

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Adéla Turynová

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Zobrazení při subarachnoidálním krvácení

Adéla Turynová

Bakalářská práce

2018

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2016/2017

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adéla Turynová**  
Osobní číslo: **Z15113**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Zobrazení při subarachnoidálním krvácení**  
Zadávající katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ČIHÁK, Radomír. Anatomie 3. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1132-X.
2. FERDA, Jiří. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.
3. HERMAN, Miroslav. Základy radiologie. Olomouc: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.
4. KRAJINA, Antonín a Jan H. PEREGRIN. Intervenční radiologie: miniinvazivní terapie. Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005. ISBN 80-86703-08-8.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. MUDr. Antonín Krajina, CSc.**  
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2018**

  
prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.  
děkan

L.S.

  
Věra Záhorová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 26. února 2018

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA**

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 2. 5. 2018

Adéla Turynová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce panu prof. MUDr. Antonínu Krajinovi, CSc., za odborné vedení, cenné rady a pomoc při zpracování bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce na téma „Zobrazení při subarachnoidálním krvácení“ se dělí na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je popsán souhrn informací o subarachnoidálním krvácení, aneuryzmatech a principu hlavních vyšetřovacích metod. Praktická část se zabývá porovnáním výpočetní tomografické angiografie a digitální subtrakční angiografie při zobrazení intrakraniálních vakových aneuryzmat.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Subarachnoidální krvácení, aneuryzma, výpočetní tomografie, angiografie, DSA

## **TITLE**

Imaging in subarachnoid hemorrhage

## **ANNOTATION**

Topic of bachelor thesis „Imaging in subarachnoid hemorrhage“ is divided into two parts, a theoretical and a practical part. The theoretical part describes summary informations about subarachnoid hemorrhage, aneurysm and the principles of examination main methods. The practical part describes comparison of the computed tomography angiography and digital subtraction angiography in imaging of intracranial saccular aneurysms.

## **KEYWORDS**

subarachnoid hemorrhage, aneurysm, computed tomography, angiography, DSA

# OBSAH

Úvod.....	13
1. Cíl práce.....	14
2. Teoretická část.....	15
2.1 Anatomie obalů a cévního zásobení mozku.....	15
2.1.1 Obaly mozku.....	15
2.1.1.1 Dura mater.....	15
2.1.1.2 Arachnoidea mater.....	16
2.1.1.3 Pia mater.....	16
2.1.2 Cévní zásobení mozku.....	16
2.1.2.1 Tepny mozku.....	16
2.1.2.2 Žíly mozku.....	17
2.1.3 Mozek.....	18
2.2 Subarachnoidální krvácení.....	19
2.2.1 Příznaky.....	20
2.2.2 Spontánní SAK.....	20
2.2.2.1 Ruptury aneuryzmatu.....	21
2.2.2.2 Perimezencefalické krvácení.....	21
2.2.2.3 Arteriovenózní malformace.....	22
2.2.3 Traumatické SAK.....	23
2.2.4 Diagnostika SAK.....	23
2.2.5 Léčba SAK.....	25
2.2.6 Komplikace SAK.....	25
2.2.6.1 Vazospazmy.....	25
2.2.6.2 Hydrocefalus.....	26
2.3 Další typy krvácení.....	26
2.3.1 Subdurální hematom.....	26



2.3.2	Epidurální hematom.....	27
2.4	Aneuryzma .....	28
2.4.1	Etiologie.....	29
2.4.2	Klasifikace aneuryzmat.....	30
2.4.3	Studie ISUIA.....	31
2.4.4	Endovaskulární léčba.....	31
2.4.4.1	Prostá embolizace spirálami .....	32
2.4.4.2	Uzávěr mateřské tepny s aneuryzmatem .....	33
2.4.5	Chirurgická léčba.....	33
2.5	Výpočetní tomografie.....	34
2.5.1	Princip výpočetní tomografie.....	34
2.5.2	CT angiografie .....	37
2.6	Digitální subtrakční angiografie.....	38
2.7	Kontrastní látky .....	39
2.8	Zobrazení subarachnoidálního krvácení .....	40
2.8.1	CT .....	40
2.8.2	CTA .....	42
2.8.3	DSA .....	42
2.8.4	Další modality.....	43
2.9	Radiační ochrana.....	44
2.9.1	Ochrana personálu .....	45
3.	Praktická část .....	46
3.1	Materiál a metodika.....	46
3.2	Výsledky .....	48
4.	Diskuze .....	49
5.	Závěr .....	50
6.	Použitá literatura .....	51

## Seznam ilustrací a tabulek

Obrázek 1 - Schéma extracerebrálních prostorů lebky (Heřman, 2006, s. 24).....	15
Obrázek 2 - Schéma Willisova okruhu (Seidl, 2012, s. 271).....	17
Obrázek 3 - Subarachnoidální krvácení na nativním CT.....	19
Obrázek 4 - Perimezencefalické krvácení .....	22
Obrázek 5 - Traumatické SAK .....	23
Obrázek 6 - Akutní hydrocefalus před drenáží a po komorové drenáži .....	26
Obrázek 7 - Chronický subdurální hematom.....	27
Obrázek 8 - Epidurální hematom.....	28
Obrázek 9 - Gigantické aneurysma (Beneš, Suchomel, 2017, s. 24).....	29
Obrázek 10 - Tvar aneuryzmat .....	30
Obrázek 11 - Embolizace aneuryzmatu pomocí odpoutaných spirálek (Beneš, Suchomel, 2017, s. 11).....	33
Obrázek 12 - Princip CT (Seidl, 2012, s. 46) .....	34
Obrázek 13 - Schéma principu konvenčního a spirálního CT (Heřman, 2014, s. 24).....	36
Obrázek 14 - Princip DSA (Krajina a Peregrin, 2005, s. 71) .....	38
Obrázek 15 - SAK v oblasti a. communicans anterior (Beneš, Suchomel, 2017, s. 24) .....	42
Obrázek 16 - Detekce aneuryzmatu pomocí DSA.....	43
Tabulka 1 - Klinická klasifikace závažnosti SAK dle Word Federation of Neurological Surgeons (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407).....	20
Tabulka 2 - Klinická klasifikace závažnosti SAK dle Hunta a Hesse (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407).....	20
Tabulka 3 - Fisherova škála hodnocení množství krve na nativním CT po SAK (Beneš, Suchomel, 2017s. 62).....	24
Tabulka 4 - Denzita tkání (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 18) .....	35
Tabulka 5 - Věk pacientů.....	46
Tabulka 6 - Soubor pacientů.....	47

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

2D	dvojměrné
3D	trojměrné
4D	čtyřměrné
a.	arteria (tepna)
AV	arteriovenózní
AVM	arteriovenózní malformace
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
comm.	communicans
CT	computed tomography (výpočetní tomografie)
CTA	CT angiografie
č.	číslo
DSA	digitální subtrakční angiografie
EKG	elektrokardiogram
FN	Fakultní nemocnice
FN HK	Fakultní nemocnice Hradec Králové
HU	Hounsfield unit
ISUIA	International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms
KL	kontrastní látka
MDCT	multi – detektor CT
MIP	maximum intensity projection
mm.	milimetr

ml	mililitr
ml/s	mililitr/sekunda
MPR	multiplanární rekonstrukce
MR	magnetická rezonance
MRA	MR angiografie
např.	například
PACS	picture archiving and communication system
RTG	rentgen
SAK	subarachnoidální krvácení
TCD	transkraniální dopplerovská ultrasonografie
tzv.	to znamená
v.	vena (žíla)
VR	volume rendering
vv.	venae (žíly)

## ÚVOD

Bakalářská práce pojednává o tématu „Zobrazení při subarachnoidálním krvácení.“ Subarachnoidální krvácení (SAK) vzniká nejčastěji při traumatech, část tohoto typu krvácení je spontánní v důsledku krvácení při různých cévních mozkových onemocnění. Nejnebezpečnější je aneuryzmatické SAK jehož včasná pozitivní diagnostika a tím pádem i následná léčba výrazně zlepšuje výsledný klinický stav nemocného. Na časnou diagnostiku se podílejí zobrazovací metody v první řadě nativní CT a CT angiografie (CTA). Pokud není nalezen zdroj krvácení, je provedena katetrizační angiografie.

Práce je rozdělena do dvou částí a to na teoretickou a praktickou. V teoretické části popisují anatomii obalů a cévního zásobení mozku. Následně se zabývám samotnou problematikou samotného SAK, kde jsou popsány příznaky, rozdělení krvácení na traumatické a spontánní, diagnostiku, léčbu a možné komplikace. Dále se zabývám aneuryzmaty, jakož to nejčastější příčinou netraumatického SAK. V této kapitole se zmiňuji o studii ISUIA která prokázala vyšší riziko ruptury aneuryzmat u pacientů s již prodělaným SAK a také je zde zmíněna endovaskulární a chirurgická léčba aneuryzmat. Dále popisují princip CT, CTA a DSA, které k diagnostice a vlastnímu zobrazení SAK neodmyslitelně patří.

V praktické části bakalářské práce se zabývám porovnáním CTA a DSA při zobrazení intrakraniálních vakových aneuryzmat pomocí retrospektivní analýzy dat ve Fakultní nemocnici Hradec Králové.

## **1. CÍL PRÁCE**

Detekce zdroje SAK má pro nemocného zásadní význam pro cílenou léčbu, která spočívá v prevenci opakování krvácení. Zvláště pokud se jedná o aneuryzmatické krvácení je časná diagnóza zdroje zásadní, protože opakované SAK významně snižuje vyhlídky nemocného na kvalitu života. Navíc je průměrný věk pacientů se SAK 50 let a jedná se o nemocné v aktivním věku.

Účelem této studie je praktické srovnání záchytnosti vakových aneuryzmat na CTA a DSA.

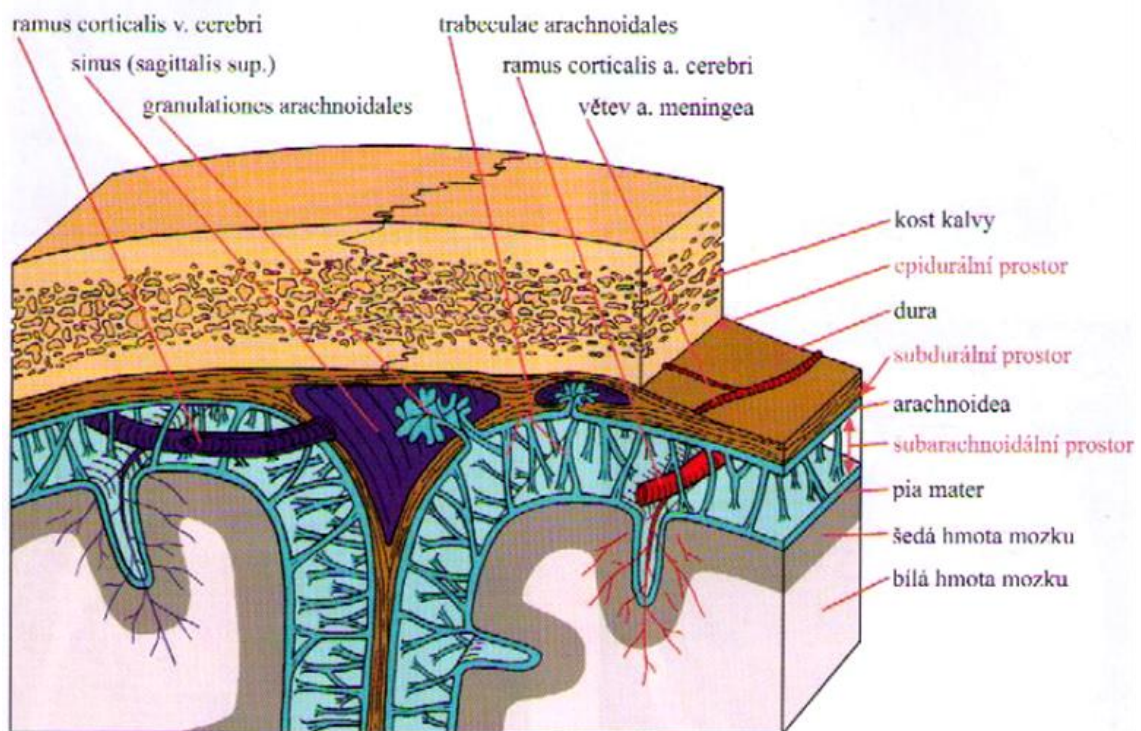
## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Anatomie obalů a cévního zásobení mozku

#### 2.1.1 Obaly mozku

Hlavní ochranou centrálního nervového systému (CNS) je lebka chránící mozek a páteř chránící míchu. Kromě kostěných struktur jsou mozek i mícha chráněny mozkomíšními obaly (plenami). V prostoru mezi obaly se nachází mozkomíšní mok, který nadlehčuje a chrání mozek proti otřesům. Popsány jsou tři vrstvy obalů: tvrdá plena (dura mater), pavučnice (arachnoidea mater), omozečnice (pia mater). (Naňka a Elišková, 2015, s. 265)

Schéma extracerebrálních prostor lebky je vidět na obrázku 1.



