

Akutní léčba ischemické cévní mozkové příhody – mechanická trombektomie

MUDr. Kateřina Vališ^{1*}, MUDr. Petra Cimflová^{1,2*}, doc. MUDr. Jiří Vaníček, Ph.D.¹, MUDr. Ondřej Volný, Ph.D.^{2,3,4}

¹Klinika zobrazovacích metod, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně a Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

²Mezinárodní centrum klinického výzkumu Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně (FNUSA-ICRC), Brno

³Neurologická klinika Fakultní nemocnice Ostrava a Lékařské fakulty Ostravské univerzity, Ostrava

⁴Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno

* MUDr. Kateřina Vališ a MUDr. Petra Cimflová se rovnocenně podílely na tvorbě manuskriptu.

V posledních letech zaznamenala léčba ischemických cévních mozkových příhod významný pokrok. Randomizované studie týkající se endovaskulární léčby (EVT) proximálních uzávěrů mozkových tepen v přední mozkové cirkulaci potvrdily jednoznačný efekt mechanické trombektomie na výsledný klinický stav při zachování vysoké bezpečnosti těchto výkonů. Zároveň EVT patří k jedné z neefektivnějších léčebných metod stávající medicíny. V současné době probíhá intenzivní klinický výzkum zaměřený na rozšíření indikačních kritérií endovaskulárních výkonů (prodlužování časového okna, výběr pacientů na základě perfuzního vyšetření, distální uzávěry mozkových tepen, tandemové okluze). V této práci stručně uvádíme výsledky randomizovaných studií, jejich klinickou relevanci, současně platná indikační kritéria EVT a trendy ve výzkumu.

Klíčová slova: mechanická trombektomie, endovaskulární léčba, cévní mozková příhoda.

Acute therapy of ischemic stroke – news in mechanical thrombectomy

The treatment of acute stroke has undergone dramatic changes in last few years. Randomized controlled trials have demonstrated safety and efficacy of endovascular therapy (EVT) in patients with proven proximal anterior circulation occlusion/s. It represents one of the most effective treatment methods of current medicine. There is an ongoing intensive clinical research focused on the broadening of EVT indication criteria (extending the time window of EVT procedures, CT perfusion-based patient selection, EVT of more distal occlusions, treatment of tandem occlusions). We briefly summarize the results of EVT randomized controlled trials, their clinical relevance, current EVT indication criteria and selected trends in the EVT research.

Key words: mechanical thrombectomy, endovascular treatment, ischemic stroke.

Úvod

Cévní mozková příhoda (CMP) je druhou nejčastější příčinou úmrtí v Evropě (Norrving et al., 2018; Bruthans, 2019), v České republice (ČR) si také drží přední příčku v příčinách úmrtí a morbidit. I přesto, že se mortalita na CMP v ČR postupně snižuje, bude CMP minimálně v následujících letech představovat závažný problém, a to zejména díky stárnutí populace (Norrving et al., 2018).

Společně s intravenózní trombolýzou (IVT) představuje endovaskulární terapie (EVT) stan-

dard léčby ischemické CMP vzniklé na podkladě uzávěru velké (proximální) mozkové tepny (za velkou tepnu se považuje intrakraniální segment vnitřní karotické tepny, M1 nebo M2 segment střední mozkové tepny nebo uzávěr bazilární tepny) (Powers et al., 2019).

V národním i mezinárodním měřítku je patrný nárůst počtu intervenčních výkonů a ČR se řadí na čelní evropské příčky v počtu provedených EVT na 1 000 ischemických CMP (např. v roce 2016 bylo provedeno 1 053 EVT, tzn. že

více než 5 % pacientů s CMP bylo v tomto roce léčeno EVT), což mj. odráží dobrou organizaci péče o pacienty s podezřením na CMP. Nicméně narůstající počty výkonů a rozšiřování indikačních kritérií EVT vedou ke zvýšeným personálním i logistickým nárokům, kterým bude potřeba rovněž věnovat pozornost, a to i s ohledem na zvýšené riziko syndromu vyhoření u lékařů zapojených do terapie CMP (Bundy et al., 2019).

Tato práce přibližuje vývoj endovaskulární terapie v terapii CMP (jsou shrnuty výsledky



KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORKY:

