

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav Radiologických metod

Martina Hýlová

**ENDOVASKULÁRNÍ LÉČBA
INTRAKRANIÁLNÍCH ANEURYZMAT**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Olomouc 2014

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Název práce:** Endovaskulární léčba intrakraniálních aneuryzmat
- Název práce v AJ:** Endovascular treatment of intracranial aneurysms
- Datum zadání:** 2014-01-18
- Datum odevzdání:** 2014-04-30
- Vysoká škola:** Univerzita Palackého v Olomouci
- Fakulta:** Fakulta Zdravotnických věd
- Ústav:** Ústav Radiologických metod
- Autor práce:** Hýlová Martina
- Vedoucí práce:** MUDr. Vojtěch Prášil
- Oponent práce:** MUDr. Jiří Kozák
- Abstrakt v ČJ:** Zaměřením práce je analýza nejnovějších poznatků o metodách endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat. Je zpracována na podkladě rozboru vybraných odborných článků a publikací v českém a anglickém jazyce. Zabývá se diagnostikou intrakraniálních aneuryzmat pomocí dostupných zobrazovacích metod a předložením jednotlivých technických parametrů, dále pak popisuje jednotlivé metody endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat a organizaci péče o pacienty s touto patologií.
- Abstrakt v AJ:** The subject of this thesis is analysis of new knowledge of endovascular treatment of intracranial aneurysms. It is based on the analysis of selected specialized texts and books written in Czech and English language. It deals with the diagnosis of intracranial aneurysms by available imagining methods and it presents their technical parameters, then it describes every single method of

endovascular treatment of intracranial aneurysms and organization of health care for the patients with this vascular pathology.

Klíčová slova v ČJ: Intrakraniální aneuryzma, digitální subtrakční angiografie, 3D digitální subtrakční angiografie, angiografie výpočetní tomografií, angiografie magnetickou rezonancí, endovaskulární léčba, neuroradiologie, intervenční radiologie, spirála, bioaktivní spirála, stent, balon-asistovaná léčba, Pipeline™ Embolization Device

Klíčová slova v AJ: intracranial aneurysm, digital subtraction angiography, 3D digital subtraction angiography, computed tomography angiography, magnetic resonance angiography, endovascular treatment neuroradiology, interventional radiology, coil, bioactive coil, stent, balloon-assisted treatment, Pipeline™ Embolization Device

Rozsah: 37 stran, 2 přílohy

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou diplomovou práci vypracovala samostatně na základě uvedených bibliografických a elektronických zdrojů.

V Olomouci dne 30. dubna 2014

.....

Ráda bych poděkovala MUDr. Vojtěchu Prášilovi za jeho čas, rady, trpělivost při vedení této práce a také za zprostředkování obrazové dokumentace.

OBSAH

Úvod	7
1. Intrakraniální Aneurysmata	10
1.1. Typy Intrakraniálních aneurysmat	11
1.1.1. Subarachnoidální krvácení z intrakraniálního aneurysmatu	13
2. Diagnostika intrakraniálních aneurysmat	17
2.1. Klasická angiografie v diagnostice intrakraniálních aneurysmat.....	17
2.1.1. 3D Digitální subtrakční angiografie	19
2.2. CT angiografie v diagnostice intrakraniálních aneurysmat.....	20
2.3. MR angiografie v diagnostice intrakraniálních aneurysmat	24
3. Endovaskulární léčba intrakraniálních aneurysmat	28
3.1. Provedení endovaskulární léčby.....	29
3.2. Endovaskulární léčba coily	30
3.2.1. Typy spirál.....	31
3.3. Asistence balonkovým katetrem při endovaskulární léčbě	33
3.4. Asistence stentem při endovaskulární léčbě.....	35
3.5. Jiné metody endovaskulární léčby	38
3.5.1. Tekuté embolizační materiály	38
3.5.2. Kryté stenty	39
3.5.3. Pipeline™ Embolization Device	40
Závěr.....	41
Bibliografické citace.....	44
Seznam zkratk.....	52
Seznam tabulek.....	53
Přílohy	54

ÚVOD

Výskyt aneuryzmatu na mozkových tepnách je v dnešní populaci vcelku běžnou záležitostí, kdy se uvádí prevalence 3,2%. Nejzávažnějším problémem tepenných výdutí je jejich ruptura a následné krvácení. V případě intrakraniálních aneuryzmat se jedná o tzv. subarachnoidální krvácení, které až v 65% případů s sebou nese fatální následky a u 50% přeživších se vyskytují trvalé postižení. Riziko prasknutí vaku se pohybuje okolo 1% ročně. (Chalouhi et al., 2012, 1599s.) Nicméně toto číslo není úplně přesné, neboť pravděpodobnost, že dojde ke krvácení po ruptuře stěny aneuryzmatu, se liší případ od případu podle typu a vlastností výdutě s ohledem na celkový stav pacienta. Z tohoto důvodu je důležité pečlivě zvážit další postup léčby, jakmile je aneuryzma diagnostikováno při subarachnoidálním krvácení nebo je odhaleno náhodně při vyšetřování jiného onemocnění.

Jednou z možností vyřazení z krevního oběhu je nasazení klipu na krček aneuryzmatu při neurochirurgické operaci. Tento způsob byl dlouhou dobu jediný možný, dokud se v 90. letech minulého století do praxe nezavedla endovaskulární léčba pomocí Gugliemioho odpoutatelných spirál, která se posléze stala zlatým standardem v ošetření intrakraniálního aneuryzmatu. (Murayama et al., 2003, 959s.) Nicméně počátky užití vaskulárního přístupu v léčbě intrakraniálních aneuryzmat se datují už do 70. let 20. století, kdy v roce 1974 Serbienko popsal použití odpoutatelných balónků k embolizaci obsahu vaku. (Froehler, 2013, 1s.) Za uplynulých více než dvacet let tepenné mozkové výdutě jsou v 80-85% případů léčeny endovaskulární cestou pomocí embolizace coily. (Bagley, 2009, 13s.) Tato změna léčby se projevila na organizaci nemocniční péče, kdy pacienti nejsou léčeni na operačních sálech, ale jsou odesíláni na Radiologické oddělení, kde léčbu provádí multioborový tým, který se skládá z lékařů neurologa, intervenčního neuroradiologa a anesteziologa, zdravotních sester a v neposlední řadě radiologického asistenta, neboť celá endovaskulární léčba se odehrává pod kontrolou RTG skiaskopického přístroje. (Gast et al., 2008, 53s.)

Možnosti endovaskulární léčby aneuryzmat na intrakraniálních tepnách se neustále vyvíjejí a na podkladu této skutečnosti je zkoumaný problém této bakalářské práce specifikovaný v následující otázce: Jaké jsou dosavadní poznatky o endovaskulární léčbě intrakraniálních aneuryzmat? Takovýto způsob léčby v dnešní době zahrnuje různorodé postupy, o tom který je vhodný pro konkrétního pacienta, lze

rozhodnout pouze na základě použití správné zobrazovací diagnostické metody a přesného určení typu cévní výdutě, proto byly zvoleny ještě jednotlivé dílčí cíle práce.

Cíl 1: Předložit poznatky o intrakraniálních aneuryzmatech.

Cíl 2: Uvést možnosti diagnostického zobrazování intrakraniálních aneuryzmat.

Cíl 3: Popsat současné možnosti endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat.

Před samotným vyhledáváním odborné literatury a relevantních vědeckých zdrojů byla prostudována následující vstupní studijní literatura:

ČERNOCH, Zdeněk et al., 2000. *Neuroradiologie*. Hradec Králové: Nucleus, 2000. ISBN 80-901753-9-2

CHARVÁT, František, MARKALOUS, Bohumil a kol., 2006. *Zobrazení hlavy – metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika, CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie*. Praha/Kroměříž: Triton, 2006. ISBN 80-7254-904-9

KRAJINA, Antonín, PEREGRIN, Jan H. a kol. 2005. *Intervenční radiologie – Miniinvazivní terapie*. 1. vyd. Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005. ISBN 80-86703-08-8

Po prostudování uvedené literatury následoval proces vyhledávání relevantních vědeckých článků a odborných zdrojů. K tomu účelu byla zvolena tato česká klíčová slova a také jejich anglické ekvivalenty: intrakraniální aneuryzma, digitální subtrakční angiografie, 3D digitální subtrakční angiografie, angiografie výpočetní tomografií, angiografie magnetickou rezonancí, endovaskulární léčba, neuroradiologie, intervenční radiologie, spirála, bioaktivní spirála, balon-asistovaná léčba, stent a Pipeline™ Embolization Device. Pojmy byly použity v následujících internetových databázích: MEDLINE, MEDVIK, ProQuest a PubMed.

Vzhledem k značnému množství nalezených zdrojů byla vyhledávací kritéria doplněna o zadání přesného časového období, ve kterém byly články publikovány, a i s ohledem na aktuálnost informací v bakalářské práci byla stanovena spodní hranice vydání zdroje na rok 2008, vyhledávání proběhlo tedy v literatuře vydané za posledních pět let. Nicméně pro lepší popsání dané problematiky a pochopení základních principů a postupů, které byly publikovány v době svého uvedení do praxe a dodnes jsou běžně v praxi používány, jsou v textu použity i čtyři odborné zdroje,

které toto kritérium nesplnily a byly vydány před stanoveným rokem.¹ Po prostudování abstraktů a zhodnocení přínosu pro práci bylo vybráno 47 odborných textů, z toho pouze 4 české, které spíše popisují obecný úvod a problematiku diagnostiky a endovaskulární léčby, a 43 anglických, kterých je převážná většina, protože metoda endovaskulární léčby intrakraniálních aneurysmat je moderní, prudce se vyvíjí neustále kupředu a mnohé texty nebyly doposud v České republice publikovány. Velmi cenným periodikem se ukázal anglicky psaný časopis *Neuroradiology*, odkud bylo převzato 12 článků. Nicméně i tak je spektrum použitých článků z jednotlivých zdrojů velmi pestré a obsahuje informace o aktuálních světových trendech v diagnostice a endovaskulární léčbě intrakraniálních aneurysmat.

¹ Jedná se o dva texty autorů Krajiny, A. a Peregrina, J. H. Endovaskulární léčba aneurysmat mozkových tepen (2006) a *Intervenční radiologie – miniinvazivní terapie* (2005), dále text *Cerebral aneurysms* od Brisman, J. L. et al. (2006) a *Guglielmi Detachable Coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience* od Murayama, Y. et al. (2003).

1. INTRAKRANIÁLNÍ ANEURYZMATA

Intrakraniální aneuryzma vyskytující se na mozkových tepnách, jsou místní patologické rozšíření cévy. Samotné slova aneuryzma má svůj původ v řeckém slově „aneurysma“, což v překladu znamená „rozšíření“. (Merhemic et al., 2009, 94s.) Nejvíce takovýchto cévních rozšíření nalezneme na arterii communicans anterior, kde se nachází až 30 % aneuryzmat vzniklých na mozkových tepnách, více o výskytu na jednotlivých větvích viz tab. č. 1. (Brisman et al., 2006, 928-929s.) Tepenné vaky jsou různých velikostí nejčastěji, ale se jejich průměr pohybuje mezi 5 až 10 mm a to až v 58% případů, nejmenší do 3mm nalezneme u 10% a naproti tomu největší výdutě nad 10mm v průměru se vyskytují u 13% postižených intrakraniálním aneuryzmatem. (Jagt et al., 2008, 484s.)

Tabulka č. 1 Výskyt intrakraniálních aneuryzmat na jednotlivých tepnách (Brisman et al., 2006, 929s.)

Mozková tepna	Výskyt aneuryzmat (v %)
Arteria communicans anterior	30
Arteria communicans posterior	25
Arteria cerebri media	20
Arteria carotis interna	7,5
Arteria basilaris	7
Ostatní	10,5

Jasná příčina vzniku tohoto onemocnění není doposud plně objasněná. Začátek tvorby aneuryzmatu se ale přisuzuje působení hemodynamického stresu, který způsobí oslabení stěny cévy na základě mnoha činitelů. Mezi rizikové faktory tvorby, které se dají ovlivnit, patří kouření, hypertenze a vysoký příjem alkoholu. K neovlivnitelným faktorům řadíme věk, rodinnou anamnézu a pohlaví, kdy ženy jsou postiženy častěji než muži. (Steiner et al., 2013, 97s.) V souvislosti se vznikem aneuryzmatu se popisují i choroby, při kterých nemocní trpí častějším výskytem anomálií mozkových tepen². (Krajina, Peregrin, 2005, 405s.) Dále se pak ve studiích uvažuje o vlivu zánětu na

² Choroby se zvýšeným výskytem aneuryzmat: arteriovenózní malformace, fibromuskulární dysplazie, vrozené vývojové anomálie zásobních tepen Willisova okruhu vedoucí k jeho asymetrii, syndromy Marfanův a Ehlers Danlosův, pseudoxantoma elasticum, familiární aneuryzmata, polycystóza ledvin, hemoragická hereditární teleangiectázie, koarktace aorty, bakteriální endokarditida, intrakraniální trauma, myxom v levé srdeční síni, choriokarcinom a feochromocytom. (Krajina, Peregrin, 2005, 405s.)

vznik aneuryzmatu, například do spojitosti se dává významná role zánětu v patogenezi aterosklerózy, která má podíl na hemodynamickém stresu, což by mělo poskytnout spojení mezi zánětem a tvorbou intrakraniálního aneuryzmatu, bohužel se zatím nepodařilo tuto spojitost relevantně ověřit ve studiích. (Chalouhi et al., 2012, 1660s.)

Prevalence výskytu intrakraniálních aneuryzmat se podle Guidelines pro management léčby intrakraniálních aneuryzmat a subarachnoidálního krvácení, které vydala European Stroke Organisation (dále jen ESO)³, pohybuje mezi 2 až 5%. (Steiner et al; 2013, 95s.) Stejně číslo pro dospělou populaci uvádí i Krajina a Peregrin (2005, 405s.), nicméně čísla se u jednotlivých autorů mírně liší, například Bagley uvádí 2-6% (2009, 6s.).

1.1. Typy Intrakraniálních aneuryzmat

Tepenné výdutě můžou být mnoha tvarů a typů, lze je i dále dělit do skupin, například velmi podrobné rozdělení je na vakovité⁴ aneuryzma, pseudoaneuryzma, mykotické, disekující, vřetenovité aneuryzma a aneuryzma na podkladě nádorového procesu. Detailnější popis jednotlivých typů viz. tab. č. 2. (Phillips, Mitchell, 2010, 633-634s.)

Tabulka č. 2 Popis typů intrakraniálních aneuryzmat (Phillips, Mitchell, 2010, 633-634s.)

Typ IA:	Popis:
Vakovité aneuryzma	Nejběžnější typ Výsledek kombinace oslabení stěny cévy a průtoku krve
Pseudoaneuryzma	Hematom s dutinou komunikující s arterií přes prasklou cévu
Mykotické aneuryzma	Vznik na podkladě lokálního zánětu po napadnutí cizorodou látkou
Disekující aneuryzma	Při zachování komunikace mezi lumen cévy a dutinou mezi vrstvami v cévní stěně
Vřetenovité aneuryzma	Nejčastěji na arteria carotis interna a arteria basilaris Spojováno s hypertenzí a aterosklerózou

³ ESO – European Stroke Organisation (překlad: Evropská Organizace pro mrtvici)

⁴ Přeloženo z anglického saccular, někdy se také nazývá bobulovité aneuryzma podle anglického berry aneurysm.

<p>Aneuryzma na podkladě nádorového procesu</p>	<p style="text-align: center;">Vzácné</p> <p>Popisováno u myxomu levé srdeční síně, renálního karcinomu, choriokarcinomu, bronchogenního karcinomu a glioblastomu</p>
--	---

Obecně se nejčastěji rozdělují intrakraniální aneuryzmata z klinického hlediska na nekrvácející asymptomatická, nekrvácející symptomatická a krvácející. Převážná většina nekrvácejících asymptomatických výdutí je zjištěna náhodně při vyšetření výpočetní tomografií (dále jen CT) nebo magnetickou rezonancí (dále jen MR), která jsou indikována kvůli jinému onemocnění. (Phillips, Mitchell, 2010, 636s.) I přesto, že se klinicky nemanifestují, je při jejich i náhodném zjištění nutno zvážit další postup léčby. K endovaskulární nebo chirurgické léčbě podle The International Subarachnoid Aneurysm Trial (dále jen ISAT) by se mělo přistoupit v případě, že riziko krvácení převáží případné komplikace terapeutického postupu. Jakoukoliv léčbu by měli podstoupit pacienti, u kterých se vyskytuje intrakraniální aneuryzma větší než 7 mm v karotickém oběhu, výdutě ve vertebrobasilární cirkulaci. Dále jsou k vyřazení z oběhu doporučena ty aneuryzmata, jež se zvětšují, obsahují druhotný vak anebo je poměr vak-krček větší než 1,6. Vyšší riziko ruptury a následného krvácení existuje při kouření, přítomnosti jiného krvácejícího vaku, výskytu SAK u někoho z nejbližších příbuzných, u žen, ve vyšším věku a v neposlední řadě u lidí s hypertenzí. (Krajina, Peregrin, 2006, 536) Nicméně i přes tato kritéria se léčba asymptomatických aneurysmat stále řadí mezi kontroverzní témata. (Phillips, Mitchell, 2010, 637s.)

