

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Lucie Bonakovská

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

Lucie Bonakovská

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**POROVNÁNÍ INVAZIVNÍHO A NEINVAZIVNÍHO
VYŠETŘENÍ MOZKOVÝCH TEPEN**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jana Cibulková

PLZEŇ 2015

Prohlášení

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

V Plzni dne 25. 3. 2015.

.....

vlastnoruční podpis

Děkuji MUDr. Janě Cibulkové za odborné vedení práce, dále bych chtěla poděkovat MUDr. Petru Schmiedhuberovi za poskytování rad a materiálních podkladů. A v poslední řadě děkuji pracovníkům FN Plzeň za poskytování odborných rad.

Anotace

Příjmení a jméno: Bonakovská Lucie

Katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

Název práce: Porovnání invazivního a neinvazivního vyšetření mozkových tepen

Vedoucí práce: MUDr. Jana Cibulková

Počet stran – číslované: 51

Počet stran – nečíslované: 9

Počet příloh: 2

Počet titulů použité literatury: 20

Klíčová slova: mozkové tepny, vyšetřovací metody, porovnání, výpočetní tomografie, ultrasonografie, magnetická rezonance, digitální subtrakční angiografie

Souhrn:

Tato bakalářská práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části je popsána anatomie a jednotlivé vyšetřovací metody mozkových tepen a v části druhé jsou zpracovaná statistická data k porovnání jednotlivých zobrazovacích modalit s poukázáním na indikace k vyšetření a celkové četnosti užití invazivních a neinvazivních metod.

Annotation

Surname and name: Bonakovská Lucie

Department: Department of Paramedical Rescue Work and Technical Studies

Title of thesis: Comparison of invasive and non-invasive examination of cerebral arteries

Consultant: MUDr. Jana Cibulková

Number of pages – numbered: 51

Number of pages – unnumbered: 9

Number of appendices: 2

Number of literature items used: 20

Keywords: cerebral arteries, examination methods, comparison, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging, digital subtraction angiography

Summary:

This thesis is divided into two main parts. The first part describes the anatomy and the different examination methods of cerebral arteries and in the second part there is statistically processed data used to compare different imaging modalities with reference to the indication for examination and the overall frequency of use of invasive and non-invasive methods.

Obsah

| | |
|---|----|
| ÚVOD..... | 10 |
| TEORETICKÁ ČÁST..... | 11 |
| 1 ANATOMIE..... | 11 |
| 1.1 Stavba tepny..... | 11 |
| 1.2 Mozkové tepny | 11 |
| 1.2.1 Arteria carotis communis..... | 12 |
| 1.2.2 Arteria carotis externa | 12 |
| 1.2.3 Arteria carotis interna | 12 |
| 1.2.4 Arteria vertebralis | 13 |
| 1.3 Circulus arteriosus Willisii | 14 |
| 2 PATOLOGIE..... | 15 |
| 2.1 Aneuryzma..... | 15 |
| 2.2 Arteriovenózní malformace | 15 |
| 2.3 Ateroskleróza | 16 |
| 2.4 Traumata | 16 |
| 2.5 Disekce..... | 16 |
| 2.6 Vaskulitidy..... | 16 |
| 2.7 Nádory | 17 |
| 2.8 Ischemie | 17 |
| 2.9 Mozková smrt | 17 |
| 2.10 Trombóza | 18 |
| 2.11 Stenóza | 18 |
| 3 INVAZIVNÍ VYŠETŘENÍ MOZKOVÝCH TEPEN..... | 19 |
| 3.1 Digitální subtrakční angiografie | 19 |
| 3.1.1 Indikace a kontraindikace..... | 20 |
| 3.1.2 Samotné vyšetření | 20 |
| 3.1.3 Selektivní angiografie a panangiografie | 21 |
| 3.1.4 Patologické nálezy..... | 21 |
| 3.1.5 Komplikace..... | 21 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4 | NEINVAZIVNÍ VYŠETŘENÍ MOZKOVÝCH TEPEN | 22 |
| 4.1 | Ultrasonografie | 22 |
| 4.1.1 | Indikace a kontraindikace | 23 |
| 4.1.2 | Samotné vyšetření | 23 |
| 4.2 | Výpočetní tomografie | 24 |
| 4.2.1 | Výpočetní tomografická angiografie | 26 |
| 4.3 | Magnetické rezonance | 27 |
| 4.3.1 | Angiografická magnetická rezonance | 27 |
| 5 | KONTRASTNÍ LÁTKY UŽÍVANÉ PŘI VYŠETŘOVÁNÍ MOZKOVÝCH TEPEN | |
| | 30 | |
| 6 | RADIAČNÍ OCHRANA | 32 |
| | PRAKTICKÁ ČÁST | 34 |
| 6.1 | Cíle práce a hypotézy | 34 |
| 6.2 | Metodika | 34 |
| 6.3 | Výsledky | 35 |
| 6.4 | Kazuistika | 42 |
| | DISKUZE | 47 |
| | ZÁVĚR | 51 |
| | SEZNAM ZDROJŮ | 52 |
| | SEZNAM TABULEK | 54 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 55 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 56 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 57 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 58 |
| | PŘÍLOHY | 59 |

ÚVOD

Zásobení mozku okysličenou krví nám umožňují dvě párové tepny, vnitřní karotické tepny (a. carotis interna dx. et sin.) a páteřní tepny (aa. vertebrales), které se v úrovni mozkového kmene spojují v bazilární tepnu (a. basilaris). Bazilární tepna se dále větví a zásobuje další části mozku. Přívod okysličené krve nám zajišťuje správnou funkci mozku a jeho výživu. Mozková tkáň je velice citlivá na dodání kyslíku, tudíž je nutno provést diagnostiku co nejrychleji a nejefektivněji. Způsoby vyšetření mozkových tepen jsou invazivní a neinvazivní. Do invazivního vyšetření mozkových tepen patří katetrizační angiografie a mezi neinvazivní patří ultrasonografie, počítačová tomografie a magnetická rezonance.

Hlavním cílem této práce je zhodnotit dostupnou literaturu a pomocí kvantitativního výzkumu porovnat jednotlivé vyšetřovací metody mozkových tepen v oblasti výpovědní hodnoty vyšetření, rozsahu indikací k vyšetření a porovnání celkové četnosti využití jednotlivých metod.

V teoretické části je popsána anatomie tepen zásobujících mozek, dále jsou rozepsány a popsány patologie, které je možné vidět při provedení vyšetření tepen mozku. Je zde výběr vrozených i získaných patologií, kde nejaktuálnější patologie v dnešní době je získaná patologie zvaná ateroskleróza, která způsobuje ukládání aterosklerotických plátů vně tepny a tím zužuje její průsvit a dochází ke komplikaci v průtoku okysličené krve do mozku. V rámci této komplikace je riziko vzniku cévní mozkové příhody ischemické, kde dochází k postupné ztrátě mozkové funkce.

V praktické části jsme se věnovaly tvorbě ilustračních grafů, které nám znázorňují četnost užití jednotlivých vyšetřovacích metod a grafy poukazující na nejčastější indikaci při vyšetření mozkových tepen jednotlivými zobrazovacími metodami.

Na konci jsme shrnuly obsah práce a porovnali jednotlivé metody vyšetření mozkových tepen, poukázaly na jejich výhody a nevýhody a zhodnotily, která metoda je nejvýhodnější zobrazovací metodou tepenného zásobení mozku.

TEORETICKÁ ČÁST

1 ANATOMIE

Zásobení mozku krví zajišťují především čtyři tepny. Vnitřní karotidy zásobují mozek z 85 % a vertebrální tepny zásobují mozek ze zbývajících 15 %. Hlavním faktorem ovlivňující průtok krve mozkem je věk. U mladých lidí je tok krve v klidném stavu kolem 750ml za minutu, což tvoří přibližně 15 % minutového srdečního objemu, kdežto u lidí starší 50 let se tento tok snižuje. Dále je důležité podotknout, že mozek je velice citlivý na přísun okysličené krve. Jakmile by došlo k poruše dodání krve do mozku a zastavil by se tím její průtok, nastane u nemocného během deseti vteřin bezvědomí. Schopnost nervových buněk přežít bez přísunu okysličené krve je kolem pouhých pěti minut. ⁽¹¹⁾⁽¹⁶⁾

1.1 Stavba tepny

V tepnách proudí krev rychle a s pulzními nárazy na stěnu cévy, proto je nutné, aby stěny tepen byly pevné a elastické. Stěna tepny se skládá ze tří soustředěných vrstev, z vnitřní vrstvy, střední vrstvy a vnější vrstvy. Tunica intima, tedy vnitřní je vystlána plochými endotelovými buňkami a vnitřní elastickou laminou, které dohromady tvoří nesmáčivý povrch cévy. Nejsilnější vrstvou stěny tepny je tunica media, tvořena ze spirálně nebo cirkulárně uspořádaných buněk hladké svaloviny, kolagenními vlákny a elastinem. Vnější vrstva je nazývána tunica adventitia a je taktéž tvořena elastickými a kolagenními vlákny, které slouží ke zlepšení cévní elasticity. Na rozdíl od systémových tepen, mozkové tepny nemají lamina elastica externa, místo ni mají dobře vyvinutou lamina elastica interna. ⁽⁷⁾⁽⁴⁾

1.2 Mozkové tepny

Hlavními tepnami umožňující zásobení mozku krví jsou dvě vertebrální tepny (pravá a levá) a dvě vnitřní karotické tepny (levá a pravá). Přední a střední část mozku nám zásobují párové tepny arteria carotis interna a arteria carotis externa, které jsou větvemi arteria carotis communis. Zadní část mozku nám zásobuje arteria vertebralis. Tyto tepny vytvářejí tzv. Willisův okruh, neboli circulus arteriosus Willisii, který vzniká spojením větví těchto dvou párových tepen na spodině mozku.

1.2.1 Arteria carotis communis

Arteria carotis communis vlevo vystupuje jako přímá větev z aortálního oblouku a na pravé straně tvoří větev truncus brachiocephalicus, který je jednou z přímých větví aortálního oblouku. Obě tepny postupují kraniálně po stranách průdušnice a eosophagu, v těchto místech je pravá a levá arteria carotis communis kryta svaly. Na úrovni štítné chrupavky v tzv. trigonum caroticum se oboustranně arteria carotis communis dělí na arteria carotis interna a arteria carotis externa.

1.2.2 Arteria carotis externa

Arteria carotis externa již výše nepostupuje, větví se směrem ke krku a k obličejí. Probíhá kraniálním směrem k úhlu dolní čelisti, kde následně přechází do prestyloidního úseku a větví se na její terminální větve. Koncové větve vnější karotické tepny jsou arteria maxillaris a arteria temporalis superficialis. Externí karotická tepna zásobuje krční svaly a některé orgány krku, očníci, vnitřní ucho a také mozkové obaly.

1.2.3 Arteria carotis interna

Arteria carotis interna zásobuje mozek a očníci. Z počátku probíhá po stranách hltanu a na krku se dále již nevětví. Postupuje kraniálně skrze canalis caroticus a následně vstupuje do lebeční dutiny. Než arteria carotis interna vstoupí do karotického kanálu je její průběh, označován jako karotický sifón. Nejprve probíhá ve formě esovité kličky a následně opět ve tvaru prohnuté kličky při výstupu z canalis caroticus do lebeční dutiny. Dále v kavernózním sinu probíhá ventrální konvexitou. Tepna dále pokračuje, v karotické rýze, podél bočné strany klínové kosti a skrze kavernózní sinus se dostává pod mozkovou bazi. Zde vysílá větve pro krevní zásobení mozku a očnice. Větvemi zásobující mozek jsou párové arteriae cerebri media a arteriae cerebri anterior, které jsou mezi sebou propojeny pomocí arterie communicans anterior. Dalšími větvemi jsou oboustranné arteriae communicantes posteriores, které slouží ke spojení s arteria cerebri posterior, jež je větví basilární tepny, na levé i pravé straně. Karotickou tepnu lze rozdělit v závislosti na jejím průběhu na pars cervicalis, pars petrosa, pars cavernosa a pars cerebralis. Zejména důležitou oblastí arterie carotis interna je pars cerebralis, kde se vnitřní karotická tepna větví na arteria cerebri anterior a arteria cerebri media.

Karotický sifón je rozsáhlejší počáteční úsek tepny, kde jsou umístěné baroreceptory, které pomocí inervace glossopharyngeálního nervu umožňují upozornění na obrat tlaku krve. Pokud dojde ke stlačení tepny v tomto místě automaticky díky reflexu dochází k poklesu tlaku.