Obrázek 1 - Schéma extracerebrálních prostorů lebky (Heřman, 2006, s. 24)

##### 2.1.1.1 Dura mater

Tvrdá plena je tuhá vazivová blána, která lne k vnitřní straně lebky. Zasahuje do prostoru rozdělující mozek na pravou a levou hemisféru a tvoří mezi nimi přepážku (fax cerebri). Žilní pleteně, které za vývoje mozku byly zavzaty do tvrdé pleny, tvoří nitrolební splavy (sinus durae matris). Prostoru mezi kostí lebky a tvrdou plenou se říká epidurální prostor (spatium epidurale). Tento prostor za normálních okolností není vytvořen, avšak při poranění kostěné opory mozku může dojít ke krvácení především z vlastních cév tvrdé pleny a tím k vytvoření epidurálního hematomu. (Naňka a Elišková, 2015, s. 266), (Čihák, 2004, s. 302)

### **2.1.1.2 Arachnoidea mater**

Pavučnice je tenká bezcévná blána pavučinovitého vzhledu obalující mozek. Zevně naléhá na tvrdou plenu a ohraničuje tak subdurální prostor (spatium subdurale). Tento prostor je pouze virtuální, vzniká pouze při nahromadění krve z poraněných procházejících cév. Na vnitřní straně od pavučnice se nachází subarachnoidální prostor (spatium subarachnoideum), který je protkán jemnými vazivovými trámečky, které spojují pavučnici s omozečnicí. V tomto prostoru se nachází cirkulující mozkomíšní mok (liquor cerebrospinalis). Jelikož omozečnice leže k povrchu mozku těsně a pavučnice obaluje mozek pouze volně, vznikají rozšířené prostory tzv. cisterny (cisternae subarachnoideae). Pavučnice vytváří drobné klkaté výběžky, tzv. granulace (granulationes arachnoideae), které se zanořují do tvrdé pleny a zasahují pod endotel nitrolebních žilních splavů. Dochází zde k resorpci mozkomíšního moku do krve. (Naňka a Elišková, 2015, s. 267), (Čihák, 2004, s. 304, 305)

### **2.1.1.3 Pia mater**

Omozečnice nebo také měkká plena je tenká vazivová blána na povrchu mozku a vniká do všech závitů a rýh. Spolu s cévami na povrchu mozku proniká do mozkové tkáně. (Naňka a Elišková, 2015, s. 267)

## **2.1.2 Cévní zásobení mozku**

Mozek a mícha jsou jedním z nejcitlivějších orgánů na dodávku kyslíku a spotřebují asi 12 – 14 % celkového minutového objemu. Tzv. hematoencefalická bariéra omezuje příjem látek z periferní krve. Bez omezení prochází kyslík, oxid uhličitý a voda. Pro některé látky, jako jsou například glukóza a aminokyseliny, je zapotřebí zvláštní přenašeče a některé látky, jako je například bílkovina, neprochází vůbec. (Naňka a Elišková, 2015, s. 267, 268)

### **2.1.2.1 Tepny mozku**

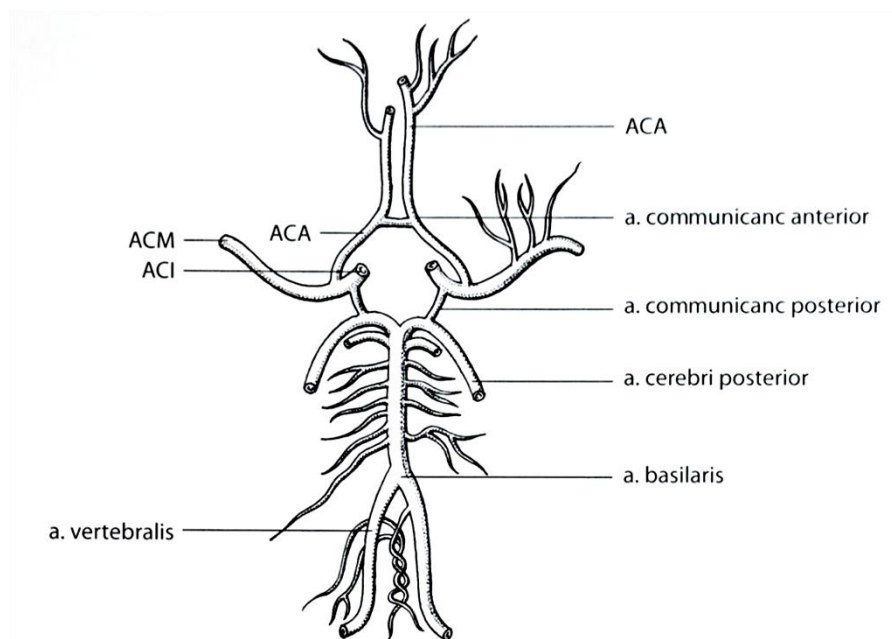
Hlavním zdrojem pro zásobení mozku jsou pravá a levá a. vertebralis a pravá a levá a. carotis interna. Spolu s dalšími cévami tvoří okruh, circulus arteriosus Willisi. (Naňka a Elišková, 2015, s. 269)

**A. vertebralis** vstupuje do lebky velkým týlním otvorem a po vzájemném spojení vytváří nepárovou **a. basilaris**. Ta je uložena na přední straně mozkového kmene a pokračuje na horní okraj pons Varoli. Zde se dělí na pravou a levou **a. cerebri posterior**, které pokračují kolem mesencephala až k mediální a spodní ploše týlního a spánkového laloku. (Naňka a Elišková, 2015, s. 269)



**A. carotis interna** (vnitřní krkavice) prostupuje skrze canalis caroticus do dutiny lební a naléhá na bok tureckého sedla. První významný odstup tvoří a. ophthalmica, která přes canalis opticus vede do očníce. Dále vydá a. cerebri anterior et media. Pravá a levá **a. cerebri anterior** jsou následně po odstupu navzájem spojeny a. communicans anterior. A. cerebri anterior pokračuje dopředu přes horní plochu corpus callosi. Větve zásobují mediální plochu hemisféry, krom týlního laloku. **A. cerebri media** probíhá v zářezu mezi frontálním a temporálním lalokem a zásobuje laterální strany hemisfér kromě týlní části. A. cerebri media a a. cerebri posterior spojuje a. communicans posterior. Touto větví se uzavírá Willisův okruh, který zajišťuje vyrovnávání tlaku a rovnoměrné plnění tepen. (Naňka a Elišková, 2015, s. 269)

Na obrázku 2 je vyobrazeno schéma Willisova okruhu. Zkratka ACA znamená a. cerebri anterior, ACM a. cerebri media a ACI a. carotis interna.



Obrázek 2 - Schéma Willisova okruhu (Seidl, 2012, s. 271)

### 2.1.2.2 Žíly mozku

Mozkové žíly se vlévají do žilních splavů, mají tenkou stěnu a nemají chlopně. Lze je rozdělit do dvou skupin na hluboké a povrchové žíly. (Naňka a Elišková, 2015, s. 269)

Povrchové žíly odvádějí krev z kůry mozkové a vlévají se do žilních splavů. Patří sem v. cerebri superiores, vv. cerebri inferiores, v. cerebri media superficialis a v. cerebri media profunda. (Naňka a Elišková, 2015, s. 270), (Čihák, 2004, s. 322)

Hluboké žíly odvádějí krev z mezimozku a hlubokých struktur hemisfér. Patří sem vv. cerebri interna, které vznikají soutokem v. septi pellucidi, v. choroidea a v. thalamostriata na každé straně. V. cerebri interna pravé a levé strany se spojí v nepárovou v. magna cerebri a záhy ústí do sinus rectus. (Naňka a Elišková, 2015, s. 270), (Čihák, 2004, s. 322)

Odvod krve je závislý na nitrolebních splavech (sinusech), které odvádějí krev z jednotlivých částí mozku.

### 2.1.3 Mozek

Mozek (encephalon) je řídicí centrum nervové soustavy. Všechny jeho části jsou vzájemně propojeny a pracují jako celek. Mezi hlavní části mozku patří mozkový kmen, mozeček, mezimozek a koncový mozek. (Merkunová a Orel, 2008, s. 127)

**Mozkový kmen** (truncus encephali) je pokračování míchy a jsou zde uložena centra pro vitální funkce. Mozkový kmen se skládá ze tří částí o to z prodloužené míchy (medulla oblongata), mostu (pons Varoli) a středního mozku (mesencephalon). Kmen obsahuje typicky seskupené neurony do mnoha jader podle své funkce. Tvoří dno IV. komory mozkové. Spolu s mozečkem vyplňují zadní jamu lební. (Naňka a Elišková, 2015, s. 274 – 276), (Merkunová a Orel, 2008, s. 228)

**Mozeček** (cerebellum) leží na dorzální straně mozkového kmene, skládá se ze dvou hemisfér a mozečkového červa. Hlavní funkcí je koordinace pohybu a udržení rovnováhy, ale hraje i významnou roli v procesu učení. Váží přibližně 140g, je tvořen šedou hmotou nacházející se na povrchu mozečku a bílou hmotou uloženou uvnitř mozečku. Tvoří strop IV. komory mozkové. (Merkunová a Orel, 2008, s. 229 – 231)

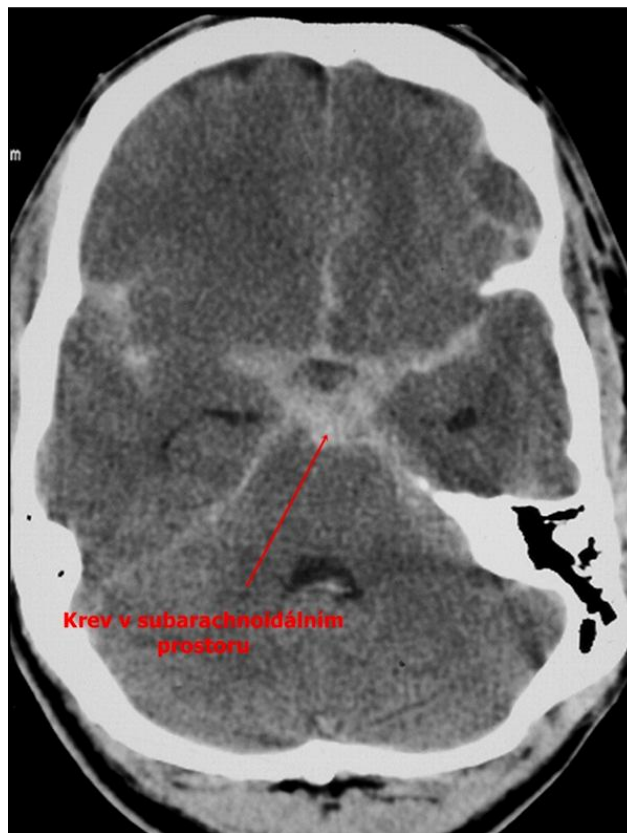
**Mezimozek** (diencefalon) je uložen mezi mozkovými hemisférami a skládá se z talamu a hypotalamu. Tvoří III. komoru mozkovou. Talamus je párový orgán, zpracovává především senzitivní informace a je nazýván jako tzv. brána do vědomí. Hypotalamus slouží jako nadřazené centrum vnitřních funkcí orgánů. (Merkunová a Orel, 2008, s. 231, 232)

**Koncový mozek** (telencephalon) je největší část lidského mozku a skládá se ze dvou hemisfér. Ty jsou od sebe odděleny hlubokou rýhou (fissura longitudinalis cerebri). Propojení polokoulí zajišťuje vazník (corpus callosum). Povrch je tvořen mozkovou kůrou (cortex cerebri) silnou asi 2 – 5 mm. Pod kůrou je bílá hmota, ve které probíhají nervové dráhy. Mozkové hemisféry se dělí na 4 laloky a to na čelní, temenní, týlní a spánkový lalok. Laloky

se skládají ze závitů (gyrus cerebri) a ty jsou od sebe odděleny rýhami. (Merkunová a Orel, 2008, s. 232, 233)

## 2.2 Subarachnoidální krvácení

Při tomto druhu mozkového krvácení dochází k úniku krve do likvorových prostor následkem ruptury aneuryzmatu a po traumatech. Další možné příčiny krvácení mohou být způsobeny koagulopatiemi, nádory se vztahem k subarachnoidálnímu prostoru a hypertonické krvácení. SAK na nativním CT je vidět na obrázku 3. (Heřman, 2006, s. 134), (Ferda, Kreuzberg a Novák, c2002, s. 74)



Obrázek 3 - Subarachnoidální krvácení na nativním CT

(Zdroj: <http://www.stefajir.cz/files/SubarachnoidCT.jpeg>)

Aneuryzmatické SAK postihuje lidi průměrného věku okolo 50 – 60 let. V pozdějším věku má onemocnění tendenci ke snižování, případně už nedochází k dalšímu nárůstu. Incidence aneuryzmatického SAK za 1 rok se odhaduje 6-10 na 100 000 obyvatel. Více toto onemocnění postihuje ženy. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 60)

### 2.2.1 Příznaky

Spontánní SAK se projevuje náhle vzniklou krutou bolestí hlavy, kterou pacienti popisují jako nejhorší za svůj život. Bolest hlavy je v mnoha případech doprovázena nauzeou, zvracením, neurologickými deficity či poměrně často ztrátou vědomí. Kromě bolesti hlavy jsou zhruba u poloviny pacientů sledovány jakési varovné příznaky jako je menší bolest hlavy, obličej a zad. Pravděpodobně se jedná o projevy drobnějšího předchozího krvácení. Tyto známky jsou často léčeny jako migréna nebo blokace krční páteře. Velký vliv na stav nemocného má také přítomnost intracerebrálního hematomu či zvýšený intrakraniální tlak a v pozdější době rozvoj hydrocefalu. (Černoch, 2000, s. 260), (Beneš, Suchomel, 2017, s. 60)

Klinické projevy SAK se dají klasifikovat. Slouží k tomu klasifikační tabulka dle Hunta a Hesse a klasifikační tabulka dle Word Federation of Neurological Surgeons. Obě škály hodnotí závažnost SAK podle stavu a vědomí pacienta. Horší klinický vývoj lze předpokládat u nemocných s vyšším stupněm klasifikace. Škála dle Word Federation of Neurological Surgeons je uvedena v tabulce 1 a škála dle Hunta a Hesse v tabulce 2. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 406)

**Tabulka 1 - Klinická klasifikace závažnosti SAK dle Word Federation of Neurological Surgeons (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407)**

Stupně	Glasgow koma skóre	motorický deficit
I	15	není
II	14 – 13	není
III	14 – 13	přítomen
IV	12 – 7	přítomen
V	6 – 3	přítomen

**Tabulka 2 - Klinická klasifikace závažnosti SAK dle Hunta a Hesse (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407)**

Stupně		Mortalita (%)
I	asymptomatický, nebo minimální bolest hlavy, lehké meningeální dráždění	11 %
II	mírná až významná bolest hlavy, meningeální dráždění, není neurologický deficit kromě parézy hlavových nervů	26 %
III	lehká porucha vědomí, zmatenost, mírný lokální neurologický deficit	37 %
IV	stupor, hemiparéza	71 %
V	koma, decerebrační rigidita	100 %

### 2.2.2 Spontánní SAK

Netraumatické SAK vzniká ve většině případů rupturou aneuryzmatu, ale může vznikat i perimezencefalickým krvácením, které je venózní a krvácení z arteriovenózních zkratů.