MUDr. Kateřina Vališ, katerina.valis@fnusa.cz

Klinika zobrazovacích metod, FNUSA, Pekařská 53, 656 91 Brno

Cit. zkr: Neurol. praxi 2020; 21(3): 191–196

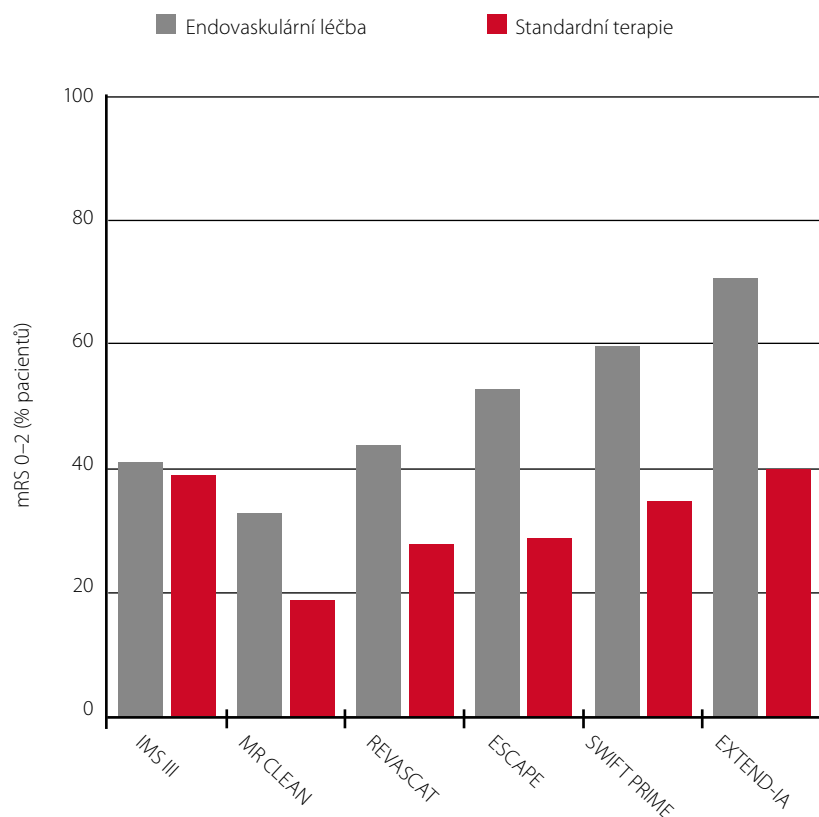
Článek přijat redakcí: 2. 3. 2020

Článek přijat k publikaci: 30. 3. 2020

Tab. 1. Kritéria jednotlivých randomizovaných studií publikovaných v roce 2015

	Časové okno/hod.	Věk	Vstupní NIHSS	Detekce uzávěru	Hodnocení časných ischemických změn	Systémová trombolýza
MR CLEAN	6	23–96	2	CTA, MRA, DSA	ASPECTS	87 %
ESCAPE	12	Bez omezení	6	CTA	ASPECTS > 6 + hodnocení kolaterál pomocí multifázické CTA	73 %
EXTEND-IA	6	Bez omezení	Bez omezení	CTA	CT perfuze (MR perfuze nebo MR-DWI)	100 %
SWIFT PRIME	6	18–80	8	CTA, MRA	CT nebo MR-DWI	100 %
REVASCAT	8	18–80	6	CTA, MRA	ASPECTS	68 %

Obr. 1. Benefit endovaskulární terapie oproti standardní terapii u pacientů s CMP v předním povodí dle výsledků jednotlivých randomizovaných studií (IMS III, MR CLEAN, REVASCAT, ESCAPE, SWIFT-PRIME, EXTEND-IA); je patrný jasný prospěch EVT ve všech studiích s výjimkou IMS III, která však měla mnohé limitace, a právě na základě této studie byly naplánovány studie následující, jež po eliminaci daných limitací prokázaly jednoznačný benefit mechanické trombektomie



zásadních klinických studií), současná indikační kritéria endovaskulárních výkonů, dále jsou stručně zmíněny probíhající a plánované studie.

Vývoj endovaskulární terapie

Až do roku 2014 byla IVT jedinou prospěšnou terapií akutního mozkového infarktu. Kompletní rekanalizace je však touto metodou dosaženo jen u jedné pětiny pacientů s uzávěrem proximální tepny (Bhatia et al., 2010). Rekanalizace po podání IVT je závislá na délce trombu, jeho permeabilitě a lokalizaci uzávěru (s nižším efektem při uzávěru karotické či bazilární tepny) (Mishra et al., 2014).

EVT byla využívána v léčbě CMP již před 20 lety na základě empirického předpokladu, že rekanalizace vede k lepší prognóze. V počátcích bylo základem EVT podání intra-arteriální trombolýzy (IAT) aplikované mikrokatectrem přímo do blízkosti uzávěru tepny. Studie PROACT a PROACT II demonstrovaly přínos intra-arteriálně podané pro-urokinázy s dosažením rekanalizace u 66 % pacientů oproti 18 % pacientů v kontrolní skupině a s dobrým klinickým výsledkem definovaným pomocí modifikované Rankinovy škály (mRS) 0–2 u 40 % pacientů ve srovnání s 25 % v kontrolní skupině (del Zoppo et al., 1998; Furlan et al., 2003). Nicméně IAT nebyla schválena FDA (Food and Drug Administration)

jako metoda první volby pro chybějící studie, které by výsledky potvrdily (Meyers et al., 2011). Nicméně její podání je při kontraindikaci podání celkové IVT v indikovaných případech možné do 6 hodin od vzniku příznaků (Powers et al., 2019).

Následoval vývoj první generace extraktorů pro mechanickou trombektomii (MT), kterou reprezentoval MERCI retriever ve tvaru vývrtky nebo CATCH extraktor ve tvaru košíku. Druhou generaci instrumentária představoval aspirační systém Penumbra, který fungoval na podkladě aspirace a extrakce. Systém sestával ze separátoru, reperfučního katétru a extrakčního kroužku. Aspirace trombu se prováděla za současné manipulace separátorem tak, aby nedocházelo k ucpání mikrokatectru odsávanými fragmenty trombu. Pokud byl po aspiraci v lumen tepny reziduální trombus, extrakční kroužek sloužil k tomu, aby byl trombus nasměrován do katétru a následně extrahován.

Třetí generací jsou tzv. stent-retrievery, samo-expandibilní stenty (např. Solitaire, Trevo), které je možné v případě neúspěšné první pasáže a extrakce opakovaně zavést. Principem je zavedení stent-retrieveru do místa uzávěru a zachycení vlastního okluzivního trombembolu do ok či otevřených košíků rozvinutého stentu a jeho extrakce.

Současně s vývojem instrumentária pro MT byly publikovány i první studie jako MERCI, MULTI MERCI či Penumbra Pivotal Stroke Trial (Smith et al., 2005, 2008; Avenue, 2009) hodnotící přínos MT u pacientů léčených do 8 hodin od vzniku příznaků CMP. Tyto studie však měly pouze experimentální skupinu pacientů a výsledky byly srovnávány s historickými kontrolami. Přesto však studie MERCI a MULTI MERCI ukázaly, že pacienti s úspěšnou rekanalizací měli prokazatelně vyšší šanci na dobrý klinický výsledek (Boyle et al., 2017).

V roce 2013 byly publikovány výsledky tří očekávaných randomizovaných studií (IMS III – Interventional Management of Stroke III, SYNTHESIS – Intra-arterial versus Systemic Thrombolysis for Acute Ischemic Stroke, MR RESCUE – Magnetic Resonance and Recanalization of Stroke Clots Using Embolectomy) (Broderick et al., 2013; Ciccone et al., 2013; Kidwell et al., 2013), které měly definitivně prokázat efekt MT v léčbě CMP. Tyto studie však jednoznačný přínos MT nepotvrdily a otřásly přesvědčením, že je EVT u akutní CMP

Tab. 2. Kritéria randomizovaných studií DAWN a DEFUSE 3

	Časové okno/hod.	Věk	Vstupní NIHSS	Ischemic core volume, CTP rapid analýza
DAWN	6–24	< 80 < 80 > 80	≥ 10 > 20 ≥ 10	< 30 ml 30–51 ml < 20 ml
DEFUSE 3	6–16	18–90		< 70 ml, penumbra > 15 ml, perfusion mismatch > 1,8

Tab. 3. Výsledky randomizovaných studií DAWN a DEFUSE 3

	Intervenční skupina/ celkový počet pacientů	MRS 0–2 Po 3 měsících, intervenční × kontrolní skupina	Mortalita po 3 měsících, intervenční × kontrolní skupina
DAWN	107/206	49 × 13 %	13 × 18 %
DEFUSE 3	92/182	45 × 17 %	14 × 26 %

prospěšná. K negativním výsledkům vedlo hned několik metodologických limitací – u pacientů nebylo standardem v rámci vstupního zobrazení provedení CT angiografie (CTA) k průkazu uzávěru velké tepny (např. více než 50 % pacientů v IMS III nemělo v rámci vstupního neurozobrazení provedenu CTA), nebyli vyloučeni pacienti s rozsáhlými ischemickými změnami, od randomizace k rekanalizaci byla dlouhá časová prodleva a chyběla standardizace techniky EVT (stent-retrievery byly použity jen u malého počtu pacientů).

