

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Eliška Gondeková

Zobrazovací metody tepen zásobujících mozek

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jiří Kozák

Olomouc 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 20. dubna 2017

podpis

Chtěla bych poděkovat MUDr. Jiřímu Kozákovi za odborné vedení mé bakalářské práce a cenné rady, které mi během vypracovávání poskytl. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům, za obrovskou podporu při studiu.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Zobrazovací metody tepen zásobujících mozek

Název práce: Zobrazovací metody tepen zásobujících mozek

Název práce v AJ: Imaging methods of the arteries supplying the brain

Datum zadání: 2016-06-01

Datum odevzdání: 2017-04-20

Vysoká škola, fakulta, ústav:

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Eliška Gondeková

Vedoucí práce: MUDr. Jiří Kozák

Oponent práce: MUDr. Martin Hazlinger

Abstrakt v ČJ: Tato bakalářská práce se zabývá diagnostickými metodami nemocí tepen zásobujících mozek. Práce obsahuje anatomii tepen týkající se této problematiky, výběr nejčastěji diagnostikovaných nemocí cévního systému zásobující mozek. Dále se zaměřuje na jejich diagnostiku pomocí dopplerovské ultrasonografie, výpočetní tomografie, magnetické rezonance a digitální subtrakční angiografie. Práce je zpracována na základě odborných publikací a článků.

Abstrakt v AJ:

This bachelor thesis deals with diagnostic methods in determination of illnesses of arteries supplying the brain. The work contains an anatomy of arteries related to this issue, selection of the most commonly diseases of arteries supplying the brain. Further it focuses on their diagnostics using doppler ultrasonography, computer tomography, magnetic resonance and digital subtraction angiography. This thesis is compiled on the basis of professional publications and articles.

Klíčová slova v ČJ:

ultrasonografie, dopplerovská ultrasonografie, CT angiografie, MR angiografie, digitální subtrakční angiografie, onemocnění mozkových tepen

Klíčová slova v AJ:

ultrasonography, doppler ultrasonography, CT angiography, MR angiography, digital subtraction angiography, diseases of brain arteries

Rozsah:

48 stran / 11 příloh

Obsah

Úvod	8
1. ANATOMIE TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK	10
1.1 Obecná anatomie	10
1.2 Stavba cév	11
2. ONEMOCNĚNÍ TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK.....	12
2.1 Aneuryzma	12
2.2 Arteriovenózní malformace	13
2.3 Ateroskleróza.....	13
2.4 Disekce	14
2.5 Hemangiom	14
2.6 Kavernomy	14
3. NEINVAZIVNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK	15
3.1 Ultrasonografie	15
3.1.1 Dopplerovské ultrasonografické vyšetření	16
3.1.2 Ultrasonografické vyšetření karotických a vertebrálních tepen	18
3.1.3 Transkraniální dopplerovská ultrasonografie	19
3.1.4 Ultrasonografie v neurochirurgii	20
3.2 Výpočetní tomografie (CT)	20
3.2.1 CT angiografie (CTA)	22
3.2.2 Indikace CT angiografie mozkových tepen.....	22
3.2.3 Příprava pacienta před CT angiografií.....	23
3.2.4 Průběh vyšetření CT angiografie tepen zásobujících mozek	23
3.3 Magnetická rezonance	25
3.3.1 MR angiografie (MRA)	26
3.3.2 Indikace MR angiografie mozkových tepen.....	26

3.3.3 Příprava pacienta před MR angiografií	26
3.3.4 Průběh vyšetření MR angiografie tepen zásobujících mozek	27
3.3.5 Kontraindikace MR angiografie	29
4. INVAZIVNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK	30
4.1 Digitální subtrakční angiografie	30
4.1.1 Indikace k digitální subtrakční angiografii.....	31
4.1.2 Příprava pacienta před digitální subtrakční angiografií.....	31
4.1.3 Průběh vyšetření	31
Závěr.....	33
Referenční seznam.....	34
Seznam zkratk.....	37
Seznam tabulek.....	39
Seznam příloh.....	40
Přílohy	41

Úvod

Zásobení mozku krví lze rozdělit na přední karotickou oblast a zadní verterobazilární oblast, které dohromady vytváří Willisův okruh. Mozková tkáň má velké energetické nároky, což vyžaduje neustálý přísun kyslíku, proto je nezbytné, aby průtok krve mozkem byl plynulý a konstantní. Je velice citlivá na dodání kyslíku, tudíž je nutné co nejrychleji provést diagnózu. (Seidl a kol., 2012, s.269-270) Cévní mozková příhoda je druhou nejčastější příčinou úmrtí na světě, tudíž přesná a rychlá diagnóza je zásadní. (Reif M., Goldemund D., Mikulík R., 2013, s. 11)

V diagnostickém algoritmu se na prvním místě uplatňují neinvazivní metody, mezi které patří dopplerovská ultrasonografie, angiografie pomocí výpočetní tomografie a angiografie pomocí magnetické rezonance. Výběr neinvazivní metody záleží na tom, která oblast se vyšetřuje a na zdravotním stavu pacienta. Mezi invazivní metody zobrazování cévního systému patří digitální subtrakční angiografie. (Heřman a kol., 2014, s. 248)

Na základě těchto informací si lze stanovit otázky: Jaká je anatomie mozkových cév? Jaké jsou nejčastější onemocnění postihující cévy zásobující mozek? Jaké diagnostické metody se nejvíc používají v dané oblasti?

V souladu se stanovenými otázkami byly vytyčeny tyto cíle:

Cíl 1 - Shrnout informace o anatomii a fyziologii tepen zásobujících mozek.

Cíl 2 – Předložit poznatky o nejčastějších onemocněních tepen zásobujících mozek.

Cíl 3 – Popsat vyšetřovací metody tepen zásobujících mozek.

Při tvorbě bakalářské práce byla využita tato vstupní literatura:

1. CHOLT, M., Sonografie velkých krčních cév. Grada Publishing, a. s., 2009, 120 s. ISBN 978-80-247-2664-9
2. FERDA, J. CT angiografie. Praha: Galén, 2004, 408 s. ISBN 80-7262-281-1
3. HEŘMAN, M. Základy radiologie. Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 314 s. ISBN 978-80-244-2901-4

4. SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M. Diagnostická radiologie: Neuroradiologie. Grada Publishing, a. s., 2014, 528 s. ISBN 978-80-247-4546-6
5. VOMÁČKA, J., a kolektiv. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, 157 s. ISBN 978-80-244-4508-3

Při tvorbě přehledové bakalářské práce byly v první fázi rešeršní činnosti použity k vyhledávání odborné literatury a článků tyto databáze: Medvik, PubMed, EBSCO a Medline. Vyhledávacím jazykem byl jazyk český a anglický.

Pro účely rešeršní činnosti byla použita tato klíčová slova: ultrasonografie, dopplerovská ultrasonografie, CT angiografie, MR angiografie, digitální subtrakční angiografie, onemocnění mozkových tepen.

Dále jsem pracovala s databází Vědecké knihovny v Olomouci a lékařské knihovny Fakultní nemocnice v Ostravě. Několik cenných informací jsem získala po konzultaci s odborníky na radiodiagnostickém oddělení ve Fakultní nemocnici v Ostravě, které mi byly přínosem nejen při tvorbě bakalářské práce.

1. ANATOMIE TEPEN ZÁSObUJÍCÍCH MOZEK

1.1 Obecná anatomie

Hlavními cévami, které zásobují mozek, jsou pravá a levá a. vertebralis a pravá a levá a. carotis interna, ty dohromady s dalšími cévami tvoří circulus arteriosus cerebri (Willisi). (Čihák, 2004, s. 312)

Truncus brachiocephalicus odstupuje jako první z oblouku aorty a je jeho nejsilnější větví. Ve výši sternoclaviculárního kloubu se truncus dělí na a. carotis communis dextra a a. subclavia dextra. Druhou větví aortálního oblouku je a. carotis communis sinistra. V trigonum caroticum, v úrovni obratle C₃ – C₄, se a. carotis communis dělí na a. carotis interna a. externa.

A. carotis externa zásobuje krví horní polovinu krku a hlavy, kromě mozku a oka. V glandula parotis se větví na své konečné větve – a. temporalis superficialis a a. maxilaris. (Naňka, 2009, s. 105)

A. carotis interna odstupuje ve výši horního okraje štítné chrupavky. Začátek tepny je rozšířen v sinus caroticus, v němž jsou uloženy tlakové receptory monitorující krevní tlak. Vstupuje do lebky v canalis caroticus a naléhá na bok tureckého sedla. Poté vytváří oblouk, který se na vrcholu dělí v a. ophthalmica do canalis opticus a jím do očníce. Dále se dělí na tepny pro mozek. (Naňka, 2009, s. 107-108, s. 269) Podle průběhu se a. carotis interna dělí na pars cervicalis, pars petrosa, pars cavernosa a pars cerebrialis. Větve pro mozek se rozestupují při bázi mozkové. Jsou to tyto tepny – **a. choroidea anterior**, párová **a. cerebri anterior**, které spojuje krátká tepna a. communicans anterior, **a. cerebri media** a **a. communicans posterior**, jež odstupuje, buď přímo z a. carotis interna, nebo ze začátku a. cerebri media a spojuje se s a. cerebri posterior. (Čihák, 2004, s. 94-97)

A. vertebralis zásobuje krví krční a prodlouženou míchu, Varolův most, mozeček a je součástí Willisova okruhu. (Naňka, 2009, s. 108) Odstupuje z a. subclavia a v oblasti krčního obratle C₆ vstupuje do foramen processus transversi a pokračuje dále těmito otvory až k atlasu. Po vstupu skrz foramen occipitale magnum se a. vertebralis dx. a sin. spojí v nepárovou a. basilaris, která se větví na a. cerebri posterior dextra et sinistra. (Čihák, 2004, s. 98)

Circulus arteriosus cerebri Willisi vzniká na mozkové bázi propojením a. carotis communis a a. basilaris pomocí aa. communicantes anteriores et posteriores.

Na tepenném zásobení mozku se podílejí obě karotické tepny asi z 85 %, které zásobují přední polovinu mozku, a vertebrální tepny asi z 15 %, jenž zásobují zadní polovinu mozku. Obě řečiště spolu anastomozují a tím zajišťují zásobení mozku i v případě dysfunkce některé z tepen. Willisův okruh tvoří nejvýznamnější kolaterální řečiště, avšak kompletní je vytvořen pouze u 25 % jedinců. (Charvát, 2006, s. 510).

Funkcí tohoto okruhu je rovnoměrné plnění všech tepen z okruhu vycházejících a vyrovnání tepových vln z a. carotis interna a z a. vertebralis. (Čihák, 2004, s. 312)

1.2 Stavba cév

Cévní stěny svou strukturou odpovídají náročnosti jednotlivých úseků cévního řečiště. K těmto úsekům patří **tepny** (arteriae), které se větví na tenčí až v nejtenčí **arterioly** (arteriolae), které pokračují ve **vlásečnice a kapiláry** (vasa capillaria). Kapiláry přechází do nejtenčích žil – **venuly** (venulae) a ty se sbírají v **žily** (venae).

Tepny mají pevné a pružné stěny, které jsou přizpůsobené na pulsové nárazy krve vypuzené ze srdce. Stěna každé tepny se skládá ze tří vrstev – vnitřní **tunica intima**, střední **tunica media** a vnější **tunica externa**.

Kolaterály, tepenné větve probíhající podél hlavního kmene, při uzávěru hlavní tepny uskutečňují tzv. kolaterální průtok. Existence tohoto průtoku umožňuje chirurgické podvazy i větších tepen a umožňuje alespoň minimální nutné zásobení krví při postižení hlavní cévy. (Čihák, 2004, s. 71)

2. ONEMOCNĚNÍ TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK

Cévní mozková příhoda neboli iktus je náhlá porucha krevního oběhu mozku, jejíž příčinou je ischemie nebo krvácení do mozkových struktur. (Seidl a kol., 2012, s. 270) Podle vzniku je dělíme na ischemické cévní mozkové příhody a hemoragické cévní mozkové příhody. Ischemická CMP vzniká následkem ucpaní jedné z mozkových tepen, což zapříčiní snížení nebo zastavení přítoku krve do mozku. Hemoragická CMP vzniká po prasknutí mozkové tepny. (Volný O., Pokorná H., Mikulík R. a kol., 2016, s. 44-45)

Cévní mozková příhoda je druhá nejčastější příčina úmrtí ve světě, a proto je přesná a rychlá diagnostika zásadní pro volbu správného a co nejefektivnějšího terapeutického postupu. Stále nejrozšířenější zobrazovací metodou je vyšetření pomocí výpočetní tomografie, které je široce dostupné a umožňuje rychle vyšetřit i pacienty v těžkém stavu. Magnetická rezonance se v poslední době dostává do popředí. Doposud tomu bránily některé nevýhody, jako je delší čas vyšetření, horší citlivost k akutnímu krvácení atd. Výhodou MR je větší citlivost ke změnám mozkového parenchymu, a tím pádem i vyšší diagnostická hodnota.

