

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Liliana Skarková

**Magnetická rezonance a výpočetní tomografie u akutní  
ischemické cévní mozkové příhody**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. MUDr. David Školoudík, Ph.D., FESO, FEAN

Olomouc 2020

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

Olomouc 30. dubna 2020

-----  
podpis

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce prof. MUDr. Davidu Školoudíkovi, Ph.D., FESO, FEAN za odborné vedení, cenné rady, doporučení a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Poděkovat bych chtěla za pomoc a připomínky také MUDr. Marietě Ferencové.

## ANOTACE

- Typ práce:** bakalářská
- Téma práce:** Magnetická rezonance a výpočetní tomografie u akutní ischemické cévní mozkové příhody
- Název práce:** Magnetická rezonance a výpočetní tomografie u akutní ischemické cévní mozkové příhody
- Název práce v AJ:** Magnetic resonance imaging and computed tomography in acute ischemic stroke
- Datum zadání:** 2019-11-30
- Datum odevzdání:** 2020-04-30
- VŠ, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav radiologických metod
- Autor práce:** Skarková Liliana
- Vedoucí práce:** prof. MUDr. David Školoudík, Ph.D., FESO, FEAN
- Oponent práce:** MUDr. Zuzana Sedláčková Ph.D.

**Abstrakt v ČJ:** Přehledová bakalářská práce shrnuje nejnovější dohledané poznatky o současných možnostech diagnostiky akutní cévní mozkové příhody pomocí magnetické rezonance a výpočetní tomografie. Cílem práce je posoudit možnosti diagnostiky a doporučit optimální diagnostický postup. Informace byly čerpány z databází EBSCO, Medvik, Ovid, PubMed a české i zahraniční odborné literatury.

**Abstrakt v AJ:** The bachelor's thesis summarizes the latest findings on the current possibilities of diagnosing acute stroke using magnetic resonance imaging and computed tomography. The aim of this work is to assess the possibility of diagnostics and recommend the optimal diagnostic method. The information was drawn from the databases of EBSCO, Medvik, Ovid, PubMed and Czech and foreign professional literature.

**Klíčová slova v ČJ:** cévní mozková příhoda, diagnostika CMP, zobrazovací metody, výpočetní tomografie, CT angiografie, CT perfuze, magnetická rezonance

**Klíčová slova v AJ:** stroke, stroke diagnostics, imaging methods, computed tomography, CT angiography, CT perfusion, magnetic resonance

**Rozsah:** 39/0 příloh

# OBSAH

Úvod.....	6
<b>1 Akutní cévní mozková příhoda.....</b>	<b>8</b>
1.1 Dělení cévních mozkových příhod.....	8
1.1.1 Ischemická cévní mozková příhoda .....	8
1.1.2 Hemoragická cévní mozková příhoda.....	10
1.2 Mechanismus vzniku ischemické cévní mozkové příhody.....	10
1.3 Symptomy ischemické cévní mozkové příhody.....	10
1.4 Rizikové faktory a prevence ischemické cévní mozkové příhody.....	11
<b>2 Diagnostika akutní ischemické cévní mozkové příhody.....</b>	<b>13</b>
2.1 Výpočetní tomografie.....	13
2.1.1 Základy výpočetní tomografie.....	13
2.1.2 Jednotlivé metody výpočetní tomografie.....	14
2.2 Magnetická rezonance.....	24
2.2.1 Základy magnetické rezonance.....	24
2.2.2 Jednotlivé metody magnetické rezonance.....	25
<b>3 Postup v diagnostice cévní mozkové příhody .....</b>	<b>30</b>
<b>Závěr.....</b>	<b>33</b>
<b>Referenční seznam.....</b>	<b>34</b>
<b>Seznam zkratk.....</b>	<b>37</b>
<b>Seznam obrázků a tabulek.....</b>	<b>39</b>

## ÚVOD

Cévní mozková příhoda (CMP) je velice závažné onemocnění, které je nejen v České republice, ale i ve světě jednou z nejčastějších příčin úmrtí a trvalé invalidizace. Roční incidence CMP se v České republice pohybuje okolo 250 případů na 100 000 obyvatel. Kromě vysoké incidence, která roste se zvyšujícím se věkem pacientů, přibývá bohužel i případů, kdy cévní mozková příhoda postihuje stále častěji i mladší věkové skupiny mezi 30. až 40. rokem života. Právě kvůli rostoucí incidenci tohoto onemocnění je pro efektivní a správnou léčbu nezbytná rychlá a přesná diagnostika. (Lacman, 2010, s.137)

Na základě těchto informací je možno si položit otázky: Co je to ischemická cévní mozková příhoda a jak vzniká? Jaké jsou základní zobrazovací metody využívané při diagnostice akutní ischemické cévní mozkové příhody? Jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých metod? Jaký by byl optimální diagnostický postup, která metoda by se měla použít a kdy? V souladu s těmito otázkami byly vytyčeny cíle bakalářské práce:

- 1) Sumarizovat dohledané informace o ischemické cévní mozkové příhodě
- 2) Vytvořit přehled nejpoužívanějších zobrazovacích metod a porovnat jejich výhody a nevýhody
- 3) Na základě dohledaných poznatků stanovit optimální diagnostický postup u akutní ischemické cévní mozkové příhody

K tvorbě bakalářské práce, zodpovězení otázek a ke splnění cílů byla použita tato vstupní literatura:

1. FEIGIN, Valery, 2007. *Cévní mozková příhoda: prevence a léčba mozkového iktu*. Přeložil Blanka KALVACHOVÁ, přeložil Stanislav MATOUŠEK. Praha: Galén. ISBN 80-7262-428-7.
2. FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN, [2015]. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-164-3. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/kniha/zaklady-zobrazovacich-metod-3578/>
3. KALITA, Zbyněk, c2006. *Akutní cévní mozkové příhody: diagnostika, patofyziologie, management*. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 8085912260.
4. MÍRKA, Hynek a Jiří FERDA, [2015]. *Multidetektorová výpočetní tomografie: perfuzní vyšetření*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-185-8."
5. VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3

Přehledová bakalářská práce je rozdělena do tří hlavních kapitol. První kapitola obsahuje základní informace o cévní mozkové příhodě a jejím vzniku, zabývá se symptomy, rizikovými faktory a prevencí CMP. Druhá kapitola je věnována diagnostice CMP, zejména principům a využití jednotlivých zobrazovacích metod. Třetí kapitola se zaměřuje na diagnostický postup u akutní CMP.

Při rešeršní činnosti byly k tvorbě bakalářské práce, vyhledání literatury a odborných článků použity databáze EBSCO, Medvik, Ovid, PubMed. Vyhledávacím jazykem byla angličtina a čeština. Jako klíčová slova v češtině byla použita: akutní cévní mozková příhoda, diagnostika CMP, výpočetní tomografie, magnetická rezonance; v angličtině: acute ischemic stroke, diagnostics, brain imaging, computed tomography, magnetic resonance imaging.

# 1 AKUTNÍ CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA

Cévní mozková příhoda (CMP), lidově zvaná mozková mrtvice, patří mezi velice závažné onemocnění, které je po kardiovaskulárních a nádorových onemocněních třetí nejčastější příčinou úmrtí a invalidity nejen u nás v České republice, ale i ve světě. (Lacman,2010, s.137)

Vzniká náhlým přerušením zásobení části mozku krví, díky čemuž dochází k poškození a odumírání mozkových buněk anebo krvácením do mozku, resp. pod mozkové pleny. Oblast mozku, kterou mozková mrtvice zasáhla, není schopna dále plnit svou funkci. Nejčastější příčinou vzniku CMP bývá uzávěr nebo ruptura mozkové tepny. (Ferda, 2007, s. 231)

O mozkový iktus se však jedná až v případě, že přetrvává jeden či více příznaků CMP déle než 24 hodin. V případě, že příznaky do 24 hodin vymizí jedná se o tzv. malou mrtvici neboli tranzitorní ischemickou ataku (TIA). (Feigin, 2007, s.39-40)

## 1.1 Dělení cévních mozkových příhod

Cévních mozkové příhody se primárně dělí podle příčiny vzniku na ischemické a hemoragické. Ischemický typ CMP lze dále rozdělit dle lokalizace, délky trvání klinických příznaků iktu a etiologie. U hemoragických CMP rozlišujeme intracerebrální hemoragie a subarachnoidální hemoragie.

### 1.1.1 Ischemická cévní mozková příhoda

Ischemická cévní mozková příhoda (iCMP, iktus) vzniká zúžením a následným uzávěrem některé z mozkových tepen na podkladě embolie nebo trombózy. Je nejčastějším typem mozkové mrtvice a vyskytuje se až v 85 % všech případů. Jak již bylo zmíněno, ischemické ikty lze dále rozdělit podle lokalizace, doby trvání příznaků a subtypy iktů podle etiologie.

#### Dělení ischemické cévní mozkové příhody podle lokalizace

Dle klasifikačního systému The Oxfordshire se podle lokalizace ischemické ikty dělí na:

- totální přední cirkulační syndrom (TACS) nebo totální přední cirkulační infarkt (TACI)
- parciální přední cirkulační syndrom (PACS) nebo parciální přední cirkulační infarkt (PACI)
- lakunární syndrom (LACS) nebo lakunární infarkt (LACI)
- zadní cirkulační syndrom (POCS) nebo zadní cirkulační infarkt (POCI)

TACS/TACI jsou nejčastěji projevem ischemie povrchových a hlubokých částí mozku v cévním povodí ACM a jejich výskyt zhruba 17 %. PACS/PACI zahrnují ikty v předním nebo středním povodí mozkové tepny. Jejich výskyt je častý, tvoří až 34 % případů.



LACS/LACI jsou subkortikálním iktem vyskytujícím se nejčastěji v bazálních gangliích nebo pontu, postihují malé mozkových cévy a vyskytují se až ve 25 % případů. POCS/POCI, které tvoří 20-25 % všech ischemických iktů, se projevují stejnostrannou lézí mozkového nervu se senzitivním nebo kontralaterálním motorickým deficitem, izolovanou homonymní hemianopsií (výpadek zorného pole na obou očích), poruchou konjugovaných pohybů bulbů, senzitivním nebo oboustranným motorickým deficitem a cerebelární dysfunkcí. (Kalita, 2006, s.20-28)

### **Dělení ischemické cévní mozkové příhody podle délky trvání příznaků**

Ischemická cévní mozková příhoda se dle doby trvání příznaků dělí na:

- tranzitorní ischemickou ataku (TIA)
- plně reverzibilní neurologický deficit (PRIND)
- progredující iktus
- dokončenou mozkovou příhodu

TIA, je přechodný stav způsobený mozkovou ischemií, trvá řádově minuty, maximálně však 24 hodin. I přesto, že se na rozdíl od CMP stav pacienta upraví, TIA má tendenci se opakovat a představuje tak významný rizikový faktor pro vznik ischemického iktu. Plně reverzibilní neurologický deficit (PRIND) se charakterizuje jako trvání neurologického deficitu déle než 24 hodin a méně než 3 týdny. Progredující iktus je vyvíjející se a pokračující ischemická cévní mozková příhoda a dokončená mozková příhoda znamená již nevratná ložiska hypoxie mozkové tkáně s trvalým neurologickým deficitem. TIA a PRIND patří mezi hlavní varovné signály hrozícího iktu. (Ambler, 2011, s.140)

### **Dělení subtypů ischemické cévní mozkové příhody podle etiologie**

Subtypy ischemických iktů se dle TOAST studie rozdělují na 6 kategorií:

