proLékaře.cz | 13.7.2025



# Hodnocení cerebrovaskulární rezervní kapacity po EC-IC bypassu pomocí TCD

## An Assessment of Cerebrovascular Reserve Capacity after EC-IC Bypass with TCD


### Souhrn

*Cíl:* Vyhodnotit stav cerebrovaskulární rezervní kapacity (CVRC) za tři měsíce po provedení extra-intrakraniálního (EC-IC) bypassu srovnáním s referenční skupinou hemodynamicky nekompromitovaných pacientů a posoudit vliv angiografického stupně plnění bypassu na výslednou CVRC. *Soubor a metodika:* V letech 2005–2006 bylo provedeno 18 EC-IC bypassů z indikace hemodynamické ischemie. Základní metodou pro vyšetření CVRC bylo dopplerometrické (TCD) vyšetření střední mozkové arterie (ACM). Vazomotorickou zátěží byla směs 7,5% $CO_2$ a 92,5% $O_2$, k výpočtu jsme využívali Ringelsteinovu techniku. Referenční skupinu tvořilo 12 dobrovolníků. Korelující vyšetřovací metodou bylo perfuzní CT. Během hospitalizace korelujeme průchodnost bypassu pomocí TCD a standardně pomocí DSA, angiografickou funkčnost jsme hodnotili podle Schmiedeka stupněm 0–3. Perioperační mortalita a významná mortalita byla nulová. *Výsledky:* DSA provedená časně po operaci potvrdila průchodnost všech bypassů, plnění prvního stupně dosáhli tři pacienti (17 %), druhého stupně pět pacientů (28 %), třetího stupně 10 nemocných (56 %). Průměrný procentuální nárůst $V_{mean\ ACM}$ činil 36 % oproti 10 % před operací. Medián zvýšení $V_{mean\ ACM}$ při inhalaci $CO_2$ u bypassů stupně plnění 1 bylo o 39 % s SD 9,6; pro stupeň 2 o 29 % s SD 24,4 a pro stupeň 3 o 29 % s SD 11,8. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl $V_{mean\ ACM}$ při inhalaci $CO_2$ pro jednotlivé stupně angiografického plnění bypassu (p = 0,88). U pacientů časně hodnocených stupněm 1 bylo s odstupem roku zopakováno DSA, u všech pacientů došlo ke zvýšení průtoku a posunu v hodnocení na stupeň 3. *Závěry:* EC-IC bypass obnovuje CVRC při velmi nízké morbiditě mortalitě výkonu. Primární stupeň angiografického plnění bypassu není definitivní, průtok bypassem se zvyšuje v závislosti na požadavcích perfuze.

### Abstract

*Aim:* To assess the status of cerebrovascular reserve capacity (CVRC) three months after extra-intracranial bypass (EC-IC) when compared to a reference group of hemodynamically non-compromised patients, and to assess the influence of the angiographic level of bypass fulfillment on the resulting CVRC. *Patient group and methods:* In the years 2005 and 2006, 18 EC-IC bypasses were done on patients for hemodynamic ischemia. The basic technique for CVRC testing was a transcranial Doppler test (TCD) of the middle cerebral artery (ACM). The vasomotor load was a mixture of 7.5% $CO_2$ and 92.5% $O_2$; we used the Ringelstein technique for the calculations. The reference group consisted of 12 volunteers. Perfusion CT was used as the correlating test. During hospitalization we correlated bypass flow for TCD and as a standard with DSA. We assessed the angiographic functionality using the Schmiedeke grade of 0–3. Perioperative mortality and significant mortality was non-existent. *Results:* DSA done early after the operation confirmed flow of all the bypasses; 3 patients (17%) achieved the first grade, 5 patients achieved the second grade (28%) and 10 patients achieved grade 3 (56%). The average percentage of $V_{mean\ ACM}$ growth was 36% compared to 10% before the operation. The median of increase in $V_{mean\ ACM}$ upon inhalation of $CO_2$ in grade 1 bypasses was 39% with an SD of 9.6; grade 2 bypasses demonstrated an increase of 29% with an SD of 24.4, while a 29% increase and an SD of 11.8 was demonstrated with grade 3. There was no statistically significant difference in $V_{mean\ ACM}$ upon inhalation of $CO_2$ for individual levels of angiographic achievement of bypasses (p = 0.88). Those patients who were assessed early-on as grade 1 had the DSA repeated a year later; all of these patients experienced an increase in flow and a shift to grade 3. *Conclusion:* EC-IC bypass restores CVRC with a very low rate of morbidity and mortality. The primary level of angiographic achievement of bypass is not definitive. A bypass increases flow in relation to perfusion demands.



M. Sameš[1], R. Bartoš[1], P. Vachata[1], A. Zolal[1], F. Cihlář[2], M. Derner[2], V. Pavlov[2]

[1] Neurochirurgická klinika, UJEP a Krajská zdravotní a.s., Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.
[2] Radiodiagnostické oddělení, Krajská zdravotní a.s., Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.

