

Haršány J.¹, Hoferica M.¹, Rusina M.¹, Haring J.², Mako M.², Krastev G.², Klepanec A.¹

¹ Rádiologická klinika FN Trnava

² Neurologické oddelenie FN Trnava

Zobrazovanie u pacientov s akútnou ischemickou cievnou mozgovou príhodou

Abstrakt

Zobrazovacie modality hrajú kľúčovú úlohu v diagnostike a manažmente pacientov s akútnou ischemickou cievnou mozgovou príhodou. V roku 2018 na základe pozitívnych výsledkov dvoch publikácií o benefite endovaskulárnej mechanickej trombektómie u selektovanej skupiny pacientov s akútnou ischemickou CMP v rozšírenom časovom okne do 24 hodín od vzniku príznakov, došlo k zmene paradigmatu z „time window“ na „tissue window“. Cieľom tohto článku je poskytnúť prehľad o súčasných jednotlivých zobrazovacích možnostiach u pacientov s akútnou ischemickou cievnou mozgovou príhodou.

Kľúčové slová: CT – CT angiografia – CT perfúzia – MR

Abstract

Imaging modalities play key role in diagnostic process and management of patients with acute ischemic stroke. In 2018 after positive results of two publications about benefit of endovascular mechanical thrombectomy in selected group of patients with acute ischemic stroke in extended time window up to 24 hours after symptom onset, the paradigm shift from „time window“ to „tissue window“ has been made. The purpose of this article is to give an overview of current diagnostic imaging trends in patients with acute ischemic stroke.

Key words: CT – CT angiography – CT perfusion – MR

Úvod

Diagnostika a zobrazovacie modality pomocou počítačovej tomografie (CT) a magnetickej rezonancie (MR) hrajú kľúčovú úlohu v manažmente pacientov s akútnou ischemickou cievnou mozgovou príhodou (iCMP) (Tabuľka 1). Každú minútu mozog stratí viac ako 1,8 milióna neurónov mozgového parenchýmu v ischemickom povodí (1). Približne 25 – 35 % pacientov s cievnou mozgovou príhodou majú uzáver veľkej artérie, tzv. „large vessel occlusion“ (LVO) (2). Práve u skupiny pacientov s LVO v prednej cirkulácii sa endovaskulárna reperfúzna terapia pomocou mechanickej trombektómie stala zlatým štandardom liečby. Zobrazovacie postupy a štandardy sa vyvíjali roky, avšak

v poslednom čase prišlo k niekoľkým zásadným zmenám. V roku 2018 sa po publikovaní 2 veľkých štúdií (DEFUSE 3 a DAWN) posunulo časové okno pre endovaskulárnu liečbu (EVL) u selektovaných pacientov až do 24 hodín od vzniku neurologickej symptomatiky. A práve selekciu pacientov v tomto neskorom časovom okne nám umožňujú tzv. „pokročilé zobrazovacie techniky“.

Tab. 1. Porovnanie CT a MRI pri diagnostike akútnej iCMP

	CT	MRI
Detekcia hemorágií	+	++ (T2/SWI)
Angiografia	+ (lepšie rozlíšenie)	+ (bez podania kontrastnej látky – TOF)
Rýchlosť a dostupnosť	++	-
Radiácia	-	+
Posúdenie patologických stavov v zadnej jame	-	+
Detekcia malých lézií	-	+ (DWI)
Rozlíšenie „stroke mimics“	-	+

Úloha neurozobrazovania v manažmente pacienta s akútnou iCMP

1. Vylúčenie iných patologických stavov

V prvom rade neurozobrazovacie metódy musia vylúčiť inú patologickú príčinu spôsobujúcu neurologický deficit, najmä intrakraniálnu hemoráziu respektíve expanzívnu ložiskovú léziu. Na odlíšenie hemoragických zmien sa používa natívne CT mozgu, alebo T2 -gradient -echo MRI sekvencie s vysokou senzitivitou (3).

2. Zobrazenie intrakraniálneho a extrakraniálneho riečiska

Zohráva kľúčovú úlohu v potvrdení miesta oklúzie cievného systému (LVO), stave kolaterálneho riečiska, stave vertebrobazilárneho a karotického riečiska (stenózy, disekcie), demarkovaní anatomických variácií. Pri CT angiografickom vyšetrení (CTAG) resp. MR angiografickom vyšetrení (MRAG) je nevyhnutné zobrazenie cievného systému

od aortálneho oblúka až po vertex (4). Intervenčnému neurorádiológovi pomáha v plánovaní zákroku (výber inštrumentária, voľba cievného prístupu). Výhodou MRI vyšetrenia je možnosť zobrazit' cievny systém bez podania kontrastnej látky.

3. Rozlíšenie jadra infarktu a penumbry

Na základe CT perfúzneho vyšetrenia (CTP) resp. špeciálnych MRI sekvencií (DWI, T2 vážené sekvencie, FLAIR, ADC mapy) vieme odlíšiť jadro infarktu, kde došlo k irreverzibilným zmenám s bunkovými nekrózami, a hypoperfundovaného mozgového parenchýmu penumbry, ktoré je ešte zachrániteľné pri adekvátnej a rýchlej terapii.

4. Rôzne

Využitím FLAIR sekvencií alebo sledovaním sýtenia parenchýmu po podaní gadolína vieme predpovedať hemoragickú transformáciu v ischemickom mozgovom parenchýme (5,6). Budúce trendy sa týkajú nových MRI sekvencií. Nedávne štúdie preukázali opodstatnenia využitia tzv. „arterial spin labeling perfusion MR (ASL), ktoré nám kvantifikuje CBF mapy bez použitia kontrastného média (7).

Natívne CT mozgu

Natívne CT mozgu je základným vyšetrením u všetkých pacientov s podozrením na akútnu iCMP (8,9) najmä pre rýchlosť vyšetrenia, ľahkú dostupnosť, nízke náklady a vysokú senzitivitu na rozpoznanie akútnej hemorágie (10,11,12), prípadne vylúčenie iných stavov, ktoré majú podobné príznaky, tzv. „stroke mimics“ ako sú napr. expanzívne intrakraniálne procesy alebo abscesy.

Na natívnom CT mozgu môžeme rozpoznať skoré známky akútnej iCMP, akými sú dediferenciácia šedej a bielej hmoty na podklade cytotoxického edému, hypodenzné zóny hypoxického mozgového parenchýmu, tzv. „insular ribbon sign“, slabšiu diferenciáciu nucleus lentiformis, alebo „dens artery sign“ (ak sa jedná o trombus v M1 segmente ACM) resp. „dot sign“ (ak sa jedná o trombus v M2 segmente ACM). Posledné uvedené „dens signs“ však často chýbajú na natívnom CT, ich senzitivita je pomerne nízka (52 %) (13) a môžu sa zle interpretovať pri závažnej ateroskleróze. Môžu však slúžiť ako negatívny prognostický faktor na rozpustenie trombu po intravenóznom podaní trombolýtika (14,15,16,17).

