patologickými změnami mozku a míchy.

V 70. letech vstupuje do popředí zobrazování mozku pomocí ultrasonografie a výpočetní tomografie. Na konci 70. let se objevuje i magnetická rezonance. Tyto metody se staly základními technikami v oboru neuroradiologie a nabízí v zobrazování mozku zcela nové možnosti. Postupně vytlačily složitější invazivní kontrastní vyšetření (např. pneumoencefalografie, ventrikulohrafie). Většina těchto technik byla již v 60. letech téměř nebo úplně zapomenuta a nahrazena méně invazivními metodami, jako je právě magnetická rezonance a výpočetní tomografie.

Ke specifikaci zkoumaného problému byla použita literatura uvedená níže:

SARTOR, K., HAEHNEL, S., KRESS, B. *Direct Diagnosis in Radiology: Brain Imaging*. Stuttgart : Thieme, 2008. 300 s. ISBN 978-3-13-143961-1.

FERDA, J., MÍRKA, H., BAXA, J. *Mutlidetektorová výpočetní tomografie: Technika vyšetření*. Praha: Galen, 2009. 213 s. ISBN 978-80-7262-608-3.

SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. Praha: Grada Publishing, 2007. 319 s. ISBN 978-80-247-1106-5.

HEŘMAN, M. *Akutní CT mozku: Atlas nálezů*. Olomouc: UP Olomouc, 2006. 181 s. ISBN 80-244-1229-2.

NEKULA, J., CHMELOVÁ, J. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2007. 68 s. ISBN 978-80-7368-335-1.

K vytvoření této práce byla použita následující vyhledávací strategie: byla zvolena klíčová vyhledávací slova: výpočetní tomografie, magnetická rezonance, neuroradiologie, mozek, diagnostika, krvácení, tumory mozku, traumata mozku, cévní mozková příhoda, mozková ischémie a angiografie. Rešerže proběhla ve vyhledávacích databázích MEDLINE, BMC a MEDVIK a pomocí internetových vyhledávačů Google a Google Scholar. Byly vyhledávány články v českém a slovenském jazyce v období od roku 1997 až do roku 2011. V první etapě hledání bylo nalezeno 418 článků. Z toho 303 českých, 30 slovenských, 96 anglických a 2 německé články. Použito bylo 21 článků v českém jazyce a 2 slovenské články. Ostatní nebyly použity, neboť nevyhovovaly zadaným kritériím. Ve druhé etapě vyhledávání bylo nalezeno 497 článků. Z toho 301 českých, 118 anglických, 26 slovenských a 2 francouzské články. Použito bylo 48 českých článků a 1 slovenský. Ostatní nebyly použity, protože neobsahovaly informace k danému tématu nebo nevyhovoval jazyk, ve kterém byly tyto články publikovány nebo nezapadaly do vyhledávacího období. Třetí etapa hledání probíhala během zpracovávání bakalářské práce. Byla použita vyhledávací slova perfuze a mozek. K těmto slovům bylo nalezeno 55 českých článků a 9 slovenských článků. Dále byla použita slova angiografie a mozek. Nalezeno bylo 211 českých článků a 14 slovenských. Celkem bylo použito 10 článků. Ostatní neobsahovaly informace o výpočetní tomografii mozku.

CÍLE PRÁCE

Zkoumaným problémem této bakalářské práce bylo zjistit, jaké byly opublikovány poznatky o výpočetní tomografii a magnetické rezonanci v diagnostice mozku u dospělých v českém a slovenském jazyce.

Cíle práce byly tyto:

1. Předložit poznatky o zobrazování mozku pomocí výpočetní tomografie
2. Předložit poznatky o zobrazování mozku pomocí magnetické rezonance
3. Předložit poznatky o ostatních zobrazovacích metodách v diagnostice mozku

1 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE V DIAGNOSTICE MOZKU

1.1 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie (CT, computed tomography) je diagnostická metoda, která je založena na měření absorpce svazku rentgenového záření v tenké vrstvě vyšetřované oblasti (Peterová, 2010, s. 90). Základy této metody položil Američan Allan McLeod Cormack v roce 1963. Na základě jeho teorie zkonstruoval v roce 1972 první klinicky použitelný výpočetní tomograf fyzik Godfrey Newbold Hounsfield. Oba dva dostali v roce 1979 Nobelovu cenu za medicínu. Zavedením nových konstrukčních prvků u přístrojů se zvyšuje rozlišovací schopnost, zmenšuje se tloušťka vrstvy a zkracuje se expoziční čas. Vývoj výpočetní tomografie se nezastavuje a každý rok se objevují novinky v této diagnostické metodě (Eliáš, Máca, Neuwirth, Válek, 1998, s. 6).

Velikost absorpce a rozptylu ionizujícího záření v tkáni vyjadřuje denzita. Jednotkou denzity jsou Hounsfieldovy jednotky (HU). Je to stupnice od -1000 HU do $+3096$ HU. Pomocí matematického výpočtu se rozdíly v denzitě zobrazují v odstínech šedi. Lidským okem lze rozeznat jen 16 stupňů šedi, proto z celé stupnice denzit vybíráme jen tzv. okna – měkkotkáňové, kostní (obr. 1.), plicní, aj. (Peterová, 2010, s. 90).

Fyzikální princip CT

Výpočetní tomografie využívá matematické rekonstrukce řezů z velkého množství sumačních snímků v určité rovině. Na rozdíl od klasických rentgenových snímků není záření zaznamenáváno na film, ale je zaneseno na soustavu detektorů, které jsou propojeny s počítačem. Ten převádí analogový signál na digitální informaci, zpracovává ji a opět ji převede zpět na analogovou informaci (=výsledný obraz). Výsledná data jsou pomocí složitých matematických postupů rekonstruována do konečné matice, nejčastěji o velikosti 512×512 bodů. S tím jak se zvětšuje matice, zvětšuje se i náročnost výpočtů, čas potřebný k získání dat a radiační zátěž. Každý pixel v matici není dvojrozměrná jednotka, ale má i svou hloubku,

kteřá je dána tloušťkou řezu. Proto se nazývá voxel (volume matrix element). Zvyšování rozlišení bez snížení tloušťky vrstvy vede k omezenému efektu a je často zdrojem artefaktů (Eliáš, Máca, Neuwirth, Válek, 1998, s. 6-7).

CT přístroj se skládá z několika součástí:

1. Gantry – je zde rentgenka, detektory, pohonné a řídicí ústrojí a kolimační systémy. Je pohyblivé a lze jej sklopit dle vyšetřované části tak, aby skeny byly axiální. Ve středu gantry je otvor o průměru 50 – 70 cm.
2. Polohovací lůžko s plovoucí deskou – zasouvá se do gantry
3. Ovládací konzola s klávesnicí, ovládacím a obrazovým monitorem – nachází se na ovladovně
4. Pracovní stanice (workstation) – nachází se zde čtyři obrazovky. Textová, kde jsou informace o pacientovi. Obrazovka s obrazovými a analogovými informacemi. Obrazovka, na které se nastavuje množství kontrastní látky, její rychlost a předstih. A obrazovka, kde se vyhledávají objednaní pacienti, obsahuje žádanku na vyšetření.
5. Generátor vysokého napětí.

Dále se na vyšetřovně nachází tlaková stříkačka, která slouží k aplikaci kontrastní látky a sterilní stůl s jehlami, drény, sterilními sety, anestetiky a léky pro první pomoc při alergické reakci (Eliáš, Máca, Neuwirth, Válek, 1998, s. 10-11).

Konvenční CT

Podle topogramu se naplánují jednotlivé řezy (transverzální). Jednotlivé vrstvy na sebe plynule navazují nebo je mezi nimi mezera (Peterová, 2010, s. 90). Mezi parametry spirálního CT patří kilovolty (kV), miliampéry (mA), čas, za který se vytvoří jeden sken (scan time), tloušťka vrstvy (kolimace), vzdálenost mezi jednotlivými středy vrstev (posun stolu) a časový interval mezi jednotlivými skeny (Eliáš, Máca, Neuwirth, Válek, 1998, s. 10-11).

Spirální (heliakální) CT

U spirálního CT se během krátké doby získá velké množství informací, ze kterých se pomocí rekonstrukcí a volbou vhodných kritérií vytvoří jakýkoliv počet skenů. Umožňuje zobrazit velké oblasti těla. Vyšetření trvá v průměru 5 až 10 minut. Na rozdíl od konvenčního CT se zkracuje doba vyšetření a umožňuje získat velký počet vrstev s možností následných rekonstrukcí. Je zde možnost redukovat pohybové artefakty, díky tomu se zlepšuje detekce malých ložisek. Je však zapotřebí vyšší dávka záření než u konvenčního CT vyšetření (Peterová, 2010, s. 90).

Multidetektorové CT (MDCT)

Způsob získávání dat, při kterém je získávána více než jedna datová stopa. Při současném vývoji CT přístrojů je to 4 – 320 stop. Multidetektorové CT přístroje se rozdělují na několik základních typů. Nejčastější typ je jen s jednou rentgenkou a jednou detektorovou soustavou, pomocí které lze získat 4 – 128 datových stop. Tyto přístroje se téměř neliší od spirálního CT. Dalším typem MDCT přístroje je dvou zdrojový přístroj (DECT, dual energy) (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 14). Objevuje se již v osmdesátých letech 20. století. Umožňuje získání informací o chemickém složení vyšetřované části těla (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 32). Má dvě rentgenky a dvě detektorové soustavy pod úhlem 90°. Tyto soustavy mohou získat až 320 datových stop a zpracovávají data s korekcí efektu rozbíhavosti (cone beam effect). To dovoluje získat data pro zobrazování dynamických dějů (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 14 – 15). Mimo jiné se používá u pacientů s intrakraniálním krvácením. Umožňuje detekovat krvácení na zobrazeních virtuálního nativního obrazu. Ve srovnání s klasickým nativním vyšetřením mají virtuální mapy horší rozlišení díky vyššímu šumu. Tato nevýhoda se nejvíce ukazuje u obézních pacientů při vyšetření břicha a při vyšetření hlavy. Klasické nativní zobrazení je prováděno vyšší dávkou, proto je velkou výhodou ušetření dávky u DECT mozku (Ferda, Flohr, Kreuzberg, 2008, s. 29). Mezi výhody MDCT patří rychlejší sbírání datových informací, zlepšení rozlišení, větší

rozsah vyšetřované oblasti, snižuje se tloušťka vrstvy, zmenšuje se výskyt pohybových artefaktů, lze aplikovat menší množství kontrastní látky a možnost vytvořit velkou škálu 3D rekonstrukcí (Peterová, 2010, s. 90). Dalším typem MDCT přístrojů jsou hybridní zařízení. Spojují v sobě multidetektorové CT a pozitronovou nebo jednofotonovou emisní tomografii (PET/CT a SPECT/CT). V gantry jsou pak společně zapojeny zobrazovací systémy MDCT a SPECT nebo PET (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 15).

