

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zobrazovacích metod

Veronika Gebauerová

Zobrazovací metody v diagnostice intrakraniálního krvácení

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jiří Kozák

Olomouc 2023

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

V Olomouci dne 15.4.2023

Veronika Gebauerová

Ráda bych poděkovala MUDr. Jiřímu Kozákovi za odborné vedení mé bakalářské práce, za trpělivost a cenné rady. Dále bych ráda poděkovala Bc. Petru Gebauerovi za poskytnutí obrazové dokumentace vybraných pacientů, která byla použita jako část obrazové přílohy této práce. V neposlední řadě děkuji také mé rodině, za podporu během celého studia.

ANOTACE

Typ práce: Bakalářská práce

Téma práce: Zobrazovací metody v diagnostice intrakraniálního krvácení

Název práce: Zobrazovací metody v diagnostice intrakraniálního krvácení

Název práce v AJ: Imaging methods in the diagnosis of intracranial hemorrhage

Datum zadání: 2022-10-10

Datum odevzdání: 2023-04-14

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zobrazovacích metod

Autor práce: Veronika Gebauerová

Vedoucí práce: MUDr. Jiří Kozák

Oponent práce: Mgr. Tomáš Vávra, DiS.

Abstrakt v ČJ: V této přehledové bakalářské práci se zaměřuji na zobrazovací metody, které nachází využití v detekci intrakraniálního krvácení. Obsahem této bakalářské práce bude představení mozku a jeho cévního zásobení z anatomického hlediska, přehled jednotlivých metod a jejich charakteristika, dále přehled typů intrakraniálního krvácení a způsob léčby. Při vypracování této bakalářské práce jsem vycházela z informací načerpaných v knižních publikacích na Bookport, recenzovaných odborných periodikách a z informací z elektronických informačních zdrojů nalezených prostřednictvím databází EBSCO, Pro Quest, Pub Med a Google Scholar.

Abstrakt v AJ: In this overview bachelor thesis I focus on imaging methods that are used for the detection of intracranial haemorrhage. The content of this bachelor thesis will be an introduction of the brain and brain vascular system from an anatomical point of view, an overview of the individual methods and their characteristics, as well as an overview of the types of intracranial hemorrhage and the method of treatment. In preparing this bachelor thesis, I have drawn on information gleaned from book publications on Bookport, peer-reviewed journals and electronic information sources found through EBSCO, ProQuest, Pub Med and Google Scholar databases.

Klíčová slova v ČJ: intrakraniální, krvácení, cévní systém, mozek, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, ultrazvuková diagnostika, zobrazovací metody, angiografie, intracerebrální krvácení, extracerebrální krvácení, subarachnoideální krvácení, terapie krvácení

Klíčová slova v AJ: intracranial, hemorrhage, vascular system, brain, computer tomography, magnetic resonance, ultrasound diagnostic, imaging methods, angiography, intracerebral hemorrhage, extracerebral hemorrhage, subarachnoideal hemorrhage, therapy of hemorrhage

Rozsah: 52 stran, 6 příloh

OBSAH

ÚVOD	7
1 Anatomie cévního zásobení mozku	9
1.1 Tepenný systém	9
1.2 Žilní systém	10
2 Anatomie mozku.....	11
2.1 Uložení a obaly mozku	11
2.2 Stavba mozku	11
2.2.1 Mozkový kmen (<i>Truncus cerebri</i>)	11
2.2.2 Mozeček (<i>Cerebellum</i>)	11
2.2.3 Mezimozek (<i>Diencephalon</i>).....	11
2.2.4 Koncový mozek (<i>Telencephalon</i>).....	12
3 Definice krvácení a typy intrakraniálního krvácení	13
3.1 Krvácení	13
3.2 Typy intrakraniálního krvácení.....	13
3.2.1 Intracerebrální krvácení.....	13
3.2.2 Subarachnoidální krvácení.....	14
3.2.3 Intraventrikulární krvácení	15
3.2.4 Extracerebrální krvácení.....	15
4 Zobrazovací metody využívané k zobrazení krvácení.....	18
4.1 Nativní snímek	18
4.2 Ultrasonografie (USG)	18
4.3 Výpočetní tomografie (CT).....	19
4.3.1 Obecná charakteristika výpočetní tomografie.....	19
4.3.2 CT angiografie (CTA).....	21
4.3.3 Obraz krvácení	21
4.4 Magnetická rezonance (MR)	22
4.4.1 Obecná charakteristika a princip magnetické rezonance	22
4.4.2 MR angiografie	23
4.4.3 Obraz krvácení	24
4.5 Digitální subtrakční angiografie (DSA).....	27
4.5.1 Charakteristika DSA a její princip.....	27
4.5.2 Vybavení vyšetřovny	28
4.5.3 Seldingerova metoda	29

4.5.4	Přístupové cesty pro zobrazení cévního řečiště	29
4.5.5	Role radiologického asistence při intervenčních výkonech	30
5	Terapie intrakraniálního krvácení	31
5.1	Konzervativní terapie	32
5.1.1	Nitrolební hypertenze (ICP)	33
5.1.2	Hemokoagulační poruchy	33
5.2	Terapie cestou intervenční radiologie.....	33
5.2.1	Léčba aneurysmat	33
5.2.2	Léčba AVM.....	35
5.3	Chirurgická léčba.....	35
5.3.1	Neurochirurgická léčba AVM.....	35
5.3.2	Neurochirurgická léčba aneurysmat	36
5.3.3	Neurochirurgická léčba hematomů	36
5.3.4	Radiochirurgická léčba AVM	37
Závěr	38	
Referenční seznam literatury	40	
Seznam zkratk	44	
Seznam tabulek	46	
Přílohy	47	

ÚVOD

Předložená bakalářská práce pojednává o detekci a terapii intrakraniálního krvácení, závažném stavu, který postiženého jedince může ohrozit na životě. Lékař Vladimír Beneš v první kapitole knihy vydané v roce 2017, kterou napsal společně s kolektivem autorů „Mozková aneurysmata a subarachnoidální krvácení“, která je současně jedním ze zdrojů této práce uvádí, že celková úmrtnost při subarachnoidálním krvácení dosahuje až 70-80 %, přičemž před dosažením nemocniční péče úmrtnost dosahuje 12-34 %. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 9) Ještě větší mortalitu má za následek intracerebrální krvácení, které představuje 8-13 % všech cévních mozkových příhod a je také důsledkem širokého spektra poruch. (Liebeskind, 2018)

Právě z tohoto důvodu je nezbytné, aby bylo krvácení včas odhaleno a byla zahájena terapie. Je nutno také zjistit, o jaké krvácení se jedná, zjistit, proč vzniklo a také je důležité jej správně lokalizovat. V odhalování intrakraniálního krvácení hrají svou nezastupitelnou roli zobrazovací metody.

Před samotnou tvorbou bakalářské práce jsem si položila otázky, na které se budu snažit ve své práci odpovědět. Znění položených otázek je následující: Co je to intrakraniální krvácení a jak vzniká? Jakým způsobem jej lze detekovat? Jaké jsou možnosti léčby intrakraniálního krvácení?

Pro tvorbu své bakalářské práce jsem dále stanovila tyto hlavní cíle, které mi dopomohou najít odpovědi na výše položené otázky:

Cíl 1: Představit krvácení jako jev – co to je, jak jej detekujeme, co ho způsobuje, jak se léčí

Cíl 2: Anatomické popsání mozku a souvisejícího cévního systému – jako původ krvácení

Cíl 3: Specifikovat intrakraniální krvácení a přednést dosud objevené poznatky (české i zahraniční zdroje)

Cíl 4: Představit dostupné zobrazovací metody, které nám pomohou intrakraniální krvácení odhalit a způsob, jakým dané modality pracují (náhled do přístrojové techniky)

Cíl 5: Dohledat a prezentovat poznatky o terapii krvácení (farmakologicky, intervenčně, neurochirurgická léčba)

Před zahájením tvorby práce jsem prostudovala následující vstupní literaturu:

PENKA, Miroslav, Igor PENKA a Jaromír GUMULEC, 2014. *Krvácení*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-0689-4.

MÍŽENKOVÁ, Ľudmila, Ivana ARGAYOVÁ a Jozef BUJŇÁK, 2022. *Obecná traumatologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada Publishing. Sestra (Grada). ISBN 978-80-271-3128-0.

VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.

SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ, 2014. *Diagnostická radiologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4546-6.

ČIHÁK, Radomír, 2016. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3.

ADÁMKOVÁ, Věra, 2016. *Hodnocení vybraných metod v kardiologii a angiologii pro praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5763-6.

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

HEŘMAN, Miroslav, 2014. *Základy radiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4333-1.

Po prostudování uvedené vstupní literatury následovala řešeršní činnost, při které byly procházeny odborné články a periodika, která souvisí s tématem této práce. Zdroje pro práci byly vyhledávány prostřednictvím databází EBSCO, Pub Med, ProQuest, Medvik a Google Scholar, pomocí klíčových slov: intrakraniální, krvácení, cévní systém, mozek, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, ultrazvuková diagnostika, zobrazovací metody, angiografie, intracerebrální krvácení, extracerebrální krvácení, subarachnoideální krvácení, terapie krvácení. Vyhledávání bylo provedeno v jazyce českém a anglickém. Celkem bylo použito 43 zdrojů.

1 Anatomie cévního zásobení mozku

1.1 Tepenný systém

O cévní zásobení mozku se starají 4 hlavní tepny, kterými jsou arteria carotis interna dx. et sin. (vnitřní krkavice pravá a levá vystupující z arteriae carotis communis), a arteria vertebralis dx. et sin. (obratlová tepna pravá a levá, ze kterých vystupují na každé straně arteria cerebelli inferior posterior (zásobující spodní plochu mozečku a část prodloužené míchy) a větvička spojující se v nepárovou arteria spinalis anterior.). Kolaterálním oběhem se také přidává arteria carotis externa dx. et sin. (zevní krkavice pravá a levá, rovněž odstupující z tepny arteria carotis communis). (Valenta, Fiala, 2020, s. 133)

Tyto cévy spolu s dalšími cévami (konkrétně s arteria basilaris (spojující arterieae vertebrales), ze které vystupují cévy arteria inferior anterior cerebelli a arteria superior cerebelli (párové větve pro mozeček), arteria cerebri posterior (nejsilnější větev zásobující zejména týlní lalok) a arteria communicans posterior, která tvoří spojku mezi arterií cerebri posterior a ACI, která vysílá další cévní větve v podobě arteria choroidea anterior (zásobující plexus choroideus III. komory a komor postranních, který má za úkol vytvářet mozkomíšní mok), arteria oftalmica (zásobující očníci, slznou žlázu, okohybné svaly, bulbus a nosní dutinu), arteria cerebri media, arteria cerebri anterior dx., která prostřednictvím arteria communicans anterior komunikuje s arteria cerebri anterior sin.) tvoří Willisův okruh (Circulum arteriosus cerebri (Willisi)). Z něj vystupují trojí tepny. Prvními jsou korové tepny, které se dělí na krátké a dlouhé (medulární) větve. Druhými odstupujícími větvemi jsou k mozkové bázi arteriae centrales a třetími odstupujícími tepnami jsou arteriae choroideae. (Čihák, 2016, ss. 364-367) (Hudák, Kachlík, 2017, s. 473)

Willisův okruh se nachází na bázi mozku, v subarachnoideálním prostoru, kde tvoří důležitou síť anastomóz udržující adekvátní průtok krve mozkem (tzv. mozkovou perfuzi) mezi přední a zadní cirkulací mozku. Díky bohatému větvení cév je umožněno kromě mozku také prokrvení okolních struktur, například epifýzy a hypofýzy.) (Wijesinghe P., Steinbusch H.W.M. a kol.,2020)

Na Willisově okruhu, konkrétně na místě větvení, nejčastěji arteria communicans anterior et posterior nebo arteria cerebri media, jsou lokalizována aneurysmata, která nejčastěji zapříčiňují SAK. (Beneš, Suchomel, 2017, s.51)

Tento okruh zároveň ochraňuje mozek před ischemií způsobem, že při pomalu probíhajícím uzávěru nebo zúžení některé z karotid či některé arteria vertebralis se rozšiřují větve okruhu,

které mohou nahradit postiženou cévu. Vytváří se tak kolaterální oběh, který je dostatečný pouze, pokud nedojde k uzavření trombem či embolem. V takovém případě nastává mozková mrtvice. (Valenta, Fiala, 2020, s. 134)

Metodou první volby při vyšetření karotid a vertebrálních tepen je ultrasonografické vyšetření magistrálních tepen oblouku aorty. Toto vyšetření je neinvazivní a nezatěžuje pacienta. V průběhu vyšetření využíváme triplexního sonografického záznamu a měříme systolickou rychlost průtoku krve vyšetřovanou cévou. Lze tak již z tohoto vyšetření poznat, zda se na vyšetřovaných cévách nachází zúžení či nikoliv. Další vyšetřovací metodou se zaměřením na magistrální tepny je CT angiografie. O této vyšetřovací metodě bude hovořeno v pozdějších kapitolách této práce.