Vznik hypodenzných zón mozgového parenchýmu sa vysvetľuje vznikom cytotoxického edému, voda prestupuje do buniek a každým 1 % zvýšeného objemu vody v bunkách klesá denzita o 2,6 HU (18).

Napriek vyššie uvedeným znakom, senzitivita natívneho CT pre akútnu iCMP je pomerne nízka a vzrastá s predlžujúcim sa časovým intervalom od vzniku iCMP. Do 3 hodín je senzitivita menej ako 20%, do 24hod. senzitivita narastá na 57 – 71 % (19,20,21). Najrozšírenejšia metodika

na kvantifikáciu ischemických zmien v mozgovom parenchýme z natívneho CT je tzv. Alberta Stroke Programme Early CT Score (ASPECTS). Hodnotenie sa využíva iba pri oklúzii ACM a rozdeľuje sa do 10 teritórií – nucleus caudatus, nucleus lentiformis, insula, capsula interna a 6 kortikálnych oblastí (M1-M6). Čím je výsledné skóre nižšie (každému teritóriu je priradený 1 bod, maximálny počet je 10b), tým je ischemia väčšia a postihuje viaceré oblasti (Obr. 1).

CTAG extrakraniálneho a intrakraniálneho riečiska

Ďalším krokom v diagnostike pacientov s akútnou iCMP je realizácia CTAG vyšetrenia hlavy a krku, teda extrakraniálneho a intrakraniálneho riečiska. CTAG je modalita, ktorá má vysokú senzitivitu na rozpoznanie LVO – takmer 100 % a hrá dôležitú úlohu v manažmente pacientov (22,23,24). Viaceré štúdie dokázali, že pacienti s LVO majú nízke % rekanalizácie po podaní iba intravenózne trombolýtickej liečby a pri splnení kritérií by mali podstúpiť endovaskulárne riešenie (25).

Ako sme už vyššie spomenuli, je dôležité realizovať CTAG vyšetrenie od aortálneho oblúka a zachytiť tak aj prívodné mozgové cievy, aby sme neprehliadli závažné stavy ako napr. kritická stenóza odstupeu ACI, T uzáver, disekcie, anatomické variácie a podobne.

Na zvýšenie senzitivity pri detekcii oklúzie zobrazeného riečiska sa využíva ďalšie softvérové spracovanie dát, ktorých výsledkom je maximum intensity projection (MIP) alebo volume rendering technique (VRT).

Na posúdenie rozsahu intrakraniálneho trombu v prednej cirkulácii sa využíva tzv. „clot burden score“ (CBS) (Obr. 2). Hodnotí sa z CTAG skenov na základe prítomnosti, respektíve výpadku opacifikácie (26). Normálne skóre bez prítomnosti intrakraniálneho trombu v prednej cirkulácii je 10b. Čím je skóre nižšie, tým je trombus objemnejší a je spojený s nižším % rekanalizácie po podaní rtPA a so zvýšením rizikom hemoragických komplikácií (27).

Multifázické CTAG

Aj keď endovaskulárna liečba ukázala lepší benefit pre pacienta v porovnaní s klasickou intravenóznou trombolýzou, výsledný funkčný stav pacienta (outcome) závisí od viacerých faktorov, medzi ktoré s zaraďuje napríklad stav kolaterálneho riečiska. Dobre vyvinuté kolaterály, väčšinou cez piálne anastomózy, sú spojené s nižším objemom jadra ischemie, menej často u týchto pacientov dochádza k zväčšovaniu sa ischemického ložiska, majú predĺžené terapeutické okno a väčšinou aj menší neurologický deficit. Naopak, pacienti so slabým kolaterálnym obehom majú oveľa závažnejšiu prognózu a vyššiu mortalitu (28 – 33).

Multifázické CTAG je novou metodikou, ktorá sa zameriava na hodnotenie kolaterálneho riečiska (34). Realizuje sa v 3 krokoch. Po štandardnom CTAG hlavy a krku

nasledujú 2 oneskorené fázy intrakraniálneho riečiska, venózna a neskorá venózna fáza (Obr. 3, Tabuľka 2). Počas vyhodnocovania sa porovnáva postihnutá strana s kontralaterálnou stranou a hodnotí sa stav kolaterálneho riečiska (35).

Tab. 2. Stroke protokol na CT pracovisku Rádiologickej kliniky FN Trnava

	Natívne CT mozgu	CTAG intra a extrakraniálneho riečiska	CTAG oneskorené fázy	CT perfúzia
Spôsob skenovania	helikálne	helikálne	axiálne	axiálne
Rozsah skenovania	Od vertexu po bázu lebky	Od oblúka aorty po vertex	Od vertexu po bázu lebky	Od vertexu po bázu lebky
Začiatok skenovania		Bolus tracking	Oneskorenie o 8 sek.	Ihneď po podaní k.l.
Podanie kontrastnej látky	Nie	70 ml	Nie	45 ml
Rotačný čas	0,6 sek	0,5 sek	0,5 sek	0,5 sek
Šírka detektora		80 mm	160mm	120 mm
Hrúbka rezu	1,25 mm	0,625 mm	0,625 mm	5 mm
Noise index	5,4	6,9	6,9	8
KV, mA	120kV, 150-350 mA	120kV, 80-370 mA	120kV, 80-370 mA	80kV,150-300mA

Boli vytvorené viaceré skórovacie systémy na posúdenie stavu kolaterálneho riečiska, najpoužívanejšie sú Miteff systém, Mass systém a modifikovaný Tan systém (36,37,38). Najjednoduchší a v klinickej praxi najviac využívaný je modifikovaný Tanov systém, ktorý rozlišuje iba medzi dobrými kolaterálami a slabými kolaterálami, ak je vizualizovateľných menej ako 50 % povodia ACM (39). Vo veľkej štúdií ESCAPE sa na základe hodnotenia stavu kolaterálneho riečiska z multifázického CTAG rozhodovali, či pacient podstúpi (dobré kolaterály) alebo nepodstúpi (slabé kolaterály) endovaskulárnu liečbu (40).