Indikace

Mezi indikace vyšetření výpočetní tomografií mozku u dospělých patří akutní kraniocerebrální trauma, podezření na intrakraniální krvácení, akutní cévní mozková příhoda, podezření na zánětlivé či tumorózní onemocnění mozku, jeho obalu nebo skeletu lebky, časné i pozdní kontroly po neurochirurgické operaci, diagnostika vaskulárních lézí (AV malformací, aneuryzmat, apod.), kongenitálních lézí, hydrocefalu a kontrolní vyšetření u vaskulárních shuntu. CT mozku může indikovat odborný lékař i u pacientů s neurologickým nebo psychiatrickým onemocněním (Peterová, 2010, s. 92).

1.2 Nativní CT mozku (obr. 2.)

Je to vyšetření mozkové tkáně bez aplikace kontrastní látky. Výhodou tohoto vyšetření je vysoká citlivost mozkového krvácení, jeho dostupnost a rychlost. (Lacman, Janoušková 2010, s. 138). Je nejdostupnější a nejlevnější. Mezi hlavní indikace tohoto vyšetření patří diagnostika cévních mozkových příhod a traumat, slouží k vyloučení krvácení, při podezření na subarachnoidální krvácení a trombózu splavů (Peterová, 2010, s. 92). U akutních stavů by mělo být toto vyšetření provedeno v co nejkratším čase. U subarachnoidálního krvácení je nejvyšší citlivost vyšetření do 12 hodin od začátku obtíží (Heřman, 2007, s. 258). Nativní CT je metodou první volby u pacientů s podezřením na cévní mozkovou příhodu. V dnešní době lze pomocí této metody spolehlivě, snadno a rychle stanovit diagnózu akutní mozkové krvácení (Seidl, Obenberger, Viták,

Vaněčková, Daneš, Peterová, 2000, s. 223). Příprava k nativnímu CT není nutná. Pacient leží na zádech, hlavu má uloženou směrem do gantry. Před začátkem skenování se provede topogram (scout). Je to prostý orientační snímek, na kterém se stanovuje rozsah vyšetření, orientace a úhel sklonu gantry (Eliáš, Máca, Neuwirth, Válek, 1998, s. 33). Rozsah vyšetření je od foramen magnum až po vertex. Šíře vrstev je přibližně 5 milimetrů supratentoriálně v rovině souběžné se supraorbitometální čarou. V oblasti baze (infratentoriálně) lze použít šíře vrstev 2,5 milimetrů. Směr snímkování je kaudokraniální. Provádí se rekonstrukce obrazu v koronární a sagitální rovině. Šíře vrstvy zůstává při rekonstrukčních řezech zachována (Ferda, Kreuzberg, Kastner, Novák, Rohan, 2007, s. 233). Peterová uvádí, že nativní CT umožňuje přímou diagnostiku tumorů mozku a jeho plen, hydrocefalu, mozkových abscesů, cyst, atrofií, ischemických změn, vývojových anomálií a jiných. Lze provést snímky cílené na sella turcica, orbitu, vnitřní zvukovod a přechod, cervikokraniální přechod. Nativní CT je výhodnější i u traumat hlavy, jelikož na prostém snímku nemusí být vidět fraktury spodiny lební (Peterová, 2010, s. 92).

1.3 Perfuzní CT mozku

Perfuzní vyšetření mozku následuje hned po nativním vyšetření a informuje o kvantitativním a časovém rozložení kontrastní látky v mozku (Ferda, Kreuzberg, Kastner, Novák, Rohan, 2007, s. 234). Je to funkční vyšetření mozkové tkáně. Výsledkem jsou barevné mapy, podle kterých hodnotíme prokrvení mozku. Bez stálého přísunu tepenné krve se zastaví metabolismus mozku, který je závislý na oxidaci glukózy (Tichý, Mészárosová, Novotný, 2006, s. 10).

Mezi nejčastější indikace k perfuznímu CT patří:

- Akutní ischemie mozku (u časných stádií by mělo být toto vyšetření provedeno již do šesti hodin od vzniku prvních klinických příznaků)
- Chronické ischemické změny (prevence cévní mozkové příhody)
- Kontroly po trombolýze (rozpuštění krevních sraženin)

- Grading mozkových tumorů (je mikroskopické určení stupně vyžralosti nádoru) – slouží k posouzení efektu léčby
- 4D zobrazení cévního systému – data lze použít k 4D CT- angiografii (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 88).

Toto vyšetření je možné provádět jako samostatné vyšetření, jako součást standardního vyšetření mozkové tkáně, nebo současně s CT-angiografií karotid.

Parametry perfuze – existují 3 základní parametry

- TBV (tissue blood volume) – označuje objem protékající krve
- TBF (tissue blood flow) – je průtok krve vyšetřovanou oblastí
- MTT (mean transit time) – je poměr mezi objemem protékající krve a průtokem krve tkání (Tichý, Mészárosová, Novotný, 2006, s. 10).

Z jednotlivých parametrů lze vytvořit barevné perfuzní mapy. CBV (cerebral blood volume) udává množství krve v daném objemu mozkové tkáně (ml/100 g tkáně). CBF (cerebral blood flow) je hodnota průtoku krve v mozkové tkáni (ml/100/min). MTT (mean transit time) je průměrný čas perfuze v určitém objemu mozkové tkáně (sekundy). A TTP (time to peak) je průměrný čas do maximální denzity v zobrazované oblasti (sekundy) (Reif, Mikulík, 2006, s. 318).

Pacient musí být nalačno. Je mu aplikován Dithiaden nebo jiné antihistaminikum. Když je riziko vzniku alergické reakce zvýšené, doplňuje se ještě aplikace Prednisonu nebo Hydrocortisonu těsně před aplikací kontrastní látky. Musí se dbát na správné odebrání alergologické anamnézy. Při samotném vyšetření leží pacient na zádech, hlava mu směřuje směrem do gantry. Nejprve se zhotoví plánovací sken (topogram, pilot scan). Pokud perfuzní CT provádíme jako samostatné vyšetření, slouží nativní CT pouze k orientačním účelům (Tichý, Mészárosová, Novotný, 2006, s. 12). Rozsah zobrazované oblasti je nutné zvolit tak, aby byla zobrazena především oblast bazálních ganglií a insuly na jedné úrovni a cella media postranních komor na druhé úrovni. (Ferda, Kreuzberg, Kastner, Novák, Rohan, 2007, s. 234). Studii zaměříme na oblast bazálních ganglií nebo na oblast zájmu (oblast předpokládané patologie), která byla určena

pomocí nativního CT. Pacientovi je aplikována kontrastní látka pomocí tlakového injektoru současně se spuštěním vyšetření (Tichý, Mészárosová, Novotný, 2006, s. 12).

Skenovací parametry

- Kolimace - 4 x 5 mm
- Doba rotace - 0,5 sec
- Doba skenování - 45 sec
- Napětí a proud - 80 kV, 200 mA
- Množství kontrastní látky - 40 ml (350 – 400 mg jodu/ml)
- Rychlost kontrastní látky - 4ml/sec
- Množství fyziologického roztoku - 40 ml
- Rychlost fyziologického roztoku - 4ml/sec

Pokud je toto vyšetření součástí standardního protokolu, pokračuje se CT angiografií karotid. Tichý, Mészárosová a Novotný ve svém článku uvádějí: „Funkční vyšetření mozku umožňuje detekci časných ischemických změn, usnadňuje centraci cílené trombolytické léčby a podílí se na snížení rozsahu ireverzibilních změn mozkové tkáně.“ Při prevenci cévní mozkové příhody u chronických ischemií a stenóz hlavních tepen, které zásobují mozek, je toto vyšetření velmi výhodné a vhodné hlavně u pacientů s minimálními klinickými příznaky, kdy je možné onemocnění řešit ještě před tím, než onemocnění dospěje do závažného stadia (Tichý, Mészárosová, Novotný, 2006, s. 12-15).

1.4 CT angiografie (CTA)

CTA zažila bouřlivý rozvoj až po vynálezu spirálního získávání dat. Od 90. let 20. století se objevují nové indikace k zobrazování cév pomocí CT-angiografie (Ferda, Baxa, Mírka, Schmidt, Flohr, Kreuzbeg, 2009, s. 164). Mezi hlavní indikace k tomuto vyšetření patří:

- Mozková ischemie

- Subarachnoidální krvácení
- Intrakraniální aneuryzma v povodí mozkových tepen
- Intrakraniální arteriovenózní zkrat
- Mozkové nádory (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 85).

Tvoří závěrečnou část standardního protokolu na vyšetření mozku (Ferda, Kastner, Kreuzberg, Novák, Rohan, 2007, s. 234). Je to neinvazivní vyšetření, které umožňuje zobrazit jak extrakraniální tak intrakraniální řečiště, zúžení nebo uzávěr tepny, jejich umístění a stav Willisova okruhu a kolaterálního oběhu. Lékařům slouží k plánování endovaskulárního výkonu (Lacman, Janoušková, 2010, s. 139). Citlivost tohoto vyšetření ve srovnání s DSA (digitální subtrakční angiografie) a MRA se v detekci zúžení a okluze magistrálních mozkových tepen pohybuje mezi 98 - 99%. Mezi nevýhody tohoto vyšetření patří: alergická reakce, která souvisí s podáním kontrastní látky, radiační zátěž a nutnost zajištění žilního přístupu (Reif, Mikulík, 2006, s. 317-318). Základní podmínkou pro kvalitní zobrazení tepen hlavy a krku je homogenní náplň arteriálního řečiště (Ferda, Novák, Mírka, 2007, s. 410). Jelikož je CT – angiografie mozkových tepen součástí třístupňového standardního vyšetření leží pacient stejně jako u nativního CT a perfuzního CT mozku. Aplikuje se kontrastní látka do antekubitální žíly kanylou o průsvitu 20 Gauge. Množství kontrastní látky je závislé na celkové době akvizice (Ferda, Novák, Mírka, 2007, 410). Obecně se podává 60 mililitrů jodové kontrastní látky pomocí tlakové stříkačky rychlostí 3 – 4 ml/s. Může se podat i víc, ale musí se brát na zřetel, že celkový objem nesmí přesáhnout 100 ml. Rozsah vyšetření je od oblouku aorty až po vertex. Vyšetření se spouští se zpožděním 12 – 13 sekund. U starších osob může být zpoždění až 15 vteřin. Vyšetření se spouští až tehdy, dosáhne-li denzita v cévě hodnot od 100 HU do 120 HU. Ke správnému načasování spuštění vyšetření se používají různé metody:

- Bolus tracking automaticky spustí vyšetření při dosažení potřebné náplně (denzity) lumen

- Bolus timing po podání malého bolusu kontrastní látky stanovuje křivku denzit z lumen arterie v čase, ze které se pak odvodí nejvhodnější čas k zahájení skenování (Ferda, Kastner, Kreuzberg, Novák, Rohan, 2007, s. 235).

