

NEINVAZIVNÍ DIAGNOSTIKA SUBARACHNOIDÁLNÍHO KRVÁCENÍ

NONINVASIVE DIAGNOSIS OF SUBARACHNOID HAEMORRHAGE

přehledový článek

Miroslav Heřman

Radiologická klinika LF UP a FN,
Olomouc

Přijato: 10. 7. 2007

Korespondenční adresa:

prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D.
Radiologická klinika LF UP a FN
I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc
e-mail: herman@fnol.cz

SOUHRN

Heřman M. Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení

Přehledový článek shrnuje současné poznatky o neinvazivní diagnostice traumatického i spontánního subarachnoidálního krvácení. V obou případech je základní metodou pro průkaz subarachnoidálního krvácení nativní CT vyšetření, při němž se čerstvá krev zobrazí jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostorů, kde nahrazuje hypodenzní likvor. U úrazů je subarachnoidální krvácení obvykle nacházeno v kombinaci s jinými nitrolebními traumatickými změnami a je nepříznivou prognostickou známkou. Nález subarachnoidálního krvácení na CT vyšetření časně po úrazu znamená velkou pravděpodobnost, že při další kontrole dojde ke zhoršení nálezu.

Nativní CT vyšetření mozku je základní diagnostickou metodou i při průkazu spontánního subarachnoidálního krvácení. Je-li nález na CT negativní a je podezření na subarachnoidální krvácení, je indikována lumbální punkce. Ta by měla být provedena nejdříve po 6, lépe až po 12 hodinách od začátku potíží. Je-li subarachnoidální krvácení pomocí CT nebo lumbální punkce prokázáno, je třeba pátrat po jeho zdroji. Tím je v 75 % ruptura aneuryzmatu, v 10 % neaneurizmatické perimesencefalické subarachnoidální krvácení, u 10 % pacientů se neprokáže žádná zjevná příčina a zbývajících 5 % tvoří krvácení z jiné etiologie jako např. z arteriovenózní malformace (AVM), arteriální disekce, tumorů, vaskulitid, při koagulopatiích atd. Z rozložení krve na nativním CT vyšetření lze usuzovat na jeho pravděpodobnou pří-

SUMMARY

Heřman M. Noninvasive diagnosis of subarachnoid haemorrhage

Present knowledge of non-invasive diagnosis of traumatic, as well as spontaneous subarachnoid haemorrhage, is summarised in this review. Unenhanced CT represents the method of choice for investigation of both types of subarachnoid haemorrhage. Fresh blood is depicted as a hyperdense filling of subarachnoid spaces, where it replaces the hypodense cerebro-spinal fluid. The subarachnoid haemorrhage caused by trauma is usually found in association with other intracranial traumatic changes and signals an unfavourable prognosis. When a subarachnoid haemorrhage is detected on CT early after an accident, there is a high probability that a worsened finding will appear on follow-up examination. The unenhanced CT is also used to detect spontaneous subarachnoid haemorrhage. Where the CT finding is negative and there is a high probability of subarachnoid haemorrhage, a delayed lumbar puncture is recommended. It should be performed at least six hours after problems have arisen, and a delay of as much as twelve hours is preferable. When CT or the lumbar puncture provide evidence of a subarachnoid haemorrhage, the cause of this haemorrhage needs to be investigated. The most frequent cause is a ruptured aneurysm (75 %), while in 10 % of patients a non-aneurysmal perimesencephalic subarachnoid haemorrhage is proven, in 10 % no cause is found at all and the remaining 5 % stem from other haemorrhages with a different aetiology, such as arteriovenous malformation (AVM), arterial dissection, tumour, vasculitis, coa-

činu. Ve všech případech (mimo perimencefalického krvácení) může být různě velká část krve přítomna i intracerebrálně, v komorách, nebo může být současně přítomen akutní (netraumatický) subdurální hematoma. K průkazu zdroje krvácení se dnes používají přednostně neinvazivní metody – CT angiografie (CTA) nebo méně často MR angiografie (MRA). Katetrizační angiografie (DSA) se provádí z diagnostických důvodů buď při negativním nálezu CTA či MRA, nebo těsně před navazující intervenční radiologickou léčbou.

Klíčová slova: CT, CTA, subarachnoidální krvácení, mozek, MRA.

gulopathy etc. The cause of a subarachnoid haemorrhage can be predicted from the distribution of blood on unenhanced CT images. In all cases (with the exception of perimencephalic haemorrhage) a variable amount of blood may also occur intracerebrally, in the ventricles, or within the subdural space. Non-invasive imaging methods – CT angiography (CTA) and less frequently MR angiography (MRA) – are preferred to provide confirmation of the cause of the haemorrhage. Angiography (DSA) is nowadays only performed for diagnostic reasons when CTA or MRA findings are negative or directly before interventional radiological treatment.

Key words: CT, CTA, subarachnoid haemorrhage, brain, MRA.

ÚVOD

Definice

Subarachnoidální krvácení je definováno jako přítomnost krve v subarachnoidálním prostoru.

Subarachnoidální prostor

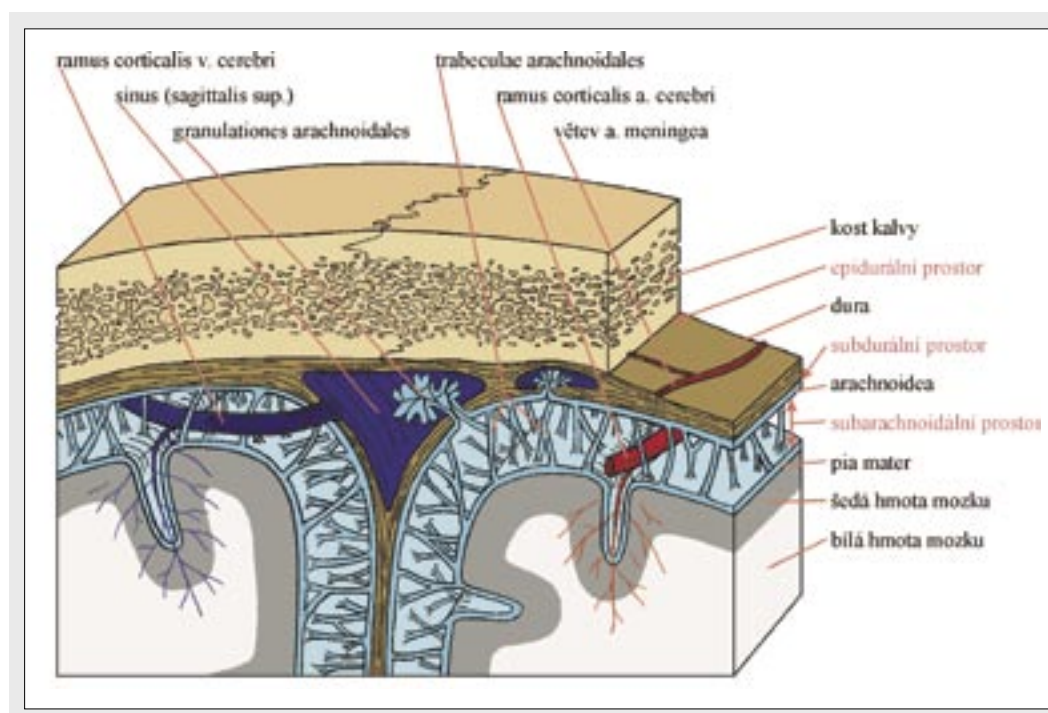
Jde o prostor ležící mezi *pia mater*, která kryje povrch mozku (a míchy), a *arachnoideou*, která naléhá na duru (obr. 1). Je vyplněn *likvorem*. Protože *pia mater* vniká do všech záhybů na povrchu mozku, kdežto *arachnoidea* je přemostuje, vznikají mezi nimi větší prostory – *cisterny* (cisternae subarach-

