

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav Radiologických metod

Dana Strupková

**DIAGNOSTICKÉ ZOBRAZOVÁNÍ
INTRAKRANIÁLNÍHO KRVÁCENÍ**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Olomouc 2014

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Název práce:** Diagnostické zobrazování intrakraniálního krvácení
- Název práce v AJ:** Diagnostic imaging of intracranial haemorrhage
- Datum zadání:** 2014-01-30
- Datum odevzdání:** 2014-04-30
- Vysoká škola:** Univerzita Palackého v Olomouci
- Fakulta:** Fakulta Zdravotnických věd
- Ústav:** Ústav Radiologických metod
- Autor práce:** Strupková Dana
- Vedoucí práce:** MUDr. Vojtěch Prášil
- Oponent práce:** MUDr. Jiří Kozák
- Abstrakt v ČJ:** Tato přehledová bakalářská práce je zaměřena na předložení poznatků o zobrazovacích metodách používaných k diagnostickému zobrazování intrakraniálního krvácení u dospělých osob, dětí i dosud nenarozených plodů. Jednotlivé metody jsou zde porovnávány z hlediska senzitivity, specificity a kvality zobrazení daného typu krvácení. Práce čerpá z odborné literatury a studií publikovaných v odborných recenzovaných periodikách a také využívá internetových zdrojů.
- Abstrakt v AJ:** This overview bachelor thesis is focused on presentation of knowledge about imaging methods which are used for diagnostical imaging of intracranial haemorrhage in adults, children and even unborn foetuses. Each method is compared to another according its sensitivity, specificity and quality of the imaging of certain type of haemorrhage. Thesis draws on professional literature, studies published in reviewed specialised periodicals and uses internet sources as well.
- Klíčová slova v ČJ:** zobrazení krvácení, intrakraniální krvácení, subdurální hematom, epidurální hematom, subarachnoidální krvácení, intracerebrální krvácení, výpočetní tomografie, angiografie výpočetní tomografií, magnetická rezonance, angiografie

magnetickou rezonancí, digitální subtrakční angiografie, ultrasonografie, zobrazování krvácení, intrakraniální krvácení u dětí, prenatální diagnostika krvácení

Klíčová slova v AJ:

imaging of hemorrhage, intracranial hemorrhage, subdural hematoma, epidural hematoma, subarachnoid hemorrhage, intracerebral hemorrhage, computed tomography, computed tomography angiography, magnetic resonance, magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography, ultrasound, imaging of hemorrhage, intracranial hemorrhage in children, prenatal diagnosis of hemorrhage

Rozsah:

60 stran, 6 příloh

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

V Olomouci dne 30. dubna 2014

.....

Ráda bych poděkovala MUDr. Vojtěchu Prášilovi za odborné vedení této bakalářské práce.

OBSAH

Úvod	8
1 Definice a rozdělení intrakraniálního krvácení	10
2 Obecné principy zobrazení krvácení v jednotlivých modalitách.....	12
2.1 Prostý snímek	12
2.2 Výpočetní tomografie (CT).....	12
2.3 CT angiografie (CTA).....	14
2.4 Magnetická rezonance (MR).....	15
2.5 MR angiografie (MRA)	18
2.6 Digitální subtrakční angiografie (DSA).....	18
2.7 Ultrasonografie	19
2.8 Další metody.....	20
3 Typy intrakraniálního krvácení a jejich zobrazení v jednotlivých modalitách	21
3.1 Intracerebrální krvácení	21
3.1.1 Primární intracerebrální krvácení	21
3.1.2 Sekundární intracerebrální krvácení.....	24
3.2 Subarachnoidální krvácení	25
3.2.1 Traumatické subarachnoidální krvácení.....	25
3.2.2 Spontánní subarachnoidální krvácení	26
3.3 Subdurální hematom	28
3.3.1 Akutní.....	29
3.3.2 Subakutní.....	30
3.3.3 Chronický	31
3.4 Epidurální hematom.....	31
4 Intrakraniální krvácení u dětí.....	33
4.1 Vyšetření zobrazovacími metodami u dětí obecně.....	33
4.2 Zobrazovací metody v diagnostice intrakraniálního krvácení u dětí...33	
4.2.1 Ultrasonografie	33
4.2.2 Výpočetní tomografie (CT)	34
4.2.3 Magnetická rezonance (MR)	35

4.3	Intrakraniální krvácení u novorozenců narozených v termínu a u malých dětí...	36
4.4	Intrakraniální krvácení u předčasně narozených dětí	36
4.5	Traumatické intrakraniální krvácení u dětí	37
5	Prenatální diagnostika intrakraniálního krvácení	39
5.1	Ultrasonografie	40
5.2	Magnetická rezonance	40
	Závěr	42
	Referenční seznam literatury	44
	Seznam zkratk	50
	Seznam příloh	52
	Seznam tabulek	53
	Přílohy	54

ÚVOD

Nitrolební krvácení je závažný, život ohrožující stav, který má špatnou prognózu a vysokou míru úmrtnosti. Při každém podezření na intrakraniální krvácení je tedy nezbytné jeho přítomnost potvrdit, nebo vyvrátit. Při potvrzení přítomnosti intrakraniálního krvácení je důležité určit jeho typ, anatomickou lokalizaci, rozsah, a pokud je to možné, zjistit příčinu vzniku. Rozhodující roli v této diagnostice hrají radiologické zobrazovací metody.

Protože k diagnostice intrakraniálního krvácení může být použita řada různých zobrazovacích metod, je zkoumaný problém této bakalářské práce specifikován v následující otázce: Jak se na jednotlivých radiodiagnostických modalitách zobrazí různé typy intrakraniálního krvácení?

Při tvorbě bakalářské práce byly stanoveny tyto základní cíle:

Cíl 1: Definovat intrakraniální krvácení a možnosti jeho rozdělení.

Cíl 2: Předložit poznatky o zobrazení krvácení v jednotlivých zobrazovacích modalitách.

Cíl 3: Specifikovat jednotlivé typy intrakraniálního krvácení a možnosti jejich zobrazení.

Cíl 4: Popsat specifika zobrazování intrakraniálního krvácení u dětí.

Cíl 5: Shrnout možnosti prenatalního zobrazení krvácení

Samotné tvorbě této bakalářské práce předcházelo podrobné nastudování následující vstupní studijní literatury:

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

FERDA, Jiří. 2004. CT angiografie. Praha: Galén, 2004. ISBN 80-7262-281-1

FERDA, Jiří, NOVÁK, Milan, KREUZBERG, Boris. 2002. Výpočetní tomografie. Praha: Galén, 2002. ISBN 80-7262-172-6

PALMER, P.E.S. 2000. Manuál ultrazvukové diagnostiky. Praha : Grada Publishing, spol.s.r.o., 2000. ISBN 80-7169-689-7

SEIDL, Zdeněk et al.. 2012. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4108-6

VOMÁČKA, Jaroslav, NEKULA, Josef, KOZÁK, Jiří. 2012. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0

VYHNÁNEK, Luboš a kol. 1998. Radiodiagnostika-Kapitoly z klinické praxe. Praha: Grada Publishing, spol.s.r.o., 1998. ISBN 80-7169-240-9

Po prostudování uvedené vstupní literatury následovala rešerše odborných vědeckých článků a publikací, pro niž byla zvolena následující klíčová slova: zobrazení krvácení, intrakraniální krvácení, subdurální hematom, epidurální hematom, subarachnoidální krvácení, intracerebrální krvácení, výpočetní tomografie, angiografie výpočetní tomografií, magnetická rezonance, angiografie magnetickou rezonancí, digitální subtrakční angiografie, ultrasonografie, zobrazování krvácení, intrakraniální krvácení u dětí, prenatální diagnostika krvácení. K těmto klíčovým slovům byly připojeny i jejich ekvivalenty v angličtině.

Pojmy byly vyhledávány v následujících internetových databázích: PubMed, MEDVIK, MEDLINE a ProQuest. Jako vyhledávací jazyky byly zvoleny jazyk český a jazyk anglický. Na základě klíčových slov bylo nalezeno 45 článků, z nichž bylo využito 5 článků v českém jazyce a 20 článků v jazyce anglickém. Ostatní dokumenty byly vyřazeny, protože se bezprostředně nevztahovaly k tématu bakalářské práce a nevyhovovaly zadaným kritériím. Práce rovněž čerpá důležité informace ze 17 knižních titulů.

1 DEFINICE A ROZDĚLENÍ INTRAKRANIÁLNÍHO KRVÁCENÍ

Intrakraniální neboli nitrolební krvácení se dle anatomického umístění rozděluje na extracerebrální a intracerebrální. Intracerebrální krvácení primárně destruuje mozkovou tkáň vznikajícím hematomem. Extracerebrální krvácení bezprostředně nedestruuje mozkovou tkáň a dělí se na tři základní typy. Jejich rozlišení je velmi důležité z hlediska další terapie (Ferda, Novák, Kreuzberg, 2002, s. 71).

Jednotlivé typy a subtypy intrakraniálního krvácení jsou seřazeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Typy intrakraniálního krvácení

Intrakraniální krvácení
1. Intracerebrální
primární
sekundární
2. Extracerebrální
subarachnoidální krvácení
subdurální hematom
epidurální hematom

(Kidwell, Wintermark, 2008, s. 257)

Dále můžeme intrakraniální krvácení dělit dle času uplynulého od jeho vzniku na hyperakutní (<12 hod.), akutní (12 hod. – 2 dny), časné subakutní (2 – 7 dní), pozdní subakutní (8 dní – 1 měsíc) a chronické (> 1 měsíc – roky). V hyperakutní fázi je intrakraniální krvácení kapalina složená z 99% z intracelulárního oxygenovaného hemoglobinu. Během příštích několika hodin se heterogenní sraženina složená z krevních destiček, krvinek a séra bohatého na proteiny vyvíjí. Jak se sraženina retrahuje, vylučované sérum a reaktivní vazogenní edém ji obklopují. Během akutní fáze je hemoglobin postupně deoxygenován a v následné časné subakutní fázi je deoxygenace dokončena a deoxyhemoglobin je přeměňován na methemoglobin. V pozdní subakutní fázi je methemoglobin uvolňován do extracelulárního prostoru

a vazogenní edém pomalu ustupuje. V chronické fázi makrofágy a astrogliální buňky obklopují a pomalu fagocytují hematoma. Extracelulární hemoglobin je v makrofázích rozložen na hemosiderin a ferritin. Nakonec se hematoma kompletně rozloží a zůstanou po něm cysty naplněné tekutinou nebo kolabovaná mozková tkáň (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 256).

2 OBECNÉ PRINCIPY ZOBRAZENÍ KRVÁCENÍ V JEDNOTLIVÝCH MODALITÁCH

2.1 Prostý snímek

Prostý snímek lebky vzhledem ke své nízké senzitivě při průkazu intrakraniálního krvácení nemá žádný význam a neměl by být indikován. Jeho malá výtěžnost je již dostatečně prokázána velkými prospektivními studii i souhrnnou prací, která srovnává metodiky a závěry přibližně 200 vědeckých prací. Závěr této práce potvrzuje, že prostý snímek lebky nepomůže při vyloučení intrakraniálního krvácení (Neuwirth, 2002, s. 28).

2.2 Výpočetní tomografie (CT)

Zobrazení krvácení na CT je založené na míře absorpce rentgenového záření krevními složkami. Krev má pro rentgenové záření nižší propustnost než bezkrevná mozková tkáň. To znamená, že difúzně rozptýlená krev v mozkové tkáni zvyšuje její denzitu. Atenuační hodnota krevní plasmy je 24 HU. Největší měrou se na ní podílí hemoglobin, jehož proteinová složka je mnohem významnější než přítomnost železa. Množství erytrocytů a obsah hemoglobinu jsou tedy významné pro CT zobrazení tekoucí i extravaskulární krve. Fyziologický hematokrit způsobuje denzitu asi 52 – 54 HU. Normální mozková tkáň má hodnoty bílé hmoty kolem 30 HU a šedé hmoty kolem 36. Pokud není pacient silně anemický, tak vytrysklá extravaskulární krev hodnoty mozkové tkáně intenzivně převyšuje (Kalvach, 2010, s. 199).

Obraz krvácení na CT souvisí s jeho časovým vývojem. V akutní a hyperakutní fázi krvácení se sraženina vzhledem k okolní zdravé mozkové tkáni zobrazí hyperdenzně. Během několika prvních hodin po krvácení dochází ke zvýšení koncentrace hemoglobinu, což zvyšuje denzitu hematomu až na 82 – 88 HU. U pacientů s těžkou anémií má snížená koncentrace hemoglobinu za následek, že ložisko krvácení má nižší denzitu než je očekáváno. V pozdní subakutní fázi mají progresivní lýza krvinek a proteolýza hemoglobinu za následek snížení denzity léze

a krvácení se stává vzhledem k ostatní tkáni mozku izodenzní. V chronické fázi se hypodenzní hematom postupně vstřebává a zanechává po sobě malé hypodenzní defekty (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 257).