Pokud na CT nalezneme intracerebrální hematom, je vhodné doplnit CT angiografické vyšetření intrakraniálních tepen, abychom vyloučili aneuryzma či cévní malformace. (Reif M., Goldemund D., Mikulík R., 2013, s. 11-13)

2.1 Aneuryzma

Aneuryzma lze charakterizovat jako rozšíření cévní stěny tepny. Na vzniku se podílí vrozené či získané oslabení stěn mozkových tepen, nebo tzv. hemodynamický stres, který je výsledkem rozdílného namáhání stěn vaku v důsledku vířivého toku. Aneuryzmata dělíme na nekrvácející asymptomatická, nekrvácející symptomatická a krvácející. V oblasti mozku je výskyt aneuryzmat daleko častější než na ostatních tepnách v těle. (Charvát a kol., 2006, s. 534) Velké množství aneuryzmat se nachází v oblasti Willisova okruhu (více než 90%), jsou menší a často vícečetná. Nejzávažnějším projevem aneuryzmatu je jeho ruptura a následné subarachnoidální krvácení, ale k tomu dojde u relativně malého procenta jedinců. Úmrtnost při první ruptuře aneuryzmatu mozkové tepny je přibližně 50 %.

MRA podobně i CTA zobrazí aneuryzma větší než 3-4 mm, DSA je obvykle součástí endovaskulárního výkonu. Léčbu lze provést buď pomocí neurochirurgického přístupu

nebo endovaskulární cestou, kdy lékař zavede kovové spirály do tepenné výdutě, které způsobí trombózu v daném aneuryzmatu. (Seidl a kol., 2012, s. 280-282)

2.2 Arteriovenózní malformace

Jedná se o vrozené poruchy cévního systému, kdy vzniká svazek dilatovaných cév, u nichž chybí přechodný kapilární systém a tepenný systém přechází rovnou v žilní. (Arteriovenózní malformace, 2015, [online]) Důsledkem daného jevu je skutečnost, že do žil proudí krev pod vysokým tlakem, na což není žíla uzpůsobena a může dojít k jejímu protržení a masivnímu krvácení. (Vyšínová, 2012, [online]) Bývají lokalizované periferněji v povodí mozkových cév, nejčastější jsou v povodí arterie cerebri media ve frontálním a parietálním laloku. (Ambler, Bauer, 2007, [online]) Nejlepší diagnostické zobrazení přináší magnetická rezonance a výpočetní tomografie s kontrastním zobrazením cév. (Arteriovenózní malformace, 2015, [online]) Zpravidla se nevyhne angiografií, která nám pomůže pozorovat rozšířené artérie, vény i arteriovenózní zkraty. (Seidl, 2012, s. 278)

2.3 Ateroskleróza

Ateroskleróza je onemocnění velkých a středních tepen. Stěna cévy je za normálních okolností hladká, ale u začínající aterosklerózy je povrch zdrsňen, což vede k hromadění lipidů, cholesterolu a dalšího buněčného odpadu v cévní stěně. Látky se postupně hromadí, způsobují zúžení a v konečném důsledku dojde k akutnímu či chronickému uzávěru lumina cévy, čímž dojde k porušení krevního průtoku a ke snížení zásobení cílových orgánů. Místa výskytu aterosklerotického poškození není náhodné, charakteristické jsou v místech větvení, zakřivení tepen a tam, kde krevní proud podstoupí rychlé změny ve směru a rychlosti toku.

Poškození magistrálních tepen může způsobit cévní mozkové příhody. Možnosti vzniku:

1. objemný plát vytvoří stenózu, to vede k redukci krevního průtoku a hypoperfuzi mozku
2. fragilní plát, dojde k ruptuře a exulceraci plátu → embolizace částí plátu distálně
3. trombóza nasedne na intaktní či exulcerovaný plát a dojde k akutní stenóze či uzávěru, anebo k embolizaci trombu distálně.

Nejčastějším nálezem v neuroradiologii je aterosklerotické postižení extrakraniálních a intrakraniálních tepen, přičemž nejběžnějším místem vzniku je karotická bifurkace, a to zejména odstup vnitřní karotidy.

V diagnostice aterosklerotického postižení se uplatňují následující zobrazovací metody: ultrazvuk, CTA, MRA, ale zlatým standardem je stále digitální subtrakční angiografie (DSA), i když toto vyšetření je zatíženo určitým rizikem vzniku iktu. Ultrazvukové vyšetření v diagnostice hraje klíčovou roli pro jeho neinvazivnost a bezrizikovitost. Udává vysokou senzitivitu i specifitu v porovnání s DSA, ale v určení stupně stenózy je senzitivita poměrně nízká. (Dufek, 2003, s. 16, 19)

2.4 Disekce

Disekce je způsobena krvácením do stěny cévy. Cévní stěna je složena ze tří na sebe přiléhajících vrstev. V případě, že dojde k porušení této celistvosti, může dojít k tomu, že se krev vlivem tlaku dostane mezi tyto vrstvy. Vrstvy se podélně rozštěpují a šíří se na různou vzdálenost od místa prvního poškození, tím vzniknou dvě paralelní lumen cévy vedle sebe, jimiž proudí krev. Stěna je velmi ztenčena, což je nebezpečné, protože při jakékoliv změně tlaku může prasknout. (Aneurysma a disekce, 2009, [online])

2.5 Hemangiom

Hemangiom je označení pro benigní nádor vycházející z cév. Jedná se o asymptomatický nádor, nemusí se nijak projevit, pokud tedy nedojde ke komplikacím, za které se považuje poranění při traumatu nebo stlačení, což má za následek krvácení. (Štefánek, 2010, [online]) Jsou poměrně častým typem nádoru, tvoří 15-20 % nádorů mozku. Patří mezi extraaxiální nádory, jejich typická lokalizace je v mostomozečkovém koutu, krajině kosti klínové, sulcus olfactorius, orbitě. (Vaněčková, Seidl, 2004, s. 536) K diagnostice hemangiomu používáme především CT a MR, kde se po aplikaci kontrastní látky výrazně sytí. (Fadrus, Lakomý a kol., 2010, s. 380)

2.6 Kavernomy

Kavernomy jsou malé, pravidelně tvarované, tenkostěnné cévní dutiny, kterými protéká velmi zvolna krev. Tu přivádí drobné tepénky a odvádí drobné žíly. (Kalina, 2011, s. 81) Mají často mnohočetný výskyt různých velikostí od mikroskopických rozměrů až po několik centimetrů. (Seidl, 2012, s. 278) Nejčastěji jsou lokalizovány v mozečkových hemisférách, pontu a pendukulech. (Seidl, 2014, s. 169) Nezastupitelnou roli v diagnostickém zobrazování má magnetická rezonance, na které pozorujeme dobře ohraničené ložisko, jehož signál závisí na stádiích krvácení. Výpočetní tomografie ani angiografické vyšetření kavernomy nezobrazí. (Seidl, 2012, s. 278)

3. NEINVAZIVNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK

Mezi neinvazivní zobrazovací metody mozkových tepen patří dopplerovská ultrasonografie, angiografická výpočetní tomografie a angiografická magnetická rezonance, které se v případě vyšetřování cévního systému uplatňují nejčastěji. Využití těchto metod závisí na oblasti, kterou vyšetřujeme, na stavu pacienta a také na jejich dostupnosti. (Heřman a kol., 2014, s. 248)

3.1 Ultrasonografie

Ultrasonografie je diagnostická zobrazovací technika využívající odrazů ultrazvuku od rozhraní tkání s různou akustickou impedancí. (Heřman a kol., 2014, s. 17) Ultrazvuk je akustické vlnění, jeho frekvence se pohybuje nad hranicí slyšitelnosti, tj. nad 20 kHz. (Zuna, 2000, s. 59) V lékařské praxi se využívají frekvence 2 – 20 MHz, pomocí kterých zobrazujeme měkké tkáně a tekutiny. Hranice tekutého prostředí (kam se řadí i měkké tkáně, kvůli vysokému obsahu vody) s kostí nebo plynem má výrazné rozhraní, kvůli čemu dochází k téměř úplnému odrazu všeho ultrazvukového vlnění. Z tohoto důvodu je těžké vyšetřovat orgány uložené za skeletem nebo plynem. Použitím kontaktního gelu na kůži odstraníme tenkou vrstvičku vzduchu mezi kůží a sondou, která by vadila přechodu ultrazvukového vlnění do vyšetřované oblasti. Výjimkou ve vyšetřování „za“ skeletem je transkraniální dopplerovské vyšetření hlavních mozkových tepen. Provádí se přes nejslabší místo na lebce, tj. přes šupinu temporální kosti, takže ultrazvuk o vyšší intenzitě, který se používá v dopplerovské ultrasonografii, přes ní projde. (Heřman a kol., 2004, s. 17)

Zdrojem ultrazvukového vlnění jsou látky s piezoelektrickými vlastnostmi (bariumtitanát, niobát olova), které tvoří piezoelektrický krystal, při jehož stlačení vzniká na jeho povrchu elektrický potenciál. (Vomáčka a kol., 2015, s. 38) Krystal vlivem periodického nabíjení střídavým proudem deformuje svůj tvar (smršťuje se a rozpíná), za vzniku mechanického vlnění – piezoelektrický jev. (Seidl a kol., 2012, s. 39) Krystaly jsou zabudovány v sondě, a to buď v lineární, nebo v konvexní řadě a jsou rozkmitávány postupně ve velmi krátkém časovém intervalu. Prostředí, kterým vlnění prochází, klade ultrazvuku odpor, označovaný jako akustická impedance. Část vlnění se odráží na makroskopických rozhraních tkání s různou hustotou (akustickou impedancí), část se rozptyluje, část se láme na rozhraní dvou prostředí, pokud na ně nedopadá kolmo a zbytek se absorbuje v tkáni a svou energii předá převážně

ve formě tepla. V diagnostice využíváme té části vlnění, která se odrazí zpět k sondě. Z celkového času práce sondy je ultrazvukové vlnění vysíláno do organismu jen asi 1% doby, zbytek je určen pro registrování odrazů. Krystaly generují elektrické impulzy, které jsou dále zpracovávány v počítači a zobrazeny na monitoru v různých odstínech šedi v závislosti na intenzitě odrazu. Aby bylo vypočteno, z jaké hloubky se vlnění odráží, je u každého odrazu zjištěno časové zpoždění, s nímž se do sondy vrací. (Cholt, 2009, s. 17)

Nejčastějším používaným typem zobrazení je dynamický B-mode (brightness mode), při němž vzniká obraz zachycením velkého množství vedle sebe umístěných odrazů, kterým je na monitoru přiřazen příslušný stupeň šedi v závislosti na intenzitě odrazu. Při vyšetření dostaneme dynamický obraz v reálném čase, což nám také umožňuje sledovat pohyb (např. pulzaci cév, pohyb srdce, ...) (Heřman a kol., 2014, s. 18-19)

3.1.1 Dopplerovské ultrasonografické vyšetření

Daný typ vyšetření je založen na registraci pohybujících se krevních elementů. Jev, který v roce 1842 popsal a vyjádřil Johan Christian Doppler, je označován jako Dopplerův. Jeho princip lze shrnout takto – pohybuje-li se zdroj akustického vlnění o stálém kmitočtu přímočaře vzhledem k pozorovateli, pak platí, že pokud se zdroj zvuku přibližuje, je frekvence zvuku vnímána jako vyšší, než je skutečně vysílána. Pokud se zdroj od pozorovatele vzdaluje, je frekvence naopak vnímána nižší. Princip samozřejmě platí i tehdy, je-li zdroj vlnění stacionární a pohybuje se reflektor, který zvuk odráží. Toho využívají ultrazvukové metody, jelikož zdroj vlnění, kterým je ultrazvuková sonda, svou polohu nemění, ale pohybuje se reflektor (krevní tok v lumen cévy), od něž se akustické vlnění odráží zpět ke zdroji.