noidales). Největší cisterny jsou uloženy v sousedství báze lební (1, 2).

Těsnou vazbu k subarachnoidálnímu prostoru mají mozkové komory (a centrální míšní kanálek), které jsou rovněž vyplněny likvorem. Krvácení do komor se díky cirkulaci likvoru rozšíří i do subarachnoidálního prostoru.

Rozdělení subarachnoidálního krvácení

Subarachnoidální krvácení se nejčastěji rozděluje podle příčiny na *traumatické* a *spontánní*. V obou případech může být spojeno s dalšími typy intrakraniálních změn. U traumatické je to téměř pravidlem, u spontánních krvácení to není výjimkou (3–6).



◀ Obr. 1

Obr. 1. Schéma extracerebrálních prostorů lebky
Fig. 1. A map of the cranial extracerebral spaces



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B



▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B

Obr. 2. **Traumatické subarachnoidální krvácení.** 6letý chlapec, pád z kola s poraněním hlavy a krátkou poruchou vědomí. A, B – Temporálně vpravo jsou patrné pruhovité hyperdenzní struktury odpovídající přítomnosti čerstvé krve v subarachnoidálním prostoru. Krev vyplňuje Sylviovu fisuru (šipky) a několik sulků na povrchu temporálního laloku (hlavičky šipek).

Fig. 2. **Traumatic subarachnoid haemorrhage.** A 6-year-old boy who fell off a bike causing injury to the head and a brief period of unconsciousness. A, B – Hyperdense stripes in the right temporal region correspond to the presence of fresh blood in the subarachnoid space. Blood fills in the sylvian fissure (arrows) and several sulci on the surface of the temporal lobe (arrowheads).

Obr. 3. **Traumatické subarachnoidální krvácení a subdurální hematom.** 49letý muž, stav po pádu s úrazem hlavy. A, B – Mezi kalvou a mozkem na levé straně je přítomna hyperdenzní kolekce zasahující částečně i interhemisferálně, která odpovídá akutnímu subdurálnímu hematomu (černé šipky). Od povrchu mozku je oddělena jemným nepravidelným hypodenzním lemem, který odpovídá likvoru v subarachnoidálním prostoru (černé hlavičky šipek). Mezi gyry na levé straně je v subarachnoidálním prostoru přítomna krev, která vyplňuje i Sylviovu fisuru (bílé šipky).

Fig. 3. **Traumatic subarachnoid haemorrhage and subdural haematoma.** A 49-year-old man who suffered a fall that resulted in a head injury. A, B – Hyperdense collection between the calvarium and brain can be seen on the left side, partly continuing into the interhemispheric region. This corresponds to an acute subdural haematoma (black arrows). It is separated from the brain surface by an irregular hypodense rim that represents the cerebrospinal fluid in the subarachnoid space (black arrowheads). There is blood between the gyri in the left side of the subarachnoid space, which also fills the sylvian fissure (white arrows).

TRAUMATICKÉ SUBARACHNOIDÁLNÍ KRVÁCENÍ

Přítomnost krve v subarachnoidálním prostoru po úrazech hlavy je poměrně častá. Klinické příznaky její přítomnosti jsou obvykle překryty projevy jiných traumatických změn. Změny pupilárních reflexů, hemiplegie, poruchy vědomí a další příznaky mohou být způsobeny jak přítomností krve v subarachnoidálním prostoru, tak například přímým poraněním mozku nebo jiným typem intrakraniálního krvácení. Přítomnost krve subarachnoidálně je nepříznivou prognostickou známkou (6–8).

Základní diagnostickou metodou je nativní CT vyšetření, při němž je krev patrná jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostorů, kde nahrazuje hypodenzní likvor. U úrazů to bývá nejčastěji na konvexitě mozku mezi gyry (obr. 2) (4, 9–11). Někdy může být obtížné jeho odlišení od subdurálního hematomu. Pomůže, když si uvědomíme, že krev v subdurálním prostoru nemůže vybíhat do sulků, zatímco pro subarachnoidální krvácení je to charakteristické (obr. 3). Problém může nastat, jsou-li oba typy krvácení přítomny v jedné oblasti současně. Krev může i při úrazech vyplňovat cisterny při bázi mozku, tato situace je však méně častá než u spontánního subarachnoidálního krvácení.

Při úrazech se krev dostává do subarachnoidálního prostoru nejčastěji z jiných krvácejících lézí, obvykle z prokrvácených kontuzí. Ty nemusí být na CT vyšetření těsně po úrazu patrné (znázorní se až po několika hodinách od úrazu), a tak

přítomnost krve v sulcích může být jedinou časnou známkou poranění (obr. 4). Protože i jiné traumatické změny se mohou objevit se zpožděním, bývají u závažnějších poranění hlavy indikována opakovaná CT vyšetření. Nalezeme-li traumatické subarachnoidální krvácení na CT skenech časně po úrazu, je velká pravděpodobnost, že při další kontrole dojde ke zhoršení nálezu (7). U úrazů se často kombinují různé typy krvácení i jiných traumatických změn (obr. 3, 4). Tak je tomu i u *penetrujících poranění mozku*, kde je přítomnost krve v subarachnoidálním prostoru pravidlem (obr. 5).