CT perfúzia

3. krokom v diagnostike u selektívne vybraných pacientov s akútnou iCMP je CT perfúzne vyšetrenie mozgového parenchýmu. Jeho realizácia nie je indikovaná u všetkých

pacientov s akútnou iCMP, ale ide o vyšetrenie u pacientov s neznámou časovou anamnézou vzniku neurologickej symptomatiky, pacientov s „wake-up stroke“, a vzhľadom na publikované výsledky posledných štúdií DAWN a DEFUSE 3 aj pacienti v neskorom časovom okne od 6 do 24 hodín od vzniku príznakov akútnej iCMP. Aj DAWN aj DEFUSE 3 štúdie preukázali signifikantný benefit EVL do 16 – 24 hodín od vzniku príznakov pomocou selekcie pacientov na základe klinicko-zobrazovacieho mismatch, čiže ťažký deficit a malé jadro), na základe pokročilých zobrazovacích techník. Medián NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale) skóre bolo 17 (13 – 21) a 16 (10 – 20), pričom medián jadra infarktu bol 7,6 (2 – 18) a 9,4 (2,3 – 25,6) ml (41,42). CT perfúzia hrá kľúčovú úlohu v rozlíšení penumbry od jadra infarktu. V okolí jadra sa nachádza penumbra, hypoperfundované tkanivo, ktoré je potencionálne zachrániteľné (43). V parenchýme penumbry dochádza k oligémii, avšak pri včasnej rekanalizácii sa toto tkanivo môže vrátiť do normálneho stavu a funkcie.

Dôležité je pred plánovanou reperfúznou terapiou (intravenózna trombolýza alebo endovaskulárny zákrok, prípadne ich kombinácia) posúdiť pomer jadra infarktu k penumbre (tzv. mismatch) a vyhodnotiť riziko reperfúznej terapie. Pri veľkom jadre infarktu a malom objeme penumbry, benefit z reperfúznej terapie neprevyšuje riziko zákroku (44-49).

Parametre, ktoré sa využívajú pri diferenciacii jadra a penumbry sú mean transit time (MTT), time to maximum (Tmax), cerebral blood volume (CBV) a cerebral blood flow (CBF). V tkanive penumbry znížený CBF spúšťa autoregulačné mechanizmy, ktoré udržiavajú CBV normálny alebo ľahko zvýšený sprevádzaný predĺženým MTT. V jadre nekrozy tieto autoregulačné mechanizmy už nefungujú a dochádza k zníženiu aj CBV (Tabuľka 3).

Tab. 3. Hodnotenie parametrov pri CT perfúzie mozgu

	Penumbra	Jadro infarktu	Toddova pozáchratová paréza
MTT	Predĺžený	Predĺžený	Predĺžený
CBF	Znížený	Znížený	Norma
CBV	Norma	Znížený	Norma

Neexistujú jednoznačne stanovené kritériá pre hodnoty vyššie spomenutých parametrov na definíciu jadra infarktu a penumbry. V starších štúdiách (50,51) bola ischemia definovaná, ak CBF bol menší ako 10 – 12 ml/100 g/min. Obe štúdie DAWN a DEFUSE 3 definovali jadro infarktu, ak hodnota CBF bola menšia ako 30 % v porovnaní s normálnym tkanivom. V DEFUSE 3 penumbra bola definovaná, ak Tmax bol dlhší ako 6 sekúnd. Ak hodnoty objemu jadra boli menšie ako 70 ml a mismatch ratio (penumbra/jadro) bolo väčšie ako 1,8, pacienti boli indikovaní na reperfúznou terapiu (41,42).

Magnetická rezonancia (MR)

Zlatý štandard na zobrazenie drobných infarktov a akútnej ischemie predstavujú DWI sekvencie na magnetickej rezonancii (MR) s charakteristickým vývojom ischemie v čase (Tabuľka 4). Konvenčné MR sekvencie (T1W a T2W) väčšinou zobrazia infarkt až po 6 hodinách. Naproti tomu, detekcia skorých ischemií na DWI ma vysokú senzitivitu, v priebehu prvých 3 hodín od vzniku symptomatiky 73 – 92 %, do 6 hodín takmer 100 %. Tento fakt predstavuje najdôležitejšiu výhodu MR vyšetrenia v porovnaní s komplexnou CT diagnostikou, a mnohé svetové pracoviská preferujú neurozobrazovanie u pacientov s akútnou iCMP metódou MR.

Tab. 4. Vývoj MR obrazu v čase.

	Akútne štádium (0-7dni)	Subakútne štádium (1-3 týždne)	Chronické štádium (>3 týždne)
ADC mapy	Maximálna redukcia signálu 1. až 4. deň	Pseudonormalizácia (7.-15. deň), po 2 týždňoch je oblasť hyperintenzívna	Hyperintenzívny signál
DWI sekvencie	Oblasť ohraničeného hyperintenzívneho signálu	Pretrváva hyperintenzívny signál	Hypointenzívny signál

Okrem dôležitej DWI sekvencie, by nemali chýbať v protokole T2 vážené sekvencie, FLAIR, SWI, T2* GRE, na diagnostikovanie hemorágií, mikrohemorágií a iných „stroke mimics“ (Obr. 5, 6).

DWI-FLAIR mismatch môže pomôcť k určeniu času vzniku iCMP. FLAIR sekvencie zobrazia iCMP až po 6 – 12 hodinách, pokiaľ lézia je hyperintenzívna na DWI, ale nie na FLAIR sekvenciách, dá sa usudzovať, že iCMP vznikla pred 4,5 resp. 6 hod. (52). T2* GRE a SWI sekvencie sú vysoko senzitivné na detekciu trombu („susceptibility vessel sign“), ktorý následne môže byť ľahko identifikovateľný a vyhodnotený (veľkosť, zloženie) (52).

Na zhodnotenie stavu cievneho systému sú 3 možnosti realizácie MR angiografie (MRA), bez použitia kontrastnej látky metódou time of flight (TOF) alebo phase-contrast MRA (PC MRA), metóda CE MRA s podaním i.v. kontrastnej látky. V „stroke protokole“ sa najviac využíva zobrazenie intrakraniálneho riečiska metódou TOF (Obr. 7). Nevýhodou tejto metodiky je nadhodnocovanie závažnosti a dĺžky stenózy, z toho rezultujúce aj horšie hodnotenie distálneho a kolaterálneho riečiska. Ďalšou limitáciou je absencia zobrazenia väčšej časti extrakraniálneho riečiska.

Metodika PC MRA sa využíva na diagnostikovanie iCMP zriadkavo, avšak je veľmi citlivá na zobrazenie trombózy intrakraniálnych venózných splavov, ktorá môže imitovať prejavy iCMP. Aplikáciou kontrastnej látky na podklade gadolína pri CE MRA sa skrátí čas vyšetrenia a môže sa zobraziť aj extrakraniálne riečisko, preto sa táto

metodika – preferuje pri podozrení na disekciu alebo oklúziu karotického a vertebrobasilárneho riečiska (53).