Dopplerovský frekvenční posuv je rozdíl mezi vysílanou a přijímanou frekvencí vlny po odrazu od proudící krve. Je úměrný rychlosti proudu krve ve vyšetřované cévě a je tím větší, čím vyšší je rychlost zdroje. Velikost přijímané frekvence závisí na směru pohybu toku. Pokud tok směřuje k ultrazvukové sondě, výsledná velikost frekvence se zvýší, což znamená, že frekvenční posuv bude kladný. Naopak, když je směr toku orientován od sondy, frekvence se sníží a frekvenční posuv bude záporný. Matematicky lze vyjádřit takto:

$$f_d = \frac{2f_v v \cos \theta}{c}$$

f_d – dopplerovský frekvenční posuv

v – rychlost pohybu zdroje

c – rychlost šíření vlnění v daném prostředí

θ – dopplerovský úhel

f_v – frekvence vysílané vlny

Z této rovnice lze velmi jednoduše odvodit vzorec pro výpočet rychlosti krevního proudu a vyplývá z ní, že rychlosti jsou závislé i na velikosti úhlu, pod nímž vysílaná frekvence dopadá na směr vyšetřovaného krevního toku. Za kritický se považuje úhel větší než 60 stupňů. (Cholt, 2009, s. 18-20)

Výsledkem je barevný záznam pohybujících se objektů v B-módu nebo spektrum křivek udávající hodnoty rychlosti v čase. Při barevném záznamu jsou pohybující se objekty, v praxi červené krvinky, znázorněny pomocí dvou barev. (Heřman a kol., 2014, s. 19) Tok krvinek směrem k vyšetřovací sondě je zobrazován červenou, popřípadě žlutou a toky obráceným směrem, tudíž od sondy, jsou modré, popřípadě zelené. (Vomáčka a kol., 2015, s. 39)

Barevný záznam (color flow mapping) – na monitoru se objevují dva do sebe prolínající obrazy. Jedná se o B obraz v odstínech šedi a barevný obraz, který se objevuje v nastavitelném okně. Osu barevného okna lze elektronicky sklonit podle směru vyšetřované cévy, kvůli dodržení optimálního dopplerovského úhlu.

Spektrální záznam (pulsed wave doppler) – jedná se o grafické vyjádření pohybu krve. Křivka vyznačuje rychlost krevního toku v závislosti na čase. Ve 2D obrazu se vyhledá lumen cévy a do něj se umístí kurzor vzorkovacího objemu s přiměřeně upravenou šířkou. (Cholt, 2009, s. 20-21)

Kombinací B-módu s barevným mapováním toku nazýváme **duplexní ultrasonografie**. Zapojení B-módu s barevným mapováním toku a současně se spektrálním záznamem ve zvoleném místě barevně kódované cévy je označované jako **triplexní ultrasonografie**. (Vomáčka a kol., 2015, s. 39)

3.1.2 Ultrasonografické vyšetření karotických a vertebrálních tepen

Pro spolehlivé a přesné vyšetření používáme kvalitní ultrazvukový přístroj, který umožňuje duplexní dopplerovské vyšetřování. Používá se lineární sonda s frekvencí 5-8 MHz, pokud se ovšem zobrazení touto sondou nedaří, můžeme použít i sondu sektorovou o frekvenci 5 MHz, zejména u pacientů se silným krkem.

Před začátkem seznámíme pacienta s průběhem vyšetření. Požádáme ho, aby se nepohyboval, nemluvil, dýchal klidně, pokud možno nepolykal, a hlavně aby se uvolnil. Zabráníme tak vzniku artefaktů, které mohou znehodnotit vyšetření. Pacient během vyšetření leží na zádech, hlavu má pootočenou na nevyšetřovanou stranu, a pokud je to možno, má ji mírně zakloněnou. Vyplatí se dodržovat postup při vyšetřování a mít stejné pořadí cév, takže začneme karotickým řečištěm vlevo.

V první fázi vyšetřujeme dvojrozměrným zobrazením v reálném čase. Začínáme příčnými řezy a. carotis communis a jejich hlavních větví kaudokraniálním směrem, od dolního okraje krku po dolní okraj báze lebni. V těchto řezech hodnotíme tvar, šířku a echogenitu průsvitu i stěn cév. Užití barevného mapování toku v transversálních řezech nám poskytne základní informace o průtoku a upřesní anatomické poměry. Pro adekvátní zobrazení proximální části karotického řečiště v příčném řezu je potřeba vyšetřovací sondu přiložit co nejtěsněji k vyšetřované oblasti, přičemž vyšetřovací ploška by měla být skloněna dorzokaudálně. Vedle karotid se zaměříme na vztah jugulárních žil k tepennému řečišti, jejich šířku, polohu a průchodnost. Sledujeme i okolí velkých cév, zejména při bifurkaci, kde pátráme po nádoru karotického glomu.

V druhé fázi otočíme sondu do podélné osy cév a vyšetřujeme podélnými řezy společnou karotidu, její bulbus a obě hlavní větve. Na zevním obrysu stěny tepny identifikujeme intimomediální komplex a změříme jeho šířku. Zjištění šířky přináší cenné informace o stavu stěny cévy, kdy za normální se považuje šířka kolem 0,7 mm (maximálně 1 mm).

V třetí fázi ponecháme sondu v podélné ose cév a vyšetřujeme pomocí spektrální dopplerovské metody. Vždy nastavíme velikost barevného okna a šířku vzorkovací objemu (gate) tak, aby zobrazil minimálně 70 % průsvitu tepny, a nesmíme opomenout dopplerovský úhel, který nesmí přesáhnout 60 stupňů. Teprve pak můžeme zahájit zaznamenávání spektrální křivky. Jako standart se považuje začít na společné a. carotis communis před karotickým bulbem i v něm. A. carotis externa se vyšetřuje od odstupu z karotického bulbu až za odstupy

jejich větví a a. carotis interna, která na krku žádné větve nevydává, se vyšetřuje od odstupů ze sinus caroticus až pod bázi lebni. Místa měření vybíráme tak, abychom dostali křivku jak z míst s normálním průsvitem tepny, tak z míst podezřelých na zúžení. Jakmile zafixujeme spektrální křivky, změříme rychlost toku ve vrcholu systoly (PSV, peak systolic velocity) a na konci diastoly (EDV, end diastolic velocity). Za přiměřené se považují hodnoty PSV do 120 cm/s a EDV do 40 cm/s.

V závěrečné čtvrté fázi vyšetřujeme vertebrální tepny, kde výchozím bodem pro jejich nalezení je podélné zobrazení a. carotis communis. Po nastavení větší hloubky skláníme podélnou osu sondy zevně, až se mezi trny příčných výběžků objeví barevné mapování toků vertebrální tepny. Poté posunujeme sondu kaudálním směrem, než najdeme místo odstupů z podklíčkové tepny. V tomto úseku bývá nejvíce patologických změn. (Cholt, 2009, s. 35-42)

3.1.3 Transkraniální dopplerovská ultrasonografie

Jedná se o neurosonologickou vyšetřovací metodu, která umožňuje neinvazivní měření toků intrakraniálních tepen přes intaktní lebku s využitím dopplerovského režimu zobrazení.

K vyšetření je potřeba přístroj určený k transkraniálnímu záznamu v dopplerovském režimu zobrazení. Musí být opatřen sondami, které vysílají frekvence v rozsahu od 1 – 2,5 MHz a mají průnik do hloubky 40 – 60 mm. Také musí umět vytvářet grafický a zvukový záznam, z jehož vyhodnocení posuzujeme rychlost proudění krve a hemodynamické parametry vyšetřovacích tepen.

Cílem je zjištění stavu intrakraniálních tepen a analýza hemodynamických poměrů v cévním systému mozku, k tomu je nutné správné technické provedení a dodržení standardního postupu. Přístup k tepnám představují tato anatomická okna:

- **Transtemporálním přístupem** vyšetřujeme a. cerebri media, a. cerebri anterior, a. cerebri posterior a distální konec a. carotis interna
- **Transforaminálním přístupem** jsou zobrazeny distální úseky vertebrálních tepen a basilární kmen
- **Transorbitálním přístupem** se vyšetřuje karotický sifón a a. ophthalmica
- Vyšetření lze doplnit o **submandibulární přístup**, kterým zobrazíme a. carotis interna

Poloha pacienta pro transtemporální a transorbitální vyšetření je vleže na zádech, zatímco pro přístup transforaminální je vleže na boku nebo vsedě s předkloněnou hlavou. Součástí

vyšetření je provedení základního testu funkční reaktivity (minimálně na obou a. cerebri media a bazilárním kmenu) metodou BH/HV, kdy pacient zadrží dech s následnou hyperventilací po dobu 30 sekund.

Vyšetření slouží k diagnostice stenóz nebo okluzí extrakraniálních a intrakraniálních tepen, také u pacientů s akutní CMP ischemického původu v karotickém i verterobazilárním povodí. Lze jej použít i k průkazu mozkové smrti. (Škoda, Mikulík, Školoudík, 2006, s. 1-3)

3.1.4 Ultrasonografie v neurochirurgii

Tato vyšetřovací metoda je vhodná i pro peroperační zobrazení patologických tkání, hlavně u hluboko uložených lézí. Provádí se to až po vyvrtání otvoru do lebky, poněvadž skrz neporušenou kost nelze sonograficky do mozku „vidět“.

U dětí do 1 roku lze mozek a komorový systém vyšetřovat skrz fontanely. (Charvát a kol., 2006, s. 40)

3.2 Výpočetní tomografie (CT)

Výpočetní tomografie je radiodiagnostická vyšetřovací metoda využívající rentgenového záření k zobrazení tkání s různým složením. Princip je založen na tom, že oslabený rentgenový svazek, při průchodu vyšetřovací oblastí, dopadá na detektory, kde je záření registrováno a převedeno na elektrický signál, jenž je odeslán ke zpracování do výkonného počítače. (Vomáčka a kol., 2015, s. 42)

Jde o tomografickou metodu, kdy je vyšetřovaná oblast rozdělena na větší množství tenkých řezů – skenů o šířce 0,5 – 5 mm, které se snímají každý zvlášť pod mnoha různými úhly. V počítači si pak můžeme prohlédnout jednotlivé vrstvy, jak kdybychom pacienta příčně „rozřezali“. V současnosti se používají přístroje 3. generace, kdy RTG záření vycházející z rentgenky je kolimováno do tvaru širšího vějíře a prošlé záření je detekováno velkým množstvím detektorů umístěných na kruhovém oblouku ve více řadách. Snímá se současně více řezů – multi-slice CT. (Seidl a kol., 2012, s. 45-47) Systém rentgenka – detektory, který je uložen v gantry, se pro zhotovení jedné vrstvy otočí kolem pacienta o 360° a doba rotace je v rozmezí 0,3 – 2 sekundy. Obrazy vrstev jsou tvořeny maticí bodů, obvykle o velikosti 512 x 512. (Heřman a kol., 2015, s. 22)

Intenzita absorpce záření v jednotlivých místech vyšetřované oblasti se označuje jako denzita a udává se v Hounsfieldových jednotkách (HU). Hounsfieldová škála je rozdělena

na 4096 stupňů a to od -1000 do +3096. Hodnota -1000 HU odpovídá vzduchu, 0 HU (destilované) vodě a 1000 HU kosti. Na CT skenech jsou denzity znázorněny ve stupních šedi, avšak lidské oko rozpozná pouze 16 stupňů šedi, proto je nutné pracovat s jistým prohlížečím oknem, protože jiné je „okno“ na mozek a jiné na plíce. Radiologický asistent toto musí dokonale znát, jelikož na základě protokolů v rámci postprocessingu vytváří dokumentaci jednotlivých obrazů v různých denzitních oknech. (Vomáčka a kol., 2015, s. 42)

Tabulka 1 - Denzity některých tkání

Druh tkáně	Denzita
Kosti, kalcifikace	> 85 HU
Sražená krev	65-85 HU
Měkké tkáně, parenchymové orgány	25-70 HU
Tekutinové útvary (likvor, moč, žluč)	0-15 HU
Tuk	-40 až -120 HU
Vzdušná plíce	-800 až -900 HU

(zdroj – Vomáčka, 2015, s. 42)

Tabulka 2 - Základní prohlížečí okna u CT vyšetření

Vyšetřovaný orgán	Šířka okna	Střed okna
Mozek	75	30
Břicho	350	35
Mediastinum	400	40
Plíce	1600	- 600
Skelet 1	1300	300
Skelet 2 (lebka)	3700	600

(zdroj – Vomáčka, 2015, s. 43)

Máme více způsobů technického provedení vyšetření. **Konvenční CT vyšetření** probíhá tak, že jsou postupně zhotovovány jednotlivé vrstvy a stůl s pacientem se posouvá o zvolenou vzdálenost. Většinou je šířka vrstvy a posun stolu stejný, čímž docílíme pokrytí celé vyšetřované oblasti. Při **spirálním CT** pacient pomalu projíždí otvorem v gantry a celá vyšetřovaná oblast se zobrazuje během kontinuální expozice. Tak získáme na sebe navazující data celé oblasti a počítač z nich zrekonstruuje obrazy jednotlivých vrstev. Výhodou je kratší doba expozice, tím pádem nižší dávka. Po intravenózní aplikaci kontrastní látky lze také

zrekonstruovat obraz cév – CT angiografie. (Heřman a kol., 2014, s. 23-24) Rychlost spirální techniky vynikne zejména na MDCT přístrojích, kdy je současně získávána více jak jedna datová stopa. Jde o rotaci rentgenky a soustavy (2-320) detektorů, při které se nahraje 16-64 datových stop, ale lze se setkat i s rozmezím od 4 do 320 datových stop. (Vomáčka a kol., 2015, s. 43)