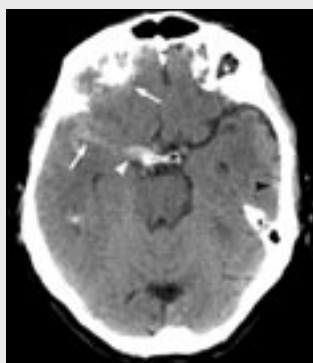
SPONTÁNNÍ SUBARACHNOIDÁLNÍ KRVÁCENÍ

Klinické příznaky

Typickým klinickým příznakem *spontánního* subarachnoidálního krvácení je náhle vzniklá bolest hlavy, která dosahuje maxima během minut a trvá více než hodinu (12–14). U asi 1/3 pacientů je to symptom jediný. Dalšími příznaky mohou být zvracení, záchvatový stav, poruchy vědomí až kóma. V důsledku krvácení obvykle rychle roste krevní tlak, mohou se objevit srdeční arytmie, neurogení edém plic, mohou být přítomny oční příznaky – omezení pohyblivosti bulbů, rozšíření pupily a její menší reakce na osvit. Žádný z těchto příznaků však není specifický. Je známo, že pouze u 1/4 pacientů s náhle vzniklou bolestí hlavy je prokázáno



▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B



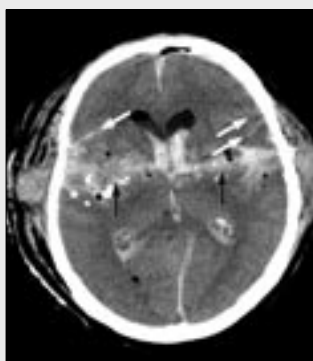
▲ Obr. 4C



▲ Obr. 4D

Obr. 4. Vývoj CT obrazu traumatického subarachnoidálního krvácení. 68letý muž, pád s poraněním hlavy. A, B – Při nativním CT vyšetření 2 hodiny po úrazu je v Sylviově fisuře vpravo, v sousedních sulcích a fronto-bazálně vpravo patrná přítomnost krve v subarachnoidálním prostoru (bílé šipky). V menší míře je krev i v bazálních cisternách vpravo (bílá hlavička šipek). Temporo-bazálně vlevo je patrný drobný epidurální hematom (černé hlavičky šipek) obsahující několik bublin vzduchu. C, D – Při kontrolním vyšetření 2. den po úrazu jsou temporálně a frontálně vpravo patrné prokrvácené kontuze (černé šipky) s kolaterálním edémem. Množství krve v subarachnoidálních prostorech je zřetelně zmenšené. Epidurální hematom vlevo je lehce zvětšený.

Fig. 4. Follow-up CT image of a traumatic subarachnoid haemorrhage. A 68-year-old man who suffered a fall resulting in a head injury. A, B – An unenhanced CT examination performed two hours after the injury showed the presence of blood in the subarachnoid space on the right side in the sylvian fissure, in the adjacent sulci and fronto-basally (white arrows). A smaller amount of blood is present in the basal cisterns on the right side (white arrowhead). A tiny epidural haematoma (black arrowheads) is present temporo-basally on the left side and contains several air bubbles. C, D – A follow-up CT performed on the next day showed temporal and frontal right-sided bloody contusions (black arrows) with a collateral oedema. The amount of blood in the subarachnoid space has clearly decreased. The epidural haematoma on the left side is mildly enlarged.



Obr. 5. Průstřel lebky. 48letý muž, sebevražda zastřelením. Prokrvácená dráha projektilu procházející napříč mozkem je dobře patrná (černé šipky). V jejím sousedství na pravé straně (na straně vstřelu) jsou intracerebrálně přítomny drobné kostní fragmenty. Projektil prošel i přes mozkové komory, které jsou z části vyplněny krví. Oboustranně je patrná přítomnost krve i subarachnoidálně (bílé šipky).

Fig. 5. Skull gunshot wound. 48-year-old man, a suicide. The projectile trajectory is filled with blood as it passes throughout the brain (black arrows). There are small bony fragments within the brain located close to the bullet trajectory on the right side (near the entrance of the bullet). The projectile also went through the brain ventricles, which are filled with blood. Blood can also be detected on both sides of the subarachnoid space (white arrows).

subarachnoidální krvácení (15), u 40 % jde o benigní bolest bez zjištěné příčiny (16) a u zbývajících nemocných je příčina jiná (migréna, klastrová bolest, bolest spojená se sexuální aktivitou, námahou či vypětím, sekundární bolesti při cévních mozkových příhodách, infekci, intrakraniálních tumorech, intrakraniální hypotenzi, bolest metabolického původu apod.) (13, 15, 17).

Diagnostika subarachnoidálního krvácení

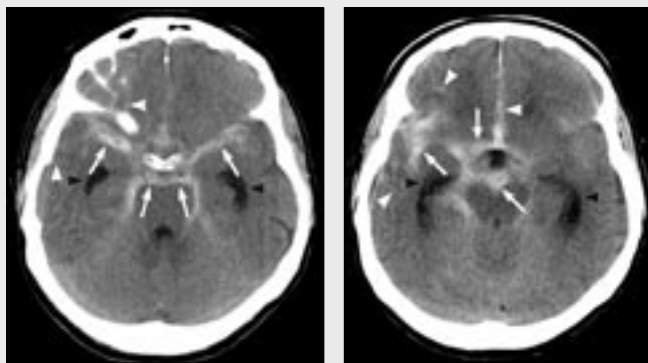
Základním vyšetřením používaným pro potvrzení přítomnosti subarachnoidálního krvácení je *nativní CT mozku*. Mělo by být provedeno co nejdříve, protože v čase dochází k degradaci krve a stoupá pravděpodobnost falešně negativního nálezu (12). Senzitivita průkazu spontánního subarachnoidálního krvácení pomocí nativního CT vyšetření je 98 %, je-li vyšetření provedeno do 12 hodin od začátku potíží a klesá na 93 %, je-li CT provedeno do 24 hodin (12, 13).

U pacientů s podezřením na spontánní subarachnoidální krvácení a negativním CT nálezem je indikována lumbální punkce (12, 18–20). Tu je vhodné provést nejdříve po 6, lépe až po 12 hodinách od začátku potíží. Je tomu tak proto, že specifickou známkou přítomnosti subarachnoidálního krvá-

cení je průkaz bilirubinu v likvoru (bilirubin vzniká degradací hemoglobinu), nikoliv nález krevních elementů, které mohou být arteficiální příměsí vzniklou při punkci.

Průkaz zdroje subarachnoidálního krvácení

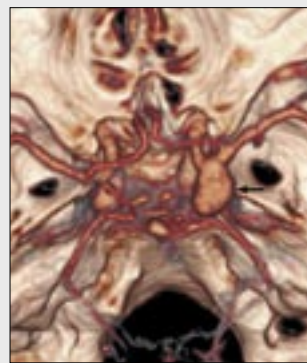
Po průkazu subarachnoidálního krvácení pomocí nativního CT nebo lumbální punkcí třeba pátrat po jeho příčině. Tou je v 75 % ruptura aneuryzmatu, u 20 % pacientů se neprokáže žádná zjevná příčina (u poloviny z nich jde o tzv. idiopatické neboli neaneurymatické *perimesencefalické subarachnoidální krvácení*) a u zbývajících 5 % se nachází krvácení z jiné etiologie jako například z arteriovenózní malformace (AVM), arteriální disekce, tumorů, vaskulitid, při koagulopatiích atd. (9, 12–14, 21). Z rozložení krve na nativním CT vyšetření lze usuzovat na jeho pravděpodobnou příčinu – vyplňuje-li krev cisterny na bázi a/nebo Sylviovu fisuru(y), jde pravděpodobně o krvácení z ruptury aneuryzmatu; rozložení více na konvexitě svědčí spíše pro krvácení z AVM; typické rozložení krve má perimesencefalické krvácení. Ve všech případech (mimo perimesencefalického krvácení) může být různě velká část krve přítomna i intracerebrálně, v komorách, nebo může být současně přítomen akutní (netraumatický) subdurální hematom.