U většiny intrakraniálních krvácení nepřináší podání i.v. kontrastní látky v akutním stádiu žádnou další informaci. Racionální indikací k jejímu podání je však podezření na krvácení z arteriovenózní malformace, velkého aneuryzmatu, nebo případně objasnění granulující tkáně v periférii hojícího se hematomu (Kalvach, 2010, s. 199).

Nativní CT vyšetření nemá na rozdíl od MR žádné absolutní kontraindikace, mezi relativní kontraindikace řadíme těhotenství. Provedení vyšetření s aplikací kontrastní látky je nutné provést se speciální premedikací u pacientů na tuto látku alergických, u pacientů s polyvalentními alergiemi a s astma bronchiale (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, s. 69).

V následující tabulce je zobrazen protokol nejčastěji používaný k zobrazení mozku na CT. Standardně se používá bez aplikace kontrastní látky.

Tabulka č. 2: CT mozku

PROTOKOL	HODNOCENÍ
Rozsah	Šíře vrstvy
Foramen magnum až vertex	5-6 mm
kV/referenční kvalita mAs	Okénko
120 kV/250-380	C 35; W 120/C 35; W120
Kolimace/faktor stoupání	Roviny MPR
< 1 mm/< 1	Orbitomeatální, COR, SAG
Šíře vrstvy/increment	MIP/MinIP
5 mm/5 mm; 0,75 mm/0,5 mm	Nemá uplatnění
Rekonstrukční algoritmus	VRT rekonstrukce
Pro mozek s optimalizací	Stínované – neurokranium
Aplikace kontrastní látky	Další postprocessing
Intravenózní, 60 ml, 2 ml/s	Analýza CBV
Fáze zobrazení/zpoždění	Dokumentace nálezu
Intersticiální/60 s	MPR

(Ferda, Mírka, Baxa, 2009, ss. 82-83)

2.3 CT angiografie (CTA)

CTA je neinvazivní metoda sloužící k zobrazení kardiovaskulární soustavy. Kombinuje spirální CT tenkými řezy a i.v. aplikaci jodové kontrastní látky. Součástí hodnocení může být zhotovení 3D rekonstrukce cévních struktur (Procházka, Čížek, 2012, s. 93; Peterková, 2010, s. 92).

Nacházíme-li na nativním CT vyšetření hlavy typické známky subarachnoidálního krvácení nebo známky intracerebrálního krvácení je možné pokračovat v identifikaci zdroje krvácení provedením CTA. Pro zvýšení kontrastu krve je důležité intravenózní podání kontrastní látky. Podmínkou pro provedení hodnotného CTA vyšetření je izotropní zobrazení celého intrakraniálního prostoru s použitím kolimace do 1 mm (Ferda, 2004, s. 76).

Tabulka číslo 3 obsahuje protokol pro CT angiografii mozku.

Tabulka č. 3: CTA mozku

PROTOKOL	HODNOCENÍ
Rozsah	Šíře vrstvy
Foramen magnum až vertex	< 1 mm
kV/referenční kvalita mAs	Okénko
120 kV/175 mAs	C 100, W 500
Kolimace/faktor stoupání	Roviny MPR
< 1 mm/< 1	Orbitomeatální, COR, SAG
Šíře vrstvy/increment	MIP/MinIP
< 1 mm/1	Vrstvy do 5 mm
Rekonstrukční algoritmus	VRT rekonstrukce
Pro CTA – potlačení rozhraní	Stínované
Aplikace kontrastní látky	Další postprocessing
Intravenózní, 60 ml, 3-4 ml/s	Subtrakce skeletu, analýza CBV
Fáze zobrazení/zpoždění	Dokumentace nálezu
Arteriální/20 s; venózní/25 s	VRT, MIP

(Ferda, Mírka, Baxa, 2009, ss. 84-85)

2.4 Magnetická rezonance (MR)

Magnetická rezonance přináší kvalitativně odlišný aspekt diagnostiky intrakraniálních hemoragií. Její zavedení do diagnostiky však neznamená vytlačení klasických metod, jako je CT nebo angiografie. CT bylo dlouho považováno za zlatý standard pro detekci akutního krvácení, naopak předností MR bylo stádium chronické. Nové moderní sekvence MR však přinášejí přednosti hlavně v detekci velmi jemných příměsí krve (Kalvach, 2010, s. 269). Nové metody také ukazují, že stopy po deoxyhemoglobinu můžeme zachytit již v prvních minutách po krvácení, zvláště v T2W obraze, kde už v hyperakutním stadiu můžeme pozorovat hyposignální lem na okrajích ložisek. Tento poznatek je důležitý v diagnostice CMP, kdy ve vyšetřovacím protokolu můžeme CT nahradit zavedením gradientních sekvencí (T2W/FFE). Důvodem častější volby CT vyšetření tedy není lepší zobrazení krvácení,

ale spíše jeho větší dostupnost a podstatně kratší doba zobrazení (Seidl, Vaněčková, 2007, ss. 117-120).

Podstatou změny signálu při zobrazení krvácení MR jsou paramagnetické vlastnosti rozpadových krevních produktů hemoglobinu. Látky, které zvyšují velikost intenzity vnějšího magnetického pole, se nazývají paramagnetické a patří mezi ně deoxyhemoglobin, methemoglobin, hemosiderin a feritin. Naopak látky diamagnetické intenzitu pole snižují, patří mezi ně oxyhemoglobin (Seidl, Vaněčková, 2007, ss. 117-120).

Pro pochopení charakteru zobrazení krvácení jsou důležitá 2 základní fakta. Za prvé, jsou-li paramagnetické deriváty hemoglobinu lokalizovány uvnitř buňky, mohou být příčinou zkrácení T2 relaxačního času. Za druhé, paramagnetický relaxační enhancement, který vede ke zkrácení T1 relaxačního času, je možný pouze u methemoglobinu (Seidl, Vaněčková, 2007, ss. 117-120).

Vyšetření magnetickou rezonancí však není možno provést u všech pacientů. Je absolutně kontraindikováno u pacientů s MR inkompatibilním kardiostimulátorem, s elektronicky řízenými implantáty, s cévními svorkami z feromagnetického materiálu a s kovovými tělesy v oku. Relativními kontraindikacemi jsou klaustrofobie, první trimestr gravidity a kovová cizí tělesa. MR vyšetření není doporučováno do 6 týdnů po implantaci totálních endoprotéz, stentů, kava filtrů a svorek (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, s. 56).

Rozlišení jednotlivých stádií krvácení na CT i v jednotlivých sekvencích MRI je popsáno v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Zobrazení krvácení na CT a MR dle jednotlivých stádií

	CT	T1W MR	T2W MR	MR FLAIR	GRE MR
Hyperakutní	hyperdenzní	izosignální nebo mírně hypersignální	hypersignální	hypersignální	hyposignální lem
Akutní	hyperdenzní	izosignální nebo hyposignální	hyposignální	hyposignální	hyposignální lem postupně progredující k centru
Časné subakutní	hyperdenzní	hypersignální	hyposignální	hyposignální	hyposignální
Pozdní subakutní	izodenzní	hypersignální	hypersignální	hypersignální	hyposignální
Chronické	hypodenzní	izosignální nebo hyposignální	hyposignální	hyposignální	štěrbinovité hypersignální nebo izosignální jádro obklopené hyposignálním lemem

(Kidwell, Wintermark, 2008, s. 258)

2.5 MR angiografie (MRA)

MRA je stejně jako CTA metoda sloužící k zobrazení kardiovaskulární soustavy. Dělí se na metody kontrastní a nativní. Mezi nativní metody patří Time of Flight (TOF) a Phase Contrast, kontrastní metody se provádí technikou CE MRA s aplikací kontrastní paramagnetické látky. K vizualizaci vaskulárního stromu se používají zrekonstruované projekce, které se nazývají maximum intenzity projection (MIP) (Seidl et al., 2012, s. 65).

Time of Flight metoda je označována za „zlatý standard“ mezi nativními angiografickými metodami. Využívá tzv. inflow efektu, kdy krev přitékající do vyšetřované vrstvy není ovlivněna předchozími radiofrekvenčními pulzy a po vhodně načasovaném následujícím radiofrekvenčním pulzu je tato krev zdrojem silného signálu. K zobrazení intrakraniálního řečiště se nejvíce používá 3D TOF technika. Technika Phase Contrast využívá rozdílů fáze stacionárních a pohybujících se spinů. Zobrazuje se pouze pohyb a to nezávisle na jeho směru. U CE MRA vyšetření se používá paramagnetická kontrastní látka, kterou aplikujeme intravenózně bolusem. Tato kontrastní látka výrazně zkracuje T1 relaxaci protékající krve, která je poté zdrojem silného signálu. K měření se využívá rychlá T1 vážená sekvence ve 3D zobrazení (Procházka, Čížek, 2012, ss. 84 – 85; Seidl et al., 2012, s. 65).

Ve všech případech se jedná se o metody neinvazivní, bez využití ionizujícího záření. Jejich kontraindikace jsou stejné jako u MR. Velkou výhodou je, že MRA není kontraindikována u pacientů alergických na jodové kontrastní látky (Procházka, Čížek, 2012, s. 86). Nevýhodou MRA je vyšší cena vyšetření, menší dostupnost a větší náročnost na spolupráci pacienta (Novotný, 2008, s. 13).

2.6 Digitální subtrakční angiografie (DSA)

Digitální subtrakční angiografie spočívá v odečtení dvou snímků téže oblasti, lišících se pouze přítomností a nepřítomností kontrastní látky. Tato metoda se používá pro selektivní zobrazení cévního řečiště (Procházka, Čížek, 2012, ss. 39-40).

DSA je metoda invazivní a je spojená s radiační zátěží pacienta i vyšetřujícího personálu a nutností podání kontrastní látky. Jedná se však o metodu nejpreciznější, spolehlivou i při odhalování drobných aneuryzmat, a proto je dnes z diagnostických

důvodů prováděna při negativním nebo nejasném nálezů na CTA či MRA a samozřejmě těsně před coilingem aneuryzmat. Mezi nesporné výhody DSA patří možnost provedení cílené terapie (Seidl, Vaněčková, 2007, s 259).

2.7 Ultrasonografie

Moderní transkraniální ultrazvukové systémy díky vysoce výkonným sondám umožňují měření i dvourozměrné zobrazení intrakraniálních struktur a barevné mapování toků. Jejich hlavními výhodami jsou neinvazivnost, dobrá dostupnost, dynamický aspekt vyšetření, malá rizika nežádoucích účinků, žádná radiační zátěž a nízké náklady na jednotlivé vyšetření. Validita vyšetření je však závislá na schopnostech vyšetřujícího lékaře (Kalvach, 2010, s. 238).

Transkraniální pulzní dopplerovská ultrasonografie (TCD) se používá k zobrazení tepenných kmenů na bazi lební. K přístupu se používá standardních akustických oken, jde o okno transtemporální, subokcipitální, transorbitální a submandibulární. Využívá se hlavně k detekci vazospasmů při subarachnoidálním krvácení (Kalvach, 2010, s. 238).

Transkraniální barevná duplexní sonografie (TCCS) je kombinací 2D a barevného zobrazení. Používá se sonda s frekvencí 2-2,5 MHz, nejpoužívanější přístupové okno je transtemporální (Procházka, Čížek, 2012, s. 89). Hematom se na TCCS zobrazuje jako hyperechogenní, homogenní, dobře ohraničené ložisko bez zobrazitelné vaskularizace. Protože senzitivita a specifická tohoto vyšetření v detekci hematomu nepřesahuje 95%, nelze je využít v primární diagnostice. TCCS se však uplatňuje ve sledování resorpce hematomu. V průběhu prvních 3 dnů narůstá echogenita ložiska, během následujících 3-6 týdnů se v průběhu resorpce hematomu jeho echogenita snižuje. Ložisko se pak stává neostře ohraničeným a heterogenním (Kalvach, 2010, s. 238).

Největší význam má ultrazvukového vyšetření v prenatální a neonatální diagnostice intrakraniálních krvácení. Tomu tématu bude věnována samostatná kapitola.

2.8 Další metody

Mezi metody využitelné k zobrazení krvácení patří i PET a SPECT. Také některé další techniky včetně spektroskopie pomocí blízkého infračerveného záření (near infrared spectroscopy; NIRS), MR spektroskopie a DTI (diffusion tensor imaging) poskytují nový pohled na diagnostiku krvácení a jeho časový průběh (Kidwell, Wintermark, 2008, 263-264).

MR spektroskopie je metoda získávající informace o biochemickém složení tkáně, aniž by byl nutný její odběr. Detekuje především nízkomolekulární metabolity obsahující hlavně jádra vodíku, N-acetyl aspartát, kreatinin, cholin, laktáty a některé mobilní tuky (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, s. 55).

Blízká infračervená spektroskopie je metoda schopná detekovat změny v koncentraci oxyhemoglobinu a deoxyhemoglobinu v tkáni na základě rozdílné absorpce vlnění o více vlnových délkách (Boas, 2001, s. 76).

3 TYPY INTRAKRANIÁLNÍHO KRVÁCENÍ A JEJICH ZOBRAZENÍ V JEDNOTLIVÝCH MODALITÁCH

3.1 Intracerebrální krvácení

Intracerebrální krvácení rozdělujeme na primární (spontánní) a sekundární (Heřman, 2006, ss. 124-125).