Na základě těchto poznatků byly naplánovány nové randomizované studie, jejichž výsledky byly publikovány v roce 2015. Jednalo se o studie MR CLEAN, ESCAPE, SWIFT PRIME, EXTEND-IA a REVASCAT (Berkhemer et al., 2014; Goyal et al., 2015; Saver et al., 2015; Campbell et al., 2015; Ribo et al., 2016). Tyto studie studovaly efekt EVT u pacientů s akutní CMP s proximálním uzávěrem v přední mozkové cirkulaci s průkazem viabilní mozkové tkáně na základě vstupních zobrazovacích metod. Základním rozdílem oproti studiím z roku 2013 bylo použití vstupní CTA od oblouku aorty až po vertex k ověření přítomnosti extrahovatelného uzávěru (tabulka 1).

Úspěšnost reperfuze byla hodnocena pomocí mTICI skóre s úspěchem při TICI2b/3, výsledný klinický stav byl hodnocen po 3 měsících modifikovaným Rankinovým skóre (mRS).

Ve všech studiích bylo dosaženo signifikantního rozdílu ve zlepšení klinického stavu pacientů po třech měsících (mRS 0–2 dosáhlo 32 až 71 % u pacientů v EVT skupině oproti 19 až 40 % u pacientů v kontrolní skupině) (obrázek 1), a současně došlo k poklesu mortality. Tyto studie jednoznačně prokázaly benefit a bezpečnost EVT u pacientů s akutní CMP a proximálním uzávěrem v přední mozkové cirkulaci. Výsledky těchto studií byly následně shrnuty v komplexní

meta-analýze HERMES, která analyzovala výsledky 1 283 pacientů (Goyal et al., 2016) a demonstrovala, že EVT patří k jedné z nejefektivnějších metod léčby současné medicíny, kdy počet pacientů, které je nutné léčit, aby došlo ke zlepšení deficitu vyjádřeném zlepšením mRS alespoň o 1 bod [tzv. number needed to treat – NNT] se rovnal 2,6 pacientům; NNT k záchraně jednoho pacienta se při použití stent-retrieveru rovná 8 (Church et al., 2017) (pro srovnání v kardiologii se toto číslo pro perkutánní léčbu akutního infarktu myokardu pohybuje kolem 20 (Zahn et al., 2001)).

Indikace k MT

Nejenom, že výše zmíněné studie prokázaly úspěšnost a bezpečnost MT u pacientů s akutní CMP a s uzávěrem proximální mozkové tepny v přední cirkulaci, ale nastavily také konsenzus týkající se indikací k provádění endovaskulárních výkonů.

Do 6 hodin od vzniku příznaků CMP je pro selekci pacientů k MT dostatečné provedení CT (zhodnocení skóre ASPECTS) a CTA k průkazu uzávěru proximální tepny v přední mozkové cirkulaci – detailní popis metodiky hodnocení skóre ASPECTS publikovaný autory tohoto sdělení (Cimflova et al., 2019). Pro provádění MT v zadním povodí nejsou k dispozici randomizovaná data. Dá se ale předpokládat, že prospěšnost rekanalizace v zadním povodí bude obdobná, jako v přední cirkulaci. Aktuálně se k EVT v zadním povodí přistupuje jako k metodě „*ultimum refugium*“. Indikováni by měli být pacienti do 24 hodin od vzniku příznaků s uzávěrem distální vertebrální tepny nebo s prokázaným uzávěrem bazilární tepny a s příznivým nálezem na zobrazení mozku a CTA vyšetření (Volný et al., 2016).

S prováděním a narůstajícím počtem MT u indikovaných pacientů samozřejmě narůstá i množství otázek, které je nutné zodpovědět.

Všeobecně se jedná o problematiku rozšiřování indikačních kritérií. Studie DAWN a DEFUSE 3 (Nogueira et al., 2018; Albers et al., 2018) publikované v roce 2018 se zabývaly účinností MT u pacientů s CMP se vznikem příznaků před více než šesti hodinami. V obou studiích bylo využito CT perfuzní (CTP) analýzy, u studie DEFUSE 3 i analýzy pomocí MR difuze a perfuze. Pacienti byli indikováni k EVT na základě průkazu viabilní tkáně (tzv. ischemické penumbry) a poměrně malého jádra ischemie (tzv. core – předpokládané nevratně ischemicky poškozené mozkové tkáně) (tabulka 2).

Výsledky těchto studií taktéž prokázaly benefit MT u pacientů s okluzí velké tepny v předním povodí v prodlouženém časovém okně (6 až 24 hodin od vzniku příznaků) (tabulka 3).

Současné trendy a směry výzkumu

Po zodpovězení otázek ohledně efektu a bezpečnosti EVT u léčby akutní CMP je další snahou zkracovat čas od vzniku příznaků do otevření tepny. Ten je možné redukovat na několika úrovních.