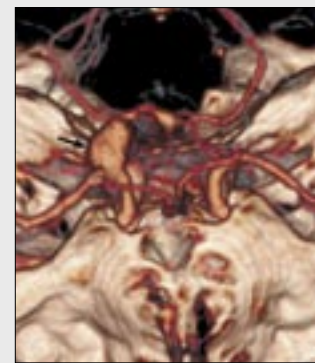
▲ Obr. 6A

▲ Obr. 6B

Obr. 6. Subarachnoidální krvácení způsobené rupturou aneuryzmatu. 74letý muž s náhle vzniklou cévní mozkovou příhodou. A, B – Na nativním CT vyšetření jsou cisterny na bázi a obě Sylviovy rýhy vyplněny krví (bílé šipky). Ta je přítomna i frontálně interhemisferálně a v sulcích (bílé hlavičky šipek). Nález je výraznější na pravé straně. Jde o obraz subarachnoidálního krvácení – z rozložení krve lze usuzovat, že pravděpodobným zdrojem je ruptura aneuryzmatu uloženého v oblasti Willisova okruhu vpravo nebo na pravé a. cerebri media. Rozšíření temporálních rohů postranních komor (černé hlavičky šipek) je známkou počínajícího hydrocefalu. C, D – V návaznosti na nativní CT vyšetření byla provedena CTA, při níž je patrné aneuryzma (černá šipka) vycházející z pravé a. carotis interna v místě odstupu a. communicans post (C – pohled na Willisův okruh shora, D – pohled zepředu).



▲ Obr. 6C



▲ Obr. 6D

Fig. 6. Subarachnoid haemorrhage caused by a rupture of the aneurysm. 74-year-old man, sudden stroke. A, B – The unenhanced CT shows that the basal cisterns and both Sylvian fissures have filled with blood (white arrows). Blood is also present frontally between the hemispheres and in the sulci (white arrowheads), being more prominent on the right side. These findings represent a subarachnoid haemorrhage – the distribution of blood shows that the probable source of the haemorrhage is a rupture of the aneurysm in the region of the circle of Willis on the right side or on the right middle cerebral artery. The temporal horns of both lateral ventricles are widened (black arrowheads), which indicates a newly forming hydrocephalus. C, D – CTA was performed subsequent to the unenhanced CT. The aneurysm (black arrow) arising from the right internal carotid artery at the origin of posterior communicating artery is depicted (C – superior view to the circle of Willis, D – frontal view).

K průkazu zdroje krvácení lze použít CT angiografii (CTA), MR angiografii (MRA) nebo katetrizační angiografii (DSA). Posloupnost těchto vyšetření závisí na technickém vybavení pracoviště. V posledních letech je zřetelný trend provést diagnostiku zdroje krvácení neinvazivními metodami co nejdříve po jeho průkazu pomocí CTA nebo MRA.

CTA – je dnes nejčastěji doporučovaným prvním vyšetřením, které může i přímo navázat na nativní CT (12, 13, 18, 22). Výhodou CTA proti dalším technikám je zejména rychlost, dále minimální invazivita a dostupnost. Nevýhodou radiační zátěž a nutnost podání jodové kontrastní látky (s možnými nežádoucími účinky). Provedení CTA na CT přístroji s více řadami detektorů je výhodnější než na spirálním přístroji s jednou řadou detektorů. Součástí výkonu jsou dvojdimenzionální (2D) a trojdimenzionální (3D) rekonstrukce obrazů cévního řečiště zásobujícího mozek. Z nich se nejvíce uplatňují 3D rekonstrukce typu volume rendering (5).

MRA – představuje alternativu CTA. Výhodou je zejména nulová radiační zátěž, není nutné podání kontrastní látky. Nevýhodou je delší čas vyšetření, existence více kontraindikací, menší dostupnost metody a horší kontrola pacientů, kteří bývají ve špatném stavu (18).

DSA – je invazivní metoda spojená s radiační zátěží nemocného i vyšetřujícího personálu, s riziky spojenými s intraarteriální punkcí a katetrizací, je nutné podání jodové kontrastní látky (s možnými nežádoucími účinky). Je to však metoda nej přesnější, spolehlivá i při odhalování drobných aneuryzmat, a proto stále představuje zlatý standard, ke kterému jsou ostatní metody srovnávány. Proto je dnes DSA z diagnostických důvodů prováděna při negativním nebo nejasném nálezu na CTA či MRA a samozřejmě těsně před coilingem aneuryzmat – intervenční radiologickou technikou, která je v léčbě aneuryzmat stále více upřednostňována před operační klipací (12, 13, 18).

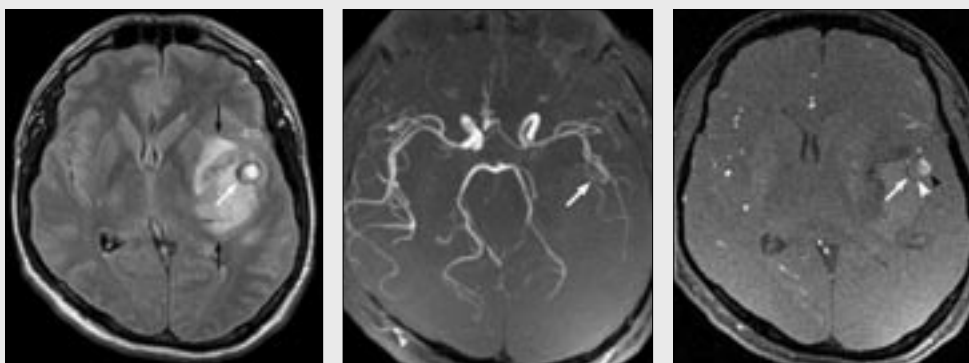
CT obraz spontánního subarachnoidálního krvácení a neinvazivní zobrazování jeho příčin

Stejně jako u traumatického subarachnoidálního krvácení je čerstvá krev patrná jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostorů, kde nahrazuje hypodenzní likvor. Na CT skelech není problémem identifikovat větší množství krve, při malém množství to může být někdy obtížné. Podle lokalizace hematomu lze soudit na jeho pravděpodobnou příčinu – při přítomnosti krve v bazálních cisternách je to obvykle ruptura aneuryzmatu, zdrojem krvácení do subarachnoidálního prostoru na konvexitách bývá ruptura aneuryzmatu, krvácející AVM nebo jiný zdroj (12). Zvláštním typem je perimesencefalické subarachnoidální krvácení.