1.3 Circulus arteriosus Willisii

Na mozkovém zásobení se podílí převážně arteria carotis interna, zásobující přední polovinu mozku a arteria vertebralis, zásobující zadní polovinu mozku. V případě, že by došlo k porušení funkce některé z těchto cév, je utvořena přirozená anatomická spojka mezi arteriae carotides internae a arteriae vertebrales, nazývá se Willisův okruh. Willisův okruh tvoří větve vnitřní karotické tepny arteriae cerebrales medias a arteriae cerebrales anteriores, které jsou mezi sebou propojeny příčnou spojkou arteria communicans anterior, a větve basilární tepny arteriae cerebri posteriores, které vysílají vpřed arteriae communicans posteriores. Tím dochází k anastomóze mezi vnitřní karotickou tepnou a vertebrální tepnou. Tento arteriální okruh dokáže vyrovnat tepové vlny pocházející z arteriae carotides internae i arteriae vertebrales a nadále zásobovat krví tepny, které z tohoto okruhu vycházejí. Významnost tohoto kolaterálního oběhu spočívá především při traumatech, uzávěrech způsobené aterosklerotickými pláty a při stlačení nebo obturaci některé z magistrálních mozkových tepen. Kompletně utvořený Willisův okruh má pouze 25 % jednotlivců.⁽⁸⁾⁽⁷⁾

2 PATOLOGIE

Velkým rizikem při výskytu patologií je vznik cévní mozkové příhody. Cévní mozková příhoda neboli iktus je akutní onemocnění, kdy je porucha krevního oběhu mozku. Dochází ke krvácení nebo ischemii. Ischemie, také nedokrevnost, tvoří většinu cévních mozkových příhod. Může vzniknout zúžením tepny a následným ucpáním tepny zásobující mozek. Ke krvácení, což je méně časté, může dojít při traumatu, ruptuře aneuryzmatu, krvácení z arteriovenózních malformací a dalších patologických procesech.⁽⁶⁾

2.1 Aneuryzma

Aneuryzma neboli výduť může být dlouhodobě asymptomatické a projeví se až masivním krvácením, které může vést ke klinicky významné ruptuře a k následnému subarachnoidálnímu krvácení. Aneuryzmata se nejčastěji nacházejí při větvení arterií Willisova okruhu. Výdutě mohou být vrozené či získané. Existuje několik typů aneuryzmat. Aneuryzmata mohou být pravé, kde se jedná o chorobně změněnou cévní stěnu nebo nepravé, také nazýváno pseudoaneuryzma, zde dochází k perforaci stěny cévy a následnému krvácení, přičemž se vytvoří vazivový obal, který omezí krvácení. Dalším typem je mykotická výduť, kde probíhá infekce ze zánětlivého procesu, který nahlodává stěnu tepny. Jako poslední jsou aneuryzmata aterosklerotická, způsobené aterosklerózou, dále disekující aneuryzmata, která vznikají ve stěně cévy s přítomným hematodem, a vakovitá aneuryzmata, u nichž je patrné půlkruhové vyklenutí stěny tepny. Právě vakovitá aneuryzma Willisova okruhu je nejzávažnějším typem aneuryzmat. Aneuryzmata se dle velikosti dělí na baby-aneurysms, kteří jsou menší než 1mm (milimetr), a na giant-aneurysms s velikostí dosahující až několik cm (centimetrů). Stěna cévy může být pokryta zvápněnými pláty a obsahovat krevní sraženiny. Uvnitř výdutí můžeme nalézt smíšený typ krevních sraženin, které jsou složeny z erytrocytů, leukocytů, trombocytů a fibrinu.^{(8) (1) (12)}

2.2 Arteriovenózní malformace

Arteriovenózní malformace jsou patologickým propojením tepenného a žilního systému. Arteriovenózní malformace jsou nejčastěji vrozené (piální) a získané (durální), způsobené traumatem. Je i možnost výskytu smíšených arteriovenózních malformací. Obsahem arteriovenózních malformací mohou být zvápnatělé pláty (kalcifikace) a může dojít k částečné trombotizaci. Piální arteriovenózní malformace se nachází v mozkové tkáni laloků, jsou zásobovány vertebrálním a karotickým cévním systémem.⁽¹⁷⁾

2.3 Ateroskleróza

Ateroskleróza je způsobena nahromaděním aterosklerotických plátů (ateromů) v cévě, což vede k zúžení průsvitu tepny a možnosti následného vzniku trombotického uzávěru. Je to nejčastěji se objevující cévní onemocnění. Nebezpečnost aterosklerotického plátu spočívá v riziku zúžení průtoku krve cévou, kde s dlouhodobým působením ovlivňuje orgán, který je zásobován postiženou tepnou, dochází k atrofii. Na stěnách cév s postupem času vznikají aterosklerotické pláty. Plát se skládá z vápenatých procesů a měkkého cholesterolového plátu. Nejdříve se na intimě objeví nažloutlé tukové stopy, tyto stopy následně nabývají na velikosti a penetrují do cévní stěny, kde se mění na vazivo a tímto vzniká aterosklerotický plát. Pokud dojde k ulceraci aterosklerotického plátu, může to vést k periferní embolizaci. V případě vzniklého zúžení průsvitu tepny je možnost rozvoje trombotického uzávěru. Dále na podkladě aterosklerózy může dojít ke vzniku elongace tepny. Coiling neboli zavnutí tepny je způsobeno závití tepen v prostoru. Pokud se tepna zalamuje je to nazýváno kinking. ^{(1) (12)}

Mezi důsledky aterosklerózy patří ischemie a aneuryzmata. Nedokrevnost může vzniknout z hromadění aterosklerotického plátu, čímž dochází ke zúžení průsvitu cévy až k jejímu uzávěru; když je sraženina nad aterosklerotickým plátem nebo pokud dochází ke krvácení přímo do plátu. ⁽¹⁾

2.4 Traumata

Nejčastěji vznikají jako součást kraniocerebrálního poranění při autonehodách, pádech zejména z výšky a při střelném nebo bodném traumatu. Ke krvácení přímo z tepny může dojít, když je arterie přetřata nebo došlo k bodnému poranění, tento typ krvácení je letální. Při tupém poranění může dojít k trombóze nebo vzniku disekce ve stěně tepny.

2.5 Disekce

Disekce je způsobena krvácením do cévní stěny, může se objevit náhodně (spontánně) nebo po nějakém poranění. Dochází k rozštěpení vnitřní vrstvy cévy a rozdělení lumenu tepny na lumen verum a lumen falsum.

2.6 Vaskulitidy

Jsou to zánětlivá onemocnění, která způsobují zánětlivé léze v oblasti bílé a šedé mozkové hmotě a nekrózu cévní stěny. Dle velikosti této nekrózy je riziko vzniku stenóz nebo uzávěru tepny. Tyto záněty mohou být způsobené infekcemi, sníženou imunodeficiencí, určitými protilátkami anebo mohou vzniknout bez známé příčiny. Častou

příčinou vaskulitid je nadměrné užívání návykových látek. Nejčastěji se vyskytující vaskulitidou je temporální, kde se ve stěně cévy objevuje granulomatózní inflamace a dochází k časté trombotizaci. ⁽¹⁷⁾ ⁽¹²⁾

2.7 Nádory

Hemangiom je nezhoubný nádor, který postihuje cévy. Charakteristika tohoto nádoru je obecně popisována jako klubko patologicky rozšířených cév, ve kterých dochází k stálému protékání krve. Jedná se o asymptomaticky se projevující nádor, který není nijak vážně škodný. Škodným se může stát, jakmile dojde k jeho poranění v důsledku traumatu nebo stlačení což má za následek krvácení. Hemangiomy bývají převážně vrozené a zřídka kdy se vyskytují spontánně v průběhu života. Nelze přímo označit příčinu vzniku těchto nádorů, ale uvádí se souvislost s dědičnými faktory a věkem. ⁽¹⁾ ⁽²⁰⁾

2.8 Ischemie

Ischemie neboli nedokrevnost je stav, kdy mozek není zásobován krví z přívodné tepny, kvůli zúžení nebo uzávěru způsobeno překážkou či vnější kompresí stěny cévy. Již při zúžení tepny dochází k riziku vzniku ischemie, protože pokud dojde k poklesu tlaku krve nebude dostatek krve dopraveno do mozku. Jakmile by došlo k poklesu tlaku nebo ucpání cévy trombem začala by mozková tkáň nekrotizovat z nedostatku krve a to by způsobilo mozkový infarkt. Mozek je velice citlivý na přísun kyslíku, jakmile k tomu nedochází, vzniká poškození, které může být i nevratné a způsobit mozkovou smrt. Stupeň poškození závisí na době trvání nedokrevnosti, celkového stavu nemocného, věku a stavu tepenného řečiště. ⁽¹²⁾

2.9 Mozková smrt

Mozková smrt je nevratné odeznění mozkové funkce. Mozkovou smrt lze potvrdit, jestliže se při nástřiku kontrastní látky do aortálního oblouku naplní nejvzdálenější úseky arteria cerebri anterior (A1) a arteria cerebri media (M1). Při zobrazení arteria vertebralis vidíme naplněný nejdistanější úsek arteria basilaris, bez náplně periferií. Dříve platila absence intrakraniální náplně arteria carotis interna krví, včetně možné náplně arteria carotis externa. ⁽¹⁸⁾ ⁽⁵⁾

2.10 Trombóza

Je to stav, kdy dochází ke srážení krve uvnitř cév na podkladě patologické procesu v cévní stěně (ateroskleróza). Krevní sraženina je nejčastěji přichycena na arteriální stěnu a je složena z trombocytů, leukocytů a fibrinu, a má bělavou barvu. ⁽¹²⁾

2.11 Stenóza

Ke stenóze neboli zúžení tepny může dojít při vyplnění tepny aterosklerotickým plátem, při utlačení tepny vlivem nádoru nebo kvůli traumatu, kdy dojde k náhlému spazmu arterie. Při měření karotických stenóz se užívají kritéria daná studii NASCET a ECST.

3 INVAZIVNÍ VYŠETŘENÍ MOZKOVÝCH TEPEN

Mezi invazivní zobrazovací metody cévního řečiště mozkových tepen se zařazuje angiografie. Angiografii můžeme rozdělit na arteriografii – zobrazení tepen; nebo flebografii – konkrétní zobrazení žilního řečiště. ⁽¹³⁾

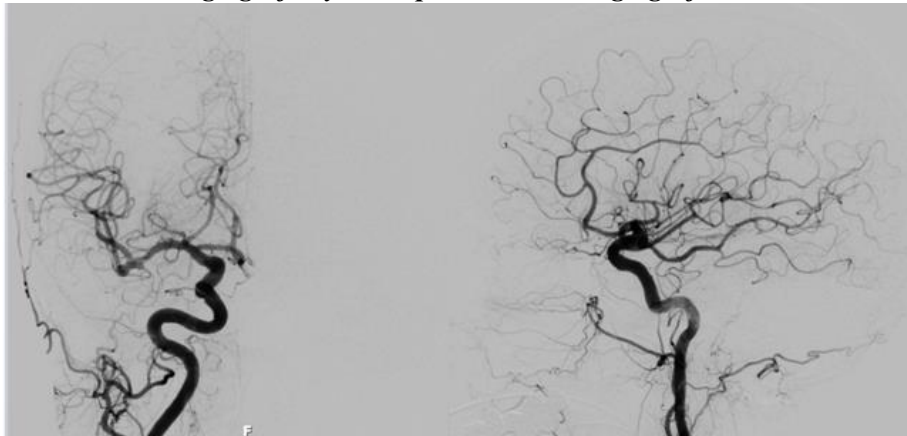
3.1 Digitální subtrakční angiografie

Princip digitální subtrakční angiografie se zakládá na počítačovém porovnání dvou snímků, tedy obrazu s nasyceným cévním řečištěm kontrastní látkou a obrazu bez kontrastní látky (nativním obrazem). Kontrastní látka se aplikuje nejčastěji skrze katétr zavedený do arteria femoralis a následného nástřiku do aortálního oblouku, pokud chceme provést panangiografii nebo selektivně aplikací kontrastní látky do jednotlivých mozkových tepen. Tato metoda oproti klasické angiografii je méně zatěžující pro pacienta zejména v množství záření, díky možnosti subtrakce (odečtení) okolních kostěných struktur a tím získá lepšího zobrazení průběhu cév, je možnost vpravení menšího množství kontrastní látky do oběhu. Do nevýhod DSA lze zařadit méně kvalitní prostorové rozlišení, ale jelikož převahu mají výhody, tak je angiografie nadále užívána. ⁽¹⁵⁾⁽¹³⁾

K obrazové specifitě přispívá nástup trojrozměrné angiografie. Díky níž je možno vytvořit trojrozměrný obraz vyšetřovaných cév, pomocí otáčení rentgenové lampy při souvislém nástřiku kontrastní látky. Tato obrázková data jsou následně digitálně zpracována a tvoří trojrozměrný rekonstruovaný obraz vyšetřovaných tepen. ⁽¹⁰⁾

V rámci vyšetření mozkových tepen s využitím DSA je taktéž možno provádět intervence. Může to být například coiling aneuryzmatu, aplikace stentu, embolizace a další. ⁽⁸⁾

Obrázek 2 Normální angiografický nález při selektivní angiografii *a. carotis communis dextra*



Zdroj: <http://texasradiology.com/neurointerventional/patient-education/>

3.1.1 Indikace a kontraindikace

Indikacemi k vyšetření s užitím digitální subtrakční angiografie jsou tepenné výdutě, uzávěry nebo zúžení tepen, cévnaté nádory, průkaz cerebrálního krvácení včetně zjišťování zdroje a kontrola po intervencích. Angiografie slouží jako rozhodující vyšetřovací metoda při hodnocení smrti mozku. ⁽¹⁰⁾

Mezi kontraindikace se řadí poruchy srážlivosti krve, tepenné uzávěry, renální insuficience, alergie na jód, ateroskleróza a těhotenství.

3.1.2 Samotné vyšetření

Před samotným vyšetřením je nutno, aby lékař odebral anamnézu a zjistil případnou alergii na kontrastní látku; dále aby se zhodnotili laboratorní výsledky a je nutno poučit pacienta o lačnosti před vyšetřením. Pokud jde pacient na angiografické vyšetření, kde bude potřeba systémová anestezie, musí předložit nález z interního vyšetření a to včetně EKG. ⁽¹⁰⁾

Pacient je uložen na vyšetřovací lůžko do polohy na zádech a je zavezen pod C rameno angiografického přístroje. Lékař pacientovi popíše vyšetření a zeptá na případné doplňující informace. Přes pacienta se navleče ochranné prostěradlo s otvorem v místě zájmu. Postupuje Seldingerovou metodou, nejčastěji se zavádí katétr do společné femorální tepny. Další místa aplikace jsou a. brachialis, a. radialis, a. axialis.

Nejprve se dezinfikuje místo vpichu a aplikuje se 20 ml lokálního anestetika, např. Mesocainu. Následně se pomocí skalpelu provede řez v oblasti tříselné rýhy a zavede se jehla, lékař se přesvědčí zdali je v tepně, pokud ano, bude pulzně vytékat krev. Do jehly se zavede krátký vodič a po jeho zavedení dostatečně hluboko se jehla odstraní. Dále podél vodiče zavedeme sheath, sheath je zaváděč se dvěma otvory, první je opatřen chlopní a tedy nemůže krev vytékat a druhý je opatřen zátkou, kterou je možno aplikovat např. fyziologický roztok. Sheath se v místě ponechá, zatímco krátký vodič se vyjme a na jeho místo se zavede delší vodič. Délka vodiče se odvíjí podle umístění cílové vyšetřovací oblasti. Po vodiči následně zavedeme zvolený katétr. Headhunter, Davis nebo Simmons. ⁽⁸⁾

Dále dochází k nástřiku kontrastní látky do aortálního oblouku nebo do konkrétní tepny k zobrazení tepenného zásobení mozku. Pomocí DSA se odečtou obrazy bez náplně kontrastní látky a s její náplní, abychom získali kvalitní obraz pouze cévního řečiště. Pokud je vyšetření provedeno a nebude se provádět intervence, tak se vyjme zavedený katétr a komprimuje se místo vpichu po dobu dvaceti minut.

3.1.3 Selektivní angiografie a panangiografie

Při angiografii karotid z předozadní projekce sledujeme průběh arteriae carotis v pars cervicalis a intrakraniálním úseku, následně průběh přední a střední mozkové tepny. Z bočné projekce sledujeme rozdělení arteria carotis communis, průběh arteria carotis interna a její větvení na tepny zásobující oční a mozek. Popřípadě je možno popsat náplň arteria communicans posterior a zadní mozkové tepny.