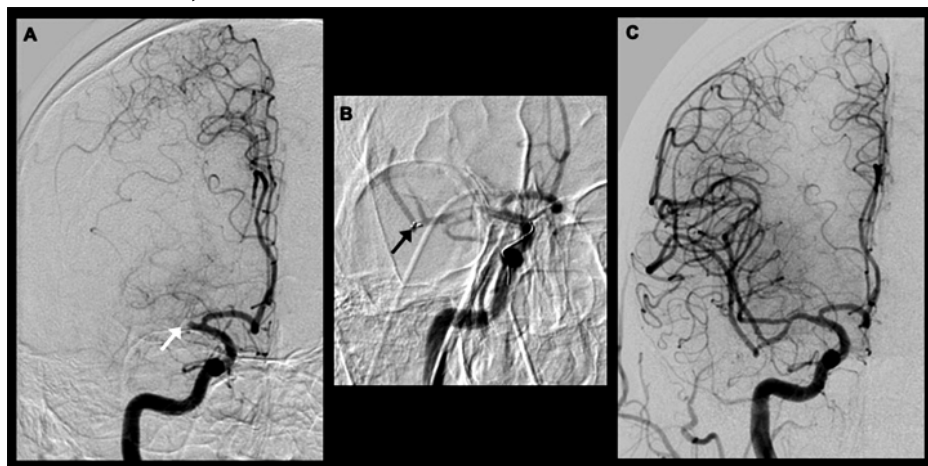
Jednak se pracuje na zlepšování vlastní techniky mechanické trombektomie. Krom dosažení téměř kompletní resp. kompletní reperfuze (TICI 2c a 3) v co nejkratším čase se jedná o dosažení rekanalizace během první extrakce (tzv. „first pass effect“). Dosažení kompletní rekanalizace/reperfuze při první extrakci představuje nezávislý prediktor výsledného klinického stavu (Zaidat et al., 2018). K bezpečnému a rychlému dosažení „first pass effect“ přispívá například standardní používání balonkového guiding katétru (BCG), správná pozice stent-retrieveru, využití dvojité aspirace zároveň z distálního aspiračního katétru (DAC) i z BCG, zvýšení aspirační síly z DAC předchozím vytažením mikrokatetru a ponecháním jen vlastního stent-retrieveru, extrakce celého systému stent-retrieveru a DAC v jedné době (Ospel et al., 2019). Současně s vyvíjející se technikou přicházejí na trh také nové stent-retrievery (tzv. čtvrtá generace) a DAC s větším vnitřním lumenem pro dosažení efektivnější aspirace (např. Penumbra JET7, Sofia Plus). Nová generace stent-retrieverů (např. EmboTrap, NeVa, Solitaire Platinum) cílí právě na dosažení plné rekanalizace během první extrakce, a to i těch trombů, které jsou bohaté na fibrin a jejich extrakce je technicky obtížnější (Girdhar et al., 2019; Zaidat et al., 2018).

Tab. 4. Nezodpovězené otázky v rámci endovaskulární léčby CMP 2020

	Rozezí	Problém	Připravované studie
Logistika	Drip & Ship, Mothership	Logistika	RACECAT
Čas	0–6 h, 6–16 h, 16–24 h	Pozdní příjezd	-
NIHSS	0–5, 5–10, 10–20, 20–42	Nízké NIHSS	IN EXTREMIS, EndoLow
Uzávěr	ICA, M1, M2, BA	Zadní cirkulace	BASICS
ASPECTS	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	Velké core	TENSION, TESLA, IN EXTREMIS
IV tPA	+ IV tPA, -IV tPA		SWIFT-DIRECT, MR CLEAN NO IV, DIRECT MT
Anestezie	Lokální, celková, sedace	Typ použité anestezie	SEGA, GASS, AMETIS, CANVAS
Endovaskulární metoda	Stent retriever, aspirace, SR + aspirace		ASTER2, COMPASS
Přidatná terapie	NA1, chlazení, kyslík		ESCAPE NA1*, pROOF

* Výsledky ESCAPE-NA1 byly aktuálně publikovány v Lancet v únoru 2020

Obr. 2. Mechanická trombektomie, DSA snímky; pacient s uzavěrem proximální a. cerebri media (A, bílá šipka), při rozvinutém stent-retrieveru (B, černá šipka označuje distální marker stent-retrieveru) patrný obnovený tok přes uzavřený segment; po extrakci stent-retrieveru (C) plná rekanalizace teritoria a. cerebri media; snímky z databáze FNUSA



Se zkracováním času souvisí také organizace péče. Jednak v daném centru (zahrnuje cévní neurology, intervenční radiology, také anesteziology, radiologické asistenty a nelékařský personál), ale zejména management pacienta v přednemocniční péči. Měli by pacienti s podezřením na akutní CMP být transportováni do nejbližšího iktového centra k IVT primárně a až následně do centra vysoce specializované cerebrovaskulární péče k MT (dříve komplexní cerebrovaskulární centra) – tzv. „drip and ship“ model, nebo by měli být transportováni rovnou do centra vysoce specializované cerebrovaskulární péče – tzv. „mothership“ model?

Uvažujeme-li o IVT samotné, potom pacienti transportováni do nejbližšího iktového centra mají vyšší šanci dosažení rekanalizace uzavřených segmentů distální M1 a M2 než ti, kteří jsou transportováni rovnou do center vysoce specializované cerebrovaskulární péče, a to zejména díky včasnému podání IVT (Mueller et al., 2017).

U pacientů transportovaných rovnou do centra vysoce specializované cerebrovaskulární

péče může být dosaženo rekanalizace dříve než u skupiny pacientů, kteří byli prvně transportováni do iktového centra. Studie SWIFT PRIME vypočítala toto zpoždění až na 2,5 hodiny. Pokud je toto zpoždění eliminováno, pak šance na dobrý klinický výsledek roste ze 30 % na 80 % (Mueller et al., 2017; Goyal et al., 2016). Zda budou pacienti profitovat z transportu „ship and drip“ nebo „mothership“, možná odpoví připravovaná randomizovaná studie RACECAT (Abilleira et al., 2019).

Dalším faktorem, který ovlivňuje výsledný klinický stav pacienta po MT, je úroveň útlumu vědomí pacienta, sedace versus celková anestezie. Výhodou celkové anestezie je imobilizace pacienta a protekce dýchacích cest. Za nevýhodu je možné považovat zpoždění intervence a ovlivnění hemodynamiky s rizikem hypotenze při uvádění do celkové anestezie. Stabilní hemodynamika je naopak považována za určitou výhodu sedace, spolu s kratším časem přípravy pacienta. Nevýhodou sedace jsou nezajištěné

dýchací cesty a pohyby v průběhu EVT u omezeně spolupracujícího pacienta (např. s percepční fatikou poruchou). Bylo publikováno několik retrospektivních studií (Abou-Chebl et al., 2015; Berkhemer et al., 2016; van den Berg et al., 2015; Davis et al., 2012; Jumaa et al., 2010) a tři randomizované studie – SIESTA, ANSTROKE a GOLIATH (Schönenberger et al., 2016; Löwhagen et al., 2017; Simonsen et al., 2018) s protichůdnými výsledky (Schönenberger et al., 2019), proto jsou očekávány výsledky probíhajících studií (SEGA, GASS, AMETIS, CANVAS), které by měly přinést jasnou odpověď, u kterých pacientů preferovat sedaci a u kterých naopak celkovou anestezii.