Nejběžnějším příznakem symptomatických nekrvácejících intrakraniálních aneurysmat je bolest hlavy, která se vyskytuje až u 36% pacientů, dokonce některé studie uvádí až 90%. V 5,7% případů objem vaku utlačuje okolní tkáň a způsobuje tzv. „mass effect“. (Phillips, Mitchell, 2010, 636s) Hlavové nervy I, III, IV, V a V jsou velmi často utlačované struktury, kdy může dojít až k intermitentní oftalmoplegii, dysestézii nebo bolesti v oblasti pátého nervu. Dále 3,3% postižených prodělalo trombotizaci nebo embolizaci mateřské tepny v okolí aneurysmatu. (Phillips, Mitchell, 2010, 636s.; Krajina, Peregrin, 2006, 535s.) Třetím a zároveň posledním typem intrakraniálního aneurysmatu je krvácející, které se projevuje subarachnoidálním krvácením. (Krajina, Peregrin, 2005, 405s.)

1.1.1. Subarachnoidální krvácení z intrakraniálního aneuryzmatu

Aneuryzma na mozkových tepnách je běžná cévní anomálie, bohužel mezi nejzávažnější projevy patří prasknutí výdutě cévní stěny a následné subarachnoidální krvácení (dále jen SAK), které může mít fatální následky až v 65 % i přes včasnou diagnostiku a léčbu. (Chalouhi et al., 2012, s. 1659) Úmrtnost na SAK se v časovém horizontu mění, první den po začátku krvácení je 25-30%, v prvním týdnu se pak pohybuje mezi 40 až 45%, v průběhu prvních šesti měsíců je 55-60%, na 65% se pak zvýší v průběhu roku od vzniku SAK a nevyšší úmrtnost je popisována v následujících 5 letech, kdy je mezi 65 a 70%. Dále se uvádí, že 12% pacientů postižených krvácením zemře dříve, než je jim poskytnuta lékařská pomoc. (Steiner et al., 2013, 95s.) Podle Krajiny a Peregrina (2005, 406-407s.) je počet pacientů, které SAK usmrtilo před poskytnutím lékařské péče až 15%, ze zbylých postižených pak dalších 30-50% během následujících týdnů zemře a pouze 30% nemocných je schopno se zapojit zpátky do běžného života bez trvalých následků. Tito autoři také rozdělili postižené do dvou skupin, první se zachovaným vědomím a mírným meningeálním drážděním, u kterých je riziko postižení nebo úmrtí pouze 20-30% a druhou skupinu nemocných s buď jen malou poruchou vědomí a neurologickým deficitem, kdy počet úmrtí na SAK rapidně stoupl na 50-90% podle stupně zhoršení vědomí.

Pro hodnocení závažnosti krvácení, podle kterého lze předpovědět výsledek léčby, používají Krajina a Peregrin (2006, 534-535s.) klinickou klasifikaci závažnosti SAK podle Hunta a Hesse nebo podle World Federation of Neurological Surgeons⁵ (dále jen WFNS). Viz. tab. 3 a 4. Naproti tomu Steiner et al. (2013, 94-95s.) v Guidelines pro management léčby intrakraniálních aneuryzmat a subarachnoidálního krvácení, které vydala ESO, už použití klasifikace dle Hunta a Hesse nedoporučuje, kvůli nejasnému vyjádření neurologického statusu pacienta. Doporučuje použití klinické klasifikace podle WFNS a nebo škálu the Prognosis on Admission of Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage⁶ (dále jen PAASH) vytvořenou na základě Glasgow Coma Scale⁷, která je podle něj mírně lepší díky tomu, jak zobrazuje s každým stupněm škály poměrné rozdělení u pacientů s horšími výsledky. Viz. tab. č. 4.

⁵ WFNS – World Federation of Neurological Surgeons (překlad: Světová neurochirurgická organizace)

⁶ PAASH – The Prognosis on Admission of Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage (překlad: Prognóza schopnosti vypořádání se s subarachnoidálním krvácením z intrakraniálního aneuryzmatu)

⁷ Glasgow Coma Scale (překlad: Glasgow koma skóre)

Tabulka č. 3 Klinická klasifikace SAK podle Hunta a Hesse (Krajina, Peregrin, 2006, 534s.)

Stupeň	Klinický nález	Mortalita (v %)
I.	Asymptomatický nebo minimální bolest hlavy, lehké meningeální dráždění	11
II.	Mírná až významná bolest hlavy, meningeální dráždění, absence neurologického deficitu kromě parézy hlavových nervů	26
III.	Lehká porucha vědomí, zmatenost, mírný lokální neurologický deficit	37
IV.	Stupor, hemiparéza	71
V.	Koma, decerebrační rigidita	100

Tabulka č. 4 WFNS a PAASH škály závažnosti SAK s jednotlivými kritérii a předpokládaným úspěchem léčby (Steiner et al., 2013, 95s.)

Klasifikace	Stupeň	Glasgow koma skóre	Zastoupení pacientů s nepříznivými výsledky (v %)
WFNS	<i>I.</i>	15	14,8
	<i>II.</i>	13-14	29,4
	<i>III.</i>	13-14	52,6
	<i>IV.</i>	7-12	58,3
	<i>V.</i>	3-6	92,7
PAASH	<i>I.</i>	15	14,8
	<i>II.</i>	11-14	41,3
	<i>III.</i>	8-10	74,4
	<i>IV.</i>	4-7	84,7
	<i>V.</i>	3	93,9

Zhruba 80 % všech diagnostikovaných SAK je způsobeno prasknutím vaku aneuryzmatu. Průměrný věk postižených je 55 let a častěji postihuje ženy, dokonce se popisuje 2x více případů SAK u žen než u mužů. Mezi další rizikové skupiny patří Finové, Japonci, Afričtí Američané a skupina Maorů z Nového Zélandu. (Phillips, Mitchell, 2010, 634s; Brisman et al., 2006, 928s.) Steiner et al. (2012, 95s.) uvádí incidenci 9,1 případů SAK na 100 000 obyvatel a obdobně jak je uvedeno výše, popisuje vyšší výskyt u obyvatel Finska a Japonska. V Evropě je ročně nově hlášených zhruba 36 000 případů SAK. Dále pak v populaci existují jedinci s predispozicemi, které jsou velmi podobné jako rizikové faktory pro samotnou tvorbu intrakraniálního aneuryzmatu a to kouření, vysoký krevní tlak, nepřiměřený příjem alkoholu nebo faktory, které neovlivníme, kam spadá ženské pohlaví, věk, velikost výdutě tepny a rodinná anamnéza. (Steiner et al., 2013, 97s.) Nutno ale zmínit, že riziko SAK se sníží během krátkého období, v případě že pacient přestane kouřit, dále ještě je zpochybňována závislost na alkoholu jako rizikový faktor, spíše se přiklání k tvrzení, kdy konzumace alkoholu je pouze krátkodobým rizikem. (Juvela, 2011, 596s.)

Riziko prasknutí stěny aneuryzmatu se pohybuje mezi 1 až 2% ročně, nicméně se odvíjí od několika faktorů, jako jsou velikost vaku intrakraniálního aneuryzmatu, umístění a od předchozího výskytu SAK. Výdutě obřích rozměrů zejména pak ty, které se vyskytují v zadním řečišti cévního zásobení mozku, jsou spojovány s rizikem ruptury až 10%. (Bagley, 2009, 10s.) Intrakraniální aneuryzma nejčastěji krváčí z místa, kde je stěna nejtenčí, což je v oblasti fundu. Po ruptuře se spustí mechanismy, které krvácení zastaví a vytvoří zátku, jež přetrvá dva až tři týdny. V tomto období je spojeno s vysokým rizikem opakovaného krvácení, kdy mortalita i možnost trvalých následků jsou na velmi vysoké úrovni, neboť kompenzační mechanismy, které by mohly krvácení zastavit, jsou bohužel vyčerpány po přechozím SAK. (Krajina, Peregrin, 2005, 406-407s.)

Krvácení, nevyjímaje i opakované, patří mezi jednu z nejčastějších příčin smrti, zvláště pak to, které se vyskytuje v oblasti mozku, kam se řadí i subarachnoidální krvácení z prasklého vaku aneuryzmatu. SAK přímo zvyšuje intrakraniální tlak, snižuje prokrvení mozkové tkáně, čímž způsobuje sníženou perfuzi kyslíkem, dále je poškozena hematoencefalická bariéra, objevuje se otok mozku a nervové buňky zahajují apoptózu. (Phillips, Mitchells, 2010, 634s.) Díky tomuto je třeba zajistit včasnou lékařskou péči, po přijetí pacienta na oddělní urgentního příjmu je potřeba nejprve zajistit dýchací funkce a stabilizovat postiženého po hemodynamické stránce.

Následuje vyšetření CT mozku bez použití kontrastní látky, které prokáže SAK, jakmile určíme závažnost kráčení a nemocný je ve stabilizovaném stavu, je potřeba zobrazit intrakraniální aneuryzma. Výsledky zhodnotí multidisciplinární tým lékařů, složený z neurochirurga, neurologa a intervenčního neuroradiologa, kteří rozhodnou o nevhodnějším způsobu léčby. (Froehler, 2013, 1-2s.)

2. DIAGNOSTIKA INTRAKRANIÁLNÍCH ANEURYZMAT

Hlavním bodem této kapitoly diagnostika intrakraniálního aneuryzmatu je jeho prokázání některou z dostupných zobrazovacích metod, které spadají pod činnost Radiodiagnostické části nemocnice. Zobrazení tepenné výdutě umožní zhodnotit lokalizaci, kde a na které cévě zásobující mozkovou tkáň se nachází vak ve stěně cévy, dále pak můžeme určit, o jaký typ intrakraniálního aneuryzmatu se jedná, jeho velikost a tvar, kde je pro další léčbu velmi důležité, jaký je poměr krčku a zbytku výdutě. (Froehler, 2013, 2s.)

V dnešní době jsou ve většině zdravotnických zařízeních, kde jsou pacienti s výdutí na mozkových cévách léčeni, dostupné tři zobrazovací modalita a to klasická angiografie, CT angiografie a jako poslední MR angiografie. Všechny vyjmenované zobrazovací metody se používají dodnes, nicméně u každé z nich jsou rozdílné možnosti senzitivity, specificity a v neposlední řadě také stupeň prostorového rozlišení. (Froehler, 2013, 2s.) Organizace léčby pacientů postižených výskytem tohoto defektu cévní stěny není úplně jednotná, tudíž metoda první volby při diagnostice intrakraniálního aneuryzmatu se v jednotlivých zdravotnických zařízeních liší a je považována za kontroverzní téma, kdy existují doporučení, jak postupovat, ale záleží na konkrétní nemocnici, kterou metodu zvolí. (Bagley, 2009, 10s.)

2.1. Klasická angiografie v diagnostice intrakraniálních aneuryzmat

Pro diagnostiku intrakraniálních aneuryzmat byla zlatým standardem dlouho dobu klasická angiografie. Díky značné invazivitě tohoto způsobu vyšetření a také částečně kvůli vysokým nákladům na toto vyšetření a 0,5% riziku výskytu permanentních neurologických komplikací, se tato metoda už standardně neprovádí. (Lubicz et al., 2008b, s. 841) Přejde se k, pro pacienty komfortnějším, zobrazení CT nebo MR, nicméně je stále brána jako měřítko pro ostatní metody. (Brisman et al., 2006, 931s.) Avšak s příchodem trojrozměrné (dále jen 3D) angiografie, která dovoluje intervenčnímu radiologovi zjistit přesné rozměry vaku a podpoří lepší porozumění celkové stavbě výdutě, je konvenční angiografie stále prováděna těsně před samotnou endovaskulární léčbou a je brána už spíše jako součást celého výkonu. (Froehler, 2013, 2s.)

Dnes už se setkáme pouze s plně digitálními systémy, kdy konvenční angiografie používá projekcí z mnoha úhlů, aplikace kontrastní látky a odečtení neboli subtrakce obrazů, podle čehož metodu nazýváme digitální subtrakční angiografie (dále jen DSA). (Bagley, 2009, 10s) I přes použití moderních digitálních systémů a způsobů optimalizace, stále pracujeme s rentgenovým zářením, kde neodmyslitelnou součástí vyšetření je i radiační zátěž pacienta, která u klasické dvojrozměrné DSA je v průměru 97 mGy v rozmezí ± 14 mGy v závislosti na individuálním přístupu k pacientovi a momentálním podmínkám v průběhu celého vyšetření. (Sereafin et al., 2012, 1255s.)

Technické parametry, které jsou nastaveny na přístroji, se u pracovišť liší, například Shi et al (2010, 909s.) klasickou DSA provádí na jednoplanárním digitálním angiografickém přístroji (Axiom Artis VB22N, Siemens Medical system) s maticí 1024x1024 pixelů a field of view (dále jen FOV) 17-20cm. Zvoleny byly dvě projekce, kdy při první bylo podáno rychlostí 4-5ml/s, celkově 10ml jodové kontrastní látky (dále jen KL) do arteria carotis interna a při druhém zobrazení bylo do arterie vertebralis podáno 7ml KL rychlostí 2-3ml/s. Na tomtéž přístroji (Axiom Artis, Siemens) se stejnou velikostí matice diagnostikují intrakraniální aneuryzma i Uysal et al (2008, 312s.) a dále pomocí transfemorálního přístupu, který zajistíme pomocí Seldingerovy metody (Li et al, 2009, 2262s), a užití 5Fr katetru bylo aplikováno rychlostí 4-7ml/s celkem při jedné projekci 12ml neionické jodové kontrastní látky (Omnipaque 300) za použití tlakového injektoru (Stellant, MedRad). Vše bylo provedeno v několika základních projekcích frontální, boční a šikmých, případně podle posouzení intervenčního radiologa jsou doplněny další zobrazení z jiných šikmých úhlů, což umožní snadnější posouzení anatomie vaku a tím pádem lepší výchozí pozici pro zahájení léčby. Již podle předchozích dvou příkladů je očividné, že množství podané kontrastní látky se podle zkušeností pracoviště liší, pro doplnění například Serafin et al (2012, 1254s.) za použití stejného přístroje, projekcí, tlakové stříkačky, katetru a transfemorálního přístupu podává do řečiště arteria carotis interna rychlostí 6ml/s celkem 12ml KL (Ultravist 300mg-I/ml) a do povodí vertebrální arterie 10ml rychlostí 5ml/s.

Moderní medicínská centra zabývající se problematikou endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat disponují angiografickými přístroji, které umožní zobrazení ve dvou projekcích zároveň. Dva rozdílné, ale zároveň simultánní úhly pohledu, lékaři provádějícímu výkon poskytnou významně lepší prostorovou orientaci a ten pak dokáže lépe zhodnotit vztah mateřské tepny k samotnému vaku a ostatním

sousedním tepnám a tím pádem samozřejmě snižuje riziko špatného umístění mikrokatétu a z toho vyplývajících komplikací, které by mohly zhoršit pacientovu prognózu. (Froehler, 2013, 2-3s.)

2.1.1. 3D Digitální subtrakční angiografie

Mezi moderními zobrazovacími postupy, které soutěží o zařazení mezi metody tzv. zlatého standardu v diagnostice intrakraniálních aneurysmat, se uchází o svou pozici i 3D digitální subtrakční angiografie, která vyžaduje provedení méně projekcí, díky tomu i menší dávku ionizujícího záření, snížení množství podané kontrastní látky a to vše vede ke zkrácení celkové doby potřebné k provedení vyšetření a menšímu výskytu nežádoucích účinků, což sníží celkově riziko vyplývající pro pacienta z této zobrazovací metody. (Shi et al, 2010, 908-909s.) Nicméně otázka snížení celkové radiační zátěže je sporná, neboť Serafin et al. (2012, 1255s.) zjistili celkovou dávku záření o hodnotě průměrně 102 mGy s rozptylem ± 12 mGy, což je víc než uvádějí pro klasickou DSA.

Samotný průběh vyšetření se u 3D na rozdíl od klasické dvojrozměrné (dále jen 2D) DSA moc neliší, v obou případech musí být pacientovi podána kontrastní látka, kdy se používá totožný druh u obou ze zmíněných metod, dokonce ani není žádný extrémní rozdíl v množství a způsobu podání. U 3D DSA je opět přes transfemorální přístup zajištěný Seldingerovou metodou, do povodí obou arterií jak vnitřní karotidy, tak vertebrální tepny, podá rychlostí 3-4ml/s celkem 16-20ml kontrastní látky. (Shi et al, 2010, 909s.) Opět jako u 2D techniky se autoři do jisté míry rozcházejí v množství a rychlosti podání kontrastu, kdy Serafin et al. (2012, 1254s.) do řečiště arterie carotis interna rychlostí 5ml/s podá 15ml a do arterie vertebralis rychlostí pouze 3ml/s celkem 8 ml kontrastní látky.

Ovšem průběh a způsob nahrávání dat samotným přístrojem je již odlišný u 3D oproti 2D metodě DSA. Samotná akvizice probíhá ve dvou rotačních skenech, které pokrývají úhel 200°, kdy ve výsledku dostaneme 122 obrazů, které následně je nutno odeslat na pracovní stanici tzv. Workstation (Syngo XVP VA72B, Siemens AG), kde speciální software (InSpace 3Dsoftware) kvantum snímků analyzuje a po nastavení požadovaných parametrů, jako jsou velikost voxelu 0,57mm, počet řezů 220 a rozměry matice 512x512, se všechny surová data přepočítají v módu Dual Volume a z množství 2D obrazů vytvoří jeden výsledný v 3D podobě. (Serafin et al., 2012, 1254s.)