Při provádění angiografie vertebrálních tepen sledujeme průběh páteřní tepny, její větve zásobující mozeček, arterii basilaris a následné pokračování do zadních tepen mozkových. ⁽¹⁰⁾

Při panangiografii mozkových tepen sledujeme současný postupný průběh náplně obou párů tepen zásobujících mozek směrem kranálně z arcus aortae.

3.1.4 Patologické nálezy

Při vyšetření mozkových tepen pomocí digitální subtrakční angiografie můžeme nalézt různé patologie. Na tepně můžeme zpozorovat aterosklerózu na stěně cévy, tepenné zúžení, různě umístěné tepenné obliterace, aneuryzmata, arteriovenózní malformace, hematomy anebo chybějící kontrastní náplň cév, která je zapříčiněna těžkým mozkovým otokem. ⁽¹⁰⁾

3.1.5 Komplikace

Ke komplikacím angiografie patří zejména komplikace v místě vpichu. K těm patří vznik krevního výronu, pseudoaneuryzmatu a riziko vzniku patologické komunikace mezi žilním a tepenným řečištěm (píštěl). Komplikací po vyšetření také může být projev senzitivity na podání kontrastní látky. ⁽¹⁰⁾

4 NEINVAZIVNÍ VYŠETŘENÍ MOZKOVÝCH TEPEN

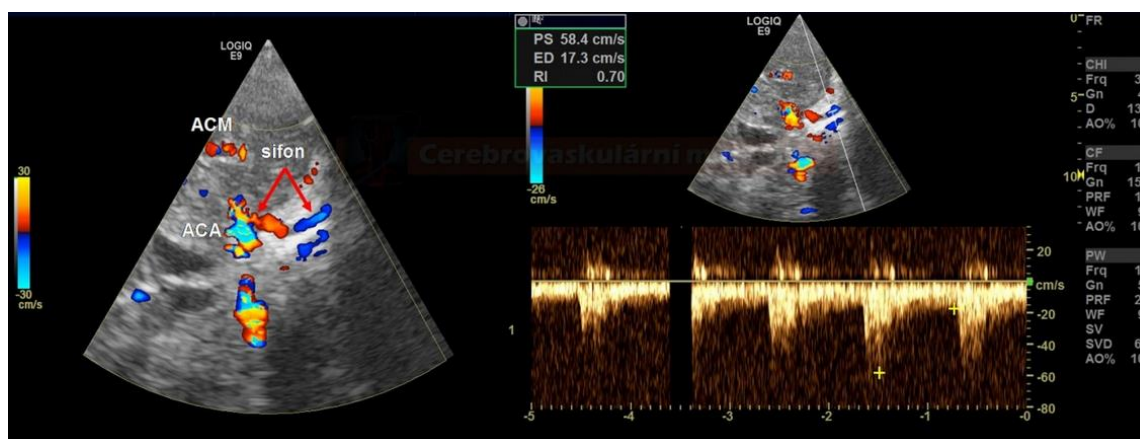
Mezi neinvazivní zobrazovací metody cévního řečiště mozkových tepen se zařazuje ultrasonografie s užitím Dopplerova jevu, angiografická výpočetní tomografie a angiografická magnetická rezonance.

4.1 Ultrasonografie

Princip sonografie je založen na zachytávání odrazového signálu tkáně po vysílání ultrazvukových vln. Při sonografii se využívá piezoelektrického jevu probíhajícího v piezoelektrickém měniči v hlavici sondy. Piezoelektrický jev neboli mechanické vlnění spočívá v deformaci, tudíž v kontrakci a rozpínání, krystalů pomocí opakovaného dodávání elektrického proudu (impulsů). Ultrazvuková prostupnost, též akustická impedance, a hbitost procházení ultrazvuku je v každém prostředí individuální dle typu tkáně. V místě rozhraní dvou a více struktur s rozdílnou prostupností, dochází pouze k dílčí odezvě ultrazvukových vln. Aby bylo možné snížit impedanci u vzduchu, který ji má velmi vysokou, je nutno zajistit vhodné prostředí, tudíž aplikovat gel na povrch sondy. Dále aby vyšetření mělo dostatečnou výpovědní hodnotu, je lepší použít ultrazvukový přístroj, který má možnost užívat duplexní dopplerovskou sonografie, včetně mapování krevního toku s barevným záznamem a zároveň záznamem dopplerovské energie. Díky barevnému záznamu lze vyšetření provést rychleji a snadněji, napomáhá lepšímu odlišení tepen (cév). Při vyšetřování tepen zásobující mozek využíváme lineární (multifrekvenční) sondu o frekvenci 5 - 8 MHz. Když vyšetřujeme proximální část vertebrálních tepen u lidí s krátkým a silným krkem je někdy lepší použít sektorovou sondu s frekvencí 5 MHz.

Další možností kromě užití klasické dopplerovské techniky je možno provést transkraniální dopplerovskou sonografií s možností detekce průtoku krve intrakraniálními tepnami. Je možnost zhodnotit průtok krve pomocí barevně kódované duplexní sonografie. TCD/TCCD lze provést z několika přístupů: transtemporálně, transforaminálně a nebo transorbitálně. Tento způsob vyšetření provádí lékař se specializací v neurosonologii. Slouží k diagnostice okluzí u CMP, stenóz a jiných cévních patologiích a k průkazu smrti mozku. ⁽¹⁹⁾

Obrázek 3 Vyšetření karotického sifonu z koronárního řezu pomocí TCCD



Zdroj: <http://cmp-manual.wbs.cz/7102-transkraniální.html>

4.1.1 Indikace a kontraindikace

Indikací k ultrasonografickému vyšetření mozkových tepen patří podezření a průkaz stenóz, obliterací, aneuryzmat, arteriovenózních malformací a disekcí tepny. Dále může být sonografie indikována pro nejasné příčiny silné bolesti hlavy, kontroly po intervenci nebo jako předoperační vyšetření.

4.1.2 Samotné vyšetření

Před zahájením vyšetření edukujeme pacienta, aby po dobu vyšetření byl uvolněný, nehýbal sebou, v klidu dýchal a nepolykal, pokud to bude dosažitelné. Tímto předejdeme možnému vzniku artefaktů znehodnocujících výsledek hodnocení. Pacient zaujme polohu v leže na zádech a hlavou se pootočí na nevyšetřovanou stranu a lze-li to, tak hlavu mírně zakloní.

V části první vyšetřujeme, ve dvojrozměrném obraze v reálném čase. Zpravidla začínáme příčnými řezy karotického řečiště, na levé straně. Sledujeme průběh arteria carotis communis a jejích větví a z kaudokraniálního směru, tedy od distálního okraje krku po dolní okraj baze lební. Při tomto vyšetření zároveň posuzujeme vztah vena jugularis k tepennému řečišti, její šíři, umístění a průchodnost. Dále sledujeme okolí velkých tepen, zvláště v místě bifurkace, kde je možno nalézt různé patologie. Užití mapování krevního toku v barvě nám umožní v transverzálním řezu lépe definovat anatomické poměry a podá základní vyhodnocení průtoku. V části druhé vyšetřujeme velké krční cévy, především společnou krkavici, její bulbus a její větve: arteria carotis interna a arteria carotis externa, v podélných řezech. Opět využíváme možnosti barevného mapování, které nám umožní zjistit umístění krkavic a sledovat směr a rychlost toku krve v těchto tepnách. Dále můžeme pomocí vyobrazení dopplerovské energie kvalitně zobrazit krev proudící v cévě, ale za cenu ztráty informace o směru toku. V části třetí již vyšetřujeme pomocí spektrální

dopplerovské metody. Po nastavení správného zobrazení můžeme teprve zaznamenávat spektrální křivky. Jako standard se považuje takto vyšetřit arteria carotis communis při jejím proximálním probíhání před karotickým bulbem. Dále je nutno vyšetřit arteria carotis externa při výstupu ze sinus caroticus až za její větve a arteria carotis interna se vyšetřuje od odstupu z karotického bulbu po bazi lebni. Jakmile máme křivky zafixované můžeme měřit rychlost toku krve ve vrcholu systoly a na konci diastoly. ⁽⁹⁾

4.2 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie je radiologická vyšetřovací metoda, která umožňuje dvojrozměrné i trojrozměrné zobrazení orgánů uvnitř těla prostřednictvím rentgenového záření, díky digitálnímu zpracování dat. Při průchodu vyšetřovanou částí je svazek záření zeslabován. Dnes jsou nejpoužívanější přístroje 3. generace, kde je záření kolimováno do tvaru vějíře a prošlé záření je zaznamenáno velkým počtem detektorů uložených na kruhovém oblouku v několika řadách. To nám dává možnost snímat více řezů najednou. Dopadající záření je registrováno v detektorech a převedeno na elektrický signál, který je následně zpracován počítačem. Obraz je tvořen maticí obvykle o velikosti 512x512 bodů.

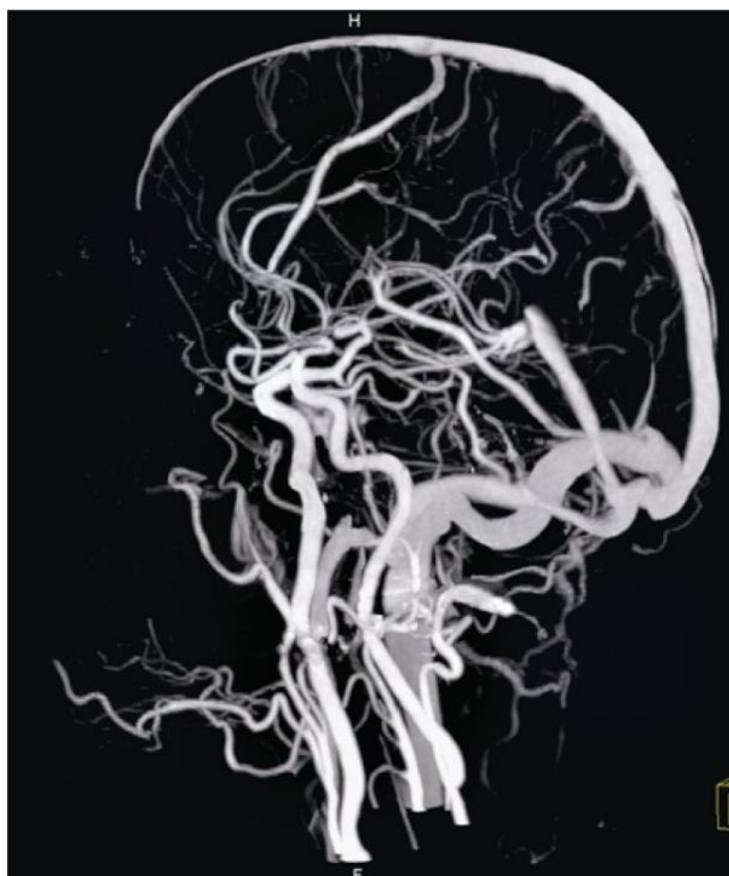
Denzita je stupeň zeslabení záření v určitých místech vyšetřované části a je popisována v Hounsfieldových jednotkách. Stupnice denzit má tři orientační body. V místě -1000 HU je denzita vzduchu, v 0 HU denzita vody a v +1000 HU je denzita kosti. Denzita je na CT obraze znázorněna ve stupnici šedi, ale lidské oko je schopno rozeznat pouze přibližně 16 odstínů je tedy nutno vymezit si okénko. Díky okénku můžeme ohraničit jen určitou oblast z celé stupnice a tím získáme informace o tkáních s odlišnou denzitou. ⁽¹³⁾

V současnosti jsou téměř všechny výpočetní tomografy vybaveny systémem několika prstencových detektorů umístěných vedle sebe v podélném (axiálním) směru, nazývá se MDCT (Multi Detector Computed Tomography). Jedná se o tzv. Multi-slice CT přístroje, které nám snímají více tenkých (transverzálních) řezů současně. Dále máme spirální neboli helikální CT, kde se rotačně (kruhovými pohyby) pohybuje soubor rentgenka – detektory a ve stejnou dobu se pacient na vyšetřovacím stole pomalu posouvá skrze gantry. Další zlepšení v technice výpočetní tomografie bylo při sestavení přístrojů, které využívají systému dvou rentgenek a detektorů (uložených kolmo na sebe) – Dual Source a Dual Energy CT (DSCT). Tento systém umožní snímání současně stejný objekt za určitých podmínek. Lze užít obě rentgenky, pracující při stejném napětí, ke zkrácení celkové doby vyšetření a ke zvýšení rychlosti akvizice dat. Nebo je možno využít obě rentgenky, které ale pracují při různém anodovém napětí a zároveň s možností snímat při

dvou odlišných energií. Touto metodou lze získat obraz téhož místa, ale s různou denzitou, který nám pomáhá odlišovat a detailněji zobrazovat druhy tkáně (např. kosti, cévy, tukovou tkáň atd.), případné kalcifikace, specifikovat distribuci kontrastní látky v organismu a případně osvětlit nějaké nejasnosti. ⁽¹⁸⁾

Dávku obdrženou při vyšetření výpočetní tomografií lze ovlivnit pomocí napětí na rentgence, proudu rentgenky, součinu mAs, doby rotace, tloušťky vrstvy a hodnotou pitch. Platí, že čím vyšší napětí na rentgence, tím větší je obdržená dávka. Obdržená dávka je větší pokud dojde ke zvýšení proudu rentgenky. Pokud dojde ke zvýšení součinu mAs, dojde i ke zvýšení dávky. Obdobně je na tom rotační doba a tloušťka vrstvy, kde platí, že čím delší doba rotace, tím větší dávka a čím silnější jsou vrstvy, tím je dávka větší. U hodnot pitch neboli hodnoty posunu stolu, platí, že čím nižší hodnota tím větší je dávka obdržená pacientem. ⁽¹⁸⁾

Obrázek 4CTAG mozkových tepen s užitím DSCT v MIP rekonstrukci



Zdroj: <http://www.healthcare.siemens.com/computed-tomography/case-studies/dual-energy-head-and-neck-cta>

4.2.1 Výpočetní tomografická angiografie

CT angiografie je forma trojrozměrné výpočetní tomografie, ve které je počítač zaměřen na vytvoření trojrozměrných rekonstrukcí nebo vymodelování částí cévního systému. Ke snímání vyšetřovaného úseku těla je zapotřebí vysokorychlostní výpočetní tomograf, který stihne zachytit danou část při nasycení cévního systému bolusem kontrastní látky. Ultrarychlé multi detektorové skenery mohou produkovat vysoce kvalitní trojrozměrné CT angiogramy, které jsou schopny detailně zobrazit tepenné a žilní struktury. Kontrastní látka je aplikována intravenózně, takže není nutnost zavedení angiografických katétrů. ⁽¹⁴⁾

Tato metoda oproti klasické angiografii má mnoho výhod, jednou z nich je menší invazivita vyšetření, dále rychlejší průběh vyšetření a možnost provádět CT angiografii ambulantně.