Předmětem diskuzí nadále zůstávají hraniční indikace pacientů k MT, např. benefit EVT u pacientů s pokročilými časnými ischemickými změnami na vstupním zobrazení (ASPECTS skóre < 6) anebo benefit EVT u pacientů s nízkým neurologickým deficitem (definován jako NIHSS [National Institutes of Health Stroke Scale] < 6). Aktuálně probíhající studie TENSION, TESLA a IN EXTREMIS – LASTE studují efekt EVT u pacientů s nízkým ASPECTS skóre. Na efekt EVT u pacientů s nízkým neurologickým deficitem a prokázaným proximálním uzavěrem budou zaměřeny studie IN EXTREMIS – MOSTE a EndoLow. Přehled aktuálně probíhajících studií je uveden v tabulce 4.

Nově byly publikovány výsledky studie ESCAPE-NA1 (Hill et al., 2020), která se zabývala efektem neuroprotektivní terapie při EVT. Výsledky této studie ukázaly benefit podání neuroprotektivní látky nerinetidu (NA1) ve skupině pacientů, kteří podstoupili EVT, ale nebyla jim podána IVT. V této skupině došlo k absolutnímu rozdílu v klinickém stavu vyjádřeném 90denním mRS 0–2 o 9,5 % ve prospěch NA1 a k 7,5 % poklesu absolutního rizika mortality v experimentální skupině oproti placebo. Celkově však efekt podání NA1 při současné EVT nebyl prokázán. Následná analýza ozeřejmila, že IVT interaguje s NA1 a část aktivní látky je trombolýzou spotřebována. Výsledky této studie jsou příslibem možného využití neuroprotektivní léčby.

Perspektivy endovaskulární terapie

Dá se očekávat, že s přibývajícími důkazy o prospěchu MT v léčbě pacientů s akutní CMP se počty pacientů indikovaných k EVT budou i nadále zvyšovat.

Se zlepšujícím se instrumentáři i s narůstajícími zkušenostmi intervenčních lékařů přibývá pacientů léčených endovaskulárně i v případě distálněji lokalizovaných uzávěrů (M2 segment střední mozkové tepny, uzávěry přední či zadní mozkové tepny). V případě, že instrumentárium pro endovaskulární výkon není možné zavést přes uzávěr tepny (limitace délkou instrumentária zejména u distálně lokalizovaných uzávěrů či při výrazné vinutosti tepen), znovu se do managementu terapie vrací aplikace IAT. Přestože zatím není stanovený jednotný standardizovaný postup, IAT je využívána také v indikovaných případech při okluzi velké tepny, kdy dojde k periprocidurální embolizaci do periferie či do nového teritoria (Kaesmacher et al., 2019).

Nelze opomenout ani průnik robotiky do neurointervenční terapie. V listopadu 2019 tým

z kanadského Toronta provedl první úspěšnou roboticky asistovanou embolizaci intrakraniálního aneuryzmatu (NeuroNewSinternational, 2020) a je jen otázkou času, kdy robotika pronikne i na pole akutní léčby CMP. Výhodou roboticky asistovaného výkonu by byla zejména možnost vzdáleného ovládání, kdy by byl robot umístěn v primárním centru a řídicí panel v centru komplexní péče (anebo v ideálním scénáři v obývacím pokoji lékaře v pohotovostní službě). Odpadla by tak nutnost transportu pacienta a zkrácení doby od vzniku příznaků do rekanalizace (AHA, 2020). Na druhou stranu by musela být v primárním centru zajištěná následná péče, vybavený angiologický sál a dostupný tým, který by pacienta k vlastnímu výkonu připravil.

Dalšími možnostmi, jakými se do budoucna může ubírat diagnostika a léčba pacientů s CMP,

je jejich identifikace již v rámci prvotního kontaktu a s využitím nejmodernějších technologií. Jednou z možností jsou mobilní stroke jednotky (Mason, 2016), eventuálně využití brýlí „Google glass“ (Noorian et al., 2019), které by zprostředkovaly kontakt mezi pacientem v sanitce a neurologem, který by vyhodnotil deficit pacienta a rozhodl o dalším postupu.

Závěr

Endovaskulární léčba akutního mozkového infarktu patří k jedné z neefektivnějších léčebných metod současné medicíny. Klinickými studiemi byl opakovaně prokázán jasný benefit u správně indikovaných pacientů. Narůstající počty prováděných EVT výkonů v ČR kladou zvýšené logistické nároky na organizaci přednemocniční i nemocniční péče.