- onemocnění velkých tepen
- kardioembolické iktu
- lakunární iktu
- hemodynamické iktu
- iktu se známou etiologií
- iktu s neznámou etiologií

Nečastějším subtypem iktů jsou onemocnění velkých tepen (ateroskleróza, arterioarteriální embolizace, aterotrombóza). Kardioembolické iktu, jsou následkem embolizace do mozkového řečiště z kardiálního zdroje. U lakunárních iktů se jedná o mozkové infarkty způsobené okluzí malých penetrujících arterií, které nastávají u nemocných s hypertenzí a diabetem mellitem. Hemodynamické subtypy iktů může způsobovat významná karotická

stenóza nebo okluze, postižení myokardu, ortostatická cerebrální ischemie a hypotenze. K iktům se známou etiologií patří např. vaskulopatie, hyperkoagulační stavy, hematologická onemocnění, mozková žilní trombóza či vaskulitidy. U iktů s neznámou etiologií není zjištěn důvod vzniku ani po pečlivém vyšetření. (Kalita, 2006, s.20-28)

### **1.1.2 Hemoragická cévní mozková příhoda**

Hemoragická cévní mozková příhoda je méně častá, ale o to více nebezpečná. Tvoří zbylých 15 % mozkových příhod. Vzniká na základě prasknutí mozkové tepny nebo aneurysmatu a následného krvácení do mozku nebo pod mozkové pleny. Podle lokalizace krvácení lze tento typ mozkových příhod rozdělit na intracerebrální (ICH) a subarachnoidální (SAH), kdy krvácení do mozku je jednou tak častější než krvácení pod mozkové pleny. (Lacman, 2010, s.137-138)

#### **Intracerebrální hemoragie**

Intracerebrální hemoragie (ICH) je častějším typem mozkových hemoragií. ICH nastává z 90 % náhle na podkladě hypertenze, dále ji mohou způsobit tumory, cévní abnormality nebo může vzniknout po použití drog. Nejčastější místa ICH jsou mozeček, mozkový kmen a subkortikální oblasti.

#### **Subarachnoidální hemoragie**

Subarachnoidální hemoragie (SAH) je život ohrožující stav, který končí těžkým neurologickým postižením či smrtí a až polovina z přežívajících má trvalé následky. Jedná se o krvácení do subarachnoidálních prostor z cévy v mozku. Nejčastější příčinou krvácení je ruptura aneurysmatu. Jako hlavní léčebný postup se využívá chirurgický zákrok, který musí být provedený mezi 24 až 72 hodinami od začátku příhody. (Kalita,2006, s. 424-445)

## **1.2 Mechanismus vzniku ischemické cévní mozkové příhody**

Mozkový iktus může mít na rozdíl od infarktu srdce, který téměř vždy nastává prasknutím aterosklerotického plátu s následnou trombózou, více příčin. Nejčastěji se jedná o akutní uzávěr mozkové tepny trombem (krevní sraženina uvnitř cévy, která brání toku krve oběhovým systémem) nebo embolem (trombus, který se uvolní a začne cestovat krevním řečištěm) Velmi zřídka může dojít ke vzniku CMP také žilním embolem, arteriální disekcí, zúžením jinak zdravé tepny při abúzu neboli nadměrném užívání sympatomimetických léků, hyperkoagulačním stavem či vaskulitidou. (Lacman, 2010, s.138, Školoudík, 2014, s.125)

### 1.3 Symptomy ischemické cévní mozkové příhody

CMP je náhle vzniklý neurologický deficit, což znamená, že bez předchozích příznaků dojde náhle k ztrátě některých mozkových funkcí. Nejčastěji se jedná o poruchu hybnosti (parézu), plegii poloviny těla, poruchu citlivosti na polovině těla, poruchu zraku nebo řeči.

K dalším příznakům patří pokles koutku, závratě, zmatenost a ztráta rovnováhy doprovázená nečekaným pádem. Vzácně se CMP projevuje bolestí hlavy, zvracením, nevysvětlitelnou poruchou vědomí nebo paměti. Všechny tyto příznaky se mohou objevit v jakékoli kombinaci nebo samostatně, a to pouze jednou nebo i opakovaně během dne. (Feigin, 2007, s 41-42)

### 1.4 Rizikové faktory a prevence ischemické cévní mozkové příhody

Rizikové faktory ischemické cévní mozkové příhody lze rozdělit na ovlivnitelné a neovlivnitelné viz tabulka č.1.

**Tabulka 1** Přehled rizikových faktorů ischemické cévní mozkové příhody

Ovlivnitelné rizikové faktory	Neovlivnitelné rizikové faktory
hypertenze	věk
onemocnění srdce	
diabetes mellitus	pohlaví
kouření	
obezita	genetická dispozice
vysoká hladina cholesterolu	
alkohol	rasové skupiny
TIA	

Zdroj: Kalita, 2006, *Akutní cévní mozkové příhody: diagnostika, patofyziologie, management*.

Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 8085912260. s.111–147

Vytvořeno z textu. Autor: Liliana Skarková

Jedny z nejzávažnějších ovlivnitelných rizikových faktorů iCMP jsou hypertenze a diabetes mellitus. Osoby, které trpí hypertenzí nebo diabetem, mají mnohonásobně vyšší riziko vzniku cévní mozkové příhody. U diabetiků je toto riziko a úmrtnost 1,5 – 3krát vyšší

než u nediabetické populace. U lidí s vysokým krevním tlakem je pravděpodobnost vzniku CMP vyšší až 7krát. Oba tyto faktory mohou způsobit aterosklerózu tepen, která bývá velice častou příčinou vzniku cévní mozkové příhody. (Alloubani 2018, s. 578-583) Dalším velice významným ovlivnitelným RF je kouření, které zvyšuje pravděpodobnost vzniku cévní mozkové příhody až 4x. Dle moderních studií je riziko vzniku CMP o 20% vyšší u žen kuřáček než u mužů kuřáků a velice závažným problémem je také tzv. pasivní kouření, které až o 80 % zvyšuje pravděpodobnost vzniku CMP i přesto, že je kouř vdechován nepřímo. Obecně lze říci, že čím déle se kouří, tím je pravděpodobnější, že dojde ke vzniku CMP. (Feigin, 2007, s.58)

Prevenici ischemických cévních mozkových příhod můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na primární a sekundární. Cílem primární prevence je v první řadě změna nezdravého životního stylu, za předpokladu snížení incidence ischemické cévní mozkové příhody. Zde hraje významnou roli praktický lékař, který by měl pacienty vést ke zdravé stravě bohaté na vlákninu, ovoce a zeleninu, k omezení alkoholu, zanechání kouření, k dostatečné fyzické aktivitě. Dále je také nezbytná diagnostika a léčba ostatních dříve zmiňovaných rizikových faktorů. U sekundární prevence je nejdůležitější snížit riziko opětovného vzniku iCMP. Proto jsou pacienti aktivně sledováni týmem specialistů, který tvoří neurolog, praktický lékař, kardiolog, diabetolog a další. Nezbytné jsou také pravidelné kontroly pacientů, sledování a terapie rizikových faktorů. (Václavík, 2013, s. 37-40)

## **2 DIAGNOSTIKA AKUTNÍ ISCHEMICKÉ CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODY**

U cévních mozkových příhod, je rychlá a přesná diagnostika pro volbu správného a co nejefektivnějšího terapeutického postupu zásadní, zejména proto, že v prvních hodinách je stav ještě reverzibilní. Nejdůležitějším faktorem, který určuje výsledné postižení, je čas do obnovení toku v postižené tepně. Jestliže se povede obnovit tok dříve, než dojde k apoptóze a nekróze nervových buněk, lze tyto buňky a tím i nervovou funkci ještě zachránit tzn. čím dřív se obnoví krevní tok, tím menší jsou následky. Velice důležitou a nedílnou součástí diagnostického postupu u akutní CMP je klasické neurologické vyšetření, jehož součástí je odběr anamnézy a v neposlední řadě užití zobrazovacích metod. (Reif, 2013, s.11)

Zobrazovací metody jsou v diagnostice cévních mozkových příhod nezastupitelné. Nejvíce využívanou zobrazovací metodou je výpočetní tomografie (CT). Nejdříve bylo hlavní rolí výpočetní tomografie na nativním CT vyloučit intrakraniální krvácení a zobrazit edém mozku. S rozvojem zobrazovacích metod a se zavedením kontrastních látek se začaly v diagnostice CMP uplatňovat metody jako CT angiografie či CT perfuze. Neméně významná je také magnetická rezonance, která je využívána u pacientů s nejasnou dobou vzniku CMP, u cévních mozkových příhod ve vertebrobazilárním povodí a k rozlišení tzv. stroke mimics. (Cimflová, 2019, s.150-151)

### **2.1 Výpočetní tomografie**

#### **2.1.1 Základy výpočetní tomografie**

Výpočetní tomografie byla uvedena do praxe v roce 1971. Od té doby se postupem času stala standartní vyšetřovací metodou. (Mírka, 2015, s.10) Dnes je běžným a dostupným vyšetřovacím postupem téměř ve všech nemocničních zařízeních České republiky.

Princip výpočetní tomografie je založen na absorpci rentgenového záření v tkáních s různým složením. Intenzitu absorpce RTG záření umožňuje CT vyjádřit matematicky v Hounsfieldových jednotkách neboli hodnotách denzity (HU). Hodnoty denzity jednotlivých tkání či materiálů vyjádřeny ve stupních šedi stanovuje tzv. Hounsfieldova škála. Ta obsahuje hodnoty od -1 000 po +3 096 HU. Lidské oko je však schopno rozpoznat pouze 16 stupňů šedi, proto je nezbytné při vlastním vyšetření používat různá „prohlížecká okna“ jako např. kostní okno pro vyšetřování skeletu nebo plicní okno pro plíce. Každé z oken má svou šíři a střed, které jsou vyjádřeny taktéž v HU. (Vomáčka, 2015, s.42)

Konstrukce CT se skládá z posuvného vyšetřovacího stolu a z gantry, vyšetřovacího tunelu s otvorem uprostřed, kterým během vyšetření projíždí vyšetřovací stůl s pacientem. Uvnitř gantry je umístěn systém detektorů snímající záření, které prochází vyšetřovanou vrstvou a rentgenka, která je zdrojem záření. (Malíková, 2019, s.22) Soustava rentgenky a oproti ní ležící v oblouku několik stovek detektorů, slouží k získání informací o absorpci rentgenového záření. Rotace této soustavy (rentgenka-detektory) trvá 0,27–1 s, záleží však na druhu vyšetření a typu přístroje. Během jedné rotace je CT přístroj schopen provést z různých úhlů několik stovek expozic, které jsou pomocí speciálních algoritmů převedeny na CT obraz. Dnes se vyrábějí především tzv. spirální multidetektorové přístroje. Pojem spirální neboli helikální CT označuje způsob, kterým skenování probíhá. V tomto případě dochází ke skenování za současného posunu vyšetřovacího stolu a kontinuální rotace detektorů a rentgenky okolo stolu s pacientem.