Díky značným možnostem a rozvoji software technologií je dnes dostupných několik rekonstrukčních technik pro 3D DSA a to maximum intensity projection (dále jen MIP), shaded surface display (dále jen SSD) a poslední volume rendering (dále jen VR). Zatímco MIP se SSD používají pro výpočet rekonstrukcí pouze malou část surových dat, technologie VR k převodu potřebuje jejich celý objem, dále je tato metoda přednostněji využívána v rekonstrukčním algoritmu u spirálního CT, díky čemuž se předpokládá, že obdobné tvrzení platí i pro její využití v DSA. Bylo zjištěno, že 3D DSA s VR technikou lépe zobrazuje stavbu a objem intrakraniálního aneuryzmatu, ale také dokonce dokázala zobrazit další výdutě na tepnách, které konvenční 2D zobrazení neodhalilo, zvláště pak se to projevilo u vaků menších než 3mm ve prospěch 3D metody. Velmi významnou výhodou 3D angiografie s VR je poskytnutí mnohem detailnějšího obrazu polohy a směřování krčku aneuryzmatu, kdy intervenční neuroradiolog tak může lépe posoudit, následně pak stanovit úhel pracovní projekce pro samotnou embolizaci obsahu vaku a na základě těchto znalostí případně upravit polohu konce mikrokatétru, tak aby se co nejvíce minimalizovalo riziko protržení stěny tepenné výdutě, které by bylo následováno subarachnoidálním krvácením s možnými fatálními následky. Na druhé straně relativní nevýhodou této metody je časová náročnost, kdy samotný převod dat do pracovní stanice a jejich následná rekonstrukce do podoby 3D zabral v průměru ne méně než 7 minut. (Shi et al., 2010, 909-911s.)

2.2. CT angiografie v diagnostice intrakraniálních aneuryzmat

Při podezření na subarachnoidální krvácení z aneuryzmatu je pacient po přijetí na oddělení urgentního příjmu směřován na nativní vyšetření hlavy pomocí CT, kde velmi dobře zobrazíme akutní krvácení. Citlivost této metody se první den krvácení pohybuje okolo 95%, snižuje se společně s rostoucím časem od ruptury vaku výdutě a počátku krvácení, kdy pátý den je citlivost pouhých 58%. (Kelliny et al., 2011, 1. s) Pokud bylo krvácení prokázáno, byla dříve indikována klasická angiografie mozkových tepen, ale díky značné invazivitě, časové náročnosti a vývoji moderních vyšetřovacích postupů a techniky, je dnes ihned po provedení nativního CT protokolu doplněna CT angiografie mozkových tepen (dále jen CTA), která navíc zabere pouze minimální čas, ale poskytne nám cenný materiál k určení nejvhodnějšího způsobu léčby prasklého intrakraniálního aneuryzmatu. Pouze v některých případech, kdy CTA

není úplně průkazné je doporučováno doplnění o DSA. (Wang et al., 2010, 263s.; Desai et al., 2009, 94-96s.)

Ve srovnání těchto dvou metod DSA a CTA je CTA bezpečnější, levnější, rychlejší a neinvazivní zobrazovací technika, navíc díky značnému rozvoji multidetektorových CT (dále jen MDCT) v klinické praxi došlo k značné progresi lepšího rozlišení obrazu, multiplanárních rekonstrukcí a také možnost pomocí postprocessingu vytvořit 3D zobrazení. (Uysal et al., 2008, 312s.)

Před samotným vyšetřením je nutné pacientovi zajistit periferní žilní katetr, kdy je standardem 18G jehla, která je umístěna v loketní jamce do vena cephalica accessoria, a katetr je posléze připojen k tlakovému injektoru pomocí, kterého je aplikována kontrastní látka. Nejčastěji je používán automatický injektor (Medrad, Stellant) s dvěma válci, jedním pro kontrastní látku a druhým pro fyziologický roztok. Injektor umožní synchronizaci s CT přístrojem a přesně v požadovaný okamžik aplikuje požadované množství kontrastní látky do pacientova těla a to pomocí tzv. bolus tracking, někdy se taky používá název triggering. (McKinney et al., 2008, 595s.) Kdy do požadovaného místa, nejčastěji v ascendentní aortě je umístěn tzv. ROI⁸ a snímání se spustí, jakmile po podání KL dosáhneme v tomto bodu 140 HU, což trvá v průměru 10-25s od podání bolusu kontrastu, ale uvádí se i jiné lokalizace jako arteria basilaris a zde postačuje pouze zvýšení o 30 HU (Uysal et al., 2008, 312s.) nebo je umístěn do arterie carotis interny a spuštění proběhne po dosažení 80 HU v průměru 16-26 s. (Chen et al., 2010, 564s.)

Množství podané kontrastní látky není jednotné ve všech nemocničních zařízeních a podléhá zvyklostem a místním radiologickým standardům, nejčastěji je však aplikováno 80 ml neionické jodové kontrastní látky (Iodixanol 350mg/ml, Visipaque; Iohexol 350, Omnipaque) rychlostí 4 ml/s a poté je pacientovi kontinuálně podáno 40 ml fyziologického roztoku. (Jagt et al., 2008, 483s.; McKinney et al., 2008, 595s.) Jiní autoři podávají například stejně jako obvykle neionickou jodovou KL (Xenetix 350), ale v množství 85-100 ml rychlostí 3 ml/s, (Chen et al., 2010, 564s.) nebo nepatrně větší rychlostí 3,5 ml/s celkem 100 ml (Omnipaque 350). (Wang et al., 2010, 264s.)

Součástí běžné výbavy většiny pracovišť výpočetní tomografie je v dnešní době nejčastěji 16-ti řadý CT přístroj (Somatom Sensation 16, Siemens; Lightspeed 16

⁸ ROI – Region of Interest (Překlad z Aj: místo zájmu)

advantage, GE Medical Systems). Před samotným vyšetřením a akvizicí dat je nutné nejprve provést tzv. lokalizační CT v bočním pohledu o parametrech 120 kV a 100 mAs, které umožní přesné naplánování rozsahu vyšetření a úpravu technických parametrů pro CT přístroj a tím optimalizaci dávky ionizujícího záření pro každého pacienta podle jeho tělesné konstituce. Protokol pro CTA mozkových tepen obsahuje následující technické specifikace: 120 kV, 200-280 mAs, kolimace detektoru je 16x0,75 mm, pitch faktot 1,15, čas rotace 0,5 s, matice 512x512, FOV 20 cm, tloušťka vrstvy 0,75 mm a rekonstrukční interval 0,7 mm. (Chen et al., 2010, 564s.; Uysal et al., 2008, 312s.) Do klinické praxe ale díky technickému pokroku jsou zaváděna i víceřadé CT, čím dál častěji jsou to 64-ti řadé (Lightspeed VCT, GE Medical Systems; Brilance CT, Philips Medical Systems), s čímž souvisí i změna parametrů CTA vyšetření a to následovně: 120 kV, 300 mAs, šířka vrstvy 0,67 mm, rekonstrukční interval 0,9 mm s překryvem 0,45 mm, rychlost posunu vyšetřovacího stolu 40 mm/s a čas rotace 0,75 s. (McKinney et al., 2008, 595s.) Historický vývoj počtu řad detektorů a s tím související změny parametrů u přístrojů firmy GE Medical Systems viz tabulka č. 5.

Tabulka č. 5 Akviziční parametry pro CT přístroje GE Medical Systems od 1998 do 2007 (Kelliny et al., 2011, 2-3s.)

Období	1998-1999	1999-2002	2002	2002-2005	2005-2007
Přístroj	Highspeed Advantage CT/i 1-řadý	Lightspeed QX/i 4-řadý	Lightspeed ultra 8-řadý	Lightspeed 16 advantage 16-řadý	VCT 64-řadý
Rotace (s)	1,0	0,8	0,8	0,5	0,6
Pitch	1,5	0,75	0,675	1,375	0,516
Šířka vrstvy (mm)	1,0	1,25	1,25	0,625	0,625
Rekonstrukční interval (mm)	0,5	0,8	0,75	0,5	0,5
kV	120	120	120	120	100
mAs	240-280	240-280	240-280	240-280	300-320

I u CTA stejně jako u DSA je možné okolní tkáně, které zhoršují zhodnotitelnost výsledných obrázků, pomocí tzv. subtrakce neboli odečtení lze tyto struktury kolem cév na obrázcích vymazat. Je nutné v tomto případě nejprve před samotnou akvizicí dat s kontrastní látkou nasnímat nativní CT požadované oblasti s technickými parametry u přístroje s 64 řadami detektorů (Lightspeed VCT, GE Medical Systems) 100 kV, 300 mAs a pro CTA 120 kV, 300 mAs, zbývající parametry jsou shodné a v průběhu se nemění, v tomto konkrétním případě jsou to pitch faktor 0,531, šířka vrstvy 0,6 mm, rekonstrukční interval 0,625 mm, matice 512x512 a FOV 180-240 mm. Následné zpracování dat v rámci postprocessingu, kdy dojde k subtrakci snímků z CTA a z nativního CT, zaberou pouze 2-3 min nad rámec běžné průměrné časové náročnosti vyšetření. (Li Qi et al., 2009, 2262s.)

Rozsah snímané oblasti je velmi různorodý a podléhá zvyklostem jednotlivých zdravotnických center, nicméně nejčastější oblastí odkud je plánované vyšetření zahájeno, je první krční obratel a to od jeho distálního okraje, dalším možným počátkem je oblouk aorty. Největší rozsah vyšetření je v literatuře popisován od oblouku aorty po vrchol klenby lebky (Wang et al., 2010, 264s.), druhou možností je snímání od zmíněného prvního krčního obratle neboli C1 stejně jako v předchozím případě po nejdálší bod lební klenby (McKinney et al., 2008, 595s.; Uysal et al., 2008, 312s.), nejvíce selektivní metodou výběru vyšetřované oblasti je užití rozsahu od místa, které je 10 mm pod foramen magnum, po horní okraj frontálních sinusů. (Chen et al, 2010, 564s.; Kelliny et al., 2011, 2s.)

Data získaná při vyšetření jsou následně odeslána do pracovní stanice tzv. Workstation (např.: Advantage for Windows, GE M. S.; Leonardo, Siemens), kde následuje práce se surovými daty nazývána jako postprocessing. Obrazová informace je pak pomocí techniky 3D Volume rendering z transversálních řezů reformátována a jsou provedeny multiplanární rekonstrukce (dále jen MPR) v koronální a sagitální rovině, další 3D obrazy získáme pomocí užití techniky maximum intensity projections. Celková časová náročnost vyšetření i provedením úpravy dat je 15 min. (Li et al, 2009, 2262s., Zysal et al., 2008, 312s.) V praxi celý proces manipulace s daty po provedení samotného CTA vyšetření, funguje následovně: obrazová informace získaná při CTA je pomocí PACS⁹ a nemocničního intranetu odeslána do PACS pracovní stanice, kde je integrovaný software pro následné MPR a 3D rekonstrukce. Průměrný čas tohoto

⁹ Picture archiving and communication system (překlad z Aj: Obrazový, archivační a komunikační systém)

přesunu dat je 3-2 min a jakmile jsou data již v pracovní stanici, zabere pouhé 2-3 s vygenerování všech potřebných zobrazení, která jsou následně uložena do PACS, kde jsou archivována a dostupná z celé nemocniční sítě, což umožňuje jejich zobrazení na jakémkoliv počítači v rámci nemocnice, případně i možnost na vyžádání pomocí telemostu odeslat snímky do jiného zdravotnického zařízení. (McKinney et al., 2008, 595s.)

Diagnostika intrakraniálních aneuryzmat pomocí CT angiografie mozkových tepen je považována za vysoce přesný způsob detekce a zařadila se tak do kategorie metody první volby pro zobrazení tepenných výdutí, která poskytuje dostatečnou informaci o lokalizaci a morfologii potřebné k správnému určení další léčby pacienta s touto poruchou cévní stěny, ať už chirurgickým nebo endovaskulárním způsobem. Dokonce se uvádí, že po provedení a zhodnocení CTA může intervenční neuroradiolog přikročit rovnou k samotné endovaskulární léčbě bez předchozího provedení DSA mozkových tepen až u tří čtvrtin pacientů, což značně usnadňuje organizaci péče na oddělení intervenční radiologie a zároveň snižuje celkovou zátěž pacienta. (Chen et al., 2010, 570s.; Jagt et al., 2008, 487s.)

2.3. MR angiografie v diagnostice intrakraniálních aneuryzmat

Diagnostika intrakraniálních aneuryzmat pomocí magnetické rezonance a MR angiografie (dále jen MRA) je absolutně neinvazivní zobrazovací metodou, která takto redukuje možné riziko spojované s klasickou angiografií prováděnou za pomoci zavedení katetru do pacientova těla. Na rozdíl od výše zmíněné CTA je tato technika prokázání aneuryzmatu absolutně bez radiační zátěže vyšetřovaného, neboť MR pracuje pouze se silným magnetickým polem, u kterého zatím nejsou známy žádné nežádoucí účinky na lidský organismus. Další nespornou výhodou je to, že není potřeba použití kontrastní látky a tím pádem zde neexistuje riziko alergické reakce nebo nefrotoxicity, jako je tomu při podání jodové kontrastní látky při CTA. (Guangqian et al., 2012, 179-181s.; Merhemic et al., 2009, 94s.)

Značnou nevýhodou MR oproti oběma výše zmíněným metodám jsou u této diagnostické metody její specifické kontraindikace. V případě, že jsou v těle pacienta přítomny jakékoliv kovové předměty, které jsou feromagnetické, nebo elektrické a elektromagnetické přístroje jako kardiostimulátor, kochleární implantát apod. je MR vyšetření absolutně kontraindikováno a nelze jej u těchto nemocných provést. Zvýšené pozornosti je potřeba v situaci, kdy jsou přítomny cévní svorky, umělé srdeční

chlopně, stenty a intravaskulární spirály, které způsobují na výsledných obrazech artefakty zhoršující zobrazení jednotlivých struktur a znesnadňují tak lékaři popis. Dále u těchto předmětů hrozí jejich dislokace z původní polohy a taky zvýšení jejich teploty. Specifickým problémem u metody MR je klaustrofobie, která je považována za relativní kontraindikaci, dá se ovšem ovlivnit tím, že pacientovi jsou podány utlumující léky, jež mu umožní absolvování požadovaného vyšetření. (Seidl et al., 2012, 76s.)

V klinické praxi se můžeme setkat s přístroji magnetické rezonance s různou intenzitou magnetického pole například 1 T a 1,5 T, které jsou v současnosti zřejmě nejčastější, nicméně s modernizací přístrojového vybavení diagnostických nemocničních center už nejsou vzácností i přístroje s 3 T silným magnetickým polem, ovšem s vyšší intenzitou je nutné počítat s rostoucí citlivostí na šum, který zhoršuje kvalitu snímků, což ovšem do jisté míry vyváží vyšší rozlišovací schopnost. (Igase et al., 2012, 349s.)

U 1,5 T přístroje (Signa Hdx unit) a použití osmi kanálové HD hlavové cívky (GE Medical systems) je možné použít zobrazovací protokol s hodnotami technických parametrů vyšetření, kdy použijeme sekvenci 3D time-of-flight (dále jen TOF) v axiální rovině a pokrytí celého intrakraniálního prostoru, obrazovou maticí 320x224, voxel 0,7x0,8x0,6 mm a TE 2,7 ms, TR 30 ms, flip angle 20°, bandwidth 31,25 kHz a section thickness 1,2 mm. Výsledné snímky spolu s rekonstruovanými obrazy pomocí MIP a VR, které byly vytvořeny ze surových dat postprocessingem na pracovní stanici, jsou odeslány do PACS systému, kde jsou dostupné multioborovému týmu zajišťující léčbu pacienta s aneuryzmatem. (Serafin et al., 2012, 1254s.) Stejně jako u CT vyšetření i u MR se jednotlivé nastavení parametrů liší u jednotlivých přístrojů ale i pracovišť pole zavedených místních standardů. Například při použití opět obdobného přístroje 1,5 T a cívek (Signa HDx, GE Medical Systems), sekvencí 3D-TOF pro MR angiografii lze použít i hodnoty parametrů: TR 25 ms, TE 6,9 ms, flip angel 20°, matice 512x256, section thickness 0,7 mm a FOV 240x240 mm. (Kang et al., 2008, 173-174s.)

V případě, že je k MR angiografii mozkových tepen použit 3 T přístroj, i zde se nastavení parametrů odlišuje podle pracoviště. Jednou z možností je u přístroje 3 T (Achieva, Phillips) opět 3D-TOF sekvence s parametry: TE 3,45 ms, TR 18 ms, flip angle 20°, slice thickness 0,55 mm, FOV 210 mm a celkem 140 řezů, kdy celé snímání dat trvá 4 min a 59 s. (Pierot et al., 2012, 2256s.) Další možností jak nastavit parametry

pro 3 T přístroj (Achieva X-Series, Phillips) s Sense-head-8 přijímací hlavovou cívkou a zobrazení TOF MRA, použití 3D T1 vážených časů fast field echo sekvencí (3D-T1-FFE) s TE 7 ms, TR 35 ms, flip angel 20°, FOV 250x190x108 mm s celkem 180 vrstvami a celkovým časem 8 min a 56 s. Po samotném provedení opět data převedeme do pracovní stanice a rekonstruujeme 3D obrazy pomocí MIP a VR. (Sun et al., 2012, 46s.)