✉ doc. MUDr. Martin Sameš, CSc.
Neurochirurgická klinika
Masarykova nemocnice
Sociální péče 12A
401 13 Ústí nad Labem-Bukov
e-mail: martin.sames@mnul.cz



Přijato k recenzi: 13. 1. 2009
Přijato do tisku: 25. 5. 2009

### Klíčová slova
EC-IC bypass – transkraniální dopplerovská sonografie

### Key words
EC-IC bypass – transcranial Doppler sonography

Práce byla podpořena grantem NR/8849-4/2006.

proLékaře.cz | 13.7.2025



## Úvod

Extra-intrakraniální (EC-IC) bypass zavedli do armamentaria terapie mozkové ischemie Yasargil a Donaghy, kteří první operaci provedli kolegiálně na různých pracovištích téhož dne roku 1969 [1–2]. Rozmach této principem jednoduché, mikrochirurgicky však precizní operace zastavila roku 1985 Barnettova studie, která neprokázala její protektivní přínos pro pacienty [3]. Někteří neurochirurgové, např. Schmiedek, však tuto techniku pokládali nadále za užitečnou a vymezili striktní indikační kritéria pro selektovanou skupinu pacientů, kteří z EC-IC bypassu profitují. Klíčovým momentem je průkaz alterace cerebrovaskulární rezervní kapacity (CVRC). Základní neinvazivní skríningovou vyšetřovací metodou hodnotící CVRC je transkraniální dopplerometrie (TCD). Naše práce si klade za cíl jednak vyhodnotit stav CVRC za tři měsíce po provedení EC-IC bypassu srovnáním s referenční skupinou hemodynamicky nekompromitovaných pacientů a zejména posoudit vliv angiografického stupně plnění bypassu na výslednou CVRC.

## Materiál a metodika

V období let 2005–2006 jsme na našem pracovišti provedli 18 EC-IC bypassů z indikace hemodynamické ischemie u 10 mužů a 8 žen. Věk pacientů se pohyboval v rozmezí od 41 do 69 let, v průměru 58 let (SD 7,76). Indikačními kritérii byla jednostranná okluze vnitřní karotidy v 10 případech, oboustranná okluze ve třech případech, inoperabilní či endovaskulárními technikami neošetřitelná dlouhá preokluze vnitřní karotidy u čtyř pacientů, v jednom z těchto případů kombinovaná s druhostrannou okluzí karotidy a ve dvou případech okluze C1–2 úseku karotidy. Všechny tyto léze způsobily symptomy mozkové ischemie. Časový interval mezi rozvojem prvního příznaku mozkové ischemie a předoperačním vyšetřením CVRC byl tři měsíce. Klademe důraz na vyloučení ošetřitelné hemodynamicky významné stenózy kontralaterální karotidy, po jejímž vyřešení čekáme též tři měsíce na potenciální spontánní restituci CVRC. Při průkazu snížené nebo vyčerpané CVRC byl přidělen operační termín a výkon proveden do 4–6 týdnů.

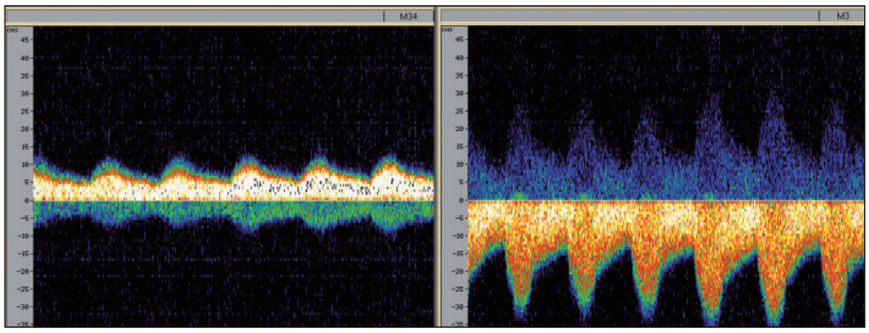
Základní skríningovou metodou vyšetření CVRC bylo transtemporální dopplerometrické vyšetření průtoků střední mozkové arterie (ACM) 2MHz sondou (DWL, Sipplingen, Německo). Vazomotorickou zátěž představovala inhalace premixované směsi 7,5% $CO_2$ a 92,5% $O_2$ (Linde) pomocí jednosměrného ventilového systému. Ke kvantifikaci jsme používali modifikovanou Ringelsteinovu techniku [4], vycházející z relativního rozdílu klidové střední průtokové rychlosti ($V_{mean\ N}$) a maximální střední průtokové rychlosti dosažené při inhalaci $CO_2$ ($V_{mean\ CO2}$), tzn. CVRC (%) = ($V_{mean\ CO2}$ – $V_{mean\ N}$) / $V_{mean\ N}$. Oproti původnímu výpočtu Ringelsteinovou technikou, podle které celková fyziologická rezerva při inhalaci 5% $CO_2$ a následné maxilální hyperventilaci činí 87,8 ± 16 %, jsme v úvahu nebrali maximální pokles $V_{mean}$ při hyperventilaci. Dle stejného autora je fyziologický vzestup hodnocený pouze při hyperkapnii 52,5 %. Společně s literárním údajem nám sloužil i vlastní pracovní soubor 12 hemodynamicky nekompromitovaných dobrovolníků. V této kontrolní skupině bylo šest mužů a šest žen, věkové složení 37–59 let, průměr 47 let, SD 6,35. Soubory jsme otestovali na normalitu dat a poté jsme statistické vyhodnocení při normálním rozložení dat prováděli pomocí F-testu a dvouvýběrového t-testu se shodným rozptylem.