1.2 Žilní systém

Žíly procházející mozkem mají tenké stěny bez svalové tkáně a nemají chlopně. Vycházejí z mozku a leží v subarachnoidálním prostoru, probíhají po povrchu mozku, sdružují se do větších kanálků, a odtékají do durálních žilních splavů. Lze rozdělit na žíly supratentoriální a infratentoriální. Supratentoriální žíly rozdělujeme dále na žíly povrchové, odvádějící krev z mozkové kůry, a hluboké, odvádějící krev z mezimozku a hemisfér do vena magna cerebri. Infratentoriální žíly odvádí krev z mozečku a mozkového kmene a stejně jako žíly supratentoriální se vlévají do žilních splavů probíhajících v dura mater, jejichž trombóza představuje jednu z forem mozkové mrtvice, často komplikované krvácením z městnané krve. (Hudák, Kachlík, 2017, ss. 474–475)

2 Anatomie mozku

2.1 Uložení a obaly mozku

Mozek je řídicím orgánem centrální nervové soustavy, který najdeme uložený v lebeční dutině.

Je obalen třemi mozkovými plenami. Mozku nejbližší je měkká plena mozková (*pia mater encephali*). Nad tímto měkkým obalem se nachází pavoučnice (*arachnoidea encephali*), pod kterou se nachází subarachnoideální prostor vyplněný mozkomíšním mokem a je zde lokalizován Willisův okruh. Nejsvrchnějším obalem mozku je tvrdá plena mozková (*dura mater encephali*), pod kterou je lokalizován subdurální prostor. Nad touto plenou pak popisujeme prostor epidurální. (Hudák, Kachlík, 2017, s. 471)

2.2 Stavba mozku

2.2.1 Mozkový kmen (*Truncus cerebri*)

Jde o část mozku uloženou v zadní jámě lební, navazující na páteřní míchu v oblasti velkého týlní otvoru (*foramen magnum*). Mozkový kmen sestává z prodloužené míchy (*medulla oblongata*), Varollova mostu (*Pons Varoli*) a středního mozku (*mesencephalon*). Jsou zde lokalizovaná centra pro například dýchání či zvracení nebo jádra hlavových nervů. (Orel, Procházka, 2017, s. 29)

2.2.2 Mozeček (*Cerebellum*)

Mozeček je uložen v zadní jámě lební, kde nasedá na mozkový kmen. Podílí se na koordinaci hybnosti, udržení rovnováhy a udržuje také svalový tonus. (Orel, Procházka, 2017, ss. 30–31)

2.2.3 Mezimozek (*Diencephalon*)

Nacházíme jej mezi dvěma mozkovými hemisférami a rozdělujeme jej na thalamus a hypothalamus. Funkcí jader thalamu je převod signálů z nižších úrovní mozku (mícha, mozeček a mozkový kmen) k vyšším mozkovým úrovním. Hypothalamus, tvořící spodní část III. mozkové komory se v našem těle podílí na řízení funkce všech orgánových soustav a společně

s hypofýzou tvoří nadřazený systém pro produkci většiny hormonů. (Orel, Procházka, 2017, s. 32–33)

2.2.4 Koncový mozek (*Telencephalon*)

Koncový mozek je nejrozsáhlejší částí mozku, která je vývojově nejmladší. Je rozdělen na pravou a levou mozkovou hemisféru, kdy každá z nich je složena z pláště a bazálních částí, kde najdeme bazální ganglia. Hemisféry jsou zbrzděny závití. Povrch hemisféry pokrývá vrstva šedé hmoty, zvaná mozková kůra. Koncový mozek řídí vědomí s vnímáním, volní pohyby a kognitivní funkce jedince (například paměť). (Hudák, Kachlík, 2017, s. 432)

3 Definice krvácení a typy intrakraniálního krvácení

3.1 Krvácení

Krvácení (hemoragie) je stav, který obecně můžeme definovat jako únik krve mimo cévní řečiště. V souvislosti s tématem práce budeme hovořit o krvácení z cévního řečiště lokalizovaného při mozku. Zde jsou typickým zdrojem krvácení centrální perforované tepny, atypickým zdrojem pak můžeme nazvat například krvácení z arteriovenózní malformace. Krvácení je také příčinou vzniku hematomů. (Kalvach, 2010, s.145)

3.2 Typy intrakraniálního krvácení

Intrakraniální krvácení rozdělujeme na krvácení intracerebrální, subarachnoidální, intraventrikulární a extracerebrální. (Kalvach, 2010, s.145)

Mezi extracerebrální krvácení řadíme epidurální hematom a subdurální hematom akutní, subakutní a chronický. Intrakraniální krvácení lze také rozdělit dle příčiny vzniku na spontánní a traumatické. (Heřman, 2014, s.186)

3.2.1 Intracerebrální krvácení

Intracerebrální krvácení lze charakterizovat jako krvácení způsobené netraumatickým prasknutím cév v mozковém parenchymu. Krevní sraženina způsobená krvácením vede k otoku v místě krvácení, kompresi mozkových nervů a postupnému zvyšování nitrolebního tlaku, což má za následek mnoho klinických příznaků, mezi které řadíme například zvracení, poruchy hybnosti, obtížnou chůzi, bolesti hlavy, nevolnost či ospalost. Pro příznivé výsledky léčby krvácení je stěžejní včasná diagnostika a zahájení terapie. (Su, Guo a kol., 2022)

Tento druh intrakraniálního krvácení lze také rozdělit dle mechanismu vzniku na primární a sekundární.

Příčinou primárního krvácení je nejčastěji vysoký krevní tlak, svou roli při vzniku krvácení ale hraje také cerebrální amyloidní angiopatie¹. (Lau, Sheikh, 2022)

¹ Onemocnění malých a středních mozkových cév charakterizované ukládáním proteinu amyloid-beta, které postihuje mozkovou kůru a leptomeningy (souhrnné označení pro pavoučnici a měkkou plenu mozku).

Mezi příčiny sekundárního intracerebrálního krvácení pak řadíme poruchy koagulace v souvislosti s farmakologickou léčbou či krvácení do již existující patologické léze, například do AV malformací či nádorů. (Šrámek, 2017, s.95)

AV malformací rozumíme anomální spojení dilatovaných tepen a žil v mozku, které se shlukují do hustých spleť s vysokým průtokem krve. Ruptury AV malformací se projevují intracerebrálním, subarachnoidálním a intraventrikulárním krvácením. Přestože je ruptura AV malformace obvykle spojena s méně závažnými klinickými následky než intrakraniální krvácení, které vzniklo z jiných příčin, mohou být ruptury AV malformací fatální nebo mohou vážně poškodit postiženého jedince. (Pinkiewicz, Pinkiewicz, 2022, ss.1-2)

3.2.2 Subarachnoidální krvácení

Subarachnoidálním krvácením označujeme velmi závažné onemocnění, které je spojeno s vysokou mírou úmrtnosti, kdy je krev přítomna v subarachnoidální prostoru, tedy prostoru mezi pavoučnicí a měkkou plenou mozkovou. Odhaduje se, že SAK je zhruba v 5 % případů příčinou úmrtí na cévní mozkovou příhodu. (Gaillard, 2008)

Lze jej opět rozdělit na krvácení spontánní a traumatické. Spontánní, netraumatické krvácení je způsobeno aneurysmatem některé z intrakraniálních cév. Příčinou traumatického krvácení je úraz v oblasti hlavy, nejčastěji je jeho vznik spojován s kontuzí. (Heřman, 2014, ss.187-188)

SAK je nejčastěji lokalizováno centrálně, v oblasti Willisova okruhu, obvykle na arteria communicans anterior či posterior. Vyskytnout se ale výjimečně může také v jiných částech mozku. Poměrně častou komplikací SAK je posthemoragický hydrocefalus. (Gaillard, 2008)

Mezi příznaky subarachnoidálního krvácení řadíme bolesti hlavy, kterou pacienti postižení jedinci charakterizují jako náhle vzniklou, nesnesitelnou bolest. SAK je často spojen také se světloplachostí a meningismem². (Gaillard, 2008)

² Jde o příznak podobný meningeálnímu syndromu, který se vyskytuje u lidí, kteří ve skutečnosti netrpí meningitidou. Jde především o ztuhlost šíjových svalů.

3.2.3 Intraventrikulární krvácení

Jde o krvácení, ke kterému dochází v mozku, nejčastěji u předčasně narozených dětí. Jedná se o krvácení, které je lokalizované v mozkových komorách (intraventrikulární krvácení) nebo v jejich těsné blízkosti (periventrikulární). Jde o velmi závažný a život ohrožující stav, u kterého je nejdůležitějším prognostickým faktorem množství krve nacházející se v komorách, protože může dojít ke vzniku posthemoragického hydrocefalu. (Radovnický, Hitka, Sameš, 2020, s. 655)

3.2.4 Extracerebrální krvácení

Příčinou vzniku tohoto druhu krvácení je nejčastěji trauma v oblasti hlavy, ale v případě subarachnoidálního krvácení může být příčina také spontánní. Jak již z názvu vyplývá, krvácení je lokalizováno mimo mozkový parenchym, jako tomu bylo u krvácení intracerebrálního.

Mezi extracerebrální krvácení řadíme hematomy epidurální a subdurální, a také subarachnoidální krvácení (podrobněji je popsáno výše).

Jako epidurální hematom označujeme krevní kolekcii umístěnou mezi klenbou lebeční a tvrdou plenou mozkovou, v epidurálním prostoru, který za normálních okolností není vytvořen z důvodu pevného přilnutí tvrdé pleny mozkové k lebeční klenbě v místě lebečních švů. To je také důvodem, proč epidurální hematom nepřesahuje hranici kostí klenby lebeční. Nejčastěji je lokalizován v temporální oblasti a jeho lokalizace je spojována s lokalizací fisury lebeční kosti. (Heřman, 2014, s.186)

Příčinou jeho vzniku je poranění hlavy s rupturou některé meningeální tepny (nejčastěji arteria meningea media), méně často je pak zdroj krvácení žilního původu. Tvoří se především ve spojitosti s těžkými úrazy v oblasti hlavy a v 10 % případů je určen jako příčina úmrtí. Epidurální hematom není schopen spontánního zhojení, a proto jedinou možnou metodou léčby je evakuace hematomu a uzávěr zdroje krvácení. Mezi příznaky řadíme poruchy vědomí, zvýšení nitrolebního tlaku či ložiskové změny v podobě poruchy hybnosti (vždy proti straně, na které je lokalizován hematom, tzn., že bude-li hematom lokalizován na straně pravé, hybnost bude omezena na levé straně těla a naopak) či například tzv. Griesingerův příznak³. Na CT lze epidurální hematom vidět jako hyperdenzní ložisko čočkovitého tvaru s dobře ohraničenými, hladkými okraji. Při zobrazení magnetickou rezonancí je tento obraz doplněn hyposignálním

³ Jde o příznak, který se vyvíjí při útlaku III. hlavového nervu (nervus oculomotorius) a projevuje se rozšířenou a ztuhlou zornicí. Postihuje oko na té straně, na které je lokalizován hematom.

rozlišením lemu tvrdé mozkové pleny na vnitřní straně hematomu. Pokud bychom chtěli provést vyšetření angiografické, viděli bychom epidurální hematom jako ložisko bez cévního zásobení se sklony k expandování. (Seidl, Vaněčková, 2014, s.257)

Subdurální hematom charakterizujeme jako krevní kolekci mezi tvrdou plenou mozkovou (*dura mater encephali*) a pavoučnicí (*arachnoidea*), tedy v subdurálním prostoru, který stejně jako prostor epidurální, není za normálních okolností vytvořen. (Heřman, 2014, s.186)

K jeho rozšíření dochází až s nahromaděním krve, která v tomto případě pochází z přemostujících žil mezi tvrdou plenou mozkovou a pavoučnicí, které krvácí v důsledku traumatu v oblasti hlavy. Subdurální hematomy, na rozdíl od těch epidurálních, bývají oboustranné a větší sklony k nim mají starší lidé postižení atrofií mozku a alkoholici. (Seidl, Vaněčková, 2014, s.260)

Z hlediska času dělíme subdurální hematomy na akutní, subakutní a chronické. Abychom mohli určit, o který z nich se jedná, musíme znát dobu mezi úrazem a projevením příznaků. Pokud není tento interval delší než 3 dny, hovoříme o hematomu akutním. Subakutními hematomy označujeme ty, jejichž stáří je od 3 dnů do 2-3 týdnů a ty, jejichž stáří je určeno na více než 2–3 týdny, nazýváme subdurálními hematomy chronickými. (Heřman, 2014, s.187)

Mezi příznaky subdurálních hematomů řadíme nitrolební hypertenzi, hemiparézu, a to jak proti straně lokalizace hematomu, tak i na stejné straně těla, na které je hematom lokalizován. Léčba subdurálních hematomů se odvíjí od jejich tloušťky a celkového stavu pacienta. Pokud jde o hematom široký do 10 mm, volíme konzervativní postup léčby a z hematomu se tak stane chronický hematom. Pokud se ale stav pacienta zhorší nebo hematom přesáhne hranici 10 mm, musíme postupovat cestou neurochirurgického zákroku a hematom evakuovat. Ani tak ale prognóza tohoto onemocnění není příznivá a v závislosti na tloušťce hematomu a jiných okolnostech, např. dalším poranění CNS, asi polovina takto zasažených nemocných zemře. (Seidl, Vaněčková, 2014, s.260)

Při zobrazení subdurálních hematomů na CT je vidíme jako poloměsíčitý pás s větší denzitou, než má mozek. Čím je hematom starší, tím jeho denzita slábne a subakutní hematomy staré kolem 2-3 týdnů jsou téměř izodenzní v porovnání s mozkem. Chronické subdurální hematomy jsou pak v porovnání s mozkovou tkání hypodenzní. (Heřman, 2014, s.187)

Přestože je zobrazení pomocí CT metodou první volby při podezření na přítomnost subdurálního hematomu, můžeme je zobrazovat také pomocí magnetické rezonance.