Celková doba vyšetření pacienta pomocí MRA zabere 30 až 60 min, což je podstatně delší doba oproti CTA, dále jsou výsledné obrázky extrémně citlivé na pohyb, proto je spíše doporučována u pacientů, kteří nejsou v akutním ohrožení života, stěna vaku aneuryzmatu nepraskla, a tudíž se u něj nevyskytuje subarachnoidální krvácení, a dále jsou schopni podstoupit vyšetření bez pohnutí. Tato metoda je doporučována pro sledování intrakraniálních aneuryzmat, které doposud nepraskly, a zatím se v jejich léčbě užíval pouze konzervativní způsob, kdy pomocí MRA můžeme sledovat případný růst vaku, jež by mohl vést k ruptuře a zapříčinit tak velmi závažné SAK. (Matsumoto et al., 2013, 215s.; Merhemic et al., 2009, 98s.)

Citlivost MR pro diagnostiku intrakraniálních aneuryzmat se s moderními postupy a lepšími přístroji zlepšuje, dříve bylo uváděno číslo 69-99% (Brisman et al., 2006, 931s.), dnes jsou uváděna přesnější čísla pro 3D TOF techniku 80% (Pierot et al., 2012, 2261s.). Ovšem uvést pouze jedno číslo je částečně zavádějící, neboť schopnost přístroje rozpoznat tepennou výduť velmi závisí i na samotné velikosti vaku aneuryzmatu a lokalizace v povodí cévního řečiště. (viz tab. č. 6.) Dále je spojená i se způsobem zobrazení a případným doděláním dalších rekonstrukcí pomocí postprocessingu, kdy zobrazovací schopnost u sekvence T2TSE je 78,2%, 3D TOF 86,4% u samotných MIP rekonstrukcí 87,3% a při společném hodnocení 3D TOF a MIP je senzitivita až 99,1%. (Merhemic et al., 2009, 97s.)

Tabulka č. 6 Senzitivita MR angiografie mozkových tepen podle velikosti a lokalizace aneuryzmatu v % (Merhemic et al., 2009, 96-97s.).

Velikost	3D TOF	MIP rekonstrukce	3D TOF + MIP
Do 5 mm	42,9	85,9	92,9
6-12 mm	88,7	93,5	100
Více než 12 mm	100	90,9	100
Lokalizace			
Arteria cerebri posterior	100	100	100
Arteria cerebri anterior	75,9	86,2	100
Arteria cerebri media	89,5	86,8	97,4
Arteria carotis interna a její větve	90,3	83,9	100

3. ENDOVASKULÁRNÍ LÉČBA INTRAKRANIÁLNÍCH ANEURYZMAT

U velmi malých vaků, po zvážení multidisciplinárním týmem složeným z intervenčního neuroradiologa, cévního chirurga, neuroradiologa a neurologa, nemusí být k žádné z obou metod přistoupeno a je pouze dále sledován vak cévní stěny, zda zůstává bez změny nebo je zapotřebí přistoupit k některé z dostupných metod léčby. Při rozhodování o dalším postupu je třeba brát v potaz následující skutečnosti: zda je nebo v minulosti bylo přítomno krvácení z aneuryzmatu nebo se vyskytlo u někoho z přímých příbuzných, mnohočetný výskyt výdutí v řečišti mozkových tepen a nepravidelný tvar nebo přítomnost sekundárních vaků u aneuryzmatu. (Hwang et al., 2011, 351s.)

V současnosti jsou pro léčbu intrakraniálních aneuryzmat dostupné dvě metody, které se od sebe navzájem značně liší a to jak způsobem provedení, ale i například invazivitou nebo dlouhodobými výsledky. Prvním způsobem, jak postupovat při léčbě výdutí na tepnách v mozku je chirurgická léčba, kdy je aneuryzma vyřazeno z oběhu pomocí bypassu nebo je možné na krček vaku nasadit svorku tzv. clip, metodu pak nazýváme clipping. Jestliže je po přijetí pacienta s akutním subarachnoidálním krvácením rozhodnuto o chirurgické léčbě prasklé tepenné výdutě, je přistoupeno k zasvorkování clipem, který zároveň zastaví i probíhající krvácení. (Steiner et al., 2013, 101s.)

Druhou možností, v dnešní době značnou rychlostí rozvíjející se, je pomocí různých materiálů, nejčastěji však spirály, tzv. coilu, vyplnění přímo vaku aneuryzmatu pomocí endovaskulárního přístupu. Ačkoliv léčba pomocí miniinvazivního přístupu přes cévu je poměrně nově zavedenou metodou, první koncept vyřazení aneuryzmatu z oběhu pomocí odpoutatelného balonku, popisuje již Serbienco v roce 1974. Nicméně do praxe se endovaskulární léčba mozkových tepenných výdutí zavedla až po prvním použití odpoutatelného coilu Guglielmim a Vinuelou v roce 1991., které je považováno za počátek moderní éry endovaskulární léčby. Po té co bylo v roce 1995 schváleno použití spirál k léčbě intrakraniálních aneuryzmat, se rok od roku počet těchto zákroků neustále zvyšuje na úkor chirurgické léčby a to také díky neustálému vývoji technologií a materiálů. (Froehler, 2013, 325s.)

Díky užití coilů pro vyplnění vaku ve stěně cévy se často používá pro označení metody název „coiling“. Postupným zaváděním do praxe se zjistily výhody této

metody jako menší invazivita, lepší klinické výsledky, kdy absolutní riziko smrti nebo vážných zdravotních následků jeden rok po léčbě je o 6,9% nižší ve prospěch coilingu než u chirurgického clippingu¹⁰. Ovšem značnou nevýhodou endovaskulární léčby, oproti zasvorkování krčku aneuryzmatu, je znovu obnovení toku krve v cévním vaku u 15 až 30% pacientů, dokonce až u 5% je nutné přistoupit znovu k endovaskulární intervenci, která s sebou opět přináší rizika, jako jsou subarachnoidální krvácení po proděravění vaku instrumentáři, uzávěr mateřské cévy trombem nebo špatně odpoutanou spirálou. (Bagley, 2009, 14s.; Steiner et al., 2013, 101s.)

3.1. Provedení endovaskulární léčby

Jakmile se rozhodne a provedení endovaskulární léčby intrakraniálního aneuryzmatu, je pacient odeslán na oddělení intervenční radiologie a umístěn na intervenční sál, kde za sterilních podmínek a pod skiaskopickou kontrolou pomocí C-ramene rentgenového přístroje probíhá samotná vaskulární intervence s cílem vyplnit vak aneuryzmatu, tím jej vyřadit z oběhu a zamezit případnému krvácení. (Kozák, 2012, 61s.)

Intravaskulární zákrok probíhá v celkové anestezii, kvůli eliminaci pohybových artefaktů, při skiaskopické kontrole polohy mikrokatétru a lokalizaci umístění spirály nebo jiné výplně vaku, či ověření uložení instrumentária. Dále je pacientovi aplikován heparin podle toho, zda aneuryzma krvácí nebo nikoliv a také na základě aktivovaného koagulačního času (dále jen ACT), ovšem hodnoty se mírně liší podle pracoviště. Heparin je podán intravenózně ve formě bolusu obvykle 3000-4000 jednotek, tak aby se docílilo ACT v rozmezí 200-300 s, a to ihned při zahájení výkonu nebo v jeho samotném průběhu. (Hwang et al., 2011, 351s.) Bandeira et al. (2010, 142s.) aplikuje, u léčby nekrvácejících aneuryzmat, při zahájení výkonu bolus heparinu (30-50 jednotek na 1kg váhy pacienta) a následně kontinuální infuzi 1000-1500 J/hod, tak aby se ACT zdvojnásobil. Po skončení výkonu je u většiny pacientů po dobu 24 hod v heparinizaci pokračováno.

Jakmile je pacient v celkové anestezii zahájíme výkon zajištěním transfemorálního přístupu pomocí Seldingerovy metody, a zavedením vodícího katétru 5-6Fr (Envoy, Cordis), který jeho koncem umístíme do distální části arteria vertebralis

¹⁰ Riziko smrti nebo vážných trvalých následků je u pacientů jeden rok po endovaskulární léčbě 23,7% a u těch, kteří podstoupili chirurgickou léčbu intrakraniálního aneuryzmatu, je 30,6%. (Steiner et al., 2013, 101s.)

nebo arteria carotis interna, nejčastěji pod bazi lební. Následně mikrokatetrem, méně než 2Fr (Echelon-14, Covidient), je nasondován otvor ve stěně cévy v místě odstupu aneuryzmatu a to za asistence rtg obrazů se subtrakčními mapami. (Leng et al., 2013, 2s.; Phillips, Mitchell, 2010. 643s.)

Další postup záleží na druhu výplně a způsobu jeho umístění, kdy jsou výkony rozděleny na dekonstrukční, kdy dojde k zneprůchodnění celé mateřské tepny s aneuryzmatem, a rekonstrukční v průběhu, kterého je vyplněn vak a upravena stěna mateřské cévy, tak aby byla výduť z oběhu vyřazena a to aplikací samotných coilů anebo jejich umístění za asistence balonu nebo stentu. Další možností je užití speciálních nástrojů nebo tekutých embolizačních materiálů. (Phillips, Mitchell, 2010, 643s.)

Po samotném provedení výkonu, ať už aplikace spirál nebo jiné endovaskulární metody, je pacient převezen na jednotku intenzivní péče, kde je pečlivě monitorován jeho stav, především bilance tekutin, neurologický status, krevní tlak a v průběhu hospitalizace i pomocí angiografických zobrazovacích metod i úspěšnost provedeného výkonu a stav výplně dutiny aneuryzmatu. I po propuštění jsou, každých šest měsíců, někdy jsou doporučovány v průběhu prvního roku po intervenci častěji, pravidelné kontroly některou ze zobrazovacích angiografických metod, tak aby byla včas podchycena případná rekanalizace nebo ruptura a následné subarachnoidální krvácení, ovšem přesný časový plán závisí na stavu pacienta a zvyklostech a vytíženosti zdravotnického zařízení. (Bandeira et al., 2010, 142s.; Hwang et al, 2011, 351s.)

3.2. Endovaskulární léčba coily

Využití samotných spirál v intervenční léčbě aneuryzmat mozkových tepen, může být dvojího typu a to v dekonstrukční i rekonstrukční terapii. Při prvním z nich, tedy dekonstrukčním výkonu, jak bylo zmíněno výše, je proveden uzávěr toku krve v mateřské cévě, ze které vychází patologická výduť stěny. Tepna je embolizována coily nad a pod vyústěním krčku aneuryzmatu a někdy i do samotného vaku je umístěno několik spirál pro lepší trombotizaci obsahu. Ovšem tato metoda nelze použít vždy, je nutné před jejím samotným provedením nejprve ověřit zda nervové buňky, které tato tepna zásobuje krví, budou i po jejím ucpaní schopny dále fungovat beze změny, respektive jsou-li dostatečně zásobeny okolními cévami v rámci kolaterálního oběhu. Tuto kontrolu provedeme balónkem, kterým uzavřeme cílovou tepnu na 15 až 30 min, samozřejmě je pacient souběžně pokryt terapií heparinem a vše je pod

angiografickou kontrolou. Nemocný musí být uveden do plného vědomí a zároveň být sledován neurologicky. Pokud je test vyhodnocen pozitivně může se přistoupit k zamýšlenému způsobu terapie. (Krajina, Peregrin, 2006, 538s.; Phillips, Mitchell, 2010, 643s.)

Rekonstrukční terapií coilem vyplníme pouze samotný vak intrakraniálního aneuryzmatu, čímž jej vyřadíme z krevního oběhu, a buď zastavíme únik krve do subarachnoidálního prostoru u krvácejícího typu anebo eliminujeme riziko ruptury a následného SAK. Velmi důležité je umístění první spirály a správné rozhodnutí, jaký typ spirály použít. Iniciální coil kulovitého tvaru je zásadní v tom, že tvoří jakýsi košík okolo krčku aneuryzmatu a je také často nazýván i jako tzv. „framing coil“¹¹, ze všech spirál umístěných jako výplň je tento ten největší a nejčastěji jeho velikost odpovídá velikosti vaku, nicméně někdy je doporučováno volit jej i o 1 mm menší. Další spirály, kulovitého nebo spirálovitého tvaru, jsou umístěny tzv. systémem matrjošek do sebe navzájem, dokud není celý objem vyplněn, což se nám zobrazí na kontrolní angiografii, tak že v místě, kde před zákrokem se aneuryzma vyplnilo kontrastní látkou, se nám na kontrolních snímcích kontrastní látka nezobrazí. (Currie et al. 2011, 44s.; Froehler, 2013, 326s.; Krajina, Peregrin, 2006. 537s.)

3.2.1. Typy spirál

Náhlý rozvoj nových materiálů a technologií a zároveň snaha, co nejvíce zlepšit dlouhodobé výsledky léčby, vedli ke značné škále různých typů spirál, ty se dají rozdělit na dva hlavní typy: čistě platinové coily a pak ty, které jsou potaženy bioaktivním materiálem, tak aby zvýšili celkový objem výplně aneuryzmatu nebo urychlily proces trombotizace a následné fibrotizace ve výdutí cévní stěny. (Froehler, 2013, 326s.)

Platinové spirály

Nejstarším a tím pádem nejdéle používaným typem jsou platinové spirály, které fungují na principu, kdy toto je pro tělo cizí materiál a tím se spustí elektrolytická reakce, která způsobí trombotizaci krve v aneuryzmatu, čímž se celý vak vyplní a je vyřazen z oběhu. (Khan et al., 2012, 14s.)

Hlavním zástupcem jsou tzv. Guglielmiho odpoutatelné coily (dále jen GDC), které byly pro užití v klinické praxi schváleny v roce 1995 a zařazeny jako metoda

¹¹ Překlad z angličtiny – nosná spirála

zlatého standardu do léčby intrakraniálních aneuryzmat. Ihned po zavedení do praxe se používaly pouze k léčbě chirurgicky těžko přístupných výdutí nebo u pacientů ve velmi vážném celkovém zdravotním stavu se značným neurologickým deficitem, nicméně rozsah použití se neustále rozšiřoval. V roce 1999 byl do instrumentária intervenčního radiologa zařazen třídímenzionální GDC systém pro lepší léčbu aneuryzmat s širším krčkem. Platinové spirály se používají dodnes a to buď samostatně nebo v kombinaci s moderními bioaktivními coily. (Murayama et al., 1998, 959-964s.)

Dalším pokrokem ve vývoji bylo zavedení GDC 360°, kdy je platinová spirála připevněna k dvěma vláknům polypropylenových nití. Hlavním rozdílem oproti 3D GDC je v uspořádání spirály, kde prvních 1,5 smyčky je v 2D konfiguraci a je o 25% menší než zbytek spirály, která mění svůj směr po každých třech čtvrtinách smyčky. Díky těmto vlastnostem vykazuje lepší výsledky a také, vzhledem k tomu, že nemá kulovitý tvar, je vhodná pro vaky nepravidelných tvarů. (Taschner et al., 2009, 46s. a 50s.)

Bioaktivní spirály

Kromě čistě platinových spirál se postupem času objevily v praxi coily s bioaktivními materiály, které mají za cíl zlepšit dlouhodobé výsledky léčby a to různými typy reakcí speciálních materiálů a sloučenin s krví při aplikaci do samotné výdutě aneuryzmatu. (Khan et al., 2012, 14s.)

Jednou z těchto spirál je Cerecyte coils (Micrus Endovascular), kdy se jedná o platinovou spirálu, která je potažena PGA¹², jež se uplatňuje v procesu jizvení tkání při embolizaci intrakraniálního aneuryzmatu. Dosavadní výsledky krátkodobých studií ukazují lepší výsledky léčby, méně komplikací při samotném zákroku a menší četnost rekanalizace vaku aneuryzmatu, při použití tohoto typu spirál. Nicméně je při jejich použití důležitá obezřetnost, neboť dlouhodobé studie, které by definitivně potvrdily kladné výsledky dosavadních zjištění, stále v současnosti probíhají. (Geyik et al., 2008, 788-792s.)

Velmi obdobný je Matrix coil, kde je také přítomná platinová spirála, která je pokryta bioabsorpčním kopolymerem, kdy jeho hydrolýza v průběhu následujících tří měsíců od aplikace způsobí větší reakci než u čistě platinových spirál. (Khan. 2012, 14s.)

¹² Polyglycolic acid – polyglykolová kyselina

Jiným typem bioaktivních spirál jsou tzv. Hydrogel-coated coils, které, jak název napovídá, jsou pokryty hydrogelem, který při kontaktu s krví začne bobtnat a vyplní mezery mezi jednotlivými smyčkami coilu, čímž zajistí kompaktnější výplň během 20 min po aplikaci, nicméně je nutné kvůli jeho reakci s krví provést celé umístění do 5 min. Byl vyvinut, opět za účelem zlepšit celkovou výplň vaku aneuryzmatu, stabilitu spirály, kvalitnější zhojení krčku a zároveň snížit celkovou délku materiálu aplikovaného do dutiny, což znamená snížení ekonomických a časových nákladů. Dosavadní výzkumy předpokládají mírně lepší výsledky oproti čistě platinovým spirálám, ovšem je doporučováno stále sledovat dlouhodobé výsledky léčby. Z platinových a bioaktivních typů spirál má zatím nejlepší dlouhodobé výsledky, ovšem do jisté míry také záleží na zkušenostech a technických dovednostech intervenčního radiologa, který provádí výkon, a také je mnohdy výhodné jednotlivé typy coilů při léčbě kombinovat. (Khan et al., 2012, 14-15s.; White et al., 2011, 1655-1656s.)