Pre skrátenie času vyšetrenia, Neal et al. prezentoval v roku 2014 6-minútový protokol na komplexnú diagnostiku pacienta s iCMP, ktorý pozostáva z nasledujúcich sekvencií: DWI, EPI-FLAIR, EPI-GRE, CE MRA a dynamic susceptibility contrast perfusion (54). Difúzne/perfúzne MRI je veľmi senzitivné v detekcii jadra infarktu a perfúzneho mismatch.

Ako naznačujú posledné štúdie, dôležitú úlohu v neurozobrazovaní pacientov s akútnou iCMP a ich následnou selekciou na EVL možno budú zohrávať automatické softvéry s umelou inteligenciou s možnosťou automatického prepočítania jadra infarktu, objemu penumbry, mismatch, detekciou stavu kolaterál, atď. Tieto automatické softvéry nenahradia rádiológov vyhodnocujúcich CT/CT AG alebo MR/MRAG vyšetrenia, ale môžu napomôcť v samotnom vyhodnocovaní zobrazovacích vyšetrení. Príkladom takéhoto druhu softvéru je RAPID softvér (iSchemaView), ktorý bol využitý v starších štúdiách (SWIFT-PRIME a EXTEND-IA), ale predovšetkým v DAWN a DEFUSE 3. Pacienti, ktorých tento automatický softvér vyhodnotil ako vhodných na podstúpenie EVL, mali najlepší klinický outcome, aký sa kedy v štúdiách dosiahol. Podobný systém s umelou inteligenciou predstavuje napríklad softvér E-stroke suite (Brainomix), ktorý umožňuje napríklad automatické hodnotenie ASPECTS skóre na natívnom CT vyšetrení, hodnotenie kolaterálneho riečiska ako aj miesta uzáveru na CT angiografickom vyšetrení alebo objemu penumbry/jadra infarktu na perfúznom CT/MR vyšetrení (Obr. 8).

Záver

Záverom môžeme skonštatovať, že benefit endovaskulárnej reperfúzne liečby je jasne stanovený u vhodne vybraných pacientov s akútnou ischemickou cievnu mozgovou príhodou s klasickou dĺžkou trvania príznakov do 6 hodín ako aj v predĺženom časovom okne od 6 do 24 hodín. U pacientov v časovom okne do 6 hodín je zo zobrazovacích modalít ideálne využitie jednoduchého protokolu s realizáciou natívneho CT vyšetrenia s CT angiografiou extrakraniálneho riečiska od aortálneho oblúka po vertex alebo MR s MR angiografickým vyšetrením. V prípade predĺženého časového okna od 6 do 24 hodín sa odporúča využitie pokročilých perfúzných zobrazovacích techník s identifikáciou vhodnej skupiny pacientov, ktorí benefitujú z endovaskulárnej liečby.

Literatúra

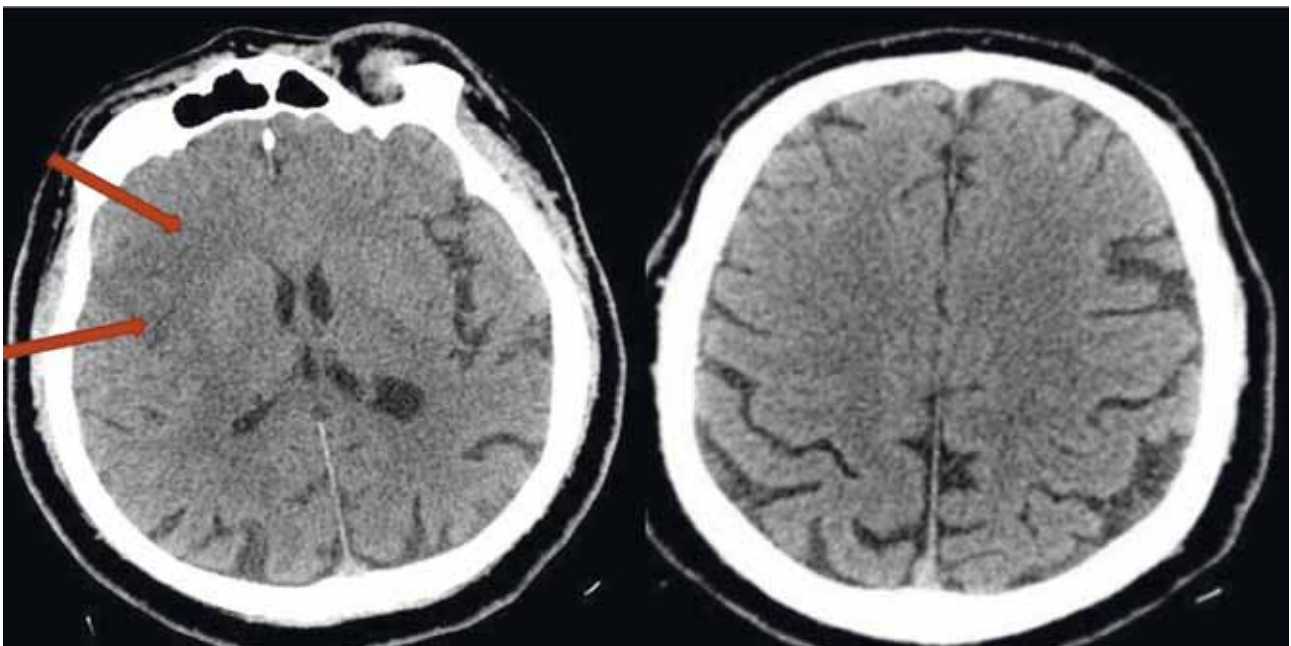
1. Saver JL: Time is brain—quantified. *Stroke* 2006;37:263–266.
2. Kidwell CS, Jahan R, Gornbein J, et al. A trial of imaging selection and endovascular treatment for ischemic stroke. *N Engl J Med* 2013;368:914–923.