Subdurální hematom v akutním stádiu na MR vykazuje nižší intenzitu signálu, použijeme-li pro jeho zobrazení T1 vážený obraz. V T2 váženém obrazu je v akutním stádiu hematom hypersignální, tedy vykazuje větší intenzitu signálů. Později, v chronickém stádiu, jsou hematomy v T1 i T2 vážených obrazech zobrazeny hypersignálně z důvodu přítomnosti oxidativně denaturovaného methemoglobinu. (Seidl, Vaněčková, 2014, s.260)

4 Zobrazovací metody využívané k zobrazení krvácení

Základem všech zobrazovacích metod bylo bezesporu objevení paprsků X, které 8.11. 1895 objevil fyzik německé národnosti, Wilhelm Konrad Röntgen, který za svůj objev roku 1901 získal Nobelovu cenu za fyziku. Rentgenové záření tedy představuje elektromagnetické záření, jehož vlnová délka se pohybuje v rozmezí 10^{-8} až 10^{-12} m. V radiodiagnostice však využíváme vlnové délky v rozmezí 10^{-9} až 10^{-11} m. Hovoříme tedy o záření s krátkou vlnovou délkou. (Vomáčka, 2015, s.11)

Diagnostické radiologické metody využívané nejen k detekci krvácení rozdělujeme na metody invazivní a neinvazivní. Mezi neinvazivní metody řadíme prosté snímky – skiagrafy, dále pak zobrazování pomocí ultrasonografie, počítačové tomografie či zobrazování magnetickou rezonancí. Jako příkladem invazivní metody můžeme uvést například digitální subtrakční angiografii. Zobrazovací metody využíváme také jako kontrolu, pod kterou se provádí řada vaskulárních či nevasculárních terapeutických výkonů. (Malíková, 2019, s.6)

V této kapitole se budeme podrobněji zabývat zobrazovacími metodami z oblasti neuroradiologie, tedy takovými, které mají přínos a význam v zobrazování CNS a v diagnostice intrakraniálního krvácení.

4.1 Nativní snímek

Nativní snímek lebky lze využít v zobrazení struktury skeletu či tvaru lebky nebo například ke zjištění stavu fontanel u dětí. (Heřman, 2014, s.179)

Pro detekci intrakraniálního krvácení jeho význam upadl s rozvojem nových, modernějších metod a můžeme jej tedy označit za zastaralou metodu. (Malíková, 2019, s.134)

4.2 Ultrasonografie (USG)

Ultrasonografie je v současné době nejčastěji využívanou, neinvazivní metodou radiodiagnostiky, a to především díky své snadné dostupnosti, nízké ceně a minimálním nežádoucím účinkům. Principem USG jsou mechanicko-elektrické kmity šířící se prostředím, odrážející se na rozhraních dvou prostředí o různé hustotě. Vysílačem a zároveň přijímačem těchto kmitů jsou ultrazvukové sondy, které obsahují piezoelektrické krystaly, které jsou zdrojem vlnění. (Vomáčka, 2015, s.38)

Co se týče neurosonografie, využíváme dnes duplexní ultrasonografii. Ta ke klasickému ultrazvukovému obrazu využívá ještě dopplerovský barevný záznam, který nachází využití při vyšetření cév. (Ambler, 2011, s.126)

U dospělých jde především o vyšetření karotického povodí a vertebrálních tepen, při kterých lze měřit průtoky krve příslušnou cévou a odhalit tak stenózu, uzávěr či aterosklerotické změny na cévách. (Ambler, 2011, s.126)

Při transkraniální duplexní ultrasonografii lze vyšetřit průtoky tepnami Willisova okruhu a odhalit jejich stenózy či uzávěr. (Heřman, 2014, s.179)

V roce 2014 se transkraniální duplexní sonografie stala pomocnou metodou pro průkaz mozkové smrti. (Školoudík, 2019)

Při vyšetření dětí v kojeneckém období lze zobrazit komorový systém mozku, mozkovou tkáň a z části také cévní systém. Vyšetření kojenců se provádí přes velkou fontanelu (*fonticulus anterior*) a má význam pro diagnostiku hydrocefalu či intrakraniálního krvácení. (Ambler, 2011, s.126)

4.3 Výpočetní tomografie (CT)

Výpočetní tomografie se vyvinula na přelomu 60. a 70. let minulého století. Jeho objevitelé, Godfrey N. Hounsfield a Allan M. Cormack, získali za objev této metody roku 1979 Nobelovu cenu v oblasti fyziologie a medicínu. (Malíková, 2019, s.22)

4.3.1 Obecná charakteristika výpočetní tomografie

Metoda je založena absorpci rentgenového záření v tkáních, přičemž míra absorpce tohoto záření je dána složením (hustotou) jednotlivých tkání. Intenzitu absorpce záření vyjadřujeme v Hounsfieldových jednotkách a pohybujeme se v rozmezí od – 1000 HU po + 3096 HU. (Vomáčka, 2015, s.42)

Spodní hranici denzity, tedy – 1000 HU představuje vzduch, vrchní hranici denzity, tedy + 3096 HU představují kovy a střed, 0 HU je hodnotou denzity vody. (Ferda, Mírka a kol.,2015, s.18) Ostatní hodnoty denzit tkání jsou zaznamenány v tabulce 1.

Oproti klasické snímkové metodě, kdy z trojrozměrného těla vytváříme jeden dvojrozměrný, sumační obraz. CT funguje na principu tomografie a tělo je tedy zobrazováno v jednotlivých řezech. CT přístroj se skládá z prstence zvaného gantry, uvnitř

kterého je umístěná rentgenka, proti které jsou uloženy detektory, v současnosti organizované do vícero řad. Hovoříme tedy o multidetektorové tomografii. Tento systém se při vyšetření kontinuálně otáčí okolo pacienta, ležícího na vyšetřovacím stole, který se postupně zasunuje či vysunuje z gantry. Tento způsob náběru dat označujeme jako spirální CT. (Ferda, Mírka a kol.,2015, s.18)

Pro odlišení orgánů o podobné denzitě využíváme tzv. zobrazení v okně s definovaných středem a šířkou. V souvislosti s tématem práce stojí za zmínku mozkové okno, jehož střed se pohybuje někde okolo +40 HU a šířka +80 HU a kostní okno se středem okolo +400 HU a šířkou až +3000 HU. (Vomáčka, 2015, ss. 42-43)

Pro ještě lepší rozlišení denzit využíváme na CT kontrastní látky. Konkrétně se jedná o vodné, jódové kontrastní látky. KL nám kromě rozlišení denzit pomáhá také pro zobrazení cév. Podání KL při CT mozku má tedy smysl při podezření, že zdrojem krvácení jsou nějaké patologické struktury (například AV malformace či aneurysma). Kontraindikací pro podání jódové kontrastní látky je v minulosti zaznamenaná alergická reakce na jódovou kontrastní látku. (Malíková, 2019, s.23)

Tabulka č.1: Denzity tkání

Tkáň	Denzita (udávaná v HU)
Vzduch	-1000
Tuk	-100 až -50
Voda	0
Mozkomíšní mok	+15
Bílá hmota mozková	+20 až +30
Šedá hmota mozková	+37 až +45
Nekoagulovaná krev	+30 až +45
Játra	+50 až +65
Koagulum	+60 až +80
Kosti	Více než +700
Kovy	Až +3000

(Ferda, Mírka, Baxa, Malán, 2015, s.18)

4.3.2 CT angiografie (CTA)

CT angiografie je metodou, jejíž jednoznačnou úlohou je zobrazení cév, které zobrazíme naplněním pomocí kontrastní látky. Aby bylo zobrazení cév co nejlepší, je nutno je mít dobře naplněné kontrastní látkou. Z tohoto důvodu se pro podání KL volí podání tlakovým injektorem o rychlosti cca 3-5 ml/s. (Malíková, 2019, s. 23)

Indikací pro provedení CT (nebo CTA) mozku je podezření na intrakraniální krvácení či pro posouzení okluze tepen i iCMP. (Malíková, 2019, s.134)

CT angiografie spolu s MR angiografií dnes již téměř úplně nahradily diagnostickou DSA, a to díky tomu, že na rozdíl od DSA jsou CTA i MRA neinvazivními metodami. DSA se tak využívá pouze při podezření na přítomnost patologie, která neinvazivní cestou nebyla prokázána. (Heřman, 2014, s.179)

4.3.3 Obraz krvácení

CT mozku je metoda první volby pro většinu akutních stavů, mezi které bezesporu intrakraniální krvácení lze zařadit. (Heřman, 2014, s.179) Abychom mohli CT vyšetření vůbec provést, musíme znát vyšetřovací protokol pro CT mozku, který je uveden v tabulce č.2.

Normální denzita mozku na CT se pohybuje v rozmezí 25-45 HU. Nutno také brát na vědomí, že bílá hmota mozková má nižší denzitu než šedá hmota mozková (podrobněji o denzitách viz tabulka 1). Jako hyperdenzní ložisko se bude zobrazovat čerstvý hematoma, kalcifikace a čerstvá krvácení. Hypodenzní pak budou stará krvácení, chronické hematomy či například pseudocysty a abscesy. SAK se projevuje jako hyperdenzní proužky v mozkových rýhách blízko kontuzních ložisek a nahrazují mozkomíšni mok, který je hypodenzní, krví, která je hyperdenzní. (Heřman, 2014, ss. 186 – 187)

Tabulka č.2: Vyšetřovací protokol pro CT mozku

Mozek – protokol pro nativní vyšetření na CT	
Projekce topogramu (plánovacího skenu)	Bočná
Rozsah vyšetřované oblasti	Od báze lební po klenbu lební
Vyšetřovací rovina	Podle supraorbitomeatální čáry
Směr skenování	Kaudokraniálně
Rekonstrukční algoritmus	Standardní, MPR
Šíře vrstvy	Supratentoriálně 5 mm, Infratentoriálně 2,5 mm
Při podezření na frakturu lební báze, zhotovujeme navíc skeny, s infratentoriální šířkou 1,25mm.	
Nastavení okna	Střed: +30HU, Šíře: +75HU

(Vomáčka, 2015, str.45)

4.4 Magnetická rezonance (MR)

Magnetická rezonance je stejně jako výpočetní tomografie metodou tomografickou. Tedy pracuje s obrazem těla rozděleném do jednotlivých řezů se vzájemným překryvem. (Malíková, 2019, s.28)

4.4.1 Obecná charakteristika a princip magnetické rezonance

Při zobrazování magnetickou rezonancí využíváme jevu zvaného nukleární magnetická rezonance. Jde o fyzikální jev založený na faktu, že se v jádře atomu nacházejí protony, které mají určitý spin a pokud se jedná o atomy s lichým protonovým číslem, tvoří kolem sebe magnetické pole, protože jsou elektricky nabitě. Tato pole vytvářená atomy, respektive jejich vektory, bývají za normálních podmínek nahodile uspořádané a navzájem se ruší, což způsobí, že tkáň za normálních okolností není magnetická. (Ferda, Mírka a kol.,2015, s.22)

Nejčastěji využíváme atomy vodíku, protože je v těle nejhojněji zastoupen a jeho poměrně silný magnetický moment lze dobře měřit. (Vomáčka, 2015, s.47)

Abychom mohli zobrazovat pomocí magnetické rezonance, musíme tkáň vložit do silného magnetického pole, čímž způsobíme, že doposud nahodilé směry vektorů se srovnají rovnoběžně s vektorem silného magnetického pole, některé paralelně, některé antiparalelně a vzniká tak podélná magnetizace, kterou ještě detekovat nemůžeme. Pro detekci musíme vektor tkáně vychýlit pomocí radiofrekvenčního pulsu a docílit tak příčné magnetizace, která již detekovatelná je. (Ferda, Mírka a kol.,2015, s.22)

Radiofrekvenčními pulsy dodáváme protonům energii a pak, pomocí přijímacích cívek detekujeme signály, které protony vydávají z těla vyšetřovaného, když ztrácí dodanou energii a vrací se do původního stavu (relaxace). Na základě rychlosti ztrácení energie pak určujeme T1 a T2 relaxační časy, které jsou závislé na složení tkání. (Malíková, 2019, s.30)

Zobrazujeme tedy data v T1 či T2 váženém obraze, přičemž pokud chceme využít kontrastní látku, použijeme T1 vážený obraz, zobrazující nasycené oblasti hypersignálně.