4.2.1.1 Indikace a kontraindikace

Mezi indikace k provedení výpočetní tomografické angiografie patří zejména detekce krvácení, poškození lebky, cévní mozková příhoda, detekce stenóz nebo dalších cévních onemocnění a kontrola po intervencích.

Jelikož je výpočetní tomografie metodou využívající rentgenové záření, tak jednou z kontraindikací je gravidita, dále jsou to kontraindikace spojené s podáním jodové kontrastní látky. ⁽¹⁸⁾

4.2.1.2 Samotné vyšetření

Pokud jde pacient pouze na nativní vyšetření tak není nutná žádná speciální příprava, kdežto když jde pacient na vyšetření s užitím kontrastní látky je nutno dodržet určité předpisy. Je důležité zajistit dostatečnou hydrataci před vyšetřením. Před samotným vyšetřením by měl být pacient již minimálně 4 hodiny lačný a zajistí se periferní cévní přístup. Před vyšetřením by měla být známa aktuální hladina kreatininu v krvi pacienta, pro prevenci kontrastní nefropatie, obzvláště když je podezření na onemocnění ledvin pacienta. Dále při sběru anamnézy o pacientovi musíme dbát na prokázání přítomnosti alergie na jód, jelikož se využívají jodové kontrastní látky. Pokud je zjištěna alergie na jód, tak se musí provést tzv. antialergická příprava, kde se předepíše pacientovi kortikoidní preparáty, které užije jako premedikaci před vyšetřením. Jako příklad kortikoidního preparátu lze uvést Prednison, potlačující projevy alergické reakce.

Aplikace kontrastní látky je dynamická s podáním 80-90 ml kontrastní látky a průtok činí 3 ml za sekundu. ⁽¹⁸⁾

4.3 Magnetické rezonance

Princip magnetické rezonance vychází z registrace změn magnetických momentů po aplikaci radiofrekvenčních impulzů. Tyto změny probíhají u skupin jader prvků s lichým protonovým číslem, které jsou uloženy v magnetickém poli. Užívá se atom vodíku, který obsahuje jeden proton v jádře a je obsažen ve vodě a tucích. Když se vyšetřovaná oblast vloží do magnetického pole, dojde k usměrnění spinů (rotace atomu jádra kolem vlastní osy) protonů do jednoho stejného směru. Magnetický moment v silném zevním magnetickém poli vykazuje spin a precesi. Precese je pohyb po povrchu imaginárního kužele. Pokud se aplikuje radiofrekvenční impulz o stejné frekvenci jako je frekvence precese protonů dochází k určitému úhlovému vychýlení z magnetického momentu a k souběžné precesi protonů. Jakmile se zastaví dodání radiofrekvenčních impulzů dochází ke zpětnému návratu, toto období se nazývá relaxační čas. Relaxační čas T1 je doba, která je nutná k navrácení vychýleného magnetického momentu a relaxační čas T2 je doba, kdy dochází k rozsynchronizaci precese. Oba tyto časy není možné přímo změřit, proto se porovnávají jejich rozdíly. Ze signálu získaného z radiofrekvenčních impulzů lze měřit jeho velikost a přijímat ho za pomoci přijímacích cívek. Cívky se využívají k přijímání a odesílání signálů. Je důležité, aby přijímací cívka byla co nejbližší vyšetřovanému objektu, tím se docílí kvalitnějšího obrazu, z toho důvodu jsou vyrobeny speciální cívky na různé části těla. K zisku měřitelného signálu je zapotřebí soubor radiofrekvenčních impulzů tento soubor je nazýván sekvencí.⁽¹³⁾

4.3.1 Angiografická magnetická rezonance

Angiografická magnetická rezonance je metodou vyobrazení krevního toku vyvozenou z vlastností tekutiny (krve) pohybující se v gradientním magnetickém poli při vybuzení radiofrekvenčním impulzem. Je to způsob vyšetření, který nevyžaduje katetrizaci a je tedy neinvazivní. Je možno touto metodou vyšetřit pacienta ambulantně a zobrazit daný objekt ve dvourozměrných projekcích v jakékoliv námi zvolené rovině nebo trojrozměrných rekonstrukcích.

Velkou odlišností od klasické angiografie je skutečnost, že angiografie magnetickou rezonancí užívá určitý fyzikální jev tzv. flow void fenomén, spojený s krevním tokem, tudíž nezobrazuje reálnou krev. Jev, který se zde užívá, při vyšetření zejména intrakraniálních mozkových tepen je fenomén in-flow (time-of-flight), kde není potřeba aplikace kontrastní látky, jelikož spočívá ve využití vlastností protonů, které se

pohybují v magnetickém poli. Díky tomuto jevu je možno anatomicky vyobrazit parenchym, získat angiogramy a zjistit průtok a rychlost toku krve. Výhodou angiografické magnetické rezonance je možnost nahlédnutí do příčného průřezu cévní stěny v jakékoliv rovině a tím lépe diagnostikovat různé stenózy, cévní malformaci nebo popřípadě i aneuryzmata. ^{(5) (8)}

Obrázek 5MRA s aplikací paramagnetické kontrastní látky



Zdroj: LINEY, Gary. *MRI in clinical practice*. London: Springer-Verlag, c2006, viii, 144 p. ISBN 978-184-6281-617.

Je možno aplikovat paramagnetickou kontrastní látku a tím zkrátit T1 relaxační čas k zobrazení průchodu bolu cévním řečištěm. Důležité pro kvalitní vyšetření je časné zachycení bolu a správné spuštění akvizice. ⁽⁸⁾

4.3.1.1 Indikace a kontraindikace

Indikací k angiografii magnetickou rezonancí jsou nitrolební aneuryzmata vznikající na tepnách, arteriovenózní malformace, stenózy cév, cévní stlačení nervu, pokud

po cévních intervencích je nutná kontrola anebo jestliže je kontraindikace k provedení digitální subtrakční angiografii.

Mezi absolutní kontraindikace se řadí feromagnetické kovy, tudíž Co, Fe a Ni. Dále k nim patří zařízení fungující na bázi elektromagnetické nebo elektrické energie, například kochleární implantáty a kardiostimulátory. Při působení magnetického pole dochází k ohřevu a pohybům v kovových objektech. Některé kovy způsobují artefakty a tím znemožňují reálné hodnocení výsledného obrazu. Mezi relativní kontraindikaci se řadí klaustrofobie (strach z uzavřených nebo stísněných prostor), s tím související neklid pacienta a vážný zdravotní stav. ⁽¹⁸⁾

4.3.1.2 Samotné vyšetření

Příprava před magnetickou rezonancí není v podstatě nutná, lze provést vyšetření i u pacienta, který není lačný. Pokud pacient trpí klaustrofobií tak je možné aplikovat sedativa. Je zejména nutné před vyšetřením důkladně odebrání anamnézy ke zjištění jakékoliv přítomnosti kovových objektů v těle pacienta. V dnešní době již existují magneticky kompatibilní kardiostimulátory, ale provádění vyšetření s nimi je i přes zaručení kompatibility náročná. Je nutno, aby pacient měl písemný doklad s razítkem a podpisem jeho ošetřujícího lékaře s tvrzením, že kardiostimulátor a jeho příslušné elektrody jsou MR kompatibilní. Dále je nutno, aby při vyšetření byl přítomen technik spravující kardiostimulátor a kardiolog. Vyšetření lze provádět od spodního okraje mandibuly kraniálně a od diaphragmy kaudálně. Při provádění skenování nesmí být kardiostimulátor ve středu oblasti zájmu, vynechává se hrudník.

Pacient se položí na posuvné vyšetřovací lůžko, umístí se mu do ruky signalizační zařízení a na uši se mu nasadí sluchátka, tyto sluchátka slouží ke tlumení hluku. Na pacienta je nasazena a připevněna do speciálních úchytů příslušná cívka, v tomto případě hlavová. Pacient se zaveze do gantry (bore) a nastaví se umístění laserového indikátoru. Tento indikátor nám označuje místo, ze kterého se začne spouštět snímkování. Na počítači se navolí protokol určený k angiografii mozkových tepen a spustí se akvizice. Doba vyšetření se pohybuje v rozmezí 20-30 minut. ⁽¹⁸⁾

5 KONTRASTNÍ LÁTKY UŽÍVANÉ PŘI VYŠETŘOVÁNÍ MOZKOVÝCH TEPEN

Aby byl výsledný obraz vyšetření hodnotitelný, a zřetelný je nutné dosažení té nejlepší kvality, tudíž dostatečné ostrosti a kontrastu, vedoucí k dobrému rozlišení struktur. S aplikací kontrastní látky se nám tedy zvyšuje specifita a senzitivita užívané vyšetřovací metody. Kontrastní látky vylučující se ledvinami (nefrotropně) nesou s sebou riziko poškození ledvinné funkce. Je tedy nutná dostatečná hydratace pacienta před a po vyšetření a provedení laboratorního vyšetření sérového kreatininu. Po vyšetření je také důležitá kontrola vyšetřovaného radiologickým asistentem nebo ošetřovatelského personálu pro vznik případných nežádoucích účinků. ⁽¹⁸⁾

Při vyšetření pomocí výpočetní tomografie, katetrizační angiografie s užitím DSA, se využívají jodové kontrastní látky. Tyto kontrastní látky jsou nejčastěji vodné, nejlépe neionizující, složené z benzenového jádra a tří atomů jódu. Vylučují se nefrotropně. U jodových kontrastních látek je riziko vzniku vedlejších reakcí, nejdůležitější jsou alergické, které se objeví bez závislosti na množství podané látky. Dále je riziko vzniku kontrastní nefropatie, která se projevuje renálním selháním. Je způsobena nahromaděním kontrastní látky v těle pacienta, vysokou osmolaritou a častým podáním látky.

Jako rizikového pacienta lze považovat pacienta trpící polyvalentními alergiemi, alergií na jod nebo průduškovým astmatem. Pro tyto pacienty je připraven speciální postup před vyšetřením. Je nutno zajistit, aby pacient užil kortikosteroid před vyšetřením, konkrétně Prednison, 40mg minimálně dvanáct hodin před aplikací jodové kontrastní látky a 20mg šest až devět hodin před aplikací kontrastu. Pokud se jedná o neodkladný případ, kde není možnost řádného připravení pacienta, aplikuje se intravenózně antihistaminikum a kortikoidy. ⁽¹⁸⁾

Kontraindikacemi k podání jodové kontrastní látky je alergie na jód, renální insuficience s hladinou sérového kreatininu nad 300 $\mu\text{mol/l}$, plánovaná diagnostika nebo léčba radioaktivními izotopy jódu a mnohočetný myelom.

V magnetické rezonanci se kontrastní látky užívají málokdy, jelikož jsou různé měkké tkáně i bez použití nasycovacího materiálu proti sobě kontrastní, projevují odlišný signál. Pokud se kontrastní látka aplikuje, dochází k alteraci magnetických vlastností protonů a k následnému ovlivnění výše koncového signálu tkáně. Dochází ke zkrácování T1 relaxačního času, tkáně do kterých kontrastní látka pronikne se stávají hypersignálními v T1 vážených sekvencích. Nejčastěji se jako kontrastní látka v magnetické rezonanci

používají cheláty gadolinia (Gd-DTPA) převážně intravenózní aplikací a vylučují se ledvinami.

Na rozdíl od jodových kontrastních látek používaných při vyšetření pomocí ionizujícího záření jsou kontrastní látky užívané při magnetické rezonanci mnohem menším rizikem, co se týče alergií. Dále je oproti jodovým kontrastním látkám aplikováno mnohem menší množství látky, kolem 1 ml kontrastní látky na 10 kg hmotnosti vyšetřovaného.

6 RADIAČNÍ OCHRANA

Ionizující záření působí na molekuly deoxyribonukleové kyseliny a ve značné míře vyvolá zlomy, které mají za indukci buněčné poškození. Dále mohou vlivem záření na chromozomech vznikat morfologické a početní změny, dochází k alteraci genetické informace, kvůli mutagennímu efektu záření na DNA.

Záměr radiační ochrany spočívá v potlačení deterministických účinků a zredukování pravděpodobnosti výskytu stochastických účinků ionizujícího záření. Deterministické biologické účinky souvisejí s jednorázovým množstvím aplikované dávky na tělo vyšetřovaného. Jejich vznik podmiňuje prahové maximum ozářené tkáně, platí čím vyšší dávka, tím závažněji reaguje ozářovaná tkáň. Tyto účinky se označují jako časné, jelikož se projevují v denním až týdenním intervalu. Příkladem deterministických účinků jsou akutní nemoci z ozáření, akutní místní změny, pozdní chronická radiační dermatitida a šedý zákal. Situace u stochastických účinků je odlišná, neboť tyto reakce na záření vznikají zcela sporadicky a bez limitu maximální dávky. Tyto biologické účinky jsou založeny na principu pravděpodobnosti výskytu reakcí při sčítání účinku opakovaných dávek. S četností počtu vyšetření s užitím ionizující záření se zvyšuje pravděpodobnost výskytu, ale ne jeho závažnost. Jako příklad stochastických účinků můžeme uvést nádory.

V radiační ochraně se užívají speciální veličiny, které ji charakterizují. První veličina je označována jako pohlcená dávka (D), která popisuje vliv záření na určitou látku, což je vyjádřeno poměrem střední energie a látky o určité hmotnosti. Je to jediná měřitelná veličina. Jednotkami absorbované dávky jsou joule na kilogram neboli Graye. Aby bylo možno předpovědět pravděpodobnost, a závažnost vzniku biologických účinků nám pouze absorbovaná dávka nestačí, je nutno znát jaký bylo použito záření a jaký byl dávkový příkon. Další veličinou, která nám poukazuje na součin střední pohlcené dávky, v příslušném orgánu či tkáni, a radiačního váhového faktoru je ekvivalentní dávka (H_T). Jednotkou ekvivalentní dávky je joule na kilogram neboli Sievert. Dále můžeme pomocí součtu součinu tkáňového váhového faktoru a ekvivalentní dávky, která je v ozářeném orgánu či tkáni, získat efektivní dávku (E), jejichž jednotkou je taktéž Sievert. Hodnoty radiačního a tkáňového váhového faktoru jsou pevně stanoveny.