Multidetektorové CT má navíc uložené detektory v několika řadách, kterých může být až 320, a proto je schopné zhotovit ještě větší počet řezů během jedné rotace. Řezy jsou u těchto přístrojů velmi tenké. Jejich šíře se pohybuje mezi 0,5 – 1,5 mm. Díky takto tenkým řezům je možné vytvářet v libovolných rovinách detailní nebo prostorové rekonstrukce bez významné ztráty rozlišení. Multidetektorové přístroje jsou proto podrobné, ale také velmi rychlé. (Ferda, 2015, s.18)

### **2.1.2. Jednotlivé CT metody**

CT je stále nejvíce rozšířenou zobrazovací metodou při diagnostice CMP. Jedná se o vyšetření, které je poměrně levné, široce dostupné a velmi rychlé, díky čemuž lze snadno vyšetřit i pacienty ve velmi vážném stavu. Vzhledem k tomu, že dříve bylo možné identifikovat ischemii až po více než 24 hodinách, někdy i po několika dnech, bylo hlavním úkolem CT především rozlišit krvácení, případně zjistit jinou příčinu (např. kontuzi, tumor apod.) způsobující dané symptomy. Dnes lze časné ischemické změny prokázat díky moderním CT přístrojům v řádu hodin. (Reif, 2013, s.12)

Hodnocení změn na CT závisí na vícero faktorech. Zejména na kvalitě získaných dat, na zkušenostech hodnotitele a neméně důležitý je také správný postprocesing. K tomu se dnes využívá automatická softwarová analýza. Ta je možná použít například na nativním CT k automatickému hodnocení časných ischemických změn, na CT angiografii (CTA) při zhodnocení kvality kolaterálního řečiště v oblasti postižení, ale také na perfuzním CT vyšetření (CTP). Použití softwarových nástrojů by mělo v rámci akutního managementu přispět k rychlejšímu třídění pacientů či ke snížení variabilních hodnocení hodnotitelů.

Dle dostupných poznatků jsou jednotlivé CT modalities a následná léčba závislé na čase od vzniku příznaků cévní mozkové příhody. Například nativní CT, sloužící k vyloučení hemoragie (krvácení) či jiné patologie (např. tumoru), je nutné v případě, kdy je potřeba podat intravenózní trombolýzu do 4,5 hodiny od vzniku CMP. U pacientů, kteří jsou indikováni k mechanické trombektomii, je nutná navíc CTA k určení místa uzávěru tepny. K zhodnocení nedokrvené, ale stále života schopné tkáně (penumbry), se pak využívá CTP. Posouzení ischemické penumbry je zároveň indikací k mechanické trombektomii za více než 6 hodin od prvních příznaků. (Cimflová, 2019, s.151-152) Srovnání, které CT modalities je vhodné použít a kdy shrnuje tabulka č. 2.

**Tabulka 2** Přehled CT modalit (nativní CT, CTA a CTP), jejich využití a nutnost provedení v různých časových oknech pro následující léčbu

Terapie	Časové okno	CT nativ	CT angiografie	CT perfuze	Důvod provedení vyšetření
Intravenózní trombolýza	< 4,5 h	nutná	přínosná	není nutná	Nativní CT: vyloučení „nevaskulární“ patologie např. krvácení, tumor, vykreslený subakutní infarkt (hypodenzita)
Mechanická trombektomie	< 6 h	nutná	nutná	přínosná	Nativní CT: vyloučení „nevaskulární“ patologie, ASPECTS <6 CT angiografie: odhalení uzávěru velké mozkové tepny
Mechanická trombektomie	> 6 h	nutná	nutná	velmi přínosná	Nativní CT: vyloučení jiné patologie, CT angiografie: odhalení uzávěru velké mozkové tepny CT perfuze:objektivizace objemu penumbry

Zdroj: Vinklárek, 2018, *Neurológia pre prax*. Bratislava: SOLEN, 19(4), s.259. ISSN 1335-9592.

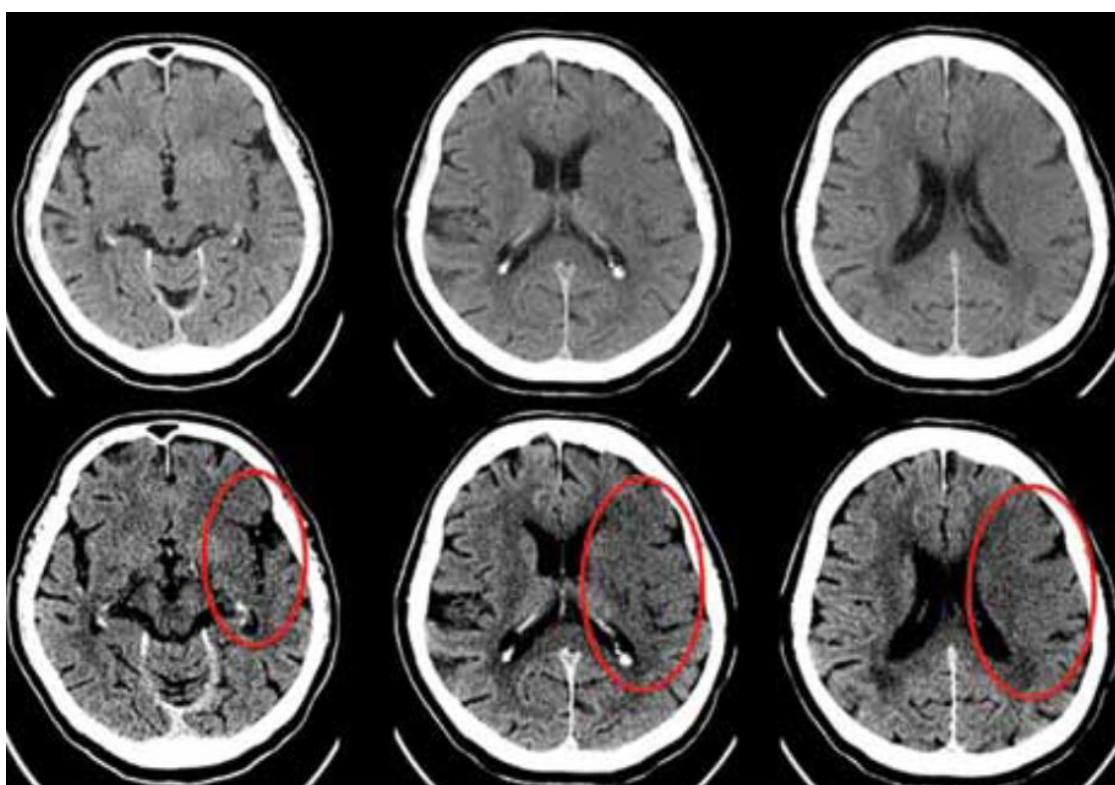
## Nativní CT

Nativní CT je u všech pacientů, u kterých je podezření na akutní CMP naprosto nezbytné, a to jak k posouzení rozsahu a stáří ischemie, ale také k vyloučení jiných již dříve zmiňovaných patologií, které znemožňují reperfuční terapii.

Citlivost nativního CT vyšetření je závislá na čase. Během prvních 2 hodin se nemusí na mozkové tkáni projevit žádné změny, poté se rozvíjí časné ischemické změny, a nakonec

dochází k postupnému vykreslení oblasti, která je ohraničená, hypodenzní a odpovídá mozkovému infarktu. (Lacman, 2010, s.138; Cimflová 2019, s.152)

K rozpoznání časných známek ischemie (early ischemic changes) se pro lepší zvýraznění i těch nejmenších rozdílů denzity mezi šedou a bílou hmotou mozkovou využívá nastavení tzv. tvrdého mozkového okna, u kterého je window width (WW) a window level (WL) 35-40 HU oproti standartnímu mozkovému oknu s WW 80 HU a WL 40 HU (viz. obrázek 1). Známky časné ischemie, jsou prokázány vymizením hranice v rozdílu denzity mezi šedou kůrou mozku a bílou hmotou mozkovou na podkladě rozvíjejícího se cytotoxického edému. V některých případech může být příznakem ischemie vyhlazení gyrifikace anebo oploštění likvorových prostor na konvexitě mozku. (Vinklárek, 2018, s.256-257)



**Obrázek 1** Porovnání standartního mozkového okna (WW 80 HU, WL 40 HU) a tvrdého okna (WW 40 HU A WL 40 HU). Zobrazení časných ischemických změn, které jsou lépe viditelné v tvrdém mozkovém okně – zvýrazněno červeně.

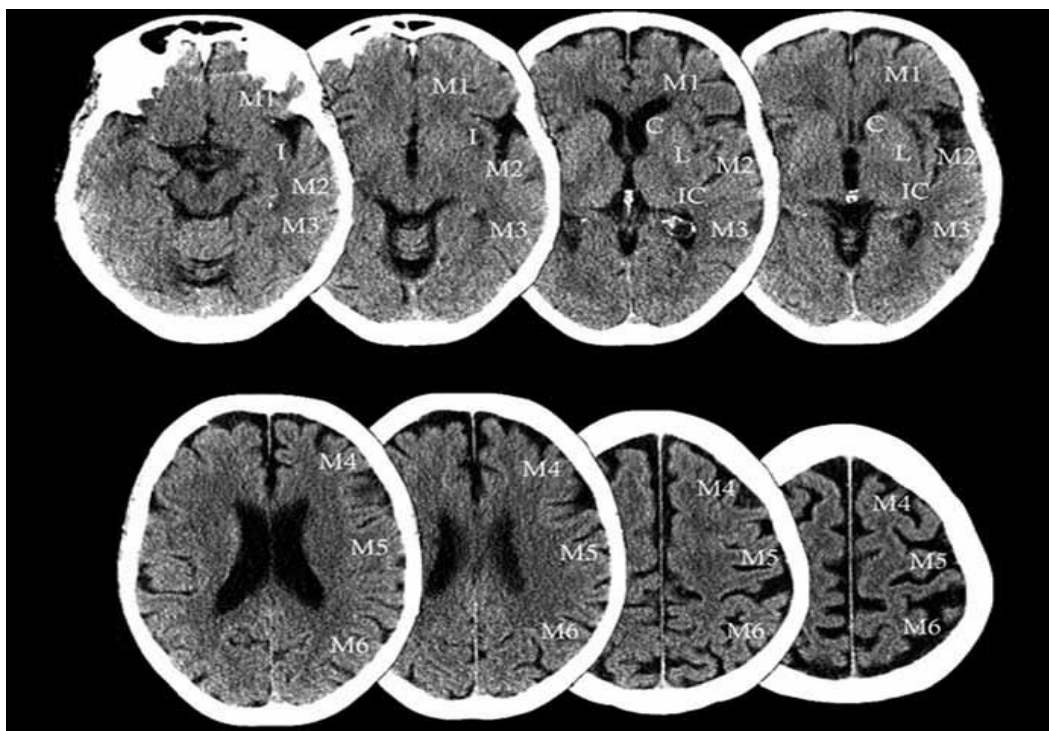
Zdroj: Cimflová, 2019, *Česká radiologie*. 73(3), s. 152, ISSN 1210-7883

Časné známky ischemie, jako je již zmiňovaný edém mozku či vymizení denzního rozdílu mezi šedou a bílou hmotou, jsou během prvních 3 hodin rozpoznatelné u méně než 50 % pacientů, po 6 hodinách jsou rozpoznatelné už téměř v 80-90 %. Jako první, kdo využil časných ischemických změn jakožto vylučovacího kritéria pro trombolytickou terapii, byla studie ECASS (European Cooperative Acute Stroke Study). (Lacman, 2010, s.138.)