Ruptura aneuryzmatu

Aneuryzmata intrakraniálních tepen jsou obvykle uložena v bifurkacích hlavních tepen, nejčastěji na tepnách Willisova okruhu a větvení ACM. Protože tyto tepny jsou uloženy v subarachnoidálním prostoru, vzniká při ruptuře aneuryzmatu subarachnoidální krvácení (obr. 6). Při rozsáhlém krvácení nebo při perifernější lokalizaci aneuryzmatu bývá různě velká část krve přítomna i intracerebrálně (obr. 7), krvácení se může provalit i do komor, nebo může být současně přítomen akutní (netraumatický) subdurální hematom (obr. 8).

Přímé zobrazení aneuryzmatu při nativním CT vyšetření lze očekávat jen u větších výdutí (nad 1 cm). Pravidlem je u gigantických aneuryzmat (> 2,5 cm), která jsou obvykle částečně trombotizovaná a lze je prokázat jako okrouhlé či oválné, expanzivně se chovající útvary vycházející z oblasti báze lebni. V jejich stěně bývají přítomny kalcifikace (obr. 9). Drobnější aneuryzmata, kterých je naprostá většina, nejsou při nativním CT vyšetření diferencovatelná. Podle rozložení krve v subarachnoidálním prostoru však lze z CT vyšetře-



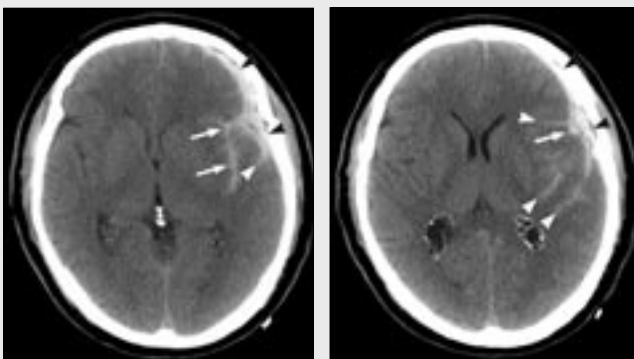
▲ Obr. 7A

▲ Obr. 7B

▲ Obr. 7C

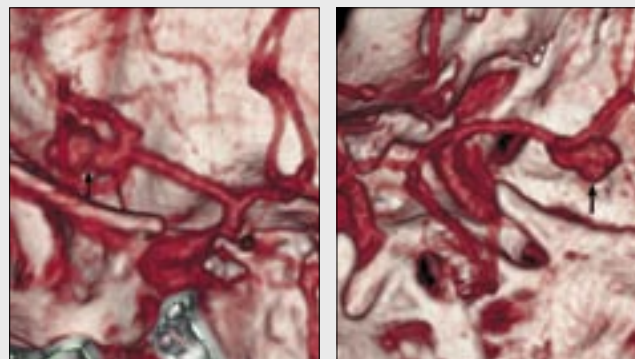
Obr. 7. Intracerebrální a jen částečně i subarachnoidální krvácení způsobené rupturou aneuryzmatu. 44letý muž s náhle vzniklou cévní mozkovou příhodou. Na CT provedeném v jiné nemocnici prokázán intracerebrální hematoma vlevo. Pacient byl převezen do naší nemocnice a k průkazu zdroje indikováno MR mozku včetně MRA intrakraniálních tepen. A – FLAIR sekvence – je patrný rozsáhlý intracerebrální hematoma vlevo (černé šipky), s výraznými expanzivními projevy; v jeho laterální části pak okrouhlý útvar s tenkým, asignálním lemem (bílá šipka) a různými intenzitami signálu v jeho centrální části. B – MIP rekonstrukce (nativní time-of-flight MRA – v místě okrouhlého útvaru patrného na standardních MR sekvencích (A) je sledovatelná jen nevýrazná hypersignální léze (bílá šipka). C – Jeden ze zdrojových skenů time-of-flight MRA – v místě útvaru (bílá šipka) je sledovatelný tok v jeho laterální části (hypersignální oblast – černá hlavička šipky), v mediální části není tok patrný (bílá hlavička šipky). Z těchto nálezů je zřejmé, že jde o aneuryzma (bílá šipka) uložené v oblasti větvení a. cerebri media vlevo, které je částečně trombotizované (bílá hlavička šipky).

Fig. 7. An intracerebral and partly subarachnoid haemorrhage caused by the rupture of the aneurysm. A 34-year-old man with a stroke. The CT scan performed in another hospital revealed an intracerebral haematoma on the left side. The patient was transferred to our hospital and a brain MR as well as an MRA of the intracranial arteries was indicated to confirm the source of the haemorrhage. A – FLAIR sequence – the wide-spread intracerebral haematoma on the left side (black arrows) with prominent mass effect is shown; a circular lesion with a thin, asignal rim in its lateral part (white arrow) can be seen with different signal intensities in the central area. B – The MIP reconstruction of (unenanced) time-of-flight MRA – only an inexpressive lesion (white arrow) can be seen in place of the circular lesion depicted on the standard MR sequences (A). C – One of the source scans from the time-of-flight MRA sequence – flow is present in the lateral part of the lesion (hypersignal area – black arrowhead), no flow can be seen in the medial part of the round lesion (white arrowhead). The presence of a partially thrombosed (white arrowhead) aneurysm (white arrow) located in the branching area of the middle cerebral artery on the left side is evident from these findings.



▲ Obr. 8A

▲ Obr. 8B



▲ Obr. 8C

▲ Obr. 8D

Obr. 8. Kombinace spontánního subarachnoidálního krvácení a ne-traumatického subdurálního hematomu. 58letý muž, náhle vzniklé silné bolesti hlavy, meningeální příznaky. A, B – Na nativním CT vyšetření je Sylviova rýha vlevo je vyplněna krví (bílé šipky), která je přítomna i v sulcích na konvexitě levé hemisféry (bílé hlavičky šipek) a v menší míře byla patrná i v bazálních cisternách (nezobrazeno). Tento nález odpovídá subarachnoidálnímu krvácení. Další kolekce krve je patrná mezi tímto hematomem a kalvou (černé hlavičky šipek) – je uložena subdurálně. Příčinou obou krvácení je zřejmě ruptura aneuryzmatu – podle rozložení krve nejspíše na levé a. cerebri media. C, D – V návaznosti na předchozí vyšetření byla provedena CTA, na níž je patrné aneuryzma (černá šipka) vycházející z trifurkace levé a. cerebri media. (C – pohled na Willisův okruh shora, D – pohled šikmo zepředu). Následovala operace, při níž byl odsát subdurální hematoma a zaklípováno aneuryzma na a. cerebri media.