LITERATURA

1. Abilleira S, Pérez de la Ossa N, Jiménez X, Cardona P, Chocho D, Purroy F, Serena J, Román LS, Urrea X, Vilaró M, Cortés J, González JA, Chamorro Á, Gallofré M, Jovin T, Molina C, Cobo E, Dávalos A, Ribó M. Transfer to the Local Stroke Center versus Direct Transfer to Endovascular Center of Acute Stroke Patients with Suspected Large Vessel Occlusion in the Catalan Territory (RACECAT): Study protocol of a cluster randomized within a cohort trial. *Int J Stroke*. 2019; 14(7): 734–744.
2. Abou-Chebl A, Yeatts SD, Yan B, Bernard Y, Cockroft K, Goyal M, Jovin T, Khatri P, Meyers P, Spilker J, Sugg R, Wartenberg KE, Tomsick T, Broderick J, Hill MD, Yan B. Impact of General Anesthesia on Safety and Outcomes in the Endovascular Arm of Interventional Management of Stroke (IMS) III Trial. *Stroke*. 2015; 46(8): 2142–2148.
3. Albers GW, Marks MP, Kemp S, Christensen S, Tsai JP, Ortega-Gutierrez S, McTaggart RA, Torbey MT, Kim-Tenser M, Leslie-Mazwi T, Sarraj A, Kasner SE, Ansari SA, Yeatts SD, Hamilton S, Mlynash M, Heit JJ, Zaharchuk G, Kim S, Carrozzella J, Palesch YY, Demchuk AM, Bammer R, Lavori PW, Broderick JP, Lansberg MG. Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging. *N Engl J Med* 2018; 378(8): 708–718.
4. Avenue G. The penumbra pivotal stroke trial: safety and effectiveness of a new generation of mechanical devices for clot removal in intracranial large vessel occlusive disease. *Stroke* 2009; 40(8): 2761–2768.
5. Berkhemer OA, Fransen PSS, Beumer D, van den Berg LA, Lingsma HF, Yoo AJ, Schonewille WJ, Vos JA, Nederkoorn PJ, Wermer MJ, van Walderveen MA, Staals J, Hofmeijer J, van Oostayen JA, Lycklama à Nijeholt GJ, Boiten J, Brouwer PA, Emmer BJ, de Bruijn SF, van Dijk LC, Kappelle LJ, Lo RH, van Dijk EJ, de Vries J, de Kort PL, van Rooij WJ, van den Berg JS, van Hasselt BA, Aerden LA, Dallinga RJ, Visser MC, Bot JC, Vroomen PC, Eshghi O, Schreuder TH, Heijboer RJ, Keizer K, Tielbeek AV, den Hertog HM, Gerrits DG, van den Berg-Vos RM, Karas GB, Steyerberg EW, Flach HZ, Marquering HA, Sprengers ME, Jenniskens SF, Beenen LF, van den Berg R, Koudstaal PJ, van Zwam WH, Roos YB, van der Lugt A, van Oostenbrugge RJ, Majoie CB, Dippel DW. A Randomized Trial of Intra-arterial Treatment for Acute Ischemic Stroke. *N Engl J Med*. 2014; 372(1): 141217070022009.
6. Berkhemer OA, van den Berg LA, Fransen PSS, Beumer D, Yoo AJ, Lingsma HF, Schonewille WJ, vanden Berg R, Wermer MJ, Boiten J, Lycklama à Nijeholt GJ, Nederkoorn PJ, Hollmann MW, van Zwam WH, van der Lugt A, van Oostenbrugge RJ, Majoie CB, Dippel DW, Roos YB. The effect of anesthetic management during intra-arterial therapy for acute stroke in MR CLEAN. *Neurology* 2016; 87(7): 656–664.
7. Bhatia R, Hill MD, Shobha N, Menon B, Bal S, Kocher P, Watson T, Goyal M, Demchuk AM. Low Rates of Acute Recanalization With Intravenous Recombinant Tissue Plasminogen Activator in Ischemic Stroke. *Stroke* 2010; 41(10): 2254–2258.
8. Boyle K, Joundi RA, Aviv RI. An historical and contemporary review of endovascular therapy for acute ischemic stroke. *Neurovascular Imaging* 2017; 3(1): 1.
9. Broderick JP, Palesch YY, Demchuk AM, Yeatts SD, Khatri P, Hill MD, Jauch EC, Jovin TG, Yan B, Silver FL, von Kummer R, Molina CA, Demerschalk BM, Budzik R, Clark WM, Zaidat OO, Malisch TW, Goyal M, Schonewille WJ, Mazighi M, Engelter ST, Anderson C, Spilker J, Carrozzella J, Ryckborst KJ, Janis LS, Martin RH, Foster LD, Tomsick TA. Endovascular therapy after intravenous t-PA versus t-PA alone for stroke. *N Engl J Med* 2013; 368(10): 893–903.
10. Bruthans J. Epidemiologie a prognóza cévních mozkových příhod v ČR. *C Jour* 2019; 2(1): 5–8.
11. Bundy JJ, Hage AN, Srinivasa RN, et al. Burnout among Interventional Radiologists. *J Vasc Interv Radiol* 2019; 0(0).
12. Campbell BCV, Mitchell PJ, Kleinig TJ, Dewey HM, Churilov L, Yassi N, Yan B, Dowling RJ, Parsons MW, Oxley TJ, Wu TY, Brooks M, Simpson MA, Miteff F, Levi CR, Krause M, Harrington TJ, Faulder KC, Steinfort BS, Priglinger M, Ang T, Scroop R, Barber PA, McGuinness B, Wijeratne T, Phan TG, Chong W, Chandra RV, Bladin CF, Badve M, Rice H, de Villiers L, Ma H, Desmond PM, Donnan GA, Davis SM. Endovascular Therapy for Ischemic Stroke with Perfusion-Imaging Selection. *N Engl J Med* 2015; 150211090353006.
13. Church EW, Gundersen A, Glantz MJ, Simon SD. Number needed to treat for stroke thrombectomy based on a systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg* 2017; 156: 83–88.
14. Ciccone A, Valvassori L, Nichelatti M, Sgoifo A, Ponzio M, Sterzi R, Boccardi E. Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke. *N Engl J Med* 2013; 368(10): 904–913.
15. Cimflová P, Vališ K, Volný O, Vinklárík J, Haršány M, Mikulík R. Diagnostika ischemických CMP – přehled zobrazovacích metod a jejich využití v praxi. *Česká Radiol*. 2019; 73(3): 150–159.
16. Davis MJ, Menon BK, Baghirzada LB, Campos-Herrera CR, Goyal M, Hill MD, Archer DP. Anesthetic Management and Outcome in Patients during Endovascular Therapy for Acute Stroke. *Anesthesiology* 2012; 116(2): 396–405.
17. del Zoppo GJ, Higashida RT, Furlan AJ, Pessin MS, Rowley HA, Gent M. PROACT: a phase II randomized trial of recombinant pro-urokinase by direct arterial delivery in acute middle cerebral artery stroke. PROACT Investigators. *Stroke* 1998; 29(1): 4–11.
18. Furlan A, Higashida R, Wechsler L, Gent M, Rowley H, Kase C, Pessin M, Ahuja A, Callahan F, Clark WM, Silver F, Rivera F, Furlan A, Higashida R, Wechsler L, Gent M, Rowley H, Kase C, Pessin M, Ahuja A. Intra-arterial Prourokinase for Acute Ischemic Stroke. *JAMA* 1999; 282(21): 2003.
19. Girdhar G, Epstein E, Nguyen K, Gregg C, Kumar T, Wainwright J, Liu A.Y, Linfante I. Longer 6-mm Diameter Stent Retrievers Are Effective for Achieving Higher First Pass Success with Fibrin-Rich Clots. *Interv Neurol* 2019; 8(2–6): 187–195.
20. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, Eesa M, Rempel JL, Thornton J, Roy D, Jovin TG, Willinsky RA, Sapkota BL, Dowlatshahi D, Frei DF, Kamal NR, Montaner WJ, Poppe AY, Ryckborst KJ, Silver FL, Shuaib A, Tampieri D, Williams D, Bang OY, Baxter BW, Burns PA, Choe H, Heo JH, Holmstedt CA, Janowitz B, Kelly M, Linares G, Mandzia JL, Shankar J, Sohn SI, Swartz RH, Barber PA, Coutts SB, Smith EE, Morrish WF, Weill A, Subramaniam S, Mitha AP, Wong JH, Lowerison MW, Sajobi TT, Hill MD. Randomized Assessment of Rapid Endovascular Treatment of Ischemic Stroke. *N Engl J Med* 2015; 372(11): 1019–1030.
21. Goyal M, Jadhav AP, Bonafe A, Diener H, Mendes Pereira V, Levy E, Baxter B, Jovin T, Jahan R, Menon BK, Saver JL. Analysis of Workflow and Time to Treatment and the Effects on Outcome in Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke: Results from the SWIFT PRIME Randomized Controlled Trial. *Radiology* 2016; 279(3): 888–897.
22. Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, Dippel DW, Mitchell PJ, Demchuk AM, Dávalos A, Majoie CB, van der Lugt A, de Miquel MA, Donnan GA, Roos YZ, Bonafe A, Jahan R, Diener HC, van den Berg LA, Levy EI, Berkhemer OA, Pereira VM, Rempel J, Millán M, Davis SM, Roy D, Thornton J, Román LS, Ribó M, Beumer D, Stouch B, Brown S, Campbell BC, van Oostenbrugge RJ, Saver JL, Hill MD, Jovin TG. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: A meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet* 2016; 387(10029).