Pokud chceme zabránit časným účinkům je nutno si stanovit nízké hranice ekvivalentních dávek, abychom předcházeli dosažení prahové dávky. Při zmírnění stochastických účinků je zapotřebí se řídit systémem limitování dávek, což může ve značné míře vést ke snížení pravděpodobnosti vzniku pozdních účinků. V rámci systému

limitování dávek se uplatňují určité principy. Prvním principem je odůvodnění, dále optimalizace, zajištění nepřekročení hranic a dodržování bezpečnosti při užívání zdrojů ionizujícího záření.

K dodržení radiační ochrany při provádění lékařského ozáření je nutné postupovat podle pravidel. Jako první platí, že ozáření musí být odůvodněno, přínos ozáření musí převažovat nad rizikem. Další pravidlo je optimalizace, známo pod zkratkou ALARA, z čehož vyplývá, že dávka musí být tak nízká jak je rozumně dosažitelné. Dále je důležité, aby bylo ozáření provedeno pracovníkem, který je držitelem povolení a aby se dodržovaly zásady bezpečnosti při nakládání se zdroji ionizujícího záření. Jelikož lékařské ozáření nepropadá limitům, pro které platí, že efektivní dávka za jeden rok pro obyvatelstvo nepřekročí hodnotu 1 mSv, je zásadní dodržení pravidla optimalizace a odůvodnění nezbytně nutné. Při dodržení národních radiologických standardů a diagnostických referenčních úrovní se taktéž snižuje riziko vyplývající z lékařského ozáření. ⁽¹⁸⁾

PRAKTICKÁ ČÁST

6.1 Cíle práce a hypotézy

C1) Zjistit nejčastější indikaci k vyšetření mozkových tepen.

H1) Předpokládáme, že nejčastější indikací k vyšetření mozkových tepen je podezření na ischemii mozku.

C2) Zjistit neoptimálnější a nejefektivnější zobrazovací metodu vyšetření mozkových tepen.

H2) Předpokládáme, že neoptimálnější a nejefektivnější metoda vyšetření mozkových tepen je CT angiografie.

C3) Zjistit nejkomfortnější vyšetřovací metodu vyšetření mozkových tepen pro pacienta.

H3) Předpokládáme, že vyšetření mozkových tepen pomocí ultrasonografie je nejkomfortnější metodou pro pacienta.

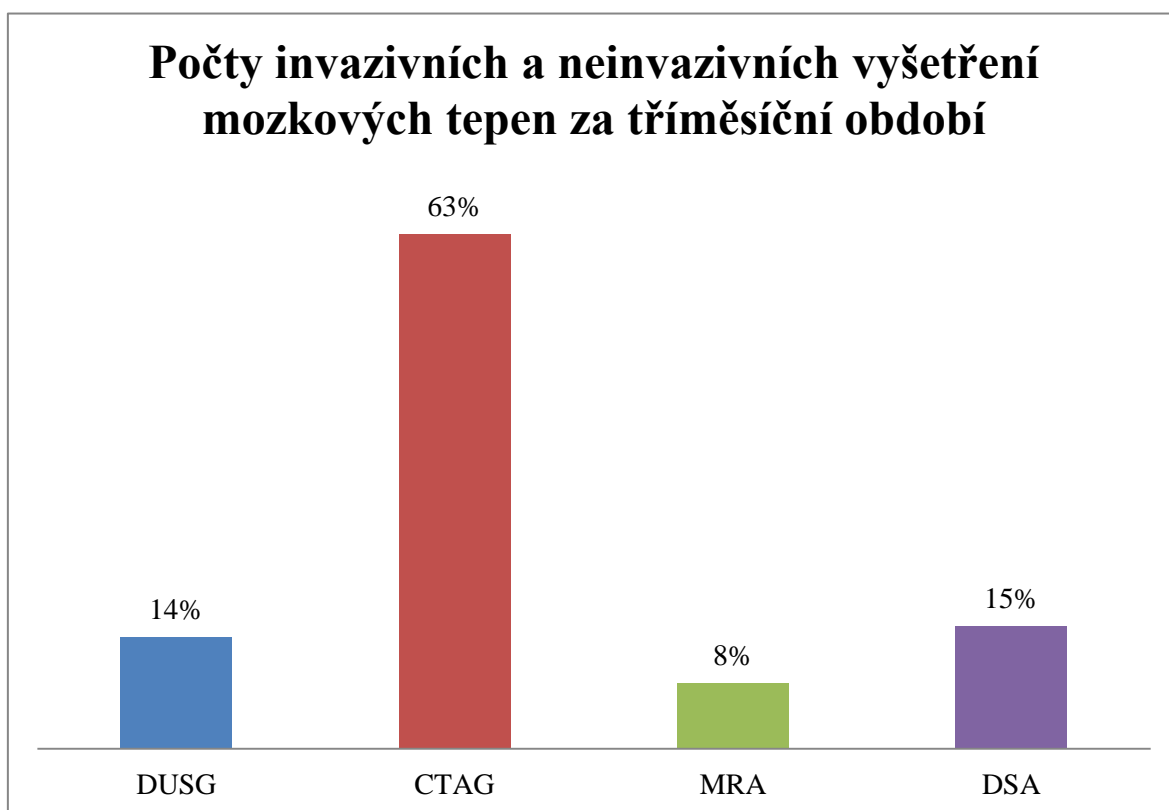
6.2 Metodika

Ke zpracování praktické části této bakalářské práce a dosažení stanovených cílů jsme zvolily kvantitativní formu výzkumu se zpracováním statistických údajů získaných na Klinice zobrazovacích metod ve FN Plzeň po vyplnění žádosti o poskytnutí informací. (viz *Příloha 2*) Zpracovány byly statistické údaje o počtech vyšetření mozkových tepen za tříměsíční období říjen, listopad a prosinec roku 2014. Zkoumaný soubor tvořili pacienti, kteří byli indikováni k vyšetření mozkových tepen s využitím invazivních i neinvazivních vyšetřovacích metod. Pro zkoumaný soubor byli vybráni všichni pacienti indikováni k vyšetření mozkových tepen bez věkového či pohlavního omezení. Porovnávaly jsme počty neinvazivních a invazivních vyšetření provedených u pacientů indikovaných k vyšetření mozkových tepen. Dále jsme zhodnotily procentuální zastoupení jednotlivých indikací k vyšetření mozkových tepen u invazivních i neinvazivních modalit. Zařazena do těchto metod byla katetrizační angiografie, konkrétně digitální subtrakční angiografie, jako zástupce invazivní metody, a do neinvazivní metody byly zařazeny metody dopplerovské sonografie, angiografická magnetická rezonance a výpočetní tomografická angiografie. Na závěr jsme uvedly jednu kazuistiku pacientky, která byla přijata na Neurologickou kliniku v listopadu 2014. Tento případ jsme zde uvedly jako příklad propojení vyšetřovacích metod a jejich vzájemné návaznosti.

6.3 Výsledky

V grafu č. 1 máme rozděleny zvolené vyšetřovací modalitty pro vyšetření mozkových tepen bez rozdělení dle invazivity. Cílem tohoto grafu je poukázat na procentuální počet provedení jednotlivých vyšetřovacích metod za námi stanovené tříměsíční období. Je zde patrné, že nejužívanější metodou zobrazení mozkových tepen je jednoznačně CTAG. Dále vidíme, že nejméně využívána metoda je magnetická rezonance a na přibližně stejné úrovni nám sedí DUSG s DSA.

Graf 1 Počty invazivních a neinvazivních vyšetření mozkových tepen za tříměsíční období



Zdroj: FN Plzeň

Graf č. 2 nám znázorňuje procentuální rozložení počtu provedených vyšetření mozkových tepen invazivním a neinvazivním způsobem v rámci stanoveného tříměsíčního období. Mezi invazivní způsob vyšetření byla zahrnuta DSA a do neinvazivního způsobu vyšetření jsme zahrnuli CTAG, DUSG a MRA. Ve výsledku můžeme vidět, že převažuje vyšetření neinvazivní oproti vyšetření mozkových tepen invazivním způsobem.

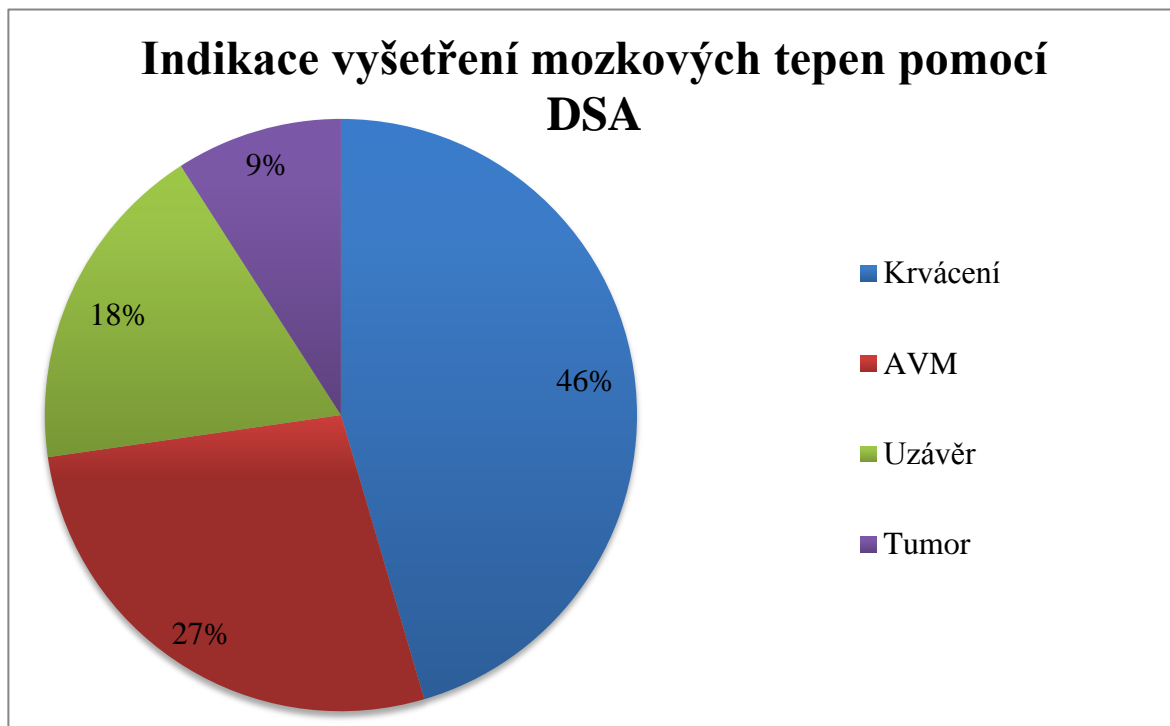
Graf 2 Porovnání počtu provedení invazivního a neinvazivního vyšetření mozkových tepen



Zdroj: FN Plzeň

V grafu č. 3 můžeme vidět, že nejčastější indikací k vyšetření mozkových tepen pomocí digitální subtrakční angiografie bylo krvácení. Následně po krvácení je DSA indikováno kvůli průkazu a hodnocení arteriovenózních malformací, uzávěrům a tumorům.

Graf 3 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí DSA



Zdroj: FN Plzeň

Tabulka č. 1 nám ukazuje počet pacientů, kteří absolvovali pouze diagnostickou selektivní DSA mozkových tepen a panangiografii mozkových tepen ve stanoveném tříměsíčním období. Celkový počet vyšetřených byl 12 pacientů. Z této tabulky je značně patrné, že se nejčastěji v rámci vyšetření mozkových tepen provádí vyšetření jak karotického tak i vertebrálního řečiště, tedy panangiografie.

Tabulka 1 Porovnání KAG a PAG

| Způsob vyšetření | Počet pacientů | Muži | Ženy |
|------------------|----------------|------|------|
| KAG | 3 | 2 | 1 |
| PAG | 9 | 4 | 5 |
| Celkem | 12 | 6 | 6 |

Zdroj: FN Plzeň

Tabulka č. 2 nám poukazuje na přístupové místo, které bylo použito při čistě diagnostické DSA bez provedení intervence. Nejčastěji byla užita pravá femorální tepna a pouze v 1 případě byla užita levá femorální tepna.

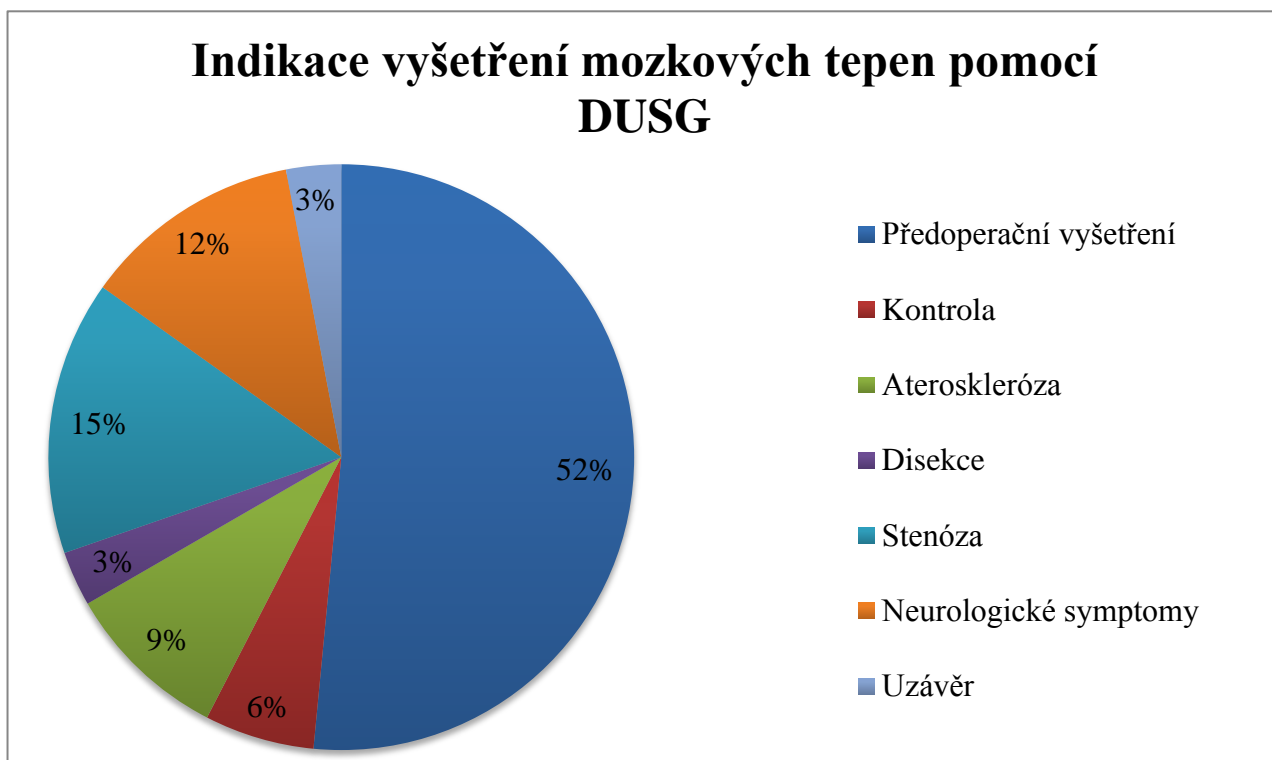
Tabulka 2 Přístupová místa

| Přístupové místo | Počet provedení |
|------------------------|-----------------|
| arteria femoralis dx. | 11 |
| arteria femoralis sin. | 1 |

Zdroj: FN Plzeň

V grafu č. 4 je znázorněna variace indikací k vyšetření mozkových tepen pomocí ultrasonografické metody s užitím Dopplerova jevu. Je zde evidentní, že se tato metoda využívá nejčastěji jako forma zjištění možných patologií před operací. Dále je DUSG indikováno pro uzávěry a při neurologických symptomech. Mezi další indikace patří ateroskleróza, kontrolní vyšetření, tepenné disekce a stenózy.