Dále se mohou používat spirály potažené různými materiály a sloučeninami, nebo také radioaktivní coily, nicméně nejsou zavedeny do běžné klinické praxe a je stále pouze zkoumán jejich přínos v endovaskulární léčbě intrakraniálních aneuryzmat. (Geyik et al., 2008, 788s.)

Spirály se ještě mohou lišit ve způsobu, jakým se od vodiče odpoutají. Je to závislé na výrobcu a typu, známé jsou tři možnosti jak toto provést, zaprvé elektrolyticky, pak hydraulickým mechanismem a třetí poslední metodou je použití termomechanického procesu. Nicméně se v literatuře neuvádí jakýkoliv přímý vliv na výsledek léčby při použití toho nebo onoho způsobu. (Phillips, Mitchell, 2010, 643s.)

3.3. Asistence balonkovým katetrem při endovaskulární léčbě

V případě, že při endovaskulární léčbě intrakraniálních aneuryzmat, je použit balonkový katetr se metoda řadí mezi tzv. remodelační techniky, ty byly poprvé poprány Moretem a jeho týmem v roce 1995, nedlouho po té v roce 1997 jejich použití přímo u cévních výdutí v oblasti mozku a dnes je již vcelku běžně používanou metodou léčby při vaskulárních intervencích. (Chalouhi et al., 2013, 607s.; Lubicz et al., 2008a, 769s.)

Asistence balónem je zapotřebí zejména u tepenných výdutí, které mají široký krček, nicméně je vhodné jej použít i v jiných případech, které jsou souhrnně uvedeny v tabulce č. 7. (Lubicz et al., 2008a, 770-771s.)

Tabulka č. 7 Přehled indikací k použití balonkového katetru a jejich vzájemný podíl.
(Lubicz et al., 2008a, 771s.).

Indikace k použití balónu	Podíl z celkového počtu léčených aneuryzmat pomocí balónu (v %)
Nepříznivý poměr krček/průměr vaku	70,6
Cévní větev vycházející z krčku nebo vaku	19,6
Nestabilní mikrokatestr s coily (tzv. kick-back efekt)	6,5
Předpokládaná ruptura vaku během coilingu	3,3

Samotný postup je shodný, jako při pouhém použití spirál bez jakékoliv asistence, ale před samotným umístěním coilů je v místě krčku zaveden pomocí dalšího mikrokatestru balonek a ten je během aplikace výplně naplněn, aby zabránil úniku spirál do mateřské tepny. Vzhledem ke skutečnosti, že je nutné použít dva mikrokatestry v některých intervenčních centrech používají najednou dva transfemorální přístupy, jeden z každé nohy, nicméně některé studie poukazují na vyšší riziko komplikací tohoto postupu a proto se spíše od tohoto upouští a přistupuje se k použití pouze jednoho transfemorálního přístupu. Dalším mírným rozdílem oproti klasickému coilingu je použití nepatrně větších mikrokatestrů o velikosti 6-7 Fr. (Chalouhi et al., 2013, 608s.; Lubicz et al., 2008a, 769-770s.)

V praxi se používají dva typy balonů a to HyperForm a HyperGlide. V případě, že se nachází aneuryzma v oblasti bifurkace nebo větev cévy ústí přímo z krčku nebo vaku, je vhodné použít HyperForm balon. Druhý typ HyperGlide je vhodný pro výdutě běžně vyrůstající ze stěny cévy. Oba typy jsou umístěny na vodiči, který zároveň slouží k navigaci do správné polohy, nejčastěji se ponechává na společně dodávaném měkkém vodiči Xpedion, ale u pacientů, kde je průběh cévy nepravidelný a tepna je značně zakroucená, se vodič vymění a použije se tužší vodič Terumo 12. (Chalouhi et al., 2013, 608s.; Lubicz et al., 2008a, 770-771s.)

Asistence pomocí balonkového katetru se při endovaskulární léčbě používá až v 25% případech. Při zavádění metody do praxe se zpočátku vyskytovalo více komplikací hlavně těch tromboembolických během výkonu, ale následné studie a přechod od dvou k jednomu transfemorálnímu přístupu, tyto komplikace nepotvrdily a rizika jsou u obou metod jak asistované tak u klasického coilingu shodná. Úspěšnost této metody je 90% a ve zbývajících 10% výkon proběhne za asistence stentu nebo musí být nakonec chirurgickou cestou provedeno nasazení klipu na krček aneuryzmatu. O tom do jaké míry bude zákrok úspěšný, stejně jako u pouhé aplikace spirál, hodně rozhoduje i zkušenost a zručnost intervenčního radiologa, který provádí zákrok, a je proto vhodné tuto léčbu provádět ve specializovaných centrech, což zajistí jistou rutinu v provádění intervence a napomáhá lepším výsledkům. (Lubicz et al., 2008a, 772-775s.)

3.4. Asistence stentem při endovaskulární léčbě

Intrakraniální aneuryzmata mohou být téměř nespočetných tvarů a velikostí, díky tomu a také různorodosti pacientů s touto diagnózou, nelze při jejich léčbě postupovat vždy podle jedné konkrétní metodiky. V případě, že nelze přistoupit k samotné implantaci spirál do lumen výdutě a nelze použít ani asistenci balonem, je dalším možností coiling s asistencí stentem, který zadrží aplikované spirály uvnitř a zabráni jejich vycestování, což by následně mohlo způsobit ucpání mateřské cévy. Tato metoda je výhodná u aneuryzmat, kde je malý poměr krček/průměr, u širokých krčků, větvenovitého typu, velmi rozměrných vaků a v případě komplikovaných anatomických poměrů vůči okolním cévám. Stentem asistovaná léčba je efektivní, bezpečnou a plnohodnotnou remodelační technikou endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat, kde technická úspěšnost se pohybuje mezi 87-100%. (Kim et al., 2010, 423s.)

Stejně jako při balon-asistovaném coilingu, je u této metody použita mechanická zábrana okolo ústí aneuryzmatu do mateřské cévy, tak aby spirály nemohly opustit svou cílovou polohu, nicméně rozdíl v těchto dvou metodách spočívá v tom, že poté co se stent aplikuje do mateřské cévy v místě výdutě, už na svém místě zůstane i po ukončení zákroku. Tento způsob není jen prospěšný díky své mechanické funkci, která umožní lepší a homogennější výplň aneuryzmatu a tím pádem i lepší dlouhodobé výsledky a menší riziko rekanalizace, ale díky své fyzické přítomnosti, stent může napomoci redukci hemodynamického stresu, který působí na stěnu cévy aneuryzmatu

a mohl by způsobit krvácení, dále také se jedná o cizí těleso v těle pacienta a díky této skutečnosti se uplatňuje v procesu trombotizace výplně, ovšem s tím souvisí i riziko tromboembolických komplikací při i po výkonu, nicméně se jim dá díky vhodné farmakoterapii zabránit. (Kim et al., 2010, 423-427s.; Phillips, Mitchells, 2010, 646s.)

Vzhledem k povaze výkonu je nutné zajistit vhodnou antikoagulační léčbu, jak již bylo zmíněno výše. Velmi záleží na tom, jestli bude výkon prováděn akutně u krvácejícího nebo plánovaně u nekrvácejícího aneuryzmatu. Jestliže je výkon plánován, je možné zahájit přípravu předem na rozdíl od akutních zákroků, v tomto případě pacient tři dny před samotnou intervencí s pomocí stentu dostane 75 mg clopidogrelu anebo 100 mg aspirinu, kdy se někdy podávají současně nebo se použije jen jeden z nich. U akutních krvácejících aneuryzmat je pacient zajištěn heparinem stejně jako u jakékoliv endovaskulární léčby, ale ihned po výkonu je mu podáno 300-600 mg plavixu společně se 100 mg aspirinu denně. Dále pak všichni, kteří podstoupili léčbu intrakraniálního aneuryzmatu a byl u nich použit stent, obdrží na šest týdnů stejnou medikaci clopidogrelu a aspirinu, jakou měli před intervencí ti, u nichž byl zákrok plánován. Doživotně je pak doporučená denní dávka 100 mg aspirinu. (Kim et al., 2010, 424s.; Gao et al., 2010, 826s.) Ovšem obdobně jako u množství kontrastní látky při diagnostice i u podání antikoagulační léčby nejsou jednotlivá léčebná centra jednotná, některá doporučují podávání duální terapie, 75 mg clopidogrelu a 325 mg aspirinu, již pět dní před a šest měsíců po intervenci u plánovaných výkonů a u akutních je tato terapie nahrazena jednorázovým, intravenózním podáním bolusu abxicimabu podle váhy pacienta, kdy je počítáno 0,25 mg/kg, na které po dvanácti hodinách naváže dávka 150 mg clopidogrelu a 650 mg aspirinu. (Izar et al., 2011, 3s.)

Postup intervence je téměř shodný jako u přechozích metod endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat, do pravé femorální arterie se Seldingerovou metodou punkce zavede 6 Fr nebo 8 Fr vodící katetr, opět je umístěn do vnitřní karotidy nebo arterie vertebralis podle lokalizace aneuryzmatu a pak je přistoupeno k mikrokatetrům. Systém pro aplikaci stentu je upoután na 0,014-inch mikrovodiči, kdy ústí krčku aneuryzmatu je umístěno přesně doprostřed stentu, který může být balonexpandibilní nebo samoexpandibilní. Jakmile je na svém místě, mikrokater s tvarovaným mikrovodičem nasondují dutinu aneuryzmatu přes očka stentu a pokračuje se v umístování spirál jako u klasického coilingu dokud není dutina plně vyplněna. (Gao et al., 2010, 826-827s.)

Ovšem ne pro všechny případy je tento postup ideální, někdy je vhodnější tzv. paralelní technika. Nejprve se musí umístit mikrovodič v mikrokatetru do místa, kde je ústí aneuryzmatu, pak centrálněji do lumen cévy je zaveden systém se stentem a stažením mikrovodiče je uvolněn mikrokatetr, který je tak díky tomu, že byl předem vytvarován podle potřeby, nasměřován svým distálním koncem přímo do ústí aneuryzmatu. Následuje uvolnění stentu ale jen jeho 50 až 60%, tak aby zúžil samotný vstup do výdutě. Po umístění první nebo druhé smyčky spirály, je uvolněn celý stent a následuje vyplnění vaku coily stejně jako v předchozích případech. (Gao et al., 2010, 827s.) U aneuryzmat s širokým krčem umístěných v místě bifurkace cév je možné použít tzv. „Y-stenting“, kdy se umístí dva stenty do obou cév, jeden z nich je zaveden do své pozice přes mezeru v prvním stentu a utvoří tzv. „Y-konfiguraci“. Jinou popisovanou technikou je „waffle-cone technique“, kde vzdálený konec stentu je uložen v bazi aneuryzmatu a spirály jsou aplikovány skrz rozšířený a kuželovitě tvarovaný konec stentu. Relativně nejnovějším způsobem je umístění dvou samoexpandibilních stentů lineárně, kdy oba nejbližší konce k sobě přiléhají v místě bifurkace, tak aby kompletně pokryly velmi široký krček aneuryzmatu a obě cévy. (Lubicz, 2011, 457-459s.)

Pro asistenci stentem se v dnešní praxi používá několik typů stentů, které se podle výrobce od sebe mírně liší v různých parametrech, trendem je používání samoexpandibilních systémů. V praxi je dostupná pestrá škála jednotlivých zařízení, zde pro představu je uvedeno několik stentů, jejichž použití je popisováno v rámci nejnovějších studií. V USA jsou používány samoexpandibilní Enterprise a Neuroform stenty, kdy jejich úspěšnost při léčbě je 82,3%, množství pacientů s fatálními nebo trvalými následky a počet rekanalizovaných aneuryzmat jsou srovnatelné s klasickým neasistovaným coilingem. Oba stenty jsou bezpečné a mají příznivé dlouhodobé výsledky, nicméně Enterprise je lépe dostupný než Neuroform stent, který zase ale má velmi dobré výsledky při léčbě velkých a gigantických typů aneuryzmat. (Izar et al., 2011, 1-11s.; Gao et al., 2010, 831s.)

Vzhledem k tomu, že se u systému Neuroform zjistily určité limitace jeho použití, jako nemožnost jej přemístit do jiné polohy, jakmile je byt' jen částečně rozvinut, nebo malý tlak působící na stěnu cévy, který udržuje i na místě spirály, a také díky neustálému vývoji nových materiálů, byl do praxe zaveden samoexpandibilní stent Solitaire. Tento systém, je z nitinolu a je odpoutatelný elektrolytickým mechanismem a jeho výhodou je, že dokud není od vodiče uvolněn, je možné jej

umístit do jiné polohy, velmi snadno lze použít u značně klikatých cév, díky jeho flexibilitě, ovšem i zde se vyskytují jisté nevýhody a tou nejpodstatnější je, že neexistuje příznivý efekt na hemodynamický stres, kvůli velikosti ok stentu, i tak je ale úspěšnost při jeho použití 95,4%. Vzhledem k výhodám, nevýhodám a stále probíhajícím studiím u jednotlivých systémů je nutné před jejich samotným použitím pečlivě zvážit, který je vhodný pro konkrétní situaci a pacienta. (Klisch et al., 2010, 349-359s.; Zhang et al., 2012, 279-282s.)

3.5. Jiné metody endovaskulární léčby

Od klasického umístění spirál a jeho různých modifikací, byly dovozeny další metody, jak pomocí endovaskulárního přístupu intrakraniální aneuryzmata léčit a vzhledem k neustálému vývoji nových materiálů a instrumentária lze předpokládat, že tento trend nových metod bude do praxe zavádět stále častěji moderní postupy a technologie. Mezi tyto metody léčby mohou patřit aplikace tekutého prostředku, který způsobí trombotizaci, použití speciálně upravených stentů s částečným pokrytím membránou anebo speciálních systémů s bioaktivními látkami navázanými na stent.

3.5.1. Tekuté embolizační materiály

Jako embolizační tekutina je používán Onyx, který je vhodný pro léčbu aneuryzmat s širokým krčkem, velkých anebo gigantických rozměrů. K aplikaci látky do samotné dutiny je zapotřebí asistence balonkem, jež je umístěn do oblasti ústí výdutě a ta je zároveň nasondována mikrokateetrem. Jakmile se balonek nafoukne a svým obsahem uzavře vstup do aneuryzmatu, je nutné provést test s kontrastní látkou, zda neproniká zpět do mateřské tepny, což by znemožnilo provedení tohoto typu zákroku. V případě úspěšného testu se do celé dutiny aplikuje Onyx materiál.

Úmrtnost během výkonu se pohybuje okolo 2 až 3 % a s závažným postiženým pacienta je možné se setkat u 7 až 8 % léčených touto metodou. Nicméně úspěšnost a dlouhodobé výsledky jsou obdobné jako u běžných metod aplikace spirál. Jedná se tedy o vhodnou alternativu endovaskulární léčby intrakraniálních aneuryzmat, ale stejně jako u všech metod je důležitá obezřetnost a pečlivé provedení samotného výkonu, které má nemalý vliv na výsledek. (Phillips, Mitchells, 2010, 645-646s.)

3.5.2. *Kryté stenty*

Ačkoliv je škála možností endovaskulární léčby intrakraniálních aneurysmat široká, ne vždycky samotný problém je díky nim vyřešen, také i proto bylo do praxe zavedeno použití krytých stentů, jejichž součástí, jak název napovídá, je nepropustná membrána, která kryje část plochy stentu a ta je umístěna do místa ústí aneurysmatu a tak jej vyřadí z krevního oběhu. (Li Y-D et al, 2010, 74s.; Tan et al., 2011, 154-155s.)

Příprava a samotný průběh léčby pacienta jsou shodné s klasickou implantací spirál, opět je tři dny předem premedikován aspirinem 100 mg/den a clopidogrelem 75 mg/den, na počátku intervence je aplikován bolus 5000 jednotek heparinu, následován po dobu 48 hodin kontinuální infuzí 1000 jednotek za hodinu, cílem je dosáhnout ACT okolo 300 s. Po ukončení léčby je nutno šest měsíců podávat stejné množství a typ farmak jako před léčbou. (Li Y-D et al., 2010, 75-76s.)

Tyto typy stentů jsou balonexpandibilní a konkrétně The Willis covered stent se skládá ze samotného stentu a expandibilní polytetrafluoroethylenové membrány. Celý systém má délku 145 cm, 3,8 Fr průměr a stent je dostupný v několika průměrech od 3,5 mm po 5 mm a délkách od 7 mm po 19 mm. Postup je totožný jako při aplikaci spirál, který zde již byl popsán, pouze místo zavádění coilů do výdutě je stent umístěn membránou na ústí krčku, kde je rozvinut a odpoután za použití tlaku 5 atmosfér. (Tan, 2011, 155-156s.)