3.2.1 CT angiografie (CTA)

CT angiografie neboli angiografie pomocí výpočetní tomografie je neinvazivní metoda zobrazování cévní soustavy vycházející ze spirální akvizice dat a intravenózní aplikace kontrastní látky. Součástí vyšetření může být zhotovení trojrozměrné rekonstrukce cévních struktur. Zobrazení je určené k posouzení anatomie a funkce kardiovaskulární soustavy, proto musíme intravenózně aplikovat kontrastní látku, jelikož kontrast krve na nativním CT je prakticky nulový. Další podmínkou je docílit dostatečného prostorového rozlišení. (Ferda, 2004, s. 3)

CT angiografie se dnes provádí na MDCT přístrojích, nejčastěji se 64 a více řadami detektorů, protože to umožňuje zobrazit i dlouhé úseky ve velmi krátkém časovém intervalu. Snížení skenovací doby napomáhá redukovat pohybové artefakty a taky se zmenšuje množství kontrastní látky, což pomáhá chránit ledviny před vznikem kontrastní nefropatie. (Heřman a kol., 2014, s. 251) Výhodou CTA oproti digitální subtrakční angiografii je nižší cena, nižší radiační zátěž a lepší tolerance pacientem. (Novotný, 2008, s. 11)

3.2.2 Indikace CT angiografie mozkových tepen

Lze je rozdělit na indikace jednoznačné, výběrové a neindikované. Mezi jednoznačné řadíme ty případy, kdy ostatní metody jsou méně efektivní nebo nedostupné. U výběrových indikací použijeme CTA tehdy, když potřebujeme trojrozměrný pohled, funkční zobrazení vyšetřované cévy, apod. Neindikované jsou ta vyšetření, kdy CTA nepřinese nové informace, je-li indikována katetrizační angiografie nebo pokud je zátěž pacienta zářením a kontrastní látkou neúměrná přínosu vyšetření. (Ferda, 2004, s. 3) Nejčastějšími indikacemi je vyloučení nebo potvrzení přítomnosti lézí, detekce krvácení, stenóz nebo jiných cévních onemocnění a kontrola po intervencích. (Heřman a kol., 2014, s. 25)

3.2.3 Příprava pacienta před CT angiografií

Jelikož je při tomto vyšetření potřeba podat jodovou kontrastní látku, je nutné připravit pacienta. Zajistíme dostatečnou hydrataci per os nebo intravenózně. 4 hodiny před výkonem nejíst a tekutiny omezit na malé množství (např. 100 ml/hod). Je nutné odebrat alergickou anamnézu, pokud má pacient pozitivní alergickou anamnézu je nutná premedikace představující užívání kortikoidních preparátů (Prednison). Také je žádoucí znát aktuální hladinu kreatininu v krvi, především při podezření na onemocnění ledvin. (Seidl a kol., 2012, s. 75) Před výkonem radiologický asistent předá pacientovi informovaný souhlas, popíše průběh vyšetření a zodpoví jeho případné dotazy. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava)

3.2.4 Průběh vyšetření CT angiografie tepen zásobujících mozek

CTA vyšetření by mělo vždy následovat až po provedení nativního CT mozku. (Ferda, 2004, s. 63) CT vyšetření probíhá obvykle 5-15 minut. Pacient si sundá všechny kovové předměty a položí se na záda hlavou do „korýtka“, kde ji vypodložíme různě velkými klíny, aby se hlava nepohnula. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava) U nespolupracujících pacientů se vyšetření provádí v analgosedaci nebo v celkové anestezii. (Heřman a kol., 2014, s. 25) Při CT angiografii se aplikuje jodová kontrastní látka do žíly na horní končetině, nejlépe do pravé (předcházíme tak vzniku artefaktů z KL v levé v. subclavia a v. brachiocephalica, které zhoršují, až znemožňují hodnocení oblasti oblouku aorty), pomocí kanyly o průměru 18 - 20G. (Heřman a kol., 2014, s. 251)

Při aplikaci pomocí centrálního žilního katétru je důležité si uvědomit, že doba cirkulace KL na místo skenování se výrazně zmenší – jde o zkrácení o 10-15 sekund. Pro aplikaci je nutné zajistit, aby kanyla měla dostatečný průsvit a tlakovou odolnost odpovídající nárokům na požadovaný průtok kontrastní látky. Nejběžněji používaná kanyla o šířce 18G postačuje pro aplikace průtokem do 5 ml/s. Před aplikací zkontrolujeme žílu prudkým vstříknutím 10 až 20 ml fyziologického roztoku, abychom zjistili, zda je správně zavedena a vydrží vyšší průtok. (Ferda, 2004, s. 4) Radiologický asistent zajede se stolem do gantry a pomocí zaměřovacích laserů nastaví oblast vyšetření. Na ovládací konzole nastaví ID pacienta a vybere protokol vyšetření. Nejprve zhotoví topogram, na kterém vymezení rozsah skenované oblasti. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava) Kontrastní látku aplikujeme přetlakovým injektorem o rychlosti 4 ml/s, aby byl cirkulační čas do 15 sekund. Cirkulační čas je doba, za kterou se do vyšetřované cévy dostane KL z místa aplikace a je určující pro správnou synchronizaci aplikace KL a akvizice dat. Minimální aplikovaná dávka je 60 ml. K načasování

akvizice se využívá bolus-tracking, což je správná synchronizace podání KL a spouštění akvizice dat, při monitorování bolusu KL. Na plánovacím skenu zvolíme požadovanou cévu a do ní umístíme vzorkovací objem a stanovíme požadovanou prahovou denzitu. Po dosažení denzity přístroj sám spustí akvizici dat. V případě společného vyšetření oblouku aorty, krku a intrakraniálních tepen umístíme vzorkovací objem do oblouku aorty. Cirkulační čas u krku se pohybuje kolem 25s, u intrakraniálního řečiště se prodlužuje asi jen o 2-3 sekundy. (Ferda, 2004, s. 6, 63)

Součástí vyšetření je postprocessingové zpracování dat, které se provádí ze základních axiálních skenů pomocí různých rekonstrukčních a navigačních programů. Mezi plošné rekonstrukční algoritmy patří multiplanární rekonstrukce (MPR – multi planar reconstruction), rekonstrukce zakřivených ploch (CPR – curved planar reconstruction) a k prostorové rekonstrukci se používají MIP rekonstrukce (MIP – maximum intensity projection) a objemové rekonstrukce (VRT – volume rendering technique).

Pro zobrazení krčních cév je vhodná multiplanární rekonstrukce, která je zobrazí v axiálních, koronárních a sagitálních rovinách nebo v rovinách orientovaných podle průběhu tepny. Nejvíce se podobá angiografii, avšak na rozdíl od ní může tepnu zobrazit v jakékoli projekci. Touto rekonstrukcí docílíme toho, že se zobrazí pouze ty pixely s nejvyšší denzitou, čímž se od okolního prostředí odliší tepna naplněná kontrastní látkou.

Pro zobrazení intrakraniálních tepen je nejvhodnější použít prostorové zobrazení pomocí VRT, která může využít až 100% dostupných dat. Zobrazené voxely jsou definované pomocí intervalu denzit, jemuž je přidělena barva. VRT umožňuje 3D zobrazení cévního systému a má vysokou diagnostickou přesnost.

V postprocessingu lze pomocí počítačových programů provádět různá měření, jako třeba kompletní cévní analýzu s přesným stanovením stenózy tepen. Měření provádíme na rovinných či tenkovrstvových zobrazeních. (Heřman a kol., 2014, s. 252 – 253) (Ferda, 2004, s. 63) Zhotovené obrazy jsou odeslány do digitálního archívu systému PACS. (Vomáčka a kol., 2015, s. 44)

Po ukončení vyšetření pacient počká v čekárně pod dozorem alespoň půl hodiny, abychom mohli sledovat případné alergické reakce na kontrastní látku. Také je doporučeno zvýšit příjem tekutin, aby se kontrastní látka vyplavila rychleji z těla ven. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava)

3.3 Magnetická rezonance

Princip magnetické rezonance je velmi složitý, při vyšetření zjišťujeme změny magnetických momentů jader prvků s lichým protonovým číslem uložených v silném statickém magnetickém poli.

Pro MR zobrazování se využívá atom vodíku ^1H , který obsahuje v jádru jediný proton a je obsažen ve 2/3 lidské tkáně. V důsledku rotace atomového jádra kolem své osy (spin) vzniká kolem magnetické pole (magnetický moment). (Heřman a kol., 2014, s. 26) Magnetický moment vodíku je relativně silný a dá se dobře změřit. V lidském těle jsou osy protonů vodíku orientované nahodile, ale jejich magnetické momenty se navzájem ruší a jsou rovny nule. (Vomáčka a kol., 2015, s. 47) Vložíme-li tkáň do silného statického magnetického pole, dojde k uspořádání spinů do dvou opačných směrů, z nichž jeden převažuje a výsledný magnetický moment je tedy v jednom směru. Magnetický moment koná dva druhy pohybu – spin a precesi. (Heřman a kol., 2014, s. 26) Precese je rotační pohyb po plášti pomyslného kužele s Larmorovou frekvencí f_L . (Seidl a kol., 2012, s. 52) Jestliže aplikujeme radiofrekvenční pulz a takové frekvenci, která je shodná s Larmorovou frekvencí, dojde k vychýlení magnetického momentu z původního směru o určitý úhel a také k synchronizaci precese všech protonů – princip rezonance. Jakmile přestane působení radiofrekvenčního pulzu, dojde postupně k návratu do původního stavu, během tzv. relaxačního času. Relaxační čas T_1 , je čas nutný k navrácení vychýleného magnetického momentu. (Heřman a kol., 2014, s. 26) Magnetizace dosáhne 63% původní hodnoty. (Vomáčka a kol., 2015, s. 48) Relaxační čas T_2 , je čas potřebný k rozsynchronizaci precese. (Heřman a kol., 2014, s. 26) Příčná magnetizace dosáhne 37% původní hodnoty. (Vomáčka a kol., 2015, s. 48) Tyto časy se měří nepřímo na jednotlivých sekvencích, kde porovnáváme jejich rozdíly. Sekvence je série radiofrekvenčních pulzů k získání měřitelného signálu. Signál získáváme pomocí přijímacích cívek, které je registrují a měří jejich velikost. Cívka musí být uložena co nejbližší k vyšetřované oblasti, abychom dostali co nejkvalitnější obraz, proto se pro různá vyšetření užívají různé cívky. (Heřman a kol., 2014, s. 26)

V diagnostickém zobrazování magnetickou rezonancí je nezbytný gradientní systém, který vytváří spád síly magnetického pole ve všech třech jeho osách. Gradientní systém je zodpovědný za orientaci rovin, obrazy jsou orientovány ve třech základních rovinách (transverzální, koronární, sagitální) nebo v rovinách šikmých. (Charvát a kol., 2006, s. 33)

3.3.1 MR angiografie (MRA)

MR angiografie neboli angiografie pomocí magnetické rezonance je neinvazivní zobrazovací metoda, kterou provádíme pro získání informací o cévním řečišti. Tato technika využívá speciální sekvence, které registrují pohybující se útvary – v našem případě tekoucí krev v mozkových tepnách. Výstupem jsou obrazy, na kterých krev vykazuje vysoký signál oproti ostatním tkáním. (Charvát a kol., 2006, s. 35)

V současné době rozeznáváme tři typy – Time of flight technika, PC angiografie a ceMRA. **3D Time-of-flight angiography** je založena na ToF efektu nesaturované krve tekoucí do 3D zobrazovaného objemu s primárně saturovanou stacionární tkání. Často se využívá jevu magnetizačního transferu, což je metoda užívající tkáňově-specifické supresní techniky k získání tkáňového kontrastu různých částí těla a mozku. Tato technika se nejčastěji používá k zobrazení intrakraniálních tepen. (Seidl, 2007, s. 302) **PC (phase contrast) angiography** je závislá na rychlosti toku a zobrazuje pohyb saturovaných spinů. Hodnotíme tok a jeho směr. PC je schopen odlišit subakutní trombus od toku (Heřman, 2014, s. 253) Při typu **ceMRA (contrast enhanced)** je potřebná periferní nitrožilní aplikace malého množství kontrastní látky. Je založena na 3D GRE (gradient echo) sekvenci s velmi krátkými časy TE (time to echo) a TR (time to repeat). Tím docílíme velmi krátkých akvizičních časů, které zobrazí bolus kontrastní látky při průchodu oblastí zájmu. Pro úspěšné zobrazení vaskulárního řečiště je důležité načasování mezi aplikací kontrastní látky a začátkem akvizice. (Seidl, 2007, s. 302–303) Používá se zejména při zobrazování tepen aortálního oblouku. (Charvát a kol., 2006, s. 35)

3.3.2 Indikace MR angiografie mozkových tepen

MRA se používá k zobrazení mozkových cév bez podání kontrastní látky, je přesnější než CT mozku a nezatěžuje lidský organismus. Je to ideální zobrazovací metoda v diagnostice roztroušené mozkomíšní sklerózy a drobných cévních malformací. (Vomáčka a kol., 2015, s. 57)

3.3.3 Příprava pacienta před MR angiografií

Speciální příprava pacienta před tímto vyšetřením není nutná, standardní je 2 až 3 hodiny před vyšetřením nejíst, nepít, nekouřit, ale lze ho provést i pokud není pacient na lačno. U žen je doporučeno odlíčit oční stíny a make-up. Radiologický asistent před vyšetřením vyplní s pacientem informovaný souhlas a poučí ho o průběhu vyšetření, případně zodpoví dotazy.