K rekonstrukci obrazů se používají tzv. „hrubá data“. Hrubá data jsou obrazy v co nejužší vrstvě, které se překrývají (RI, rekonstrukční increment) u MDCT je to $1/3$ vrstvy a u jedno- nebo dvouřadých systémů je to $1/2$ vrstvy. Ferda, Novák a Mírka uvádějí, že je možné pomocí rekonstrukčních algoritmů značně ovlivnit kvalitu zobrazení. Prostorové rekonstrukce MIP („maximum intensity projection“) jsou jedny z nejstarších 3D zobrazení. Poprvé byly použity u zobrazení krkavic. Nejvíce se podobají klasické digitální subtrakční angiografii. Nejčastěji užívanou trojrozměrnou rekonstrukcí je VRT („volume rendering technique), která užívá objemového zobrazení. Vytváří prostorový model cévního systému. Na CT-angiografii se hodnotí lumen cévy, stěny tepny, kolaterální oběh, přítomnost nádorových procesů v intrakraniální oblasti, posuzuje se skelet, kvůli přítomnosti traumatických změn (Ferda, Novák, Mírka, 2007, s. 411-418).

Celé třístupňové vyšetření (obr. 3.) netrvá déle než 5 minut. Při podání jodové kontrastní látky je nutné zvážit všechny kontraindikace a rizika. V případě cévní mozkové příhody je to závažná alergická reakce při dřívějším podání jodové kontrastní látky (Ferda, Kastner, Kreuzberg, Novák, Rohan, 2007, s. 235).

1.5 CT u některých specifických onemocnění

CT u cévní mozkové příhody

Citlivost výpočetní tomografie bez použití kontrastní látky je závislá na tom, do jaké doby je vyšetření provedeno. U méně než 50 % pacientů jsou první známky patrné již v prvních 3 hodinách, objeví se edém a vymizí denzní rozdíl mezi bílou a šedou hmotou mozkovou. U 80 – 90 % nemocných se tyto změny objeví až po 6 hodinách (Lacman, Janoušková, 2010, s. 138). Kolem 2. – 3. týdne se stává hematom izodenzní s mozkovou tkání, s postupem času je hypodenzní

a v chronickém stádiu se výsledkem stane posthemoragická cysta, která je stejná jako reziduum po cévní mozkové příhodě (Seidl, Vaněčková, 2004, s. 490). Výpočetní tomografie je metodou první volby u pacientů s podezřením na cévní mozkovou příhodu (Seidl, Obenberger, Viták, Vaněčková, Daneš, Peterová, 2000, s. 223). S postupným vývojem CT přístrojů se zjistilo, že existují časné známky mozkové ischemie, které jsou viditelné již v prvních 3 hodinách (Seidl, Vaněčková, 2008, s. 371).

CT u kranio cerebrálních traumat

CT je zlatým standardem pro diagnostiku kranio cerebrálních traumat díky dobrému kontrastu mezi intrakraniálním krvácením a normální mozkovou tkání a pro dobré prostorové rozlišení při zobrazení skeletu hlavy (Ferda, Kreuzberg, Ferdová, Bosman, Choc, 2005, s. 323). Nejprve je důležité provést nativní CT mozku bez aplikace kontrastní látky. To by mohlo vézt k problémům s detekcí krvácení, které vzniklo až po traumatu. Při traumatu hlavy by se měla současně vyšetřit i krční páteř. Mezi výhody CT vyšetření u traumat patří velká dostupnost, rychlost vyšetření, dobrá detekce chirurgicky řešitelných poranění, dobrá detekce fraktur na skeletu hlavy a dobrý přístup k nemocnému v kritickém stavu. (Ryška a kol., 2002, s. 4).

CT u subarachnoidálního krvácení

K diagnostice krvácení se používá přednostně neinvazivní CT-angiografie, méně často MR-angiografie. Při negativním nálezu na CTA nebo MRA se provádí DSA. Zdrojem krvácení může být ze 70% ruptura aneuryzmatu, u 5% je krvácení z arteriovenózní malformace, arteriální disekce nebo tumorů a z 20% není příčina vůbec známá. Na nativním CT lze přímo zobrazit aneuryzma o velikosti nad 1 centimetr. Čerstvá krev se na CT zobrazí jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostorů, kde nahrazuje hypotenzní likvor (Heřman, 2007, s. 255-259).

CT u mozkových nádorů

Vyšetření mozku dokáže odhalit 90-95% nádorů. Mozkové tumory se lépe zobrazí po aplikaci kontrastní látky. Díky ní se zvýší citlivost vyšetření. Odliší se samotný nádor od vlastní mozkové tkáně (Vaněčková, Seidl, 2004, s. 535). Oproti šedé hmotě mozkové jsou tumory na CT homogenně izodenzní až lehce hypertenzní (Kastner, 1999, s. 177-178).

2 MAGNETICKÁ REZONANCE V DIAGNOSTICE MOZKU

2.1 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je velmi mladá a rychle se vyvíjející zobrazovací metoda. V posledních několika letech došlo k velkému vývoji. Tato neinvazivní technika se začala v diagnostice využívat na konci 70. let. MR vznikla z klasické nukleární magnetické rezonance (NMR). Tato metoda je založena na rozdílech v magnetických vlastnostech atomových jader některých prvků a užívá se v analytické chemii. Jako první provedli úspěšný pokus s NMR Felix Bloch a Edward M. Purcell v roce 1946. Pokus provedli u vzorku pevných látek a některých kapalin. V roce 1959 obdrželi Nobelovu cenu za fyziku. V roce 1972 E. Damadian navrhl, že by se mohla NMR využívat k diagnostickým účelům. Roku 1977 zveřejnil první obraz magnetické rezonance lidského hrudníku (Válek, Žiška, 1996, s. 5).

Fyzikální princip

Magnetická rezonance je založena na principu zjišťování magnetických momentů některých jader prvků s lichým protonovým číslem, vložených v silném magnetickém poli, po aplikaci radiofrekvenčních impulzů (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 283). Pokud je rotující tělo umístěno ve stálém magnetickém poli, dochází ke srovnání magnetických momentů s vnějším magnetickým polem. Rotační pohyb jádra vzniká při každé změně magnetického pole, které na něj působí až do té doby, dokud se jádro neustálí v dané poloze. Pokud přestane působit vnější magnetické pole, vrátí se jádro do své původní polohy. Aby se jádra stále pohybovala, používá se vysokofrekvenční magnetické pole, které rotuje současně v rovině XY. Nejpočetnější prvek v lidském těle je vodík (H). Používá se tedy frekvence při 1 T 42,58 MHz. Tato frekvence vyvolá rotační pohyb kolem osy a je závislá na vnitřní struktuře jádra. Dříve se používaly přístroje s magnetickým polem o velikosti 0,2 – 0,5 Tesla [T]. Dnes jsou tyto

přístroje nahrazovány přístroji s magnetickým polem o velikosti 1 – 3 Tesla. Pro srovnání: magnetické pole země je v ČR asi 20 μ T (Janota, 2008, s. 34).

Výhody a nevýhody MR

Mezi výhody magnetické rezonance patří: přesnost při zobrazování většiny vnitřních orgánů a měkkých tkání, zejména mozkové tkáně (dokáže dobře rozlišit šedou a bílou hmotu mozkovou) a není zde škodlivé ionizující záření. Podáním kontrastní látky lze dobře zobrazit některé záněty a nádory. Naopak nevýhodami je dlouhá vyšetřovací doba (asi 20 – 40 minut, v některých případech až hodinu) a hluk, který vzniká při generování impulzů. Na toto vyšetření je velmi dlouhá čekací doba a je to i velmi drahé vyšetření, cena se pohybuje u jedné oblasti kolem 6 – 8 tisíc (Janota, 2008, s. 34-35).

Indikace

Největší část vyšetření je indikováno z oblasti neuroradiologie. Sem patří MR vyšetření mozku a páteře. Hlavní indikace k MR mozku jsou: zánětlivá onemocnění mozku (roztroušená mozkomíšni skleróza), záchvatovitá onemocnění (epilepsie), nádorová onemocnění, cévní onemocnění (aneuryzma, krvácení), vrozené vývojové vady, bolesti hlavy, psychické změny včetně psychotických onemocnění, onemocnění hypofýzy a následky traumat hlavy. K dalším indikacím k MR patří vyšetření muskuloskeletálního systému (svaly, kosti, klouby). Dokáže odhalit poranění menisků, chrupavek a vazů, zlomeniny, které nelze zobrazit na klasických rentgenových snímcích a také degenerativní onemocnění kloubů. Vyšetření ostatních struktur (malá pánev, slinivka, játra, pohlavní orgány, ledviny, střeva) se provádí podle typu přístroje na pracovišti. Na přístroji 1,5 T se zobrazí i hrudník a srdce (Janota, 2008, s. 36).

Kontraindikace

Kontraindikace se dělí na absolutní a relativní. K absolutním patří implantovaný kardiostimulátor a kochleární implantát. K relativním se řadí první trimestr

těhotenství, přítomnost feromagnetických materiálů v těle (kovové implantáty, kovové špony a střeptiny, kovové cévní svorky), dále sem patří tetování a některé typy make-upu. Další kontraindikací je klaustrofobie (strach z uzavřených a malých prostor). Lze ji kompenzovat pomocí premedikace. V tomto případě je pacientovi po celou dobu vyšetření monitorován puls a saturace kyslíkem v krvi. U těžkých klaustrofobií, nejde-li MRI vyšetření nahradit vyšetřením CT, je po domluvě nutná přítomnost anesteziologa a uvedení pacienta do celkové anestezie.