Díky skutečnosti, že do samotné dutiny aneurysmatu není zaváděno žádné instrumentarium, nehrozí, tak per procedurální prasknutí stěny vaku a následné subarachnoidální krvácení. Dosavadní výsledky jsou velmi příznivé. V případě, že se u pacienta vyskytuje tzv „mass efekt“, který utlačuje některou z okolních struktur, je tento postup velmi vítaný, neboť celá dutina po léčbě by měla vymizet. Nicméně velkým problémem je, že tato metoda nemůže být uplatněna v případě špatných anatomických poměrů, kdy by mohlo dojít k uzávěru některé z mozkových tepen, zakrytím jejího ústí membránou. Nelze opomenout ani případné tromboembolické komplikace, které mohou vzniknout implantací cizího tělesa do lumen cévy, a možnost tzv. endoleaku, kdy dochází k úniku krve za samotnou membránu. Pokud se jedná o významný únik, je možné implantovat ještě další stent, jestliže je jen minimálního charakteru, může být ponechán bez dalších zásahů, neboť většina spontánně časem vymizí. Bohužel nejsou zatím dostupné výsledky dlouhodobých ale zatím pouze

krátkodobých studií, je proto potřeba postupovat více než obezřetně. (Tan et al., 2011, 74-79s.; Li Y-D et al., 2010, 161s.)

3.5.3. Pipeline™ Embolization Device

Pipeline™ Embolization Device (dále PED) je struktura značně podobná klasickému stentu, vyrobená z pletených vláken kobaltu, chromu a platiny. Stejně jako stent je na mikrokatetru zavedena do místa ústí krčku aneuryzmatu, kde je umístěna okolo lumen cévy a svou přítomností a strukturou naruší tok krve do dutiny aneuryzmatu, kdy dojde k snížení průtoku a tím nastane zvýšení viskozity krve ve výdutí cévní stěny, kde se následně, krev začne srážet a samotný vak je vyřazen z krevního oběhu. Navíc PED slouží i jako konstrukce, okolo které mohou začít růst buňky vrstvy endotelu ze stěny cévy, kdy celá tato struktura se stane součástí stěny tepny. Zatímco se obsah aneuryzmatu redukuje u pacientů s přechodím mass efektem, jeho symptomy postupně mizí. Lze jej také použít díky jeho flexibilitě i v klikatých cévách.

Efekt této metody se stále zkoumá v klinické praxi v mnoha studiích, nicméně prozatím se jeví jako relativně bezpečná, úspěšná a méně nákladná metoda léčby aneuryzmat v cévním řečišti mozku. (Withers et al., 2013, 6-8s.)

ZÁVĚR

Záměrem této práce bylo pokusit se zodpovědět základní výzkumnou otázku: Jaké jsou dosavadní poznatky o endovaskulární léčbě intrakraniálních aneuryzmat? S přihlédnutím k rozsáhlosti tématu bylo, pro jeho lepší srozumitelnost, rozčleněno do několika cílů, které sloužily jako podklad pro zaměření jednotlivých kapitol.

V první části byly předloženy poznatky týkající se obecně problematiky intrakraniálních aneuryzmat, jejich výskytu, typům a projevům. Pochopení základních informací o tepenných výdutích v cévním řečišti mozku má význam pro rozhodování o způsobu léčby a diagnostice. Jakožto nejzávažnější projev tohoto onemocnění, zde byla zařazena podkapitola, věnující se subarachnoidálnímu krvácení, neboť jeho přítomnost hraje nemalou roli při diagnostice, léčbě a určení jeho závažnosti je pak velmi nápomocné pro stanovení efektu léčby.

Na tuto obecnou část je navázáno již kapitolou věnující se samotné diagnostice intrakraniálních aneuryzmat pomocí zobrazovacích metod. V současnosti jsou dostupné tři způsoby jak odhalit přítomnost výdutě v cévním řečišti a to klasická angiografie a angiografie provedená pomocí výpočetní tomografie nebo magnetické rezonance. První zmíněná metoda, tedy klasická digitální subtrahční angiografie, je dneska spíše používána jen v nejasných případech, kdy diagnostika CT a MR angiografií selže. Dále je mnohdy používána těsně před samotným endovaskulárním výkonem, pro navigaci instrumentária a k určení vhodného způsobu provedení, to zda použít pouze aplikaci spirál nebo je vhodné vzhledem k typu a poloze aneuryzmatu využít některou z metod s asistencí. Vzhledem k zaměření práce na současné poznatky byla u klasické angiografie zařazena i 3D DSA, což je moderní metoda, která zlepšuje zobrazení aneuryzmatu a její provedení před samotnou intervencí usnadní intervenčnímu neuroradiologovi volbu nejvhodnějšího postupu léčby.

Angiografie výpočetní tomografií je pravděpodobně v dnešní klinické praxi nejpoužívanějším způsobem zobrazení intrakraniálního aneuryzmatu a to zejména díky, skutečnosti, že jeho velmi častým projevem je subarachnoidální krvácení, které je nejlépe diagnostikovatelné pomocí nativního CT vyšetření, kdy není problém na něj navázat provedením angiografie pomocí jodové kontrastní látky, což je navíc i velmi málo časově náročně oproti ostatním dvěma zmíněným způsobům. Standardem je použití multidetektorových CT přístrojů, ovšem literatura není jednotná v množství podané kontrastní látky a rozsahu vyšetřované oblasti. Ty jsou do značné míry

určovány zvyklostmi pracoviště a také se dá předpokládat, že v rozhodování kolik jodové látky bude aplikováno, hrají roli i jednotliví výrobci, kdy na trhu jsou dostupné látky s různou koncentrací jodu, což má přímý vliv na určení množství podaného kontrastu.

Poslední zobrazovací modalitou je MR angiografie, velmi prospěšná svou sekvencí 3D Time-of-flight, která zobrazí cévní řečiště v oblasti mozku i bez použití kontrastní látky, díky této skutečnosti, je vhodná pro diagnostiku nekrvácejících aneurysmat a také pro sledování při konzervativním přístupu léčby. Hlavním důvodem, proč není toto zobrazení vhodné u akutních případů, je jeho časová náročnost, kdy se délka vyšetření pohybuje i mezi 45 až 60 minutami. (Brisman et al., 2006, 931s.) Jednotlivé technické parametry vyšetření jsou závislé na pracovišti a také na přístrojovém vybavení, jelikož se v praxi vyskytuje několik druhů MR přístrojů s rozdílnou intenzitou magnetického pole.

Nejrozsáhlejší kapitolou je ta věnující se samotné problematice endovaskulární léčby. Ta je dnes považována za rovnocennou léčbě chirurgické a u pacientů, pro které je chirurgický zákrok příliš náročný, je tato metoda první volby. Díky technickému pokroku je dnes dostupné nepřeberné množství instrumentária, které neustále zlepšuje výsledky léčby a chirurgicky léčených pacientů je tak v dnešní době menšina. Všechny endovaskulární metody léčby probíhají přes transfemorální přístup Seldingerovou metodou za použití mikrovodičů a mikrokotetrů, které slouží k umístění jednotlivých nástrojů, kterými je aneuryzma vyřazeno z krevního oběhu. V dnešní době lze takto výdutě vyplnit pomocí spirál, ať už čistě platinových nebo bioaktivních, v případě nepříznivých anatomických poměrů nebo velmi rozměrných aneurysmat, je možné připojit asistenci balonkovým katetrem nebo stentem. Dalšími odvozenými metodami je použití tekutých embolizačních materiálů, krytých stentů s membránou anebo tzv. Pipeline™ Embolization Device. Vzhledem k tomu, že obecně endovaskulární způsob léčby je moderní metodou, většina dlouhodobých studií ještě probíhá. Nicméně na základě dosavadních poznatků, je považován za bezpečný, ale je důležitá obezřetnost při rozhodování, které probíhá v multioborovém týmu neurologa, neuroradiologa, neurochirurga, cévního chirurga a anesteziologa.

Nemalou roli v procesu diagnostiky a endovaskulární léčby hraje radiologický asistent, pro kterého je velmi podstatná alespoň minimální znalost problematiky, zvláště pak projevů, aby mohl ve spolupráci s pacientem, popřípadě lékařem, zvolit správný postup při volbě vyšetřovacího protokolu na jednotlivých zobrazovacích

modalitách a jeho optimalizaci pro každého pacienta, která zajistí, co nejlepší výtěžnost vyšetření a v návaznosti i pak určení správné léčby. Je také nedílnou součástí týmu, který zajišťuje endovaskulární léčbu, kdy při výkonu ovládá zobrazovací rtg techniku, může i asistovat podáváním jednotlivého instrumentária lékaři a dále pak archivuje všechny obrazové informace do systému PACS.

Práce souhrnně předkládá moderní poznatky o endovaskulární léčbě a diagnostice intrakraniálních aneuryzmat, nicméně vzhledem k neustálému vývoji technologií a materiálů, je potřebné poznatky neustále aktualizovat v souladu s výsledky studií zvláště pak těch dlouhodobých, které neustále probíhají.

BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

BAGLEY, Linda J., 2009. Aneurysms - All you need to know. *Applied radiology* [online]. 2009. vol. 38, num. 1, p. 6-18. [cit. 20.10. 2013] ISSN 0160-9963 Dostupné z: <http://www.appliedradiology.com/Digital-Portals/CT-Community/Aneurysms—All-you-need-to-know.aspx>

BANDEIRA, Alexandra, RAPHAELI, Guy, BALÉRIAUX, Danielle, BRUNEAU, Michael, WITTE, Olivier De, LIBICZ, Boris, 2010. Selective embolization of unruptured intracranial aneurysms is associated with low retreatment rate. *Neuroradiology*. [online]. 2010, vol. 52. Issue 2, p. 141-146. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-009-0607-7

BRISMAN, Jonathan L., SONG, Joon K., NEWELL, David W., 2006. Cerebral Aneurysms. *The New England Journal of Medicine* [online]. 2006. 355, 928-939. [cit. 20.10.2013] DOI:10.1056/NEJMra052760

CURRIE, Stuart, MANKAND, Kshitij, GODDARD, Anthony, 2011. Endovascular treatment of intracranial aneurysms: review of current practice. *Postgraduate Medical Journal*. [online] 2011. vol 87. Issue 1023, p. 41-50. [cit. 20.10.2013] ISSN 1469-0756 DOI: 10.1136/pgmj.2010.105387

DESAI, Sohum, FRIEDMAN, Jonathan A., HLAVIN, Joseph, KASH, Frederick, 2009. Actively bleeding intracranial aneurysm demonstrated by CT angiography. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. [online]. 2009. 111, p. 94-96. [cit. 13.2.2014] DOI: 10.1016/j.clinneuro.2008.07.013

FROEHLER, Michael T., 2013. Endovascular Treatment of Ruptured Intracranial Aneurysms. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. [online]. 2013. vol 13. 326, p. 1-8. [cit. 13.2.2014] ISSN 1534-6293 DOI:10.1007/s11910-012-0326-z

GAO, Xu, LIANG, Guobiao, LI, Youxiang, WU, Zhongxue. 2010, Neuroform stent-assisted coiling of large and giant aneurysms: Angiographic and clinical outcomes in 71 consecutive patients. *Neurology India*. [online] 2010. vol. 58, Issue 6, p. 825-832 [cit. 25.11.2013] DOI: 10.4103/0028-3886.73737

GAST, Anjob N. de, SOEPBOER, Aelwyn, SLUZEWSKI, Menno, ROOIJ, Willem J. van, BEUTE, Guus N., 2008. How long does it take to coil an intracranial aneurysm? *Neuroradiology* [online]. 2008. vol. 50, Issue 1, p. 53-56. [cit. 20.10.2013] ISSN 1432-1920 DOI:10.1007/s00234-007-0301-6

GEYIK, Serdar, YAVUZ, Kivilcim, ERGUN, Onur, KOC, Osman, CEKIRGE, Saruhan, SAATCI, Isil, 2008. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with bioactive Cerecyte coils: effects on treatment stability. *Neuroradiology*. [online]. 2008. vol. 50, Issue 9, p. 787-793. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-008-0399-1

GUANGQIAN, Ji, JUN, Wei, YU, Tian. 2012. MRI and MRA Diagnosis of Intracranial Aneurysms. *Applied Mechanics and Materials*. [online] 2012. vol. 140, p. 178-182. [cit. 17.3.2014] DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.140.178

HWANG, Jin Ho, ROH, Hong Gee, CHUN, Young Il, KNAG, Hyun-Seung, CHOI, Jin Woo, MOON, Won-Jin, CHO, Joon, MOON, Chang Taek, KOH, Young Cho, 2011. Endovascular coil embolization of very small intracranial aneurysms. *Neuroradiology*. [online] 2011. vol. 53, Issue 5, p. 349-357. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-010-0735-0

CHALOUHI, Nohra, ALI, Muhammad S., JABBOUR, Pascal M., TJOUMAKARIS, Stavropoula I., GONZALEZ, L. Fernando, ROSENWASSER, Robert H., KOCH, Walter J., DUMONT, Aaron S., 2012. Biology of intracranial aneurysms: role of inflammation. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* [online]. 2012. vol. 32, num. 9, p. 1659-1676. [cit. 20.10.2013] DOI:10.1038/jcbfm.2012.84.

CHALOUHI, Nohra, JABBOUR, Pascal, TJOUMAKARIS, Stavropoula, DUMONT, Aaron S., CHITALE, Rohan, ROSENWASSER, Robert H., GONZALEZ, L. Fernando, 2013. Single-centre experience with balloon-assisted coil embolization of intracranial aneurysms: Safety, efficacy and indications. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. [online] 2013. vol. 115, no. 5, p. 607-613. [cit. 25.11.2013] ISSN 03038467 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clineuro.2012.07.028>

CHEN, Wenhua, YANG, Yilin, XING, Wei, QIU, Jianguo, PENG, Ya, 2010. Application of multislice computed tomographic angiography in diagnosis and

treatment on intracranial aneurysms. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. [online]. 2010. vol 112, p. 563-571. [cit 13.2.2014] DOI: 10.1016/j.clinneuro.2010.04.022

IGASE, Keiji, MATSUBARA, Ichiro, IGASE, Michiya, MIYAZAKI, Hajime, SADAMOTO, Kazuhiro. 2012. Initial Experience in Evaluating the Prevalence of Unrupted Intracranial Aneurysms Detected on 3-Tesla MRI. *Cerebrovascular Diseases*. [online] 2012. vol. 33, no. 4, p. 348-353. [cit. 17.3.2014] DOI: 10.1159/000336015

IZAR, Benjamin, RAI, Ansaar, RAGHURAM, Karthikram, ROTUCK, Jill, CARPENTER, Jeffrey. 2011. Comparison of Devices used for Stent-Assisted Coiling of Intracranial Aneurysms. *Public Library of Science*. [online] 2010. vol 6, Issue 9, p. 1-11 [cit. 13.2.2014] DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0024875>

JAGT, Mathieu van der, FLACH, Zwenneke H., TANGHE, Hervé L. J., BAKKER, Stef L. M., HUNINK, Myriam M. G., KOUDSTAAL, Peter J., LUGT, Aad van der, 2008. Assessment of Feasibility of Endovascular Treatment of Ruptured Intracranial Aneurysms with 16-Detector Row CT Angiography. *Cerebrovascular Diseases*. [online] 2008. vol. 26, p. 482-488. [cit. 13.2.2014] DOI: 10.1159/000155985

JUVELA, Seppo, 2011. Prevalence of and risk factors for intracranial aneurysms. *The Lancet Neurology*. [online] 2011. vol 10, num 7., p. 595-597. [cit. 20.10.2013] DOI:10.1016/S1474-4422(11)70125-9.

KANG, Hyun-Seung, MOON, Won-Jin, ROH, Hong Gee, HAN, Moon Hee, CHOE, Woo Jin, CHO, Joon, MOON, Chang-Taek, KOH, Young Cho, 2008. MR angiographic evaluation is limited in intracranial aneurysms embolized with Nexus coils. *Neuroradiology*. [online] 2008. vol. 50, Issue 2, p. 171-178. [cit. 17.3.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-007-0320-3

KELLINY, Marc, MAEDER, Philippe, BINAGHI, Stefano, LEVIVIER, Marc, REGLI, Luca, MEULI, Reto. 2011. Cerebral aneurysm exclusion by CT angiography based on subarachnoid hemorrhage pattern: a retrospective study. *BMC Neurology*. [online] 2011. vol. 11, p. 1-8. [cit. 13.2.2014] Dostupné z: <http://www.boimedcentral.com/1471-2377/11/8>

KHAN, Shan-Naz Hayat, NICHOLS, Christopher, DePOWELL, John J., ABRUZZO, Todd A., RINGER, Andrew J., 2012. Comparison of coil types in aneurysm recurrence. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. [online] 2012. vol. 114, p. 12-16. [cit. 13.2.2014] DOI: 10.1016/j.clineuro.2011.07.017

KIM, Dong Joon, SUN, Sang Hyun, LEE, Jae Whan, KIM, Byung Moon, LEE, Jae Wook, HUH, Seung Kon, KIM, Dong Ik. 2010. Influences of stents on the outcome of coil embolized intracranial aneurysms: comparison between a stent-remodeled and non-remodeled treatment. *Acta Neurochirurgica*. [online] 2010. vol. 152, Issue 3, p. 423-429. [cit. 25.11.2013] ISSN 0942-0940 DOI: 10.1007/s00701-009-0522-z

KLISCH, Joachim, CLAJUS, Christin, SYCHRA, Vojtech, EGER, Cornelia, STRASILLA, Christoph, ROSAHL, Steffen, GERLACH, Rüdiger, BÄR, Ingrid, HOCH, Heinrich, HERBON, Uta, BOROTA, Ljubisa, JONASSON, Per, LIEBIG, Thomas. 2010. Coil embolization of anterior circulation aneurysms supported by the Solitaire™ AB Neurovascular Remodeling Device. *Neuroradiology*. [online] 2010. vol. 52, Issue 5, p. 349-359. [cit. 25.11.2013] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-009-0568-x

KOZÁK, Jiří. 2012. Intervenční radiologie. In VOMÁČKA, J., NEKULA, J., KOZÁK, J. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. s. 58-64. ISBN 978-80-244-3126-0

KRAJINA, Antonín, PEREGRIN, Jan H. a kol. 2005. *Intervenční radiologie – Miniinvazivní terapie*. 1. vyd. Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005. ISBN 80-86703-08-8

KRAJINA, Antonín, PEREGRIN, Jan H. a kol. 2006. Endovaskulární léčba aneurysmat mozkových tepen. In CHARVÁT, F., MARKALOUS, B. a kol. *ZOBRAZENÍ HLAVY – metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika, CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční radiologie, navigovaná chirurgie*. Praha/Kroměříž: Triton, 2006. s. 534-547. ISBN 80-7254-904-9.