### **2.2.2.1 Ruptury aneuryzmatu**

Nejčastější příčinou vzniku netraumatického SAK je ruptura aneuryzmatu. Krvácení může být různé intenzity od minimálního po masivní. Při masivním krvácení se 15 % nedožije lékařské péče, dalších 30 – 50 % umírá během několika týdnů a zhruba 30 % nemocných se vrací k normálnímu stavu. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 406)

Nejčastěji dochází k ruptuře aneuryzmatu v oblasti fundu, kde je stěna nejvíce oslabena. K zástavě krvácení dochází souhrnem několika mechanismů jako je zvýšení intrakraniálního tlaku, což vede k tvorbě destičkového trombu a fibrinových vláken. Tímto procesem se vytvoří zátka, která přetrvává 2 – 3 týdny. V tomto období je velké riziko opakovaného krvácení. Později riziko krvácení klesá díky vyztužení zátky kolagenovými vlákny. Pokud se léčba z různých důvodů odloží je pozorována obnova vaku nebo jeho nové sekundární vyklenutí. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 406), (Černoch, 2000, s. 260)

K opakování krvácení dojde v prvních 24 hodinách u 4,1 % pacientů a dále tato pravděpodobnost klesá na 1,5 % na den. Ve 2 týdnech po prvním krvácení pravděpodobnost opakování činí 26,5 %. Opakované SAK zvyšuje významně úmrtnost. Zhruba u 40 – 70 % pacientů po aneuryzmatickém SAK vznikají vazospazmy. Má se za to, že přibližně polovina přeživších umírá nebo má vážné zdravotní následky na tuto komplikaci. Přibližně u 22 % nemocných vzniká akutní hydrocefalus, přičemž 17 % potřebuje zevní komorovou drenáž. Chronický hydrocefalus vzniká díky hyporesorpci mozkomíšního moku. Vznik hydrocefalu závisí na množství krve v subarachnoidálním prostoru. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407)

Nemocné s aneuryzmatickým SAK lze rozdělit do dvou skupin. V první skupině jsou ti, kteří mají nějakou poruchu vědomí a horší prognózu, která se stupňuje s poruchami vědomí. Mortalita je v tomto případě velmi vysoká a to v 50 – 90 %. Do druhé skupiny patří ti, u kterých je spolu s meningeálním drážděním plně zachované vědomí. Je zde 20 – 30 % riziko vážných následků nebo úmrtí. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407)

### **2.2.2.2 Perimezencefalické krvácení**

Perimezencefalické neaneuryzmatické krvácení je benigní variantou SAK a vyskytuje se zhruba u 10 % případů. Vznik tohoto typu krvácení se nepodařilo zatím zcela objasnit. Jedná se pravděpodobně o krvácení z drobných žil či kapilár. Počáteční příznaky se od aneuryzmatického SAK příliš neliší, ale samotný průběh nebývá příliš drastický. Projevuje se typickou bolestí hlavy doprovázenou světloplachostí či nauzeou. Porucha vědomí

a neurologický deficit jsou v tomto případě velmi vzácné. Perimezencefalické krvácení je zobrazeno na obrázku 4. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407)



Obrázek 4 - Perimezencefalické krvácení

(Zdroj: [http://cmp-manual.wbs.cz/sak/perimesencephalic\\_sah\\_original.jpg](http://cmp-manual.wbs.cz/sak/perimesencephalic_sah_original.jpg))

Centrum krvácení je typicky lokalizované před mozkovým kmenem. Krev se může šířit do rýhy mezi spánkovým a čelním lalokem nikdy však do komor. Pacienti s tímto typem krvácení mají velmi dobrou prognózu. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 218), (Heřman, 2007)

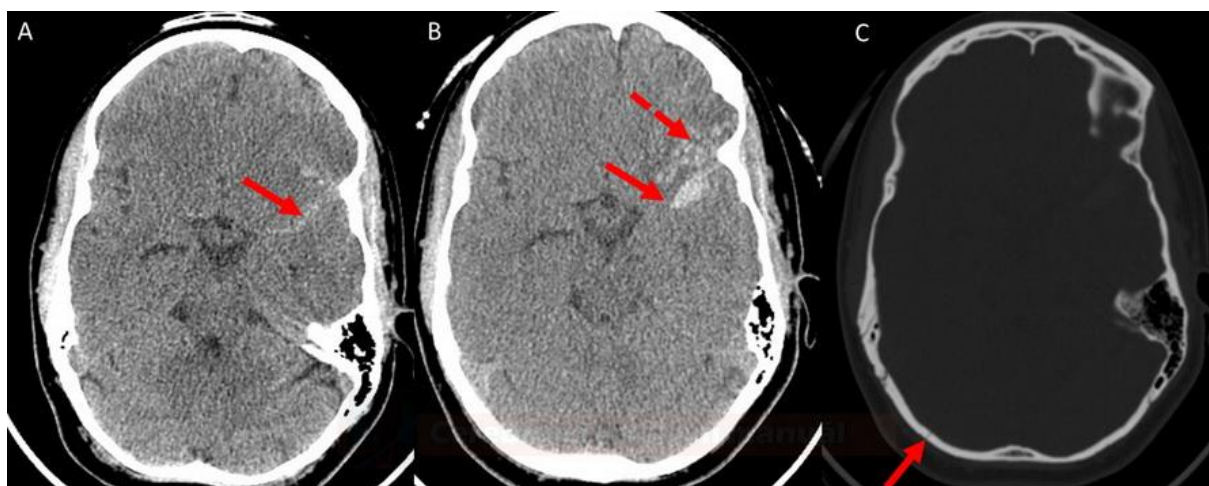
### 2.2.2.3 Arteriovenózní malformace

Arteriovenózní malformace (AVM) mozku je směsice patologických cév, kdy arteriální krev proudí přímo do odvodných cév. Z této příčiny vzniká přibližně 5 % všech případů SAK. V oblasti AVM nebo v jeho těsné blízkosti lze prokázat stopy po starším krvácení. Dají se najít dystrofické kalcifikace (pomocí CT), posthemoragické pseudocysty či trombózy přívodných tepen a žil. Ruptura AVM a následné krvácení (nejčastěji do parenchymatózní tkáně a subarachnoidálních prostor) představuje značné riziko pro nemocného. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 212, 213), (Heřman, 2007)

### 2.2.3 Traumatické SAK

Zdrojem krvácení u traumatického poranění bývají nejčastěji poraněné žíly probíhající subarachnoidálním prostorem nebo krvácení z povrchu mozku způsobené při jeho kontuzi. Téměř pokaždé je traumatické SAK doprovázeno dalšími traumatickými změnami. Nejčastěji je krvácení spojeno s kontuzemi a subdurálním hematomem. Krev se při velkých traumatech může dostat i do komorového systému což je způsobeno velkým zhmožděním mozku v blízkosti komor. Klinické příznaky jsou často překryty jinými traumatickými změnami. Jedná se o příznaky jako jsou obtíže se zrakem, hemiplegie nebo poruchy vědomí, které mohou svědčit jak o SAK tak o jiném typu intrakraniálního krvácení. Samotná přítomnost krve v subarachnoidálním prostoru je nepříznivou známkou dalšího vývoje a celkový stav pacienta je tedy závislý na dalších traumatech hlavy. (Heřman, 2006, s. 76), (Heřman, 2007)

Na obrázku 5 je vidět traumatické SAK (A), jeho kontrola po 24h (B) a traumatická fisura kalvy (C).



Obrázek 5 - Traumatické SAK

(Zdroj: [http://cmp-manual.wbs.cz/sak/pictures/traumaticky\\_sak\\_-\\_03\\_original.jpg](http://cmp-manual.wbs.cz/sak/pictures/traumaticky_sak_-_03_original.jpg))

### 2.2.4 Diagnostika SAK

Základní diagnostickou metodou SAK je nativní CT mozku. Díky své dobré dostupnosti a vysoké senzitivitě je CT vyšetření metodou první volby. Při spontánním SAK je typicky zobrazena krev v bazálních cisternách, pokud je toto provedeno do 6 hodin od vzniku příznaků. Pokud je krvácení malé, je krev v této době odplavena cirkulujícím likvorem a není na CT prokazatelná. Provádí se pak průkaz SAK vyšetřením likvoru lumbální punkcí. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 61, 62)

Z tohoto důvodu by CT mělo být provedeno co nejdříve od prvotních symptomů SAK, protože s časem stoupá pravděpodobnost falešného nálezu. V prvních 24 hodinách od začátku potíží odhalí CT vyšetření více jak 95 % případů. V prvních 5 dnech klesá pravděpodobnost nálezu na 85 %, po 1 týdnu na 50 %, po 2 týdnech na pouhých 30 % a po třech týdnech je pravděpodobnost nálezu prakticky nulová. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 62), (Heřman, 2007)

SAK je ve 20 – 40 % případů provázeno intracerebrální hemoragii. Typickým místem hematomu u aneuryzmatu na a. cerebri media je temporální lalok a u aneuryzmatu na a. communicans anterior je hematom lokalizován na frontálním laloku. K provalení krve do mozkových komor dojde u 13 – 28 % pacientů a přítomnost krve v subdurálním prostoru ve spojitosti se SAK je u 2 – 5 % pacientů. Každá z těchto lokalizací sebou nese vyšší riziko úmrtnosti. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 62)

K hodnocení CT nálezu slouží tzv. Fisherova škála. Hodnotí množství krve v subarachnoidálním prostoru, přítomnost intracerebrálního hematomu nebo hemocefalu. Množství a distribuce krve na CT podle této škály je přímo úměrné vzniku vazospazmů. Škála dle Fishera je uvedena v tabulce 3. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 62)

**Tabulka 3 - Fisherova škála hodnocení množství krve na nativním CT po SAK (Beneš, Suchomel, 2017s. 62)**

Stupeň	Množství krve na CT
I	bez hemoragie/SAK
II	difuzní nebo vertikální vrstva < 1 mm silná
III	lokalizované koagulum a/nebo vertikální vrstva > 1 mm silná
IV	intracerebrální či intraventrikulární hemoragie s difuzním či žádným SAK

Při negativním nálezu na CT nebo při atypickém průběhu SAK je indikována lumbální punkce. Typickým nálezem je nesražená krev v mozkomíšním moku a vyšší tlak v likvorových cestách. Provedení lumbální punkce v akutní fázi představuje riziko reruptury aneuryzmatu v důsledku většího poklesu intrakraniálního tlaku. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 62)

Pro detekci aneuryzmatu lze využít CTA, která navazuje na nativní CT. Pokud je nález na CTA negativní dá se využít DSA. Tato vyšetřovací metoda je považována za zlatý standard při hledání zdroje krvácení hlavně kvůli své vysoké senzitivitě. Výhodou DSA je přesné zobrazení tvaru vaku, směru jeho vyklenutí či mnohočetná aneuryzmata. Za nejdokonalejší diagnostickou metodu je považována 3D angiografie, která je rekonstrukcí z dat rotační angiografie. Je výhodná především při zobrazení komplikované oblasti a. communicans



anterior a u aneuryzmat o velikosti menší než 3 – 4 mm. Dají se zde lépe hodnotit vícečetná aneuryzmata. 3D angiografie je nyní považována za standard při zobrazování mozkových aneuryzmat. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 62, 63)

### **2.2.5 Léčba SAK**

Pacient s podezřením na SAK je umístěn na specializovanou jednotku intenzivní péče. Měl by být dodržován absolutní klid na lůžku a vzhledem ke světloplachosti umístěn na pokoj s tlumeným světlem. Klid je důležitý z hlediska snížení rizika reruptury aneuryzmatu. Je důležité vyvarovat se výkyvům krevního tlaku, dokud není aneuryzma vyřazeno z cirkulace. Denně jsou prováděny krevní odběry a kontrola kardiologických obtíží. Často je potřeba podat analgetika pro zmírnění bolesti a anxiolytika pro zklidnění pacienta. Jako prevence trombotické nemoci slouží bandáže dolních končetin. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 64)