Poté si pacient v kabině odloží do spodního prádla a převlékne se do připraveného pláště. Důležité je, aby sundal všechny kovové předměty narušující obraz, jako jsou náušnice, řetízky, piercing atd. Pokud má pacient fixní rovnátka na zubech, je to nutné konzultovat s ošetřujícím lékařem, neboť by mohlo dojít k poškození zubní skloviny. Kovové zubní výplně vyšetření nijak nebrání, ale mohou způsobit deformace obrazu v oblasti obličeje nebo mozku. Poté je zaveden do vyšetřovny, kde mu radiologický asistent v případě potřeby zavede kanylu do žíly horní končetiny. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava a Olomouc)

3.3.4 Průběh vyšetření MR angiografie tepen zásobujících mozek

Pacienta uložíme na lehátko v poloze na záda, tak aby se mu leželo pohodlně a vydržel v této poloze po celou dobu vyšetření, která se pohybuje od 15 do 30 minut. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava) Vyšetření je provázeno hlukem v rozmezí 65–95 dB kvůli pohybu gradientních cívek, proto pacient dostane tlumící sluchátka a do ruky signální zařízení, kterým přivolá radiologického asistenta v případě jakéhokoliv problému. (Nekula, Chmelová, 2007, s. 35) Pacient je po celou dobu monitorován pomocí kamery a mikrofону, které umožňují nepřetržitý kontakt se zdravotnickým personálem. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava) Radiologický asistent přiloží k vyšetřované oblasti povrchovou cívku, která slouží jako přijímací cívka. U vyšetření tepen Willisova okruhu využijeme hlavovou multikanální cívku, ale pokud je potřeba zobrazit i vertebrální a karotické tepny, musíme použít hlavovou, krční i břišní cívku. (Žižka, Tintěra, Mechl a kol., 2015, s. 122) Poté pomocí zaměřovacích laserů nastaví oblast vyšetření a zajede se stolem do tunelu. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava)

Na nativním zobrazení mozku je proudící krev asignální, ale pomocí MRA lze cévní řečiště zobrazit. Zobrazení mozkových tepen lze provést bez podání kontrastní látky, zatímco u ostatních částí cévního systému se musí kontrastní látka naaplikovat. Využíváme k tomu speciální techniky, které potlačí magnetické pole statických tkání a výrazní signál tekoucí krve. (Vomáčka a kol., 2015, s. 54)

Radiologický asistent nastaví na ovládací konzole ID pacienta a vybere protokol vyšetření, poté zahájí vyšetření. Nejprve zhotoví lokalizér, což je prvotní sken, na kterém nastaví vyšetřovanou oblast a zvolí si jednotlivé sekvence. (Vomáčka a kol., 2015, s. 54) V transversální rovině provedeme tyto sekvence – T2 vážený obraz, FLAIR, TOF 3D MRA a v rovině sagitální provedeme T1 vážený obraz. (Žižka, Tintěra, Mechl a kol., 2014, s. 27)

Na T2 vážených obrazech se zobrazí počínající léze s větším obsahem vody, signál tuku je u této sekvence potlačen a jeví se izosignální. Proudící krev je asignální. FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery) sekvence slouží k potlačení vody. Na těchto sekvencích je likvor i ostatní tekutiny asignální nebo hyposignální, ale patologická ložiska se zobrazí hypersignální. (Vomáčka a kol., 2015, s. 49, 52) TOF 3D MRA je metoda založena na zachování podélné magnetizace neexcitovaných spinů přitékajících do měřené vrstvy. Krátkým TR a gradientním echem s malým vychylovacím úhlem docílíme toho, že přitékající erythrocyty budou vysílat zesílený signál. 3D TOF používáme pro rychlé toky v arteriích. (Nekula, Chmelová, 2007, s. 28) MRA sekvenci je vhodné sklopit podle báze lebni, docílíme tím pokrytí největšího anatomického rozsahu s daným množstvím vrstev. (Žižka, Tintěra, Mechl a kol., 2014, s. 26) T1 vážené obrazy se obecně používají k přesnému anatomickému zobrazení a signál vody je na nich nízký, zatímco tuk je hyperintenzní. (Vomáčka a kol., 2015, s. 49)

U karotického a vertebrálního řečiště je vhodné udělat sekvence po aplikaci kontrastní látky. Nejprve provedeme nativní 3D TOF MRA v úrovni bifurkace arteria carotis communis (oblast minimálně C3–C6) v transverzální rovině, protože v této oblasti se nejčastěji vyskytují aterosklerotické změny. Kontrastní MRA v koronární rovině pokryje oblast od aortálního oblouku po Willisův okruh (tj. minimálně po dolní okraj kalózního tělesa). Před spuštěním kontrastní MRA je nutno provést sekvenci nativně, abychom získali masku pro subtrakci. Pro omezení pohybových artefaktů, provedeme tuto sekvenci v nádechu. Mozková cirkulace se vyznačuje velmi krátkým cirkulačním časem, proto je nutné správné načasování akvizice dat, kterou zajistíme pomocí MR skiaskopie. Gadoliniovou kontrastní látku aplikujeme nejlépe do pravé kubitální žíly pomocí automatického injektoru rychlostí 2 – 2,5 ml/s. Sekvenci spouštíme, jakmile se naplní krční úseky karotid. (Žižka, Tintěra, Mechl a kol., 2015, s. 122-123)

Nedílnou součástí vyšetření je provedení 3D a MIP rekonstrukcí. MIP sekvence doplňujeme ve více průmětech, je-li přítomen patologický nález, je možno doplnit cílenou MIP rekonstrukci, či VRT rekonstrukce. (Žižka, Tintěra, Mechl a kol., 2014, s. 26) U karotid je nutno udělat MIP rekonstrukci ve 180° rotaci okolo svislé osy pro pravou a levou karotidu zvlášť. (Žižka, Tintěra, Mechl a kol., 2015, s. 123) Hotové obrazy se následně odesílají do systému PACS.

Po ukončení vyšetření se pacient oblékne a odchází. Pokud byla podána kontrastní látka, je nutno, aby počkal 30 minut v čekárně, z důvodu vzniku případných nežádoucích účinků na kontrastní látku. Je doporučen zvýšený příjem tekutin, aby se kontrastní látka rychleji vyplavila z těla. (zdroj – radiodiagnostické oddělení FN Ostrava)

3.3.5 Kontraindikace MR angiografie

Kontraindikace rozdělujeme na absolutní a relativní. Mezi absolutní patří tyto kontraindikace – **kardiostimulátor, elektronicky řízené implantáty, cévní svorky z feromagnetického nebo neznámého materiálu, kovová tělesa v oku, kochleární implantáty** atd. Většina nových implantátů je vyrobena z diamagnetického materiálu, který je přizpůsoben MR vyšetření. Pravděpodobnost jejich zahřátí nebo pohybu je minimální, bývají spíše zdrojem artefaktů v místě vyšetření. Šest týdnů po umístění implantátu, lze vyšetření provést, v nejasných případech je doporučeno vyšetřovat až 3 měsíce po operaci. (Nekula, Chmelová, 2007, s. 35) Nyní lze už provádět vyšetření u pacientů s kardiostimulátorem, protože nejnovější typy jsou kompatibilní s MR vyšetřováním, ale musí být v průběhu vyšetření přítomen specializovaný kardiolog. (Vomáčka a kol., 2015, s. 56) Pokud nelze s jistotou určit z jakého materiálu je implantát zhotoven, je lepší vyšetření neprovést než způsobit trvalé poškození citlivých struktur.

Mezi relativní kontraindikace patří **kovová cizí tělesa, klaustrofobie, první trimestr gravidity, TEP, stenty, kava-filtry, svorky do 6 týdnu po implantaci**. Tyto kontraindikace jsou nejčastějším tématem diskuze mezi lékařem a radiologickým asistentem, kvůli možnosti rizika poškození pacientova zdraví. Jak již bylo zmíněno, je vhodné provést vyšetření 2 až 3 měsíce po implantaci, kdy je fyziologická fixace implantátu nepochybná. (Nekula, Chmelová, 2007, s. 36) Strach z uzavřených prostorů je překážkou vyšetření zhruba u 5 % pacientů, v daných případech je možné provést vyšetření v analgosedaci nebo celkové anestezii. U těhotných žen v prvním trimestru provádíme vyšetření pouze při ohrožení života matky, přestože nebyl prokázán žádný vliv na vývoj lidského embrya. V dalším průběhu těhotenství je naopak MR vyšetření součástí prenatální diagnostiky. (Vomáčka a kol., 2015, s. 56)

4. INVAZIVNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY TEPEN ZÁSOBUJÍCÍCH MOZEK

Mezi invazivní metody cévního řečiště mozkových tepen řadíme digitální substrakční angiografii, kterou lze rozdělit na arteriografii – zobrazení tepen, a flebografii – zobrazení žil. K zobrazení je nutná manipulace v cévním řečišti. (Heřman, 2014, s. 248)

4.1 Digitální substrakční angiografie

Digitální substrakční angiografie je moderní technika zobrazení arteriálního řečiště. (Heřman a kol., 2014, s. 248) Během vyšetření získáme subtrahované angiogramy – elektronické odstranění překrývajících se struktur při angiografii. (Charvát a kol., 2006, s. 37) Princip této metody spočívá v tom, že před aplikací kontrastní látky je do paměti počítače uložen nativní obraz, který je poté použit k subtrakci (odečtení) od všech snímků pořízených po aplikaci kontrastní látky. (Vomáčka a kol., 2015, s. 62) Digitálním odečtením masky od obrazu s kontrastní látkou zmizí struktury, které se nezměnily (např. skelet) a zůstávají struktury, které se liší, v našem případě mozkové tepny naplněné kontrastní látkou. (Seidl a kol., 2012, s. 38) Celkové množství podání kontrastní látky je menší a pacient je zatížen nižší dávkou záření, než je tomu u CT angiografie. (Charvát a kol., 2006, s. 37)

Angiografická vyšetření jsou prováděna na specializovaných pracovištích intervenční radiologie, které jsou vybaveny pohyblivým C-ramenem (rentgenka uložena naproti detektorům) a pojízdným stolem. Díky tomuto angiografickému kompletu, lze skiaskopicky kontrolovat zavádění instrumentária (katétrů, vodiče, apod.), ale také snímkovat. (Heřman a kol., 2014, s. 16)

Intraarteriální DSA je standardní angiografické vyšetření, při kterém se provádí nástřik kontrastní látky.

Dynamická DSA je založena na principu otáčení lampy v průběhu nástřiku kontrastní látky o zvolený úhel, čímž docílíme toho, že zachytíme tepny z různých úhlů pohledu. Daný druh vyšetření je významný v diagnostice drobných aneuryzmat.