Ačkoliv je MR metodou s vysoce kvalitní rozlišovací schopností, nelze ji indikovat u všech pacientů. Mezi absolutní kontraindikace pro vyšetření na pracovišti MR patří implantace kardiostimulátoru (kromě nových typů, MR kompatibilních kardiostimulátorů, které musí být před vyšetřením přepnuty do bezpečnostního režimu) nebo implantace neznámých kovových předmětů v oblasti mozku, očí a srdce či například inzulinová pumpa bez doložené MR kompatibility. Relativní kontraindikaci představují kovové implantáty např. kloubní náhrady či stenty implantované kratší dobu než 6 týdnů. Vyšetření na MR není doporučováno gravidním ženám v prvním trimestru. (Ferda, Mírka a kol.,2015, s.23)

4.4.2 MR angiografie

Magnetickou rezonanční angiografií rozumíme skupinu technik, pomocí kterých jsme schopni zobrazit cévy. Jde o techniky TOF (Time-Of-Flight), PC (Phase Contrast) a ceMRA (Contrast Enhanced MRA), přičemž techniky TOF a PC lze provádět nativně, tedy bez podání kontrastní látky. U techniky ceMRA, je ale přítomnost KL nutná a souvislostí s podáním kontrastní látky je také žádoucí rychlá akvizice dat po intravenózní aplikaci bolusu. (Seidl, Vaněčková, 2007, s.302)

Jde o neinvazivní metodu, u které není přítomno ionizující záření, což zapříčinilo, že MRA, spolu také s CTA, u které ale IZ je přítomno, v mnoha případech nahrazují invazivní, digitální subtrakční angiografii (DSA). Nevýhodou MRA je nižší rozlišovací schopnost ve srovnání s klasickou angiografií a snadný vznik artefaktů. Další nevýhodou je také nemožnost selektivního zobrazení cév. (Heřman, 2014, s.30)

Time-Of-Flight techniku rozdělujeme na 3D TOF MRA a 2D TOF MRA. Jedná se o techniku nativního zobrazování pomocí magnetické rezonance. Nativní metody pracují na principu změn vektorové velikosti magnetizace a změn pohybu částic, ke kterým dochází

v přítomnosti magnetického pole. Tyto změny se při MR angiografii projeví ztrátou či ziskem signálu. TOF metoda využívá zisk signálu. (Sedlář, Staffa, Mornstein, 2014, ss. 92 – 93)

3D TOF techniku využíváme pro zobrazování intrakraniálního řečiště, 2D TOF techniku pak volíme, pokud chceme zobrazit extrakraniální či periferní cévní řečiště. V současnosti je ale 2D TOF technika nahrazována CeMRA. (Seidl, Vaněčková, 2007, s.303)

Abychom mohli zobrazit cévy pomocí techniky TOF, musíme zobrazovanou oblast vybudit radiofrekvenčními pulsy, které jdou rychle za sebou. Částice ve stacionární tkáni zobrazované oblasti se vybudí již prvním pulsem a nestihnou zrelaxovat do příchodu druhého pulsu. Druhý puls však excituje krev, která do zobrazované oblasti přitéká a poskytne tak silný signál. Způsob tohoto zisku signálu se označuje jako „efekt vtoku“. Nevýhodou však je, že signál lze dobře zachytit pouze v první vrstvě snímání a proto, například při 3D zobrazování, je v dalších vrstvách signál slabší. Většinou také nelze zobrazit pomalý krevní tok. (Sedlář, Staffa, Mornstein, 2014, ss. 93 - 94)

Hovoříme-li o CeMRA, hovoříme o metodě založené na aplikaci kontrastní, nejčastěji gadoliniové, látky. CeMRA zahrnuje GE sekvenci s krátkými TE a TR časy. Na základě tohoto lze získat krátké časy akvizice, zobrazující bolus KL, když prochází zájmovou oblastí. CeMRA je dominantní metodou při zobrazování periferního řečiště. (Bashir, 2012)

PC angiografie využívá bipolárního gradientu aplikovaného ve třech na sebe kolmých rovinách. (Bashir, 2012)

Základem Phase-Contrast angiografie je skutečnost, že u spinů, které se pohybují ve stejném směru jako gradient magnetického pole, vzniká fázový posun, který je úměrný rychlosti spinů. Pro detekci rychlosti spinů užíváme již výše zmíněný bipolární gradient. (Ballinger, 2013)

4.4.3 Obraz krvácení

Pro správné zobrazení je nutno, stejně jako u CT, znát správný postup pro náběr dat a tedy základní protokol pro MR mozku (viz tabulka č.3) a protokol, který využijeme, chceme-li zobrazit konkrétní struktury, jakými mohou být například Willisův okruh či žilní splavy (viz tabulka č.4).

Tabulka č.3: Základní protokol pro MR mozku

Poloha pacienta	Vleže na zádech, pohodlně, fixace hlavy v hlavové cívce
Cívka	Multikanálová hlavová
Roviny skenu	Transverzální, sagitální, koronální
Rozsah	Transverzální řez: vertex – velký týlní otvor (mozek včetně skeletu). Sagitální řez: jako u transverzálního řezu + horní krční páteř (alespoň po C2 – C3) Koronální řez: probíhá rovnoběžně se zadním okrajem kmene mozkového
Sklon	Transverzální rovina: spojnice dolních okrajů kalózního tělesa, tzv. bikalózní linie Koronální rovina: rovnoběžná se zadním okrajem kmene mozkového Sagitální rovina: sklon podle mokovodu mezi hemisférami
Parametry	Transverzální rovina: T2 TSE (turbo spin echo), FLAIR (potlačení signálu vody), SWI (sekvence vhodná pro detekci mikrohemoragií) Sagitální rovina: T1 SE (spin echo) Koronální rovina: - Nutno provést minimálně 4 diagnostické FLAIR sekvence
Vrstva	4 – 5 mm

(Mehl, Tintěra, Žižka, 2014, s. 18 – 20)

Tabulka č.4: Protokoly pro MRA Willisova okruhu a venózní MRA pro zobrazení žilních splavů

	MRA Willisova okruhu	MRA pro zobrazení žilních splavů
Poloha	Vleže na zádech, pohodlně, hlava fixovaná v hlavové cívce	Vleže na zádech, pohodlně, hlava fixovaná v hlavové cívce
Cívka	Hlavová multikanálová cívka	Hlavová multikanálová cívka
Roviny skenu	Transverzální, sagitální	Transverzální, sagitální, koronální
Rozsah	Vertex až velký týlní otvor 3D TOF sekvenci umístíme od velkého týlního otvoru nad kalózní těleso	Vertex až velký týlní otvor Na 2D TOF sekvenci musí být zachyceny všechny velké žilní splavy.
Sklon	MRA sekvenci sklápíme dle báze lební	
Parametry	Nutno provést minimálně 3 diagnostické FLAIR sekvence Transverzální rovina: T2 TSE, SWI Sagitální rovina: T1 SE	Nutno provést minimálně 3 diagnostické FLAIR sekvence a T1 SE. Transverzální rovina: T2 TSE, T2 GRE, SWI Sagitální rovina: T1 SE, počítačová 2D MRA Koronální rovina: 2D TOF žilní MRA Po aplikaci KL lze doplnit T1 GRE 3D sekvenci s multiplanární rekonstrukcí do 3 rovin
Vrstva	3D TOF: 0,7 mm	2D TOF: 3 mm

(Mechl, Tintěra, Žižka, 2014, s. 26 – 30)

Indikacemi související s tématem práce pro MR mozku jsou MR angiografie Willisova okruhu, při které prokazujeme aneurysmata, stenózy, vývojové malformace či jiné patologické stavy mozkových tepen. Další indikací je MR angiografie žilních splavů, kterou provádíme, máme-li podezření na trombózu těchto splavů. MR mozku lze také využít při hledání zdroje krvácení či podezření na intracerebrální hematom, metodou první volby v diagnostice těchto stavů je však stále zobrazování výpočetní tomografií. (Mechl, Tintěra, Žižka, 2014, ss. 26 – 28)

Změny signálu, které detekujeme při zobrazování intrakraniálního krvácení na MR, zodpovídají vlastnosti rozpadových krevních produktů hemoglobinu. Jde o látky paramagnetické, které zvyšují lokálně intenzitu magnetického pole a diamagnetické, které tuto intenzitu naopak snižují. (Seidl, Vaněčková, 2007, s.119)

Krev se na MR v různých sekvencích zobrazuje různě. To, jak bude krvácení v jednotlivých sekvencích vypadat, ovlivňuje doba, po kterou je krvácení přítomno, a tedy v jaké fázi rozpadu je hemoglobin, který má paramagnetické účinky. Dalšími faktory ovlivňující výsledný obraz krvácení jsou intenzita magnetického pole a použita sekvence. (Kidwell, Wintermark, 2008)

Hyperakutní krvácení, tedy krvácení přítomno méně než 12 hodin, se v T1 v.o. zobrazuje izosignálně až hypersignálně. V T2 v.o. a FLAIR sekvenci hypersignálně. Akutní krvácení (od 12 hodin do 2 dní od vzniku) se zobrazuje v T1 v.o. izosignálně až hyposignálně, v T2 v.o. a FLAIR sekvenci hyposignálně. Časné subakutní krvácení (2 – 7 dní) je na T1 v.o. zobrazeno hypersignálně, v T2 v.o. a FLAIR sekvenci hyposignálně. Pozdí subakutní krvácení (8 dní až 1 měsíc) je v T1 v.o. zobrazeno hypersignálně stejně jako v sekvencích FLAIR a T2 v.o. Chtěli bychom-li zobrazit chronické krvácení (starší než měsíc), v T1 v.o. jej uvidíme jako izosignální až hyposignální a hyposignální se také zobrazí na sekvencích FLAIR a T2 v.o. (Kidwell, Wintermark, 2008)

4.5 Digitální subtrakční angiografie (DSA)

Digitální subtrakční angiografie je invazivní technikou, která je nejčastěji používaná v angiografii. Tímto pojmem rozumíme obecně zobrazení cév. Ty lze zobrazit také neinvazivně, a to pomocí dopplerovské USG, CTA či MRA. (Heřman, 2014, s.16)

4.5.1 Charakteristika DSA a její princip

Digitální subtrakční angiografie (DSA) je invazivní, skiaskopickou, zobrazovací technikou používanou k diagnostice a průkazu abnormálních lézí na mozkových cévách, jakými jsou například aneurysmata, stenózy mozkových cév nebo arteriovenózní malformace.

Jedná se o zlatý standard zobrazovacích metod pro hodnocení intrakraniálních cévních patologií a lze ji použít také pro plánování léčby u pacientů, jejichž stav vyžaduje endovaskulární nebo otevřené chirurgické zákroky, u kterých nejsou výsledky neinvazivního zobrazování dostačující. (Nam, Jang, 2022)

Konkrétně DSA mozkových tepen provádíme v případě, že žádná patologie nebyla prokázána neinvazivními způsoby, nicméně je velká pravděpodobnost její přítomnosti. (Heřman, 2014, s.179)

Tato zobrazovací metoda je založena na principu subtrakce, což znamená odečtení jednoho obrazu od druhého. V případě DSA se jedná o odečtení nativního obrazu zvaného „maska“ od obrazu, který je zhotoven po nastříknutí vyšetřované oblasti jódovou kontrastní látkou cestou katetrizace cévního řečiště Seldingerovou metodou, nejčastěji přes arteria femoralis. Výsledný obraz tedy vypadá tak, že stejné struktury se vzájemně odečtou a zůstanou nám zobrazeny pouze oblasti naplněné kontrastní látkou. (Malíková, 2019, s. 18)

Diagnostickou roli DSA dnes již zcela přebraly neinvazivní metody CT a MR angiografie či ultrasonografickými metodami. Diagnostická DSA se tak provádí například pouze při hledání maličkých AV malformací, které mohou být zdrojem krvácení. (Malíková, 2019, s.20)

Svou důležitou roli má však terapeutická DSA, která je nezastupitelnou součástí endovaskulárních, intervenčních výkonů při subarachnoidálním krvácení či při zobrazování průtoku krve AV malformacemi. (Ferda, Mírka a kol., 2015, ss. 119 – 120)

Jako příklad intervence prováděné na cévním řečišti mozku lze uvést tzv. coiling aneurysmatu, což v překladu znamená vyplnění výdutě spirálkami nebo uzávěr patologického prokrvování malformace, tzv. embolizaci. (Malíková, 2019, s.21)

Kontraindikací pro provedení DSA jsou koagulopatie či alergologická anamnéza svědčící pro alergii na jódovou kontrastní látku. Za relativní kontraindikaci se považuje těhotenství, nicméně to se nezohledňuje v případě, že jde o nezbytný výkon vedoucí k záchraně života matky. (Malíková, 2019, s.21)

4.5.2 Vybavení vyšetřovny

K invazivnímu zobrazování cév, které zobrazujeme po aplikaci kontrastní látky, dochází na pracovištích intervenční radiologie vybavených angiolinkou, která umožňuje skiaskopickou i skiagrafickou (snímkovací) kontrolu při zavádění nástrojů používaných při vyšetření. Jako příklad lze uvést například vodiče či katetry.