Charakteristickým příznakem časných ischemických změn v oblasti střední mozkové tepny, tj. arteria cerebri media (ACM), je tzv. příznak insuly. Při uzávěru ACM, bývá oblast insuly zasažena mezi prvními, a to kvůli minimálního rozšíření povrchových žil v této oblasti. Podobně dochází k brzkému postižení bazálních ganglií u proximálního uzávěru ACM. (Cimflová, 2019, s.153)

Nejčastějším způsobem hodnocení rozsahu ischemických změn je ASPECTS skóre (Alberta Stroke Program Early CT Score). Jedná se o kvantitativní standardizovanou škálu, podle které se posuzují časně ischemické změny mozku v teritoriu povodí arteria cerebri media, jenž je rozdělena na deset anatomických zón (viz obrázek 2). Škála je dána hodnotami od 10 do 0, kdy číslo 10 znamená žádné poškození v oblasti ACM a 0 odpovídá postižení kompletní oblasti ACM. Za každou zasaženou oblast je odečítán jeden bod od celkového desetibodového skóre.



**Obrázek 2** Znázornění jednotlivých oblastí ASPECTS skóre sloužících k hodnocení časných ischemických změn v povodí ACM (inzula – I, nucleus caudatus – C, nucleus lentiformis – L, capsula interna – IC, oblasti v úrovni bazálních ganglií – M1 až M3, kortikální oblasti na úrovni stropu postranních mozkových komor – M4 až M6 (supraganglionární úroveň)

Zdroj: Cimflová, 2019, *Česká radiologie*. 73(3), s. 153, ISSN 1210-7883

I když ASPECTS prokazuje mezi hodnotiteli větší spolehlivost při posuzování časných ischemických změn v oblasti ACM než dříve využívaná metoda, která hodnotila postižení menší než 1/3 a větší než 1/3, je stále zatíženo různými nedostatky jako např. osobní chybou

hodnotícího, především v případech, kdy se zobrazení ischemických změn provádí velmi brzy od vzniku příznaků. Hodnocení se mezi hodnotiteli se může lišit až o 3 body.

Dalšími omezeními ASPECTS je nesnadné hodnocení snímků v nízké kvalitě (kvůli pohybovým artefaktům) nebo akutní ischemie v místech chronických změn po předchozí CMP. Limitací je také hodnocení ischemických změn pouze v povodí a. cerebri media, pro oblast změn ve vertebrobasilárním povodí se upřednostňuje použití snímků z CTA nebo difuzí na MR. Již dříve zmiňovaná subjektivita hodnotitelů vedla k vývoji softwarů k automatickému hodnocení časných ischemických změn na nativním CT (e-ASPECTS Brainomix, iSchemaView RAPID ASPECTS), které jsou poměrně spolehlivé a srovnatelné s hodnoceními zkušených hodnotitelů. Hlavními výhodami automatického hodnocení je takřka okamžitá dostupnost výsledků softwarové analýzy, které jsou zasílány do PACSU nebo na e-mail, snížení rozdílných hodnocení časných ischemických změn u hodnotitelů s různou úrovní zkušeností a standardizace hodnocení. (Vinklárek, 2018, s.257)

Velmi podstatným klinickým vodítkem pomáhajícím v diferenciální diagnostice náhlého neurologického deficitu, je také tzv. příznak denzní tepny (dense artery sign), který upozorňuje na možný uzávěr tepny trombem. Tento příznak se na nativním CT projevuje vyšší denzitou mezi 60-90 HU v lumenu tepny, která je dána vyšším obsahem červených krvinek v trombu (viz obrázek 3). Avšak ani nepřítomnost tohoto příznaku neznamená, že se trombus v lumenu tepny nenachází. Z toho důvodu je nutné provést navazující vyšetření, a to CT angiografii, zobrazující defekt v plnění mozkové tepny. (Cimfllová, 2019, s.153)



**Obrázek 3** Příznak denzní tepny (hypertenzní lumen pravé krkavice označen bílou šipkou)

Zdroj: CMP journal, 2019, s.11, ISSN 2571-1253

Nativní CT mozku je velice významnou CT modalitou, má však řadu limitací. Není schopno přesně detekovat jádro ischemie a taktéž poskytnout informace o penumbře. I přesto, že ASPECTS poskytuje šablonu pro odhad velikosti základního infarktu, posouzení časných změn do 90 min od nástupu mrtvice je méně spolehlivé a malý infarkt jádra nemusí být vždy rozpoznán. Dalším úskalím je při hodnocení akutního trombu variabilita tloušťky řezu, kalcifikace stěny a zvýšený hematokrit. Mezi limitace a zároveň nevýhody patří nízká citlivost na detekci infarktu zadního oběhu (tj. mrtvici odpovídající jakémukoli infarktu, vyskytujícímu se ve vertebrobazilárním povodí). (Smith, 2017, s.4) Naopak výhodou nativního CT je rychlost provedení, široká dostupnost, vysoká citlivost na akutní krvácení, ale taktéž nenáročná příprava vyšetření. (Lacman, 2010, s. 138)

## **CT angiografie**

CT angiografie je neinvazivní diagnostická metoda zobrazující cévy pomocí výpočetní tomografie. Toto vyšetření se provádí po nitrožilním podání kontrastní látky, které následuje rychlé CT skenování v oblasti vyšetřovaných cév naplněných kontrastní látkou. Dnes skoro úplně nahradila katetrizační digitální substrakční angiografii (DSA), která je spíše terapeutickou metodou. (Malíková, 2019, s.23-28) Je metodou, která je rychlá, široce dostupná a má skvělé prostorové rozlišení. Výsledná zdrojová data z CTA je možné různě přeformátovat, a to ve dvojrozměrné či třírozměrné multiplanární obrazy. (Smith, 2017, s.4)

Díky rozvoji multidetektorových CT přístrojů se CTA stala v diagnostice ischemické cévní mozkové příhody standardem na mnoha pracovištích. Multidetektorové CT snížilo délku expozice a výsledné obrazy jsou lépe hodnotitelné a kvalitnější. CTA dokáže během jednoho vyšetření zobrazit stenózu nebo uzávěr tepny a jejich lokalizaci, stav Willisova okruhu a kolaterál, ale také extrakraniální řečiště i intrakraniální řečiště, což lékaři podává velmi podstatné informace důležité k plánování dalšího postupu tedy provedení případného intervenčního endovaskulárního výkonu. (Lacman, 2010, s. 139)

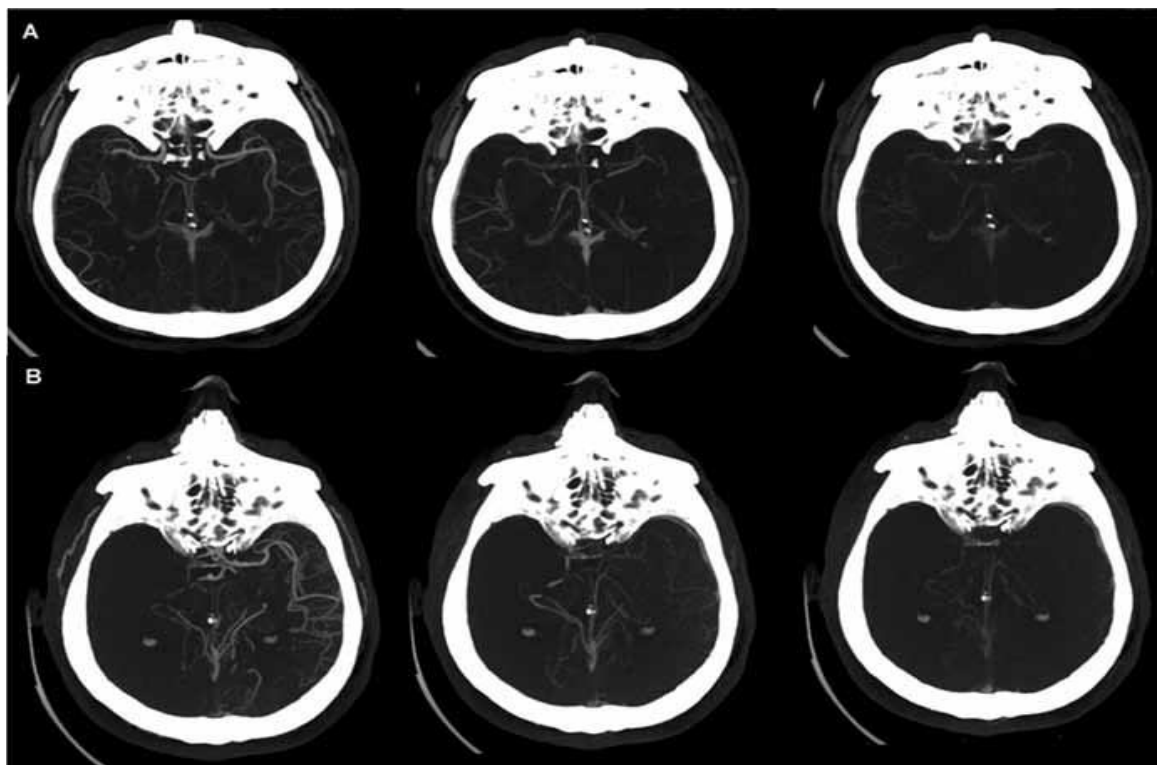
Převážnou část akutních ischemických CMP, projevujících se závažným neurologickým deficitem, způsobuje akutní uzávěr velké mozkové tepny (LVO) Potvrzení uzávěru mozkové tepny neovlivňuje podání intravenózní trombolýzy (IVT), ale je velice významnou informací při indikaci mechanické trombektomie. IVT by měla být podána ihned po nativním CT, je-li jasně dána diagnóza infarktu mozku a jsou vyloučeny kontraindikace IVT jako jsou stroke mimics, krvácení a další. Pokud jsou z klinického obrazu nebo anamnézy patrné nějaké pochybnosti o pacientově mozkovém infarktu nebo nemusela být podána IVT je rozumné před jejím podáním doplnit CTA eventuálně CTP. (Vinklárek, 2018, s. 259)

Zobrazení mozkových tepen by se v souvislosti s mozkovou mrtvicí mělo dle protokolů CTA provádět vždy od oblouku aorty po vertex. Takovéto zobrazení zachycuje informace o celkové mozkové cirkulaci, poskytuje informace o morfologii leptomenigeálních kolaterál a intrakraniálních i extrakraniálních tepen. Získání těchto informací z CT angiografie je významné jak v diferenciální diagnostice neurologického deficitu (rozlišení CMP a stroke mimics), tak v rámci indikací, stanovení a plánování následného terapeutického postupu – mechanické trombektomie (např. extrakraniální nebo intrakraniální stenozy, přítomnost proximálních a distálních uzávěru intrakraniálních tepen, abnormality a anomálie extrakraniálních tepen-tortuosita, aterosklerotické změny aorty, případné tandemové okluze).

Velmi přínosnou informací, kterou CTA poskytuje, je údaj o utváření leptomeningeálních kolaterál (arteriálních spojek mezi oblastmi hlavních mozkových tepen). Ukazuje se, že významným parametrem při hodnocení CTA, ideálně 4 D CTA, je také délka trombu. V praxi se využívá především hodnocení kolaterál v povodí arteria cerebri media. Bylo dokázáno, že dobrý stav kolaterálních tepen souvisí s menší expanzí ischemického poškození, s malým jádrem ischemie a s lepšími výsledky. Naopak u pacientů s žádným nebo špatným plněním kolaterál, je mozkový infarkt větší než u pacientů s kolaterálami v dobrém stavu. Avšak ani hodnocení leptomeningeálních kolaterál ze standardní CTA není bez rizik. Pokud nedošlo k dostačujícímu naplnění arterií kontrastní látkou a kvalitnímu zobrazení, může dojít kvůli rychlému náběru dat, k podhodnocení výsledků. Způsobem, jak je to tomu možné předejít, je použití tzv. multifázické CTA nebo dynamické CTA. Ta má při náběru dat tři fáze, a to časnou arteriální, arteriovenózní a pozdní venózní fázi. (viz obrázek č.4)

Pro hodnocení kolaterál z CT angiografie existuje řada různých vcelku složitých systémů (např. Miteff skóre, které hodnotí rozsah retrográdní opacifikace cév v postižené oblasti ACM). V praxi je však důležitý zejména snadný a jednoduchý výklad hodnocení. Ve studii ESCAPE, bylo použito zjednodušené skóre a pacienti byli k mechanické trombektomii indikováni na základě stavu kolaterál na multifázické CTA. Pokud je přítomnost kolaterál v povodí ACM větší než 50 %, jedná se o dobré kolaterály. Chudé kolaterály pak znamenají žádné nebo minimální kolaterální arterie v teritoriu větším než 50 % ACM.