3. Kidwell CS, Chalela JA, Saver JL, et al. Comparison of MRI and CT for detection of acute intracerebral hemorrhage. *JAMA* 2004;292:1823–1830.
4. Von Kummer R, Weber J. Brain and vascular imaging in acute ischemic stroke: the potential of computed tomography. *Neurology* 1997;49(5 suppl 4):S52–S55.
5. Latour LL, Kang DW, Ezzeddine MA, Chalela JA, Warach S. Early blood-brain barrier disruption in human focal brain ischemia. *Ann Neurol* 2004;56:468–477.
6. Hjort N, Wu O, Ashkanian M, et al. MRI detection of early blood-brain barrier disruption: parenchymal enhancement predicts focal hemorrhagic transformation after thrombolysis. *Stroke* 2008;39:1025–1028.
7. Viallon M, Altrichter S, Pereira VM, et al. Combined use of pulsed arterial spin-labeling and susceptibility-weighted imaging in stroke at 3T. *Eur Neurol* 2010;64:286–296.
8. Powers et al. 2018 guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 49:e1–e55.
9. Wintermark M, Sanelli PC, Albers GW, et al. Imaging recommendations for acute stroke and transient ischemic attack patients: a joint statement by the American Society of Neuroradiology, the American College of Radiology and the Society of NeuroInterventional Surgery. *Am J Neuroradiol* 34:E117–E127.
10. Morgan CD, Stephens M, Zuckerman SL, et al. Physiologic imaging in acute stroke: patient selection. *Interv Neuroradiol* 21:499–510.
11. Sá de Camargo EC, Koroshetz WJ. Neuroimaging of ischemia and infarction. *NeuroRx* 2:265–276.
12. Vo KD, Yoo AJ, Gupta A, et al. Multi-modal diagnostic imaging for acute stroke. *Am J Neuroradiol* 2015 36:2206–2213.
13. Mair G, Boyd EV, Chappell FM, et al. Sensitivity and specificity of the hyperdense artery sign for arterial obstruction in acute ischemic stroke. *Stroke* 2015 46:102–107.
14. Rha JH, Saver JL. The impact of recanalization on ischemic stroke outcome: a meta-analysis. *Stroke* 2007 38:967–973.
15. Bhatia R, Hill MD, Shobha N, et al. Low rates of acute recanalization with intravenous recombinant tissue plasminogen activator in ischemic stroke: real-world experience and a call for action. *Stroke* (2010) 41:2254–2258.
16. Saqqur M, Uchino K, Demchuk AM, et al. Site of arterial occlusion identified by transcranial Doppler predicts the response to intravenous thrombolysis for stroke. *Stroke* 2007 38:948–954.
17. Broderick JP, Palesch YY, Demchuk AM, et al. Endovascular therapy after intravenous t-PA versus t-PA alone for stroke. *N Engl J Med* 2013 368:893–903.
18. Unger E, Littlefield J, Gado M. Water content and water structure in CT and MR signal changes: possible influence in detection of early stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 1988;9:687–691.
19. Wintermark M, Rowley HA, Lev MH. Acute stroke triage to intravenous thrombolysis and other therapies with advanced CT or MR imaging: pro CT. *Radiology* 2009 251:619–626.
20. Köhrmann M, Schellinger PD. Acute stroke triage to intravenous thrombolysis and other therapies with advanced CT or MR imaging: pro MR imaging. *Radiology* 2009 251:627–633.
21. Vilela P, Rowley H. Brain ischemia: CT and MRI techniques in acute ischemic stroke. *Eur J Radiol* 2007 96:162–172.
22. Vilela P, Goulão A. Ischemic stroke: carotid and vertebral artery disease. *Eur Radiol* 2005 15:427–433.
23. Bash S, Villablanca JP, Jahan R, et al. Intracranial vascular stenosis and occlusive disease: evaluation with CT angiography, MR angiography, and digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol* 2005 26:1012–1021.
24. Lev MH, Farkas J, Rodriguez VR, et al. CT angiography in the rapid triage of patients with hyperacute stroke to intra-arterial thrombolysis: accuracy in the detection of large vessel thrombus. *J Comput Assist Tomogr* 2001 25:520–528.
25. Vilela P, Rowley H. Brain ischemia: CT and MRI techniques in acute ischemic stroke. *Eur J Radiol* 2017 96:162–172.
26. Mokin M, Levy EI, Siddiqui AH, et al. Association of clot burden score with radiographic and clinical outcomes following Solitaire stent retriever thrombectomy: analysis of SWIFT PRIME trial. *J Neurointerv Surg*. 2017 Oct;9 (10): 929-932.
27. Puetz V, Dzialowski I, Hill MD, et al. Intracranial thrombus extent predicts clinical outcome, final infarct size and hemorrhagic transformation in ischemic stroke: the clot burden score. *Int J Stroke*. 2008 Nov;3(4):230-236.
28. Souza LCS, Yoo AJ, Chaudhry ZA, et al. Malignant CTA collateral profile is highly specific for large admission DWI infarct core and poor outcome in acute stroke. *Am J Neuroradiol* 2012 33:1331–1336.
29. Angermaier A, Langner S, Kirsch M, Kessler C, Hosten N, Khaw A. CT-Angiographic Collateralization Predicts Final Infarct Volume after Intra-Arterial Thrombolysis for Acute Anterior Circulation Ischemic Stroke. *Cerebrovasc Dis* 2011;31:177-184. doi: 10.1159/000321868.
30. Goyal M, Yu AY, Menon BK, et al. Endovascular therapy in acute ischemic stroke: challenges and transition from trials to bedside. *Stroke* 2016 47:548–553.
31. Liebeskind DS. Collateral circulation. *Stroke* 2003 34:2279–2284.
32. Liebeskind DS. Collateral perfusion: time for novel paradigms in cerebral ischemia. *Int J Stroke* 2012 7:309–310.
33. Markus HS. Cerebral perfusion and stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004 75:353–361.
34. Hopyan J, Gladstone DJ, Mallia G, Schiff J, Fox AJ, Symons SP, Buck BH, Black SE. Renal safety of CT angiography and perfusion imaging in emergency evaluation of acute stroke. *American Journal of Neuroradiology* November 2008, 29 (10) 1826-1830.
35. Menon BK, d’Esterre CD, Qazi EM, et al. Multiphase CT angiography: a new tool for the imaging triage of patients with acute ischemic stroke. *Radiology* 2015 275:510–520.
36. Yeo L, Paliwal P, Teoh H, et al. Assessment of intracranial collaterals on CT angiography in anterior circulation acute ischemic stroke. *American Journal of Neuroradiology* February 2015, 36 (2) 289-294.
37. Miteff F, Levi CR, Bateman GA, et al. The independent predictive utility of computed tomography angiography collateral status in acute ischemic stroke. *Brain* 2009;132:2231–38.
38. Maas MB, Lev MH, Ay H, et al. Collateral vessels on CT angiography predict outcome in acute ischemic stroke. *Stroke* 2009;40:3001–05.
39. Tan IY, Demchuk AM, Hopyan J, et al. CT angiography clot