23. Hill MD, Goyal M, Menon BK, et al. Efficacy and safety of tenecteplase in the treatment of acute ischaemic stroke (ESCAPE-NA1): a multicentre, double-blind, randomised controlled trial. *Lancet* (London, England) 2020; 0(0).
24. Juma MA, Zhang F, Ruiz-Ares G, Gelzinis T, Malik AM, Aleu A, Oakley JJ, Jankowitz B, Lin R, Reddy V, Zaidi SF, Hammer MD, Wechsler LR, Horowitz M, Jovin TG. Comparison of Safety and Clinical and Radiographic Outcomes in Endovascular Acute Stroke Therapy for Proximal Middle Cerebral Artery Occlusion With Intubation and General Anesthesia Versus the Nonintubated State. *Stroke* 2010; 41(6): 1180–1184.
25. Kaesmacher J, Bellwald S, Dobrocky T, Meinel TR, Piechowiak EI, Goeldlin M, Kurmann CC, Heldner MR, Jung S, Mordasini P, Arnold M, Mosimann PJ, Schroth G, Mattle HP, Gralla J, Fischer U. Safety and Efficacy of Intra-arterial Urokinase After Failed, Unsuccessful, or Incomplete Mechanical Thrombectomy in Anterior Circulation Large-Vessel Occlusion Stroke. *JAMA Neurol.* 2019; 77(3): 318–326.
26. Kidwell CS, Jahan R, Gornbein J, Alger JR, Nenov V, Ajani Z, Feng L, Meyer BC, Olson S, Schwamm LH, Yoo AJ, Marshall RS, Meyers PM, Yavagal DR, Wintermark M, Guzy J, Starkman S, Saver JL. A trial of imaging selection and endovascular treatment for ischemic stroke. *N Engl J Med.* 2013; 368(10): 914–923.
27. Löwhagen Hendén P, Rentzos A, Karlsson J-E, Rosengren L, Leiram B, Sundeman H, Dunker D, Schnabel K, Wikholm G, Hellström M, Ricksten SE. General Anesthesia Versus Conscious Sedation for Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke. *Stroke.* 2017; 48(6): 1601–1607.
28. Mason J. Mobile Stroke Units for Prehospital Care of Ischemic Stroke. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2016.
29. Meyers PM, Schumacher HC, Connolly ES, Heyer EJ, Gray W, Higashida RT. Current status of endovascular stroke treatment. *Circulation* 2011; 123(22): 2591–2601.
30. Mishra SM, Dykeman J, Sajobi TT, Trivedi A, Almekhlafi M, Sohn SI, Bal S, Qazi E, Calleja A, Eesa M, Goyal M, Demchuk AM, Menon BK. Early Reperfusion rates with IV tPA Are determined by CTA clot characteristics. *Am J Neuroradiol* 2014; 35(12): 2265–2272.
31. Mueller L, Pult F, Meisterer J, Heldner MR, Mono ML, Kurmann R, Buehlmann M, Fischer U, Mattle HP, Arnold M, Mordasini P, Gralla J, Schroth G, El – Koussy M, Jung S. Impact of intravenous thrombolysis on recanalization rates in patients with stroke treated with bridging therapy. *Eur J Neurol* 2017; 24(8): 1016–1021.
32. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, Bonafe A, Budzik RF, Bhuva P, Yavagal DR, Ribo M, Cognard C, Hanel RA, Sila CA, Hassan AE, Millan M, Levy EI, Mitchell P, Chen M, English JD, Shah QA, Silver FL, Pereira VM, Mehta BP, Baxter BW, Abraham MG, Cardona P, Veznedaroglu E, Hellinger FR, Feng L, Kirmani JF, Lopes DK, Jankowitz BT, Frankel MR, Costalat V, Vora NA, Yoo AJ, Malik AM, Furlan AJ, Rubiera M, Aghaebrahim A, Olivot JM, Tekle WG, Shields R, Graves T, Lewis RJ, Smith WS, Liebeskind DS, Saver JL, Jovin TG. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. *N Engl J Med* 2018; 378(1): 11–21.
33. Noorian AR, Bahr Hosseini M, Avila G, Gerardi R, Andrie AF, Su M, Starkman S, Saver JL, Sharma LK. Use of Wearable Technology in Remote Evaluation of Acute Stroke Patients: Feasibility and Reliability of a Google Glass-Based Device. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019; 28(10): 104258.
34. Norrving B, Barrick J, Davalos A, Dichgans M, Cordonnier CH, Guekht A, Kutluk K, Mikulik R, Wardlaw J, Richard E, Nabavi D, Molina C, Bath PH, Stibrant SK, Rudd A, Drummond A, Planas A, Caso V. Action Plan for Stroke in Europe 2018–2030. *Eur Stroke J.* 2018; 3(4): 309–336.
35. Ospel JM, Volny O, Jayaraman M, McTaggart R, Goyal M. Optimizing fast first pass complete reperfusion in acute ischemic stroke – the BADDASS approach (BALloon guiDe with large bore Distal Access catheter with dual aspiration with Stent-retriever as Standard approach). *Expert Rev Med Devices* 2019; 16(11): 955–963.
36. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, Biller J, Brown M, Demaerschalk BM, Hoh B, Jauch EC, Kidwell CS, Leslie-Mazwi TM, Ovbiagele B, Scott PH, Sheth KN, Southerland AM, Summers DV, Tirschwell DL. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2019; 50(12): E344–E418.