3.1.1 Primární intracerebrální krvácení

Spontánní mozková hemoragie se také označuje jako cévní mozková příhoda (CMP). Její příčinou bývá většinou porušená cévní stěna u nemocných s hyperdenzní chorobou (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 117). Nejčastějším zdrojem krvácení jsou ruptury drobných perforujících arterií (a. lenticulostriata). Typickými lokalizacemi jsou bazální ganglia a capsula externa (65%), thalamus (20%), pons (8%), mozeček (5%) a juxtakortikální hmota (2%). Prognosticky nepříznivé provalení do komorového systému bývá nacházeno u poloviny případů intracerebrálního krvácení (Heřman, 2006, ss. 124-125).

Méně častými příčinami krvácení jsou arteriovenózní malformace a cerebrální amyloidní angiopatie (CAA). CAA je onemocnění způsobující akumulaci amyloidu ve stěnách malých a středních mozkových arterií a jejich nejčastější komplikací je spontánní, často se opakující intracerebrální krvácení. Toto krvácení obvykle zahrnuje kortex a nebo subkortikální bílé hmoty (Pezzini, Padovani, 2008, s. 260).

Vytéká-li krev pod velkým tlakem a destruuje mozkovou tkáň, jedná se o tříštivé krvácení. Pokud vytéká pomalu, mozkovou tkáň spíše roztlačuje, a tak vzniká globózní krvácení. Doba krvácení je řádově několik minut, pak dochází ke koagulaci a dalšímu zhoršování klinického stavu. Odhadem lze říci, že krvácení větší než 3cm infratentoriálně a 5 cm supratentoriálně mají v 90% nepříznivou prognózu (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 117).

Až u 80% pacientů s primárním intracerebrálním krvácením byla také pozorována tzv. mikrokrvácení. Ta jsou definována jako homogenní, zaoblené hypointenzní parenchymální léze, které jsou menší než 5-10 mm (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 259).

Klinicky se intracerebrální hemoragie projeví akutním nástupem bolesti hlavy, epileptickým záchvatem, nauzeou, zvracením, poruchami vědomí, hypertenzí a progresí ložiskové symptomatologie (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 117).

CT

První a základní zobrazovací metodou v diagnostice intracerebrálního krvácení je nativní CT vyšetření, výjimkou je krvácení u novorozenců, kde je na prvním místě sonografie. Obraz intracerebrálního krvácení na CT závisí na stádiu vývoje hematomu, ve kterém je vyšetření prováděno. Díky retrakci koagula a vstřebání většiny krevního séra dosahuje hematom během několika hodin denzity 60 – 90 HU, ve srovnání s mozkovou tkání je tedy výrazně hyperdenzní (Heřman, 2006, ss. 124-125) (viz příloha č. 1). Vypuzením plazmy zmenšuje hematom svůj objem a vytváří tak kolem sebe do 6 hodin hypodenzní prstenec o šířce 1-4 mm, tzv. low attenuation ring (Kalvach, 2010, s. 199). Za 12- 24 hodin se hematom dehydratuje a v následujících dnech dochází ke kolikvaci hematomu směrem z periferie do centra. Tímto směrem se také začíná snižovat denzita hematomu a hematom se později stává vůči mozkové tkáni hypodenzní. Z toho plyne, že v chronickém stádiu již nemůžeme v nativním CT obraze rozlišit posthemoragickou pseudocystu od postmalatické – „CT má tedy pro krvácení krátkou paměť“ (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 117).

Po podání kontrastní látky i.v. se reparační zánětlivé změny na okrajích hematomu výrazně sytí a na CT obraze se zobrazí prstenčitá léze s hypo- nebo izodenzním centrem a výrazně nasyceným lemem. Pokud během resorpce hematom opětovně zakrvácí, projeví se na CT jako terčovitá léze s hyperdenzním centrem a hypodenzními okraji (Heřman, 2006, ss. 124-125).

U pacientů s poruchou koagulace a výraznou anémií bývají v obraze přítomny hladinky tekutina/tekutina. U krvácení do tumorů bývají denzity heterogennější, proto je důležité provádět opakovaná CT a MR vyšetření. Amyloidová angiopatie je nejčastější příčinou opakovaných intracerebrálních krvácení u normotenzních pacientů.

Jejím typickým CT nálezem jsou vícečetné periferně lokalizované hematomy různého stáří (Heřman, 2006, ss. 124-125).

Pokud nativní CT vyšetření prokáže u pacienta hyperdenzní hematom v typické lokalizaci, není potřeba doplňovat další vyšetření. Při nálezů krvácení v jiné lokalizaci, u mladších pacientů nebo při nálezů dalších změn, je příčina krvácení jiná a pro diagnostiku zdroje krvácení je vhodné doplnění CT nebo MR vyšetření s podáním kontrastní látky nebo angiografie (či CTA nebo MRA) (Heřman, 2006, ss. 124-125).

MR

Konvenční T1 a T2 vážené obrazy nejsou pro krvácení v hyperakutním stádiu senzitivní. Nicméně několik nedávných studií dokazuje, že GRE sekvence jsou pro detekci akutního intracerebrálního krvácení stejně citlivé jako CT vyšetření (viz Příloha č. 1). V detekci chronického krvácení je MR dokonce lepší než CT. V některých případech může dokonce MR odhalit krvácení, která CT nezobrazí. Jedná se především o mikrokrvácení. Bohužel je však až u 20% pacientů s akutní CMP vyšetření magnetickou rezonancí kontraindikováno. Důvodem kontraindikace jsou nejčastěji kardiostimulátory a kovové implantáty (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 258).

Oppenheim et al. (2005, s. 388-394) provedli studii, v níž zkoumali senzitivitu a specifitu pěti pulzních sekvencí zařazených ve stroke protokolu. Jednalo se o sekvence FLAIR, T2- EPI, DWI, T1 a GRE. Bylo zjištěno, že všechny tyto studované sekvence umožňují rozlišit pacienty s hemoragickou a ischemickou CMP. Kromě toho každá kombinace dvou z těchto pěti sekvencí je dostačující pro identifikaci intracerebrálního krvácení zkušeným radiologem. To znamená, že pokud by muselo být kvůli nespolečnosti nebo zhoršení stavu pacienta MR vyšetření přerušeno, dvě sekvence stačí k potvrzení nebo vyloučení intracerebrálního krvácení (Oppenheim et al., 2005, ss. 388-394).

PET

PET vyšetření s Pittsburskou sloučeninou B (Pittsburg compound B) bylo použito k detekci cerebrovaskulárního β -amyloidu u pacientů s intracerebrálním krvácením (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 263). Bylo zjištěno, že krvácení způsobená CAA se nacházejí v místech zvýšeného ukládání amyloidu. Je velmi pravděpodobné, že PiB-PET zobrazování se brzy stane užitečným nástrojem k předpovědi následujících krvácení u pacientů s CAA (Gurol et al, 2012, s. 320; Knight et al., 2010, s. 293).

3.1.2 Sekundární intracerebrální krvácení

Sekundární intracerebrální krvácení může být způsobeno traumatem, krvácením z ložiska tumoru, koagulopatiemi, arteriovenózními malformacemi a mnoha dalšími faktory (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 260). Nejčastějším typem traumatu mozkové tkáně jsou kortikální kontuze, které vznikají kontaktem gyrů se skeletem nebo durou mater v oblasti nárazu (coup) nebo na opačné straně (contrecoup). Kontuze jsou většinou mnohočetné, bilaterální, splývavé léze lokalizované ve ventrobazální části temporálních laloků a kortexu v okolí Sylviovy rýhy. Druhým nejčastějším typem traumatu je difuzní axonální poranění, ke kterému dochází na základě rozdílných akcelerací a decelerací šedé a bílé hmoty při nárazu. Makroskopickým obrazem jsou drobné mnohočetné okrouhlé nebo lineární léze v bílé hmotě, které jsou méně než z poloviny prokrvácené (Heřman, 2006, ss. 42-50).

CT

Typickým CT obrazem kontuze jsou hemoragie uložené při povrchu mozku. V časně fázi po úrazu může být nález negativní, proto jsou indikována kontrolní vyšetření. První známkou kontuze je nevýrazná heterogenní hypodenzita charakteru „pepř a sůl“. Při hojení prokrvácených kontuzí sledujeme postupné snižování jejich denzity a tvorbu hypodenzní gliózy nebo posttraumatické pseudocysty. Difuzní axonální poranění se zobrazí jako vícečetná převážně drobná prokrvácená ložiska v bílé hmotě. Mohou být přítomny i hypodenzní nehemoragické léze (Heřman, 2006, ss. 42-50).

MR

MR vyšetření je v diagnostice kontuzí i difuzních axonálních poranění mnohem přesnější než CT vyšetření. Je tedy indikováno u pacientů s podezřením na difuzní axonální poranění nebo v případech diskrepance mezi klinickým a CT nálezem (Heřman, 2006, ss. 42-50). Při MR vyšetření je ložisko intracerebrálního traumatického hematomu nejčastěji lokalizováno v orbitofrontální oblasti a v temporálních lalocích. V T1 váženém obraze se zobrazí jako izosignální nebo hyposignální, v T2 váženém obraze jako hypersignální a často je zde přítomno petechiální krvácení. Přítomnost hladinky tekutina – krev svědčí o traumatické nebo koagulopatické etiologii krvácení (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 258). Krvácení do mozkových komor způsobuje jejich vyplnění krví v různém rozsahu, často je i dilatuje (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 198). Kavernózní malformace jsou nejlépe zobrazitelné v GRE sekvenci a projevují se hypointenzním proužkem (způsobeným hemosiderinem z předchozích krvácení) kolem malformace (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 260).

Kidwellová a kol. (2004, s. 373) ve své studii prokázali, že zobrazením na MR je v diagnostice akutního krvácení stejně spolehlivé jako CT vyšetření, v rozpoznávání chronického krvácení svou spolehlivostí CT dokonce předčí.

3.2 Subarachnoidální krvácení

Subarachnoidální krvácení, které je definováno jako přítomnost krve v prostoru mezi pia mater a arachnoideou, se nejčastěji rozděluje dle příčiny na spontánní a traumatické (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 202).

3.2.1 Traumatické subarachnoidální krvácení

Zdrojem krvácení u traumatického poranění bývá nejčastěji poranění žil probíhajících subarachnoidálním prostorem nebo krvácení z povrchu mozku při jeho kontuzi. Většinou je subarachnoidální krvácení spojeno s jinými traumatickými změnami – nejčastěji s kontuzemi a subdurálním hematodem (Heřman, 2006, s. 76). Mezi klinické příznaky traumatického subarachnoidálního krvácení patří změny pupilárních reflexů, hemiplegie, poruchy vědomí (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 202).

CT

Základní diagnostickou metodou je nativní CT vyšetření, kde je krev patrná jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostorů. Nahrazuje zde hypodenzní likvor. Méně často se hyperdenzní krev v bazálních cisternách (Heřman, 2007, s. 256). Při intraventrikulárním krvácením nalezneme hyperdenzní plexus choroideus a hladinku krve v nejnižše uložených částech komor (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 202).

MR

Přestože se kvůli větší dostupnosti a snazší proveditelnosti provádí u pacientů s podezřením na subarachnoidální krvácení CT vyšetření, je v akutní fázi krvácení vyšetření magnetickou rezonancí stejně senzitivní jako CT (van Gijn, Kerr, Rinkel, 2007, s. 310) (viz Příloha č. 2).

Ve FLAIR modu je zvýšený signál v mozkových cisternách a sulcích, kterému se říká příznak „břečťanu“. T1W a T2W obrazy nejsou z diagnostického hlediska nijak průkazné. V chronickém stadiu může být na meningách zachycen hemosiderin, který způsobuje drobná hyposignální ložiska v T2W obraze (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 202).

3.2.2 Spontánní subarachnoidální krvácení

Hlavním klinickým příznakem spontánního subarachnoidálního krvácení je náhle vzniklá bolest hlavy, která dosahuje maxima během několika minut a trvá několik hodin, dále se může vyskytovat zvracení, kóma, srdeční arytmie, oční příznaky atd. (van Gijn, Kerr, Rinkel, 2007, s. 308). Zdrojem krvácení bývá v 75% ruptura aneuryzmatu, ve 20% se neprokáže žádná příčina a v 5% jde o krvácení z jiné etiologie (arteriovenózní malformace, arteriální direkce, tumory, vaskulitidy). (Heřman, 2007, s. 256).

CT

CT vyšetření je základní diagnostickou metodou. Mělo by být provedeno co nejdříve, protože s postupem času dochází k degradaci krve a stoupá pravděpodobnost falešně negativního nálezu. Pokud se vyšetření provede do 12 hodin od začátku příznaků, je senzitivita průkazu subarachnoidálního krvácení 98%, je-li provedeno do 24 hodin, senzitivita klesá na 93%. Z rozložení krve na nativním CT obraze lze

usuzovat na pravděpodobnou příčinu krvácení. O krvácení z ruptury aneuryzmatu se pravděpodobně jedná, pokud krev vyplňuje cisterny na bazi a/nebo Sylviovu fisuru (viz příloha č. 2). O krvácení z arteriovenózní malformace se jedná, pokud je krev rozložena na konvexitě. (Heřman, 2007, s. 256) Zachytit přímo aneuryzmata v CT obraze se daří jen u objemných výdutí a při aplikaci kontrastní látky intravenózně. U malých aneuryzmat zvýšíme šanci na jejich zachycení použitím tzv. overlappingu (překrývání sousedních CT vrstev) (Kalvach, 2010, ss. 202-203).