Patří k relativním kontraindikacím. U pooperačních stavů by měl být odstup minimálně 6 týdnů. Působení magnetické rezonance může způsobit posun implantátu, který je dnes spíše zdrojem artefaktů (Janota, 2008, s. 36).

2.2 Standardní protokol

Standardní protokol na magnetické rezonanci se používá při běžném vyšetření mozku. Pacient se položí na vyšetřovací stůl, hlava se upevní do speciální hlavové cívký a umístí se do gantry magnetu. Centruje se na střed cívký. Vyšetření se zahajuje pilotním skenem ve třech rovinách, do kterého se vkládají vybrané sekvence. Toto vyšetření se skládá z proton – denzních (PD) vážených obrazů a T2 vážených obrazů v transverzální rovině, zobrazení v modu FLAIR (obr. 4.) (s potlačením vody) také v transverzální rovině, dále z T1 vážených obrazů v sagitální rovině a mohou se doplnit i T2 vážené obrazy v koronární rovině (obr. 5.) (Vymazal, Šroubek, Vondráčková, Kalina, 2007, s. 243 – 245). T2 vážené obrazy informují o strukturách lišících se T2 relaxačními časy a obrazy s různým zastoupením protonů – proton denzitní sekvence. FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery) je obrácená sekvence podélné magnetizace. Mádlouhý T1 čas a je tedy T2 vážená.

T1 vážené obrazy (T1W) zvyšují vliv podélné magnetizace na konečný kontrast. Jsou charakterizovány krátkým časem echa (TE; je to doba, která uběhne od středu 90° radiofrekvenčního excitačního pulzu do středu echa) a repetičním časem (TR; je to čas mezi dvěma excitačními radiofrekvenčními pulzy).

T2 vážené obrazy (T2W) také zvyšují vliv podélné magnetizace na konečný kontrast a je charakterizován dlouhým časem echa (TE) a dlouhým repetičním časem (TR).

Proton-denzní vážený obraz snižuje vliv podélné i příčné magnetizace na konečný kontrast a je charakterizován krátkým TE a dlouhým TR (Seidl Vaněčková, 2007, s. 285).

FLAIR – používá se při studiu periventrikulárních lézí. Ty jsou na T2W schovány pod hypersignálním likvorem. FLAIR sekvence potlačí vodu, takže se tyto léze zobrazí (Seidl Vaněčková, 2007, s. 289).

2.3 STROKE protokol

STROKE protokol slouží k akutnímu vyšetření pacientů. Je důležitý pro rychlé stanovení diagnózy, od které se odvíjí další postup léčby. Celé vyšetření by nemělo trvat déle než 10 – 12 minut. MR se uplatňuje mnohem méně než výpočetní tomografie. Důvodem je nízká dostupnost radiodiagnostických pracovišť s přístroji magnetické rezonance, neznalost anamnézy nemocného a to, že většinou neznáme informace, které by mohly kontraindikovat vyšetření (cizí tělesa, stimulátory). Dalším faktem je nutnost spolupráce pacienta. Magnetická rezonance dává daleko více informací o patofyziologii a prognóze než nativní CT (Lacman, Janoušková, 2010, s. 139).

STROKE protokol:

1. FFE – T2W
2. T2W nebo FLAIR
3. DWI (+ ADC mapy)
4. PWI
5. MRA (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 104)

U CMP v akutním stadiu je důležité správně zvolené řazení sekvencí, aby bylo možné odlišit ischemii, krvácení nebo jiné patologické procesy (Ferda, Kastner,

Kreuzberg, Novák, Rohan, 2007, s. 235). Ischemie má v T1W sníženou intenzitu signálu, v T2W a FLAIR naopak zvýšenou intenzitu signálu. Krvácení se v akutním stadiu chová jako každá jiná tekutina v těle. V dalším období však pomocí magnetické rezonance dokážeme určit stáří hematomu. To je závislé na stadiu, v jakém se právě nachází rozpadové produkty hemoglobinu. Záleží na tom, zda jsou tyto látky diamagnetické nebo paramagnetické, zda jsou lokalizovány v buňce (v erytrocytu) nebo extracelulárně a mají-li schopnost vázat na sebe molekuly vody (tuto schopnost má pouze methemoglobin). Mezi diamagnetické rozpadové produkty hemoglobinu patří oxyhemoglobin a k paramagnetickým patří deoxyhemoglobin, methemoglobin, feritin a hemosiderin (Seidl, Vaněčková, 2004, s. 490).

Hematom	Čas	Intenzní v T1W	Intenzí v T2W	Forma Hb	Vztah k buňce
Hyperakutní	<12 hod	izo či hypo	hyper	oxy	intra
Akutní	12 hod - 2 dny	izo či hypo	hypo	deoxy	intra
subakutní fáze I.	2 dny - 1 týden	hyper	hypo	meth	intra
subakutní fáze II.	1 - 2 ýden	hyper	hyper	meth	extra
Chronický	> 2 týdny	izo či hypo	hypo	feritin, hemosiderin	

Tab. 1. Rozdíl v intenzitě signálu v jednotlivých vývojových fázích hematomu (Seidl, 2004, s. 308)

Součástí STROKE protokolu jsou difuzně vážené obrazy (DWI) a perfuzně vážené obrazy (PWI). Pomocí těchto dvou technik lze zobrazit mozkovou ischemii už v 1. až 2. hodině od počátku prvních klinických příznaků. DWI je samostatná technika vyšetření. Aplikují se směrově orientované bipolární gradientní pulzy ve třech na sebe kolmých rovinách. Z hodnot difuzně vážených obrazů lze vypočítat ADC mapy (apparent diffusion coefficient). Tento obraz se získává dalším softwarovým zpracováním. Při akutní ischemii dochází ke snížení difuze, na DWI se tedy ukáže zvýšená intenzita signálu. Na ADC mapě se toto ložisko ukáže jako ložisko sníženého signálu. ADC mapy lze využít k určení stáří ischemie. V prvních několika hodinách až do 3. – 4. dne je snížená intenzita

signálu. Od čtvrtého dne se intenzita signálu zvyšuje a od 9. dne je ložisko ischemie izosignální (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 105).

Při perfuzně vážených obrazech se aplikuje gadoliniová kontrastní látka (Gd-DTPA). Vyšetření musí být provedeno pomocí „rychlých sekvencí“ (1 sken za 1,5 sekundy). Parametry perfuze:

- CBV – mozkový krevní objem – množství krve ve 100 g mozkové tkáně
- CBF – mozkový krevní průtok – množství krve, které proteče 100 g mozkové tkáně za 1 minutu
- MTT – průměrný tenzní čas ($MTT=CBV/CBF$)
- BT – bolus time – doba, za kterou dorazí kontrastní látka do cílového objemu
- TP – time to peak – doba nejvyššího průtoku kontrastní látky od její aplikace

Z těchto hodnot jsou následně vytvořeny „funkční mapy“ (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 106). Dalo by se říct, že difuzně vážené obrazy + perfuzně vážené obrazy = EEG mozku (Seidl, 2004, s. 309).

2.4 EPI protokol

MR má velmi vysoký kontrast jednotlivých typů měkkých tkání. Umožňuje rozlišit mozkové struktury i patologické procesy. U pacientů s nekorigovanou epilepsií se na MR vyskytuje mediální temporální skleróza (patologická léze). V T2 vážených obrazech je zvýšená intenzita signálu. FLAIR sekvence poskytuje vysokou senzitivitu zobrazení i drobných oblastí se zvýšeným signálem, které mohou souviset s předpokládanou epileptogenní oblastí. U pacientů s již zjištěnou epilepsií, a pokud se nedaří farmakologicky řešit jejich stav, by se mělo toto vyšetření s odstupem času zopakovat (Marusič, Tomášek, Belšan, Křížová, 2002, s. 73). K diagnostice epilepsií se používá MR spektroskopie (MRS). Má své místo v diagnostice mnoha neurologických onemocnění. Do praxe byla MRS zavedena

ve druhé polovině 80. let 20. století. Tato metoda umožňuje in vivo prokazovat některé chemické sloučeniny v lidském těle. Dává informace o buněčném metabolismu v jednotlivých orgánech a tkáních (Fojtíková, Brázdil, Horký, Rektor, 2007, s. 171). Základem detekce patologických procesů je zjišťování i nepatrných rozdílů v koncentraci metabolitů od normálního nálezu (Starčuk, Krupa, Starčuk ml., Horký, 2005, s. 145). Podobně jako MRI využívá magnetických vlastností atomových jader. Rozdíl mezi těmito technikami je v detekci různých chemických sloučenin. MRI zpracovává signály vody a tuků. MRS detekuje signály, které vycházejí z viabilní tkáně a signály vody a tuků potlačuje. Signály k MR spektroskopii jsou získávány měřením jádra s určitým spinem (= vlastní moment hybnosti elementární částice) a magnetickým momentem jádra. V současné době je na prvním místě využití atomu vodíku. Ty poskytují největší signál, protože se přirozeně vyskytují v lidském těle (téměř 100%) a mají velkou magnetickou citlivost. Tato metoda se nazývá ¹H MRS. Výsledkem této metody je spektrum. MR spektroskopie má 2 základní techniky.

1. Single voxel technika – SVS (Jednoobjemová spektroskopie) – Tato technika se zabývá omezeným objemem tkáně o velikosti 2–8 ml ve tvaru krychle. Výsledkem je jedno spektrum, které informuje o celkovém rozložení metabolitů v celém voxelu. Používá se k vyšetření známých ložiskových změn (např. u nádorů nebo u pacientů s epilepsií temporálního laloku).
2. Chemical shift imaging – CSI (zobrazení chemického posunu) také označována jako MRSI (spektroskopické zobrazování). Tato metoda měří koncentraci metabolitů v určité oblasti mozkové tkáně rozdělené na jednotlivé voxely. Výsledkem je potom spektrum ke každému voxelu. Využívá se při vyšetření víceložiskových patologických procesů nebo oblastí, které není možné přesně zacílit (např. detekce předpokládaného epileptického ložiska).
(Fojtíková, Brázdil, Horký, Rektor, 2007, s. 171-172).

U velkého množství pacientů trpících epileptickými záchvaty nejsou na magnetické rezonanci patrné žádné změny ve struktuře mozkové tkáně. V 1H MR spektrech jsou u osob s epilepsií pozorovány signifikantní abnormality (Starčuk, Krupa, Starčuk ml., Horký, 2005, s. 145). Magnetická rezonance je při vyšetřování epilepsií nejcitlivější metodou. Ve spojení s jinými vyšetřovacími metodami, jako je EEG, SPECT a PET, poskytuje cenné informace ke stanovení léčebných postupů u epilepsií (Kastner, Kreuzberg, 1998, s. 79).