LENG, Bing, ZHENG, Yongtao, REN, Jinma, XU, Qiang, TIAN, Yanlong, XU, Feng. 2013. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with detachable coils:

correlation between aneurysm volume, packing, and angiographic recurrence. *Journal of Neurointerventional Surgery*. [online] 2013. vol. 0, p. 1-5. [cit. 20.10.2013] ISSN 1759-8478 DOI: 10.1136/neurintsurg-2013-010920

LI, Qi, LV, Fajin, LI, Yongmei, LI, Kewei, LUO, Tianyou, XIE, Peng. 2009. Subtraction CT angiography for evaluation of intracranial aneurysms: comparison with conventional CT angiography. *European Radiology*. [online] 2009. vol 19, Issue 9, p. 2261-2267. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1084 DOI: 10.1007/s00330-009-1416-4

LI, Y-D, LI, M-H, GAO, B-L, FANG, C., CHENG, Y-S, WANG, W., LI, W-B, ZHAO, J-G, ZHNAG, P-L, WANG, J., LI, M. 2010. Endovascular treatment of recurrent intracranial aneurysms with re-coiling or covered stents. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. [online] 2010. vol. 81, Issue 1, p. 74-79. [cit. 20.10.2013] ISSN 1468-330X DOI: 10.1136/jnnp.2009.171967

LUBICZ, Boris. 2011. Linear stent-assisted coiling: another way to treat very wide-necked intracranial aneurysms. *Neuroradiology*. [online] 2011. vol. 53, Issue 6, p. 457-459. [cit. 25.11.2013] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-010-0792-4

LUBICZ, Boris, LEFRANC, Florence, BRUNEAU, Michaël, BALÉRIAUX, Danielle, WITTE, Olivier De, 2008. Ballon-assisted coiling of intracranial aneurysms is not associated with a higher complication rate. *Neuroradiology*. [online] 2008. vol. 50, Issue 9, p. 769-776. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-008-0397-3

LUBICZ, Boris, NEUGROSCHL, Carine, COLLIGNON, Laurent, FRANÇOIS, Olivier, BALÉRIAUX, Danielle. 2008. Is digital subtraction angiography still needed for the follow-up of intracranial aneurysms treated by embolisation with detachable coils? *Neuroradiology*. [online] 2008. vol 50, Issue 10, p. 841-848. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-008-0450-2

MATSUMOTO, K., OSHINO, S., SASAKI, M., TSURUZONO, K., TAKETSUNA, S., YOSHIMINE, T., 2013. Incidence of growth and rupture of unruptured intracranial aneurysms followed by serial MRA. *Acta Neurochirurgica*. [online] 2013. vol. 155, Issue 2, p. 211-216. [cit. 17.3.2014] ISSN 0942-0940 DOI: 10.1007/s00701-012-1566-

z

MCKINNEY, A. M., PALMER, C. S., TRUWIT, C. L., KARAGULLE, A., TEKSAM, M. 2008. Detection of Aneurysms by 64-Section Multidetector CT Angiography in Patients Acutely Suspected of Having an Intracranial Aneurysm and Comparison with Digital Subtraction and 3D Rotational Angiography. *American Journal of Neuroradiology*. [online] 2008. vol. 29, Issue 3, p. 594-602. [cit. 13.2.2014] ISSN 1936-959x DOI: 10.3174/ajnr.A0848

MERHEMIC, Zulejha, PANDZA, Haris, THURNHER, Majda M. 2009. Magnetic Resonance Angiography in Diagnosis of Intracranial Aneurysms. *Acta Informatica Medica*. [online] 2009. vol. 17, no. 2, p. 94-99. [cit. 17.3.2014] ISSN 1986-5988 Dostupné z: <http://www.scopemed.org/fulltextpdf.php?mno=6301>

MURAYAMA, Yuichi, NIEN, Yih Lin, DUCKWILER, Gary, GOBIN, Y. Pierre, JAHAN, Reza, FRAZEE, John, MARTIN, Niel, VIÑUELA, Fernando. 2003. Guglielmi Detachable Coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience. *Journal of Neurosurgery*. [online] 2003. vol. 98, no. 5, p. 959-966. [cit. 20.10.2013] ISSN 0022-3085 Dostupné z: <http://thejns.org/doi/pdf/10.3171/jns.2003.98.5.0959>

PIEROT, Laurent, PORTEFAIX, Christophe, BOULIN, Anne, GAUVRIT, Jean-Yves, 2012. Follow-up of coiled intracranial aneurysms: comparison of 3D time-of-flight and contrast-enhanced magnetic resonance angiography at 3T large, prospective series. *European Radiology*. [online] 2012. vol 22, Issue 10., p. 2255-2263. [cit. 17.3.2014] ISSN 1432-1084 DOI: 10.1007/s00330-012-2466-6

PHILLIPS, Timothy J., MITCHELL, Peter J. 2010. Endovascular treatment of intracranial aneurysms. *Imaging in Medicine*. [online] 2010. vol. 2, no. 6, p. 633-657. [cit. 20.10.2013] ISSN 1755-5191 DOI: 10.2217/iim.10.57

SEIDL, Zdeněk, BURGETOVÁ, Andrea, HOFFMANOVÁ, Eva, MAŠEK, Martin, VANĚČKOVÁ, Manuela, VITÁK, Tomáš. 2012. *Radiologie pro studium a praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4108-6

SERAFIN, Zbigniew, STRZEŚNIEWSKI, Piotr, LASEK, Władysław, BEUTH, Wojciech. 2012. Follow-up after embolization of ruptured intracranial aneurysms: A prospective comparison of two dimensional digital subtraction angiography, three-dimensional digital subtraction angiography, and time-of-flight magnetic resonance

angiography. *Neuroradiology*. 2012. vol. 54, Issue 11, p. 1253-1260 [cit. 13.2.2014]
ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-012-1030-z

SHI, Wan-Yin, LI, Yong-Dong, LI, Ming-Hua, GU, Bin-Xian, CHEN, Shi-Wen, WANG, Wu, ZHANG, Bei Lei, LI, Min. 2010. 3D rotational angigography with volume rendering: The utility in the detection of intracranial aneurysms. *Neurology India*. [online] 2010. vol. 58, Issue 6, p. 908-913. [cit. 13.2.2014] DOI: 10.4103/0028-3886.73743

STEINER, Thorsten, JUVELA, Seppo, UNTERBERG, Andreas, JUNG, Carla, FORSTING, Michael, RINKEL, Gabriel. 2012 . European Stroke Organization Guidelines for the Mangement of Intracranial Aneurysms and subarachnoid Haemorrhage. *Cerebrovascular Diseases*. [online] 2013. 35, 93-112. [cit. 20.10.2013] DOI: 10.1159/000346087

SUN, Zhen-Kui, LI, Mei, LI, Ming-Hua, LI, Yong-Dong, SUN, Wen-Ping, ZHU, Yue-Qi, 2012. Fenestrations accompanied by intracranial aneurysms assessed with magnetic resonance angiography. *Neurology India*. [online] 2012. vol. 60, Issue 1, p. 45-49. [cit. 17.3.2014] DOI: 10.4103/0028-3886.93588

TAN, Hua-Qiao, LI, Ming-Hua, LI, Yong-Dong, FANG, Chun, WANG, Jian-Bo, WANG, Wu, WANG, Jue, ZHANG, Pei-Lie, ZHU, Yue-Qi. 2011. Endovascular Reconstruction with the Willis Covered Stent for the Treatment of Large or Giant Intracranial Anueyrmsms. *Cerebrovascular Diseases*. [online] 2011. vol. 31, No. 2, p. 154-162. [cit. 25.11.2013] ISSN 1421-9786 DOI: 10.1159/000321736

TASCHNER, Christian A., THINES, Laurent, EL-MAHDY, Mohamed, RACHDI, Henda, GAUVRIT, Jean-Yves, LEJEUNE, Jean-Paul, PRUVO, Jean-Pierre, LECLERC, Xavier, 2009. GDC 360° for the endovascular treatment of intracranial aneurysms: a matchet-pair study analysis angiographic outcomes with GDC 3D Coils in 38 patients. *Neuroradiology*. [online] 2009. vol 51, Issue 1, p. 45-52. [cit. 13.2.2014] ISSN 1432-1920 DOI: 10.1007/s00234-008-0467-6

UYSAL, Ender, OZTORA, Fatma, OZEL, Alper, ERTURK, Sukru Mehmet, YILDIRIM, Hakan, BASAK, Muzaffer. 2008. Detection and evaluation od intracranial aneurysms with 16-row multislice CT angiography: comaprison with

conventional angiography. *Emergency Radiology*. [online] 2008. vol 15, Issue 5, p. 311-316 [cit. 13.2.2014] ISSN 1438-1435 DOI: 10.1007/s10140-008-0727-0

WANG, Yi-Chou, LIU, Yuan-Chang, HSIEH, Tsung-Che, LEE, Shih-Tseng, LI, Ming-Lung. 2009. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage diagnosis with computed tomographic angiography and OsiriX. *Acta Neurochirurgica*. [online] 2010. vol 152, Issue 2, p. 263-269 [cit. 13.2.2014] ISSN 0942-0940 DOI: 10.1007/s00701-009-0508-x

WITHERS, Kathleen, CAROLAN-REES, Grace, DALE, Megan. 2013. Pipeline™ Embolization Device for the Treatment of Complex Intracranial Aneurysms. *Applied Health Economics and Health Policy*. [online] 2013. vol 11, Issue 1, p.5-13. [cit. 13.2.2014] ISSN 1179-1896 DOI: 10.1007/s40258-012-0005-x

WHITE, Philip M., LEWIS, Stephanie C., GHOLKAR, Anil, SELLAR, Robin J., NAHSER, Hans, COGNARD, Christophe, FORRESTER, Lynn, WARDLAW, Joana M., 2011. Hydrogel-coated coils versus bare platinum coils for endovascular treatment of intracranial aneurysms (HELPS): a randomised controlled trial. *The Lancet*. [online] 2011. vol. 377, Issue 9778, p. 1655-1662 [cit. 25.11.2013] ISSN 01406736 Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/867093761?accountid=16730>

ZHANG, Jingbo, LV, Xianli, YANG, Jun, WU, Zhongxue. 2012. Stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms using Solitaire stent. *Neurology India*. [online] 2012. vol. 60, Issue 3, p. 278-282. [cit. 25.11.2013] DOI: 10.4103/0028-3886.98508

SEZNAM ZKRATEK

2D	Dvojmrozměrný
3D	Trojmrozměrný
ACT	Aktivovaný Koagulační Čas
CT	Výpočetní Tomografie
CTA	Angiografie Výpočetní Tomografií
DSA	Digitální Subtrakční Angiografie
ESO	European Stroke Organisation
FOV	Field Of View
HU	Hounsfieldova Jednotka
ISAT	International Subarachnoid Aneurysm Trial
KL	Kontrastní Látka
MIP	Maximum Intensity Projection
MPR	Multiplanární Rekonstrukce
MR	Magnetická Rezonance
MRA	Angiografie Magnetickou Rezonancí
PAASH	The Prognosis on Admission of Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage
PACS	Picture Archiving and Communication System
PED	Pipeline™ Embolization Device
SAK	Subarachnoidální Krvácení
SSD	Shaded Surface Display
T	Tesla
TE	Echo Time
TOF	Time of Flight
TR	Repetition Time
VR	Volume Rendering
WFNS	World Federation of Neurological Surgeons

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka č.1 Výskyt intrakraniálních aneuryzmat na jednotlivých tepnách.....</i>	10
<i>Tabulka č.2 Popis typů intrakraniálních aneuryzma.....</i>	11
<i>Tabulka č.3 Klinická klasifikace SAK podle Hunta a Hesse).....</i>	14
<i>Tabulka č.4 WFNS a PAASH škály závažnosti SAK s jednotlivými kritérii a předpokládaným úspěchem léčby).....</i>	14
<i>Tabulka č.5 Akviziční parametry pro CT přístroje GE Medical Systems od 1998 do 2007</i>	22
<i>Tabulka č.6 Senzitivita MR angiografie mozkových tepen podle velikosti a lokalizace aneuryzmatu v %</i>	26
<i>Tabulka č.7 Přehled indikací k použití balonkového katetru a jejich vzájemný podíl.....</i>	34

PŘÍLOHY

Příloha č. 1:

Výpis z chorobopisu pacientky postižené intrakraniálním aneurysmatem ve vrcholu větvení arteria basilaris, která podstoupila endovaskulární léčbu ve Fakultní nemocnici Olomouc (FNOL), odkud byly záznamy získány společně s obrazovou dokumentací. Jednotlivé výňatky jsou přepsány a nejsou žádným způsobem upravovány, ani po gramatické stránce.

Záznam z přijetí:

NO: Dnes 15.3.2014 ráno v 7h40 po koitu náhle vzniklá porucha vědomí s křečemi kočetin, pěna u úst. po několika min. spont. úprav, amnézie na událost, poté vertigo, bolest hlavy.

OA: sledovaná int. onem. neguje, dušnost, bolesti na hrudi neguje

Čas přijetí na ER 1: 10h30

Vitální funkce při příchodu: TK 170/90 P 91/min SpO2 100% Df 16/min
TT 36,6C GCS 15

Obj. nález při příchodu: Pac. při vědomí, spolupracuje, komunikuje, oběhově stabilní se sklonem k hypertenzi, fotofobie, unavená, udává bolest hlavy a vetrigo, menieální sydechově suficientní, anikt., acyanot., afeb. Normostenik, hydratace v normě, kolorit normální, kůže bez eflorescencí.

Záznam ze vstupního CT:

CT mozku a CTA mozkových tepen:

Nativně patrný obsah hyperdenzní krve v interpedunkulární cisterně, v bazální cistně, minimální nález také v infratentoriálních cisterách, ve II. a IV. komoře. Mozek bez ložiskových změn, komorový systém přiměřené šíře, bez posunu. Angiogram s vakovitým aneurysmatem ve vrcholu větvení a. basilaris vel. asi 9x7x6 mm. Mozkové tepny bez okluze.

Závěr: SAH při ruptuře aneurysmatu a. basilaris.

Záznam z propouštěcí zprávy dne 24. 03. 2014:

NO: Pa. přijata na JIP NCHK FN OL 15.3.2014 v 14.30 hod z neurologické ambulance nemocnice Šternberk pro CT mozku verifikované subarachnoideální krvácení v bazálních cisternách, Hunt-Hess 2.