K průkazu zdroje krvácení lze použít CT angiografii (CTA), MR angiografii (MRA), nebo digitální subtrakční angiografii (DSA). Volba vyšetření závisí na technickém vybavení a zvyklostech jednotlivých pracovišť. V dnešní době je trend provést diagnostiku především neinvazivními metodami, hlavně CTA (Heřman, 2007, s. 259).

CTA

CTA je dnes nejdoporučovanějším první vyšetřením, které může přímo navazovat na nativní CT. Jeho obrovskou výhodou proti DSA je minimální prodloužení doby vyšetření (CTA prakticky okamžitě navazuje na nativní CT vyšetření), mnohem menší invazivita, menší riziko komplikací, menší zátěž pro pacienta a nižší náročnost na vybavení a personál (Wang a kol., 2009, s. 263) (viz příloha č. 2).

Pro provedení vyšetření je lepší přístroj s více řadami detektorů. Senzitivita CT angiografie na 16 a víceřadých CT projekcích pro detekci intrakraniálních aneuryzmat je srovnatelná s DSA. Součástí výkonu jsou 2D a 3D rekonstrukce obrazů, z nichž se nejvíce uplatňuje 3D rekonstrukce typu volume rendering a maximum intenzity projection, důležité je ale kromě postprocesingových obrazů detailně prohlížet i jednotlivé subvrstvy (Kalvach, 2010, s. 206).

Ferda et al. (2008, ss. 395-402) provedli výzkum, ve kterém si kladli za cíl porovnat diagnostickou kvalitu virtuálního nativního zobrazení při CTA mozku pomocí duální energie záření a konvenčního nativního CT zobrazení mozku. Výsledkem jejich práce je, že všechna krvácení byla zobrazena ve stejném rozsahu a lokalizaci v obou typech zobrazení. Při porovnání úrovně šumu a kontrastu, byla virtuální nativní zobrazení zatížena vyšší úrovní šumu a mnohem nižším kontrastem mezi šedou a bílou hmotou.

MRA

MRA je alternativou CTA. Její výhodou je nulová radiační zátěž. Vyšetření navíc není nutné provádět s aplikací kontrastní látky. Mezi nevýhody patří delší čas vyšetření, existence více kontraindikací, menší dostupnost metody a horší kontrola pacientů ve špatném zdravotním stavu (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 259).

Provedení MRA u pacientů se subarachnoidálním krvácením je velmi náročné a u mnoha pacientů nemůže být z důvodu jejich rozrušení, agitovanosti, či špatnému klinickému stavu provedeno. U pacientů, kteří jsou k vyšetření indikováni, by měl protokol obsahovat více než 1 vyšetřovací sekvenci (Griffiths, Wilkinson, 2006, s. 252). Griffiths a Wilkinson (2006, ss. 247-254) ve své studii používali tři sekvence na 3T přístroji a prokázali, že oproti 1,5 T přístroji má vyšší prostorové rozlišení, kratší dobu vyšetření a lepší potlačení pozadí.

DSA

DSA byla dlouhou dobu zlatým standardem pro diagnózu aneurysmat u pacientů se subarachnoidálním krvácením. Je to však metoda invazivní a představuje vysokou radiační zátěž pro pacienta. Pojí se také s mnoha riziky, a proto je dnes z diagnostických důvodů prováděna při negativním nebo nejasném nálezů na CTA či MRA a samozřejmě těsně před coilingem aneurysmat (Heřman, 2007, s. 259; Griffiths, Wilkinson, 2006, s. 247).

3.3 Subdurální hematom

Subdurální hematom ležící v prostoru mezi dura mater a arachnoideou je nejčastější formou intrakraniálního posttraumatického krvácení. Vzniká nejčastěji po ruptuře přemostujících žil, které jdou z povrchu mozku do durálních sinů. Dále se na jeho vzniku mohou podílet i trhliny ve stěně venózních splavů, poranění Pacchionských granulací nebo tepének křížících subdurální prostor (Černoch, 2000, s. 446; Peterková, 2010, s. 92). V subdurálním prostoru se hematom může šířit podél celé hemisféry, interhemisferálně nebo podél tentoria. U dětí a starších pacientů jsou časté hematomy oboustranné (Heřman, 2006, s. 66). Subdurální hematomy mohou také vzniknout spontánně jako komplikace stavů s poruchou krvácení (Ferda, 2002, s. 71).

Rozlišujeme 3 stádia subdurálních hematomů: akutní, subakutní a chronické.

3.3.1 Akutní

Hematomy do 2 – 3 dnů od vzniku se označují jako akutní. Projevují se ztrátou vědomí a neurologickými příznaky, jež jsou podmíněny expanzivním chováním nebo projevy způsobenými jinými současně přítomnými traumatickými změnami (Heřman, 2006, s. 66).

Rychlá diagnostika akutního subdurálního hematomu je velice důležitá, protože chirurgická evakuace hematomu během prvních 4 hodin snižuje úmrtnost pacientů o 30% (Gallucci et al., 2006, s. 172).

CT

Na CT vytváří akutní subdurální hematom poloměsíčitou hyperdenzní kolekci uloženou mezi kalvou a mozkem, lineární hyperdenzitu mezi hemisférami nebo tenkou hyperdenzní vrstvičku podél tentorium cerebelli (Kidwell, Wintermark, 2008, s. 263) (viz příloha č. 3). Malé hematomy v oblasti kalvy mohou být při obvyklém nastavení CT okna nezřetelné, proto je výhodné k jejich zobrazení použít okno o šíři 150 – 200 HU. Hypodenzity v akutním hematomu odpovídají buď aktivnímu krvácení nebo zatečenému likvoru při natržení arachnoidei. Téměř izodenzní může být hematom u pacientů s koagulopatiemi a anémií. Mezi expanzivní projevy patří oploštění gyrů, zúžení a posun komor, přesun středočárových struktur, herniace mozku. Tyto projevy závisí na velikosti hematomu a mohou být potencovány dalšími traumatickými změnami (Heřman, 2006, s. 66).

Pokud je u pacienta s traumatem hlavy podezření na akutní subdurální hematom, je CT vyšetření metodou první volby. Hematomy malých rozměrů, které jsou na CT vyšetření nezřetelné, většinou nevyžadují chirurgickou intervenci (Gallucci et al., 2006, s. 172).

MR

V akutním stadiu se ložisko hematomu na MR v T1 váženém obraze jeví hyposignální, v T2 váženém a Flair obraze hypersignální (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 200). Za nehomogenity v signálu mohou být zodpovědny sraženiny zobrazující se hypersignálně v T1 vážených obrazech a hyposignálně v T2 vážených obrazech. Magnetická rezonance má vyšší rozlišovací schopnost než CT vyšetření a zobrazí i velmi malé hematomy, toto vyšetření je velmi důležité k jejich odlišení od ostatních patologií (viz příloha č. 3) (Gallucci et al., 2006, s. 172).

Blízká infračervená spektroskopie

Infračervená spektroskopie umožňuje včasné rozpoznání traumatických subdurálních hematomů. Může být provedena dříve a rychleji než CT vyšetření a usnadňuje tak rozhodování o dalším postupu léčby u těžce zraněných pacientů. Její velkou výhodou oproti CT vyšetření je možnost provedení přímo u lůžka pacienta (Kessel et al., 2007, s. 1065).

3.3.2 Subakutní

Jako subakutní označujeme hematomy od 3. – 4. dne do 3. týdne po jejich vzniku (Heřman, 2006, s. 66).

CT

Lýzou erytrocytů se denzita hematomu snižuje v průměru o 1,5 HU za den. V CT obraze se denzita těchto hematomů přibližuje denzitě mozku, v některých případech jsou dokonce hematomy dokonale izodenzní a jsou patrné pouze jejich expanzivní projevy. K jejich průkazu může pomoci aplikace kontrastní látky, která nasytí cévy na povrchu mozku, případně i vnitřní část membrány hematomu. Spolehlivěji lze však hematom v této fázi prokázat na MR (Heřman, 2006, s. 66).

MR

Degradace subdurálního hematomu probíhá výrazně pomaleji než u intracerebrálního hematomu a v dalším stádiu je zde přítomen oxidativně denaturovaný methemoglobin, což se projevuje hyperintenzním signálem v T1 i T2 vážených obrazech (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 200).

3.3.3 Chronický

Subdurální hematomy starší než 2 – 3 týdny jsou označovány jako chronické. Jde buď o resorpční fázi akutního hematomu, nebo vznikají drobnými, klinicky němými krváceními do subdurálního prostoru (Heřman, 2006, s. 67).

CT

Při CT vyšetření je denzita hematomu nižší než denzita mozku a velmi se blíží denzitě likvoru. Oblasti zvýšené denzity, nebo hladinky tekutina - krev svědčí pro čerstvější krvácení. Membrána ohraničující hematom se sytí po podání kontrastní látky a může vytvářet septa a rozdělovat hematom na nepravidelné separované části. Tvar hematomu se ze srpkovitého často mění na bikonvexní (čočkovitý). Přibližně u čtvrtiny pacientů jsou chronické subdurální hematomy oboustranné (Heřman, 2006, s. 67).

MR

Zobrazení chronického subdurálního hematomu se liší dle jeho stáří. Buď je hypersignální v T1W i T2W obraze, nebo jeho signál odpovídá tekutině. Často může být zvýrazněna pseudomembrána (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 200).

3.4 Epidurální hematom

Epidurální hematom je uložen v prostoru mezi lamina interna skeletu kalvy a dura mater. Protože je dura mater v místě švů pevně fixována ke skeletu, nepřekračuje většinou hematom hranice jednotlivých kostí kalvy. Jde o jediný typ krvácení, které může oddálit durální splavy nebo falx cerebri od kalvy. Typickou lokalizací hematomu bývá temporo-parietální krajina. Jeho zdrojem bývají meningeální tepny (nejčastěji a. meningea media a její větve), méně často žilní splavy (Heřman, 2006, s. 60; Peterková, 2010, s. 92). Epidurální hematomy způsobené krvácením ze žilních splavů bývají častější v dětském věku. Vznikají po faktuře kalvy, která způsobí laceraci velkých žilních splavů. Dochází k tomu hlavně v zadní jámě lební (Černochoch, 2000, s. 453; Kidwell, Wintermark, 2008, s. 263).

Epidurální hematomy způsobují asi 10% úmrtí u pacientů s kranio cerebrálními poraněními. Klinické projevy jsou závislé na velikosti hematomu, na rychlosti jeho vzniku a na jeho expanzivních projevech. Pravidelně bývá přítomná anizokorie, u méně než poloviny případů je přítomen lucidní interval a koma (Heřman, 2006, s. 60).

CT

Typickým CT obrazem akutního epidurálního hematomu je čočkovitá (bikonvexní) hyperdenzní kolekce (50 – 80 HU) uložená v sousedství kalvy (viz příloha č. 4). Expanzivní projevy záleží na velikosti hematomu. Hematom je obvykle homogenní denzity. Hypodenzní oblasti s hladinkami tekutina - tekutina jsou známkami hyperakutního nebo aktivního krvácení. Subakutní a chronické epidurální hematomy mohou být izodenzní až hypodenzní, jsou však nacházeny vzácně (Heřman, 2006, s. 60). Hematom žilního původu má na rozdíl od typického bikonvexního tvaru při arteriálním krvácení, tvar zřetelně nepravidelný. Rozlišení těchto dvou typů hematomů je velmi důležité kvůli volbě způsobu terapie (Černoch, 2000, s. 453).

MR

Magnetická rezonance zobrazí stejné bikonvexní ložisko jako CT, navíc však zobrazí na vnitřní straně ložiska hyposignální lem dura mater (viz příloha č. 4). V akutním stadiu je epidurální hematom v T1W obraze hyposignální a v subakutním stadiu hypersignální. V T2W obraze je v akutním stadiu hypersignální a v subakutním hyposignální (Seidl, Vaněčková, 2007, s. 200).

Blízká infračervená spektroskopie

Stejně jako u subdurálního hematomu, umožňuje infračervená spektroskopie včasné rozpoznání epidurálního hematomu zejména v terénu a ve vozidlech záchranné služby. Není sice spolehlivá v detekci pooperačních hematomů jako CT nebo MR, ale je velmi užitečná v nouzových situacích a v místech bez možnosti provedení CT nebo MR vyšetření (Kessel et al, 2007, s. 1065; Kahraman, 2006, s. 1480).