Pokud se prokáže původ krvácení, tak by mělo být nejpozději do 24 hodin ošetřeno. Včasné ošetření aneuryzmatu snižuje riziko reruptury a tím i mortality. Pokud je pacient v hlubokém bezvědomí volí se konzervativní postup a až po zlepšení situace se přechází k radikálnímu řešení. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 64)

### **2.2.6 Komplikace SAK**

Pokud pacient přežije rupturu aneuryzmatu a jeho následné vyřazení z cirkulace nemá zcela vyhráno. Během následujících 2 týdnů může dojít ke komplikacím, které se podílí na následujícím stavu pacienta. Mezi hlavní komplikace patří vazospazmy a hydrocefalus. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 67), (Heřman, 2007)

#### **2.2.6.1 Vazospazmy**

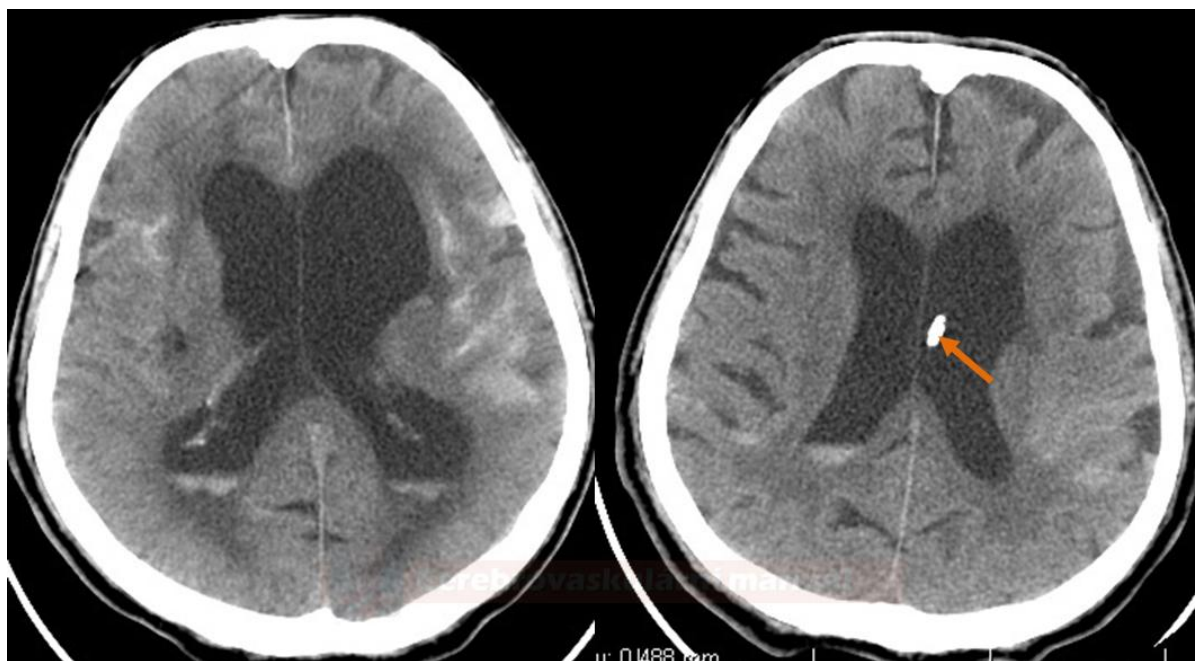
Vazospazmy jsou celkem častou a obávanou komplikací SAK a mohou vést až k sekundárnímu ischemickému deficitu. Jsou hlavní příčinou vysokého procenta mortality a nositelem špatné prognózy. Rozpad krve doprovází kaskáda biologických procesů, které nakonec způsobí vazokonstrikci nebo strukturální změny stěny tepny. Objevují se 3 – 4 dny po zakrvácení a trvají po dobu 2 – 3 týdnů. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 67)

Hlavní diagnostickou metodou pro vazospazmy je TCD (transkraniální dopplerovská ultrasonografie). Každý den se měří rychlost průtoku krve na a. cerebri media a pokud je průtok nad 120 cm/s je podezření na vazospazmus. Samotné vazospazmy se mohou projevit neurologickým deficitem jako je náhle vzniklá porucha hybnosti končetin doprovázená poruchou vědomí. Samotnou prevencí a léčbou vazospazmu je vyřazení krvácejícího

aneuryzmatu z cirkulace. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 435), (Beneš, Suchomel, 2017, s. 67 – 69)

### 2.2.6.2 Hydrocefalus

Krev v subarachnoidálním prostoru či v komorách má přímý dopad na cirkulaci mozkomíšního moku. Hydrocefalus může být způsoben mechanickou blokadou cirkulace nebo poruchou vstřebávání moku. Dochází tak k utlačování mozkové tkáně a vzniká nitrolební hypertenze. Frekvence hydrocefalu se pohybuje mezi 15 – 20 %. Nejčastěji vzniká první týden po SAK a to především u pacientů, kde se krev provalila do komorového systému nebo při masivním SAK. Pokud se hydrocefalus neupraví spontánně je řešen zavedením zevní komorové drenáže nebo chirurgickým odstraněním blokace. Podle doby vzniku ho lze rozdělit do tří skupin a to na akutní, subakutní a chronický hydrocefalus. Akutní hydrocefalus před a po drenáži je zobrazen na obrázku 6. Šipkou je označena zevní komorová drenáž. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 69 – 73), (Kalvach, 2010, s. 401)



Obrázek 6 - Akutní hydrocefalus před drenáží a po komorové drenáži

(Zdroj: [http://cmp-manual.wbs.cz/sak/terapie/akutni\\_hydrocefalus\\_-edv\\_original.jpg](http://cmp-manual.wbs.cz/sak/terapie/akutni_hydrocefalus_-edv_original.jpg))

## 2.3 Další typy krvácení

### 2.3.1 Subdurální hematom

Subdurální hematom je uložen mezi tvrdou plenou mozkovou a pavučnicí. Jedná se o nejčastější intrakraniální posttraumatická krvácení a často bývá v kombinaci s jinými

traumatickými změnami. Krvácení nejčastěji vzniká z přemostujících žil nebo cév na povrchu mozku. Jelikož tyto žíly probíhají přes subarachnoidální prostor může být krev přítomna v těchto prostorách současně se subdurálním hematodem. Hematom se může šířit podél celé hemisféry nebo podél tentoria. Oboustranné subdurální hematomy jsou časté u dětí a starších pacientů. Na obrázku 7 je šipkami vyznačen chronický subdurální hematom. (Heřman, 2006, s. 66)



**Obrázek 7 - Chronický subdurální hematom**

(Zdroj: <http://www.stefajir.cz/files/ChronSubduralHematomCT.jpg>)

Subdurální hematom se člení do tří skupin podle stádia a to na akutní, subakutní, chronický. Jako akutní je označován hematom vzniklý do 2 – 3 dnů. Projevuje se poruchou vědomí a neurologickými příznaky. Celkový stav je současně ovlivněn přítomností jiných traumatických změn. Hematom vzniklý mezi 3. – 4. dnem do 3. týdne nazýváme subakutní. Chronický hematom je starší než 2 – 3 týdny. Jeho příčinou je opakované drobné krvácení nebo jde o fázi vstřebávání akutního hematomu. (Heřman, 2006, s. 66, 67)

### **2.3.2 Epidurální hematom**

Epidurální hematom se nachází v prostoru mezi kostěnou oporou mozku a tvrdou plenou mozkovou. Za normálních okolností není tento prostor vytvořen. Zdrojem krvácení jsou nejčastěji poraněné meningeální tepny. Tvrdá plena se díky tlaku vytvořeným vznikajícím hematodem odtrhává od kalvy a postupně utlačuje mozek. Jelikož tvrdá plena

je v místě švů pevně fixována ke kosti, nepřekračuje hematom hranice jednotlivých kostí kalvy. Typickým umístěním hematomu je temporo-parietální krajina. Na obrázku 8 je zobrazen epidurální hematom. (Heřman, 2006, s. 60)



**Obrázek 8 - Epidurální hematom**

(Zdroj: <http://www.stefajir.cz/files/EpiduralCT.jpg>)

Epidurální hematom přibližně v 10 % kraniocerebrálních poranění způsobuje smrt. Klinické projevy se odvíjí od velikosti hematomu a rychlosti jeho růstu. Projevuje se anizokorií zornic a poruchou vědomí, která může vést až ke komatu. K rozvoji hematomu dochází ve většině případů krátce po úrazu. (Heřman, 2006, s. 60)

## **2.4 Aneuryzma**

*„ Intrakraniální větve mozkových tepen jsou vůbec nejčastější oblasti výskytu aneuryzmat, postihují asi 2% populace. Některá zejména velmi drobná, která nahodile nacházejí patologové při sekci, jsou asymptomatická, každé aneuryzma ovšem ohrožuje nemocného možností ruptury, krvácením subarachnoidálním, parenchymovým nebo kombinací obou i dalšími závažnými komplikacemi, např. expanzí hematomu nebo ischemií, podmíněnou spazmy, případně uzávěrem tepny v místě trombózaného aneuryzmatu. 10% takto postižených umírá během prvních 24 hodin. “ (Černocho, 2000, s. 211)*

Gigantické aneurysma a. communicans anterior na nativním CT je patrné na obrázku 9.



Obrázek 9 - Gigantické aneurysma (Beneš, Suchomel, 2017, s. 24)

#### 2.4.1 Etiologie

Spouštěcí mechanismus vzniku aneurysmat není v dnešní době zcela objasněn. Jedná se o výsledek více vzájemně působících příčin. Jednou z příčin jsou vrozené či získané změny, které vedou ke změně kvality stěny tepen. Dalším faktorem podílejícím se na růstu výdutě je tzv. hemodynamický stres, který vzniká v důsledku různého namáhání stěn vaku způsobeným pulzujícím tokem krve. (Černochoch, 2000, s. 259), (Krajina a Peregrin, 2005, s. 405)

Častěji vznikají aneurysmata na intrakraniálních tepnách a to především na tepnách Willisova okruhu a jeho větvích. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že tepny nacházející se v subarachnoidálních prostorách nejsou chráněny jinou podpůrnou tkání a jsou pouze omývány mozkomíšním mokem. Tato skutečnost má vliv nejen na častější výskyt aneurysmat, ale i na obtížnější průběh zástavy krvácení. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 405)

Nejčastějším místem vzniku aneurysmat na Willisově okruhu je tzv. přední cirkulace. Zde se nachází až 85 % všech mozkových aneurysmat. Jedná se především o a. communicans anterior a a. communicans posterior při bifurkacích kde je umístěno až 65 % těchto výdutí. V tzv. zadním povodí se nalézá 15 % mozkových výdutí a z toho je 7,5 % umístěných na bifurkaci a. basilaris. (Černochoch, 2000, s. 261), (Kalvach, 2010, s. 162)

## 2.4.2 Klasifikace aneuryzmat

Podle klinického obrazu lze aneuryzmata dělit do tří skupin a to na krvácející aneuryzmata, symptomatická a asymptomatická nekrvácející aneuryzmatu. **Krvácející aneuryzmata** spojená s výronem krve do subarachnoidálních prostor přímo ohrožují pacienta na životě a je nutná okamžitá léčba. U **symptomatických nekrvácejících aneuryzmat** se příznaky odvíjí od toho, kde je výduť lokalizovaná a jakou strukturu utlačuje. Může se stát, že dojde ke vzniku trombózy ve vaku a po uvolnění trombu k následné embolizaci. Tato aneuryzmata často bývají větších rozměrů a k jejich odhalení dojde na základě neurologických příznaků. **Asymptomatická nekrvácející aneuryzmata** se nijak neprojevují a jejich diagnostika je čistě náhodná při jiném vyšetření. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 407 – 409)

Aneuryzmata můžeme rozdělit podle tvaru do tří základních skupin a to na vakovitá, vřetenovitá a disekující (obrázek 10). **Vakovitá**, neboli sakulární aneuryzmata postihují část obvodu tepny. Vaky tohoto typu rychle rostou a může vznikat sekundární vak. **Vřetenovitá**, neboli fuziformní aneuryzmata postihují celý obvod tepny. Jedná se o rozšíření delšího úseku tepny. Při **disekujícím** aneuryzmatu dochází k vyklenutí stěny na disekovaném úseku cévy. Samotný tvar vaku je formován proudící krví z mateřské tepny. Velikost se pohybuje od 1 mm až po gigantické výdutě o rozměrech více než 25mm. (Černocho, 2000, s. 261, 263), (Kalvach, 2010, s. 160)



Obrázek 10 - Tvar aneuryzmat

(Zdroj: [http://cmp-manual.wbs.cz/sak/aneuryzma/aneuryzmata\\_1\\_original.jpg](http://cmp-manual.wbs.cz/sak/aneuryzma/aneuryzmata_1_original.jpg))

Největší hrozbou u aneuryzmat je jejich postupné zvětšování a následná ruptura. Je známo, že většina aneuryzmat jedince během života nezakrvácí. Pokud ale ke krvácení jednou dojde je velmi pravděpodobné, že se bude opakovat. Riziko reruptury aneuryzmatu se snižuje s časem. (Černochoch, 2000, s. 263)

### **2.4.3 Studie ISUIA**

Studie ISUIA (International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms) je největší a hodně diskutovaná klinická studie zabývající se neprasklými výdutěmi. Studie je rozdělena do dvou částí a to na retrospektivní část, která byla publikována roku 1998 a část prospektivní, která byla publikována roku 2003. (Ellenbogen, Sekhar a Kitchen, 2018, s. 256)