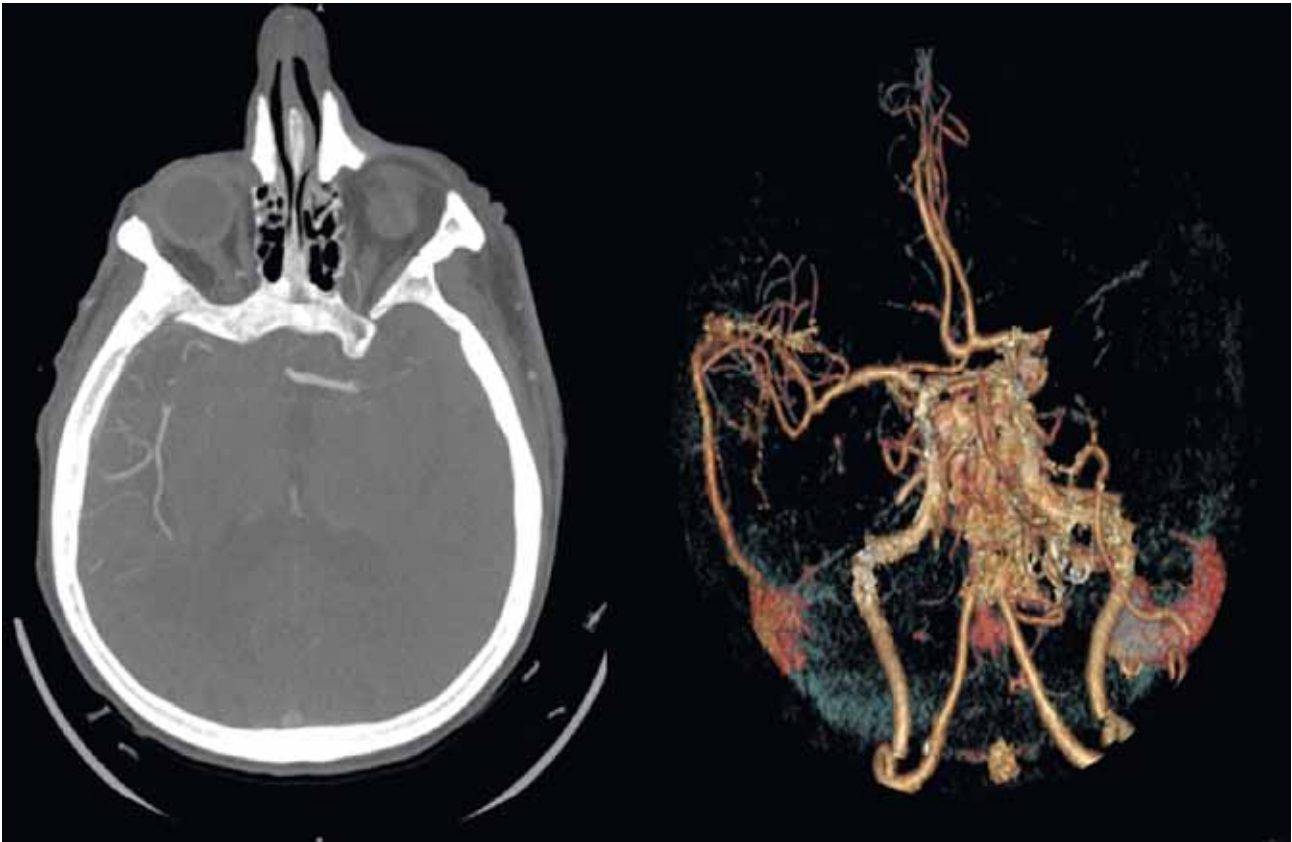
- burden score and collateral score: correlation with clinical and radiologic outcomes in acute middle cerebral artery infarct. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:525-31.
40. Goyal M, ESCAPE Trial Investigators et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *N Engl J Med* 2017 372:1019–1030.
 41. Noigueira RG, Jadhav AP, Haussen DC. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *N Engl J Med*. 2018;378:11–21.
 42. Albers GW, Marks MP, Kemp S. Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *N Engl J Med*. 2018;378:708–18.
 43. Goyal M, Menon BK, Derdeyn CP. Perfusion imaging in acute ischemic stroke: let us improve the science before changing clinical practice. *Radiology* 2013 266:16–21.
 44. Lansberg MG, Straka M, Kemp S, et al. MRI profile and response to endovascular reperfusion after stroke (DEFUSE 2): a prospective cohort study. *Lancet Neurol* 2012 11:860–867.
 45. Lansberg MG, Thijs VN, Bammer R, et al. Risk factors of symptomatic intracerebral hemorrhage after tPA therapy for acute stroke. *Stroke* 2007 38:2275–2278.
 46. Singer OC, Humpich MC, Fiehler J, et al. Risk for symptomatic intracerebral hemorrhage after thrombolysis assessed by diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Ann Neurol* 2008 63:52–60.
 47. Yoo AJ, Barak ER, Copen WA, et al. Combining acute diffusion-weighted imaging and mean transit time lesion volumes with national institutes of health stroke scale score improves the prediction of acute stroke outcome. *Stroke* 2010 41:1728–1735.
 48. Olivot JM, Mosimann PJ, Labreuche J, et al. Impact of diffusion-weighted imaging lesion volume on the success of endovascular reperfusion therapy. *Stroke* 2013 44:2205–2211.
 49. Sanák D, Nosál V, Horák D, et al. Impact of diffusion-weighted MRI-measured initial cerebral infarction volume on clinical outcome in acute stroke patients with middle cerebral artery occlusion treated by thrombolysis. *Neuroradiology* 2006 48:632–639.
 50. Astrup J, Siesjo BK, Symon L. Thresholds in cerebral ischemia – the ischemic penumbra. *Stroke* 1981;12:723–725.
 51. Heros RC. Stroke: early pathophysiology and treatment. Summary of the Fifth Annual Decade of the Brain Symposium. *Stroke* 1994;25: 1877–1881.
 52. Adam G, Ferrier M, Patsoura S, et al. Magnetic resonance imaging of arterial stroke mimics: a pictorial review. *Insights Imaging*. 2018; 9(5): 815-831.
 53. Barlinn Alexandrov AV. Vascular imaging in stroke: comparative analysis. *Neurotherapeutics*. 2011;8 (3):340-8.
 54. Nael K, Khan R, Choudhary G et al. Six-minute magnetic resonance imaging protocol for evaluation of acute ischemic stroke pushing the boundaries. *Stroke*. 2014. 45:1985-1991.