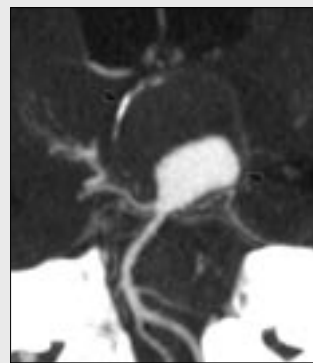
Fig. 8. The combination of a spontaneous subarachnoid haemorrhage and nontraumatic subdural haematoma. A 58-year-old man suddenly experienced a severe headache and meningeal symptoms. A, B – The left Sylvian fissure is seen to be filled with blood (white arrows) on the unenhanced CT scans. Blood is also present in the sulci on the convexity of the left hemisphere (white arrowheads) and was also demonstrated in the basal cisterns (not shown). This finding corresponds to a subarachnoid haemorrhage. Another collection of blood occurs between this haematoma and a calve (black arrowheads) – placed in the subdural space. The probable cause of the haemorrhage is the rupture of the aneurysm – shown by the blood distribution from the left middle cerebral artery. C, D – A CTA performed subsequently to the unenhanced CT revealed the aneurysm (black arrow) arising from trifurcation of the left middle cerebral artery. (C – superior view to the circle of Willis, D – oblique frontal view.) An operation was performed, the subdural haematoma was removed and the aneurysm clipped.



▲ Obr. 9A



▲ Obr. 9B



▲ Obr. 9C



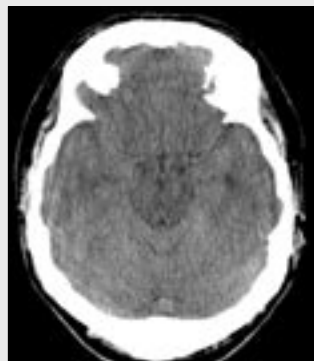
▲ Obr. 9D

Obr. 9. Subarachnoidální krvácení způsobené rupturou gigantického aneurysmatu. 67letá žena, náhle vzniklé bezvědomí, pravostranná centrální hemiparéza. A, B – skeny z nativního CT vyšetření. V bazálních cisternách, levostranně Sylviově fisuře a frontálně interhemisferálně je patrný obsah hyperdenzní krve svědčící pro subarachnoidální krvácení (bílé šipky). Supraselárně se zobrazil oválný útvar velikosti $45 \times 40 \times 35$ mm (černé šipky), v jehož stěně jsou patrné kalcifikace. Centrum útvaru obsahuje hyperdenzní i hypodenzní struktury. Jde o typický obraz gigantického aneurysmatu, které je příčinou krvácení. Rozšíření temporálních rohů postranních komor (černé hlavičky šipek) je známkou počínajícího hydrocefalu. I v měkkotkáňovém okně je temporálně vpravo patrný defekt kalvy odpovídající nejspíše stavu po kraniektomii. (Následně bylo zjištěno, že pacientka byla před 10 lety operována v jiné nemocnici pro aneurysma.) C, D – MIP rekonstrukce z provedené CTA demonstrují přítomnost částečně trombotizovaného aneurysmatu (černé šipky) vycházejícího z vrcholu a. basilaris. (C – rekonstrukce ve frontální rovině, D – v sagitální rovině)

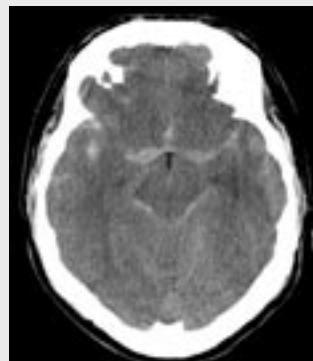
Fig. 9. A subarachnoid haematoma caused by the rupture of a gigantic aneurysm. A 67-year-old woman who suddenly became unconsciousness and a right-sided central hemiparesis. A, B – Scans from the unenhanced CT examination. The hyperdense blood content in the basal cisterns, in the left sylvian fissure and frontally between the hemispheres represents a subarachnoid haemorrhage (white arrows). The oval lesion is seen in the suprasellar region measuring $45 \times 40 \times 35$ mm (black arrows) and containing calcifications in the wall. Both hyperdense and hypodense structures are present in the centre of this lesion. This is the typical appearance of the gigantic aneurysm, which is the cause of the haemorrhage. The enlargement of the temporal horns of the lateral ventricles (black arrowheads) is the initial sign of a hydrocephalus. There is also a skull defect appearing temporally on the right side, also seen in the soft tissue window settings, probably representing previous craniectomy. (It was later found out that the patient had been operated on 10 years previously for an aneurysm in the other hospital.) C, D – The MIP images from the CTA demonstrate the presence of the giant, partially thrombosed aneurysm (black arrows) arising from the top of basilar artery.



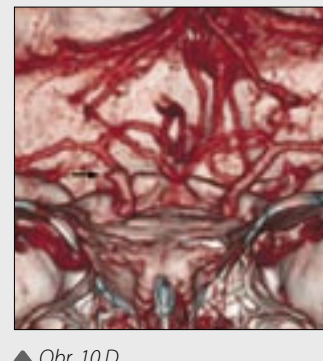
▲ Obr. 10A



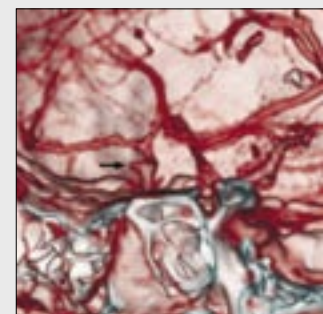
▲ Obr. 10B



▲ Obr. 10C



▲ Obr. 10D



▲ Obr. 10E

Obr. 10. Recidiva subarachnoidálního krvácení. 40letý muž, migrenózní ataka trvající 10 minut vzniklá při koupání. A – Na nativním CT vyšetření provedeném 2 hodiny od začátku potíží jsou cisterny na bázi i Sylviovy fisury symetricky vyplněny hyperdenzní krví. Nález odpovídá subarachnoidálnímu krvácení, jehož příčinou je zřejmě krvácející aneurysma uložené nejspíše na tepnách Willisova okruhu. Byla provedena CTA a vzhledem k negativnímu nálezu i DSA. Ani na ní nebyla příčina krvácení zobrazena. B – Na kontrolním CT 4 dny po příhodě je patrné, že většina krve ze subarachnoidálního prostoru byla resorbována. C – Nativní CT vyšetření 9. den od prvního provedené 1 hodinu po epileptickém záchvatu s pádem. Opět je patrné vyplnění subarachnoidálních prostorů báze krví. Mírně větší množství krve je na pravé straně. D, E – CTA provedená v návaznosti na předchozí CT vyšetření zobrazila drobné aneurysma (šipky) na pravé a. carotis int. směřující dorzolaterálně (D – pohled zepředu, E – pohled šikmo zprava zepředu). Negativní nález na předchozí (nezobrazené) CTA i DSA byl pravděpodobně způsoben vyplněním aneurysmatu trombem nebo spazmem.