Retrospektivní části se zúčastnilo 1450 pacientů s 1937 neprasklými aneuryzmaty. Pacienti byli rozděleni do dvou přibližně stejných skupin. V první skupině byli pacienti, co SAK zatím neprodělali. Druhou skupinu tvořili ti, co již SAK v minulosti prodělali. U pacientů v první skupině došlo k SAK ve 12 případech zatím co v druhé skupině ve 20 případech. V první skupině byla sledována souvislost mezi rupturou a velikostí výdutě. U aneuryzmat o velikosti  $\leq 10$  mm bylo riziko ruptury 0,05 % na rok, u výdutí  $> 10$  mm je riziko 1% na rok a u výdutí  $> 25$  mm činí nebezpečí ruptury 6 % na rok. V druhé skupině se neprokázala přímá spojitost mezi velikostí a rizikem ruptury. Každopádně u aneuryzmat o velikosti  $\leq 10$  mm bylo prokázáno, že ve druhé skupině je riziko ruptury až 11x vyšší (0,5 % na rok) než u pacientů v první skupině. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 49)

Druhé části studie se účastnilo 1692 pacientů s 2686 neprasklými výdutěmi. Pacienti byli rozděleni stejně jako v předchozí části studie. U 51 sledovaných osob (3 %) došlo ke krvácení a z toho v 65 % končilo SAK smrtí. Dále v této části studie byly stanoveny nové klasifikační rozměry aneuryzmat: 7 až 12 mm, 13 až 24 mm a  $\geq 25$  mm. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 49), (Ellenbogen, Sekhar a Kitchen, 2018, s. 256)

Celá tato studie jednoznačně prokázala vyšší riziko ruptury výdutě u pacientů s prodělaným subarachnoidální krvácením. Také potvrdila, že čím je aneurysma větší, tím větší je riziko ruptury. Hlavním nedostatkem studie však zůstává skutečnost, že jiné zdroje uvádí riziko ruptury aneuryzmatu 1 – 2,5% ročně zatím co ISUIA pouze 0,05% ročně. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 50), (Ellenbogen, Sekhar a Kitchen, 2018, s. 256)

### **2.4.4 Endovaskulární léčba**

Podle stavu pacienta, anatomie a uložení aneuryzmatu lze zvolit buď chirurgický či endovaskulární přístup k léčbě. Cílem endovaskulární léčby je vyřazení vaku aneuryzmatu

z cirkulace a zároveň zachování průchodnosti mateřské tepny. Intervenční radiologie využívá cévní řečiště jako přirozenou přístupovou cestu. Vzhledem k vysoké úmrtnosti pacientů se SAK je snaha směřovat tyto pacienty do specializovaných center. Zde je k dispozici potřebné zázemí jak pro diagnostiku zdroje SAK, tak pro samotnou léčbu. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 408), (Beneš, Suchomel, 2017, s. 133)

K provedení výkonu je nutná celková anestezie aby nedošlo během výkonu k nechtěnému pohybu hlavou. Při pohybu vpřed by mohlo dojít k proděravění vaku mikrokatétrem. Avšak u velkých aneuryzmat je výhodnější, aby byl pacient při plném vědomí k provedení neurologického vyšetření. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 409)

K výkonu se používají pracovní katétrů 6F až 8F o délce 90 - 100 cm zavedené co nejblíže k bázi lební. Vodič může být úplně rovný nebo v posledních pár milimetrech lehce zahnutý. Samotný vodič je velmi důležitý pro zavedení mikrokatétru. Pokud není pracovní katétr zaveden dostatečně vysoko, může být manipulace s mikrokatétrem velice obtížná. Pomocí mikrokatétru a mikrovodiče se zavádějí spirály do aneuryzmat. Po celou dobu výkonu musejí být prostory mezi vodičím katétrem, mikrokatétrem a mikrovodičem proplachovány fyziologickým roztokem s heparinem a nesmějí být přítomny bublinky vzduchu. Vše probíhá pod skiaskopickou kontrolou. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 410, 411)

#### **2.4.4.1 Prostá embolizace spirálami**

Tento způsob řešení se využívá za předpokladu, že krček aneuryzmatu je úzký a zaručí stabilní uložení embolizačních spirálek uvnitř vaku. První spirála je nejdůležitější, tvoří zevní vrstvu výplně a měla by být stejně veliká jako dutina vaku. Postupně prostor zaplní menší spirály a utvoří se celistvá výplň vaku. Podle tvaru je lze dělit na 3D a 2D. 3D spirály mají pravidelný kulovitý tvar. U 2D spirál je první otočka menší aby nedošlo k vycestování spirály z vaku. Spirály se při opakovaném natažení nevyrovnávají a neztrácejí svůj tvar. Dále se dělí podle tuhosti na tuhé a měkké. Tuhé spirály drží svůj tvar a využívají se u velkých aneuryzmat nad 15mm. Měkké spirály se používají u menších aneuryzmat nebo u aneuryzmat po krvácení. Jsou méně traumatické, ale náchylné k unášení proudem toku krve. Embolizace aneuryzmatu pomocí odpoutaných spirálek je na obrázku 11. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 411,413), (Beneš, Suchomel, 2017, s. 138)





**Obrázek 11 - Embolizace aneuryzmatu pomocí odpoutaných spirálek (Beneš, Suchomel, 2017, s. 11)**

#### **2.4.4.2 Uzávěr mateřské tepny s aneuryzmatem**

Uzávěr tepny je možný pouze za předpokladu okamžitého vytvoření kolaterálního toku pomocí Willisova okruhu. Nejprve se provede dočasný uzávěr tepny balónkovým katétrem na 15 nebo 30 minut. Po uzavření mateřské tepny balónkem se hodnotí různé parametry. Test probíhá při plném vědomí pacienta za přítomnosti neurologa, který hodnotí stav vědomí, bolest hlavy či oslabení končetin. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 415)

Při prostém uzávěru tepny pod úrovní aneuryzmatu hrozí riziko perfuze aneuryzmatu pomocí kolaterál. V dnešní době se samotné uzavření mateřské tepny provádí za pomoci částečného vyplnění vaku spirálami, což napomáhá samotné trombotizaci. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 415)

#### **2.4.5 Chirurgická léčba**

Cílem chirurgické léčby je trvalé vyřazení aneuryzmatu z oběhu při zachování průtoku krve ostatními cévami. Léčba spočívá v naložení speciálního klipu na krček aneuryzmatu, který zabrání ruptuře (případně reruptuře) výdutě. Chirurgicky jsou léčena aneuryzmata u mladších pacientů (pod 50 let), aneuryzmata v přední cirkulaci, aneuryzmata s přilehlým hematodem nad 50 ml objemu. (Černocho, 2000, s. 265), (Beneš, Suchomel, 2017, s. 87, 89)

## 2.5 Výpočetní tomografie

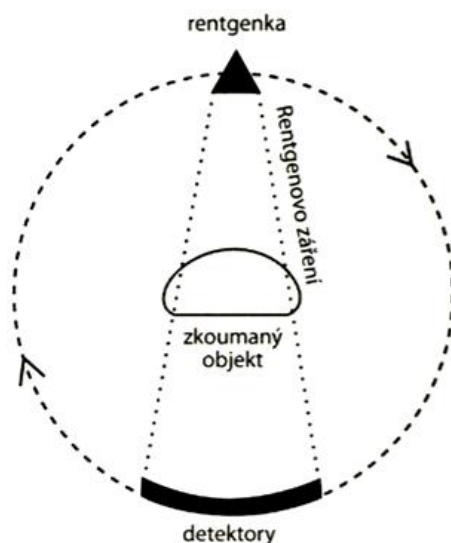
Výpočetní tomografie (CT) je zobrazovací metoda, která za pomoci ionizujícího záření umožňuje neinvazivní zobrazení vnitřních orgánů a tkání člověka. (Seidl, 2012, s. 44)

CT vyšetřovací metoda byla objevena na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 20. století a zanedlouho se stala jednou z nejvyužívanějších vyšetřovacích metod. První klinický prototyp byl představen roku 1971 a za jeho objevitele se považuje Brit Godfrey Newbold Hounsfield. Američan Allan MCLeod Cormack učinil nezávisle na Hounsfieldovi stejný objev a v roce 1979 oba dva získali Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 18), (Seidl, 2012, s. 44, 45)

### 2.5.1 Princip výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie se skládá z vyšetřovacího tunelu (gantry), posuvného stolu, počítačové části a řady přídatných zařízení jako je např. tlakový injektor pro podání kontrastní látky nebo anesteziologický přístroj. (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 43)

Schématické zobrazení principu CT je vidět na obrázku 12.



Obrázek 12 - Princip CT (Seidl, 2012, s. 46)

Při vyšetření pacient leží na vyšetřovacím stole v gantry mezi rentgenkou a detektory. Rentgenka se pohybuje spolu s detektory po kruhové ose tak, aby jejich geometrický vztah byl vždy stejný. Svazek záření je vycloněn do tvaru vějíře a určuje tak šířku zobrazované vrstvy. Detektory zaznamenávají intenzitu rentgenového záření, které prošlo vyšetřovanou částí těla pacienta. Záření, které bylo detekováno, je převedeno na elektrický signál a je odesláno do počítače ke zpracování. Systém rentgenka – detektor se během jedné expozice

otočí kolem pacienta o 360 stupňů a doba rotace trvá u moderních přístrojů do 1 sekundy. Během této rotace je naměřeno velké množství dat (obvykle 720 – 1440) každým detektorem (detektorů bývá 800 – 1200). Počítač z těchto dat rekonstruuje obraz vyšetřované vrstvy. (Heřman, 2014, s. 21, 22), (Chudáček, 1995, s. 411)

Současné přístroje jsou konstruovány tak že mají detektory uspořádané do více řad vedle sebe. Takto uspořádané detektory umožňují během jedné rotace zhotovení většího množství tenkých vrstev. Tyto přístroje jsou označovány jako multi – detektor CT (MDCT). (Heřman, 2014, s. 22)

Hounsfieldova stupnice vyjadřuje míru denzity záření a je udávána v tzv. Hounsfieldových jednotkách (HU – Hounsfield unit). Základní stupnice je rozdělena na 4096 stupňů od -1000 do +3096. Rozložení Hounsfieldovy škály vychází ze tří základních bodů: pro vzduch platí hodnota -1000 HU, voda odpovídá hodnotě 0 HU a kostní kortikalis o hodnotě +1000. Jednotlivé denzity tkání jsou uvedeny v tabulce č. 4. Denzita jednotlivých získaných obrazových bodů (obvykle tvořeny maticí v počtu 512 x 512) odpovídá stupňům šedi. Jelikož lidské oko je schopno rozlišit 16 - 20 odstínů šedi využívá se tzv. CT okno. Umožňují zobrazit jen část denzitní škály aby se daly posoudit i velmi malé rozdíly v absorpci RTG záření. Používají se čtyři základní CT okna dle zaměření na hodnocenou oblast: mozkové okno, plicní okno, měkkotkáňové okno a kostní okno. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 17, 18), (Heřman, 2014, s. 22)

**Tabulka 4 - Denzita tkání (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 18)**

Tkáň	Denzita (HU)
vzduch	-1000
tuk	-100 až -50
voda	0
mozkomíšní mok	+15
bílá hmota mozková	+20 až +30
šedá hmota mozková	+37 až +45
nekoagulovaná krev	+30 až +45
játra	+50 až +65
koagulace	+60 až +80
kost	+700
kovy	až +3000

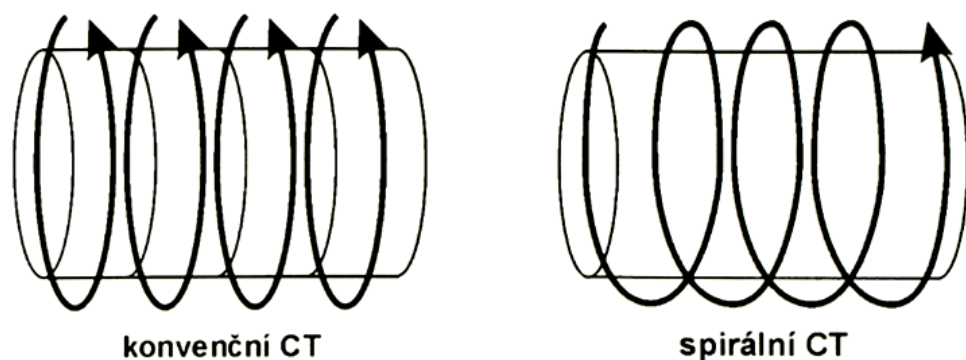
Jako první při CT vyšetření je zapotřebí získat snímek vyšetřované oblasti tzv. topogram na kterém se plánuje rozsah vyšetření. Po naplánování následuje vlastní vyšetření buď konvenční nebo spirální technikou. Vznikají skeny v transverzální rovině a díky velkému množství

získaných dat (skeny o šířce 2,5 – 5 mm) je možné vytvořit obrazy v sagitální a koronární rovině. (Heřman, 2014, s. 23)

Při konvenční CT vyšetření jsou jednotlivé vrstvy zhotoveny postupně. Mezi každou jednotlivou vrstvou se stůl s pacientem posune o zvolenou vzdálenost, tak aby došlo k pokrytí celé vyšetřované oblasti. (Heřman, 2014, s. 23, 24)

U spirálního (helikálního) CT pacient plynule projíždí otvorem v gantry. Po celou dobu posunu lehátka s pacientem probíhá kontinuální expozice a tím jsou získána data celé vyšetřované oblasti. Spirální CT je oproti konvenčnímu CT rychlejší což je výhodné zejména u vyšetření neklidných pacientů nebo při vyšetřeních spojených se zadržováním dechu. Další výhodou je jistota zachycení celého objemu a nižší dávka záření. Při intravenózním podání kontrastní látky lze zrekonstruovat obraz cév (CT angiografii). Některé přístroje umožňují zobrazení srdce (CT koronarografii). (Seidl, 2012, s. 49), (Heřman, 2014, s. 24)

Schéma principu konvenčního a spirálního CT je zobrazena na obrázku 13.