Angiografický komplet (angiolinka) je sestaven z pohyblivého stolu, C-ramene představující skiaskopický přístroj, díky jehož pohyblivosti lze vyšetřovat v různých

projekcích. Pro aplikaci kontrastní látky je nutno mít vybavenou vyšetřovnu také tlakovou stříkačkou. (Malíková, 2019, s.18)

Ve smyslu vyhlášky 92/2012 Sb. o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče, je nutno mít vyšetřovnu vybavenou také, kromě výše zmíněného, monitorem fyziologických funkcí, defibrilátorem a archivem obrazové dokumentace. (Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR č.10/2016)

4.5.3 Seldingerova metoda

Tato technika, která je pojmenovaná po švédském radiologovi Svenu Seldingerovi, který ji v roce 1953 zavedl, je metodou perkutánního přístupu jak do cévního řečiště. (Vomáčka, 2015, s.58)

Za určitých podmínek lze tuto techniku využít při punktování žlučových cest či při drénování patologických dutin. A je vždy prováděná v lokálním znecitlivění. (Malíková, 2019, s.18)

Postup při katetrizaci je takový, že po uložení pacienta a vydezinfikování požadované oblasti aplikujeme lokální anestetikum a necháme zapůsobit. Dále pomocí jehly punktuje příslušnou tepnu, do které skrz jehlu zavedeme vodič. Vodič v tepně zůstává a jehlu vytahujeme. Po vodiči zavádíme do tepny katétr. Typ katétru, který do tepny zavádíme, volíme dle povahy výkonu. (Vomáčka, 2015, s.58)

Je-li vstup do cévy nedostatečně široký, lze po vodiči zavést dilatátor, který přístup rozšíří. Nejsme-li spokojeni s odolností přístupu, zavedeme po vodiči zaváděcí pouzdro, tzv. sheat, jehož úlohou je zajistit bezpečnost a odolnost přístupu. (Malíková, 2019, s.18)

Po skončení výkonu se místo vpichu stlačí a přitlačí se kompresní váleček, který zůstane na místě vpichu okolo 10–15 minut. Pacient pak ještě mezi 8–24 hodinami po výkonu musí dodržovat klidový režim. (Heřman, 2014, s.248)

4.5.4 Přístupové cesty pro zobrazení cévního řečiště

Jak již bylo výše zmíněno, nejčastějším přístupem katetrizace cévního řečiště je cesta arterií femoralis. Lze zvolit také jiná přístupová místa, konkrétně lze zvolit a. brachialis, a. radialis a a. axillaris. (Heřman, 2014, s.248)

Chceme-li zobrazit povodí jednotlivých mozkových cév, lze využít katetrizaci selektivní či superselektivní pro pravou společnou krkavici (*arteria carotis communis dextra*) přes hlavopažní kmen (*truncus brachiocephalicus*) nebo levou společnou krkavici (*arteria carotis communis sinistra*) a obou obratlových tepen (*arteriae vertebrales*) přes podklíčkové tepny (*arteriae subclaviae*). Povodí jednotlivých tepen zobrazujeme standardně ve dvou projekcích, předozadní a bočné, někdy doplňujeme o šikmou projekci. (Heřman, 2014, s.249)

4.5.5 Role radiologického asistence při intervenčních výkonech

Radiologický asistent je nezbytným členem týmu na pracovištích intervenční radiologie. Požaduje se po něm perfektní znalost anatomie, průběhu výkonů a využívaného materiálu. Je nutno, aby RA spolupracoval s lékařem provádějící vyšetření, včas reagoval na jeho pokyny a plnil je. Je také nutné, aby byl RA schopen manipulovat s angiografickým kompletem a tlakovým injektorem. Nezbytná dovednost je také postprocessingová úprava. (Vomáčka, 2015, s. 63)

Radiologický asistent ať už na pracovištích intervenční radiologie tak i na jiných pracovištích přichází do styku s pacientem a je jeho úlohou vysvětlit mu, co se bude dít a co dané vyšetření obnáší. To vyžaduje nejen určitou úroveň znalostí, ale také empatie a vstřícnosti. Vlídne chování napomáhá odbourat některé nepříznivé projevy fyziologických funkcí pacientů, jakými jsou například vysoký krevní tlak a puls. (Vomáčka, 2015, s. 64)

Před samotným výkonem se radiologický asistent podílí na přípravě sterilního stolku, pomáhá lékaři při dezinfekci pole zájmu, zadává do přístroje pacientova data a ovládá angiografický komplet během samotného výkonu (C rameno). (Vomáčka, 2015, s. 64)

Po výkonu je úkolem radiologického asistenta provést postprocessingové úpravy a hotové snímky odeslat do systému PACS. (Vomáčka, 2015, s. 64)

5 Terapie intrakraniálního krvácení

Stěžními faktory pro úspěšnou léčbu intrakraniálního krvácení jsou včasný transport do nemocničního zařízení, rychlá diagnostika původu, rozsahu a lokalizace krvácení pomocí zobrazovacích metod, na základě, kterých lze stanovit také přibližnou prognózu a časné zahájení odpovídající léčby. Proto je důležitý transport do nemocnice, kde je včasný zásah možný a nemocnice je schopna poskytnout potřebnou péči. (Bauer, 2006)

Takovými nemocnicemi jsou například Fakultní nemocnice Olomouc či Fakultní nemocnice Ostrava, ve kterých jsou zřízena Komplexní cerebrovaskulární centra a dále pak například Městská nemocnice Ostrava či Nemocnice Prostějov, nesoucí status iktového centra. (Maršálková, 2020)

Pro představu o prognóze onemocnění, konkrétně o prognóze intracerebrálního krvácení, využíváme hodnotící škály ICH skóre (tabulka 5), což je klinická klasifikační stupnice vycházející z nálezů na CT mozku, která se skládá z pěti složek: skóre dle Glasgow Coma Scale, objem krvácení, přítomnost intraventriculárního krvácení, infratentoriální původ krvácení a věk pacienta. (Šrámek, 2017, s.95)

Platí, že čím vyšší skóre, tím horší prognóza. Pacienti dosahující na této škále skóre do 4 jsou indikováni k terapii, pacienti se skóre nad 4 mají velice špatnou prognózu a do 30 dní zpravidla umírají. Nejde však o jediný hodnotící aspekt. V potaz musíme také vzít pacientův celkový stav, přidružená onemocnění či například zda má nasazenou antikoagulační léčbu. (Šrámek, 2017, s.95)

Tabulka 5: Hodnotící škála ICH skóre

GCS skóre při přijetí	15 – 13b. – 0 12 – 5b. – 1 3 – 4b. – 2
Objem krvácení	Do 30 ml – 0 Více než 30 ml – 1
Přítomnost krve v komorách	Ne – 0 Ano – 1
Infratentoriální původ	Ne – 0 Ano – 1
Věk	Méně než 80 let – 0 Nad 80 let – 1

(Šrámek, Martin, 2017. Intracerebrální krvácení. *Neurologie pro praxi*, s.95 – přepracováno do tabulky autorkou této práce)

Jak již z výše uvedeného vyplývá, péči o nemocného po příjezdu do nemocnice zahajujeme vyšetřením na CT, coby metodou neuroradiologie. Dalšími složkami podílející se na diagnostice a následné terapii pro postižené intrakraniálním krvácením jsou odborníci z oblasti neurologie, neurochirurgie a personál intenzivní péče, případně personál z oddělení intervenční radiologie, žádá-li si stav nemocného jejich zásah. (Hemphill, Greenberg a kol.,2015)

Terapii intrakraniálního krvácení lze rozdělit na terapii konzervativní, neurochirurgickou a intervenční.

5.1 Konzervativní terapie

Základem terapie je péče o dostatečnou ventilaci, monitoring vitálních funkcí pacienta a jejich případná korekce do optimálních hodnot. Důležité je také zajištění tepelného komfortu.

Konzervativní terapii lze pojmenovat také terapií symptomatickou, tedy léčbu zaměřenou na konkrétní příznaky a prevenci vzniku nových nežádoucích příznaků. Mezi nejzávažnější příznaky, které si žádají řešení je nitrolební hypertenze či poruchy koagulace. Kromě uvedených je nutno dbát o prevenci hyperglykémie či epilepsie, pokud je uveden záznam v anamnéze a také zajistit co nejlepší podmínky pro léčbu. Samozřejmostí by měla být terapie bolesti. (Ševčík, Matějovič a kol., 2015, s.491)

Mezi tento druh terapie lze také bezesporu zařadit klid na lůžku s komplexní péčí, včasnou rehabilitaci a terapii například logopedickou, jelikož při větším poškození dominantní hemisféry může docházet mimo jiné také k fatickým poruchám. Lze nabídnout také psychoterapii. (Ševčík, Matějovič a kol., 2015, s.491)

Právě zmiňovaný klid na lůžku je u SAK po stanovení diagnózy důležitý, stejně jako již výše zmiňovaná korekce hypertenze či tlumení bolesti a zvracení, které krvácení může zhoršovat. (Ambler, 2011, s.155)

5.1.1 Nitrolební hypertenze (ICP)

ICP rozumíme zvýšení intrakraniálního tlaku nad 20 mmHg. Tu bychom měli řešit především vyřešením stavu, který vzestup tlaku vyvolal. V našem případě bychom mohli hovořit o zástavě krvácení či evakuaci hematomu. Dalšími metodami terapie nitrolební hypertenze jsou například zvýšení polohy hlavy, zevní komorová drenáž, přiměřená analgosedace či v případě hydrocefalu, zavedení VP shuntu nebo operačně, dekompresivní kraniektomií. Pacienti s GCS skóre 8 bodů a méně, by měli mít zavedené čidlo pro měření ICP. (Ševčík, Matějovič a kol., 2015, s.461)

Z farmakologické terapie stojí za zmínku podání Manitolu či Sorbitolu, což jsou osmoticky účinné roztoky podávané intravenózní cestou. (Čoupková, Marcián a kol., 2021, s.32)

5.1.2 Hemokoagulační poruchy

Poruchy hemokoagulace jsou závažné zejména proto, že mohou bránit intervenčnímu zákroku. Nedostatek trombocytů (hodnota pod $70-100 \times 10^9/l$) se proto stává kontraindikací k neurochirurgickému zákroku, který je nutno řešit podáním tzv. trombocytárního náplavu. (Ševčík, Matějovič a kol., 2015, ss.491 - 492)

5.2 Terapie cestou intervenční radiologie

Jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, příčinami intrakraniálního krvácení jsou nejčastěji mozkové arteriovenózní malformace nebo krvácení z prasklého aneurysma některé z mozkových cév. V této kapitole se proto budu věnovat léčbě těchto dvou patologií.

5.2.1 Léčba aneurysmat

Aneurysma charakterizujeme jako dobře ohraničené rozšíření tepny. V místě výdutě je vlivem vysokého krevního tlaku oslabená cévní stěna, která má často sklon k prasknutí. Aneurysmata mohou také růst, prosakovat, v některých případech utlačovat hlavové nervy,

způsobovat epileptické záchvaty apod. Jsou příčinou SAK. Prasklé aneurysma představuje závažný, život ohrožující stav, který je nutno okamžitě řešit. (Procházka, Čížek, 2012, ss.170 – 171)

Jedním ze způsobů léčby aneurysmat jsou endovaskulární zákroky. Takovými zákroky jsou například coiling aneurysmatu (embolizace pomocí spirálek), remodelace krčku aneurysmatu stentem, stentgrafem, balónkovým katétreem či pomocí Flow-diverteru (nové, hustě spletené stenty). (Procházka, Novobilský, 2017, s.15)

Endovaskulární zákroky rozdělujeme podle toho, zda chceme zachovat mateřskou tepnu, a to na rekonstrukční (mateřská tepna je zachována) a dekonstrukční (uzávěr aneurysmatu spolu s mateřskou tepnou, zároveň se uzávěrem mohou vyřešit i jinak neřešitelná aneurysmata). (Procházka, Čížek, 2012, s.170)

Abychom mohli provést dekonstrukční intervenci, musí být u pacientů prováděny okluzní testy, aby se zjistilo, zda dostačuje kolaterální oběh cestou Willisova okruhu či cestou leptomeningů (v případě, že je aneurysma nad Willisovým okruhem). (Krajina, Lojík a kol.,2012, s. 553)

Coilingem aneurysmatu rozumíme vyplnění vaku platinovými spirálkami, které do vaku dostaneme pomocí mikrokatetru za skiaskopické kontroly. Na spirálkách se vytvoří trombus a aneurysma se tak vyřadí z oběhu. (Krajina, Lojík a kol.,2012, s. 553)

Embolizace spirálkami je vhodná u aneurysmatu, který má úzký krček (do 10 mm). (Procházka, Čížek, 2012, s.172)

U aneurysmat se širokým krčkem (15 mm) či u aneurysmat gigantických (nad 15 mm) využíváme embolizaci s pomocí balónkového katetru. (Krajina, Lojík a kol.,2012, s. 553)

Jde o remodelační techniku, při které se po zavedení mikrokatetru do aneurysma naplní balónek v mateřské tepně v místě, kde odstupuje aneurysma. Do vaku aneurysma se aplikují spirály a jejich poloha se ověří vypuštěním balónku. (Procházka, Čížek, 2012, s.172)

V případě aneurysmatu se širokým krčkem můžeme využít k podpoře embolizace také stent. Intrakraniální stenty napomáhají stabilizaci spirál a zabraňují jejich vycestování do mateřské tepny. (Krajina, Lojík a kol.,2012, s. 552)

5.2.2 Léčba AVM

Arteriovenózní malformace (AVM) mohou být až v 15 % případů asymptomatické. V tomto případě je metodou léčby volen konzervativní přístup se sledováním pacienta. AVM mohou být také krvácející a v tomto případě je možností několik, každopádně intervenčním způsobem je řešení zvané embolizační léčba. Lze je léčit také radiochirurgicky, a to pomocí tzv. Gamma nože nebo lze přistoupit k neurochirurgickému řešení (viz dále). Zobrazit je můžeme pomocí metody zvané 3D angiografie. (Procházka, Novobilský, 2017, s.33)

Protože jsou AVM charakterizovány svým nekolabujícím žilním systémem, širokým přívodným systémem tepen a vysokým přítokem krve, je úkolem embolizace snížit průtok danou oblastí, případně vyřadit z krevního oběhu část tepenného nebo kapilárního řečiště. Pro tento způsob intervence využíváme katetry, které zavádíme do přívodných tepen malformace. (Procházka, Čížek, 2012, s.167)