K dispozici je dnes také softwarová analýza kolaterálního řečiště (RAPID e-CTA, Brainomix e-CTA), jejíž přínos spočívá v rychlém zjištění lokalizace uzávěru, rychlém zorientování se v dané situaci a na základě toho, v jakém stavu jsou kolaterály, lze vyhodnotit vyhlídky na dobré klinické výsledky. (Cimflová, 2019, s.153-154)



**Obrázek 4** Multifázická CT angiografie: pacient A – dobré kolaterály, za uzávěrem ACM vpravo se v 1.fázi plní bez zpoždění a počet kolaterál je srovnatelný s nepostiženou stranou, naopak pacient B – chudé kolaterály, jenž se za uzávěrem ACM vpravo neplní v ani jedné fázi.

Zdroj: Cimflová, 2019, Česká radiologie. 73(3), s.154, ISSN 1210-7883

CTA je taktéž rychlou, spolehlivou a v porovnání s MR angiografií artefakty ne tolik zatíženou zobrazovací metodou při detekci uzávěrů proximální ACM (části M1 a M2), ACI (arteria carotis interna) či případných uzávěrů ve vertebrobasilárním povodí. Uzávěr proximální ACM nebo terminální ACI a těžký neurologický deficit jsou faktory, které negativně ovlivňují výsledný stav pacienta, především nedojde-li v co nejbližší době k rekanalizaci (reperfuzi). V případě prokázání uzávěru v dříve uvedených tepnách a splnění podmínek k mechanické trombektomii by měl být takovýto pacient doporučen k neurointervenčnímu výkonu a urgentímu transportu do centra s vysoce specializovanou péčí. Hlavním úkolem iktových center je při podezření na CMP zhotovit potřebný vyšetřovací protokol tzn. nativní CT mozku a CT angiografii mozkových tepen v rozsahu od oblouku aorty po vertex. Pokud je podezření na uzávěr velké mozkové tepny nebo se prokáže trombus, musí následovat okamžité zpracování a odeslání snímku jak z CT, tak z CTA do systému PACS nejbližšího spádového centra a telefonická konzultace vyšetřovaného pacienta, který by mohl být vhodný k mechanické trombektomii.

Provedení nativního CT a CTA se považuje za dostatečné v časovém intervalu <6 hodin od vzniku příznaků. V časovém okně 6-24 hodin se doporučují metody perfuze (podrobněji v podkapitole Perfuzní CT) (Vinklárek, 2018, s.259)

Jako každá zobrazovací metoda má i CTA své výhody a nevýhody. Výhody této metody spočívají v rychlosti, miniinvazivitě vyšetření a možné návaznosti na nativní CT. Naopak mezi nevýhody patří radiační zátěž pacienta, ale taktéž aplikace KL, po které může dojít k alergické reakci. (Heřman, 2007, s. 259)

## **CT perfuze**

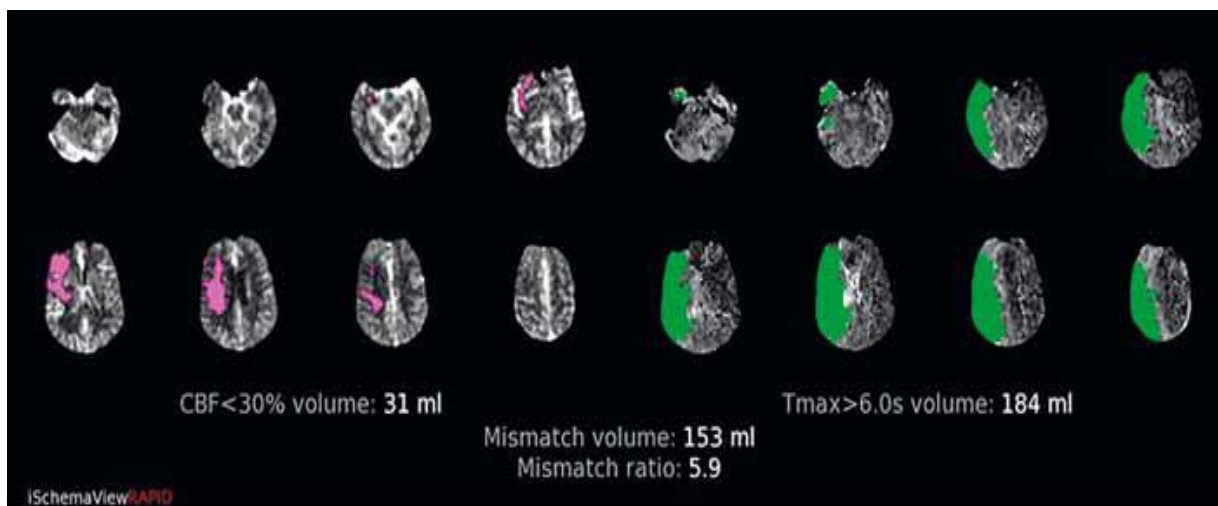
CT perfuze (CTP) je vyšetření, které hodnotí změny denzity tkání po podání kontrastní látky i.v. Na rozdíl od CTA, která je vyšetřením hodnotícím makrocirkulaci a jednotlivé viditelné cévy, se jedná o funkční vyšetření mozkové tkáně, poskytující informace o aktuálním stavu mikrocirkulace a charakterizující stav mozkové perfuze.

Rozlišení jádra ischemie (core), které znázorňuje nenávratně ischemií zasaženou tkáň, penumbry (viabilní mozkové tkáně), která je terapeuticky ovlivnitelná a benigní oligémie (hypoperfundovaná tkáň), která nepodlehne ischemii ani pokud nedojde k reperfuzi, je cílem perfuzní analýzy. (Mírka, 2015, s.26; Cimflová, 2019, s.154)

Jakmile je podána jodová kontrastní látka, dochází k dočasnému zvýšení denzity parenchymu, které je úměrné množství KL v dané oblasti cévního řečiště. Pokud denzitu mozkové tkáně při prostupující KL vyhodnotíme softwarovým zpracováním, získáme čtyři základní parametry. (Reif, 2013, s.16) Základními parametry CTP analýzy jsou: cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT) a time to peak (TTP). CBF udává průtok krve v pozorovaném objemu mozkové tkáně, CBV vyjadřuje celkový objem krve ve sledovaném objemu mozkové tkáně, MTT označuje dobu průtoku kontrastní látky ve sledované oblasti a TTP vyjadřuje dobu, než dosáhne kontrastní látka ve sledované oblasti maximální denzity (koncentrace). Významným parametrem je dnes také Tmax, který je součtem času od aplikace KL do jejího přítoku do pozorované oblasti a poloviny času MTT. (Cimflová, 2019, s.154)

Manuální zpracování dat je časově náročné, nicméně podstatná je také důležitá zkušenost hodnotitele při správném volení oblasti zájmu v odvodném splavu (VOF-venous output function) i přívodné arterii (AIF-arterial input function) a výkladu výsledku perfuzní analýzy. Řešením časové náročnosti manuálního zpracování je automatické softwarové zpracování CT perfuze (eventuálně MR perfuze), u kterého jsou výsledky dostupné do 3-5 minut od získání zdrojových dat.

Hodnocení CTP také není úplně bezproblémové, a to zejména kvůli použití rozdílných kombinací parametrů CT perfuze k definování penumbry a core odlišnými softwarovými balíčky, stejně jako využívání různých matematických modelů k výpočtu parametrů perfuze. Díky těmto podstatným rozdílům dochází k různorodému zhodnocení core a penumbry, což může značně ovlivnit vzájemné srovnávání CTP analýz. Z těchto důvodů je nezbytné standardizovat CTP analýzu nejen pro praxi, ale také pro vědecké účely. (Vinklárek, 2018, s.259-260)



**Obrázek 5** Analýza CTP – příklad zpracování perfuzní analýzy automatickým softwarem RAPID u pacienta s uzávěrem ACM vpravo. Vlevo je purpurově označeno ischemické core, napravo zeleně označená hypoperfundovaná léze. Mismatch volume označuje rozdíl mezi těmito oblastmi a vyjadřuje velikost ischemické penumbry, mismatch ratio znázorňuje, kolikrát je penumbra větší než předpokládané core. (Zde penumbra téměř šestkrát větší než core, ideální stav k indikování mechanické trombektomie).

Zdroj: Cimflová, 2019, *Česká radiologie*. **73**(3), s.155, ISSN 1210-7883

Toto vyšetření je přínosem zejména pro pacienty mezi 6-24 hodinami od vzniku příznaků, kdy umožňuje identifikovat penumbrou – viabilní, terapeuticky ovlivnitelnou mozkovou tkáň. Klinicky přínosné je CTP také v případě nejasné doby vzniku CMP nebo probuzení se s příznaky CMP tzv. wake-up stroke. V takovémto případě se při péči o pacienta postupuje dle tkáňového okna (konceptu „imaging is brain“), nikoli dle okna časového (konceptu „time is brain“). V poslední řadě je CTP výhodná při pozitivní diagnostice mozkového infarktu i v časných fázích, typicky u pacientů s malým neurologickým deficitem, s opakující se CMP nebo v případně podezření na stroke-mimics, (Cimflová, 2019, s. 155-156) Výhoda perfuzního CT spočívá v tom, že dokáže zobrazit ischemii i v časné fázi, kdy na nativním CT ještě nejsou viditelné žádné změny. (Novotný, 2008, s. 29–30)

Na druhou stranu má tato metoda také řadu limitací a nevýhod, mezi které patří zvýšená doba snímání obrazu, vyšší radiační dávka či větší množství KL. Dalším omezením jsou nestandardizované softwarové balíčky, citlivost na artefakty pohybu pacienta, což má za následek nesprávnou registraci a nespolehlivá data či nepřesnost CTP map u pacientů s extrakraniální karotidovou okluzí/stenózou, fibrilaci síní nebo špatným srdečním výdejem při nedostačující době dané na pořízení snímků. (Smith, 2017, s.6)

## **2.2. Magnetická rezonance**

### **2.2.1 Základy magnetické rezonance**

Magnetická rezonance je neinvazivní zobrazovací metoda, která začala být v klinické praxi využívána v první polovině 80. let 20. století. Od ostatních radiodiagnostických metod jako je např. CT či RTG vyšetření, se liší zejména tím, že nevyužívá ke vzniku obrazu ionizujícího záření, ale rozdílného chování tkání ve velmi silném magnetickém poli. (Kalita, 2006, s.55) K pacientovi, který je uložen ve velmi silném stacionárním magnetickém poli, je vyslán radiofrekvenční impuls. Jakmile je vysílání impulsu u konce, začíná snímání magnetického signálu, vytvářeného jádru atomů vodíku v těle pacienta. Tyto signály jsou měřeny a využívány k rekonstrukci obrazu.