**Obrázek 13 - Schéma principu konvenčního a spirálního CT (Heřman, 2014, s. 24)**

K popisu nálezu na CT skenech používáme tři základní termíny: hypodenzní, izodenzní a hyperdenzní. Hypodenzní, nebo s nižší denzitou, je označení pro tkáň, která jsou na CT skenech tmavší (např. vzdušná plíce). Označení izodenzní se používá pro tkáň se stejnou denzitou. Tkáň označované jako hyperdenzní, neboli s vyšší denzitou, jsou na skenech světlejší než okolní tkáň (např. kosti a kovy). Vždy se hodnotí nález jak na nativním tak na CT s podáním kontrastní látky. Vzájemně se porovnávají a odhalují případné patologie. (Heřman, 2014, s. 24, 25)

Obrazová data se dají doplňovat a upravovat i po odchodu pacienta. Jedná se o multiplanární rekonstrukce (MPR) nebo v případě postprocessingového zpracování vlastního vyšetření o doplnění dokumentace (např. zhotovení obrazů v kostním okně). Zhotovují se trojrozměrné (3D) nebo čtyřrozměrné (4D) rekonstrukce, které jsou někdy vyžádané chirurgem nebo traumatologem. (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 44, 45)

### 2.5.2 CT angiografie

Angiografie je obecný název pro zobrazení tepen, kapilár a žil v jedné oblasti. Pokud jsou cíleně zobrazovány žíly tak se vyšetření nazývá flebografie a vyšetření tepen je arteriografie. (Heřman, 2014, s. 16, 17)

CT angiografie (CTA) je neinvazivní zobrazovací metoda umožňující zobrazení cévního systému. Jedná se o speciální CT vyšetření, které je založené na trojrozměrné rekonstrukci obrazů z axiálních skenů. Nezbytnou součástí vyšetření je podání kontrastní látky, protože za normálních okolností nejsou cévní struktury zcela zřetelné. (Heřman, 2014, s. 251)

V dnešní době se k CT angiografii využívají multidetektorové přístroje s více řadami detektorů. Takto uspořádané detektory umožňují provést vyšetření v několika sekundách a tím se výrazným způsobem snižují riziko vzniku pohybových artefaktů a množství podané kontrastní látky. Čím méně se kontrastní látky podá, tím menší je nebezpečí vzniku kontrastní nefropatie. (Heřman, 2014, s. 251)

Pro samotné vyšetření je nutné zavedení flexily pro podání jódové KL nejčastěji do periferní žíly na pravé horní končetině. Podává se 50 – 100 ml KL rychlostí 3 – 5 ml/s pomocí tlakového injektoru. Sběr dat se provádí s určitým zpožděním v závislosti na dostatečném naplnění cév KL. Ke zjištění koncentrace KL se používá automatizovaná metoda tzv. bolus tracking, kdy se sleduje denzita v určitém bodě zájmu. Po dosažení prahové hodnoty denzity se CT angiografie sama spustí. Správné načasování má velký vliv na optimální výsledek vyšetření. (Ferda, Kreuzberg a Novák, c2002, s. 228), (Heřman, 2014, s. 251)

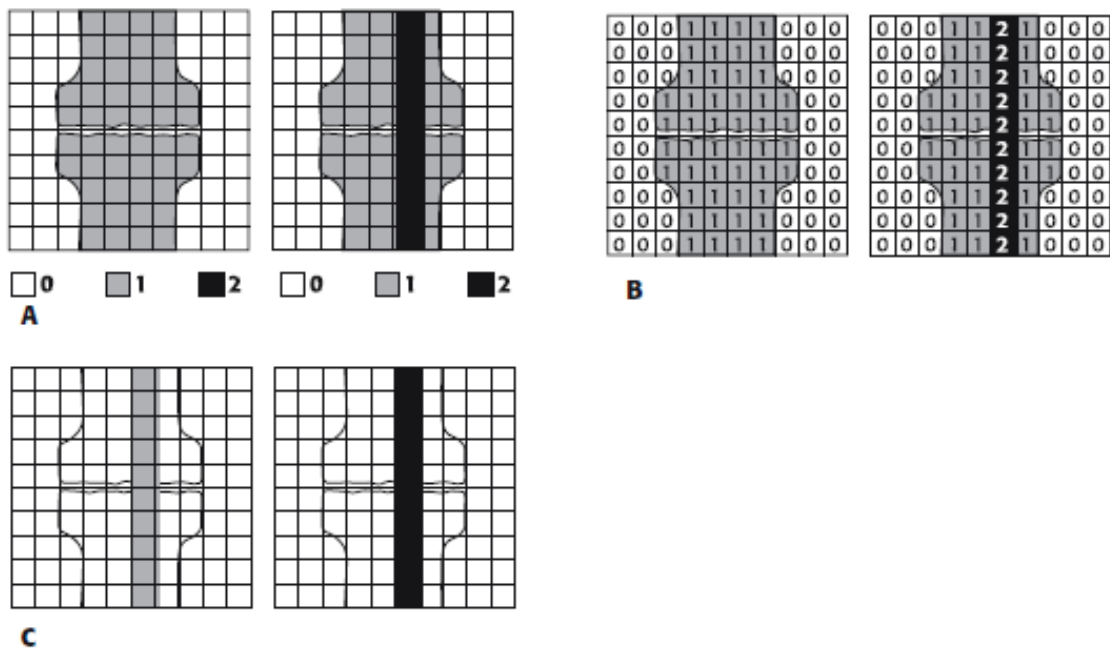
Získaná data lze poté rekonstruovat různými rekonstrukčními programy. Jednou z využívaných postprocessingových rekonstrukčních trojrozměrných programů je MIP (maximum intensity projection) nebo VR (volume rendering). **MIP rekonstrukce** je tvořena strukturami s nejvyšší denzitou objektu ve směru virtuální projekce. **VR rekonstrukce** neboli objemová rekonstrukce, vytváří reálný trojdimenzovaný model cévní struktury. Cílový objem je definován pomocí intervalu denzit. Jednotlivým intervalům je přiřazena určitá barva. Výsledný obraz zachovává informace o anatomických poměrech, ale je tu riziko vzniku chyby

při zpracování dat a tím falešné zobrazení stenózy. Pro upřesnění nálezu je potřeba porovnat výsledek s klasickým CT. (Kalvach, 2010, s. 205), (Ferda, Kreuzberg a Novák, c2002, s. 26)

## 2.6 Digitální subtrakční angiografie

Digitální subtrakční angiografie (DSA) slouží k zobrazení cévního řečiště. Tato metoda je založena na odečtení obrazů před a po použití kontrastní látky. Jako první se zhotoví nativní snímek tzv. maska. Od masky je následně subtrahován, neboli odečten, snímek s kontrastní látkou. Dojde tak ke zhotovení obrazu bez pozadí a zůstane jen oblast s KL. V dnešní době je DSA nedílnou součástí endovaskulárního výkonu. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 70)

Princip DSA je znázorněn na snímku kolene (obrázek 14). Pod písmenem A vlevo je snímek bez kontrastní látky a vpravo snímek po podání kontrastní látky. Každému pixelu je přiřazen určitý stupeň šedi (vzduch 0, kost 1 a céva naplněná kontrastem 2) což je naznačené na obrázku B. Následně se obrazy od sebe odečtou a získáme obrázek C vlevo. Po zesílení získáme C vpravo. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 71)



Obrázek 14 - Princip DSA (Krajina a Peregrin, 2005, s. 71)

Pro podání KL se používá katétr zavedený do cévního řečiště. Nejčastěji se k aplikaci využívá a. femoralis, ale lze využít i jiných tepen jako jsou a. brachialis, a. axillaris nebo a. radialis. K zavedení katétru do cévního řečiště se používá tzv. Seldingerova technika. Jako první se zavede dutá punkční jehla, přes kterou je aplikován vodič. Jehla se odstraní a pomocí vodiče

se zavádí požadovaný katétr na určité místo. Po odstranění vodiče se katétr propláchne a následně uzavře kohoutem. Tím je připraven k výkonu. Vlastní výkon probíhá za sterilních podmínek v lokální anestezii. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 120), (Heřman, 2014, s. 248)

Pracoviště intervenční radiologie, na kterém se vyšetření provádí, se skládá z C-ramena, vyšetřovacího stolu a monitoru. Nedílnou součástí je tlakový injektor pro aplikaci kontrastní látky, zařízení pro monitorování tlaku, EKG, pulzní oxymetr, defibrilátor a prostředky k případné resuscitaci. Dále jsou zde skřínky pro přehledné uspořádání léčiv a instrumentária, samozřejmě jsou osobní ochranné pomůcky pro personál. Při vyšetření pacient leží na posuvném stole (s nosností až do 250 kilo). Dle požadované projekce se kolem pohybuje rentgenka spojená s detektorem pomocí C-ramene, které je různě polohovatelné. Přístroj by měl být vybaven programem na úsporu dávky záření. Vzhledem k vysoké radiační zátěži personálu by mělo být ovládání veškerého zařízení možné z ovladovny. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 70), (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 61, 62)

Hlavní limitací DSA jsou pohybové artefakty. Mohou vznikat pohybem pacienta mezi načtením masky a samotným snímkováním po aplikaci kontrastní látky nebo vznikají fyziologickým pohybem jako je srdeční činnost, dýchání a střevní peristaltika. Tyto artefakty se dají do určité míry ovlivnit jednak primárně (např. spoluprací pacienta, farmakologický) nebo sekundárně úpravou obrazu (pořízení nové masky, úprava pozadí). (Krajina a Peregrin, 2005, s. 71), (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 62)

Výhodou DSA je promítnutí předchozí angiografie do skiaskopického obrazu nebo tzv. road map. Další možností je záznam skiaskopie po dobu 30 – 60 sekund s možností přehrávání nebo použití tzv. srovnávacího monitoru (je zde uložen angiografie obraz místa, kde provádíme výkon). Všechny tyto metody výrazným způsobem pomáhají k lepší anatomické orientaci při práci s katétre. Snižují riziko nutnosti opakování vyšetření a tím i dávku ionizujícího záření. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 71), (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 62)

## **2.7 Kontrastní látky**

Kontrastní látky (KL) slouží ke zvýšení kontrastu mezi různými anatomickými strukturami. Dají se rozdělit podle toho, pro kterou zobrazovací metodu jsou vhodné, podle způsobu podání nebo jaký kontrast vyjadřují. Kontrastní látky pro RTG se rozdělují do dvou základních skupin a to na negativní KL, které snižují kontrast a na pozitivní KL, které naopak

kontrast zvyšují. Využití nacházejí především u angiografií a velmi často při CT vyšetřeních. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 28)

Negativní KL se v dnešní době používají hlavně v metodách dvojího kontrastu při vyšetření trávicí trubice. Aplikují se plyny (CO<sub>2</sub>, vzduch), voda nebo různé roztoky (metylcelulóza, mannitol). Negativní KL se stále častěji využívají při CT vyšetření zažívacího traktu a výjimečně při DSA. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 28), (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 70)

Pozitivní KL se dále dělí na baryové a jódové. Baryové KL obsahují síran barnatý (BaSO<sub>4</sub>) a mají své využití výhradně pro zobrazení gastrointestinálního traktu. Pro CT vyšetření jsou zcela nevhodné díky značným artefaktům na výsledném obraze. Jódové KL obsahují sloučeniny jódu a dělí se na dvě skupiny na vodné a olejové. V dnešní době jsou nejvíce využívané jódové vodné KL, které je možno aplikovat intravenózně. Mají velké využití při CTA. Olejové jódové KL se v dnešní době moc nepoužívají. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 28), (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 67)

Jelikož většina kontrastních látek je vylučovaná pomocí ledvin, je zde riziko jejich poškození. Je proto nutné před podáním kontrastní látky důkladně hydratovat pacienta a znát jeho ledvinné funkce (hladina kreatininu), aby se dalo předejít poškození ledvin. Podání KL pacientovy se špatnou funkcí ledvin může způsobit až kontrastní nefropatie. Za normálních okolností by KL neměla prostoupit přes hematoencefalickou bariéru. Pokud je tato bariéra z nějakých důvodů porušena může dojít k otoku mozku nebo epileptickým křečím. (Vomáčka, Nekula a Kozák, 2012, s. 68)

Při CT vyšetření je aplikována jódová vodná KL do zavedené kanyly v periferní žíle pomocí tlakového injektoru. Výhodou tlakového injektoru oproti ruční aplikaci je možnost přesného nastavení objemu a průtoku KL. Aplikační rychlost se pohybuje od 2 do 5 ml/s a množství aplikované látky se pohybuje v rozpětí 40 – 120 ml v závislosti na typu a rozsahu vyšetření. (Ferda, Mírka, Baxa a Malán, 2015, s. 19)

## **2.8 Zobrazení subarachnoidálního krvácení**

### **2.8.1 CT**

CT vyšetření je klíčové při diagnostice SAK a CTA při prvotní lokalizaci jeho zdroje.

Čerstvá krev se na nativních CT skenech zobrazí jako hyperdenzní náplň subarachnoidálních prostor. Nahrazuje tak mozkomíšní mok, který je za normálních okolností hypodenzní.