Pro obliteraci AVM využíváme obliterační činidla, kterými jsou například Histoacryl (*n-butyl-2kyanoakrylát*) či Onyx (*ethylenvinylalkohol*). Činidlo Histoacryl samo o sobě není rentgen kontrastní, proto je nutné jej před aplikací smíchat s olejovou KL (například: Lipiodol Ultra Fluide), která jej učiní rentgen kontrastním. Činidlo Onyx není nutno míchat, samo o sobě je totiž rentgen kontrastní z důvodu obsahu tantalového prášku. Z dalších materiálů využívaných při embolizaci lze uvést jako příklad želatinovou pěnu nebo kovové spirálky. (Procházka, Čížek, 2012, s.168)

Tato metoda léčby však mnohdy není zcela spolehlivá a nevede ke kompletní obliteraci. Proto se u při léčbě AVM volí kombinovaný terapeutický přístup a endovaskulární léčba je tedy léčbou adjuvantní a volí se postup kombinovaný spolu s léčbou neurochirurgickou a radiochirurgickou. (Liščák, 2009, s.186)

5.3 Chirurgická léčba

5.3.1 Neurochirurgická léčba AVM

Abychom získali skóre, které nám ukáže, zda je pacient vhodný či nikoliv pro neurochirurgický výkon, lze využít systém klasifikace AVM podle Spetzlera-Martina, který přiděluje body za různé angiografické znaky AVM. Hodnotícími znaky jsou velikost AVM, žilní drenáž a lokalizace ve významné části mozku. (Gaillard, 2008)

Neurochirurgickou metodou využívanou pro léčbu AVM je mikrochirurgická exstirpace, která spočívá v radikálním chirurgickém odstranění malformace a snižuje tak riziko opětovného vytvoření malformace a krvácení téměř na minimum. Mikrochirurgická

lčba je tm rizikovjš, čím hlouběji v mozkové struktuře je aneurysma umístěno. (Liščák, 2009, s.186)

5.3.2 Neurochirurgická lčba aneurysmat

Neurochirurgická lčba aneurysmatu spočívá v akutní operaci, při které se provede tzv. clipping krčku výdutě, tedy naložení chirurgické svorky, čímž se aneurysma vyřadí z krevního oběhu. Jedná se o otevřenou operaci na mozku, která má tedy o něco vyšší rizika než endovaskulární lčba. (Hoch, Leffler, 2011, s.320)

Výhodou clippingu je však fakt, že pokud je svorka (tedy clip) naložena správně, aneurysma je trvale vyřazeno z oběhu a metoda proto představuje vysoce účinnou metodu lčby. (Šroubek, Hanuška a kol.,2019, s.7)

5.3.3 Neurochirurgická lčba hematomů

Před každou operací je nutno zhodnotit, zda hematom je nebo není určen k operaci, k čemuž nám jednoznačně pomohou zobrazovací metody, které poskytují informace a lokalizaci a velikosti zájmového ložiska. Obecně lze říct, že k operaci jsou indikovány větší hematomy, které utlačují okolní tkáň. Akutní operaci také vyžadují hematomy lokalizované v mozečku. Naopak hematomy, které nejsou indikovány k operaci jsou hematomy menší, lokalizované například v bazálních gangliích. Evakuace by klinický stav nezlepšila, proto není nutné pacienta zatěžovat riziky s operací spojenými. (Hoch, Leffler, 2011, s.320)

Nejčastěji se coby operační přístup volí kraniotomie. V případě epidurálního hematomu se odděluje od tvrdé pleny mozkové a zastavuje se zdroj krvácení. Včasný operační zásah většinou znamená dobrou prognózu. (Hoch, Leffler, 2011, s.321)

Hovoříme-li o akutním subdurálním hematomu, ani po operačním zásahu není prognóza příliš dobrá. Tichý v publikaci Hocha a Lefflera „Speciální chirurgie“ uvádí, že morbidita a mortalita se pohybuje v rozmezí 50-80 %. Akutní subdurální hematom si vyžaduje rozsáhlou kraniotomii, přes kterou se hematom odstraní a zastaví se zdroj krvácení. Je nutno provést také zevní dekompresi, odstranění kosti a plastiku mozkové pleny. (Hoch, Leffler, 2011, s.322)

Na rozdíl od akutního subdurálního hematomu, chronický subdurální hematom má prognózu dobrou. Hematom evakuujeme z trepanované lebky. Lze zavést také zevní drenáž. Pokud se stane, že se proces tvorby hematomu zopakuje (tzv. recidiva), provede se kraniotomie a hematom se i s pouzdrem odstraní. (Hoch, Leffler, 2011, s.322)

5.3.4 Radiochirurgická léčba AVM

Radiochirurgie v léčbě AVM se jeví jako velice účinnou metodou léčby. Téměř nikdy však nestojí jako hlavní léčebná metoda a v terapii se často jedná o kombinovaný přístup. (Liščák, 2009, s.186)

Tato metoda léčby spočívá v cíleném, jednorázovém ozáření malformace pomocí Gama nože, čímž vyvolá subendoteliární edém a edém v okolí cév, trhlinky v cévní stěně a degeneraci endoteliárních buněk s následnou nekrózou a aktivaci fibroplastických mechanismů ve stěně cév. To vše vede s odstupem několika málo let k úplné obliteraci AVM. Okolní, zdravé cévy, na ozáření nereagují a jejich průchodnost zůstává nezměněna. (Liščák, 2009, s.180)

Nejdůležitějším faktorem spojeným s obliterací je předepsaná dávka záření. Pollock ve svém článku z roku 2019 uvádí, že u dávek 15-16 Gy se šance na obliteraci pohybuje mezi 60–70 % a u dávek 20–25 Gy šance na obliteraci stoupne až k 90 % a výše. Výhodami této metody jsou její přesnost a neinvazivnost. Nevýhodou je však fakt, že k obliteraci dochází v postupu let a pacient je tak po tuto dobu stále ohrožen krvácením. (Pollock, 2019)

Závěr

Tato bakalářská práce s názvem „Zobrazovací metody v diagnostice intrakraniálního krvácení“ měla za cíl představit intrakraniální krvácení, které je život ohrožujícím stavem, popsat, jakým způsobem lze krvácení detekovat a představit možnosti terapie. Za vhodné jsem také uznala zařadit anatomické popsání mozku a souvisejícího cévního systému, což jsem zpracovala v prvních dvou kapitolách, kterými jsem zároveň dosáhla druhého stanoveného cíle.

Zdroji pro mou bakalářskou práci se stalo celkem 43 publikací. Některé z nich byly v českém, jiné v anglickém jazyce. V 21 případech se jednalo o knižní publikace a v 22 případech o elektronické články vyhledané pomocí databází, které jsou uvedeny v abstraktu a úvodu této práce.

Prvním krokem bylo ujasnit, jak a podle čeho intrakraniální krvácení rozdělujeme a jaké jsou příčiny jejich vzniku, případně jak se krvácení projevuje. Podrobněji jsem proto ve třetí kapitole tuto problematiku rozepsala a dosáhla tak prvního a třetího stanoveného cíle.

Čtvrtou kapitolu jsem věnovala čtvrtému cíli své práce, kterým bylo představit zobrazovací metody, k detekci krvácení využívané. Byl představen princip jejich fungování a k modalitám CT a MR byl také přiřazen obraz krvácení, tedy to, jak se které krvácení na dané modalitě projevuje. Bylo také prezentováno, že CT je metodou první volby při podezření na krvácení. Stalo se tak především díky rychlosti vyšetřování při použití této metody a její, v porovnání s MR mnohem větší dostupnosti. Nevýhodou CT oproti MR je však zátěž ionizujícím zářením, které u vyšetření pomocí MR chybí. Další výhodou MR oproti CT, jak již bylo prezentováno, je kromě absence radiační zátěže také DWI sekvence, díky níž lze rozpoznat i miniaturní hemoragii. Takto malé léze jsou CT zobrazitelné pouze v omezeném rozsahu.

Prezentovány byly také varianty těchto modalit, a to CT a MR angiografie, které díky tomu, že nejsou invazivní, postupně nahrazují jinak využívanou, invazivní metodu DSA, která je však stále zlatým standardem v detekci cévních patologií, které mohou být příčinou krvácení. Využívaná je také pro průkaz patologií, které neinvasivní metody nebyly schopny odhalit nebo jako součást terapeutických, intervenčních zákroků.

Ve čtvrté kapitole jsem se také zmínila o roli radiologického asistenta při intervenčních výkonech, které jsou mnohdy součástí terapie, které jsem se věnovala v poslední kapitole své práce. Byla probraná terapie konzervativní, chirurgická a terapie právě za pomoci intervenčních výkonů. V této kapitole bylo také zmíněno, kam je vhodné pacienta s podezřením na cerebrální hemoragii umístit a také jsem zmínila klasifikační stupnici dle Spetzlera-Martina hodnotící

skóre ICH. Záměr zmínění těchto informací bylo poukázat na to, že včasné odhalení problému a zahájení odpovídající terapie je mnohdy zásadní. Na závěr je vhodné také zmínit, že ani jedna z uvedených hodnotících škál by nebyla plně funkční bez zobrazovacích metod a tedy, že celkový, ideálně co nejrychlejší proces diagnostiky a léčby intrakraniálního krvácení by se bez zobrazovacích metod neobešel.

Předložená bakalářská práce s přehledem dohledaných poznatků o problematice intrakraniálního krvácení by mohla posloužit studentům radiologické asistence jako edukační materiál o dané problematice.

Referenční seznam literatury

AMBLER, Zdeněk, 2011. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 7. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-707-3.

BALLINGER, Ray. *Phase contrast imaging* [online]. 5.3.2013 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.53347/rID-22024>

BASHIR, Usman. *Contrast enhanced MR angiography* [online]. 1.6.2012 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.53347/rID-18338>

BAUER, Jiří. 2006, LÉČBA INTRACEREBRÁLNÍHO KRVÁCENÍ – SKEPSE NEBO OPTIMIZMUS?. *Neurologie pro praxi* [online]. 315 [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2006/06/06.pdf>

BENEŠ, Vladimír a Petr SUCHOMEL. *Mozková aneuryzmata a subarachnoidální krvácení*. Praha: Mladá fronta, 2017. Aeskulap. ISBN 9788020444066.

CLARKE, Jennifer L., S. Claiborne JOHNSTON, Mary FARRANT, Richard BERNSTEIN, David TONG a J. Claude HEMPHILL. External Validation of the ICH Score. *Neurocritical Care* [online]. 2004, 1(1), 53-60 [cit. 2023-03-04]. ISSN 1541-6933. Dostupné z: doi:10.1385/NCC:1:1:53

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.

ČOUPKOVÁ, Hana, Pavel MARCIÁN, Vladislava MARCIÁNOVÁ, Lucie PŘIKRYLOVÁ, Ludmila RÁŽKOVÁ a Lenka SLEZÁKOVÁ. *Ošetřovatelství v chirurgii. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2021. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-2900-8.

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-164-3.

GAILLARD, Frank, 2008. *Subarachnoid hemorrhage* [online]. In: . [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.53347/rID-2119>

GAILLARD, Frank. *Spetzler-Martin arteriovenous malformation grading system* [online]. 2.5.2008 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.53347/rID-2066>

HEMPHILL, J. Claude, Steven M. GREENBERG, Craig S. ANDERSON, et al., 2015. Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Stroke* [online]. 46(7), 2032-2060 [cit. 2023-03-06]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STR.0000000000000069

HEŘMAN, Miroslav, 2014. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-2901-4.

HOCH, Jiří a Jan LEFFLER. *Speciální chirurgie. 3.*, rozš. a přeprac. vyd. Praha: Maxdorf, c2011, 589 s. Jessenius. ISBN 978-80-7345-253-7.

- HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK, 2017. In: *Memorix anatomie*. 4. vydání. Praha: Triton, s. 390 - 500. ISBN 978-80-7553-420-0.
- KALVACH, Pavel, 2010. *Mozkové ischemie a hemoragie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2765-3. (STR. 145)
- KIDWELL, Chelsea S a Max WINTERMARK, 2008. Imaging of intracranial haemorrhage. *The Lancet Neurology* [online]. **7**(3), 256-267 [cit. 2023-03-19]. ISSN 14744422. Dostupné z: doi:10.1016/S1474-4422(08)70041-3
- KRAJINA, Antonín, Miroslav LOJÍK a Tomáš ČESÁK, 2012. Endovaskulární léčba intrakraniálních aneurysmat – metodika, indikace, komplikace. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. **2012**(5) [cit. 2023-03-12]. ISSN 1803-6597.
- LAU, K. M. a A. A. SHEIKH, 2022. Lesson of the month: Cerebral amyloid angiopathy masquerading as recurrent transient ischaemia attacks in an older adult. *Clinical medicine (London, England)* [online]. **22**(6), 582-583 [cit. 2023-01-13]. ISSN 14734893. Dostupné z: doi:10.7861/clinmed.2022-0412
- LIEBESKIND, David. *Intracranial Hemorrhage* [online]. In: . 7.12.2018 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/1163977-overview>
- LIŠČÁK, Roman, 2009. *Radiochirurgie gama nožem: principy a neurochirurgické aplikace*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2350-1.
- LIŠČÁK, Roman. *Radiochirurgie gama nožem: principy a neurochirurgické aplikace*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2350-1.
- MALÍKOVÁ, Hana, 2019. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4036-5.
- MARŠÁLKOVÁ, Hana. *Iktová centra* [online]. 2020 [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://www.cmp.cz/iktova-centra>
- MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA, 2014. *Protokoly MR zobrazování*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-109-4.
- NAM, Ho Hyun, Dong Kyu JANG a Byung Rae CHO, 2022. Complications and risk factors after digital subtraction angiography: 1-year single-center study. *Journal of Cerebrovascular and Endovascular Neurosurgery* [online]. **24**(4), 335-340 [cit. 2023-03-19]. ISSN 2234-8565. Dostupné z: doi:10.7461/jcen.2022.E2022.05.001
- OREL, Miroslav a Roman PROCHÁZKA, 2017. *Vyšetření a výzkum mozku: pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-9773-6.
- PINKIEWICZ, Miłosz, Mateusz PINKIEWICZ, Jerzy WALECKI a Michał ZAWADZKI, 2022. State of the Art in the Role of Endovascular Embolization in the Management of Brain Arteriovenous Malformations—A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine* [online]. **11**(23), 7208-7231 [cit. 2023-01-15]. ISSN 20770383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm11237208

- POLLOCK, Bruce E. Gamma Knife Radiosurgery of Arteriovenous Malformations: Long-Term Outcomes and Late Effects. In: NIRANJAN, Ajay, L. Dade LUNSFORD a Hideyuki KANO, ed. *Leksell Radiosurgery* [online]. S. Karger, 2019, 2019-5-16, s. 238-247 [cit. 2023-04-01]. Progress in Neurological Surgery. ISBN 978-3-318-06421-6. Dostupné z: doi:10.1159/000493070
- PROCHÁZKA, Václav a Petr NOVOBILSKÝ. *Atlas vaskulární diagnostiky a intervenčních výkonů*. Praha: Maxdorf, [2017]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-472-2.
- PROCHÁZKA, Václav a Vladimír ČÍŽEK. *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony*. Praha: Maxdorf, c2012. Jessenius. ISBN 978-80-7345-284-1.
- RADOVNICKÝ, Tomáš, Patrik HITKA a Martin SAMEŠ, 2020. Endoscopic lavage of intraventricular haemorrhage in premature newborns. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. **83/116**(6), 655-658 [cit. 2023-01-15]. ISSN 12107859. Dostupné z: doi:10.48095/ccsnn2020655
- SEDLÁŘ, Martin, Erik STAFFA a Vojtěch MORSTEIN, 2014. *Zobrazovací metody využívající neionizující záření* [online]. Brno [cit. 2023-02-22]. ISBN 978-80-210-7156-8. Dostupné z: https://www.med.muni.cz/biofyz/zobrazovacimetody/files/zobrazovaci_metody.pdf
- SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ, 2007. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1106-5.
- SEIDL, Zdeněk a Manuela VANĚČKOVÁ. *Diagnostická radiologie*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4546-6.
- SU, Z., W. GUO, Y. LUO, Y. WANG a Y. DU, 2022. Observation on the Nursing Effect of the Whole Process in Patients with Severe Intracranial Hemorrhage. *Computational and mathematical methods in medicine* [online]. **2022**, 1546019 [cit. 2023-01-13]. ISSN 17486718. Dostupné z: doi:10.1155/2022/1546019
- ŠEVČÍK, Pavel a Martin MATĚJOVIČ, ed. *Intenzivní medicína*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-066-0.
- ŠKOLOUDÍK, David, 2017. Neurosonologie. *Neurologie pro praxi* [online]. **18**(4), 228-228 [cit. 2023-02-04]. ISSN 12131814. Dostupné z: doi:10.36290/neu.2017.090
- ŠRÁMEK, Martin, 2017. Intracerebrální krvácení. *Neurologie pro praxi* [online]. **18**(2), 94-97 [cit. 2023-01-13]. ISSN 12131814. Dostupné z: doi:10.36290/neu.2017.071
- ŠROUBEK, Jan, Jaromír HANUŠKA, Oldřich ŠOULA, Robert TOMÁŠ, Richard BRUNA a Jan KLENER, 2019. Modern microsurgery as a permanent, safe and gentle solution of unruptured intracranial aneurysms. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. **82/115**(2), 176-182 [cit. 2023-03-14]. ISSN 12107859. Dostupné z: doi:10.14735/amcsnn2019176
- VALENTA, Jiří a Pavel FIALA, 2020. *Přehled anatomie centrálního nervového systému*. Univerzita Karlova v Praze: Karolinum. ISBN 978-80-246-4589-6.

Věstník č.10/2016, 2016. In: *Ministerstvo zdravotnictví České Republiky* [online]. 15.12.2016 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-10-2016/>

VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.

WIJESINGHE, P., H.W.M. STEINBUSCH, S.K. SHANKAR, T.C. YASHA a K.R.D. DE SILVA. Circle of Willis abnormalities and their clinical importance in ageing brains: A cadaveric anatomical and pathological study. *Journal of Chemical Neuroanatomy* [online]. 2020, **106** [cit. 2022-12-23]. ISSN 08910618. Dostupné z: doi:10.1016/j.jchemneu.2020.101772

Seznam zkratek

2D	dvojdimenzionální
3D	trojdimenzionální
a	arteria
ACI	arteria carotis interna
AV	arterio-venózní
AVM	arterio-venózní malformace
C2	druhý krční obratel
C3	třetí krční obratel
CeMRA	Contrast Enhanced magnetická rezonanční angiografie
CNS	centrální nervová soustava
CT	počítačová tomografie (z anglického computer tomography)
CTA	CT angiografie
DSA	digitální subtrakční angiografie
DWI	Diffusion weighted images (sekvence pro zobrazování na magnetickou rezonanci)
dx.	dexter, pravý
et	a
FLAIR	sekvence pro zobrazování na MR, která potlačuje signál vody
GCS	Glasgow Coma Scale (hodnotící škála pro stav vědomí)
GE	gradient-echo (sekvence využívaná pro zobrazování na magnetické rezonanci)
Gy	– gray (jednotka absorbované dávky záření)
HU	Hounsfield units (Hounsfieldova jednotka)
ICH	intracranial hemorrhage, intrakraniální krvácení
iCMP	ischemická cévní mozková příhoda
ICP	nitrolební tlak (z anglického: intracerebral pressure)
IZ	ionizující záření
KL	kontrastní látka
A kol.	a kolektiv (autorů – v citacích publikací)
mmHg	milimetrů rtuťového sloupce
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	magnetická rezonance

MRA Magnetická rezonanční angiografie
PACS Picture archiving and communication system
PC Phase Contrast (technika využívaná na magnetické rezonanci)
RA radiologický asistent
RF radiofrekvenční
s. strana
SE spin echo (sekvence pro zobrazování na magnetickou rezonanci)
ss. strany
SAK subarachnoidální krvácení
sin. sinister, levý
SWI susceptibility-weighted imaging (sekvence pro zobrazování magnetickou rezonanci)
T1 typ vyšetřovací sekvence pro zobrazování magnetickou rezonanci
T2 typ vyšetřovací sekvence pro zobrazování magnetickou rezonanci
TE time to echo (čas mezi excitačním RF pulsem a detekcí signálu na magnetickou rezonanci)
TR time to repeat (čas mezi jednotlivými RF pulsy na magnetickou rezonanci)
TSE turbo spin echo (sekvence pro zobrazování na magnetickou rezonanci)
TOF Time-Of-Flight (technika využívaná na magnetické rezonanci)
Tzv. takzvaně
USG ultrasonografie
v.o. vážený obraz
VP ventrikulo-peritoneální

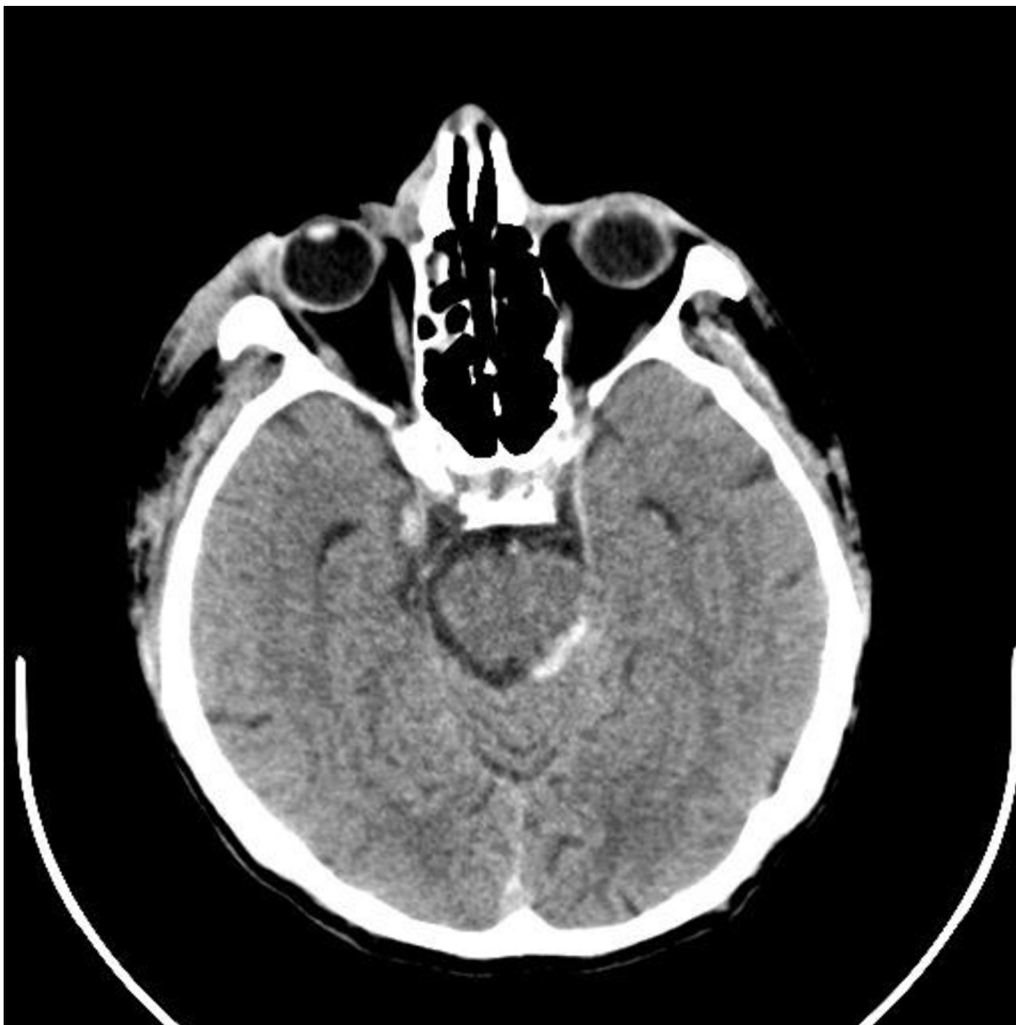
Seznam tabulek

Tabulka 1	Denzity tkání (s.20)
Tabulka 2	Vyšetřovací protokol pro CT mozku (s.22)
Tabulka 3	Základní protokol pro MR mozku (s.25)
Tabulka 4	Protokoly pro MRA Willisova okruhu a venózní MRA pro zobrazení žilních splavů (s. 26)
Tabulka 5	Hodnotící škála ICH skóre (s.32)

Přílohy

Příloha 1: Zobrazení SAK pomocí CT

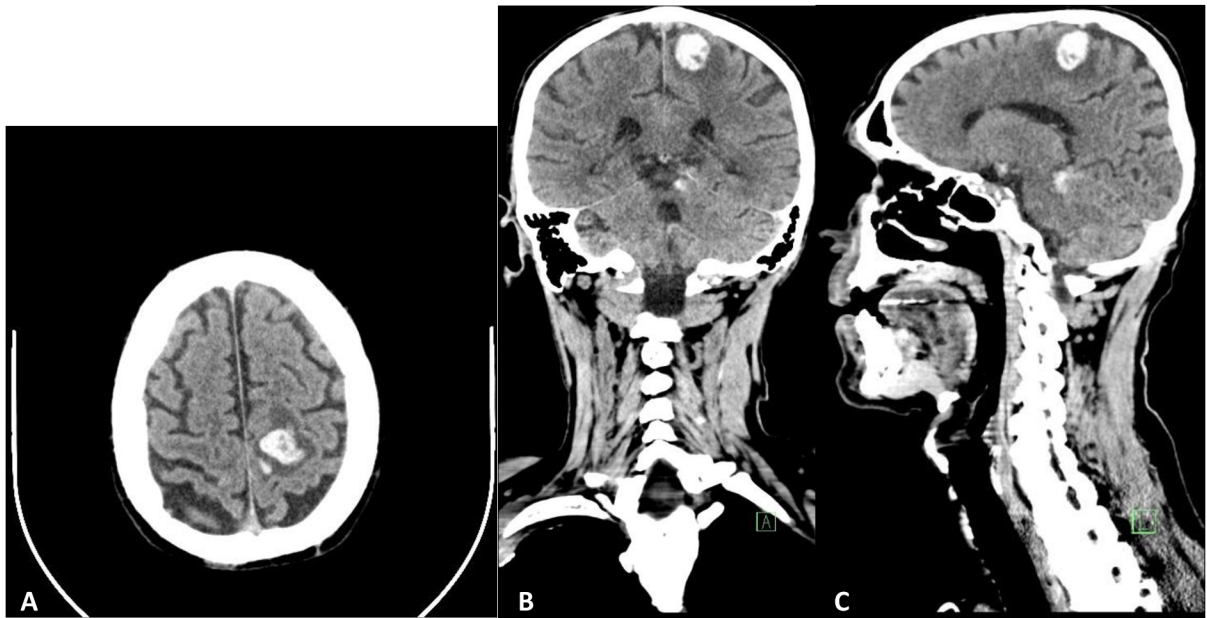
Příložený snímek je transverzální řez mozkom, který byl získán z CT vyšetření mozku. Byl popsáno diskretní subarachnoidální krvácení v bazálních cisternách, lokalizován více vlevo a fraktura báze orbity vpravo.