4 INTRAKRANIÁLNÍ KRVÁCENÍ U DĚTÍ

4.1 Vyšetření zobrazovacími metodami u dětí obecně

Vyšetření zobrazovacími metodami u dětí je velmi specifické. Je důležité si uvědomit, že děti nejsou malí dospělí. Hlava dítěte má jinou proporci vůči tělu než v dospělosti, skelet lebky je měkčí, což vede k častějšímu přímému poranění mozku. Bílá hmota dětského mozku není kompletně myelinizovaná, švy na lebce jsou otevřené, kalva je tenčí (Skotáková et al., 1999, s. 7).

Protože je dětský organismus asi desetkrát citlivější na rentgenové záření než organismus dospělého, je všeobecnou snahou omezit vyšetření využívající ionizujícího záření a nahradit je metodami méně zatěžujícími. Důležitý je také citlivý psychologický přístup k dítěti, a pokud je to možné, umožnit rodičům, aby dítě na vyšetření doprovázeli (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, s. 123).

4.2 Zobrazovací metody v diagnostice intrakraniálního krvácení u dětí

4.2.1 Ultrasonografie

Vyšetření mozku ultrazvukem je u novorozenců a kojenců usnadněno akustickým oknem, které je dáno otevřenou velkou fontanelou. Ta se obvykle uzavírá kolem 18. měsíce věku dítěte. UZ je metodou, kterou lze indikovat v případě podezření na intracerebrální krvácení. Menší subdurální a epidurální hematomy však mohou snadno uniknout pozornosti. Proto bývá u akutních poranění hlavy u dětí indikováno místo UZ vyšetření CT (Hořák, 2012, ss. 109-110).

Nejlépe se pro vyšetření osvědčily multifrekvenční sondy s malou dotykovou plochou. U malých dětí používáme frekvencí od 3,0 MHz, u dětí od 6. do 18. měsíce věku jsou nejlepší 5,0 MHz sondy. U novorozenců narozených v termínu i u nedonošených používáme sondy o frekvenci 7,5 MHz. Vhodné jsou také smíšené typy sond, které mají stejně dobré prostorové rozlišení na malou vzdálenost a zároveň

jejich obraz v hloubce diverguje, takže mohou být přehlédnuty širší oblasti mozku (Hofer, 2005, ss. 184-195).

Mozkové komory jsou vystlány tzv. ependymem a pod ním leží subependymální vrstva buněk, která mezi 24. a 32. týdnem těhotenství výrazně proliferuje. Tato vrstva je v této době velmi citlivá vůči kolísání krevního tlaku a proto vznikají fetální mozková krvácení subependymálně nebo v oblasti plexus choroideus. Podle rozsahu rozlišujeme čtyři stádia krvácení. První stádium tvoří izolované subependymální krvácení. Druhé stádium rozšiřuje první o krvácení do komorového systému, nedochází však k dilataci komor a krvácení postihuje méně než 50% lumen komory. V třetím stádiu již dochází k dilataci komor a ve čtvrtém stádiu i k průniku krvácení do mozkového parenchymu (Hofer, 2005, ss. 184-195; Zamponi et al., 2006, s. 373).

Čerstvé krvácení je vzhledem k sousednímu mozkovému parenchymu hyperechogenní a nachází se nejčastěji v oblasti komorového systému (viz příloha č. 5). Pro krvácení do plexus choroideus svědčí jeho nepravidelný tvar nebo neostření. Došlo-li ke krvácení již intrauterinně a před delší dobou, jsou podle stadia resorpce krvácení nalézány likvorem vyplněné defekty, které mohou být mylně diagnostikovány jako rozšíření postranních komor (Hofer, 2005, ss. 184-195).

4.2.2 Výpočetní tomografie (CT)

Vyšetření výpočetní tomografií bývá indikováno u traumaticky vzniklých intrakraniálních krvácení a při podezření na subdurální nebo epidurální hematom (Hořák, 2012, ss. 109-110) (viz příloha č. 5). Při zobrazení mozku u dětí se využívá protokolu, který je znázorněn v následující tabulce.

Tabulka č. 5: Zobrazení mozku u dětí

PROTOKOL	HODNOCENÍ
Rozsah	Šíře vrstvy
Foramen magnum až vertex	5-6 mm
kV/referenční kvalita mAs	Okénko
120 kV/170mAs	C 35; W 120/C 35; W120
Kolimace/faktor stoupání	Roviny MPR
< 1,5 mm/< 1	Orbitomeatální, COR, SAG
Šíře vrstvy/increment	MIP/MinIP
< 1,5 mm/0,75 mm; 5mm	Nemá uplatnění
Rekonstrukční algoritmus	VRT rekonstrukce
Pro mozek s optimalizací	Stínované – neurokranium
Aplikace kontrastní látky	Další postprocessing
Nekontrastní či intravenózní, 2 ml/kg, 2 ml/s	Analýza CBV
Fáze zobrazení/zpoždění	Dokumentace nálezu
Intersticiální/60 s	MPR

(Ferda, Mírka, Baxa, 2009, ss. 92-94)

4.2.3 Magnetická rezonance (MR)

I když je magnetická rezonance velmi specifická při vyšetření krvácivých lézí, zůstává u dětí v urgentních případech CT vyšetření metodou první volby a to především pro snazší monitorování životních funkcí, kratší dobu vyšetření a lepší přístup k dětským pacientům. Zobrazení magnetickou rezonancí je však přínosnější v oblasti zadní jámy lební (Skotáková et al., 1999, s. 11; Simonetti, Cirillo, Agati, 2006, s. 83) (viz příloha č. 5).

4.3 Intrakraniální krvácení u novorozenců narozených v termínu a u malých dětí

U novorozenců narozených v termínu může mít intrakraniální krvácení spoustu příčin. Patří mezi ně trauma, poruchy srážlivosti krve, aneuryzmata, arteriovenózní malformace, metabolické poruchy a další. Porodní trauma je nejčastější příčinou krvácení u novorozenců. Vznikají při něm nejběžněji subdurální hematomy a subarachnoidální krvácení. Intracerebrální krvácení jsou méně častá a většinou spojená se subarachnoidálním krvácením. Prognóza krvácení závisí na jeho velikosti, u malých hemoragií je dobrá, ale u větších krvácení jsou pozorovány závažné následky. Cévní malformace a nitrolební aneuryzmata způsobují intrakraniální krvácení u novorozenců jen zřídka, nejčastější je aneuryzmální dilatace veny Galeni (Zamponi, 2006, ss. 371-372).

Klinické příznaky intrakraniálního krvácení u novorozenců jsou často mírné a nespecifické. Patří mezi ně apatie nebo podrážděnost, záchvaty, třes, poruchy dýchání, vyklenutá velká fontanela, nestabilní tělesná teplota dítěte, metabolická acidóza, hyperglykémie, anemie, hypotenze a další (Burčková, Poláčková, 2012, s. 35).

4.4 Intrakraniální krvácení u předčasně narozených dětí

U dětí narozených před 35. týdnem těhotenství nebo s porodní hmotností nižší než 1500g se vyskytuje intraventrikulární a subependymální krvácení mnohem častěji než u dětí narozených v termínu. Krvácení se většinou objevuje v průběhu druhého nebo třetího dne života. Malá krvácení obvykle zůstávají omezena na subependymální oblast, kdežto při větších krváceních hrozí zasažení velké části mozkového parenchymu a provalení do komorového systému. Ultrazvukové vyšetření, které lze provést přímo u lůžka dítěte, napomáhá k časnějšímu záchytu a lokalizaci subependymálního a intraventrikulárního krvácení (Zamponi et al., 2006, ss. 372-373).

Jak již bylo popsáno v kapitole 4.2.1, může být krvácení z hlediska lékařského zobrazování rozděleno do čtyř stádií. První stádium se na ultrazvuku jeví jako malá hyperechogenní ložiska, která bývají bilaterální a nejčastěji lokalizovaná v hlavě nukleus caudatus. Aby byla ložiska ultrasonograficky zobrazitelná, musí mít minimálně 4-5 mm v průměru. Druhé stádium se vyznačuje masivními

hyperechogenními ložisky v postranních komorách. Ve třetím stádiu se zobrazuje dilatovaný komorový systém s přítomností hyperechogenní krve uvnitř komor. Čtvrté stádium krvácení se na ultrazvuku projeví jako hyperechogenní léze v bílé hmotě centra semiovale. Na CT vyšetření se akutní krvácení zobrazí jako hyperdenzní ložiska obvykle v oblasti postranní komory, blízko hlavy nucleus caudatus. Magnetická rezonance je také poměrně senzitivní a specifická pro prokázání akutního subependymálního a intraventriculárního krvácení (Zamponi et al., 2006, s. 373).

4.5 Traumatické intrakraniální krvácení u dětí

Stejně jako u dospělých se intrakraniální krvácení u dětí podle anatomické lokalizace dělí na epidurální hematom, subdurální hematom, subarachnoidální krvácení a intracerebrální krvácení (Skotáková et al., 1999, s. 8).

Nejčastějším zdrojem epidurálního hematomu u malých dětí je krvácení ze spongiózní kosti pod fisurou kalvy. Často se vyskytuje v zadní jámě lební, kde je příčinou krvácení z poranění žilních lebečních splavů. Tento hematom má pak zřetelně nepravidelný tvar. Na nativním CT vyšetření mozku je přítomna hyperdenzní kolekce, která má typický bikonvexní tvar a je lokalizovaná při vnitřní stěně diploe. Hematom se chová expanzivně, dislokuje středočárové struktury a bývá lokalizován v temporální nebo temporoparietální oblasti. Hypodenzní okrsky v okolí anebo přímo v hematomu svědčí pro přítomnost čerstvé krve. MRI je vhodné při podezření z lacerace žilních splavů (Skotáková et al., 1999, s. 13; Brichtová, 2008, s. 55-66).

Subdurální hematom vzniká jako důsledek poranění žilních splavů nebo Pacchionských granulací. V kojeneckém věku může subdurální hematom vzniknout jako pozdní komplikace porodního traumatu. U starších dětí je často následkem fyzického týrání dítěte. CT vyšetření zobrazuje u akutního subdurálního hematomu hyperdenzní lem pod kalvou, interhemisfericky podél falxu nebo tentoria, u dětí je typičtější lokalizace parasagitálně parietookcipitálně. Subakutní hematom je na CT po 10 dnech izodenzní s mozkovou tkání, takže se dá prokázat pouze dle nepřímých známek, případně je nutná intravenózní aplikace kontrastní látky. Na MR se zobrazí hypersignálně v T1 i T2 vážených obrazech. Chronický subdurální hematom vytváří na nativním CT hypodenzní kolekci (Brichtová, 2008, ss. 55-66; Skotáková et al., 1999, s. 13).

Subarachnoidální krvácení provází většinou kontuze mozku a dochází k němu lokálně v cisternách blízkých kontuzně – hemoragické lézi podél falxu nebo tentoria. Příčinou může být ruptura kortikomeningeálních cév. Na CT vyšetření se zobrazuje jako hyperdenzní výplň postižených cisteren a hyperdenzní kolekce v subarachnoidálním prostoru, přilehlém k traumatické lézi podél falxu nebo tentoria.

Traumatický intracerebrální hematoma. MR vyšetření je při subarachnoidálním krvácení mnohem méně citlivé (Brichtová, 2008, ss. 55-66).

Intracerebrální krvácení vzniká poraněním mozkových arterií v ložisku mozkové kontuze a lze ho charakterizovat jako pokročilý stupeň prokrvácení zhmožděné mozkové tkáně. U dětí jsou traumatické intracerebrální hematomy poměrně vzácné. V důsledku rotace hlavy může dojít u malých dětí k ruptuře perforátorů odstupujících z a. cerebri media a krvácení do bazálních ganglií. Hematom se může provalit do subdurálního prostoru nebo do komorového systému, a tím vzniká traumatický hematocefalus. Nitrokomorové krvácení může být také způsobeno poraněním intraventrikulárních žil nebo choroidálního plexu. Na CT mozku se v místě krvácení zobrazují různě homogenní hyperdenzní ložiska kolem kterých se může nacházet hypodenzní edém (Skotáková et al., 1999, ss. 15-17; Brichtová, 2008, ss. 55-66).

5 PRENATÁLNÍ DIAGNOSTIKA INTRAKRANIÁLNÍHO KRVÁCENÍ

Prenatálně vzniklé intrakraniální krvácení představuje vzácnou, ale velmi závažnou komplikaci těhotenství. Vyskytuje se s incidencí 0,9/1000 v perinatologických centrech a většinou má za následek úmrtí plodu nebo poškození mozku, které vede k mentální a psychomotorické retardaci či mozkové obrně. U parenchymálního či subdurálního krvácení je prognóza v 90% nepříznivá, intraventrikulární krvácení má prognózu lepší (Žižka et al., 2009, ss. 440-444; Green et al, 1999, s. 271).

Příčinou krvácení mohou být maternální, genetické, fetální nebo placentární poruchy, často se ale příčinu identifikovat nepodaří. Mezi maternální rizikové faktory patří virové či bakteriální infekce, horečnatá onemocnění, hypertenze, užívání warfarinu, drog, amniocentéza, trauma a další. Fetální rizikové faktory jsou sekundární hypoxie, fetomaternální krvácení, transfuzní syndrom u monochoriálních dvojčat, fetální malignity, deficit faktoru V a X, trombocytopenie (Žižka et al., 2009, ss. 440-444; Green et al, 1999, s. 271). Glenn et al. (2007, s. 769) dokonce zjistili, že infekce matky parvovirem B19 může způsobit fetální hydrops a následné krvácení do mozečku plodu.