Intervenční angiografie je angiografické vyšetření s miniinvazivními terapeutickými výkony na tepenném či žilním systému. (Charvát a kol., 2006, s. 37)

4.1.1 Indikace k digitální subtrakční angiografii

Digitální subtrakční angiografie je většinou prováděna před endovaskulárním výkonem a je jeho nedílnou součástí. (Heřman a kol., 2014, s. 249) Hlavními indikacemi jsou aneuryzmata, stenózy nebo uzávěry velkých cév, nádory (zejména cévnaté), zjišťování zdroje mozkového krvácení (zobrazují se všechny magistrální tepny). (Charvát a kol., 2006, s. 37) Angiografie mozkových cév slouží jako konečná vyšetřovací metoda při průkazu mozkové smrti. (Kaňovský a kol., 2007, s. 199)

4.1.2 Příprava pacienta před digitální subtrakční angiografií

Kvůli punkci arteriálního systému, jsou zapotřebí normální koagulační poměry, proto provedeme vyšetření krve na protrombinový čas (INR), aktivovaný parciální tromboplastinový čas (APTT) a počet krevních destiček. (Heřman a kol., 2014, s. 248) Také je potřeba zjistit hladinu kreatininu a urey, kvůli kontrole správné funkce ledvin. (Vomáčka a kol., 2015, s. 61) Pacient musí být na lačno (4 hodiny před vyšetřením nejíst!) a dostatečně hydratovaný (per os nebo intravenózně), ale čtyři hodiny před vyšetřením omezí příjem na malé množství (např. 100ml/hodinu). (Heřman a kol., 2014, s. 248)

Důležitá je alergologická anamnéza, kvůli premedikaci kortikosteroidy. Těmi premedikujeme pacienty, kteří se léčí s polyvalentní alergií nebo s astma bronchiale, nebo měli předchozí reakci na konkrétní jodovou kontrastní látku. (Vomáčka a kol., 2015, s. 61) U pacientů s předchozí reakcí na KL je potřeba, aby byl u vyšetření přítomen anesteziolog. Zvláštní pozornost věnujeme pacientům s diabetes mellitus I. typu. U nich plánujeme výkon nejlépe na dopoledne. (Heřman a kol., 2014, s. 248)

4.1.3 Průběh vyšetření

Na začátku vyšetření je potřeba nemocnému průběh vyšetření řádně vysvětlit. Pacient by měl znát komplikace a rizika, které mohou během výkonu nastat, a měl by znát jiné možnosti alternativního způsobu léčby. Pacienta informuje povětšinou radiologický asistent, nebo zdravotní sestra, avšak nejlepší je, pokud je pacient informován samotným lékařem. Důležité je, aby pacient před vyšetřením podepsal informovaný souhlas, pokud se rozhodne odmítnout léčebný výkon, musí podepsat negativní reverz. Vždy je třeba uvést datum, čas a podpisy (lékař, pacient). Pokud se pacient rozhodne odmítnout, je třeba u negativního reverzu uvést podpis, jak lékaře a pacienta, tak svědka (zdravotnický personál, příbuzní, ...). (Vomáčka a kol., 2015, s. 61)

Pacienta uložíme na vyšetřovací lůžko do polohy na záda a zajedeme pod C-rameno angiografického přístroje. Přikryjeme pacienta ochranným prostěradlem s otvorem v místě zájmu. (zdroj – oddělení intervenční radiologie FNOL) Vyšetření aortálního oblouku a mozkových tepen se nejčastěji provádí Seldingerovou technikou z femorální arterie, popřípadě z arterie brachialis, radialis či axillaris. (Heřman a kol., 2014, s. 249)

Místo vpichu se řádně vydezinfikuje a lékař aplikuje 20ml lokálního anestetika. Poté provede řez skalpelem v oblasti tříselné rýhy. Polohu tepny zjistí pohmatem a Seldingerovou jehlou punktuje tepnu. Jestli je v tepně zjistí tak, že z tepny začne pulzně vytékat krev. Přes jehlu zavede do tepny vodič a jehlu vytáhne, zatímco vodič je ponechán v tepně. Po vodiči zavede katétr nebo sheat, vodič vytáhne a provede proplach. Tímto zajistí bezpečný přístup do cévního řečiště. (Vomáčka a kol., 2015, s. 58)

Po zajištění přístupu pokračujeme nástřikem kontrastní látky do aortálního oblouku nebo do konkrétních mozkových tepen k zobrazení tepenného zásobení mozku. Při vyšetření povodí jednotlivých mozkových tepen se využívá selektivní, respektive superselektivní katetrizace. K vyšetření a. carotis communis dextra jdeme cestou truncus brachiocephalicus a k vyšetření a. carotis communis sinistra a obou aa. vertebrales použijeme cestu skrz podklíčkové tepny. (Heřman a kol., 2014, s. 249)

U karotické angiografie sledujeme průběh karotických tepen v krčním úseku v předozadní projekci. U bočné projekce pozorujeme rozdělení a. carotis communis na a. carotis interna a její větve pro mozek a oči. Popřípadě můžeme sledovat náplň a. communicans posterior i a. cerebri posterior. U vertebrální angiografie popisujeme průběh vertebrální tepny, její větve zásobující mozeček, bazilární tepnu a větvení zadních mozkových tepen. U všech těchto selektivních angiografií hodnotíme arteriální, kapilární i žilní fázi. (Kaňovský a kol., 2007, s. 199-200)

Po ukončení lékař vyjme katétr nebo sheat a sdělí pacientovi výsledek výkonu a pacient je předán na lůžkové oddělení. Pokud byla provedena punkce femorální arterie, je nutný 12-24 hodinový klid na lůžku s pečlivou kompresí v místě vpichu. Důležité je i sledování pulzu v místě vpichu a monitorace krevního tlaku. Lékař určí harmonogram kontrol následujících po výkonu a nutnou medikaci pacienta. (Vomáčka a kol., 2015, s. 61)

Závěr

V této přehledové bakalářské práci jsem se zabývala vyšetřovacími metodami zobrazující onemocnění tepen zásobujících mozek. Cíle mé bakalářské práce byly splněny. Popsala jsem anatomii a fyziologii tepen zásobujících mozek, ale také onemocnění, které tyto tepny postihují. Dále jsem uvedla zobrazovací metody využívané v diagnostice onemocnění tepen zásobujících mozek. Existuje několik vyšetřovacích postupů v diagnostice tepen, kdy každá má své výhody a nevýhody.

Nejdostupnějším vyšetřením je dopplerovská ultrasonografie, které se zejména využívá na zobrazení karotid a vertebrálních tepen. Transkraniální dopplerovská ultrasonografie se využívá k zobrazení stenóz extrakraniálních a intrakraniálních tepen. Nejoptimálnější metodou zobrazování mozkových tepen je CT angiografie. Důvodem je široká dostupnost CT vyšetření, rychlost akvizice dat, dobrá rozlišovací schopnost a také možnost 3D rekonstrukce vyšetřované oblasti. Avšak i tato metoda má své nevýhody, mezi které patří radiační zátěž pacienta a nutnost aplikace kontrastní látky. Ale výhody stále převažují, a proto je tato metoda tzv. zlatým standardem při zobrazení tepen zásobujících mozek. MR angiografie se dostává v posledních letech do popředí, její výhodou je možnost provést vyšetření bez podání kontrastní látky. Digitální subtrakční angiografie se již pro diagnostické výkony skoro nepoužívá, kvůli její invazivitě a je většinou prováděna před terapeutickým výkonem.

Každá z těchto zobrazovacích modalit má své uplatnění při určitých situacích a indikacích.

Referenční seznam

- AMBLER, Z., BAUER, J. Cévní onemocnění mozku: vaskulární malformace. Medicabaze.cz [online]. 2007 [cit. 22.03.2017]. Dostupné z: http://www.medicabaze.cz/index.php?sec=term_detail&categId=22&letter=C&termId=3368&tname=C%C3%A9vn%C3%AD%20onemocn%C4%9Bn%C3%AD%20mozku%20%20vaskul%C3%A1rn%C3%AD%20malformace
- Aneurysma a disekce. Vitalion [online]. 2008 [cit. 23.03.2017]. Dostupné z: <http://nemoci.vitalion.cz/aneurysma-a-disekce/>
- Arteriovenózní malformace, Spektrum Zdraví [online], 2015, [cit. 22.03.2017]. Dostupné z: <http://www.spektrumzdravi.cz/academy/arteriovenozni-malformace-2>
- ČIHÁK, R. Anatomie 3. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2004, 692 s. ISBN 978-80-247-1132-4
- DUFEK, M. Ateroskleróza v neurologii. Interní medicína – mezioborové přehledy. 2003, 5(5), s. 16-21. ISSN 1212-7299.
- CHARVÁT, F., MARKALOUS, B., a kolektiv. Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika: CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie. Praha: Triton, c2006, 658 s. ISBN 80-7254-904-9.
- CHOLT, M., Sonografie velkých krčních cév. Grada Publishing, a. s., 2009, 120 s. ISBN 978-80-247-2664-9
- FADRUS, P., LAKOMÝ, R., a kolektiv. Intrakraniální nádory: diagnostika a terapie. Interní medicína pro praxi. 2010, 12(7-8), 376-381. ISSN 1212-7299.
- FERDA, J. CT angiografie. Praha: Galén, 2004, 408 s. ISBN 80-7262-281-1
- HEŘMAN, M. Základy radiologie. Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 314 s. ISBN 978-80-244-2901-4
- KALINA, M. Příčiny, klinický obraz a diferenciální diagnostika spontánního intracerebrálního krvácení. Neurologie pro praxi. 2011, 12(2), s. 80-83. ISSN 1213-1814

- KAŇOVSKÝ, P., HERZIG, R., a kolektiv. Obecná neurologie. Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 242 s. ISBN 978-80-244-1663-2
- NAŇKA, O., ELIŠKOVÁ, M. Přehled anatomie. Druhé, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2009, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0
- NEKULA J., CHMELOVÁ J. Základy zobrazování magnetickou rezonancí. Ostravská univerzita v Ostravě, 2007, 68 s. ISBN 978-80-7368-335-1
- NOVOTNÝ, J., Přínos postprocesingových metod vycházejících ze spirálního CT k diagnostice a léčbě cévního systému. Olomouc, 2008, 144 s. ISBN 978-80-244-1930-5
- REIF, M., GOLDEMUND, D., MIKULÍK, R. Nejdůležitější metody v diagnostice akutní cévní mozkové příhody. Kardiologická revue, 2013, 15(1), s. 11-25. ISSN 1212-4540
- SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M., Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře. Grada Publishing, a. s., 2007, 320 s. + 4 s. barevné přílohy. ISBN 978-80-247-1106-5
- SEIDL, Z., a kolektiv. Radiologie pro studium i praxi. Grada Publishing, a. s., 2012, 368 s. + 4 s. barevné přílohy. ISBN 978-80-247-4108-6
- SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M. Diagnostická radiologie: Neuroradiologie. Grada Publishing, a. s., 2014, 528 s. ISBN 978-80-247-4546-6
- ŠKODA, O., MIKULÍK, R., ŠKOLOUDÍK, D. Transkraniální dopplerovská sonografie – národní standard vyšetření v rámci funkční specializace v neurosonologii. In: Transkraniální dopplerovská sonografie - Česká neurologická společnost [online]. 2006 [cit. 22.03.2017]. Dostupné z: <http://www.czech-neuro.cz/clanek/129-Transkraniálnidopplerovska-sonografie/index.htm>
- ŠTEFÁNEK, J. Hemangiom. Medicína, nemoci, studium na 1.LF UK [online]. 2011 [cit. 24.03.2017]. Dostupné z: <http://www.stefajir.cz/?q=hemangiom>
- VANĚČKOVÁ, M., SEIDL, Z. Zobrazovací metody, nové možnosti a poznatky: expanzivní léze, záněty, úrazy, degenerativní změny mozku, míchy a páteře (část 2.). Interní medicína pro praxi. 2004, 6(11), s. 535-541. ISSN 1212-7299.

VOLNÝ, O., POKORNÁ, H., MIKULÍK, R., a kol. Průvodce cévní mozkovou příhodou pro pacienta a rodinu. Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, 2016, 61 s. ISBN 978-80-906616-0-8

VOMÁČKA, J., a kolektiv. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, 157 s. ISBN 978-80-244-4508-3

VYŠÍNOVÁ, R. Arteriovenózní malformace: časovaná bomba. Ordinace.cz [online]. 2012 [cit. 22.03.2017]. Dostupné z: <http://www.ordinace.cz/clanek/arteriovenozni-malformace-casovana-bomba/?chapter=0>

ZUNA, I., POUŠEK, L. Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice. Vydavatelství ČVUT, 2000, 76 s. ISBN 80-01-02152-1

ŽIŽKA J., TINTĚRA J., MECHL M., a kolektiv. Protokoly MR zobrazování. Praha Galén, 2014, 103 s. ISBN 978-80-7492-109-4

ŽIŽKA J., TINTĚRA J., MECHL M., a kolektiv. Protokoly MR zobrazování pokročilé techniky. Praha Galén, 2015, 163 s. ISBN 978-80-7492-179-7

Seznam zkratek

2D	dvojměrný
3D	trojměrný
a.	arterie
aa.	arteries
APTT	aktivovaný parciální tromboplastinový čas
BH/HV	zadržetí dechu s následnou hyperventilací po dobu 30 s
CMP	cevní mozková příhoda
CT	výpočetní tomografie (computer tomography)
CTA	angiografie pomocí výpočetní tomografie
ceMRA	contras enhanced MRA
DSA	digitální subtrakční angiografie
dx.	dextra
EDV	end diastolic velocity
FLAIR	fluid attenuated inversion recovery
G	gage
hod	hodina
HU	Hounsfieldovy jednotky
ID	zkratka pro identifikaci
INR	protrombinový čas
kHz	kiloHerz
KL	kontrastní látka
MDCT	multidetektorová výpočetní tomografie

MHz	megaHerz
MIP	maximum intensity projection
ml	mililitr
mm	milimetr
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	magnetická rezonance
MRA	angiografie pomocí magnetické rezonance
PACS	picture archiving communication system
PC	phase contrast
PSV	peak systolic velocity
RTG	rentgenové
s	sekunda
sin.	sinistra
TCD	transkraniální doppler
TE	time to echo
TEP	totální endoprotéza
TOF	time of flight
TR	time to repeat
v.	vena
VRT	volume rendering technique