Adresa pre korešpondenciu:
 MUDr. Andrej Klepanec, Ph.D., MPH, EBIR
 Rádiologická klinika FN Trnava
 A. Žarnova 11
 917 75 Trnava
 Tel.: +421 33 59 38951
 Email.: andrej.klepanec@fntt.sk

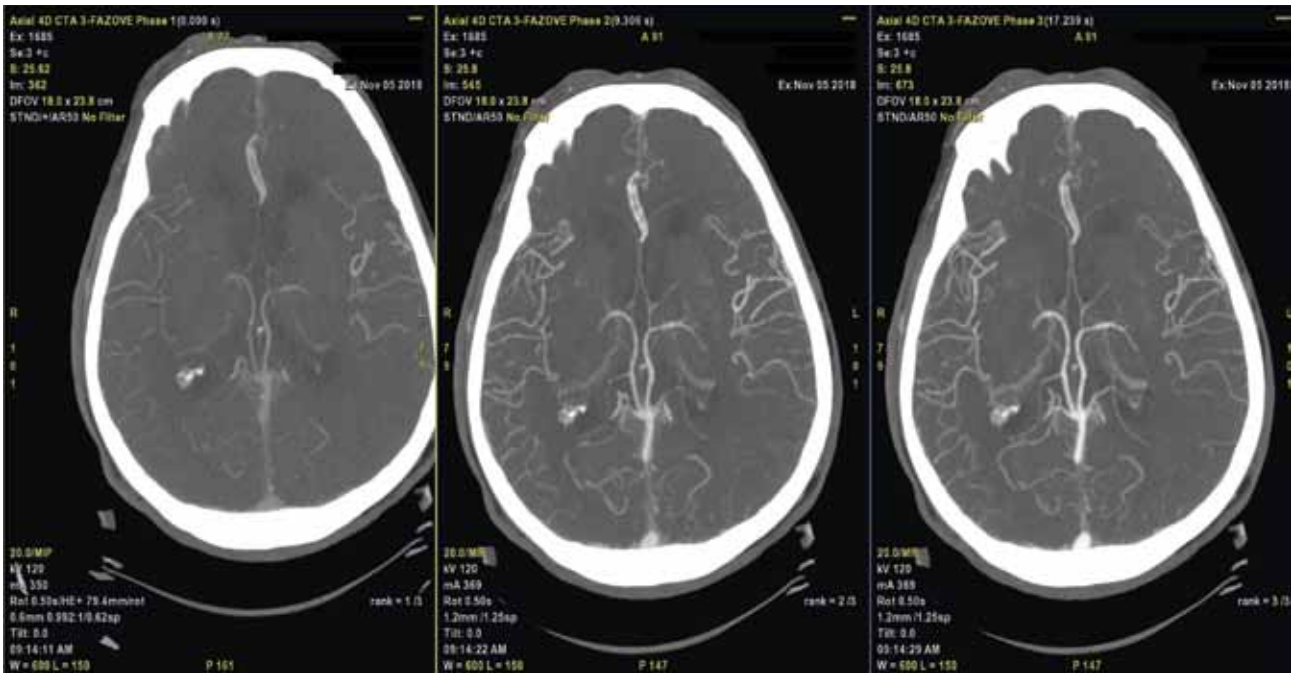
Obrazová príloha



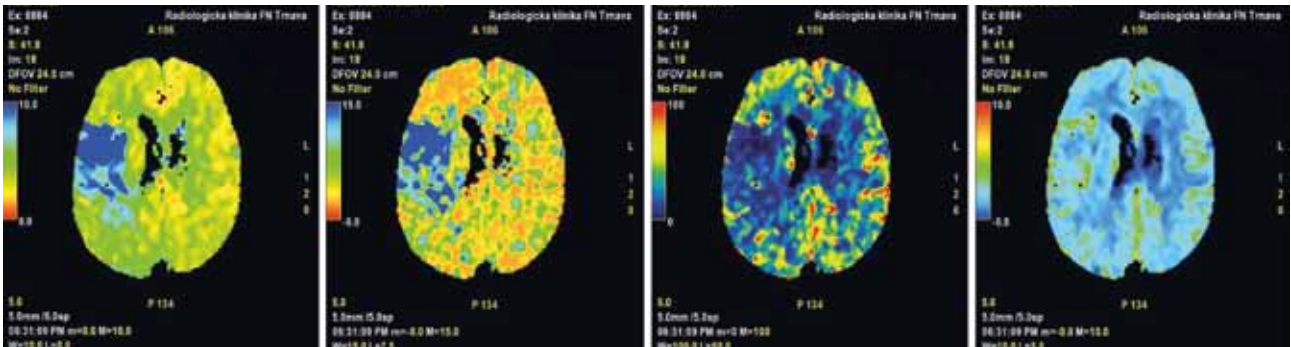
Obr. 1. ASPECTS 8b, známky akútnej ischemie v oblasti M1/2.



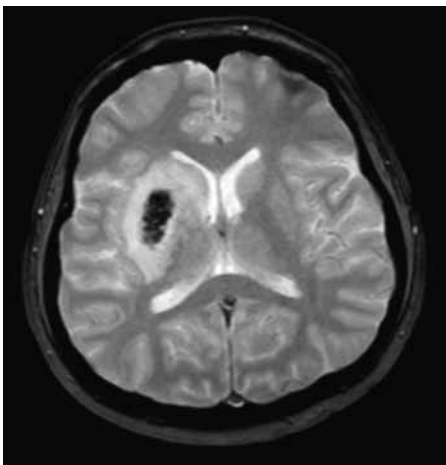
Obr. 2. Oklúzia M1 segmentu ACM vľavo, clot burden score 6b, s chabým kolaterálnym obehom.



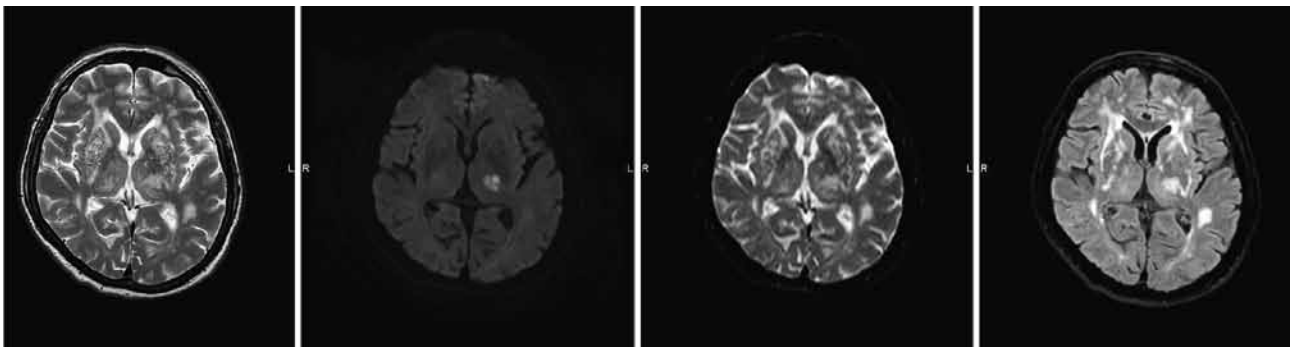
Obr. 3. Multifázická CT angiografia s 3 fázami vyšetrenia.