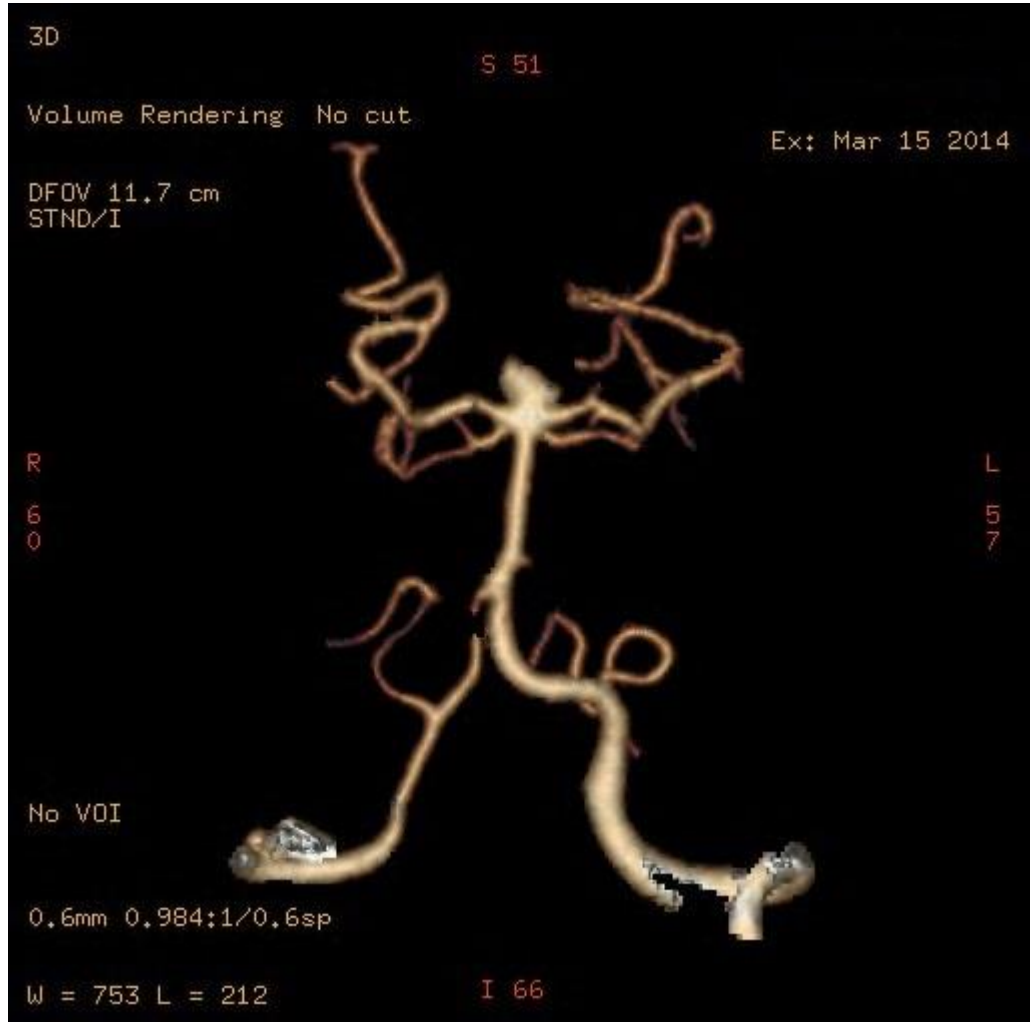
Dne 15.3.2014 v 7.40 hod po koitu náhle vzniklá porucha vědomí s křečemi končetin, pěna u úst. Stav trval několik minut, spontánně odezněl. Amnesie na událost. Udává bolest hlavy, vertigo, fotofobii, nauzeu, nezvracela. Volána RLP, aplikuje Isoket, Torecan, transport na neurol. ambulanci nemocnice Šternberk. Zde provedeno CT mozku s nálezem viz výše. Konzultován neurochirurg, indikuje doplnění CTA_g. Cestou OUP FN OL doplněno CTA_g mozkových cév s průkazem vakovitého aneurysmatu ve vrcholu větvení a.basilaris 9x7x6 mm. Korekce hypertenze a hypokalémie. Po dohodě s neurochirurgem a intervenčním radiologem provedena embolizace aneurysmatu ve vrcholu basilární tepny. Po jeho katetrizaci mikrokatétrem provedena embolizace, postupně aplikovány spirály 6x110 mm, 4x 80 mm, 3 spirály 3x 60 mm. Na kontrolní AG minimální zbytkový tok v krčku aneurysmatu. Po výkonu transport na JIP NCHK FN OL.

Doporučení: do tří dnů od propuštění se hlásit u svého PL, kontrola za týden, kontrolní CT před vyš., poučena o komplikacích.

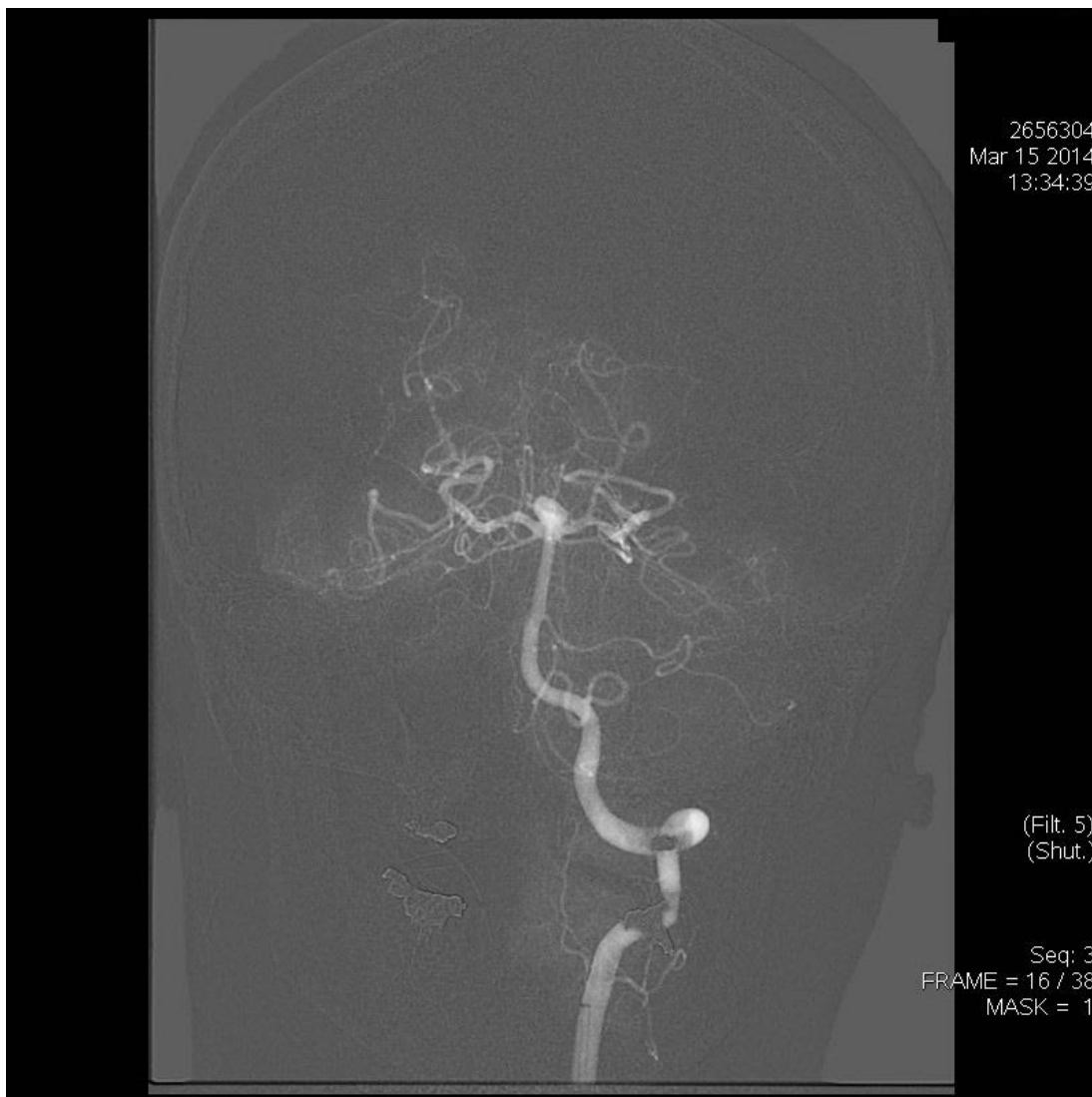
Závěr: Subarachnoideální hemoragie v bazálních cisternách, Hunt Hess 2. Vakovité aneurysma ve vrcholu větvení a.basilaris 9x7x6 mm. Stp. embolizaci aneurysmatu, aplikovány spirály 6x110 mm, 4x 80 mm, 3 spirály 3x 60 mm., 15.3.2014. Retrogradní amnesie na příhodu.

Obrazová dokumentace:

Obrázek č. 1 – CT angiografie mozku v provedené 3D rekonstrukci pomocí VR techniky, Aneuryzma ve vrcholu arteria basilaris. (Zdroj FNOL)



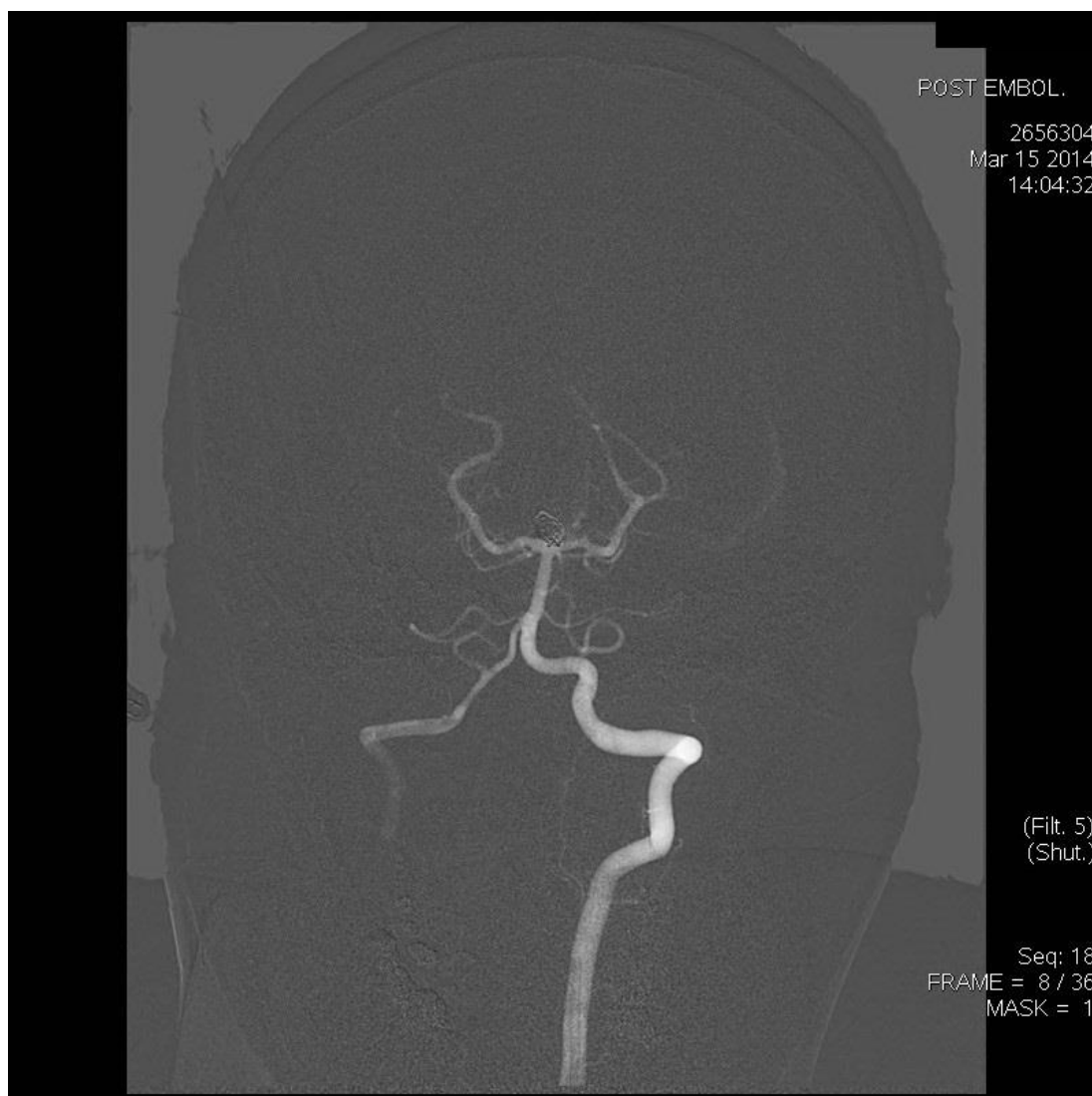
Obrázek č. 1.2 – Digitální subtrakční angiografie ... aneuryzma ve vrcholu arteria basilaris (Zdroj FNOL)



Obrázek č. 1.3 – Digitální subtrakční angiografie s umístěním mikrokatetru ve vaku aneuryzmatu. (Zdroj FNOL)



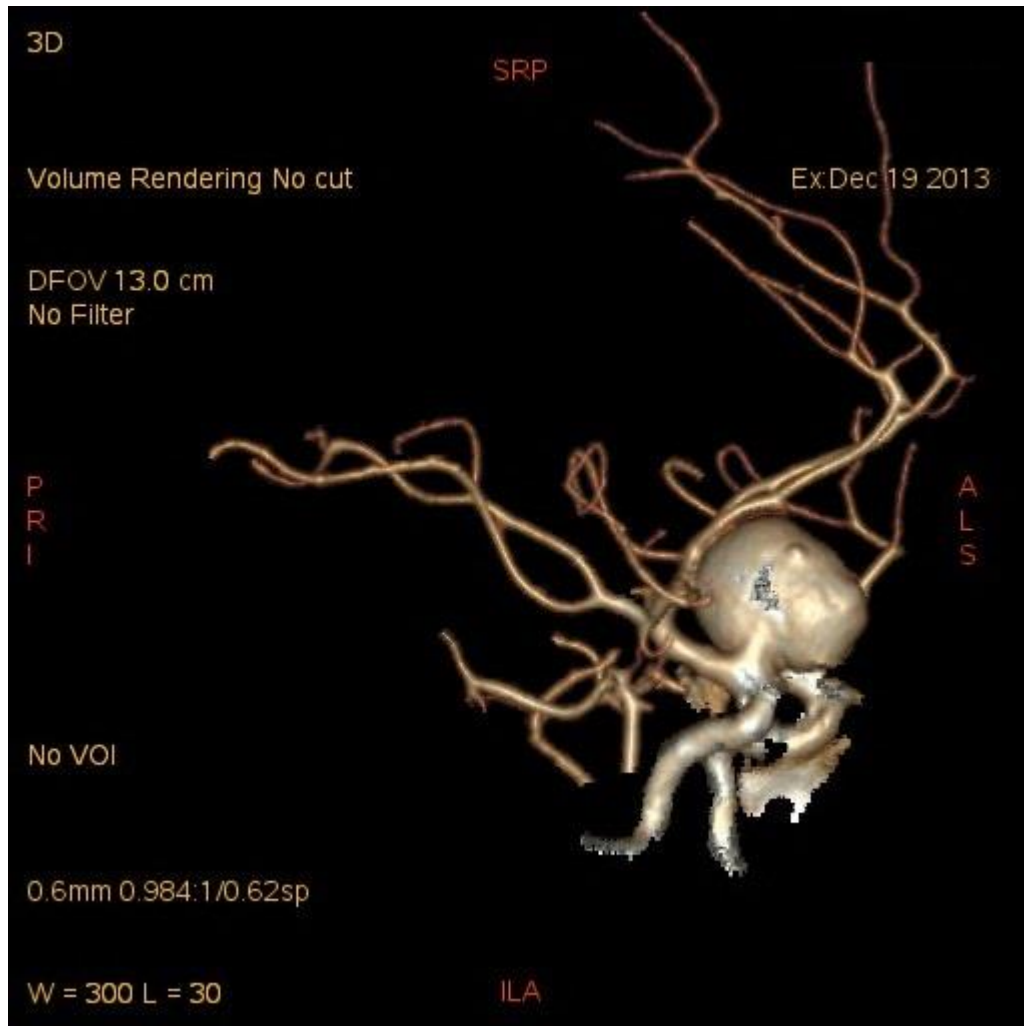
Obrázek č. 1.4 – Digitální subtrakční angiografie... aneuryzma vyplněno coily, čímž je vyřazeno z oběhu. (Zdroj FNOL)



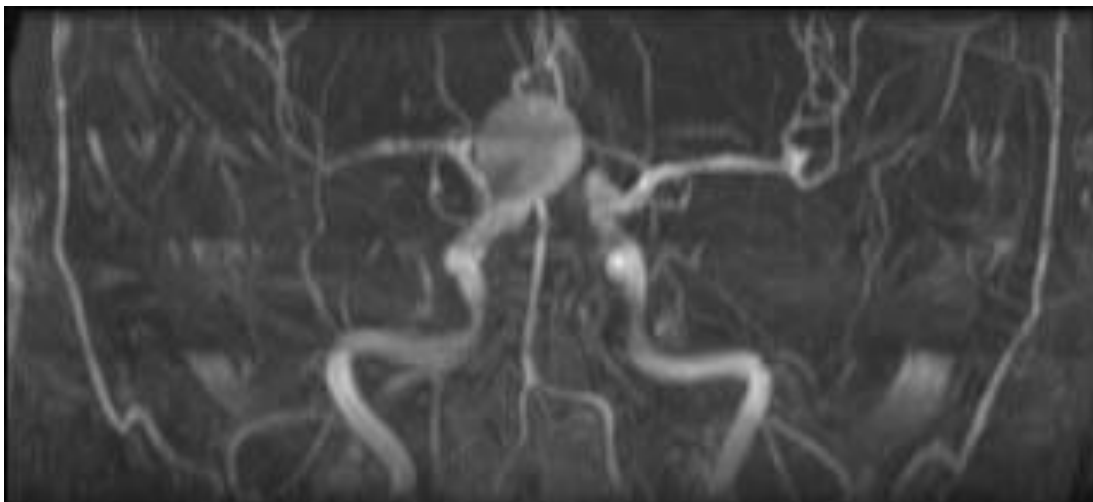
Příloha č. 2:

Obrazová dokumentace diagnostiky a endovaskulární léčby gigantického aneuryzmatu na arterii carotis interna I. dx.

Obrázek č. 2.1 – CT angiografie mozku v 3D rekonstrukci pomocí VR techniky. (Zdroj FNOL)



Obrázek č. 2.2 – MR angiografie mozku v 3D rekonstrukci pomocí MIP techniky. (Zdroj FNOL)



Obrázek č. 2.3 – Digitální subtrakční angiografie. (Zdroj FNOL)



Obrázek č. 2.4 – Digitální subtrakční angiografie ... aneuryzma vyplněno coils a vyřazeno z oběhu. (Zdroj FNOL)