Seznam tabulek

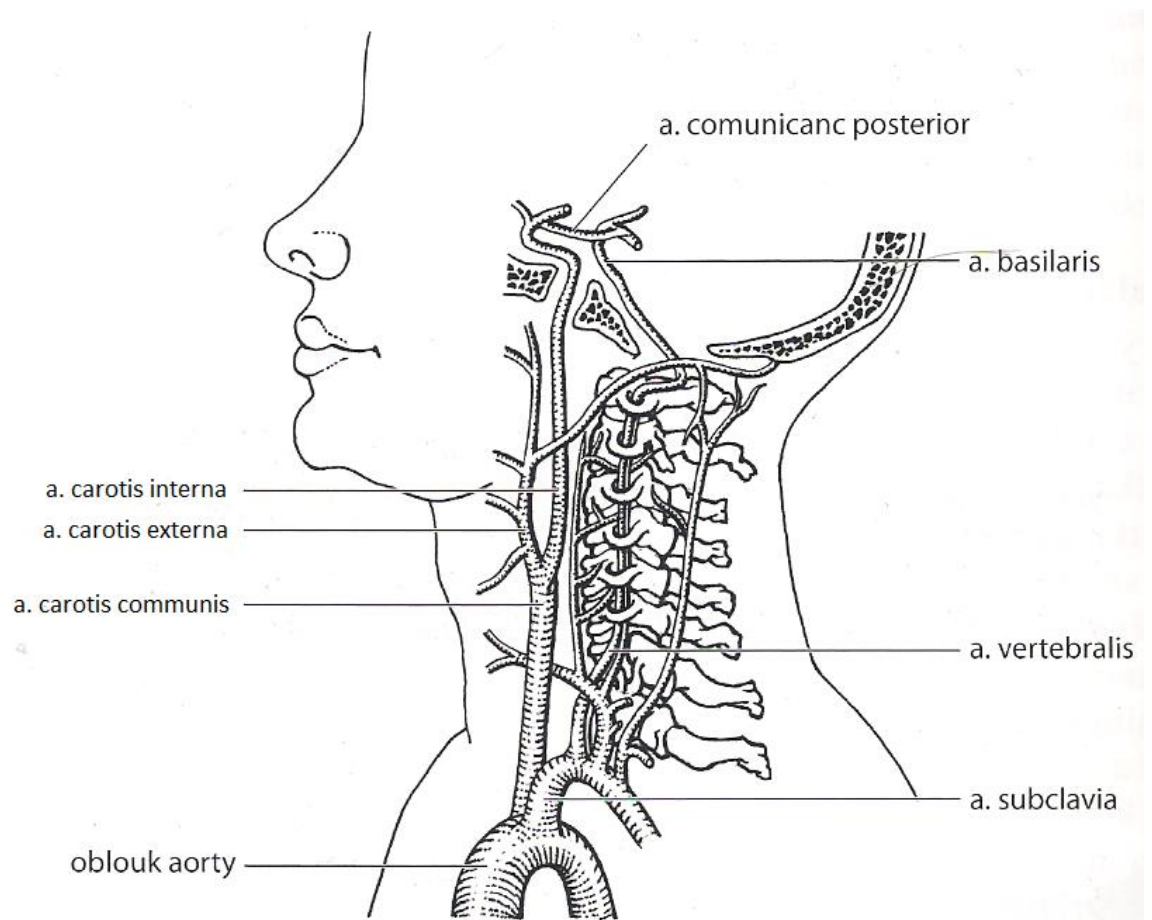
Tabulka 1 - Density některých tkání	21
Tabulka 2 - Základní prohlížečí okna u CT vyšetření	21

Seznam příloh

Obrázek 1 - Schéma tepen zásobujících mozek	41
Obrázek 2- Circulus arteriosus cerebri	42
Obrázek 3 - Ultrasonografie	43
Obrázek 4 - Topogram u CTA.....	43
Obrázek 5 - CTA mozkových tepen	44
Obrázek 6 - CTA tepen zásobujících mozek.....	45
Obrázek 7 - MRA mozkových tepen.....	46
Obrázek 8 - MRA tepen zásobujících mozek.....	47
Obrázek 9 - Digitální subtrakční angiografie	48

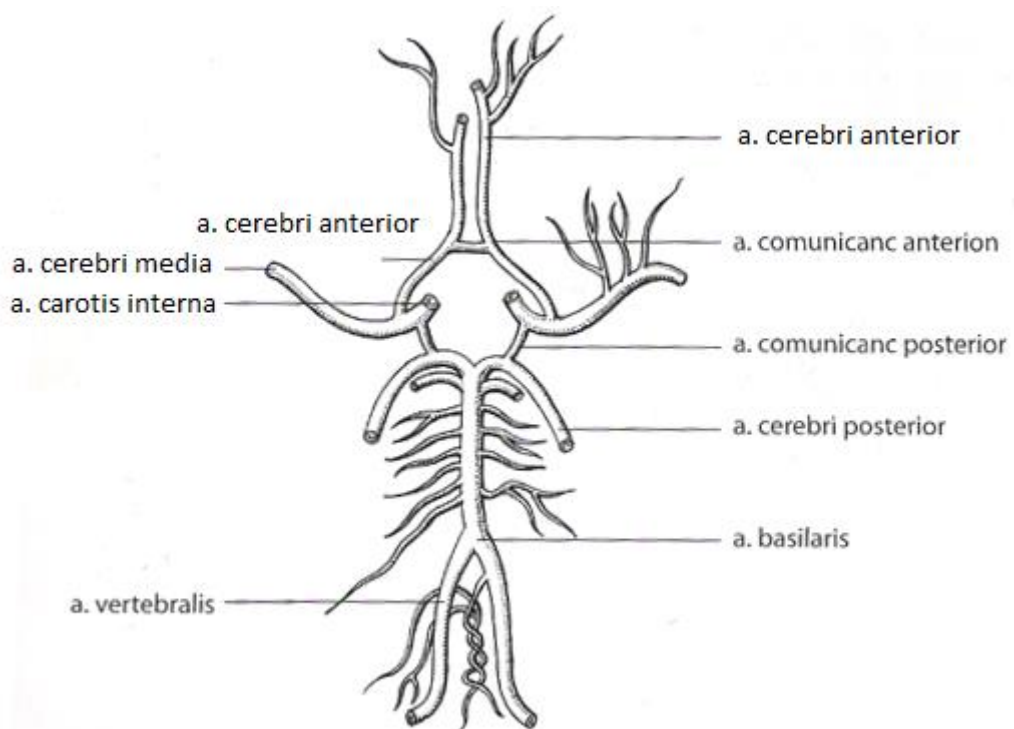
Přílohy

Obrázek 1 - Schéma tepen zásobujících mozek



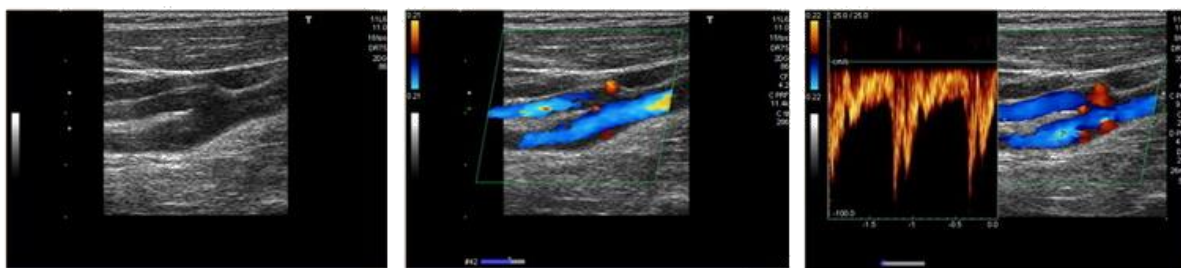
(Zdroj – Seidl a kol., 2012, s. 270)

Obrázek 2- Circulus arteriosus cerebri

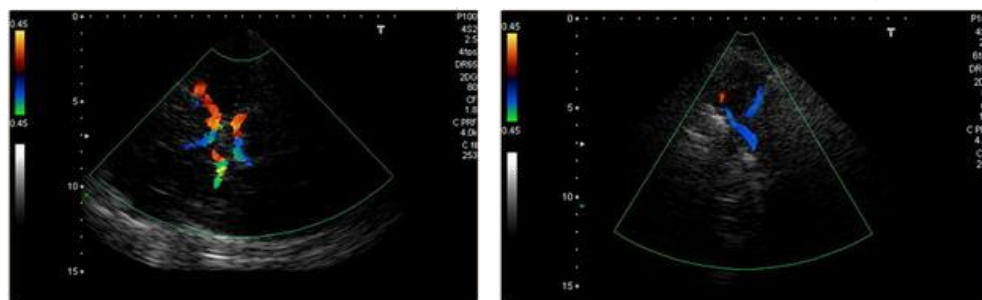


(Zdroj – Seidl a kol., 2012, s. 271)

Obrázek 3 - Ultrasonografie



Ultrazvuk krčních tepen (zleva B mod, barevně kódované zobrazení a doppler)



TCCD vyšetření mozkových tepen

(Zdroj - <http://www.cmp-brno.cz/Ultrazvukove-vysetreni.html>)

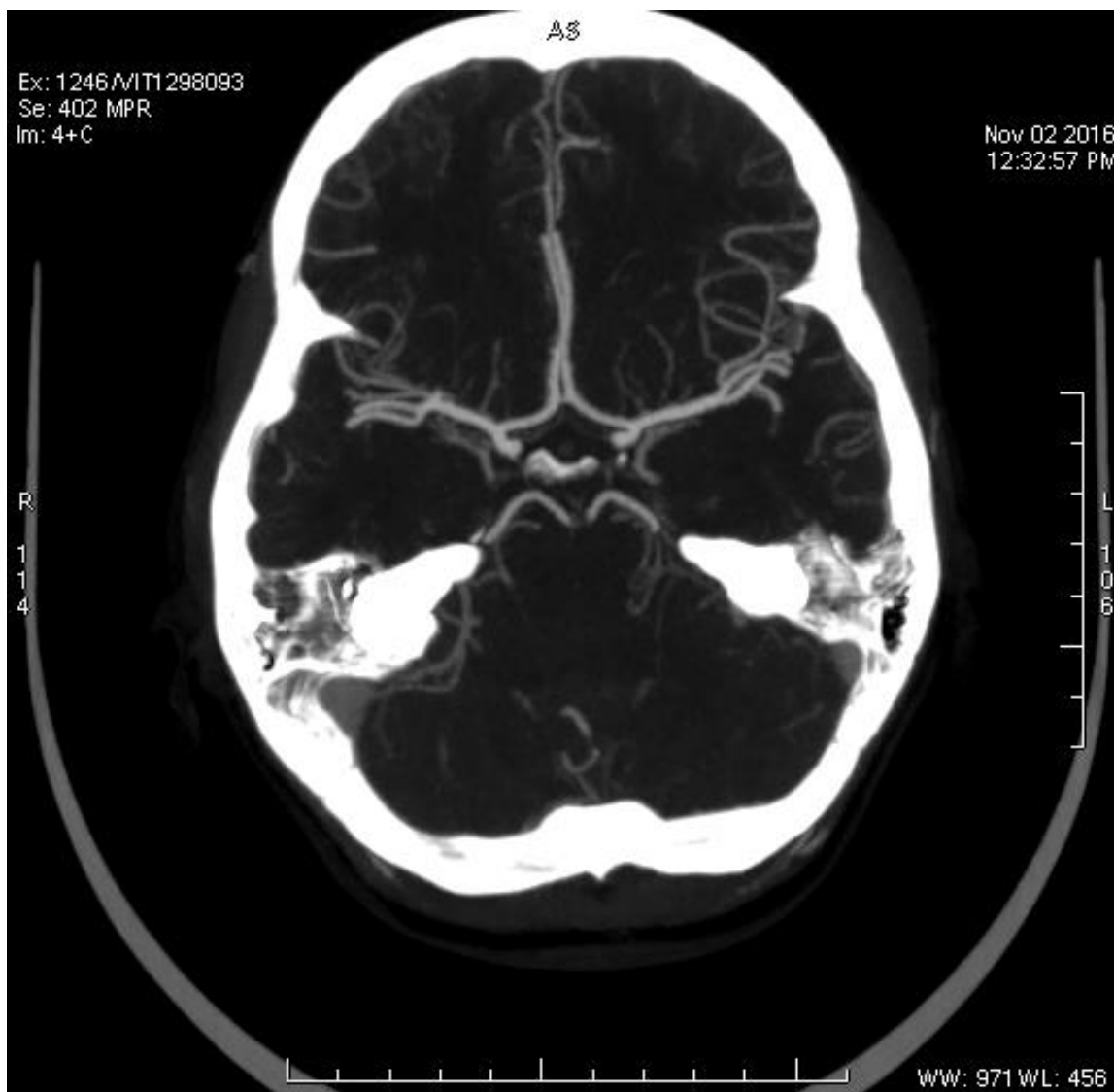
Obrázek 4 - Topogram u CTA



Před zahájením vyšetření udělá radiologický asistent topogram v předozadní a bočné projekci, kvůli vymezení vyšetřované oblasti.