Je velmi důležité provést CT vyšetření co nejdřív, aby nedošlo k rozložení krve a tím k falešně negativnímu nálezu. Krev se nejčastěji nachází na bazi lební a ve štěrbinách mezi jednotlivými laloky. Pokud se jedná o krvácení z a. cerebri anterior nebo communicans anterior je krev distribuována ve štěrbině mezi pravou a levou hemisférou a krvácení z a. cerebri media se nachází mezi čelním a spánkovým lalokem. Část krve se nachází v likvorových prostorách kolem hemisfér mozku a kopíruje jejich tvar. Větší množství krve není problém na CT skenech identifikovat, ale pokud je krvácení menšího charakteru může být obtížnější jej odhalit. Může se stát, že malé množství krve je zaměněno za artefakty tvořené skeletem. Menší krvácení je patrné pouze mezi mozkovými gyry a zobrazuje se jako hyperdenzita proužkovitého charakteru. Rozložení krve v subarachnoidálních prostorách může napomoci k lokalizaci zdroje krvácení. (Heřman, 2006, s. 134), (Kalvach, 2010, s. 203)

Zachycení zdroje krvácení (aneuryzmatu) na nativním CT se daří, pokud je výduť větších rozměrů. Malá aneuryzmata často splývají s kostní denzitou baze lební. Šanci na jejich zachycení zvýšíme použitím tzv. overlappingu (překrývání sousedících CT vrstev). Vak aneuryzmatu větší než 10 mm se na nativním CT může ukázat jako částečná povrchová kalcifikace výdutě. Místo s kalcifikací dosahuje denzity až 200 HU přičemž fyziologická denzita proudící krve je 52 HU. Tekoucí krev většinou nevyplňuje celý objem vaku, jelikož část vaku je vyplněná trombem. (Kalvach, 2010, s. 202, 203)

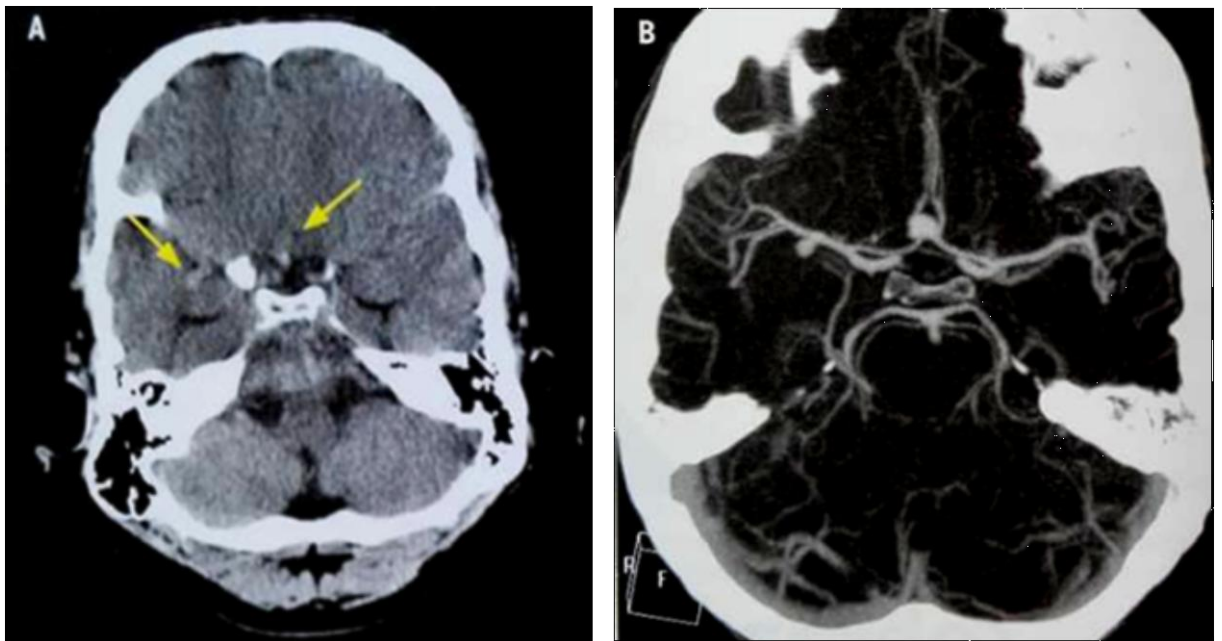
Krev v likvorových prostorách vytváří vrstvu sražené krve. Pokud je tato vrstva tenká (3 mm) vstřebává se do týdne. Větší vrstva se vstřebává pomaleji. Pokud je vrstva sražené krve větší než 10 mm, dochází v 90 % k cévním spazmům. Volně rozptylující se erythrocyty jen minimálně ovlivňují denzitu likvoru. Pokud pacient dlouhodobě leží na zádech a krev pronikla do komorového systému, může sedimentovat v zadních rohách postranních komor. (Kalvach, 2010, s. 203)

CT ozřejmuje informace při pozdním vzniku spazmů v důsledku tkáňové ischemie. Mezi 4. až 21. dnem dojde ke zhoršení stavu pacienta. Toto zhoršení stavu může způsobit rozvoj ischemické oblasti, opakované krvácení, rozvíjení hydrocefalu nebo neprůchodnost likvorových cest. Pokud je na CT nový hyperdenzní okrsek jedná se o krvácení a pokud je nález hypodenzní jedná se o ischemické změny. Pomocí srovnávání objemu mozkových komor na CT skenech lze určit počínající hydrocefalus a případně indikovat komorovou drenáž. (Kalvach, 2010, s. 203)

### 2.8.2 CTA

Na nativní CT ve většině případů navazuje CT angiografie, která upřesňuje umístění a velikost zdroje krvácení. DSA je sice považováno za zlatý standard při diagnostice aneuryzmatu ale v dnešní době se jako první dělá CTA. Díky moderním víceřadým CT přístrojům a podáním kontrastní látky tlakovým injektorem dosahuje náplň cév denzity vyšší než 200 – 250 HU, což umožňuje spolehlivé hodnocení případných aneuryzmat. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 24, 25), (Kalvach, 2010, s. 206)

Na obrázku 15 jsou na nativní CT šipkami označena hyperdenzní místa v oblasti a. communicans anterior a a. cerebri media dexter (A). Na CTA (B) je potvrzen nález dvou aneuryzmat v těchto lokalitách. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 24)



Obrázek 15 - SAK v oblasti a. communicans anterior (Beneš, Suchomel, 2017, s. 24)

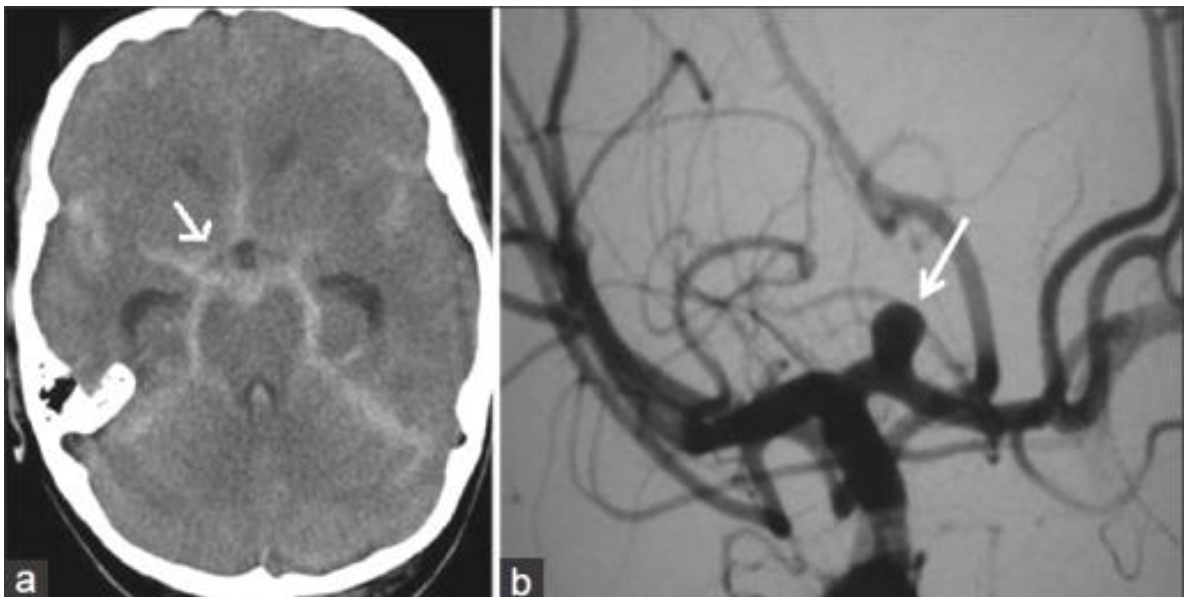
Nejvíce se uplatňují 3D rekonstrukce typu MIP nebo VR, ale je klíčové hodnotit i jednotlivé subvrstvy. Při zobrazení problémových úseků, jako jsou tepny v bazi lební, může na CTA lehce dojít k přehlédnutí malé výdutě do 3 mm. Proto je důležité detailní prohlédnutí všech subvrstev a cílené rekonstrukce. Nové přístroje dovolují odečtení skeletu od náplně cév, podobně jako je tomu při DSA, ale zatím tato aplikace není zcela spolehlivá. (Kalvach, 2010, s. 206)

### 2.8.3 DSA

Pokud na CTA není prokázán zdroj krvácení, přistupuje se k DSA. DSA je stále považována na zlatý standard pro diagnostiku aneuryzmat u pacientů se SAK. Provádí se při pozitivním

nálezu SAK na nativním CT a negativním na CTA. Největší využití má DSA při endovaskulární léčbě aneuryzmatu. Riziko komplikací je spojené především s technikou provedení. Může vzniknout tříselné pseudoaneuryzma, trombóza v punktované cévě, hematoma v místě vpichu nebo infekce. Rizika spojená s podáním kontrastní látky se daří v poslední době snižovat díky moderním přístrojům s vyšší rozlišovací schopností. Je tedy možné podat menší množství kontrastní látky. Moderní přístroje umožňují zhotovení 3D angiografie. Toto vyšetření vyžaduje dedikovaný přístroj DSA s 3D zobrazením a v současné době tvoří nejsenzitivnější vyšetřovací metodu k detekci aneuryzmat. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 31, 32)

Detekce aneuryzmatu pomocí DSA je vidět na obrázku 16.



**Obrázek 16 - Detekce aneuryzmatu pomocí DSA**

(Zdroj: [https://openi.nlm.nih.gov/imgs/512/245/3551501/PMC3551501\\_JCIS-2-75-g002.png?keywords=aneurysms,subarachnoid+hemorrhage](https://openi.nlm.nih.gov/imgs/512/245/3551501/PMC3551501_JCIS-2-75-g002.png?keywords=aneurysms,subarachnoid+hemorrhage))

Kromě umístění a velikosti zdroje krvácení nám DSA dokáže poskytnout informace o tvaru aneuryzmatu a vztahu k okolním strukturám. Výhodou oproti CTA je získání dynamické informace (poskytuje rotační DSA) o plnění výdutě což napomáhá k plánování optimálního řešení aneuryzmatu. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 32)

#### **2.8.4 Další modality**

Magnetická rezonance má obrovský význam při diagnostice chorob centrálního nervového systému. Výhodou magnetické rezonance oproti CT je výrazně lepší tkáňový kontrast a nulová radiační zátěž. Ovšem velkou nevýhodou je dlouhý čas skenování a tím větší

náchylnost k pohybovým artefaktům. Jelikož pacienti se SAK bývají značně neklidní nebo ve špatném klinickém stavu je provedení tohoto vyšetření velmi náročné a často i neproveditelné. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 28)

Jednou z metod může být i ultrasonografické vyšetření TCD. Jedná se o neinvazivní, levnou a lehce proveditelnou metodu. Lze tak detekovat a hodnotit tok na intrakraniálních tepnách, zejména na střední mozkové tepně. Touto metodou jsou nepřímě hodnoceny změny v průtoku krve tepnami. Lze tak potvrdit tepenné spasmy ale při negativní nálezů jej nevylučují. Tato metoda je závislá na zkušenostech vyšetřujícího a na průchodnosti tzv. „kostním oknem“ ve spánkové kosti pacienta. (Beneš, Suchomel, 2017, s. 33)

## 2.9 Radiační ochrana

Podmínky užívání ionizujícího záření v radiologii upravuje zákon č. 263/2016 Sb. tzv. Atomový zákon o mírovém využívání jaderných energií a ionizujícího záření. Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje je důležitá ze stránky radiační ochrany. Hlavními institucemi z hlediska radiační ochrany v České republice jsou Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a Státní ústav radiační ochrany (SÚRO). (Heřman, 2014, s. 11), (Hušák, 2009s. 9)

Cílem radiační ochrany je zcela zabránit deterministickým účinkům a omezit stochastické účinky na přijatelnou úroveň. Radiační ochrana se opírá o tři základní principy: princip zdůvodnění, princip optimalizace a princip nepřekročení limitů. **Princip zdůvodnění** znamená, že každá činnost musí být zdůvodněna, proč k ozáření má dojít a musí se zvážit přínosy a rizika spojená s ozářením. **Princip optimalizace** je často spojován s principem ALARA „as low as reasonably achievable“ což znamená „dávka tak nízká jak je rozumně dosažitelné“. Pro **princip nepřekročení limitů** platí, že by při ozáření neměli být překročeny limity. Princip nepřekročení limitů neplatí pro lékařské ozáření. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 73), (Hušák, 2009, s. 63)

*„Dle současně platné legislativy se lékařské ozáření jednotlivých osob odůvodňuje očekávaným individuálním prospěchem pacienta a neexistuje žádný limit dávky ionizujícího záření. Moderní angiografické přístroje jsou konstruovány tak, aby dávka byla co nejnižší při zachování přiměřeného stupně rozlišení. Přesto při výkonech intervenční radiologie dochází k významné radiační zátěži nemocných. Často při kombinovaném vyšetření na MDCT.“* (Krajina a Peregrin, 2005, s. 72)

### 2.9.1 Ochrana personálu

Nejdůležitějším aspektem v radiační ochraně pracovníků je dodržování zásad a předpisů vycházejících z platné legislativy. Dále je zde zahrnuta stavební úprava vyšetřoven a používání vyhovujících rentgenových přístrojů. Při skiaskopických vyšetření se uplatňují tři základní způsoby ochrany a to ochrana vzdáleností, časem a stíněním. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 73), (Hušák, 2009, s. 88)

**Ochrana vzdáleností** vychází z poznatku, že intenzita záření klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje záření. Je proto nutné zachovávat si dostatečný odstup od pacienta. **Ochrana časem** spočívá v co nejkratší době strávené ve vyšetřovně. Čím kratší doba, tím menší radiační zátěž pracovníků. Ve vyšetřovně by mělo být vždy tolik pracovníků kolik je nezbytně nutné pro daný výkon. **Ochrana stíněním** je důležitá z hlediska rozptýleného záření. K jeho odstínění se používají osobní ochranné pomůcky (zástěry, límce, rukavice), ochranné stropní a mobilní závěsy. (Krajina a Peregrin, 2005, s. 73, 74), (Hušák, 2009, s. 88, 89)

### 3. PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem praktické části je porovnání CTA a DSA nálezů při zobrazení intrakraniálních aneurysmat pomocí retrospektivní analýzy z dat získaných ve Fakultní nemocnici Hradec Králové.