Zdroj: PACS Nemocnice ve Frýdku – Místku

Příloha 2: Zobrazení ICH na CT

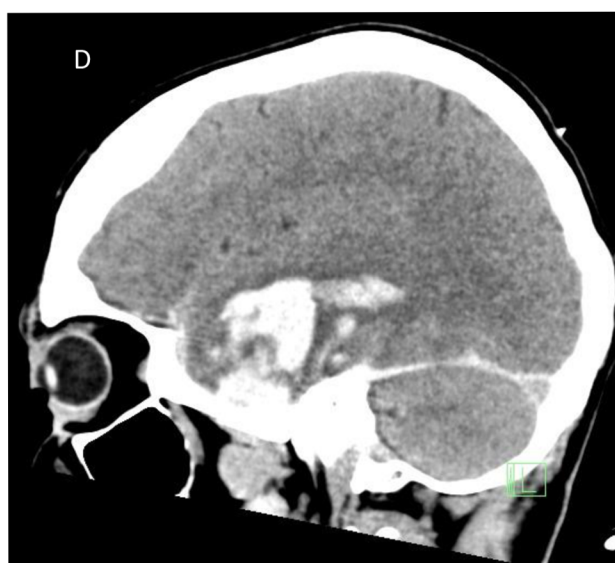
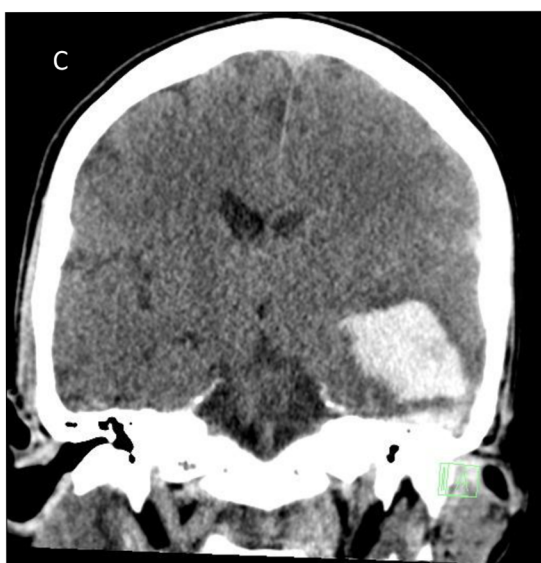
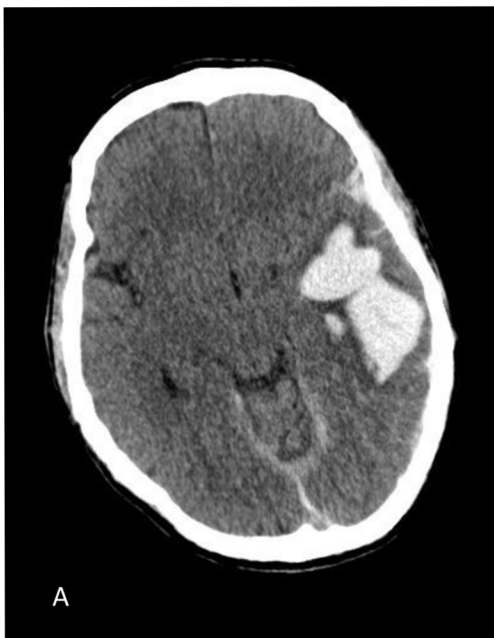
Snímky této přílohy zobrazují ICH o průměru asi 24 mm, který je lokalizovaný vlevo, vysoko pod temenem. Popisovaný je také diskretní lem perifokálního edému. Zobrazované snímky jsou v transverzální (a), koronální (b) a sagitální (c) rovině. Vyšetření proběhlo nativně, tedy bez aplikace kontrastní látky.



Zdroj: PACS Nemocnice ve Frýdku – Místku

Příloha 3: Pacient se SAK, intracerebrálním a subdurálním hematomem

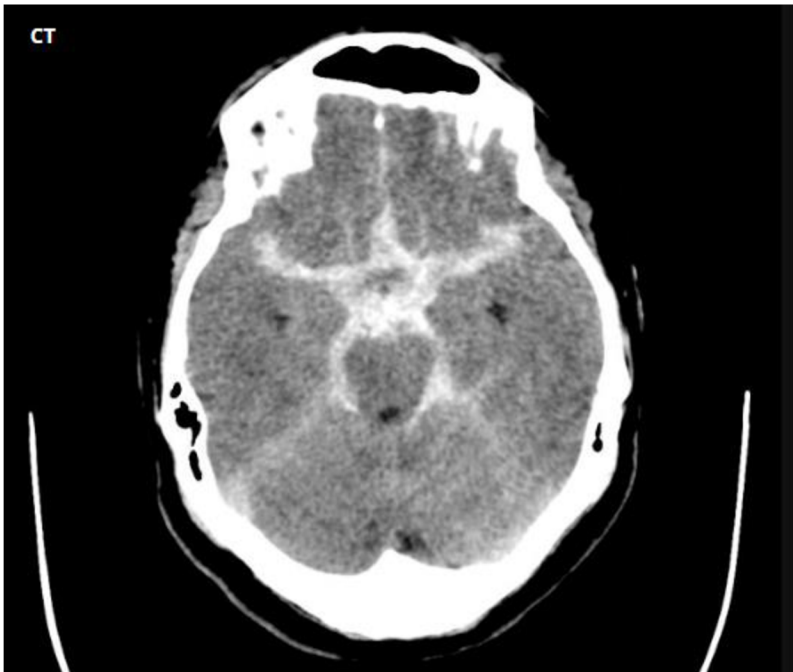
Předložené snímky (a,b,c,d) jsou pořízeny metodou nativního CT mozku. Byl zde popsán objemný ICH vlevo, s perifokálním edémem, který se provalil do zadních rohů postranních komor (b). Dále je zde prokrvácená kontuze frontobazálně vlevo. Vlevo je také patrný objemný SDH a diskrétní SAK. Vlevo jsou vyhlazeny sulky na levé hemisféře a lehce setřelá hranice mezi šedou a bílou hmotou mozkovou, což napovídá počátku edému mozku.



Zdroj: PACS Nemocnice ve Frýdku-Místku

Příloha 4: Zobrazení SAK na CT (případ č.2)

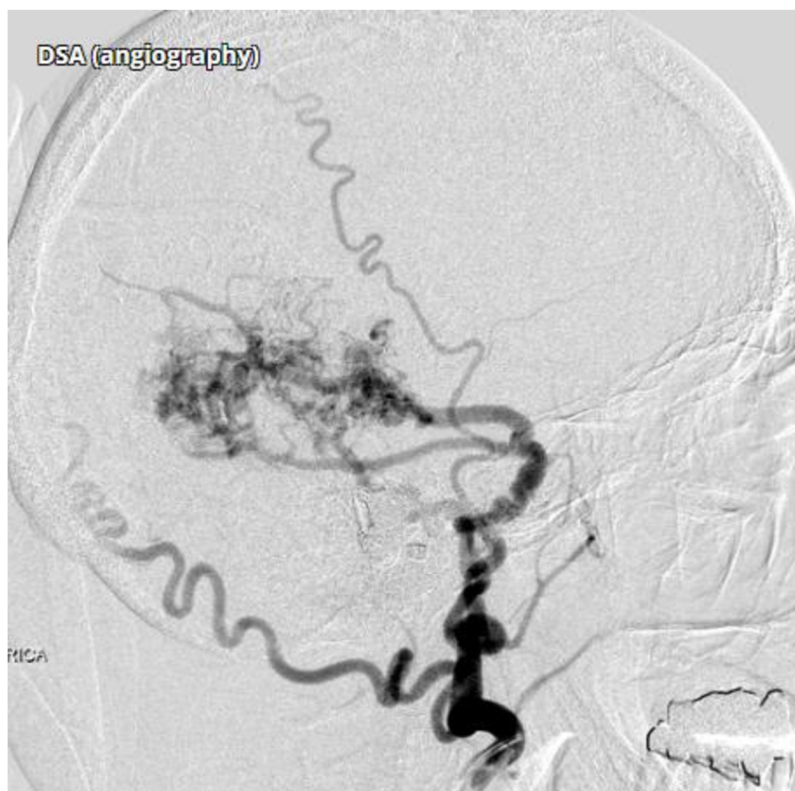
V této příloze je snímek získaný na nativním CT mozku, zobrazující difuzní SAK zasahující do všech bazálních cisteren a Silvické fisury.



Zdroj: <https://doi.org/10.53347/rID-22377> (Radiopaedia.org)

Příloha 5: Zobrazení AV malformace pomocí metody DSA

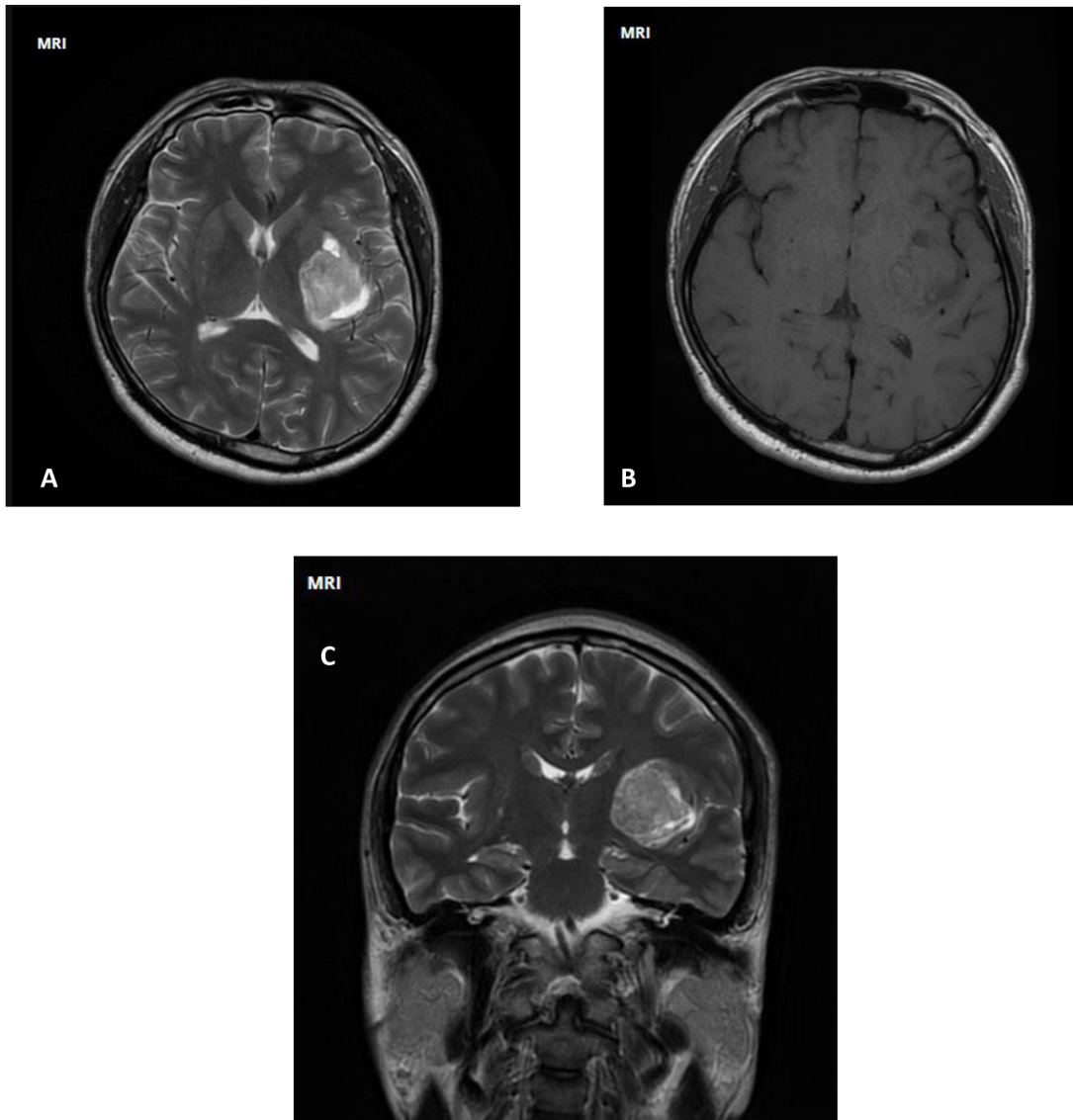
Na snímku této přílohy je zobrazena AV malformace, lokalizována vpravo.



Zdroj: <https://doi.org/10.53347/rID-162779> (Radiopaedia.org)

Příloha 6: Zobrazení hematomu na MR

Tato příloha obsahuje 2 transverzální řezy (a,b) nativním skenem z MR mozku. Je zde zobrazena T1 v.o. (b) a T2 v.o. (a) sekvence. Koronální řez (c) je v T2 v.o. Je zde zobrazen hematom, který je lokalizovaný vlevo a s největší pravděpodobností jde o krvácení vzniklé z hypertenzní příčiny.



Zdroj: <https://doi.org/10.53347/rID-86553> (Radiopaedia.org)