Fig. 10. Recurrent subarachnoid haemorrhage. A 40-year-old man who suffered a migrenose attack lasting for ten minutes, which originated during a bath. A – An unenhanced CT performed 2 hours after the beginning of symptoms demonstrates hyperdense blood filling the cisterns on the skull base together with both sylvian fissures – these findings correspond to a subarachnoid haemorrhage, probably caused by the ruptured aneurysm located in the arteries of the circle of Willis. A CTA was performed and because of the negative finding, a DSA was also done. However the cause of bleeding was not depicted. B – A follow-up CT 4 days after the event showed that most of blood from the subarachnoid space had been reabsorbed. C – An unenhanced CT scan performed 9 days after the first examination, was performed one hour after an epileptic seizure with a fall. The blood filling the subarachnoid space appeared again with a slightly increased quantity of blood showing on the right side. D, E – A CTA was performed after the previous CT and depicted a small aneurysm (arrows) on the right internal carotid artery (D – frontal view, E – oblique view from the right and front). The negative findings from the previous CTA and DSA (not shown) were probably caused by the aneurysm thrombosis or a spasm.



Obr. 11. **Perimesencefalické krvácení.** Čtyřiapadesátiletá žena, cévní mozková příhoda. V prepontinních a interpedunkulárních cisternách je přítomna čerstvá krev (šipky). V jiných oblastech nebyla přítomnost krve patrná. Jde o typický nále z nepříliš rozsáhlého perimesencefalického krvácení. Na doplněné DSA nebyl nalezen žádný zdroj krvácení.

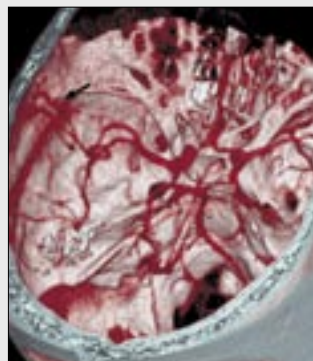
Fig. 11. **Perimencephalic haemorrhage.** 54-year-old woman, a stroke. Fresh blood (arrows) is present in the pre-pontine and interpeduncular cisterns. No blood is present in other regions, which is the typical appearance of a mild perimencephalic haemorrhage. No cause of the haemorrhage was found by DSA.



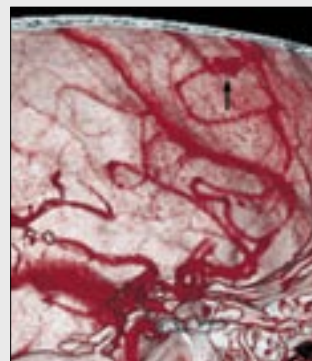
▲ Obr. 12A



▲ Obr. 12B



▲ Obr. 12C



▲ Obr. 12D

Obr. 12. **Subarachnoidální a intracerebrální krvácení způsobené krvácející AVM.** 47letý muž, cévní mozková příhoda s progredujícími symptomy. A, B – Na nativním CT vyšetření se zobrazil frontálně vlevo rozsáhlý hyperdense útvar odpovídající intracerebrálnímu hematomu (bílé hlavičky šipek). Hematom je provalený i do komorového systému (černé hlavičky šipek). Krev je přítomna také v subarachnoidálním prostoru (bílé šipky). C, D – V návaznosti na předchozí CT byla provedena CTA, při níž se v periférii povodí a. cerebri media vlevo zobrazily vinuté a rozšířené cévní struktury (černé šipky). Tento nále z odpovídá obrazu AVM, která zřejmě není celá zachycena (CTA byla zaměřena na oblast Willisova okruhu a nezachytila kraniální částí lebky) (C – pohled šikmo shora, D – pohled šikmo z centrální části lebky.)

Fig. 12. **Subarachnoid and intracerebral haemorrhage caused by bleeding from an AVM.** A 47-year-old man who underwent a stroke with progressing symptoms. A, B – The unenhanced CT showed a widespread hyperdense lesion frontally on the left side corresponding to the intracerebral haematoma (white arrowheads). The haematoma entered the ventricular system (black arrowheads). Blood is also present in the subarachnoid space (white arrows). C, D – A CTA performed subsequent to the unenhanced CT revealed a serpentineous and widened vascular structure (black arrows) in a periphery of the left middle cerebral artery drainage area. This finding corresponds to the AVM, which is probably not completely imaged (the CTA was focused on the region of the circle of Willis and the cranial part of the skull was not covered) (C – oblique superior view, D – oblique view from the central part of the head).

ní alespoň přibližně stanovit jejich polohu – např. je-li více krve ve ventrálně uložených bazálních cisternách a krev je případně přítomna i interhemisferálně mezi frontálními laloky, jde nejspíše o rupturu aneuryzmatu na a. communicans ant. Aneuryzmata mohou být i vícečetná – z rozložení krve pak lze usuzovat na to, které aneuryzma je pravděpodobnou příčinou krvácení.

Za 1–2 týdny bývá 90 % krve ze subarachnoidálního prostoru resorbováno. Zvětšení množství krve při CT kontrole při srovnání s prvním vyšetřením je známkou recidivy krvácení (obr. 10).

Perimesencefalické krvácení

Neaneurymatické perimesencefalické krvácení je benigní variantou subarachnoidálního krvácení. Za jeho příčinu bývá považováno krvácení z žil, drobných perforujících arterií nebo intramurální hematom ve stěně a. basilaris (23). Má typické rozložení, které jej i nativních CT skenech odlišuje od krvácení způsobeného rupturou aneuryzmatu. Centrum hematomu je vždy uloženo těsně před mozkovým kmenem v prepontinních a interpedunkulárních cisternách (obr. 11). Může se šířit do ambientních cisteren nebo centrálních částí

Sylviových fisur. Krev nebývá nikdy přítomna v komorách (23–26). Studie prokázaly, že u pacientů s typickým rozložení krve v subarachnoidálním prostoru svědčícím pro perimesencefalické krvácení stačí k potvrzení diagnózy negativní nále z na CTA. DSA v těchto případech není indikována (24, 26). Pacienti s tímto typem krvácení mají velmi dobrou prognózu (27, 28).

Krvácení z AVM

Jsou známy čtyři typy intrakraniálních cévních malformací: AVM, kavernózní angiomy, venózní angiomy a kapilární teleangiektázie. Všechny mohou krváčet, ale větší krvácení je častější komplikací pouze u AVM.