Princip magnetické rezonance vychází ze skutečnosti, že atomová jádra jsou složena z protonů a neutronů. Protony, jakožto kladně elektricky nabitě částice, rotují kolem své osy (mají tzv. spin) a vytvářejí okolo sebe magnetické pole, které nazýváme magnetickým momentem. Magnetický moment vykazují navenek pouze atomová jádra s lichým protonovým číslem. Nejvýznamnějším prvkem, který má ve svém jádře pouze jeden proton, je vodík. Ten je podstatným zástupcem, proto že má relativně silný a dobře měřitelný magnetický moment a vyskytuje se téměř ve 2/3 lidského těla. (Vomáčka, 2015, s.47) Abychom získali data k zobrazení, je potřeba nejdříve dodat protonům vodíku energii formou radiofrekvenčních pulzů, což vede k jejich vychýlení. Následně pozorujeme, za jak dlouho tyto protony v různých tkáních energii ztrácí (navrací se do své původní polohy). Tento proces se nazývá relaxace a rozlišujeme relaxaci T1 a T2. Signály, které jsou vysílány z vyšetřovaného těla protony během jejich relaxace, zachycujeme na přijímacích cívkách umístěných na těle pacienta. K tomu, aby vše takto fungovalo, je zapotřebí statického magnetického pole  $B_0$ , které se vyjadřuje v jednotkách Tesla (T). V diagnostické praxi i výzkumu se uplatňují nejčastěji přístroje s intenzitou 1,5T, ale využívají se také 3,0T. Čím je silnější magnetické pole přístroje, tím lepší získáváme zobrazení. (Malíková, 2019, s. 28-31)



Základem vyšetřovacího postupu je zjišťování již dříve zmiňovaných relaxačních časů T1 a T2, které závisí na složení tkáně. Při vyšetřování nezobrazujeme hodnoty těchto časů, ale využíváme tzv. vážených/poměrovaných obrazů (sekvencí) mezi které patří T1, T2 a protondenzní (PD) vážené obrazy. Různé tkáně mají na jednotlivých vážených obrazech rozdílnou intenzitu signálu, což se na obrazovce projeví v různých stupních šedi. Jestliže je něco tmavší, označujeme to jako hyposignální, světlejší jako hypersignální a tkáně bez signálu (např. kompakta kosti, kalcifikace, proudící krev) jako asignální. Kromě již dříve zmiňovaných základních sekvencí se v diagnostice uplatňují také speciální sekvence s potlačením vody, tuku nebo difuzně vážené obrazy. Jestliže je potřeba zvýraznit kontrast, využívají se stejně jako při CT kontrastní látky, které se používají gadoliniové nikoli jódové. (Ferda, 2015, s.22-23)

Konstrukce přístroje MR se na první pohled podobá konstrukci CT, protože základními částmi jsou také gantry a posuvný vyšetřovací stůl. Tím ale veškerá podobnost končí. Uvnitř gantry je místo rentgenky a detektorů uložen silný stacionární magnet B0 a gradientní cívky, které jsou zdrojem hluku. Další části přístroje jsou skryté permanentně zabudované cívky, povrchové cívky, které se přikládají přímo na vyšetřovanou oblast, elektrické zdroje, výkonné chladicí zařízení, vysokofrekvenční vysílače a přijímače. Nepostradatelný je také počítačový systém sloužící ke zpracování signálu, archivaci a rekonstrukcím obrazu a nesmí chybět také vysokofrekvenční magnetické stínění. (Vomáčka, 2015, s.52)

### **2.2.2 Jednotlivé metody magnetické rezonance**

Magnetická rezonance se při diagnostice CMP uplatňuje méně než výpočetní tomografie. Děje se tak zejména kvůli horší dostupnosti přístrojů MR, časové náročnosti vyšetření či vysoké citlivosti na artefakty, díky které je zapotřebí absolutní spolupráce pacienta během vyšetření. Velice podstatnou roli hraje také závažnost pacientova stavu, se kterým souvisí častá neznalost pacientovy anamnézy či informací, které by znemožňovaly vyšetření provést (přítomnost kardiostimulátoru, cizích kovových těles, náhrad či implantátů apod.). (Lacman, 2010, s.139)

V případě indikací MR se ke zviditelnění akutní ischemie, používá specifických sekvencí. Standardně se na MR vyšetřeních používají T1, T2 vážené obrazy a FLAIR sekvence (sekvence potlačující signál vody-fluid attenuated inversion recovery), které však nejsou na časná stádia ischemie dostatečně citlivé a změny se na nich ještě nemusí projevit. (Reif, 2013, s.18-19) Mezi specifické sekvence, které se v diagnostice akutní ischemické CMP uplatňují, patří difuzně vážené obrazy (DWI), které jsou velmi senzitivní na časně ischemické změny

nebo perfuzně vážené obrazy (PWI), které umožňují lépe zobrazit rozsah penumbry. Velmi významná je také MR angiografie, která dovede stejně jako CTA, ale bez použití KL, přesně zobrazit úseky tepen včetně jejich stenózy nebo uzávěru.

Studie MR poskytují oproti nativnímu CT větší množství prognostických a patofyziologických informací. Lepší je také v diagnostice chorob připomínajících iktus, avšak za podmínek již dříve zmiňované spolupráce pacienta. (Lacman, 2010, s.139) Metodou první volby by měla být MR při podezření na kmenovou ischemii, eventuálně u tzv. minor stroke. MR vyšetření je klinicky velmi významné a přináší důležitá data pro další postup, protože identifikuje i drobné ischemické léze, které by na CT nebyly patrné. (Reif, 2013, s.18-19)

### **Hodnocení ischemických změn**

I přes prokazatelně vyšší specifitu i senzitivitu MR v detekci ischemických změn, není dle AHA/ASA guidelines rutinní využívání této metody v akutní péči o pacienty s CMP výnosné (především v případech okamžitého vyloučení pacientů s hemoragickou CMP z trombolytické terapie). Mimo již dříve zmiňované kontraindikace či dostupnost vyšetření, je metoda také limitována netolerancí vyšetření pacienty, kvůli příznakům, které CMP doprovází. Zvracení, snížený stav vědomí či neklid postihují zhruba 10 % pacientů.

Nejpřesnější v zobrazení časných ischemických změn jsou difuzně vážené obrazy (diffusion weighted imaging). (Cimřlová, 2019, s.156) DWI fungují na principu vizualizace porušeného transportu (difuze) molekul vody (protonů), ke kterému dochází při mozkové ischemii, kvůli energetickému selhání sodno-draselných membránových pump. DWI sekvence jsou vysoce senzitivní k záchytu akutního mozkového iktu již po několika minutách od jeho vzniku, což se na výsledném obrazu projeví rozvojem hypersignální léze. V následujících 7-10 dnech dochází k normalizaci a později dokonce k přechodu na hyposignální obraz.

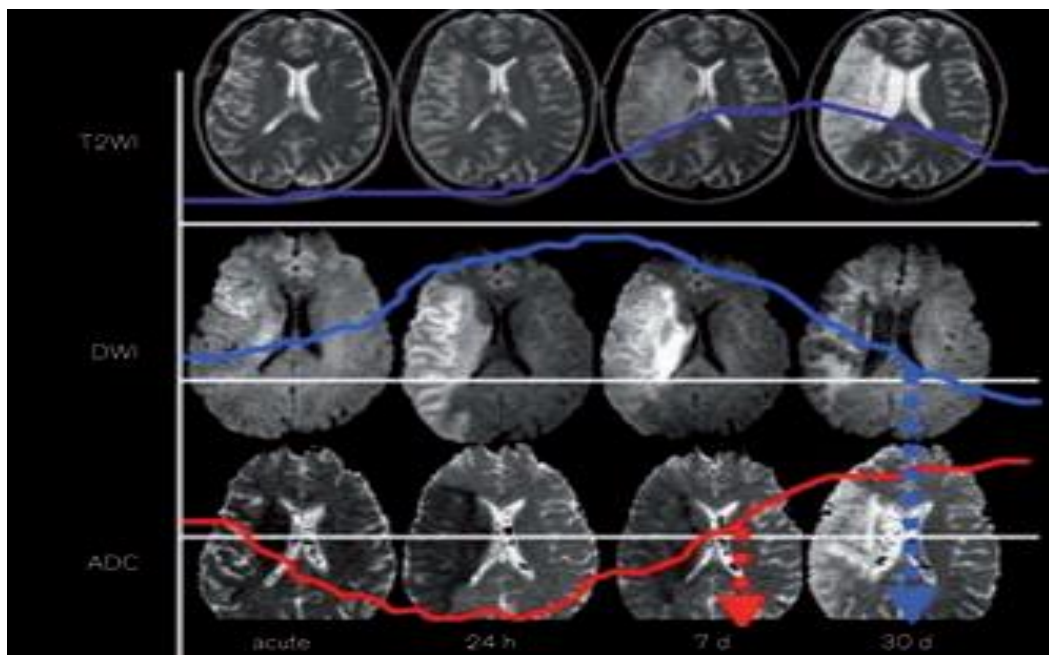
Toto vyšetření má omezenou specifitu, protože se podobné změny mohou objevit také při jiných postiženích mozkových buněk, např. při hemiplegické migréně, zánětu, lymfomu, status epilepticus. Specifitu a senzitivitu může znehodnocovat tzv. shine-through fenomén, kdy se do DWI obrazů zobrazí jiná hypersignální změna jiné etiologie nebo staršího data z T2 sekvencí. Specifitu lze naopak zvýšit pořízením ADC map (apparent diffusion coefficient), které jsou získány softwarovými výpočty z hodnot difuzí a jejich hodnoty jsou vyjádřeny v stupních šedi. (Reif, 2013, s. 19-20)

Další sekvencí, která je běžně zahrnuta do MR protokolu pro diagnostiku CMP, je FLAIR sekvence. Jedná se o T2 vážený obraz s vysokou senzitivitou na subakutní ischemické léze.

V prvních hodinách od vzniku iktu nejsou ischemické léze na T2 FLAIR patrné, během prvních 6 hodin od vzniku se zobrazení postupně zvyšuje a poté je téměř 100% spolehlivé. DWI-FLAIR mismatch (rozdíl mezi lézí na DWI a na FLAIR) by se potenciálně mohl stát parametrem nápomocným pro pacienty s neznámým časem vzniku CMP, a to tak, že by pomohl stanovit čas rozvoje symptomů. Toho parametru využili u pacientů s neznámou dobou vzniku iktu (pacienti naposledy vidění v pořádku, před více než 4,5 hodinami) ve studii WAKE UP pro indikaci podání i.v. trombolýzy. U pacientů s pozitivním DWI-FLAIR mismatch výsledky prokázaly výrazný benefit.

Vyšetření magnetickou rezonancí je využíváno především k hodnocení ischemických změn ve vertebrobazilárním povodí. K hodnocení těchto změn bylo vytvořeno modifikované ASPECTS skóre, které posuzuje následnou prognózu pacientů. Jedná se o desetibodovou stupnici, kdy se 1 bod odečítá za každou zasaženou oblast pravé i levé mozečkové hemisféry, thalamu a oblasti povodí ACP a 2 body se odečítají při zaznamenání ischemických změn v oblasti mesencephala a pontu. Pokud je hodnota ASPECTS > 8, znamená pro pacienta nepříznivou prognózu. (Cimflová, 2019, s.156-157)

Hlavní výhoda MR spočívá v lepší citlivosti na časné ischemické změny a menší léze, a to zejména díky DWI sekvenci. DWI je navíc možné přímo porovnávat s PWI, dalšími sekvencemi a klinickým stavem, což napomáhá při hodnocení viabilní tkáně. Limitací této metody je omezená specifická DWI a k nevýhodám patří časová náročnost, horší dostupnost a kontraindikace metody. (Smith, 2017, s.7)



**Obrázek 6** Vývoj akutního mozkového iktu na T2 vážených obrazech, DWI a ADC mapách.

Zdroj: Reif, *Kardiologická revue. Cévní mozkové příhody*. 15(1), s. 20. ISSN 1212-4540.