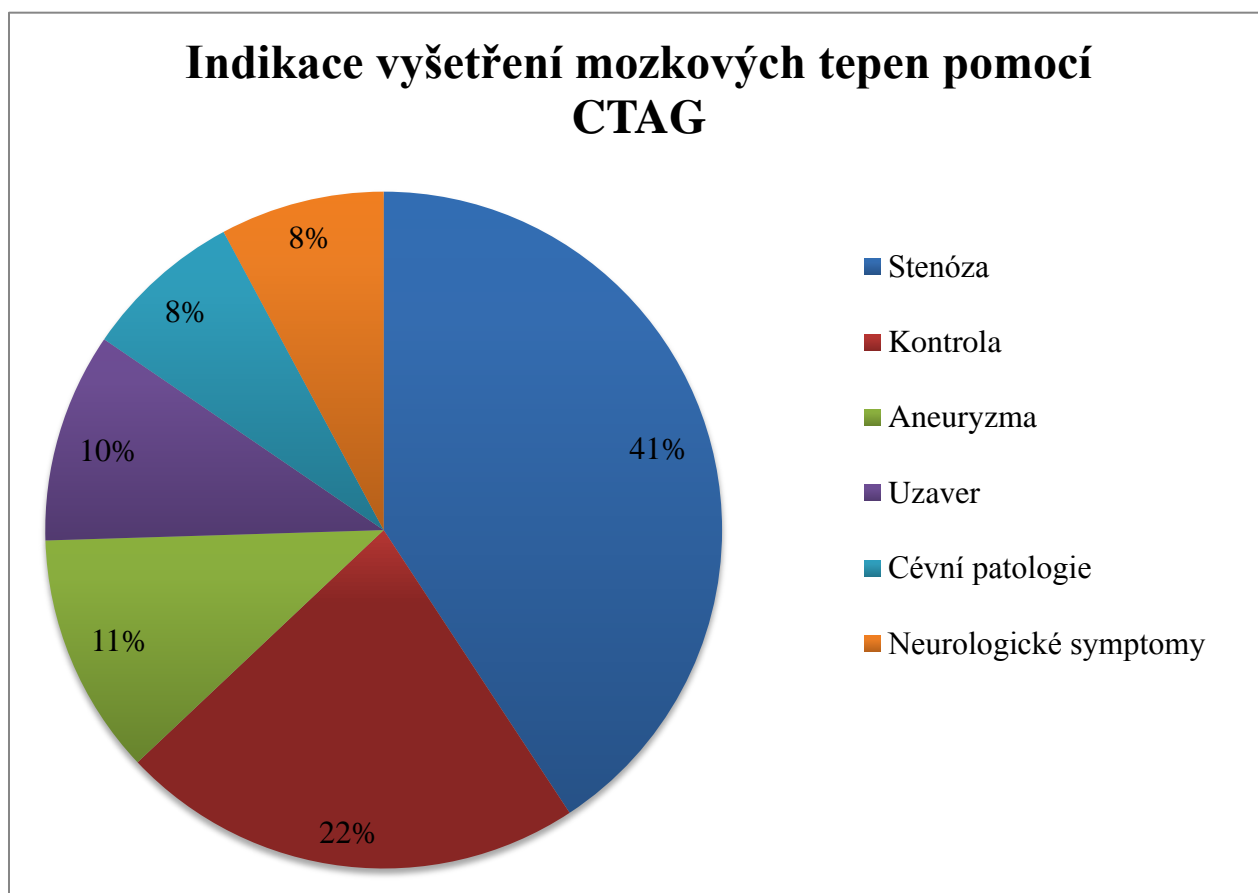
Graf 4 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí DUSG



Zdroj: FN Plzeň

Z grafu č. 5 vyplývá, že nejčastějším důvodem provedení angiografické výpočetní tomografie je průkaz stenózy a hned za tím je provedení vyšetření v rámci kontroly. Mezi následující indikace patří průkaz aneuryzmatu, uzávěru, cévní patologie a zjištění příčiny neurologických symptomů.

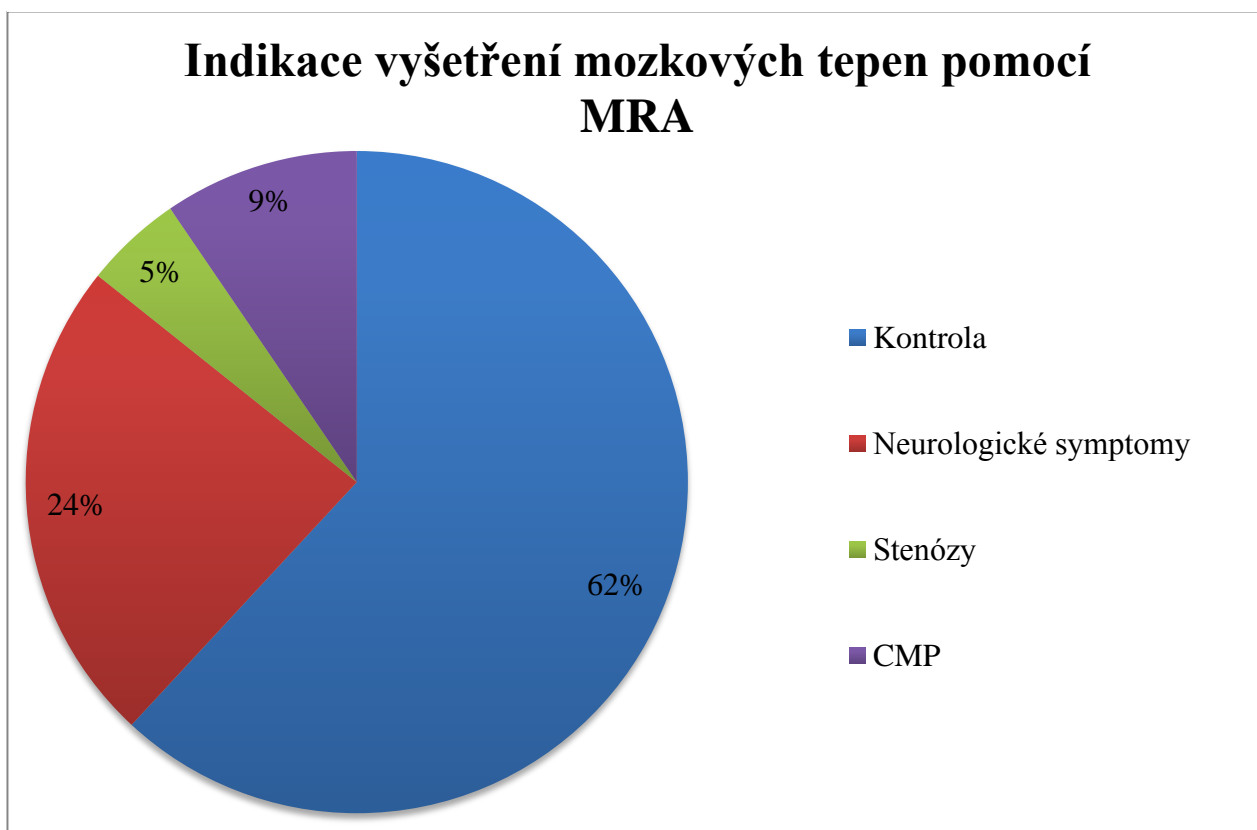
Graf 5 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí CTAG



Zdroj: FN Plzeň

Na grafu č. 6 je možné vidět indikace k provedení vyšetření mozkových tepen pomocí angiografické magnetické rezonance. Je zjevné, že nejčastěji je MRA prováděna jako kontrolní vyšetřovací metoda po intervenčních zákrocích. Dále se provádí v rámci diagnostiky příčiny neurologických symptomů, cévní mozkové příhody a stenóz.

Graf 6 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí MRA



Zdroj: FN Plzeň

6.4 Kazuistika

Žena 57 let

Anamnéza:

RA: dle pacientky nepodstatné, závažné interní onemocnění neguje, CA taktéž

OA: léčila se pro arteriální hypertenzi, t.č. nikoliv
jinak dle svých slov je interně zdráva
operace: ano, ale blíže nepopíše

GA: 3 děti, porody spontánní, potrat 0

FA: t.č. sine

AA: neguje

PA: nezaměstnaná

SA: žije na statku s dcerou

NO: 57 letá hypertonička byla přijata 5. 11. 2014 na Neurologickou kliniku pro poruchu řeči a pravostrannou hemiparézu, vstupní CT mozku prokázalo subarachnoidální krvácení. Dle dcery udávala 1. 11. 2014 náhlou prudkou bolest hlavy a v zátylku, od té doby polehávala, dcera ji pak viděla až 5. 11. 2014, kdy byla zmatená a napadala při chůzi na pravou nohu. 6. 11. 2014 za pobytu na Neurologické klinice byla provedena DSA mozku, která prokázala aneuryzma na arteria communicans anterior, intrakraniální řečiště bylo spastické, koiling nebyl neproveden. Po domluvě byla přijata k další léčbě na Neurochirurgickou JIP.

Vyšetření, operační výkony a jiné významné intervence:

CT mozku multimodálně 5. 11. 2014

CT mozku: nativní vyšetření bylo zatíženo pohybovými artefakty, lze diferencovat subarachnoidální krvácení v bazálních cisternách, nejvíce kolem sella turcica, dále v obou Sylviových fissurách, v.s. v okcipitálních rozích postranních komor.

CT AG: odstupy z aortálního oblouku včetně odstupů arteria vertebralis bilaterálně jsou volné, arteria carotis communis i arteria carotis interna jsou bilaterálně bez stenóz. V úrovni Willisova okruhu jsou tepny předního i zadního povodí štíhlé až gracilní, nerovných kontur, místy až obtížně diferencovatelné. Nejsou patrné výpady řečiště, žíly jsou naplněny s dobrou náplní. Časování vyšetření je správné, jugulární žíly na krku jsou jen nepatrně naplněny, disproporce intrakraniálně svědčí pro blokaci na tepenné straně.

Závěr: Nález svědčí pro výrazné tepenné spazmy v úrovni Willisova okruhu při subarachnoidálním krvácení. Při celkovém zhodnocení nálezu nelze očekávat výrazně větší výtěžnost ani ze zvažované DSA.

Sono 6. 11. 2014

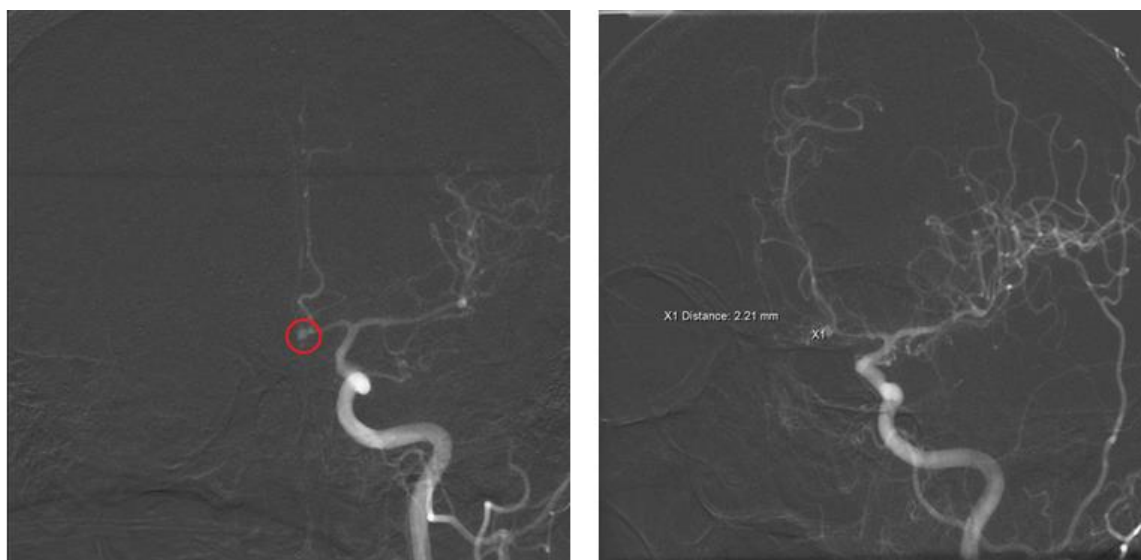
Vyšetřena arteria cerebri media, arteria cerebri anterior a arteria cerebri posterior bilaterálně přes temporální okno - dobrá vyšetřitelnost. Na arteria cerebri media jsou bilaterálně známky turbulentního proudění PSV 250cm/s, arteria cerebri anterior s turbulentním tokem bilaterálně, PSV vpravo PSV 10 cm/s, vlevo 200 cm/s, arteria cerebri posterior bilaterálně do 100 cm/s.

Závěr: Znamky lehčího vazospasmu na obou arteria cerebri media a arteria cerebri anterior vlevo.

PAG mozku 6. 11. 2014

Na arteria communicans anterior se zobrazuje drobné aneuryzma o vel. 2-2,5 mm, směřuje rostrálně. Intrakraniální řečiště je spastické, jinak průchodné. Hypoplazie P1 vpravo, arteria cerebri posterior se plní z arteria communicans posterior dx.. Doporučen klid na lůžku.