AVM – jsou tvořeny přírodnými tepnami, arteriálními kolaterálami, nidem a širokými odvodnými žilami. V oblasti AVM nebo jejich těsném okolí lze prokázat následky starších krvácení jako rozpadové produkty hemoglobinu (nejlépe pomocí MR), dystrofické kalcifikace (nejlépe na CT), posthemoragické pseudocysty či gliózu nebo trombózy některých přírodných tepen. Mozková tkáň uvnitř AVM je atrofická, s ischemickými změnami a gliózou. Podobné změny způsobené strháváním krve do AVM („steal-syndrom“) bývají

přítomny i v okolí AVM. Osmdesát pět procent AVM je nalézáno supratentoriálně, 15% v zadní jámě. Ruptura AVM a následné krvácení představují největší nebezpečí AVM. Krev je obvykle uložena jak intraparenchymatózně, tak subarachnoidálně (obr. 12).

Na CT bývají AVM prokazatelné i bez komplikujícího krvácení jako ložiskové léze bez expanzivních projevů obsahující shluk serpentinózně probíhající cév (syťících se i.v. podanou kontrastní látkou), patrná bývá i široká odvodná žíla. Uvnitř nidu AVM jsou často přítomny vícečetné drobné

kalcifikace, v jejím okolí pak likvorem vyplněné pseudocysty a atrofické změny.

Komplikace subarachnoidálního krvácení

Možnými komplikacemi subarachnoidálního krvácení jsou *vazospazmy*, které se objevují nejčastěji 4.–5. den po zakrvácení a mohou vést k sekundárním ischemiím, a také *hydrocefalus*, který bývá v časně fázi podmíněn obstrukcí komor (při přítomnosti krve i v komorách), později arachnoiditidou a zpomalením vstřebávání likvoru (13, 18, 21).

LITERATURA

1. Borovanský L, et al. Soustavná anatomie člověka. Praha; Avicenum, 1976.
2. Čihák R. Anatomie 1–3. 2. vydání. Praha; Grada 2001–2004.
3. Heřman M. Akutní CT mozku. Atlas nálezů. Olomouc; Univerzita Palackého v Olomouci 2006.
4. Neuwirth J. Kompendium diagnostického zobrazování. Triton; Praha 1998.
5. Ferda J. CT angiografie. Praha; Galén 2004.
6. Servadei F, Murray GD, Teasdale GM, Dearden M, Iannotti F, Lapierre F, Maas AJ, Karimi A, Ohman J, Persson L, Stocchetti N, Trojanowski T, Unterberg A. Traumatic subarachnoid hemorrhage: demographic and clinical study of 750 patients from the European brain injury consortium survey of head injuries. *Neurosurgery* 2002; 50(2): 261–267.
7. Chierigato A, Fainardi E, Morselli-Labate AM, Antonelli V, Compagnone C, Targa L, Kraus J, Servadei F. Factors associated with neurological outcome and lesion progression in traumatic subarachnoid hemorrhage patients. *Neurosurgery* 2005; 56(4): 671–680.
8. Mattioli C, Beretta L, Gerevini S, Veglia F, Citerio G, Cormio M, Stocchetti N. Traumatic subarachnoid hemorrhage on the computerized tomography scan obtained at admission: a multicenter assessment of the accuracy of diagnosis and the potential impact on patient outcome. *J Neurosurg* 2003; 98(1): 37–42.
9. Černož Z, et al. *Neuroradiologie*. Hradec Králové; Nukleus 2000.
10. Fainardi E, Chierigato A, Antonelli V, Fagioli L, Servadei F. Time course of CT evolution in traumatic subarachnoid haemorrhage: a study of 141 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 2004; 146(3): 257–263.
11. Armin SS, Colohan AR, Zhang JH. Traumatic subarachnoid hemorrhage: our current understanding and its evolution over the past half century. *Neurol Res* 2006; 28(4): 445–452.
12. Al-Shahi R, White PM, Davenport RJ, Lindsay KW. Subarachnoid haemorrhage. *BMJ* 2006; 333(7561): 235–240.
13. van Gijn J, Kerr RS, Rinkel GJ. Subarachnoid haemorrhage. *Lancet* 2007; 369(9558): 306–318.
14. Osborn AG. Diagnostic imaging: Brain; Amirsys 2004.
15. Linn FH, Wijdicks EF, van der Graaf Y, Weerdesteijn-van Vliet FA, Bartelds AI, van Gijn J. Prospective study of sentinel headache in aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Lancet* 1994; 344: 590–593.
16. Linn FH, Rinkel GJ, Algra A, van Gijn J. Headache characteristics in subarachnoid haemorrhage and benign thunderclap headache. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 65: 791–793.
17. Davenport RJ. Sudden headache in emergency department. *Pract Neurol* 2005; 5: 132–143.
18. Brisman JL, Song JK, Newell DW. Cerebral Aneurysms. *N Engl J Med* 2006; 355: 928–939.
19. van der Wee N, Rinkel GJ, Hasan D, van Gijn J. Detection of subarachnoid haemorrhage on early CT: is lumbar puncture still needed after a negative scan? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995; 58: 357–359.
20. Coats TJ, Loffhagen R. Diagnosis of subarachnoid haemorrhage following a negative computed tomography for acute headache: a Bayesian analysis. *Eur J Emerg Med* 2006; 13(2): 80–83.
21. Osborn AG. Diagnostic neuroradiology. St. Louis; Mosby 1994.
22. Ferda J., Novák M., Kreuzberg B. Výpočetní tomografie. Praha; Galén 2002.
23. Schievink WI, Wijdicks EFM. Origin of Pretruncal Nonaneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Ruptured Vein, Perforating Artery, or Intramural Hematoma? *Mayo Clin Proc* 2000; 75: 1169–1173.
24. Rinkel GJ, Wijdicks EF, Vermeulen M, Ramos LM, Tanghe HL, Hasan D, Meiners LC, van Gijn J. Nonaneurysmal perimesencephalic subarachnoid hemorrhage: CT and MR patterns that differ from aneurysmal rupture. *Am J Neuroradiol* 1991; 12 (5): 829–834.
25. Velthuis BK, Rinkel GJE, Ramos LMP, Witkamp TD, van Leeuwen MS. Perimesencephalic hemorrhage: exclusion of vertebrobasilar aneurysms with CT angiography. *Stroke* 1999; 30(5): 1103–1109.
26. Ruigrok YM, Rinkel GJE, Buskens E, Velthuis BK, van Gijn J. Perimesencephalic hemorrhage and CT angiography: a decision analysis. *Stroke* 2000; 31: 2976–2983.
27. van Gijn J, Rinkel GJ. Subarachnoid haemorrhage: diagnosis, causes and management. *Brain* 2001; 124: 249–278.
28. Greebe P, Rinkel GJ. Life expectancy after perimesencephalic subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 2007; 38(4): 1222–1224.