(Zdroj – Vítkovická nemocnice)

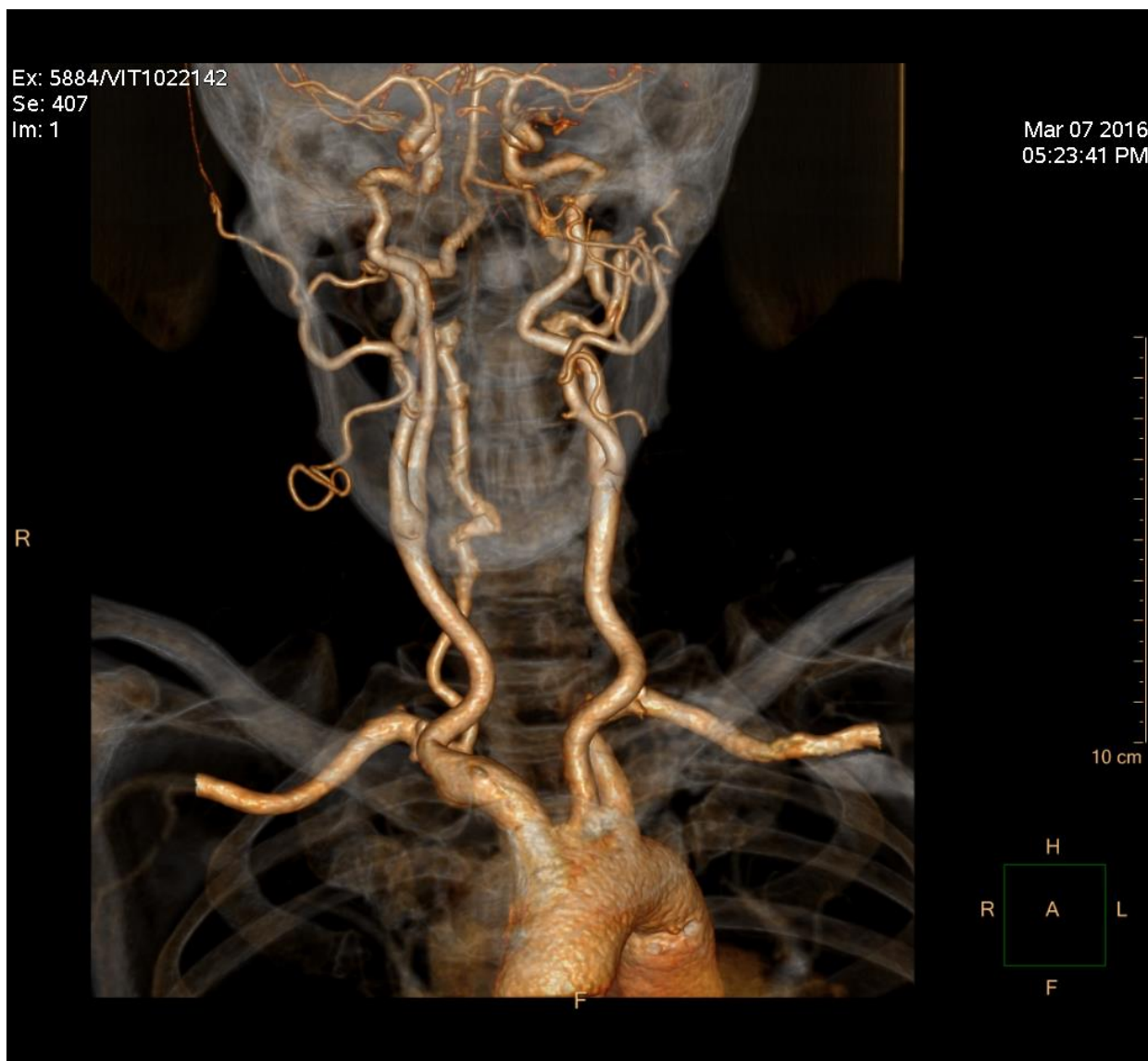
Obrázek 5 - CTA mozkových tepen



Maximum intensity projection (MIP) rekonstrukce mozkových tepen v transverzální rovině.

(Zdroj – Vítkovická nemocnice)

Obrázek 6 - CTA tepen zásobujících mozek



Volume rendering technique (VRT) rekonstrukce tepen zásobujících mozek.

(Zdroj – Vítkovická nemocnice)

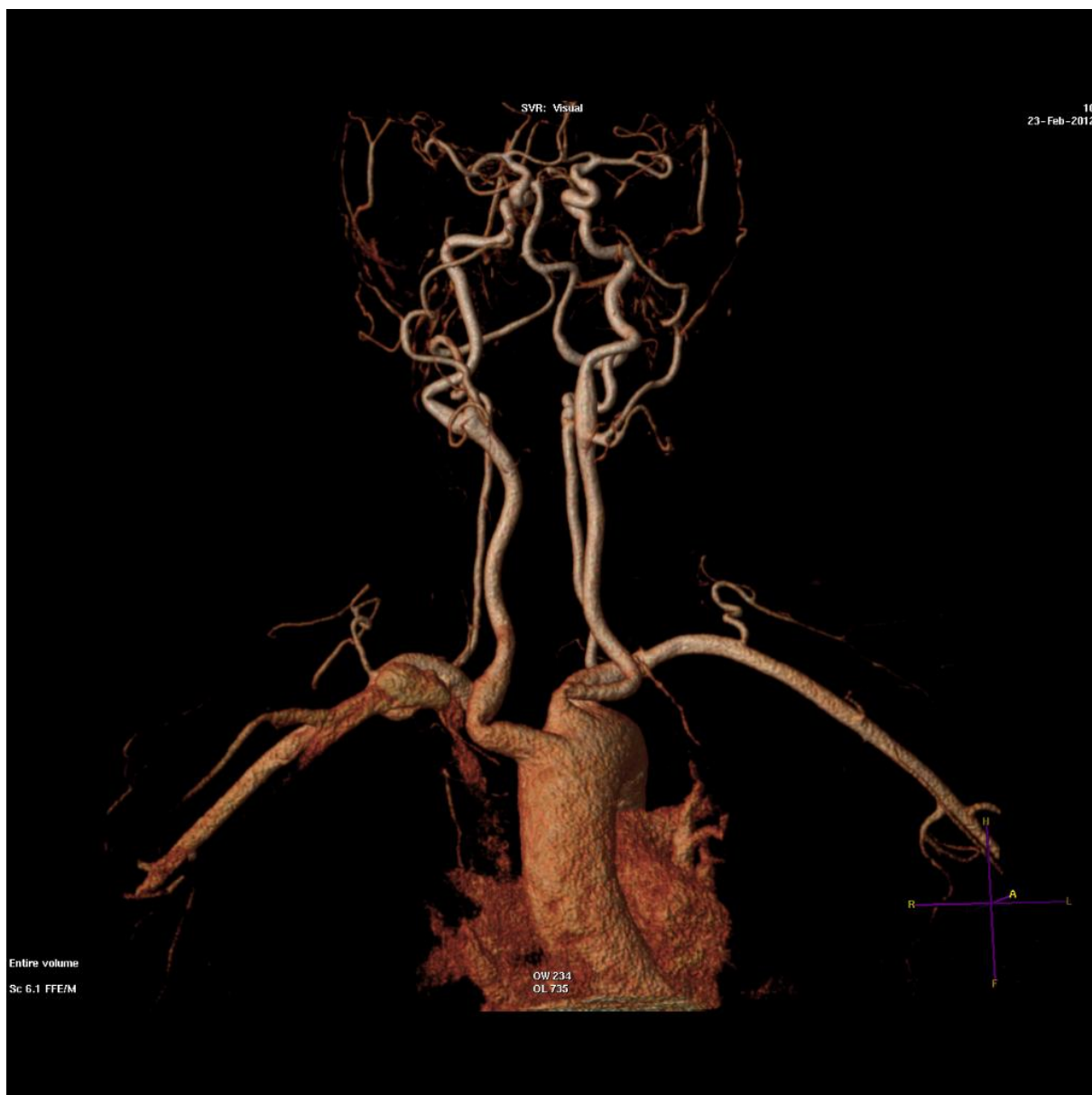
Obrázek 7 - MRA mozkových tepen



Time of flight sekvence v transversální rovině.

(Zdroj – Vítkovická nemocnice)

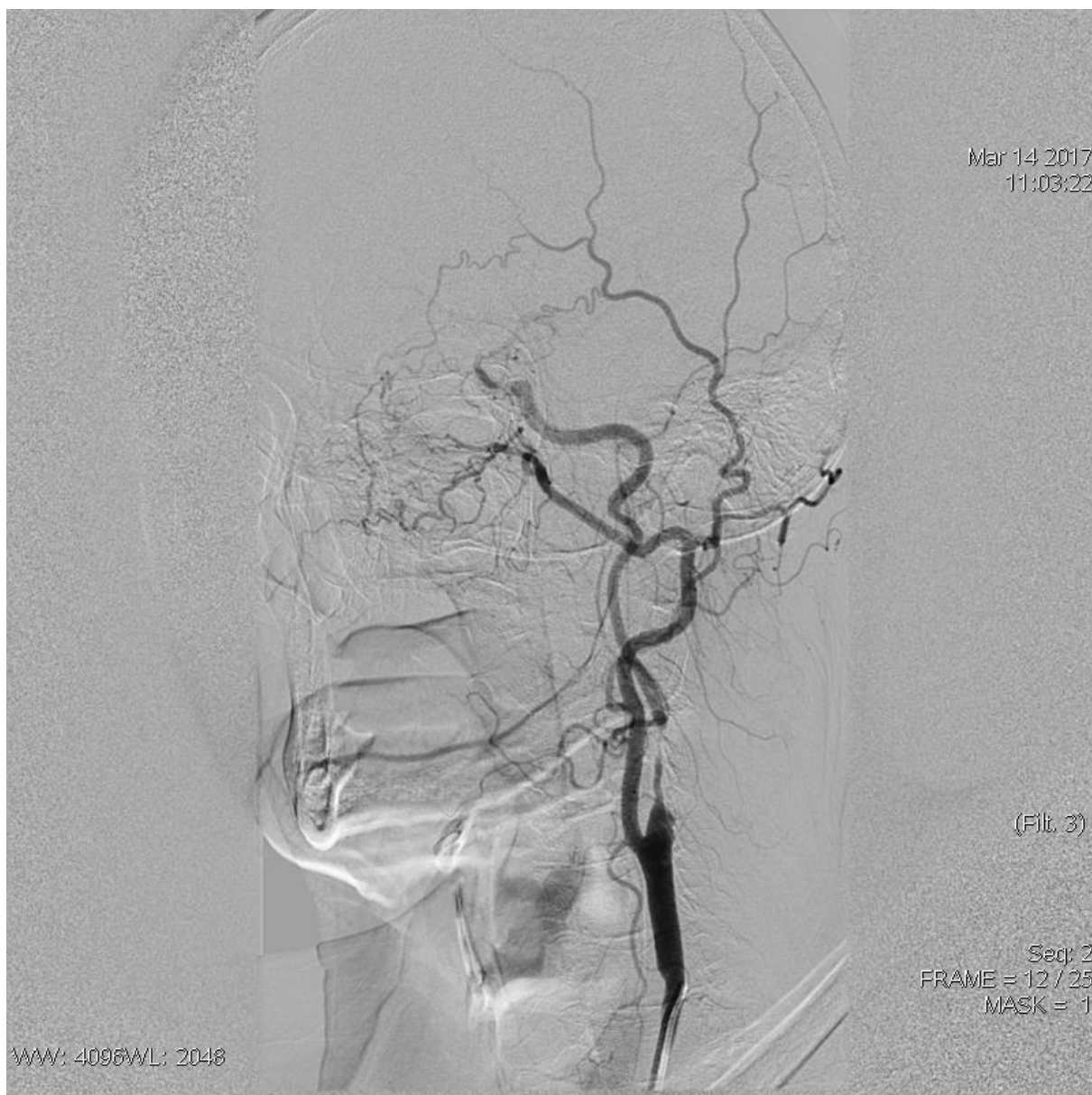
Obrázek 8 - MRA tepen zásobujících mozek



Volume rendering technique (VRT) rekonstrukce tepen zásobujících mozek, po aplikaci gadoliniové kontrastní látky.

(Zdroj – Vítkovice nemocnice)

Obrázek 9 - Digitální subtrakční angiografie



Po nástřiku jodové kontrastní látky, objevena stenóza a. carotis interna (šikmá projekce).

(Zdroj – Vítkovická nemocnice)