Obrázek 6 Angiogram z PAG zobrazující aneuryzma na arteria communicans anterior



Zdroj: FN Plzeň

Intervenční radiologie 8. 11. 2014

KAG: přístup stávajícím sheathem. Arteria carotis interna bilaterálně s průkazem progresivních cévních spazmů, nově výrazné zpoždění plnění kortikálních větví arteria carotis anterior i arteria cerebri media bilaterálně při edému, bez přetlaku přes střední čáru, po dohodě

s ošetřujícím lékařem ponecháváme bez další intervence, sheath v třísle ponechán s heparin. zátkou 1 tis.j.

Předoperační rozvaha:

Pacientka s generalizovanými spazmy při subarachnoidálním krvácením z aneuryzmatu na arteria communicans anterior. Při deterioraci stavu (pravostranná hemiparéza, fatická porucha a následně kóma s flekční reakcí vlevo) za další progresu vasospasmů a generalizovaném edému mozku indikujeme zavedení ICP čidla.

Operace 8. 11. 2014

Trepanace frontolaterálně vlevo, intraparenchymální zavedení multimodálního čidla Raumedic.

PAG mozku 11. 11. 2014

Pigtail katetrem zavedeným do ascendentní aorty byla provedena mozková angiografie v šikmé projekci. Studie provedena aplikací kontrastní látky 18 ml/s a množstvím 50 ml kontrastní látky, snímkováno bylo po dobu třiceti vteřin. Studie neprokázala plnění intrakraniálních tepen.

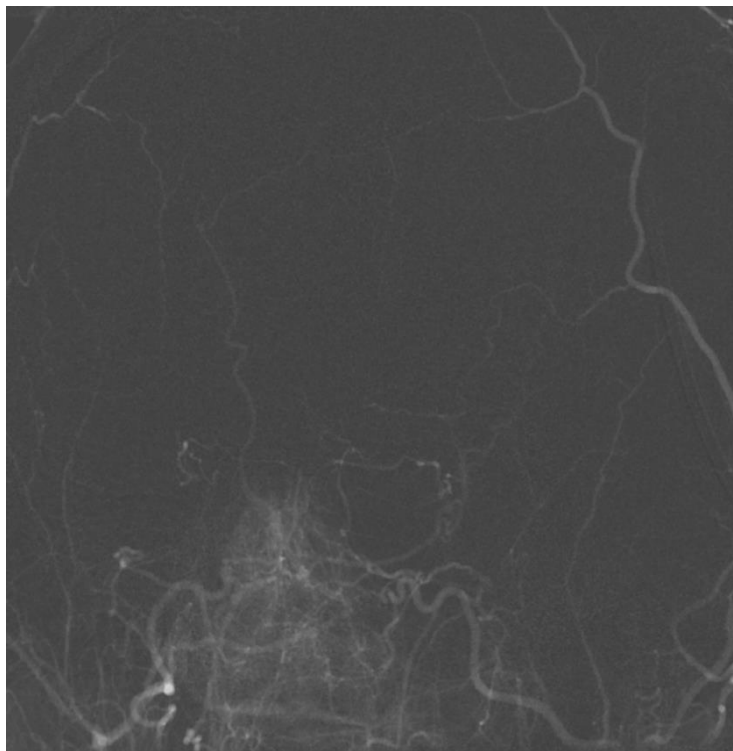
Závěr: Angiografické známky mozkové smrti potvrzeny v čase 12:07.

Diskuze

57 letá hypertonička byla přijata 5. 11. 2014 na Neurologickou kliniku ve FN Plzeň pro poruchu řeči a pravostrannou hemiparézu, vstupní CT mozku prokázalo subarachnoidální krvácení s maximem v oblasti bazálních cisteren s propagací do obou Sylviových rýh, doplněné CTAG bez průkazu zdroje ve smyslu výdutě na mozkových tepnách, byly však již patrné těžké spazmy v intrakraniálním povodí. Dle dcery pacientka udávala dne 1. 11. 2014 náhlou prudkou bolest hlavy a v zátylku, od té doby polehávala, dcera ji pak viděla až 5. 11. 2014, kdy byla zmatená, napadala při chůzi na pravou nohu, proto jí zavolala rychlou zdravotnickou pomoc. Po přijetí na neurologickou kliniku byla dne 6. 11. 2014 provedena DSA mozku, která prokázala aneuryzma na arteria communicans anterior, intrakraniální řečiště bylo těžce spastické, spazmy generalizované na celé intrakraniální povodí. Vzhledem k časovému odstupu od pravděpodobné ruptury aneuryzmatu (5. den) a těžkým spazmům v intrakraniálním povodí nebyl indikován intervenční ani chirurgický zákrok. Po domluvě byla přijata k další léčbě na JIP neurochirurgického oddělení, uzavření výdutě bylo odloženo na období po odeznění vazospasmů. Byla zahájena intenzivní 3H terapie (hypertenze, hypervolémie, hemodiluce), podáván kontinuálně nimodipin v plné dávce. V klinickém obraze dominovala alterující

porucha vědomí od lehké somnolence po sopor a rovněž měnlivá porucha hybnosti pravostranných končetin. Na kontrolních TCD vyšetřeních progresse rychlostí zejména v periférii intrakraniálního řečiště. Od 8. 11. 2014 zřetelná deteriorace jak stavu vědomí, tak hybnosti končetin. Provedeno kontrolní vyšetření CT mozku s nálezem hypodenzí v intrakraniálním povodí a difúzního otoku mozku. Následně provedena mozková panangiografie, která prokázala generalizaci těžkých spazmů v celém intrakraniálním povodí. Pacientka byla indikována k zavedení multimodálního čidla pro měření ptO₂ a ICP. Iničiálně hodnoty ICP nad 60 mmHg (stupnice rtuti). Po výkonu bylo pokračováno ve farmakologické sedaci a řízené ventilaci. Pro vzestup ICP nad 20 mmHg přidán thiopental kontinuálně. Následně byla zahájena osmotherapie manitolem. Přes intenzivní zavedenou léčbu došlo noci z 9. na 10.11 k vzestupu intrakraniálního tlaku, rychlému poklesu hodnot ptO₂, bilaterálnímu rozvoji mydriázy a rychlému rozvoji klinického obrazu smrti mozku. Následně vysazena farmakologická sedace k posouzení neurologického stavu pacientky. Dne 11. 11. 2014, 24 hodin po odtlumení, byla po provedení klinických vyšetření včetně apnoického testu mozkovou panangiografií potvrzena smrt mozku. Exitus letalis dne 11. 11. 2014 v 12,07 hod..

Obrázek 7 Angiogram z PAG k potvrzení smrti mozku bez náplně intrakraniálního řečiště



Zdroj: FN Plzeň

Závěr

Pacientka byla zařazena do transplantačního programu jako dárce orgánů. O zařazení do programu byla informována rodina pacientky.

DISKUZE

Zobrazovací metody užívané k vyšetření mozkových tepen jsou nedílnou součástí diagnostiky patologií způsobující neurologické potíže a zejména cévní mozkové příhody. Je tedy důležité zvolit správnou vyšetřovací metodu, která bude mít dostatečnou výpovědní hodnotu a popřípadě zvolit doplňující metody ke zhodnocení diagnostiky.

Abychom mohli hodnotit jednotlivé vyšetřovací metody a navzájem je porovnat bylo kromě popsání metod v teoretické části nutno v rámci praktické části si zjistit statistické údaje o výskytu a užití všech zobrazovacích metod při vyšetření mozkových tepen. Údaje byli pořízeny ve FN Plzeň na Klinice zobrazovacích metod a zhodnocují situaci za poslední tříměsíční období loňského roku, tedy říjen, listopad a prosinec roku 2014. Tato data byla získána pomocí mé vedoucí práce a zpracována do grafů a tabulek. Jedním z cílů této práce bylo zjistit nejčastější indikaci vyšetření mozkových tepen. Předpokladem bylo, že nejčastější indikací bude podezření na ischemii, což je nepravdivé. U každé modality nám vycházely zcela odlišné indikace.

Jako první bychom chtěly zhodnotit vyšetření mozkových tepen angiografickou výpočetní tomografií, kde celkový počet vyšetření se pohybuje v řádech několika stovek každý měsíc. Je to nejčastěji prováděný způsob vyšetření mozkových tepen, což nám vyplývá z grafu č. 1, kde můžeme vidět rozdílnost v počtu provedení oproti jiným modalitám. Vidíme zde, že se CTAG provádí v 63 % při nutnosti vyšetřit tepenné zásobení mozku. CTAG vyšetření tepen zásobujících mozek je obvykle součástí tzv. multimodálního (víceúčelového) CT protokolu, kde je nejdříve vyšetřen mozek nativně a poté se provádí aplikace kontrastní látky a dochází k zobrazení cévního řečiště. Vyšetření mozkových tepen pomocí CTAG se nejčastěji provádí k prokázání cévní mozkové příhody, zejména u ischemických mozkových příhod, kde je nejčastějším důvodem vzniku stenóza. V grafu č. 5 máme uvedeno, že nejčastější indikací bylo právě podezření na stenózu přívodné tepny. Další indikací byla kontrola, tyto kontroly se nejčastěji prováděli po vzniklé cévní mozkové příhodě nebo po intervenčním zákroku. Dále se nám zde objevují podezření na aneuryzmata, uzávěry, objasnění cévní patologie a neurologické symptomy, mezi které patří bolesti hlavy, vertigo, synkopa a další.

Počet vyšetření mozkových tepen pomocí angiografické magnetické rezonance se pohybuje pouze v řádu několika desítek za námi stanovení tříměsíční období. Na grafu č. 1 je patrné, že je to zatím nejméně využívaná metoda, předpokládáme, že je to z důvodu dlouhého akvizičního času, kde čas, zejména u diagnostiky CMP hraje velkou roli. Při

vyšetření mozkových tepen pomocí MRA bez aplikace kontrastní látky s užitím metody TOF byla nejčastější indikací dle grafu č. 6, kontrola. Jedná se zejména o kontroly po intervenčním coilingu aneuryzmatu (vyplnění váčku aneuryzmatu embolizačním materiálem), kde se hodnotí vyřazení aneuryzmatu z oběhu. Dalšími indikacemi byli neurologické symptomy, stenózy a průkaz cévní mozkové příhody, u kterých se spíše jednalo o recidivu.

Vyšetření mozkových tepen ultrazvukovou metodou s užitím Dopplerova jevu je třetí nejpoužívanější vyšetřovací metoda tepenného zásobení mozku, vyplývá nám to z grafu č. 1., kde vidíme, že je DUSG na přibližně stejné úrovni jako DSA. Tento výsledek je ale lehce zavádějící jelikož si většinu ultrazvukových vyšetření mozkových tepen dělají interní lékaři z angiologické ambulance sami a na Kliniku zobrazovacích metod se jich dostane pouze několik desítek měsíčně. Toto je patrné na grafu č. 4, kde vidíme, že většina vyšetření právě nejsou diagnostická nýbrž předoperační, kde se detekují patologie, které by mohly komplikovat průběh operace. Dalšími indikacemi jsou průkaz stenózy, neurologické symptomy, ateroskleróza a další cévní patologie.

Poslední vyšetřovací metoda mozkových tepen a zároveň jediná invazivní je digitální subtrakční angiografie. V námi stanoveném období posledních tří měsíců roku 2014 bylo na DSA několik desítek lidí, kde pouze 12 z těchto lidí bylo vyšetřeno čistě diagnosticky bez provedení intervenčního zákroku. Metoda DSA pro vyšetření mozkových tepen je druhým nejčastějším způsobem vyšetření, tento údaj nám vyplývá z grafu č. 1. Na grafu č. 3 máme poukázáno na indikace k vyšetření tepenného zásobení mozku pomocí DSA, kde vidíme, že nejčastěji to bylo z důvodu průkazu a zjištění zdroje krvácení, dále to byla diagnostika arteriovenózních malformací, uzávěrů nebo detekce vaskularizace u tumorů. Při provedení vyšetření mozkových tepen technikou DSA byla jedenáctkrát použita a. femoralis dx. jako přístupové místo a pouze jednou byl přístup přes a. femoralis sin.

V grafu č. 2 máme výsledek celkové četnosti provedení vyšetření mozkových tepen dle invazivity. Vidíme zde, že z 85 % se provádí metody neinvazivní a z 15 % metody invazivní k vyšetření mozkových tepen. Není překvapením, že metody s neinvazivním přístupem mají větší zastoupení, jelikož jsou to modalities, které nepronikají instrumentáři do těla vyšetřovaného a lze je většinou provádět ambulantně. Oproti invazivní metodě, kde je nutná hospitalizace, jelikož je někdy zapotřebí systémové anestezie a po nasondování tepny dochází ke kompresi a je potřebný klid na lůžku.

Dále bychom rády na uvedené kazuistice poukázaly na propojenost vyšetřovacích metod mezi sebou. Když pacientka byla přijata a jako první byla vyšetřena pomocí multimodálního CT, toto vyšetření zahrnovalo nativní CT, které zobrazilo subarachnoidální krvácení a následně CTAG, které nám prokázalo výrazné tepenné spazmy. Poté byla v rámci kontroly stavu provedena transkraniální Dopplerova ultrasonografie na které byly objasněny vazospazmy na arteria cerebri media a arteria cerebri anterior. Po provedení panangiografie mozkových tepen pomocí DSA bylo objeveno aneuryzma nasedající na arteria communicans anterior. Následně byla provedena selektivní angiografie se zjištěním progresu vazospazmů, na tomto podnětu byla indikována operace k zavedení čidla na monitoraci intrakraniálního tlaku. Při potížích byla provedena opět panangiografie, která potvrdila mozkovou smrt. Na této kazuistice můžeme poukázat, že nálezy a patologie viditelné při určité vyšetřovací metodě mozkových tepen nemusí být viditelné na další, a proto je dobré kombinovat tyto metody k získání toho nejlepšího celkového zobrazení a zhodnocení cévního řečiště.