2.5 MR-angiografie

MR-angiografie je velmi spolehlivá a neinvazivní diagnostická metoda. V 90. letech se začíná považovat za standardní vyšetřovací techniku. Vyvinula se z klasické MR tomografie (MRT). Úspěšnost vyšetření je závislá hlavně na spolupráci vyšetřovaného pacienta (Fendrych, Rolencová, Roček, Kožnar, Peregrin, 1997, s. 286). Hlavní využití MRA je zobrazování aneuryzmatu na intrakraniálních tepnách. Využívá se i jako screeningová vyšetřovací metoda u cévních onemocnění, kde je vyšší familiární riziko subarachnoidálního krvácení. Cílem preventivního vyšetření je včas zachytit výduť, která ještě nezačala krváčet (Fendrych, Rolencová, Roček, 2000, s. 3). Dále se používá v neuroradiologické praxi k diagnostice stenóz extra- i intrakraniálních úseků tepen, které mají za úkol zásobovat mozek a k určení dalších patologií, které jsou charakterizovány přítomností atypických cévních struktur. Ty mohou být rozšířené nebo mohou mít odchylku průtoku oproti normálním hodnotám (Fendrych, Rolencová, 1998, s. 147). Je to plnohodnotné vyšetření, které umožňuje plánování operací aneuryzmat. Má srovnatelnou specificitu a senzitivitu jako digitální subtrakční angiografie (DSA). Ta je považována za zlatý standard v předoperační diagnostice. Nevýhodou MRA je současné zobrazení většího množství cévních struktur s jejich sumací a velký objem nepohyblivé se okolní tkáně (Fendrych, Rolencová, Roček, 2000, s. 3-4). MRT dokáže spolehlivě diagnostikovat aneuryzmata o velikosti 5 – 6 mm. Oproti tomu MR-angiografie prokáže výduť o velikosti už 3 mm. Hlavními cíli v diagnostice aneuryzmatu jsou:

1. Lokalizace aneuryzmatu, stanovení jeho vztahu k ostatním strukturám (cévním i jiným), určení velikosti, tvaru, místa odstupu a šířky krčku
2. Potvrzení nebo vyloučení multiplicity aneuryzmat
3. Upřesnění poměrů uvnitř výdutě (koagula, tromby, kalcifikace)

Fendrych a kolektiv uvádějí: „Kvalitu obrazů významně snižují především pohybové artefakty a dále všechny stavy spojené se zpomalením průtoku v tepnách z celkových i lokálních příčin – nejčastěji stenózy tepen intrakraniálně i centrálněji. Výrazně negativně zde působí i metalické artefakty z extra- a vzácně i intrakraniálních zdrojů a úspěch vyšetření bude vždy záviset také na výkonnosti přístroje, kvalitě jeho softwarového vybavení a na subjektivních faktorech – jak při volbě vyšetřovacího postupu, tak i při hodnocení obrazů,“ (Fendrych, Rolencová, Roček, Kožnar, Peregrin, 1997, s. 286-287). Na MRT navazuje ToF MRA (obr. 6.) (Time of Flight). Tato metoda je založena na ToF efektu nesaturované krve, která teče do zobrazovaného objemu s primárně saturovanou stacionární krví. Krev, která teče je hyperintenzní oproti saturované okolní tkáni. Někdy se tato technika také označuje jako TONE (tilted optimized non-saturating excitation) (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 302). Umístění vrstvy, která je měřena při této metodě musí zahrnovat oblast od úrovně oblouků prvního krčního obratle. Sklon vrstvy je kolem 30° od axiální roviny. Ten umožňuje posouzení všech obvyklých lokalizací, kde se aneuryzmata vyskytují a nemá vliv na kvalitu obrazu (Fendrych, Rolencová, Roček, 2000, s. 4). Pro MRA se využívá rekonstrukční program TMIP (targeted MIP). Pomocí tohoto programu lze vytvořit 3D vrstvy oblasti, ve které je nález. Tím se zlepší diagnostika cévních onemocnění. Provádí se z několika subvrstev v axiální rovině a také z MPR v sagitální a frontální rovině. Tyto cílené rekonstrukce se nejčastěji provádějí v úrovni Willisova okruhu. Šířka měřené vrstvy je většinou 1 centimetr, výjimečně 2 centimetry. Toto vyšetření může trvat až 1 hodinu, místo obvyklých 15 minut (Fendrych, Rolencová, Roček, 2000, s. 4). Jsou-li nálezy na MR-angiografii nejasné, je nutné doplnit klasickou angiografií (Fendrych, Rolencová, Roček, Kožnar, Peregrin, 1997, s. 287-292).

2.6 MR s aplikací kontrastní látky

Aplikace kontrastní látky při magnetické rezonanci se používá hlavně u nádorových onemocnění a zánětlivých onemocnění (roztroušená skleróza mozkomíšní). Pro MR se používají gadoliniové kontrastní látky, které jsou bezpečné a mají nízké riziko vzniku alergické reakce. Po podání těchto látek se může vzácně vyskytnout nefrogenní systémová fibróza. Toto onemocnění se vyskytuje u osob s poruchami renálních funkcí (Žiška, Vymazal, Mechl, Klzo, Tintěra, 2010, s. 74).

Nádorové onemocnění

Nádory mozku tvoří 9% všech primárních nádorových onemocnění. V dnešní době magnetická rezonance a výpočetní tomografie nahrazuje invazivní zobrazovací metody jako je angiografie. Aplikace kontrastní látky zvyšuje citlivost vyšetření a dokáže odlišit vlastní nádor od onemocnění, které se mohou projevovat stejným nálezem na MR (např. absces, cysta, aneuryzma,...). Magnetická rezonance má hlavní význam pro staging, grading a typing (Vaněčková, Seidl, 2004, s. 535). Staging je stupeň pokročilosti nádoru. Určuje se podle neurologického, radiodiagnostického a histologického nálezu. Grading je stupeň diferenciací. Určuje malignitu onemocnění. Typing je histopatologická typizace. Určuje se podle mikroskopického vzhledu (Bohutová, Šercl, Němeček, 1999, s. 127). U nádorových onemocnění je vyšetření s aplikací Gd-DTPA považováno za nezbytné. Některé nádory a metastázy jsou vidět až po aplikaci kontrastní látky (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 136).

Asi polovinu mozkových nádorů tvoří gliomy. Mezi tento typ nádorů patří astrocytom, oligoendrogliom a ependymom. Tyto nádory vycházejí z bílé hmoty mozkové.

Astrocytom – tvoří $\frac{3}{4}$ gliomů. Převážně se vyskytuje v dospělosti, výjimečně se může vyskytnout i v dětském věku. Obvykle bývá lokalizován v hemisférách.

Benigní formy se mohou vyskytovat i v mozkovém kmeni nebo hypotalamu. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) se astrocytomy dělí na:

- Astrocytom grade – na MR je hyposignální v T1W a hypersignální v T2W
- Anaplastický astrocytom – v T1W i T2W je intenzita signálu nehomogenní
- Glioblastoma multiforme – má smíšený signál s cystami a nekrózou a po podání kontrastní látky má nehomogenní signál

Oligoendrogliom - rostou z bílé hmoty směrem k mozkové kůře. Někdy mohou prorůstat i do tvrdé pleny. Na MR obraze je v T1W homogenní snížený signál a na T2W zvýšený signál. Po podání Gd-DTPA je signál nehomogenní a zvyšuje se.

Ependymom – vyrůstá z komorového systému. Vyskytuje se v mladším věku a u osob středního věku. Na MR obraze je v T1W izosignální nebo hyposignální (Bohutová, Šercl, Němeček, 1999, s. 128 – 130).

Dalším typem nádorů jsou extraaxiální nádory. K těmto nádorům patří meningeom, epidermoid a Schwannom (neurinom). Tento typ nádorů je velmi častý v dospělosti.

Meningeom – tvoří 15 – 20% mozkových nádorů. Benigní forma meningiomu je dobře ohraničená. V T1W má sníženou intenzitu signálu oproti šedé hmotě mozkové. V T2W je lehce hypersignální. Po aplikaci kontrastní látky se signál výrazně zvyšuje.

Epidermoid (Perlet'ový nádor) – tento nádor bývá přirovnáván ke kvěťáku. Rozlišují se dva typy:

- „black – černý“ – 90% všech epidermoidních nádorů mozku. V T1W je tento typ hyposignální a v T2W naopak hypersignální
- „white – bílý“ – jen 10%. V T1W je hypersignální a v T2W je hyposignální. Po podání Gd – DTPA se intenzita signálu nemění.

Schwannom – tvoří 10% nádorů CNS. Vychází ze Schwannových buněk mozkových nervů. Postihuje skoro všechny mozkové nervy až na n. olfactorius a n. opticus, které neobsahují Schwannovy buňky. V T1W je tento nádor hyposignální a v T2W naopak hypersignální (Seidl, Obenberger, Viták, Daneš, 1998, s. 84 - 86).

K nádorovým onemocněním patří i metastázy. Ty se mohou šířit krevní cestou (ca plíc, ca prsu, Grawitzův nádor, nádory GIT, melanom,...) likvorovými cestami (meduloblastom, ependymblastom) anebo přímým šířením (z obličejových dutin). Tvoří asi 20% nádorů CNS. V T1W jsou metastázy hyposignální, v T2W se intenzita signálu zvyšuje. Podání kontrastní látky je nezbytné, protože některé metastázy se odhalí až postkontrastně. Někdy se stává, že metastáza v centrálním nervovém systému je prvotním příznakem primárního nádoru jako např. Grawitzův nádor (Seidl, Obenberger, Viták, Daneš, 1998, s. 83).