## Zobrazení cévního systému pomocí magnetické rezonance

I při vyšetření magnetickou rezonancí se uplatňuje zobrazení venózního a arteriálního řečiště, které napomáhá nalézt uzávěr nebo stenózu. Velká výhoda MR angiografie spočívá v tom, že je možné ji provést nativně, bez podání kontrastní látky za pomoci dvou nebo tří dimenzionální zobrazení TOF-time of flight (TOF-MRA). Nevýhoda však spočívá v tom, že zobrazí pouze intrakraniální tepny. K zobrazení extrakraniálních tepen je nutná kontrastní MRA s použitím gadolinia-nejodové paramagnetické kontrastní látky (CE-MRA). (Reif, 2013, s.21)

Technika TOF-MRA se v protokolu vyšetření CMP díky toho, že nevyžaduje podání KL využívá nejvíce. Ve srovnání s konvenční angiografií nebo CTA je však přesnost této metody při posouzení intrakraniálního řečiště průměrná. Senzitivita při detekci uzávěru se pohybuje okolo 80-90 % a stenózy okolo 60-85 %. Navíc je tato metoda významně ovlivněna turbulencemi a rychlostí toku. To vede k artefaktům a k nadhodnocení stupně stenózy či délky postiženého úseku. Stenóza pak může být zobrazena chybně, jako úplný uzávěr tepny. (Cimflová, 2019, s.157)

Naopak CE-MRA, se především při zobrazování extrakraniálního řečiště, ukazuje jako přesnější. Tato metoda je podobně přesná jako CT angiografie, její specificita/senzitivita se pohybuje až okolo 97 %. (Reif, 2013, s. 21) Kontrastní MRA umí kompenzovat pomalý tok i artefakty turbulentního toku a výrazně zkracuje akvizici dat. Jestliže kontrastní MRA následuje po perfuzním zobrazení, umožňuje stejný efekt přesněji zobrazit intrakraniální řečiště a arteriální segmenty s nízkými toky a vyhnout se tak nadhodnocení okluze nebo stenózy. (Cimflová, 2019, s.157)

Ve studii SONIA bylo prokázáno, že MRA je svou negativní prediktivní hodnotou dostačující. Pokud se však na intrakraniální MRA zobrazuje patologie, je potřeba doplnit další z angiografických zobrazení např. CT angiografii nebo DSA. (Reif, 2013, s. 21)



**Obrázek 7** Kontrastní MRA vyšetření, zobrazuje stenózu ACI

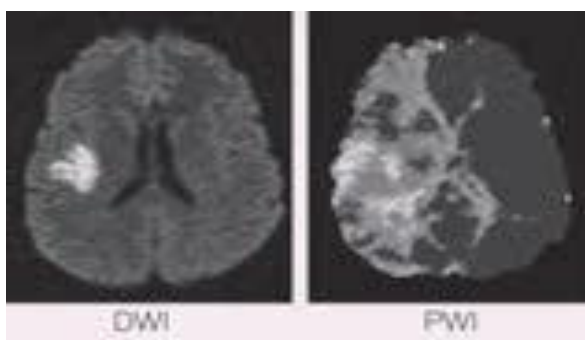
Zdroj: Reif, *Kardiologická revue. Cévní mozkové příhody*. 15(1), s. 21. ISSN 1212-4540.

## Detekce viabilní hypoperfundované tkáně

Informace o aktuálním prokrvení mozkové tkáně poskytují perfuzně vážené snímky (PWI). Parametry stejné jako u CT perfuze (CBV, CBF, MTT, TTP), je možné získat po bolusovém podání magnetické KL. V perfuzních protokolech se nejčastěji uplatňují TTP a MTT parametry. (Reif, 2013, s.20)

Převážná část PWI se provádí technikou zvanou „first-pass bolus“ (první průchod bolusu KL) s následující aplikací intravenózního bolusu gadolinia. Parametr CBF lze také stanovit metodou „arterial spin labelling“ kdy se do mozku přivádí krev magneticky odlišená bez použití kontrastní látky. Části s perfuzním defektem mají vysokou citlivost v predikci růstu infarktu, v nalezení ischemie, a je-li nepřítomná reperfuze, je lepší i korelace s radiologickým obrazem a výsledným klinickým stavem. Na druhou stranu u pacientů, u kterých nebyl rozdíl mezi velikostí PWI a DWI lézí, k dalšímu zvětšení infarktu nedošlo. (Cimflová, 2019, s.157)

Rozdíl mezi rozsahem perfuzního a difuzního deficitu se nazývá PWI/DWI mismatch a zhruba určuje velikost penumbry, kterou je možné časnou reperfuzí ještě zachránit. Schopnost normalizace částí difuzního deficitu při časně rekanalizaci tepny a benigní oligemie jako součásti perfuzního deficitu snižují přesnost tohoto konceptu při určování poměru infarktu a penumbry. Nicméně i tak, se koncept PWI/DWI mismatch při testování využívá k individualizaci aplikace rekanalizační terapie. V současné době se jedná o nejpřesnější způsob, jak určit poměr zachrannitelných a již nezachrannitelných částí mozkové tkáně. (Reif, 2013, s. 21)



**Obrázek 8** PWI/DWI mismatch - DWI zobrazuje rozsah infarktové tkáně a PWI zobrazuje jak infarkt, tak oblast ohroženou, ale ještě zachrannitelnou reperfuzí.

Zdroj: Reif, *Kardiologická revue. Cévní mozkové příhody*. **15**(1), s. 21. ISSN 1212-4540

Snímky MR perfuze je možné stejně jako snímky z CT perfuze vyhodnotit pomocí automatické softwarové analýzy. Těchto analýz se využilo ke stanovení indikačních kritérií např. ve studiích DAWN a DEFUSE 3, které prokázaly benefit mechanické trombektomie u pacientů i po 6. hodině od vzniku iktu. (Cimflová, 2019, s.157)

### **3 POSTUP V DIAGNOSTICE CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODY**

CMP je akutní stav, který významně ohrožuje pacienta na životě. Kvůli krátkému časovému oknu a tomu, že s delší dobou uzávěru tepny narůstá riziko trvalého poškození je nezbytné optimalizovat rychlost a přesnost diagnostiky, která následně může ovlivnit průběh nemoci a následnou životní úroveň nemocného.

#### **3.1 Péče o pacienta**

V případě podezření na akutní CMP, musí být vždy zavolána záchranná zdravotnická služba a u všech pacientů i s mírnějšími příznaky, je potřeba postupovat, jako by byli kriticky nemocní. Každý pacient by měl být odvezen do nemocnice, která se na pacienty s mrtvicí specializuje a v případě splnění časových podmínek pro zahájení terapie, by měl být přeměrován do nemocnice, která mu bude schopna v prvních 4,5 hodinách poskytnout intravenózní trombolýzu nebo případně v prvních 6 hodinách jinou endovaskulární intervenci či intraarteriální trombolýzu.

Jakmile je pacient přivezen do nemocnice, je nezbytné mu provést následující vyšetření a diagnostické testy, kterými jsou:

- anamnéza
- měření krevního tlaku a pulzu
- stanovení saturace kyslíkem
- vyšetření EKG
- neurologické vyšetření a interní vyšetření
- laboratorní vyšetření krevního obrazu, hemokoagulačních parametrů a biochemického screeningu
- CT nebo MR mozku (včetně jejich jednotlivých modalit)
- ultrazvukové vyšetření extrakraniálních a intrakraniálních tepen, které už dnes bývá nahrazeno jiným cévním vyšetřením (CTA, MRA, DSA). (Lacman, 2010, s. 138)

#### **3.2 Vyšetřovací algoritmus**

Postup při diagnostice akutní cévní mozkové příhody je především souborem výše zmiňovaných vyšetřovacích modalit, jejichž úkolem je stanovit typ CMP a poskytnout dostatek informací vedoucích ke zvolení správného terapeutického postupu s co nejlepším poměrem benefitů/rizik. Podle těchto dat následně klinik odhaduje prognózu a rozhoduje o typu, časování, volbě a terapii. (Reif, 2013, s. 23) Hlavní roli v managementu CMP hraje CT

a jeho modalit, které přináší zásadní, ale i rozdílné informace pro stanovení prognózy pacientů a způsobu léčby. Rychlým diagnostickým nástrojem využívaným v detekci krvácení, časných ischemických změn, či jiné intrakraniální patologie je nativní CT. Jako standard se při vyšetření mozkových cév využívá CTA v rozsahu od oblouku aorty až po vertex. Z těchto důvodů by měli mít všichni pacienti s podezřením na CMP i TIA provedeno alespoň nativní CT mozku a CTA mozkových tepen. U pacientů s průkazem uzávěru velké mozkové tepny a akutní iCMP nad 6 hodin od vzniku příznaků by měla být doplněna CTP/MRP k objasnění penumbry. Podle výsledku vyšetření by měli být tito pacienti indikováni k mechanické trombektomii.

MR hraje v diagnostice CMP velmi významnou roli zejména díky své vysoké citlivosti na časné ischemické změny. V dnešní době, díky vývoji moderních přístrojů MR, které nabízejí rychlejší akvizici dat, je limitace délkou vyšetření považována za relevantní. Avšak CT stále představuje rychlejší, dostupnější a méně nákladnou metodu s menším množstvím kontraindikací a lepší snášenlivostí pacienty. (Cimflová, 2019, s. 157-158) Výhody a nevýhody jednotlivých metod jsou shrnuty v tabulce č. 3.

**Tabulka 3** Srovnání výhod a nevýhod CT a MR

	<b>CT</b>	<b>MR</b>
<b>Výhody</b>	rychlejší, levnější, snáze dostupné	citlivější na časné ischemické změny
	méně obecných kontraindikací (např. renální selhání)	bez ionizujícího záření, bez nutnosti podání kontrastní látky
	méně pohybových artefaktů	lepší detekce ischemie v zadní jámě
	angiografie s lepším rozlišením	lepší detekce malých lézí (DWI) a objasnění „stroke mimics“
<b>Nevýhody</b>	využití ionizujícího záření, radiační zátěž pacienta	časově náročnější, hůře dostupné
	nutné podání kontrastní látky, riziko alergické reakce	více obecných kontraindikací vyšetření (kovové implantáty, klaustrofobie)
	limitovaná detekce malých lézí	náchylná na pohybové artefakty
	limitovaná výtěžnost v zadní jámě	riziko nadhodnocení lézí na angiografii

Zdroj: Cimflová, 2019, *Česká radiologie*. 73(3), s. 152, ISSN 1210-7883

Přepočovala: Liliana Skarková

Vyšetřovací protokol by měl u akutního ischemického iktu vést k racionálnímu přístupu k terapii. Z toho důvodu není až tak podstatné, zda pracoviště využívá k diagnostice CT nebo MR, ale je nezbytné mít stanoven standardní vyšetřovací postup, který by byl dostupný 7 dní v týdnu a 24 hodin denně. (Ferda, 2007, s. 239)

V případě akutní mozkové CMP je nezbytné postupovat bez zbytečného prodlení, jednat účinně a ctít heslo „time is brain“. K tomu je podstatná precizní znalost a eventuální výtěžnost dříve zmiňovaných vyšetření, které umožní určit management vhodný pro danou situaci. Pouze takto lze dospět k precizní a rychlé diagnostice směřující k nejlepší možné terapii s co nejlepším možným výsledkem. (Reif, 2013, s.23)

### **3.3 Doporučení optimálního diagnostického postupu**

Na základě dohledaných informací bylo jedním z mých cílů/úkolů doporučit optimální vyšetřovací postup. Ten by se měl skládat z již dříve zmiňovaných vyšetření (anamnézy, měření TK a pulzu, EKG, neurologického vyšetření, CT, MR, US etc.) Použití jednotlivých metod CT a MR pak samozřejmě záleží na vybavení jednotlivých nemocnic, protože ne každá nemocnice má přístroj MR nebo prostor pro akutní vyšetřování na MR. Standardem by mělo být použití CT a CTA (případně CTP), protože se jedná o metody rychlé, dostupné a cenově i informačně přínosné. Magnetická rezonance by i přesto, že je hůře dostupná a časově i finančně náročnější, byla vhodná pro pacienty s nejasnou dobou od vzniku příznaků, s alergií na jódovou KL nebo jako doplňující vyšetření u pacientů s jasnými klinickými příznaky CMP, ale nejasným nálezem na CT.