V poslední části bychom rády porovnal jednotlivá vyšetření mezi sebou v jejich výhodách a nevýhodách. Největší výhodou je absence ionizujícího záření, kdy není pacient při vyšetření vystaven radiační zátěži, tuto výhodu mají pouze dvě vyšetřovací metody z celkových čtyř hodnocených metod a jsou to magnetická rezonance a ultrasonografie. U ultrasonografie je další výhodou absolutní neinvazivita, tudíž není zapotřebí ani intravenózně aplikovat kontrastní látku. Dostupnost metody a zobrazení krevního toku v reálném čase také spadá pod výhody USG. Mezi nevýhody u ultrasonografie patří bohužel horší rozlišovací schopnost, jelikož je zobrazení pouze dvourozměrné, ale pokud vyšetření provádí zkušený lékař tato nevýhoda se stává zanedbatelnou. V rámci porovnání metod bez využití ionizujícího záření dále zmiňujeme MRA, kde kromě absence ionizujícího záření a neinvazivity je další výhodou kvalitní zobrazení zejména měkkých tkání ve všech rovinách. Nevýhodou je horší dostupnost přístroje a také dlouhá doba trvání akvizice dat při skenování. Když budeme porovnávat metody, které ionizující záření užívají, bavíme se o CTAG a DSA. Začneme výpočetní tomografií, tato metoda je v několika směrech velice výhodná a proto je nejčastěji užívána. Kromě její skvělé dostupnosti, neinvazivity a krátkého akvizičního času, dominuje i v kvalitním zobrazení vnitřních struktur. Nevýhodami je radiační zátěž a riziko vzniku komplikací spojených s aplikací jodové kontrastní látky. Jako poslední si popíšeme digitální subtrakční angiografii. V této metodě se sice objevuje více nevýhod než výhod, ale významnost výhod převažuje nad riziky. DSA nám umožňuje provést vyšetření s dobrou výpovědní hodnotou, kvalitním

zobrazením cévního řečiště, zobrazením v reálném čase a také možnost provést intervenční výkon v průběhu vyšetření. Mezi nevýhody řadíme zejména invazivitu, s tím spojené komplikace místa vpichu nebo riziko poškození cévní stěny, dále jsou to komplikace spojené s aplikací jodové kontrastní látky a vysoká radiační zátěž. Tato metoda vyžaduje hospitalizaci.

Při shrnutí zjistíme, že ačkoliv je DUSG neoptimálnější vyšetřovací metodou pro pacienta, kvůli neinvazivitě, zobrazení v reálném čase a bezbolestnosti je spíše nahrazována výpočetní tomografií. Je tomu dáno větší specificitou při diagnostice, kde máme jasný obraz a můžeme si zároveň udělat trojrozměrné rekonstrukce zkoumaného objektu. Jasný obraz a možnost trojrozměrného zobrazení máme i při užití DSA a MRA, ale kvůli invazivitě při DSA a akvizičnímu času u MRA nám výpočetní tomografie nadále převažuje. Nejlepší kombinací těchto vyšetření je provedení CTAG, kde se zjistí patologie, která je vhodná k intervenci. Pacient po CTAG bude odeslán na DSA, kde mu provedou diagnostiku a dále pokud je patologie vhodná k intervenci, může se rovnou daná intervence provést. V rámci kontrol nám nejlépe poslouží magnetická rezonance, jelikož je velice senzitivní v oblasti měkkých tkání s možností zobrazení v jakékoliv námi zvolené rovině bez nutnosti aplikace kontrastní látky. Při vyšetření mozkových tepen u akutních případů jako je CMP, je nutno provést diagnostiku problému co nejrychleji, v tomto případě je nejideálnější užít metody s velkou specificitou, výpovědní hodnotou a rychlou akvizicí dat, tedy opět CTAG.

ZÁVĚR

Cílem při zpracování této bakalářské práce bylo využít dostupné zdroje k porovnání invazivních a neinvazivních vyšetřovacích metod při zobrazení mozkových tepen. Pomocí odborné literatury o dané tématice jsme v teoretické části popsaly anatomii tepenného zásobení mozku a vyskytující se patologie. Dále byly v teoretické části popsány jednotlivé metody zobrazení mozkových tepen, včetně indikací a popisu samotného vyšetření. V poslední řadě je obsahem teoretické části kapitola o kontrastních látkách a radiační ochraně, k seznámení se s účinky ionizujícího záření na lidský organizmus. V praktické části jsme v rámci dat získaných z FN Plzeň vytvořily grafy a tabulky na kterých jsme poukázaly na četnost provedení jednotlivých vyšetřovacích metod a na nejčastější indikace. Součástí praktické části byla kazuistika, která nám znázorňovala propojení jednotlivých vyšetřovacích modalit a jejich návaznost.

Ve výsledném hodnocení jsme došly k závěru, že neoptimálnější vyšetřovací metodou mozkových tepen je CTAG. Je tomu tak, kvůli široké dostupnosti CT přístroje, rychlosti akvizice dat, dobré rozlišovací schopnosti a možnosti následného provedení trojrozměrných rekonstrukcí k detailnějšímu zobrazení vyšetřované části. Ačkoliv má CTAG i dvě nevýhody, kterou je zejména radiační zátěž a nutnost aplikace kontrastní látky, stále vynikají spíše výhody díky nimž se stala angiografická výpočetní tomografie tzv. zlatým standardem při zobrazení mozkových tepen. Další popisované vyšetřovací metody, tedy MRA, DUSG a DSA jsou taktéž velmi přínosnými modalitami, kde každá vyniká v odlišných případech. Angiografická magnetická rezonance vyniká ve skvělém rozlišení měkkých tkání, absenci radiační zátěže a možnosti provést vyšetření bez aplikace kontrastní látky. Digitální subtrakční angiografie vyniká zejména v zobrazení cévního řečiště v reálném čase a možnosti provést intervenční výkon v dané chvíli. U Dopplerovské ultrasonografie je výhodou pohodlnost pacienta, kdy není nutná žádná příprava a pacient nemusí mít obavy z anestezie, kontrastní látky nebo přístroje. Dále je DUSG zcela neinvazivní metoda a slouží spolu s MRA jako nástroj pro kontroly po intervenčních výkonech.

Každá ze zmíněných vyšetřovacích metod má své uplatnění při určitých situacích a indikacích.

SEZNAM ZDROJŮ

1. BÁRTOVÁ, Jarmila. *Patologie pro bakaláře*. 4. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2004, 170 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0794-8.
2. BORDEN, Neil M a Jay K COSTANTINI. 3D angiographic atlas of neurovascular anatomy and pathology. New York: Cambridge University Press, 2007, x, 273 p. ISBN 978-052-1856-843.
3. BRADAC, Gianni Boris. *Cerebral angiography: Normal anatomy and Vascular pathology*. 2. vyd. Berlin: Springer, 2014, 376 s. ISBN 978-364-2544-033.
4. CIPOLLA, Marilyn J. The cerebral circulation [online]. San Rafael, CA: Morgan, 2010 [cit. 2015-03-15]. ISBN 978-161-5040-124. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK53081/>
5. Cmp-manual: Mozková smrt [online]. 2013 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.cmp-manual.wbs.cz/MOZKOVASMRT.html#smrt-dsa>
6. Co je mozková příhoda (mrtvice). CMP - Brno [online]. © 2014 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.cmp-brno.cz/Co-je-mozkova-prihoda-mrtvice.html>
7. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3. 2., upr. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-X.
8. CHARVÁT, František a Bohumil MARKALOUS. *Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika*. 2. upr. a rozš. vyd. Praha: Triton, 2006, 658 s. ISBN 80-725-4904-9.
9. CHOLT, Milan. *Sonografie velkých krčních cév: repetitorium ultrazvukové cévní diagnostiky a atlas nálezů na CD*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009, 116 s. ISBN 978-802-4726-649.
10. KAŇOVSKÝ, Petr a Roman HERZIG. *Obecná neurologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007, 242 s. ISBN 978-802-4416-632.
11. KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 790 s. ISBN 978-802-4730-684
12. MAČÁK, Jiří a Jana MAČÁKOVÁ. *Patologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 347 s., 24 s. barev. příl. ISBN 80-247-0785-3.
13. NEKULA, Josef et al. *Radiologie*. 3. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. 205 s. ISBN 80-244-1011-7.
14. NOVELLINE, Robert A. *Squire's fundamentals of radiology*. 6th ed. Cambridge: Harvard University Press, c2004, xiv, 638 s. ISBN 06-740-1279-8.
15. NOVOTNÁ, Jaromíra, Jana UHROVÁ a Jaroslava JIRÁSKOVÁ. *Klinická propedeutika pro střední zdravotnické školy: obor zdravotnický asistent*. 1. vyd. Praha: Fortuna, 2006, 135 s. ISBN 80-716-8940-8.
16. PŘIDALOVÁ, Miroslava a Jarmila RIEGEROVÁ. *Funkční anatomie II*. Vyd. 1. Olomouc: Hanex, 2009, 174 s. Edukace (Hanex). ISBN 978-80-7409-025-7.
17. SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 319 s. ISBN 978-802-4711-065.
18. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012, 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.
19. ŠKODA, Ondřej, Robert MIKULÍK a David ŠKOLOUDÍK. **TRANSKRANIÁLNÍ DOPPLEROVSKÁ SONOGRAFIE – NÁRODNÍ STANDARD VYŠETŘENÍ V**

- RÁMCI FUNKČNÍ SPECIALIZACE V NEUROSONOLOGII. In: Transkraniální dopplerovská sonografie - Česká neurologická společnost [online]. 2006 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.czech-neuro.cz/clanek/129-Transkranialni-dopplerovska-sonografie/index.htm>
20. ŠTEFÁNEK, Jiří. Medicína: Hemangiom. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. © 2011 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.stefajir.cz/?q=hemangiom>

SEZNAM TABULEK

| | |
|-------------------------------------|----|
| Tabulka 1 Porovnání KAG a PAG | 38 |
| Tabulka 2 Přístupová místa | 38 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 1 Počty invazivních a neinvazivních vyšetření mozkových tepen za tříměsíční období | 35 |
| Graf 2 Porovnání počtu provedení invazivního a neinvazivního vyšetření mozkových tepen | 36 |
| Graf 3 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí DSA | 37 |
| Graf 4 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí DUSG | 39 |
| Graf 5 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí CTAG | 40 |
| Graf 6 Indikace vyšetření mozkových tepen pomocí MRA | 41 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Schématický nákres Willisova okruhu..... | 13 |
| Obrázek 2 Normální angiografický nález při selektivní angiografii a. carotis communis dextra | 19 |
| Obrázek 3 Vyšetření karotického sifonu z koronárního řezu pomocí TCCD | 23 |
| Obrázek 4 CTAG mozkových tepen s užitím DSCT v MIP rekonstrukci | 25 |
| Obrázek 5 MRA s aplikací paramagnetické kontrastní látky | 28 |
| Obrázek 6 Angiogram z PAG zobrazující aneuryzma na arteria communicans anterior... | 43 |
| Obrázek 7 Angiogram z PAG k potvrzení smrti mozku bez náplně intrakraniálního řečiště | 45 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|-------|---------------------------------------|
| a. | Arteria |
| AB | Arteria basilaris |
| ACA | Arteria cerebri anterior |
| ACC | Arteria carotis communis |
| ACE | Arteria carotis externa |
| ACI | Arteria carotis interna |
| ACM | Arteria cerebri media |
| ACP | Arteria cerebri posterior |
| AG | Angiografie |
| ALARA | As low as reasonably achievable |
| AV | Arteria vertebralis |
| CMP | Cévní mozková příhoda |
| Co | Kobalt |
| CT | Výpočetní tomografie |
| CTAG | Výpočetní tomografická angiografie |
| DSA | Digitální subtrakční angiografie |
| DUSG | Duplexní sonografie |
| Dx | Dextra (pravá) |
| EKG | Elektrokardiogram |
| Fe | Železo |
| JIP | Jednotka intenzivní péče |
| JKL | Jodová kontrastní látka |
| KL | Kontrastní látka |
| MIP | Maximum intensity projection |
| MR | Magnetická rezonance |
| MRA | Angiografie magnetickou rezonancí |
| mSv | milisievert |
| Ni | Nikl |
| Sin | Sinistra (levá) |
| TCD | Transcranial Doppler sonography |
| TCCD | Transcranial color Doppler sonography |
| USG | Ultrasonografie |

SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|--|----|
| Příloha 1 Porovnání výhod a nevýhod..... | 59 |
| Příloha 2 Povolení o sběru informací ve FN Plzeň | 60 |

PŘÍLOHY

Příloha 1 Porovnání výhod a nevýhod

| Vyšetřovací metoda | Výhody | Nevýhody |
|---------------------------|--|--|
| DUSG | <ul style="list-style-type: none">• absence ionizujícího záření• absolutní neinvazivita• dostupnost• zobrazení v reálném čase | <ul style="list-style-type: none">• horší rozlišovací schopnost• výpovědní hodnota dle zkušeností lékaře |
| CTAG | <ul style="list-style-type: none">• krátký akviziční čas• dostupnost• neinvazivita• dobrá výpovědní hodnota | <ul style="list-style-type: none">• vysoká radiační zátěž• komplikace spojené s aplikací kontrastní látky |
| MRA | <ul style="list-style-type: none">• absence ionizujícího záření• kvalitní zobrazení měkkých tkání• neinvazivita• zobrazení v libovolné rovině | <ul style="list-style-type: none">• dlouhý akviziční čas• horší dostupnost |
| DSA | <ul style="list-style-type: none">• dobrá výpovědní hodnota• možnost intervence• zobrazení v reálném čase | <ul style="list-style-type: none">• invazivita a s tím spojené komplikace• komplikace spojené s aplikací kontrastní látky• vysoká radiační zátěž |

Zdroj: vlastní

Příloha 2 Povolení o sběru informací ve FN Plzeň



Útvar náměstka pro ošetrovatelskou péči

Dr. E. Beneše 13, 305 99 Plzeň - Bory
alej Svobody 80, 304 60 Plzeň - Lochotín
IČO 00669806 tel.: 377 401 111, 377 103 111

Vážená paní

Lucie Bonakovská

Studentka oboru Radiologický asistent, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta zdravotnických studií, Katedra záchranářství a technických oborů

Povolení sběru informací ve FN Plzeň

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací o zobrazovacích metodách, používaných u pacientů s indikací k vyšetření mozkových tepen na *Klinice zobrazovacích metod (KZM)* FN Plzeň, v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem „*Porovnání invazivního a neinvazivního vyšetření mozkových tepen*“.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní radiologický asistent KZM souhlasí s Vaším postupem.
- Vaše šetření osobně povedete.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického plánu FN Plzeň. Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372 / 2011 Sb., v platném znění.
- **Sběr informací pro Vaši kazuistiku** budete provádět v době Vašich, školou schválených, praktik, **pod přímým vedením MUDr. Jany Cibulkové**, lékařky KZM FN Plzeň.
- Údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, pokud budou uvedeny ve Vaší práci, musí být anonymizovány.
- Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete Zdravotnickému oddělení / klinice či Organizačnímu celku FN Plzeň závěry Vašeho šetření, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK / OC zájem a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledků Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců, jejich soukromí či pokud by spolupráce s Vámi zaměstnanci pociťovali jako újmu. Účast zdravotnických pracovníků na Vašem šetření je dobrovolná.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

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

Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň
tel.: 377 103 204, 377 402 207
e-mail: chabrovas@fnplzen.cz

27. 10. 2014