Roztroušená skleróza mozkomíšní (RSM,SM, sclerosis multiplex)

Je to nejčastější zánětlivé onemocnění, které postihuje hlavně mladší věkové skupiny. Jedná se o autoimunní chronický zánět. Způsobuje demyelinizaci centrálního nervového systému a destrukci mozku a míchy. Toto onemocnění postihuje hlavně bílou hmotu mozkovou (Starčuk, Krupa, Starčuk ml., Horký, 2005, s. 147). MR je standardní vyšetřovací metodou u podezření na diagnózu sclerosis multiplex, díky vysoké průkaznosti ložisek (Černoch, 2001, s. 14). Magnetická rezonance dokáže odhalit strukturální změny, které vedou k poškození CNS. Na obraze MR se roztroušená skleróza zobrazí jako mnohočetná ložiska v bílé hmotě. V T2W a FLAIR se tato ložiska ukážou jako místa zvýšeného signálu. V T1W mají ložiska snížený signál. V pokročilých stádiích se na MR obraze ukáže i atrofie mozku (Sedl, Vaněčková, 2007, s. 34-35). Po aplikaci kontrastní dochází k porušení hematoencefalické bariéry a tak lze odlišit akutní stav od chronického (Tintěra, Dezotrtová, Fitzek, Hájek, 1999, s. 143). V roce 2001 McDonald předložil kritéria na definici diseminace v prostoru a čase

na obraze magnetické rezonance. To vyžaduje splnění čtyř následujících podmínek:

1. Nejméně jedna gadoliniem značená léze nebo 9 T2W hypersignálních lézí
2. Nejméně jedna infratentoriální léze
3. Nejméně jedna juxtakortikální léze
4. Nejméně tři periventrikulární léze

(Daňová, Klímová, 2011, s. 21).

S odstupem 3 měsíců se provede stejné vyšetření, kterým lze zjistit diseminaci v čase. Jako pozitivní diseminaci v čase lze označit stav, kdy se léze zvýrazní po podání kontrastní látky (Daňová, Klímová, 2011, s. 21). Tato metoda je nepostradatelnou nejen v stanovení diagnózy, ale i pro sledování dalšího průběhu choroby (Vaněčková a kol., 2002, s. 328).

Seidl s Vaněčkovou uvádějí: „ V současné době se používají nové MR techniky sledování průběhu choroby, jejich cílem je najít spolehlivou modalitu monitorace průběhu choroby a léčby, především pak schopnost predikce progresu onemocnění,“ (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 36).

V rámci diferenciální diagnostiky při magnetické rezonanci je důležité brát v úvahu, že i jiná onemocnění se mohou projevovat ložisky zvýšeného signálu v T2W: cévní změny, vaskulitida, lupus erythematodes, poúrazové změny, borelióza a sarkoidóza (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 37).

3 OSTATNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY PŘI VYŠETŘOVÁNÍ MOZKU

Při diagnostice mozku lze použít i jiné zobrazovací metody (např. skiagrafické metody, ultrasonografie, angiografie)

Skiagrafické metody (prosté snímky)

Dříve tvořily prosté snímky základ neuroradiologické diagnostiky. Dnes se používají především pro diagnostiku patologických nálezů, které se týkají hlavně skeletu lebky. Provádí se standardní projekce – zadopřední (PA) a bočná. PA projekce poskytuje obraz anatomických struktur obličejového skeletu a laterální snímek dobře zobrazí větší část klenby a baze lební. Kromě základních projekcí se provádí i speciální projekce:

- Projekce podle Stenverse (pyramidy kosti skalní)
- Projekce podle Schullera (pneumatizace mastoidálního výběžku a temporo-mandibulární kloub)
- Projekce podle Waterse (paranasální dutiny)
- Projekce podle Towna (okcipitální kost, foramen magnum, pyramidy)
- Projekce podle Caldwell (orbity)
- Cílené projekce na turecké sedlo
(Černoch a kol., 2000, s. 9-10)

Ultrasonografie (echoencefalografie)

Ultrasonografie v diagnostice mozku umožňuje posoudit rozsah a charakter aterosklerotických změn na magistrálních tepnách. Informuje o vnitřní struktuře sklerotického plátu. Dopplerovská ultrasonografie dokáže procentuálně určit stupeň zúžení tepny.

Ultrazvukem lze vyšetřovat i transkraniálně. Tato technika informuje o průchodnosti mozkových tepen a o průtoku krve Willisovým okruhem.

Ultrasonografie se používá i jako peroperační zobrazovací metoda. Usnadňuje volbu operačního přístupu k patologickým lézím. K tomuto vyšetření se používají sterilní sondy.

Velký význam má tato metoda v rámci screeningového programu u nedonošených novorozenců nebo u novorozenců s nějakým urgentním stavem (porodní trauma). Indikacemi k ultrazvuku mozku je zvětšování obvodu hlavy, malformace s podezřením na anomálie centrálního nervového systému a bakteriální nebo virové onemocnění CNS (Černoch a kol., 2000, s. 12-14).

Angiografie

K diagnostické angiografii se nejčastěji přistupuje tehdy, pokud informace o diagnóze nelze stanovit pomocí jiné, méně invazivní, techniky. Mezi indikace k tomuto vyšetření patří:

- Vyšetření stenóz na mozkových tepnách
- AV malformace
- Subarachnoidální krvácení
- Některé typy nádorů

Má své místo i v průkazu mozkové smrti. Tuto diagnostickou metodu lze v některých případech doplnit i o léčebný výkon. Může jít o balónkovou angioplastiku, zavedení stentu, nebo trombolýzu (Černoch a kol., 2000, s. 21-22).

4 VYŠETŘOVACÍ PROTOKOLY

Nativní CT mozku	
Rozsah	od foramen magnum až po vertex
kV/referenční kvalita mAs	120 kV/250-380
kolimace/faktor stoupání	<1 mm/<1
šíře vrstvy/increment	5 mm/5 mm; 0,75 mm/0,5 mm
rekonstrukční algoritmus	pro mozek s optimalizací
Hodnocení	
šíře vrstvy	5-6 mm
Okénko	C 35; W 120
roviny MPR	orbitomeatální, koronární, sagitální
MIP/MinIP	nemá uplatnění
VRT rekonstrukce	stínované - neurokranium
dokumentace nálezu	MPR

Tab. 2. Nativní CT mozku

(Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 82)

CT - angiografie mozku	
Rozsah	od foramen magnum až po vertex
kV/referenční kvalita mAs	120 kV/175 mAs
kolimace/faktor stoupání	<1 mm/<1
šíře vrstvy/increment	<1 mm/1
rekonstrukční algoritmus	pro CTA - potlačení rozhraní
aplikace kontrastní látky	intravenózní, 60 ml, 3-4 ml/s
fáze zobrazení/zpoždění	arteriální/20 s; venózní/25 s
Hodnocení	
šíře vrstvy	1 mm
Okénko	C 100; W 500
roviny MPR	orbitomeatální, koronární, sagitální
MIP/MinIP	vrstvy do 5 mm
VRT rekonstrukce	stínované
další postprocessing	subtrakce skeletu, analýza CBV
dokumentace nálezů	MPR

Tab. 3. CT - angiografie mozku

(Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 84)

Limitované perfuzní zobrazení mozku	
Rozsah	střed – úroveň bazálních ggl.
kV/referenční kvalita mAs	80 kV/270 mAs
kolimace/počet vrstev	5 mm/2-4
počet cyklů	20-30
Perioda	1 s
rekonstrukční algoritmus	pro perfuzní zobrazení
aplikace kontrastní látky	intravenózní, 30 ml, 5-6 ml/s
Hodnocení	
šíře vrstvy	5-12 mm
Okénko	barevná stupnice perfuze
roviny MPR	nemá uplatnění
MIP/MinIP	vrstvy 5-10 mm
VRT rekonstrukce	nemá uplatnění
další postprocessing	perfuzní analýza
dokumentace nálezu	perfuzní mapy

Tab. 4. Limitované perfuzní zobrazení mozku (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 86)

Objemové perfuzní zobrazení mozku	
Rozsah	objem mozku
kV/referenční kvalita mAs	100 kV/150 mAs
kolimace/faktor stoupání	<1,2 mm/1,5
šíře vrstvy/increment	<1,5 mm, <0,75; 5 mm
rekonstrukční algoritmus	pro CTA - potlačení rozhraní
aplikace kontrastní látky	intravenózní, 30 ml, 5-6 ml/s
počet cyklů/perioda	20-30/1-1,5 s
Hodnocení	
šíře vrstvy	5-12 mm
Okénko	barevná stupnice perfuze
roviny MPR	koronární, sagitální
MIP/MinIP	vrstvy 5-10 mm
VRT rekonstrukce	stínované
další postprocessing	perfuzní analýza, 4D VRT
dokumentace nálezu	perfuzní mapy, VRT

Tab. 5. Objemové perfuzní zobrazení mozku (Ferda, Mírka, Baxa, 2009, s. 88)

ZÁVĚR

Smyslem této práce bylo poskytnout informace o postavení jednotlivých zobrazovacích metod, hlavně výpočetní tomografie a magnetické rezonance, v diagnostickém zobrazování mozku. V dnešní době se dává přednost především neinvazivním, nebo méně invazivním technikám (jako je výpočetní tomografie a magnetická rezonance) před invazivními metodami, které jsou v některých případech považovány za „zlatý standard“. Současným trendem totiž je nezatížit pacienta ionizujícím zářením a nevystavit ho komplikacím, které jsou spojené s invazivními výkony. Při volbě vhodné zobrazovací techniky je hlavním cílem získat co nejvíce informací, které se týkají diagnózy, a co nejméně zatížit pacienta nejmenším rizikem komplikací (ionizující záření nebo komplikace po invazivních metodách). V tomto případě je nejvhodnější technikou magnetická rezonance. Nevyskytuje se zde ionizující záření a po podání kontrastní látky se alergická reakce objevuje jen ve výjimečných případech. Je proto možné, aby pacient podstoupil toto vyšetření i v krátké době několikrát za sebou, jak je tomu při diagnostice epilepsií. Vzhledem k tomu, jak jde vývoj CT a MR vpřed, je možné, že například klasická angiografie, která je považována za již zmíněný „zlatý standard“, bude k diagnostice mozku v budoucnu potřeba jen v opravdu sporných případech, nebo u pacientů, u kterých bude předpokládána neuroradiologická léčba.

BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE

- [1] BOHUTOVÁ, ŠERCL a NĚMEČEK. Klasifikace nádorů centrálního nervového systému (CNS) a jeho obalů. 1. Mozkové nádory. *Česká radiologie*. 1999, roč. 53, č. 3, s. 127-136. ISSN 1210-7883.
- [2] ČERNOCH, Zdeněk. Úloha MR v diagnostice sclerosis multiplex (SM). *Praktická radiologie*. 2001, roč. 6, č. 1, s. 14-18. ISSN 1211-5053.
- [3] ČERNOCH, Zdeněk et al. *Neuroradiologie*. 1. vyd. Hradec Králové: Nucleus, 2000, 585 s. ISBN 80-901-7539-2.
- [4] DAŇOVÁ a KLÍMOVÁ. Význam magnetickej rezonancie v diagnostike sclerosis multiplex. *Česká radiologie*. 2011, roč. 65, č. 1, s. 19-24. ISSN 1210-7883.
- [5] ELIÁŠ, MÁCA, NEUWIRTH a VÁLEK. *Moderní diagnostické metody II.: Výpočetní tomografie*. první vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1998, 84 s. ISBN 80-7013-294-9.
- [6] FENDRYCH a ROLENCOVÁ. MR angiografie v diagnostice intrakraniálních arteriovenózních malformací a píštělí. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 279-285. ISSN 1210-7883.
- [7] FENDRYCH, ROLENCOVÁ a ROČEK. MR angiografie intrakraniálních tepen metodou 3D-TOF s doplněním cílených projekcí (targeted MIP"): cesta ke zpřesnění diagnostiky aneuryzmat. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 3-9. ISSN 1210-7883.
- [8] FENDRYCH, ROLENCOVÁ, ROČEK, KOŽNAR a PEREGRIN. Zobrazování intrakraniálních tepenných aneuryzmat MR angiografií: screening nebo definitivní diagnostická metoda. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 286-293. ISSN 1210-7883.
- [9] FERDA, BAXA, MÍRKA, SCHMIDT, FLOHR a KREUZBERG. 4D CT-angiografie. *Česká radiologie*. 2009, roč. 63, č. 2, s. 163-172. ISSN 1210-7883.

- [10] FERDA, FLOHR a KREUZBERG. Zobrazení tkání výpočetní tomografií s duální energií záření první zkušenosti z klinického využití. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 11-22. ISSN 1210-7883.
- [11] FERDA, FLOHR a KREUZBERG. Zobrazení tkání výpočetní tomografií s duální energií - první zkušenosti z klinického využití. *Česká radiologie*. 2008, roč. 62, č. 1, s. 11-22. ISSN 1210-7883.
- [12] FERDA, KASTNER, KREUZBERG, NOVÁK a ROHAN. Zobrazení akutní mozkové ischemie. *Česká radiologie*. 2007, roč. 61, č. 3, s. 231-241. ISSN 1210-7883.
- [13] FERDA, KREUZBERG, FERDOVÁ, BOSMAN a CHOC. Komplexní diagnostika kranio cerebrálních poranění pomocí MDCT. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 323-331. ISSN 1210-7883.
- [14] FERDA, NOVÁK a MÍRKA. Multidetektorová CT-angiografie krkavic. *Česká radiologie*. 2007, roč. 61, č. 4, s. 409-420. ISSN 1210-7883.
- [15] FERDA, MÍRKA a BAXA. *Multidetektorová výpočetní tomografie: Technika vyšetření*. Praha: Galén, 2009, 213 s. ISBN 978-80-7262-608-3.
- [16] FOJTÍKOVÁ, BRÁZDIL, HORKÝ a REKTOR. Klinické aplikace MR spektroskopie u pacientů s epilepsií. *Neurologie pro praxi*. 2007, č. 3, s. 171-174. ISSN 1213-1814.
- [17] HEŘMAN, Miroslav. *Akutní CT mozku: Atlas nálezů*. Olomouc: UP Olomouc, 2006, 181 s. ISBN 80-244-1229-2.
- [18] HEŘMAN, Miroslav. Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení. *Česká radiologie*. 2007, roč. 61, č. 3, s. 255-263. ISSN 1210-7883.
- [19] JANOTA. Magnetická rezonance. *Practicus*. 2008, roč. 7, č. 7, s. 34-36. ISSN 1213-8711.
- [20] KASTNER, J. Primární maligní lymfom mozku. *Česká radiologie*. 1999, roč. 53, č. 3, s. 176-179. ISSN 1210-7883.

- [21] KASTNER a KREUZBERG. Role MR ve vyšetřování epilepsií. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 74-79. ISSN 1210-7883.
- [22] LACMAN a JANOUŠKOVÁ. Současné možnosti diagnostiky a léčby akutní ischemické cévní mozkové příhody. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 137-144. ISSN 1210-7883.
- [23] MARUSIČ, TOMÁŠEK, BELŠAN a KŘÍŽOVÁ. Zobrazovací a funkčně-zobrazovací metody v epileptologii. *Neurologie pro praxi*. 2007, č. 3, s. 73-75. ISSN 1213-1814.
- [24] PETEROVÁ, Věra. CT základy vyšetření, indikace, kontraindikace, možnosti, praktické zkušenosti. *Medicína pro praxi*. 2010, č. 2, s. 90-94. ISSN 1803-5310.
- [25] REIF a MIKULÍK. Zobrazovací vyšetření u mozkového infarktu. *Neurologie pro praxi*. 2006, č. 6, s. 317-320. ISSN 1803-5280.
- [26] RYŠKA, ŠERCL, MÁLEK, ČESÁK, REJTAR, MICHL, ŽIŽKA, RAUPACH, ELIÁŠ a HOBZA. Kraniocerebrální trauma I. *Praktická radiologie*. 2002, roč. 7, č. 4, s. 4-8. ISSN 1211-5053.
- [27] SEIDL, OBENBERGER, VITÁK a DANEŠ. Magnetická rezonance - optimální metoda zobrazení tumorů v zadní jámě lební. *Česká radiologie*. 1998, roč. 52, č. 2, s. 80-87. ISSN 1210-7883.
- [28] SEIDL, OBENBERGER, VITÁK, VANĚČKOVÁ, DANEŠ a PETEROVÁ. Možnosti zobrazení časné fáze akutní mozkové ischemie - vyšetřovací algoritmy. *Česká radiologie*. 2000, roč. 54, č. 4, s. 224-225. ISSN 1210-7883.
- [29] SEIDL a VANĚČKOVÁ. *Magnetická rezonance hlavy, krku a páteře*. Praha: Grada Publishing a.s., 2007, s. 3-9. ISBN 978-80-247-1106-5.
- [30] SEIDL a VANĚČKOVÁ. Zobrazovací metody, nové možnosti a poznatky: Část 1: Cévní onemocnění mozku. *Interní medicína pro praxi*. 2004, č. 10, s. 489-494. ISSN 1803-5256.
- [31] SEIDL, Zdeněk. Možnosti CT a MR v diagnostice a klinickém vedení pacientu s CMP. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 308-310. ISSN 1210-7883.

- [32] STARČUK, KRUPA, STARČUK ml., a HORKÝ. 1H in vivo MR spektroskopie v klinické neuroradiologii. *Neurologie pro praxi*. 2005, č. 3, s. 140-148. ISSN 1803-5280.
- [33] TICHÝ, MÉSZÁROŠOVÁ a NOVOTNÝ. Multislice CT- Perfuze mozku. *Praktická radiologie*. 2006, roč. 11, č. 2, s. 10-15. ISSN 1211-5053.
- [34] TINTĚRA, DEZORTOVÁ, FITZEK a HÁJEK. Zobrazování a měření difuzních koeficientu pomocí magnetické rezonance. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 137-146. ISSN 1210-7883.
- [35] VÁLEK a ŽIŽKA. *Moderní diagnostické metody III.díl: Magnetická rezonance*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníku ve zdravotnictví, 1996, 43 s. ISBN 80-7013-225-6.
- [36] VANĚČKOVÁ a SEIDL. Zobrazovací metody, nové možnosti a poznatky - expanzivní léze, záněty, úrazy, degenerativní změny mozku, míchy a páteře (část 2.). *Interní medicína pro praxi*. 2004, č. 11, s. 535-541. ISSN 1803-5256.
- [37] VANĚČKOVÁ, SEIDL, KRÁSENSKÝ, OBENBERGER, HAVRDOVÁ, VITÁK a DANEŠ. Nové trendy v zobrazování magnetickou rezonancí u roztroušené sklerózy mozkomíšni: Technika MR volumetrie vyvinutá a prováděná našim pracovištěm. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 327-330. ISSN 1210-7883.
- [38] VYMAZAL, ŠROUBEK, VONDRÁČKOVÁ a KALINA. Nitrolební žilní trombózy: Diagnostické možnosti a klinické korelace. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 242-250. ISSN 1210-7883.
- [39] ŽIŽKA, VYMAZAL, MECHL a TINTĚRA. Kontraindikace a rizika vyšetření pomocí magnetické rezonance. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2, s. 69-75. ISSN 1210-7883.

Obrázky, které jsou použity v této bakalářské práci, jsou ze systému PACS ze dne 26. května 2012 (obr. 1.,2.,4.,5.,6.). Obr. 3 je použit ze zdravotnických novin (22/2007).

SEZNAM ZKRATEK

3D	trojrozměrné zobrazení
ToF	time of flight
4D	čtyřrozměrné zobrazení
ADC	apparent diffusion coefficient
AV	arterio-venózní
BT	bolus time
CBF	cerebral blood flow
CBV	(cerebral blood volume
CMP	cévní mozková příhoda
CSI	zobrazení chemického posunu
CT	výpočetní tomografie
CTA	angiografie výpočetní tomografií
DECT	výpočetní tomografie duální energií
DSA	digitální subtrakční angiografie
DWI	difuzně vážené obrazy
EEG	elektroencefalograf
GIT	gastrointestinální trakt
HU	Hounsfieldovy jednotky
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie
MIP	maximum intensity projection
MR	magnetická rezonance
MRI	zobrazování magnetickou rezonancí
MRS	spektroskopie magnetickou rezonancí
MRSI	spektroskopické zobrazování magnetickou rezonancí
MRT	tomografie magnetickou rezonancí
MTT	mean transit time
NMR	nukleární magnetická rezonance

PA	zadopřední
PD	proton-denzní
PET	pozitronová emisní tomografie
PWI	perfuzně vážené obrazy
RI	rekonstrukční increment
RSM	roztroušená skleróza moukoníšní
SM	sclerosis multiplex
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
SVS	jednoobjemová spektroskopie
T	tesla
T2W	T2 vážeá sekvence
TBF	tissue blood flow
TBV	tissue blood volume
TE	čas echa
TMIP	targated maximum intenzity projection
TR	repetiční čas
TTP	time to peak
VRT	volume rendering technuque
WHO	světová zdravotnická organizace

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Rozdíl v intenzitě signálu v jednotlivých vývojových fázích hematomu	27
Tab. 2. Nativní CT mozku	38
Tab. 3. CT – angiografie mozku	39
Tab. 4. Limitované perfuzní zobrazení mozku	40
Tab. 5. Objemové perfuzní zobrazení mozku	41