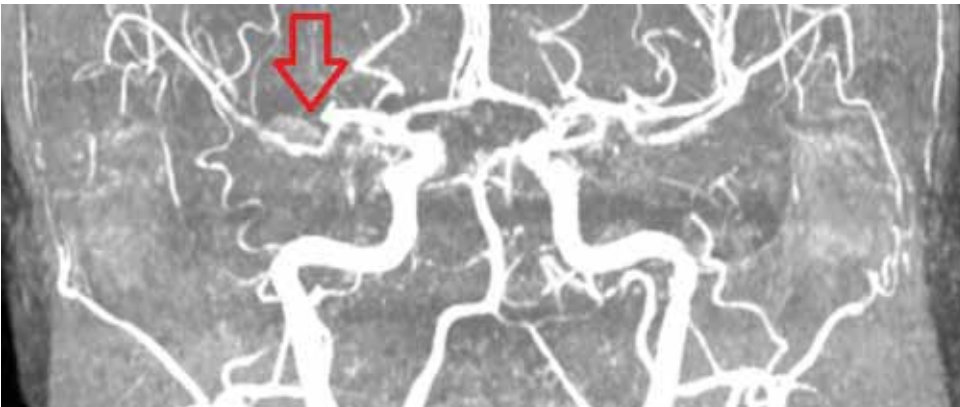
Obr. 4. Rozsiahla zóna penumbry v povodí ACM vpravo – predĺžený MTT, TMax a CBF pri zachovanom CBV



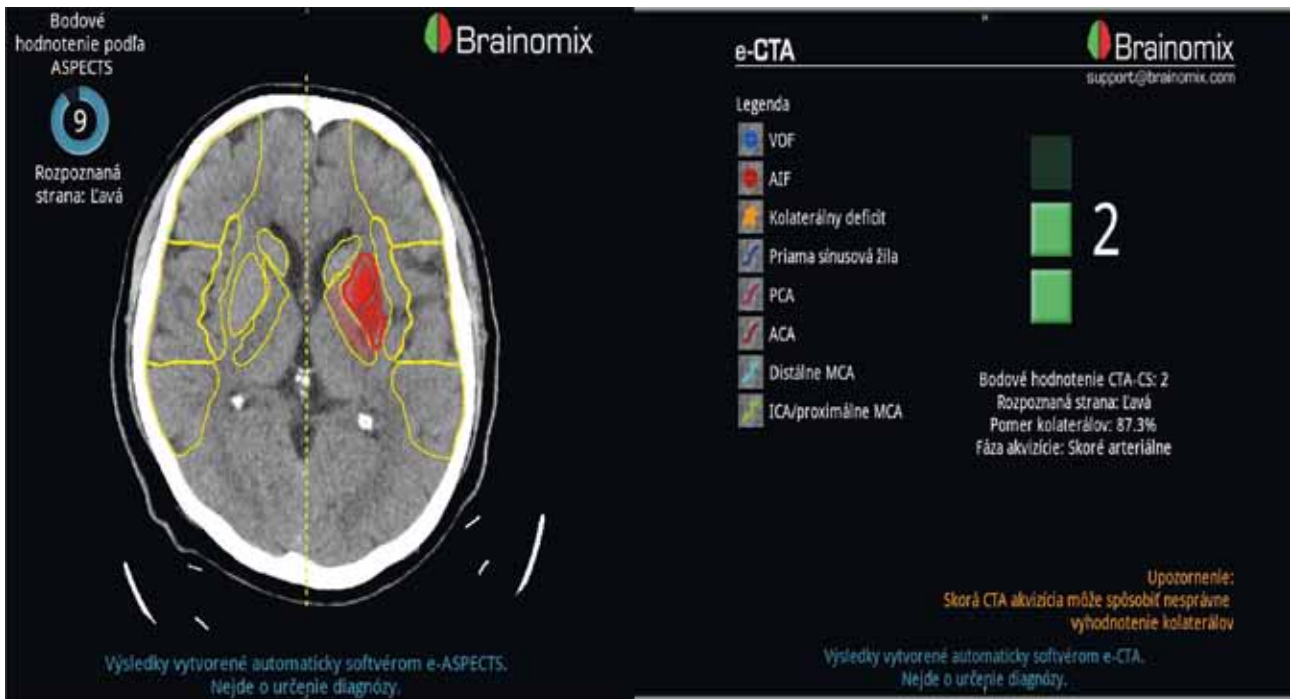
Obr. 5. Hemorágia v zóne nekrózy na T2*GRE sekvenciách.



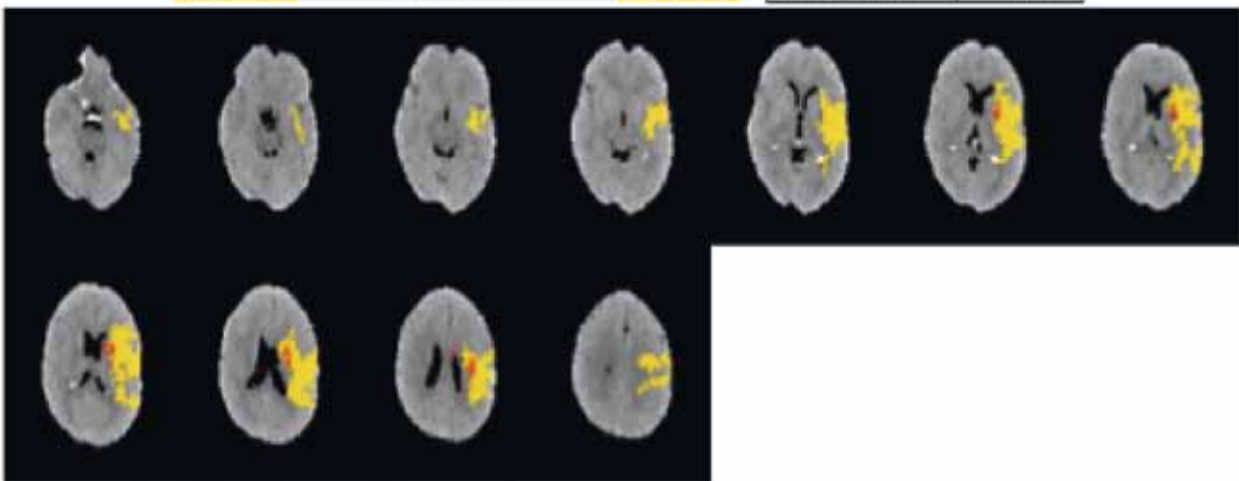
Obr. 6. T2 vážené sekvencie, DWI, ADC mapa a FLAIR. Pacient so subakútnou ischemiou v MRI obraze.



Obr. 7. Oklúzia hornej vetvy M2 ACM vpravo na TOF sekvenciách.



VOLUME 1	rIBF < 40.0 % & sTMAX > 2.0 s	4.24 cc	Mismatch ratio	16.17
VOLUME 2	sTMAX > 6.0 s	68.50 cc	Relative mismatch	93.82 %



Obr. 8. E-stroke suite s hodnotením eASPECTS, kolaterálneho riečiska a CT perfúzie.