## ZÁVĚR

K tvorbě mé přehledové bakalářské práce jsem si zvolila téma magnetická rezonance a výpočetní tomografie u akutní ischemické cévní mozkové příhody. Jedná se o téma, které je velmi zajímavé a důležité především proto, že cévní mozková příhoda stále patří mezi jednu z nejčastějších příčin úmrtí a trvalé invalidizace a jak již bylo zmíněno, její incidence roste nejen u starších věkových skupin, ale také u mladších lidí mezi 30.-40. rokem života.

Cílem bakalářské práce bylo shrnout nejnovější dohledané poznatky o cévní mozkové příhodě, její diagnostice pomocí CT a MR a stanovit optimální diagnostický postup. K dosažení cílů této práce byla provedena analýza vyhledaných odborných článků, publikací či studií a při její tvorbě jsem čerpala jak z českých, tak ze zahraničních zdrojů, které byly na danou problematiku zaměřeny a obsahovaly tak nejaktuálnější informace.

V prvé řadě bylo nezbytné vytvořit přehledné schéma dělení cévní mozkové příhody a jasně definovat, co to vlastně cévní mozková příhoda je. Tomuto tématu jsem věnovala první kapitulu mé práce a zaměřila jsem se nejen na dělení CMP, ale také na mechanismus vzniku této nemoci, symptomy, které nemoc doprovázejí, rizikové faktory a prevenci, která je také velmi důležitá.

Ke splnění druhého z cílů byla sepsána kapitola druhá, kterou jsem zaměřila na zobrazovací metody CT a MR využívané k diagnostice CMP. Přináší informace o těchto metodách, jejich modalitách a v neposlední řadě shrnuje výhody a nevýhody jednotlivých metod. U výpočetní tomografie bylo popsáno nativní CT, které se považuje za zlatý standart při diagnostice iCMP, CTA mozkových tepen, která je ideální metodou k zobrazení uzávěrů a stenóz a CTP, která je vhodná pro odlišení ještě zachranitelné mozkové od tkáně nevratně poškozené. Mezi nejvhodnější modalit magnetické rezonance k odhalení ischemie patří sekvence DWI, včetně ADC mapy, které pomáhají při určování stáří ischemie, MRA zobrazující lokalizace uzávěru tepny a PWI sloužící k odlišení jádra ischemie a penumbry.

Poslední část mé bakalářské práce jsem věnovala optimalizaci diagnostického postupu a splnění třetího z cílů. Díky rychlé a účelné diagnostice může být zásadně ovlivněn průběh nemoci a následná životní úroveň nemocného, proto je opravdu důležité mít nastaven standardní vyšetřovací algoritmus dostupný 7 dní v týdnu a 24 hodin denně, znát diagnostický přínos každé metody a vědět, kdy je lepší upřednostnit danou metodu před jinou.

Dohledané informace, jejich sumarizace, přehled jednotlivých modalit, jejich využití a praktický význam by mohly být přínosné především prakticky pro lékařský i nelékařský personál jednotlivých iktových center.

## REFERENČNÍ SEZNAM

ALLOUBANI, Aladeen, Abdulmoneam SALEH a Ibrahim ABDELHAFIZ, 2018. Hypertension and diabetes mellitus as a predictive risk factors for stroke. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* [online]. **12**(4), 577-584 [cit. 2020-03-06]. DOI: 10.1016/j.dsx.2018.03.009. ISSN 18714021.

Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871402118300250>

AMBLER, Zdeněk, c2011. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 7. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-707-3.

CIMFLOVÁ, Petra, Kateřina VALIŠ, Ondřej VOLNÝ, Jan VINKLÁREK, Michal HARŠÁNY a Robert MIKULÍK, 2019. Diagnostika ischemických CMP – přehled zobrazovacích metod a jejich využití v praxi. *Česká radiologie*. **73**(3), 150-159. ISSN 1210-7883. Dostupné také z: [http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad\\_1903\\_150\\_159.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1903_150_159.pdf)

*CMP journal: časopis pro prevenci a léčbu cévních mozkových příhod*, 2019. Praha: MeDitorial. ISSN 2571-1253. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cmp-journal/archiv-cisel/2019-2-16>

FEIGIN, Valery, 2007. *Cévní mozková příhoda: prevence a léčba mozkového iktu*. Přeložil Blanka KALVACHOVÁ, přeložil Stanislav MATOUŠEK. Praha: Galén. ISBN 80-7262-428-7.

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN, 2015. *Základy zobrazovacích metod*. Galén, 1 online zdroj (148 stran). ISBN 978-80-7492-173-5.

FERDA, Jiří, Jan KASTNER, Boris KREUZBERG, Milan NOVÁK a Vladimír ROHAN, 2007. Zobrazení akutní mozkové ischemie. *Česká radiologie*. **61**(3), 231-241. ISSN 1210-7883. Dostupné také z: [http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703\\_01.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_01.pdf)

HEŘMAN, Miroslav. Neinvazivní diagnostika subarachnoidálního krvácení. *Česká radiologie*, 2007. **61**(3), 255-263. ISSN 1210-7883

KALITA, Zbyněk, c2006. *Akutní cévní mozkové příhody: diagnostika, patofyziologie, management*. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 8085912260.

LACMAN, Jiří a Ladislava JANOUŠKOVÁ, 2010. Současné možnosti diagnostiky a léčby akutní ischemické cévní mozkové příhody. *Česká radiologie*. **64**(2), 137-144. ISSN 1210-7883.

MALÍKOVÁ, Hana, 2019. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4036-5.

MÍRKA, Hynek a Jiří FERDA, [2015]. *Multidetektorová výpočetní tomografie: perfuzní vyšetření*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-185-8.

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

REIF, Michal, David GOLDEMUND a Robert MIKULÍK, 2013. Nejdůležitější metody v diagnostice akutní cévní mozkové příhody. *Kardiologická revue. Cévní mozkové příhody*. **15**(1), 11-25. ISSN 1212-4540. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/kardiologicka-revue-clanek/nejdulezitejsi-metody-v-diagnostice-akutni-cevni-mozkove-prihody-40428>

SMITH, Aubrey George a Chris ROWLAND HILL, 2017. Imaging assessment of acute ischaemic stroke: a review of radiological methods. *The British Journal of Radiology* [online]. [cit. 2020-02-11]. DOI: 10.1259/bjr.20170573. ISSN 0007-1285. Dostupné z: <http://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr.20170573>

ŠKOLOUDÍK, David, 2014. Rekanalizační léčba mozkové ischemie - jak dál? Recanalization therapy of ischemic stroke - what next? *Neurologia pre prax*. Bratislava: SOLEN, **15**(3), 122-127. ISSN 1335-9592.

VÁCLAVÍK, Daniel, 2013. Primární a sekundární prevence ischemických cévních mozkových příhod. *Kardiologická revue: Cévní mozkové příhody*. **15**(1), 37-40. ISSN 1212-4540. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2013-1/primarni-a-sekundarni-prevence-ischemickyh-cevnych-mozkovyh-prihod-40457/download?hl=cs>

VINKLÁREK, Jan, 2018. Výpočetní tomografie u akutního mozkového infarktu: Computed tomography in acute ischemic stroke. *Neurológia pre prax*. Bratislava: SOLEN, **19**(4), 256-261. ISSN 1335-9592.

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

## SEZNAM ZKRATEK

ACI	arteria carotis interna
ACM	arteria cerebri media
ACP	arteria cerebri posterior
AIF	arterial input function
ASPECTS	Alberta Stroke Program Early CT Score
CBF	cerebral blood flow
CBV	cerebral blood volume
CMP	cévní mozková příhoda
CT	Computed Tomography (výpočetní tomografie)
CTA	Computed Tomography Angiography, CT angiografie)
CTP	Computed Tomography Perfusion, CT perfuze
DM	diabetes mellitus
DSA	digitální substrakční angiografie
DWI	Diffusion Weighted Imaging, difuzně vážený obraz
ECASS	European Cooperative Acute Stroke Study
EKG	elektrokardiografie
etc.	et cetera, a tak dále
hCMP	hemoragická cévní mozková příhoda
HU	Hounsfieldova jednotka
ICH	intracerebrální hemoragie
iCMP	ischemická cévní mozková příhoda
IVT	intravenózní trombolýza
FLAIR	Fluid Attenuated Inversion Recovery, sekvence potlačující signál vody
KL	kontrastní látka
LACI	lakunární infarkt
LACS	lakunární syndrom
LVO	large vessel occlusion
MR	magnetická rezonance
MRA	angiografie magnetickou rezonancí
MTT	mean transit time
PACI	parciální přední cirkulační infarkt

PACS	parciální přední cirkulační syndrom
PD	protodenzní vážený obraz
POCI	zadní cirkulační infarkt
POCS	zadní cirkulační syndrom
PRIND	plně reverzibilní neurologický deficit
PWI	Perfusion Weighted Imaging, perfuzně vážený obraz
RF	rizikové faktory
RTG	rentgenový
SAH	subarachnoidální hemoragie
TACS	totální přední cirkulační syndrom
TACI	totální přední cirkulační infarkt
TIA	tranzitorní ischemická ataka
TK	krevní tlak
TOF	time of flight
VOF	venous output function
VŠ	vysoká škola
WW	window width
WL	window level

# SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

## Obrázky

<b>Obrázek 1</b> Porovnání standartního mozkového okna a tvrdého okna .....	16
<b>Obrázek 2</b> Znárodnění jednotlivých oblastí ASPECTS skóre.....	17
<b>Obrázek 3</b> Příznak denzní tepny.....	18
<b>Obrázek 4</b> Multifázická CT angiografie.....	21
<b>Obrázek 5</b> Analýza CTP.....	23
<b>Obrázek 6</b> Vývoj akutního mozkového iktu na T2, DWI a ADC mapách.....	27
<b>Obrázek 7</b> Kontrastní MRA vyšetření.....	28
<b>Obrázek 8</b> PWI/DWI mismatch.....	29

## Tabulky

<b>Tabulka 1</b> Přehled rizikových faktorů ischemické cévní mozkové příhody.....	11
<b>Tabulka 2</b> Přehled CT modalit .....	15
<b>Tabulka 3</b> Srovnání výhod a nevýhod CT a MR.....	31