SEZNAM PŘÍLOH

Obr. 1. Kostní okno při CT mozku

Obr. 2. Nativní CT mozku

Obr. 3. Nativní CT, perfuzní CT a CT – angiografie mozku

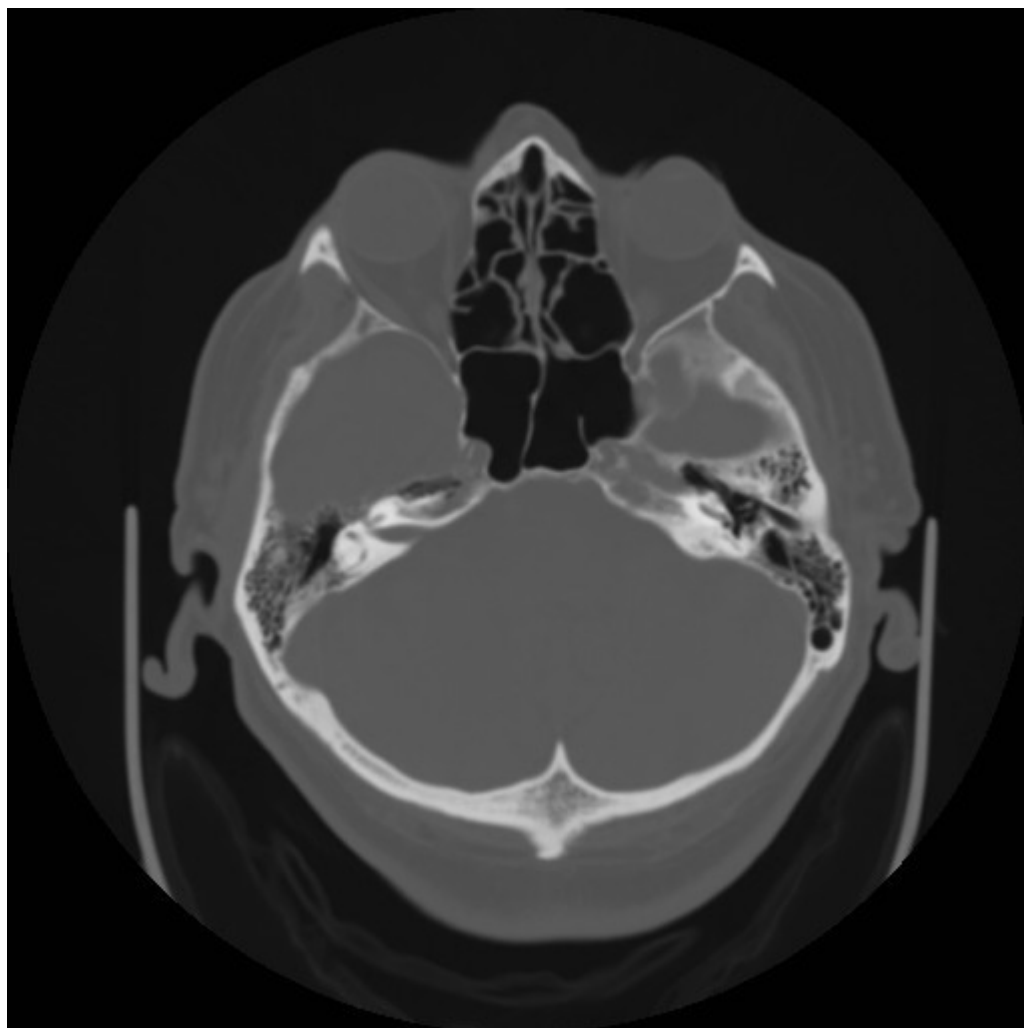
Obr. 4. FLAIR sekvence (MR mozku)

Obr. 5. T2W v koronární rovině (MR mozku)

Obr. 6. MR – angiografie metodou time of flight (ToF)

PŘÍLOHY

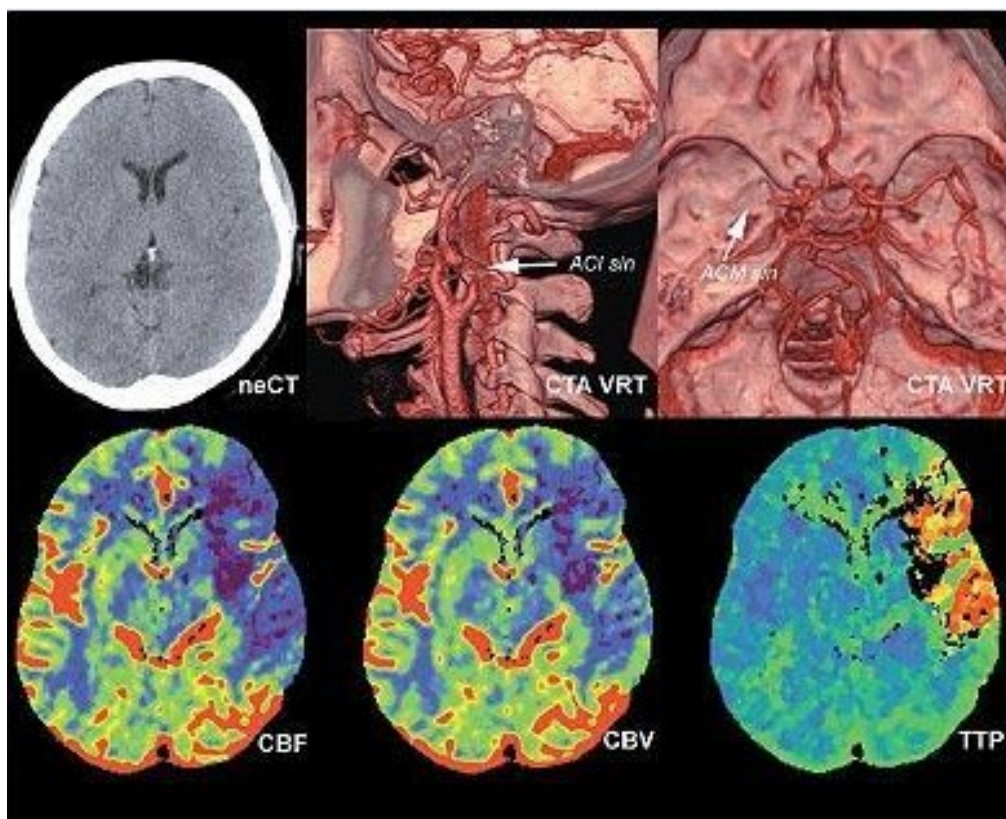
Obr.1. Kostní okno při CT mozku



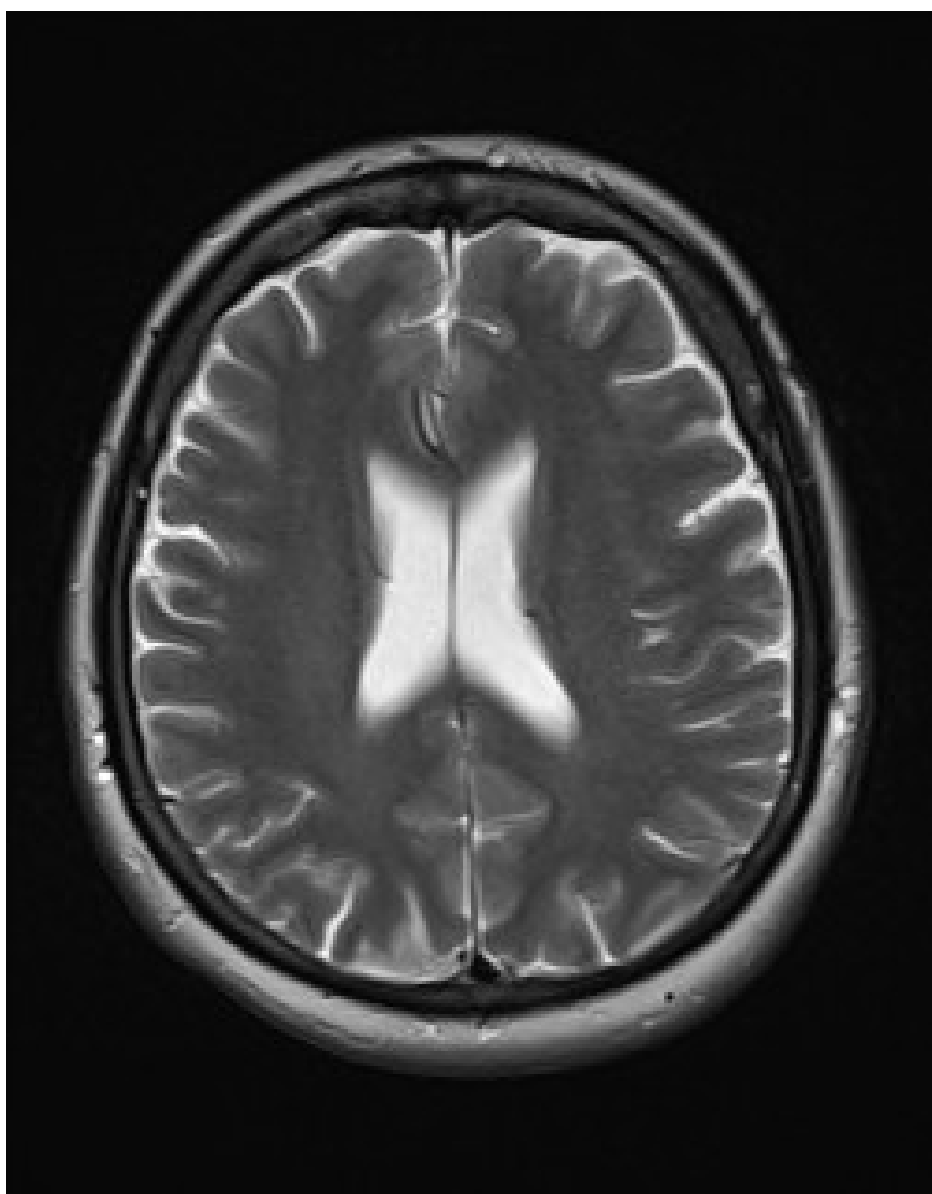
Obr. 2. Nativní CT mozku



Obr. 3. Nativní CT vyšetření, perfuzní CT a CT – angiografie mozku



Obr. 4. FLAIR sekvence (MR mozku)



Obr. 5. T2W v koronární rovině (MR mozku)



Obr. 6. MR – angiografie metodou time of fligh (ToF)