Intrakraniální krvácení u plodů bývá nejčastěji diagnostikováno při pravidelných ultrasonografických vyšetřeních mezi 26. a 33. týdnem těhotenství. Nejdříve lze krvácení identifikovat ve 20. týdnu těhotenství. Těhotné někdy udávají změnu pohybů plodu a na CTG záznamu bývá zjištěna tachykardie plodu (Žižka et al., 2009, ss. 440-444; Zanders, Buist, van Vugt, 2003, s. 324).

K zobrazování fetálního intrakraniálního krvácení se používá především ultrasonografie a magnetická rezonance. CT vyšetření je u těhotných žen kontraindikováno.

5.1 Ultrasonografie

Zobrazení intrakraniálního krvácení na UZ závisí na lokalizaci, rozsahu a objemu krvácení. V čerstvé hemoragické fázi, která trvá 3-8 dní, se krvácení zobrazuje jako hyperechogenní ložisko. V částečně zkapalněné fázi je zobrazován komplex s heterogenní echogenitou a v kompletní zkapalněné fázi je na ultrazvukovém obraze vidět cystická hypoechogenní hmota. Ve fázi kompletního rozpadu jsou na obraze patrné normální mozkové struktury a dilatace komorového systému, která je pro diagnostiku intrakraniálního krvácení velmi důležitá. Při ultrazvukové diagnostice lze také využít barevné dopplerovské ultrasonografie a 3D ultrasonografie (Žižka et al., 2009, ss. 441-444).

5.2 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance může upřesnit ultrazvukový nález. K jejímu využití se tedy většinou přistupuje při nejasnostech na ultrazvukovém obraze. Výhodou zobrazení magnetickou rezonancí je, že kvalita obrazu není závislá na poloze plodu, množství plodové vody ani na BMI matky. Nevýhody představují menší dostupnost, delší trvání a vyšší cena vyšetření (Frísová, 2010, ss. 1-2).

Dosud nebyl prokázán žádný teratogenní vliv magnetické rezonance na vyvíjející se plod, i přesto se však toto vyšetření nedoporučuje provádět před 18. týdnem těhotenství. Stejně tak se na většině pracovišť neprovádí intravenózní aplikace gadoliniové kontrastní látky, i když podle metodického pokynu Evropské radiologické společnosti je použití gadolinia v graviditě pravděpodobně bezpečné. U těhotenství mladších než 32 týdnů se k snížení pohybové aktivity plodu doporučuje perorální podání 0,5 mg flunitrazepamu (Frísová, 2010, ss. 1-2).

Standardně se MR vyšetření plodu provádí v T1 a T2 vážených sekvencích ve třech na sebe kolmých rovinách (viz příloha č. 6). Používají se také single shot sekvence, například HASTE. Pro zobrazení ložisek krvácení a CNS obecně jsou nejdůležitější T1 vážené sekvence (Frísová, 2010, s. 2; Vomáčka, Kozák, Nekula, 2012, s. 127). Zobrazení krvácení v jednotlivých MR sekvencích obecně závisí na aktuálním stadiu krvácení, jak již bylo popsáno v kapitole 1.

Magnetická rezonance může rozdílem od ultrasonografie rozlišit mezi akutním krvácením, které se zobrazuje jako hladinky kapalin, a již koagulovanou krví, ta se zobrazuje jako hyposignální oblast. Také rozsah a anatomickou lokalizaci krvácení zobrazí MR mnohem lépe než ultrasonografie (Frísová, 2010, s. 2; Zanders, Buist, van Vugt, 2003, s. 324).

ZÁVĚR

Záměrem této bakalářské práce bylo zpracovat poznatky o radiologických metodách využívaných k zobrazování intrakraniálního krvácení a zodpovědět tím základní položenou otázku: Jak se na jednotlivých radiodiagnostických modalitách zobrazí různé typy intrakraniálního krvácení?

V první kapitole je v souladu s prvním cílem práce definováno intrakraniální krvácení a jsou popsány jeho jednotlivé typy s ohledem na různé možnosti dělení.

Ve druhé kapitole jsou předloženy poznatky o principech zobrazení intrakraniálního krvácení v jednotlivých modalitách, čímž je splněn druhý cíl práce. Je tu popsáno zobrazení krvácení na prostém snímku, na počítačové tomografii, na CT angiografii, na magnetické rezonanci, na MR angiografii, na digitální subtrakční tomografii, na ultrasonografii a dalších. Jsou zde uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých zobrazovacích metod a dále také jejich indikace a kontraindikace.

Ve třetí kapitole jsou v souladu s třetím cílem práce specifikovány jednotlivé typy intrakraniálního krvácení a u každého z nich jsou popsány všechny možnosti zobrazení. Jsou zde prezentovány jednotlivé výhody a nevýhody různých zobrazovacích modalit a důvody k jejich indikaci. Kapitola se člení do dalších čtyř podkapitol, ty jsou věnovány intracerebrálnímu krvácení, subarachnoidálnímu krvácení, subdurálnímu hematomu a epidurálnímu hematomu.

Ve čtvrté kapitole jsou prezentovány nejdůležitější poznatky o zobrazování intrakraniálního krvácení u dětí, čímž je splněn čtvrtý cíl této bakalářské práce. Jsou zde vyjmenována specifika zobrazení v dětském věku. Velká část kapitoly je věnována ultrasonografii, která má pro diagnostiku intrakraniálního krvácení velký význam.

Poslední, pátá kapitola se zaměřuje na prenatální diagnostiku intrakraniálního krvácení. Zde připadají v úvahu pouze dvě zobrazovací modalitty, a to ultrasonografie a magnetická rezonance.

Obecně se u dospělých osob intrakraniální krvácení nejčastěji diagnostikuje pomocí výpočetní tomografie a magnetické rezonance. Rozhodnutí o použití první či druhé metody závisí na zvyklostech jednotlivých pracovišť, dostupnosti metod na těchto pracovištích, na závažnosti stavu pacienta, na předpokládaném typu a stáří krvácení a také na zkušenostech hodnotícího lékaře.

U dětí především do 18 měsíců je snaha používat k diagnostice krvácení především ultrasonografií a to hlavně kvůli absenci ionizujícího záření při tomto vyšetření. Při podezření na epidurální nebo subdurální hematom a takéž u traumaticky vzniklých krvácení je však nezbytné provést CT vyšetření.

Intrakraniální krvácení nenarozených plodů je ve většině případů diagnostikováno při pravidelném ultrazvukovém vyšetření a poté je došetřováno pomocí magnetické rezonance.

REFERENČNÍ SEZNAM LITERATURY

BOAS, D. A., GAUDETTE, T., STRANGMAN, G., CHENG, X., MAROTA, J. J.A., MANDEVILLE, J. B. The Accuracy of Near Infrared Spectroscopy and Imaging during Focal Changes in Cerebral Hemodynamics. *NeuroImage* [online]. 2001, vol. 13, issue 1, ss. 76-90. [cit. 12.2.2014]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811900906748>.

BRICHTOVÁ, E. *Kraniocerebrální poranění v dětském věku*. 1. vyd. Praha: Triton, 2008. ISBN 978-807-3870-874.

BURČKOVÁ, H., POLÁČKOVÁ, R. Intrakraniální krvácení u nedonošených novorozenců. *Pediatric pro praxi* [online]. 2012, 13(1), ss. 33-35. [cit. 13.4.2014]. Dostupné z: <http://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2012/01/08.pdf>.

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

FERDA, J., NOVÁK, M., KREUZBERG, B. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, 2002. ISBN 80-7262-172-6.

FERDA, J., MÍRKA, H., BAXA, J. *Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření*. 1. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-608-3.

FERDA, J. Detekce intrakraniálního krvácení: srovnání virtuálního nativního zobrazení při CT-angiografii mozku pomocí duální energie záření a "konvenčního" nativního CT. *The Lancet Neurology* [online]. 2008, vol. 7, issue 3, ss. 395-402.[cit. 12.4.2014]. DOI: 10.1016/S1474-4422(08)70041-3. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=219>.

FERDA, J. *CT angiografie*. Praha: Galén, 2004. ISBN 80-7262-281-1.

FRÍSOVÁ, V. Klinické využití a význam magnetické rezonance v prenatální diagnostice. *Moderní babičtvi* [online]. 2010, č. 19, ss. 1-11. [cit. 13.4.2014]. Dostupné z: <http://www.levret.cz/publikace/casopisy/mb/2010-19/?pdf=101>.

GALLUCI, M., CERONE, G., CAULO, M., SPLEANDIANI, A., De AMICIS, R., MASCIOCCHI, C. MRI in head injuries. In SCARABINO, T., SALVOLINI, U., JINKINS, R. *Emergency Neuroradiology*. New York: Springer, 2006, ss. 163-178. ISBN 35-402-9626-3.

GLENN, O. A., BIANCO, K., BARKOVICH, A. J., CALLEN, P. W., PARER, J. T. Fetal cerebellar hemorrhage in parvovirus-associated non-immune hydrops fetalis. *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine* [online]. 2007, vol. 20, issue 10, ss. 769-772. DOI: 10.1080/14767050701580960. [cit. 13.4.2014]. Dostupné z: <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/14767050701580960>.

GREEN, P. M., WILSON, H., ROMANIUK, C., MAY, P., WELCH, C. R. Idiopathic Intracranial Haemorrhage in the Fetus. *Fetal Diagnosis and Therapy* [online]. 1999, vol. 14, issue 5, s. 275-278. [cit. 12.3.2014]. DOI: 10.1159/000020938. Dostupné z: <http://www.karger.com/doi/10.1159/000020938>.

GRIFFITHS, P. D., WILKINSON, I. D., MR imaging of recent non-traumatic intracranial hemorrhage: early experience at 3 T. *Neuroradiology* [online]. 2006, vol. 48, issue 4, s. 247-254. [cit. 16.3.2014]. DOI: 10.1007/s00234-005-0040-5. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00234-005-0040-5>.

GUROL, M. E., DIERKSEN, G., BETENSKY, R., GIDICSIN, C., HALPIN, A., BECKER, A., CARMASIN, J., AYRES, A., CHWAB, K., VISWANATHAN, A., SALAT, D., ROSAND, J., JOHNSON, K. A., GREENBERG, S. M. Predicting sites of new hemorrhage with amyloid imaging in cerebral amyloid angiopathy. *Neurology* [online]. 2012, vol. 79, issue 4, s. 320-326. [cit. 13.4.2014]. DOI: 10.1212/WNL.0b013e31826043a9. Dostupné z: <http://www.neurology.org/cgi/doi/10.1212/WNL.0b013e31826043a9>.

HEŘMAN, M. *Akutní CT mozku: atlas nálezů*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2006. ISBN 80-244-1229-2.

HEŘMAN, M. Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení. *Česká radiologie*. 2007, roč. 61, č. 3, ss. 255-263. ISSN: 1210-7883.

HOFER, M. *Kurz sonografie*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-0956-2.

HOŘÁK, J. *Pediatrická radiologie*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-802-4621-012.

KAHRMAN, S., KAYALI, H., ATABEY, C., ACAR, F., GOCMEN, S. The accuracy of near-infrared spectroscopy in detection of subdural and epidural hematomas. *J Trauma* [online]. 2006, vol. 61, ss. 1480-1483. [cit. 13.4.2014]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17159695>.

KALVACH, P. *Mozkové ischemie a hemoragie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-802-4727-653.

KIDWELL, C. S., WINTERMARK, M. Imaging of intracranial haemorrhage. *The Lancet Neurology* [online]. 2008, vol. 7, issue 3, ss. 256-267. [cit. 17.3.2014]. DOI: 10.1016/S1474-4422(08)70041-3. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442208700413>.

KIDWELL, Ch.S. Comparison of MRI and CT for Detection of Acute Intracerebral Hemorrhage. *JAMA* [online]. 2004-10-20, vol. 292, issue 15, ss. 1823-1830. [cit. 20.2.2014]. DOI: 10.1001/jama.292.15.1823. Dostupné z: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.292.15.1823>.

KESSEL, B., JEROUKHIMOV, I., ASHKENAZI, I., KHASHAN, T., OREN, M., HASPEL, J., MEDVEDEV, M., NESTERENKO, V., HALEVY, A., ALFICI, R. Early detection of life-threatening intracranial haemorrhage using a portable near-infrared spectroscopy device. *Injury* [online]. 2007, vol. 38, issue 9, s. 1065-1068. [cit. 12.2.2014]. DOI: 10.1016/j.injury.2007.05.009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020138307002173>.

KNIGHT, W. D., OKELLO, A. A., RYAN, N. S., TURKHEIMER, F. E., RODRIGUEZ MARTINEZ DE LLANO, S., EDISON, P., DOUGLAS, J., FOX, N. C., BROOKS, D. J., ROSSOR, M. N. Carbon-11-Pittsburgh compound B positron emission tomography imaging of amyloid deposition in presenilin 1 mutation carriers. *Brain* [online]. 2010, vol. 134, issue 1, s. 293-300. DOI: 10.1093/brain/awq310. [cit. 13.4.2014]. Dostupné z: <http://www.brain.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/brain/awq310>.