#### 3.1 Materiál a metodika

Na skupině 27 pacientů vyšetřených na CT pro akutní SAK a nebo pro aneurysmatické krvácení standardní technikou bylo z nálezů vyčteno, kolik mozkových aneurysmat bylo popsáno včetně jejich uložení. Do studie byli zařazeni pouze pacienti, kteří měli následně angiografii (DSA a 3D) provedenou ve FN v Hradci Králové. Nález z DSA byl považován za zlatý standard a předchozí nálezy z CTA s ním byly porovnány.

Sběr dat probíhal v období od prosince 2017 do dubna 2018 na angiointervenčním oddělení ve FN v Hradci Králové. Do studie bylo zařazeno 27 pacientů se SAK nebo aneurysmatickým krvácením. Z toho bylo 14 žen a 13 mužů ve věkovém rozmezí od 30 do 85 let. Z tabulky 5 je zřejmé že nejpočetnější skupinu tvoří pacienti od 46 do 55 let. Druhou početnější skupinu tvoří hned dva soubory pacientů a to ve věku od 56 do 65 let a od 66 do 75 let. Dá se říct, že tabulka 5 potvrzuje tvrzení o SAK, které postihuje nejvíce lidi okolo 50 let.

Tabulka 5 - Věk pacientů

Věk	Absolutní četnost	Relativní četnost v %
Méně než 35 let	2	7,4 %
36 – 45 let	5	18,5 %
46 – 55 let	7	25,9 %
56 – 65 let	6	22,2 %
66 – 75 let	6	22,2 %
76 a více let	1	3,7 %
Celkem	27	100 %

V tabulce 6 je vypsán celý soubor 27 pacientů. U každého pacienta je vždy napsáno pohlaví a věk. Dále je v tabulce popsán nález na nativním CT, CTA a DSA získaný z dokumentace. V případě že při daném vyšetření nebyla nalezena žádná patologie je v políčku s nálezem napsána 0. V poznámkách u některých pacientů je případná diskrepance.

**Tabulka 6 - Soubor pacientů**

Pacient	Pohlaví	Věk	CT náález	CTA náález	DSA náález	Poznámka
1	Ž	70	SAK	0	disk. distálního úseku a. carotis interna vlevo	disk. bez vaku, morfologicky stenoza
2	Ž	63	SAK	aneuryzma a. comm. anterior a. hematom	stejně	
3	M	69	negat	aneuryzma a. comm. anterior a. hematom	stejně	
4	Ž	63	hematom	široké žíly v blízkosti hematomu, podezření na AV zkrat	nové aneurizma a. comm. anterior 7x4 mm	aneurizma na CT nepopsáno, podezření na AV zkrat
5	M	45	stav po CMP	aneuryzma a. carotis interna vpravo 14 mm	stejně	
6	Ž	35	SAK	aneuryzma a. cerebri media	stejně	CT a MR nevhodné pro další sledování - artefakty z klipu
7	Ž	85	SAK	aneuryzma a. comm. anterior 8x10 mm	stejně	
8	M	52	MR náález aneurizmatu	aneuryzma a. comm. posterior vpravo 5 mm	stejně	
9	Ž	68	ischemie	oftalmické aneurizma 18 mm	stejně	
10	M	51	hematom	aneuryzma 6 mm, další zřetelové 3mm	stejně	
11	Ž	65	SAK	aneuryzma 2 mm	stejně	
12	Ž	45	SAK	0	0	
13	Ž	58	SAK	aneuryzma a. comm. anterior 3 mm	stejně	
14	Ž	60	SAK	0	stejně	
15	Ž	46	hematom	MR - kavernom	ampulární dilatace 3 mm, není zdroj	
16	M	46	hematom	AV zkrat	durální AV zkrat	
17	Ž	53	SAK	aneuryzma konce a. basilaris 2 mm	aneuryzma na DSA nepotvrzeno	nález nového aneurizmatu 2 mm v jiné lokalizaci
18	M	53	SAK	0	0	
19	M	67	SAK	0	0	
20	M	47	SAK	0	disk. aneurizma horní mozečkové tepny 2 mm	aneuryzma prokázáno až na 3 DSA
21	M	36	SAK	0	0	
22	M	43	SAK	aneuryzma a. comm. anterior, a. cerebri media a anterior vpravo	stejně	
23	M	60	hematom mozečku	hypervaskularizace	durální AV zkrat	
24	M	40	SAK	aneuryzma a. comm. anterior	stejně	
25	M	69	hematom	aneuryzma a. cerebri media 3,5 mm	stejně	
26	Ž	70	SAK	0	disk. aneurizma dolní zadní mozečkové tepny 1 mm	disk. aneurizma dolní zadní mozečkové tepny 1 mm
27	Ž	30	negat	oftalmické aneurizma 9 mm, další vlevo 3 mm	stejně	

### 3.2 Výsledky

Porovnáním nálezů CTA a DSA byly zjištěny zásadní diskrepance u 4 nálezů na CTA (14,8 %). Třikrát se jednalo o disekci (pacient č. 1, 20 a 26), která byla ve všech případech zdrojem masivního SAK. Jednou se morfologicky projevila jako stenóza supraoftalmické části vnitřní krkavice, ze které se vyvinulo disekující aneuryzma až během 10 dnů, kdy byla nemocná opakovaně kontrolována pomocí DSA (pacient č. 1). Dvakrát se jednalo o disekující aneuryzma tepny na jejím odstupu, což jednou byla velká tepna – zadní dolní mozečková tepna (pacient č. 26) a podruhé horní mozečková tepna (pacient č. 20). Tato aneuryzmata byla 1 – 2 mm a jejich detekce na CTA byla tedy obtížná.

V posledním rozdílném nálezu bylo na CTA, vyjádřeno podezření na arterivenózní zkrat a na DSA zjištěno vakovité aneuryzma a. communicans anterior 7x4 mm velké, které bylo zdrojem hematomu a SAK (pacient č. 4).

Dále byly pomocí DSA diagnostikovány dva drobné durální AV zkraty, které byly zdrojem hematomu a SAK. Tyto zkraty nebyly na CTA popsány, nicméně hematomy byly lokalizovány v atypických lokalizacích a DSA byla u nich dalším diagnostickým krokem ve vyšetřovacím algoritmu (pacient č. 15 a 23).

Dále v jednom případě pacienta s vícečetnými aneuryzmaty (tzv. aneuryzmatózou) bylo konstatováno, že další kontroly ošetřených aneuryzmat vzhledem k chirurgickým klipům budou přínosné pouze, pokud budou provedeny pomocí DSA. CTA a MRA by byly zatíženy artefakty z klipů (pacient č. 6).

V ostatních 21 případech (v 77,8 %) CTA nález souhlasil s pozdější DSA diagnózou SAK.



## 4. DISKUZE

CTA je prvotní vyšetřovací metodou při SAK a pokud je negativní má DSA šanci zobrazit především malá vakovitá aneuryzmata (do 3 mm). Tato studie potvrzuje logický fakt, že DSA a 3D DSA má větší šanci zachytit především malá aneuryzmata (v tomto případě disekující aneuryzmata). Dále DSA nově diagnostikovalo dva případy durálního arteriovenózního zkratu, který nebyl patrný na CTA pro relativně nedilatovanou žilní drenáž.

CTA má nižší rozlišovací schopnost zvláště u malých aneuryzmat lokalizovaných v blízkosti baze lební a může být neuroradiologem přehlédnuto. V této studii nebyla detekována drobná aneuryzmata ve 3 případech, která shodou okolností byla všechna dle DSA hodnocena jako disekující. Disekující aneuryzma má jinou etiologii, než vakovité a je považováno za nestabilní lézi. Vedle krvácení se může projevit i ischemií, pokud se mateřská tepna disekcí uzavře. Po několika týdnech se však zhojí a ve většině případů nevyžaduje další kontroly, pokud se nevyskytla u jedince se systémovou poruchou pojiva. Jak je patrné z našeho 5 měsíčního souboru angiografovaných nemocných, není toto onemocnění v populaci nemocných, kteří prodělali SAK tolik vzácné.

DSA dále vedle sakulárních aneuryzmat pomohla detekovat i další zdroj a tím jsou durální arteriovenózní zkraty, které jsou relativně vzácné. Většinou na sebe upozorní intraparenchymovým hematodem. Jejich spolehlivá diagnostika pomocí CTA je možná, jen pokud jsou větší. Zlatým standardem zde zůstává DSA.

V poslední době je možné využít zdrojová data z MRA k 3D rekonstrukci mozkových tepen, na výkonných pracovních stanicích, která poskytují rozlišení daleko vyšší než standardně prováděné MR rekonstrukce zasílané k uložení do PACS.

## 5. ZÁVĚR

Téma mé bakalářské práce je „Zobrazení při subarachnoidálním krvácení“. SAK je zákeřný a smrtelně nebezpečný stav doprovázený krutou bolestí hlavy. Důležitá je proto včasná a správná diagnostika.

Cílem této práce bylo praktické srovnání záchytnosti vakových aneuryzmat na CTA a DSA.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části přibližuji základní anatomii obalů a cévního zásobení mozku. Dále popisuji SAK a aneuryzmata kde se věnuji jejich etiologii, rozdělení a léčbě. Také zde popisuji princip CT, CTA a DSA, které ke správné diagnostice SAK neodmyslitelně patří. V závěru teoretické části popisuji samotné zobrazení SAK.

V praktické části porovnávám CTA a DSA zobrazení aneuryzmat pomocí retrospektivní studie na 27 pacientech se SAK nebo krvácením aneuryzmatického původu. Tato malá studie ukázala, že CTA samotná nedetekovala zdroj krvácení ve 22 % případů. Vzhledem k tomu, že opakované SAK či intraparenchymové krvácení mají velmi špatnou prognózu, je tedy co nejpodrobnější zobrazení mozkových tepen zásadní k vyloučení tepenných patologií, které by mohly opakovaně zakrvácet. DSA je v současnosti s provedením 3D angiografie nejpodrobnějším vyšetřením mozkových tepen a je nutné ji indikovat v případě, že CTA neobjasnilo zdroj SAK.

## 6. POUŽITÁ LITERATURA

- BENEŠ, Vladimír, Petr SUCHOMEL. *Mozková aneuryzmata a subarachnoidální krvácení*. Praha: Mladá fronta, 2017. ISBN 978-80-204-4406-6.
- ČERNOCH, Zdeněk. *Neuroradiologie*. Hradec Králové: Nucleus HK, 2000. ISBN 80-901753-9-2.
- ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3. 2., upr. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1132-X.
- ELLENBOGEN, Richard G., Laligam N. SEKHAR a Neil D. KITCHEN. *Principles of neurological surgery*. Fourth edition. Philadelphia, PA: Elsevier, 2018. ISBN 978-0323431408.
- FERDA, Jiří, Boris KREUZBERG a Milan NOVÁK. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, c2002. ISBN 80-7262-172-6.
- FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.
- HEŘMAN, Miroslav. *Akutní CT mozku: atlas nálezů*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2006. ISBN 80-244-1229-2.
- HEŘMAN, Miroslav. *Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení* [online]. *Ces Radiol* 2007; 61(3): 255–263 [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: [http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703\\_04.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_04.pdf)
- HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.
- HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.
- CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-114-4.
- KALVACH, Pavel. *Mozkové ischemie a hemoragie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2765-3.
- KRAJINA, Antonín a Jan H. PEREGRIN. *Intervenční radiologie: miniinvazivní terapie*. Hradec Králové: Olga Čermáková, 2005. ISBN 80-86703-08-8.
- MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
- NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-206-0.

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

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