37. Ribo M, Molina CA, Cobo E, Cerdà N, Tomasello A, Quesada H, De Miquel MA, Millan M, Castaño C, Urra X, Sanroman L, Dávalos A, Jovin T. Association Between Time to Reperfusion and Outcome Is Primarily Driven by the Time From Imaging to Reperfusion. *Stroke* 2016; 47(4): 999–1004.
38. Saver JL, Goyal M, Bonafe A, Diener HC, Levy EI, Pereira VM, Albers GW, Cognard C, Cohen DJ, Hacke W, Jansen O, Jovin TG, Mattle HP, Nogueira RG, Siddiqui AH, Yavagal DR, Baxter BW, Devlin TG, Lopes DK, Reddy VK, du Mesnil de Rochemont R, Singer OC, Jahan R. Stent-Retriever Thrombectomy after Intravenous t-PA vs. t-PA Alone in Stroke. *N Engl J Med* 2015; 372(24): 2285–2295.
39. Schönenberger S, Hendén PL, Simonsen CZ, Uhlmann L, Klose C, Pfaff JAR, Yoo AJ, Sørensen LH, Ringleb PA, Wick W, Kieser M, Möhlenbruch MA, Rasmussen M, Rentzos A, Bösel J. Association of General Anesthesia vs Procedural Sedation With Functional Outcome Among Patients With Acute Ischemic Stroke Undergoing Thrombectomy. *JAMA* 2019; 322(13): 1283.
40. Schönenberger S, Uhlmann L, Hacke W, Schieber S, Mundiyanapath S, Purruker JC, Nagel S, Klose C, Pfaff J, Bendysz M, Ringleb PA, Kieser M, Möhlenbruch MA, Bösel J. Effect of Conscious Sedation vs General Anesthesia on Early Neurological Improvement Among Patients With Ischemic Stroke Undergoing Endovascular Thrombectomy. *JAMA* 2016; 316(19): 1986.
41. Simonsen CZ, Yoo AJ, Sørensen LH, Juul N, Johnsen SP, Andersen G, Rasmussen M. Effect of General Anesthesia and Conscious Sedation During Endovascular Therapy on Infarct Growth and Clinical Outcomes in Acute Ischemic Stroke. *JAMA Neurol* 2018; 75(4): 470.
42. Smith WS, Sung G, Starkman S, Saver JL, Kidwell CS, Gobin YP, Lutsep HL, Nesbit GM, Grobelny T, Rymer MM, Silverman IE, Higashida RT, Budzik RF, Marks MP. Safety and efficacy of mechanical embolectomy in acute ischemic stroke: results of the MERCI trial. *Stroke* 2005; 36(7): 1432–1438.
43. Smith WS, Sung G, Saver J, Budzik R, Duckwiler G, Liebeskind DS, Lutsep HL, Rymer MM, Higashida RT, Starkman S, Gobin YP, Frei D, Grobelny T, Hellinger F, Huddle D, Kidwell C, Koroshetz W, Marks M, Nesbit G, Silverman IE. Mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: final results of the Multi MERCI trial. *Stroke* 2008; 39(4): 1205–1212.
44. van den Berg LA, Koelman DLH, Berkhemer OA, Rozeboom AD, Franssen PSS, Beumer D, Dippel DW, van der Lugt A, van Oostenbrugge RJ, van Zwam WH, Brouwer PA, Jenniskens S, Boiten J, Lycklama à Nijeholt GA, Vos JA, Schonewille WJ, Majoie CBM, Roos YBWEM. Type of Anesthesia and Differences in Clinical Outcome After Intra-Arterial Treatment for Ischemic Stroke. *Stroke* 2015; 46(5): 1257–1262.
45. Volný O, Krajina A, Bar M, Herzog R, Šaňák D, Tomek A, Školoudík D, Charvát F, Václavík D, Neumann J, Škoda A, Mikulík R. Výsledky intervenčních studií MR CLEAN, ESCAPE, SWIFT PRIME, EXTEND-IA, REVASCAT. ČSN. 2016; 79(1): 100–110.
46. Zahn R, Schiele R, Schneider S, Gitt AK, Wienbergen H, Seidl K, Voigtländer T, Gottwik M, Berg G, Altmann E, Rosahl W, Senges J. Primary angioplasty versus intravenous thrombolysis in acute myocardial infarction: can we define subgroups of patients benefiting most from primary angioplasty? Results from the pooled data of the maximal individual therapy in acute myocardial infarction registry and the myocardial infarction registry. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37(7): 1827–1835.
47. Zaidat OO, Bozorgchami H, Ribó M, Saver JL, Mattle HP, Chapot R, Narata AP, Francois O, Jadhav AP, Grossberg JA, Riedel CH, Tomasello A, Clark WM, Nordmeyer H, Lin E, Nogueira RG, Yoo AJ, Jovin TG, Siddiqui AH, Bernard T, Claffey M, Andersson T. Primary Results of the Multicenter ARISE II Study (Analysis of Revascularization in Ischemic Stroke With EmboTrap). *Stroke* 2018; 49(5): 1107–1115.
48. Zaidat OO, Castonguay AC, Linfante I, Gupta R, Martin CO, Holloway WE, Mueller-Kronast N, English JD, Dabus G, Malisch TW, Marden FA, Bozorgchami H, Xavier A, Rai AT, Froehner MT, Badruddin A, Nguyen TN, Taqi MA, Abraham MG, Yoo AJ. First pass effect: A new measure for stroke thrombectomy devices. *Stroke* 2018; 49(3): 660–666.
49. American Heart Association. "Surgeons successfully treat brain aneurysms using a robot." *ScienceDaily*. ScienceDaily, 21 February 2020 <www.sciencedaily.com/releases/2020/02/202002160731.htm>.
50. Neuronewsinternational. World's first robotic-assisted aneurysm coiling has been performed using Corindus' CorPath GRX system. <https://neuronewsinternational.com/first-robotic-neurointervention/>. Published 2020. Accessed.