NAIDECH, A. M. Intracranial Hemorrhage. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 2011, vol. 184, issue 9, ss. 998-1006. [cit. 20.2.2014]. DOI: 10.1164/rccm.201103-0475CI. Dostupné z: <http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/rccm.201103-0475CI>.

NEUWIRTH, J. Zobrazovací metody při podezření na kraniocerebrální poranění. *Lékařské listy*. [online]. 2002, č. 40, ss. 27-29. [cit. 13.4.2014]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/zobrazovaci-metody-pri-podezreni-na-kraniocerebralni-poraneni-148564>.

NOVOTNÝ, J. *Přínos postprocesingových metod vycházejících ze spirálního CT k diagnostice a léčbě cévního systému*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-1930-5.

OPPENHEIM, C., TOUZÉ, E., HERNALSTEEN, D., PEETERS, A., LAMY, C., MAS, JL., MEDER, JF., CORNARD, G. Comparison of Five MR Sequences for the Detection of Acute Intracranial Hemorrhage. *Cerebrovascular Diseases* [online]. 2005, vol. 20, No. 5, s. 388-394. [cit. 23.3.2014]. DOI:10.1159/000088669. Dostupné z: <http://karger.com/Article/FullText/88669>.

SEIDL, Z. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-802-4741-086.

SEIDL, Z., VANĚČKOVÁ, M. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-802-4711-065.

SIMONETTI, L., CIRILLO, S., AGATI, R. MRI in ischemia. In SCARABINO, T., SALVOLINI, U., JINKINS, R. *Emergency Neuroradiology*. New York: Springer, 2006. ISBN 35-402-9626-3.

SKOTÁKOVÁ, J. *Základní zobrazovací metody: při poranění hlavy, hrudníku a břicha v dětském věku*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1999, 33 s. Edice kontinuálního vzdělávání v medicíně, 3. ISBN 80-210-2154-3.

VAN GIJN, J., KERR R. S, JE RINKEL, G. Subarachnoid haemorrhage. *The Lancet*. [online]. 2007, vol. 369, issue 9558, ss. 306-318. [cit. 16.3.2014]. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60153-6. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673607601536>.

VOMÁČKA, J., NEKULA, J., KOZÁK, J. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-802-4431-260.

WANG, YCh., LIU, YCh., HSIEH, TCh., LEE, ST., LI, ML., MAS, JL., MEDER, JF., CORNARD, G. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage diagnosis with computed tomographic angiography and OsiriX. *Acta Neurochirurgica* [online]. 2010, vol. 152, issue 2, ss. 263-269. [cit. 23.3.2014]. DOI: 10.1007/s00701-009-0508-x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00701-009-0508-x>.

ZAMPONI, N., ROSSI, B., POLONARA, G., SALVOLINI, U. Neuropaediatric emergencies. In SCARABINO, T., SALVOLINI, U., JINKINS, R. *Emergency Neuroradiology*. New York: Springer, 2006, ss. 371-401. ISBN 35-402-9626-3.

ZANDERS, E. H. J., BUIST, F. C. D., VAN VUGT, J. M. G. Prenatal Diagnosis of Fetal Intracranial Hemorrhage at 25 Weeks of Gestation. *Fetal Diagnosis and Therapy* [online]. 2003, vol. 18, issue 5, ss. 324-327. [cit. 12.4.2014]. DOI: 10.1159/000071974. Dostupné z: <http://www.karger.com/doi/10.1159/000071974>.

Žižka Z., Malkovská A., Hrazdírová L., Pašková A., Sebroň D., Fait T., Haaková L., Calda P. Prenatálně vzniklé intrakraniální krvácení – diagnostika a sledování. *Česká Gyneokologie*. 2009, roč. 74, č. 6 ss. 440-444. ISSN: 1210-7832.

SEZNAM ZKRATEK

a.	arterie
a kol.	a kolektiv
atd.	a tak dále
BMI	Body Mass Index
C	center (střed okénka)
CAA	cerebrální amyloidní angiopatie
CBV	cerebral blood volume
CE-MRA	contrast enhanced MR angiogram
Cit.	Citace
cm	centimetr
CMP	cévní mozková příhoda
COR	koronární rovina
CT	Výpočetní Tomografie
CTA	Angiografie Výpočetní Tomografií
CTG	kardiotokograf
č.	číslo
DSA	Digitální Subtrakční Angiografie
DTI	diffusion tensor imaging
DWI	diffusion weighted paging
et at.	et alii
EPI	echoplanární sekvence
FOV	field of view – zobrazované pole
FLAIR	FLuid Attenuated Inversion Recovery
FFE	Fast Field Echo
g	gram
GRE	Gradientní echo sekvence
hod.	hodina
HU	Hounsfieldova Jednotka
MHz	megahertz
kV	kilovolt

mAs	miliampérsekunda
MIP	Maximum intensity projection
MinIP	Minimum intensity projection
ml	mililitr
mm	milimetr
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	Magnetická Rezonance
MRA	Angiografie Magnetickou Rezonancí
Např.	například
NIRS	near infrared spectroscopy
PET	pozitronová emisní tomografie
s	sekunda
s.	strana
ss.	strany
SAG	sagitální rovina
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
T	Tesla
Tzv.	tak zvaný
TOF	Time of Flight
TCD	Transkraniální pulzní dopplerovská ultrasonografie
TCCS	Transkraniální barevná duplexní sonografie
T1W	T1 vážená sekvence
T2W	T2 vážená sekvence
VRT	Volume rendering technice
v.	vena
W	width (šíře intervalu zobrazených denzit)
2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Intracerebrální krvácení na CT a MR obrazech

Příloha č. 2: Zobrazení subarachnoidálního krvácení na CT, MR a CTA obrazech

Příloha č. 3: Subdurální hematom

Příloha č. 4: Epidurální hematom na CT a MR obraze

Příloha č. 5: Zobrazení intrakraniálního krvácení u novorozence na CT, MR a ultrasonografii.

Příloha č. 6: Prenatální zobrazení intrakraniálního krvácení.

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Typy intrakraniálního krvácení	s. 10
Tabulka č. 2: CT mozku	s. 14
Tabulka č. 3: CTA mozku	s. 15
Tabulka č. 4: Zobrazení krvácení na CT a MR dle jednotlivých stádií	s. 17
Tabulka č. 5: Zobrazení mozku u dětí	s. 35

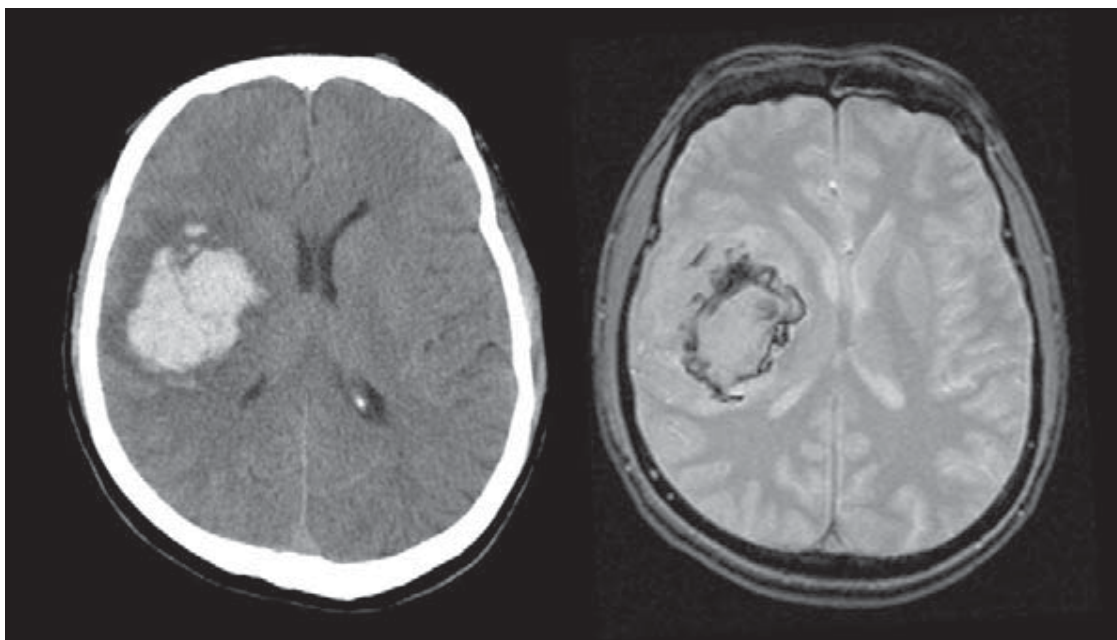
PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Intracerebrální krvácení na CT a MR obrazech

Zobrazení primárního intracerebrálního krvácení 12 hodin od začátku prvních symptomů. Vlevo zobrazení pomocí CT, vpravo pomocí MR.

Na CT obraze je zřetelné hyperdenzní ložisko krvácení v pravé mozkové hemisféře.

Na MR obraze je toto ložisko téměř izosignální a je obklopené výrazně hyposignálním lemem.



Zdroj: Kidwell, Wintermark, 2010, s. 259

Příloha č. 2: Zobrazení subarachnoidálního krvácení na CT, MR a CTA obrazech

Na obrázku vlevo je CT scan mozku v transversální rovině, na němž je viditelné hyperdenzní subarachnoidální krvácení.

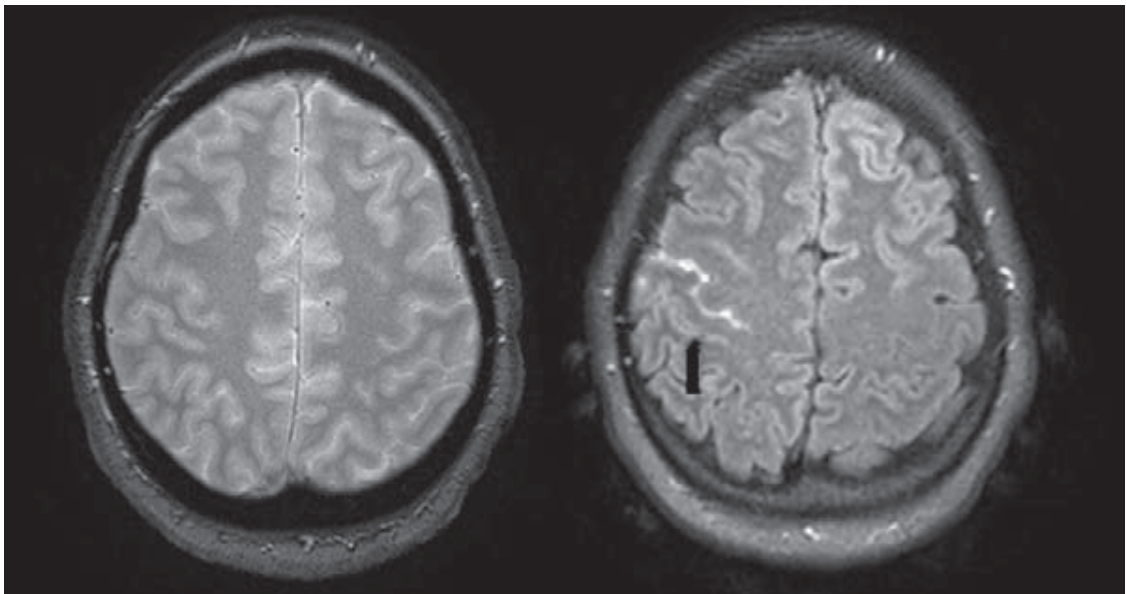
Prostřední snímek je FLAIR sekvence MR v koronární rovině s hypersignálně se jevícím subarachnoidálním krvácením.

Pravý snímek je CTA zobrazení mozku, na němž je viditelná ruptura aneuryzmatu pravé a. communicans posterior, která je příčinou subarachnoidálního krvácení.



Zdroj: Kidwell, Wintermark, 2008, s. 261

Na tomto obrázku se nacházejí dva MR scany mozku zobrazující stejné subarachnoidální krvácení, tentokrát však v transversální rovině.

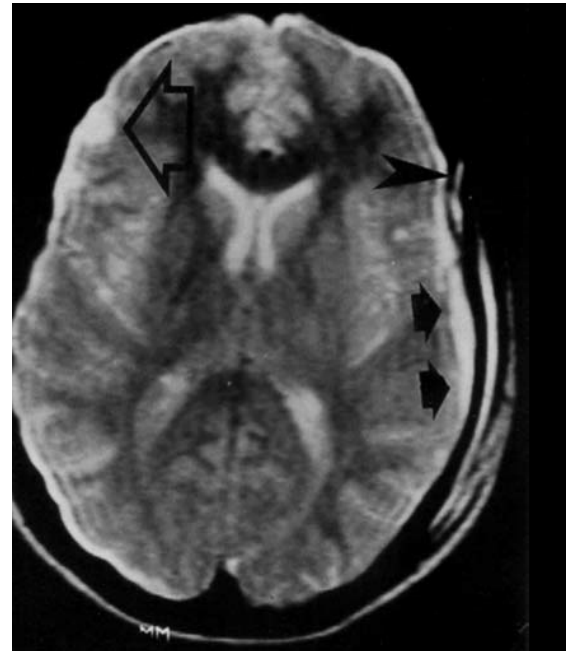
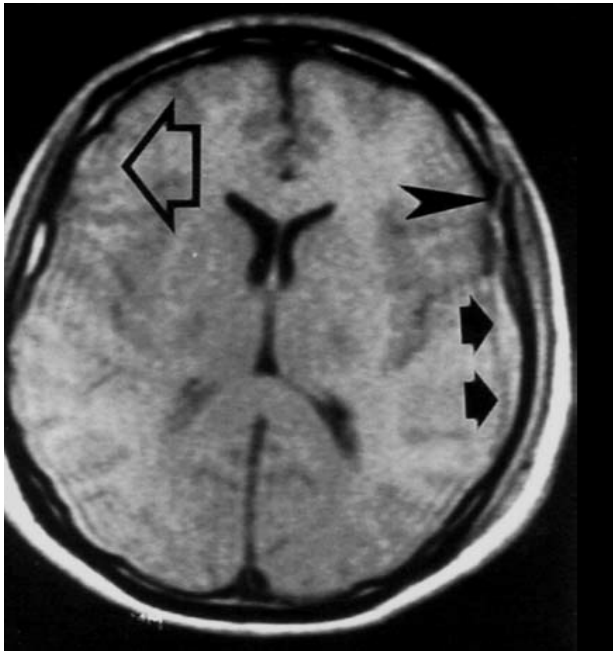


Zdroj: Kidwell, Wintermark, 2008, s. 261

Příloha č. 3: Subdurální hematom

MR obrazy subdurálního hematomu: vlevo T1 vážený obraz, vpravo T2 vážený obraz.

Malé plné šipky ukazují na tenký subdurální hematom.



Zdroj: Gallucci et al., 2006, s. 173

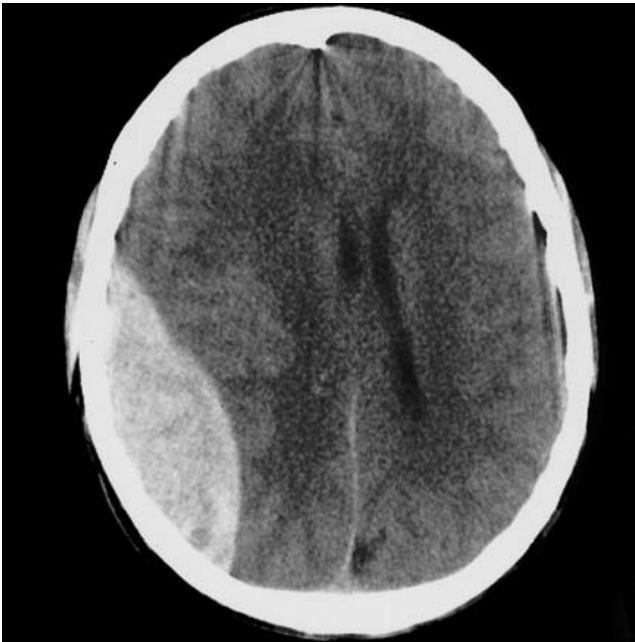
CT scan mozku zobrazující levostranný subdurální hematom.



Zdroj: Kidwell, Wintermark, 2008, s. 262

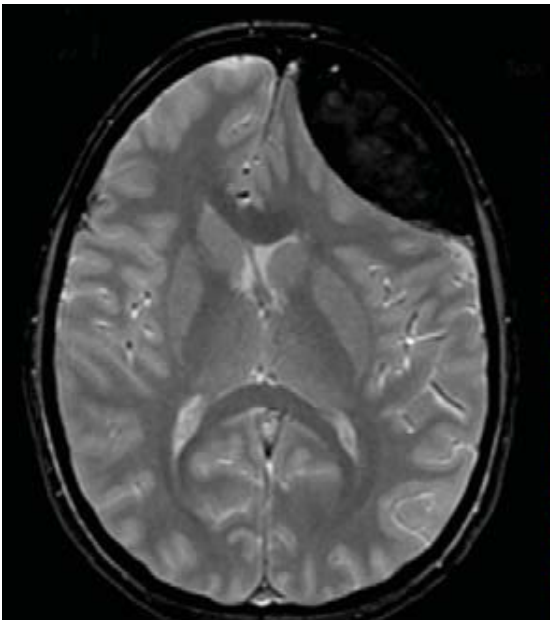
Příloha č. 4: Epidurální hematom na CT a MR obraze

Hyperdenzní epidurální hematom čočkovitého tvaru vpravo na CT scanu v transversální rovině.



Zdroj: Giannatempo et al., 2006, s. 150

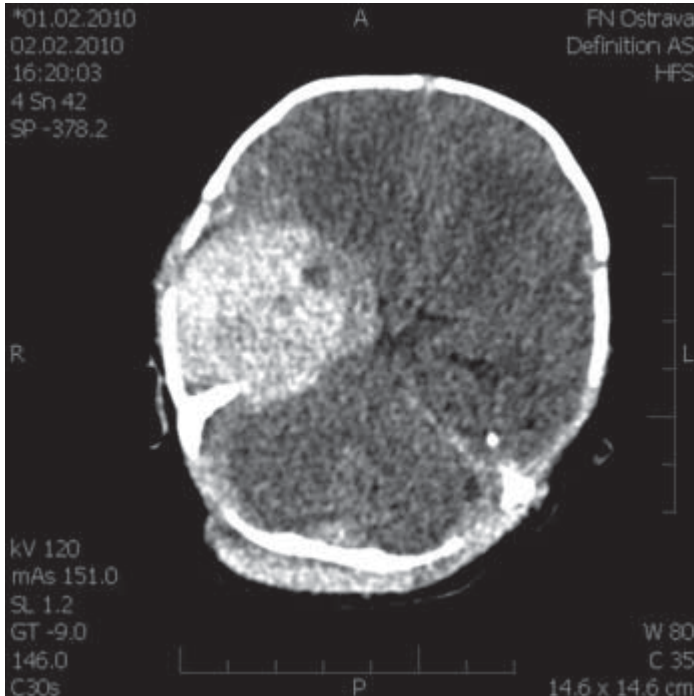
Na MR scanu v GRE sekvenci se nachází dobře viditelný hyposignální až asignální epidurální hematom v oblasti levého frontálního laloku.



Zdroj: Kidwell, Wintermark, 2008, s. 263

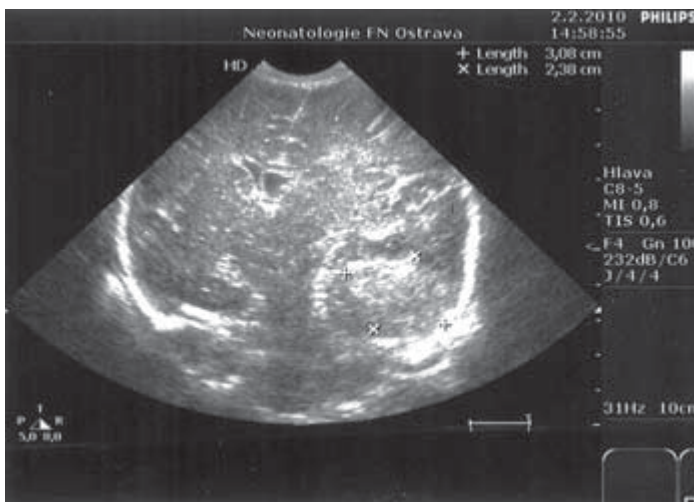
Příloha č. 5: Zobrazení intrakraniálního krvácení u novorozence na CT, MR a ultrasonografii

CT zobrazení hyperdenzního intracerebrálního hematomu v pravé mozkové hemisféře u novorozence narozeného ve 39. týdnu těhotenství



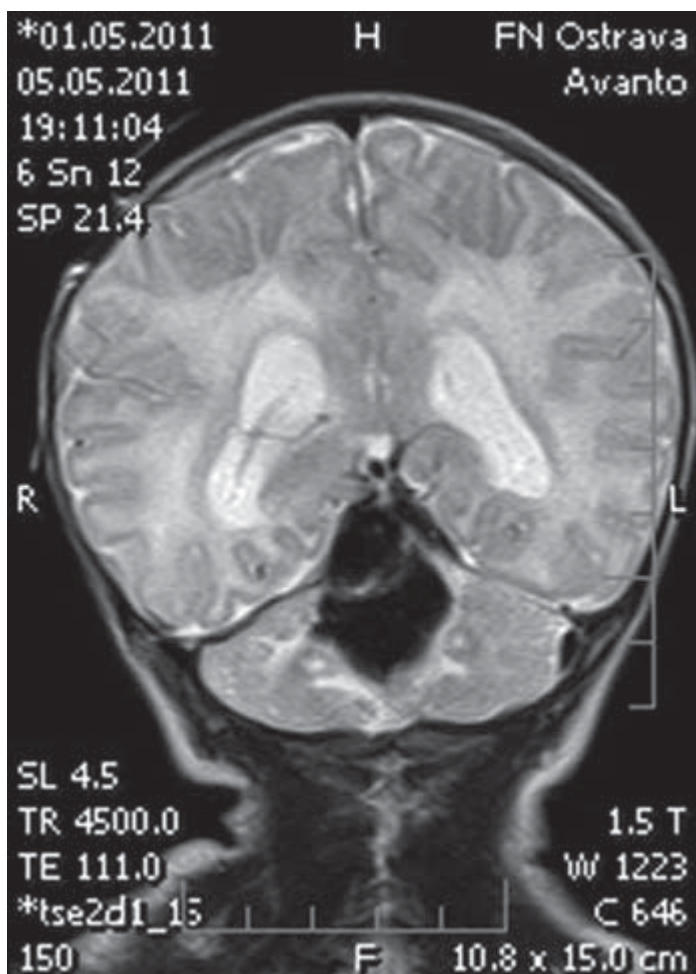
Zdroj: Burčková, Poláčková, 2012, s. 34

Ultrasonografický obraz intracerebrálního hematomu stejného dítěte.



Zdroj: Burčková, Poláčková, 2012, s. 34

MR scan dětského mozku v koronární rovině s viditelným hematodem v zadní jámě lební.

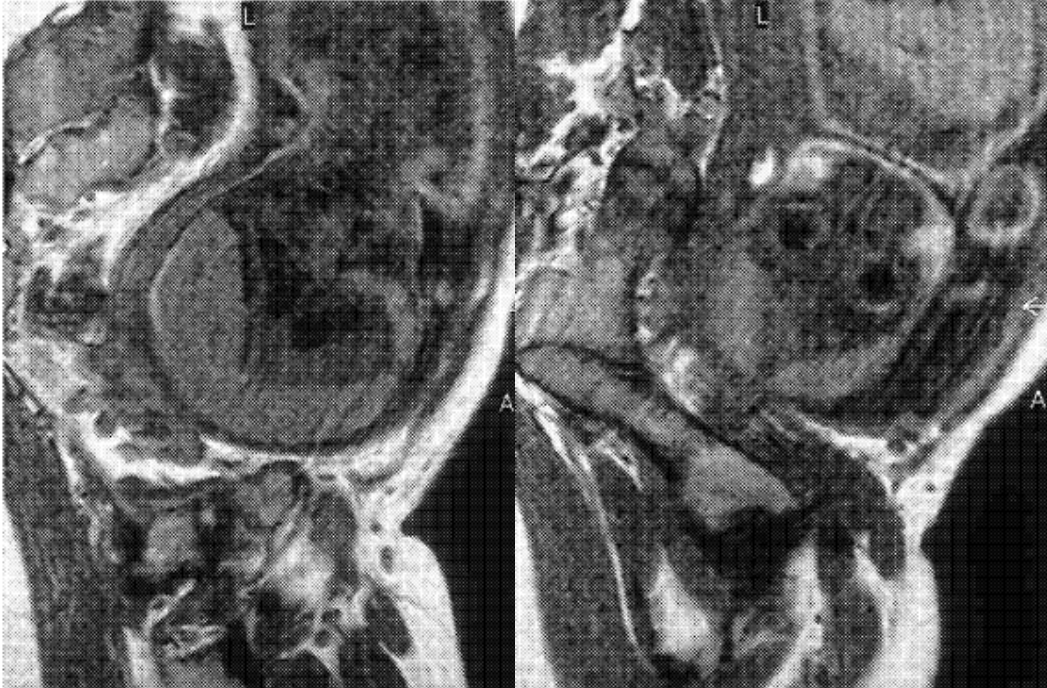


Zdroj: Burčková, Poláčková, 2012, s. 34

Příloha č. 6: Prenatální zobrazení intrakraniálního krvácení

MR zobrazení bilaterálního subdurálního hematomu u plodu.

Vlevo zobrazení hlavičky plodu v zadní koronární rovině, vpravo v přední koronární rovině.



Zdroj: Green, 1999, s. 277