Jako korelující vyšetřovací metodu jsme u všech pacientů používali perfuzní CT (Siemens, Erlangen, Německo) s identickou zátěží pomocí $CO_2$. Vyšetření bylo provedeno ve dvou standardních řezech, v modalitách Time To Peak (TTP), Cerebral Blood Volume (CBV) a Cerebral Blood Flow (CBF).

EC-IC bypass byl proveden mikrochirurgickou technikou end to side s našitím a. temporalis superficialis (STA) na větev z povodí ACM, 10/0 či 11/0 vláknem. Všichni pacienti byli podrobně o výkonu informováni a podepsali před operací informovaný souhlas. Průchodnost bypassu byla verifikována přímou dopplerometrií 16MHz sondou, cílem bylo zachovat průtok centrifugálně distálně do periferie a dosáhnout reverze toku centripetálně do proximální větve (obr. 1).

V případě průkazu již před operací kranializované oftalmické periferie dependentní na frontální větvi STA je jednoduché a racionální tuto přirozenou kolaterálu zachovat. Jako dárce (donora) jsme frontální větev využili u devíti pacientů, ve stejném počtu případů jsme použili parietální větev STA.

Během hospitalizace po operaci kontrolujeme průchodnost bypassu pomocí TCD a taktéž standardně pomocí digitální subtrakční angiografie (DSA) selektivním nástřikem a. carotis externa (ACE), angiografickou funkčnost hodnotíme dle Schmiedeka stupni 0–3 (tab. 1). Stupeň plnění byl hodnocen radiologem specializovaným na cévní problematiku a neurochirurgem zaslepeně bez znalosti jmen jednotlivých pacientů. Vztah angiografic-



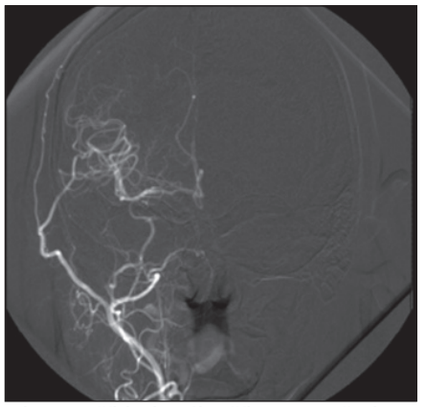
**Obr. 1. Průtok bypassu byl verifikován peroperačně pomocí TCD.** Posílený tok periferní části acceptora směrem od sondy distálně (obrázek vlevo), obrácený tok směrem centripetálně v proximální části přijímací cévy (obrázek vpravo).

**Tab. 1. Angiografická klasifikace plnění bypassu podle Schmiedeka [4].**

| | |
|---|---|
| Grade 0 | nefunkční bypass – nedochází k plnění intrakraniálně |
| Grade 1 | plnění jedné kortikální větve distálně od našití bypassu |
| Grade 2 | retrográdní plnění části povodí a. cerebri media |
| Grade 3 | retrográdní plnění celého povodí a. cerebri media od bifurkace M1/2, možný přestřik do M1 a dále do povodí a. cerebri anterior či kontralaterálně |

proLékaře.cz | 13.7.2025





Obr. 2. Příklad nejlepšího stupně 3b plnění bypassu, anastomózou je zásobena i a. cerebri anterior.

Tab. 2. Shrnutí angiografických výsledků na základě plnění bypassů podle klasifikace Schmiedeka [4].

| | | | |
|---|---|---|---|
| Grade 0 | žádný pacient | 0 % | |
| Grade 1 | 3 pacienti | 17 % | |
| Grade 2 | 5 pacientů | 28 % | |
| Grade 3 | a – ACM 7 pacientů | 39 % | 56 % |
| | b – ACM + ACA 3 pacienti | 17 % | |

ACM: a. cerebri media; ACA: a. cerebri anterior

kého stupně plnění EC-IC bypassu a CVRC byl hodnocen pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu (nulová hypotéza: mediány jsou u všech tří skupin sobě rovny).

Celkem jsme provedli 10 bypassů na straně pravé a 8 na straně levé. Perioperační mortalita a významná morbidita souboru byla nulová, ve dvou případech jsme museli řešit sekundární hojení rány.

Statistické vyhodnocení dat pacientů s EC-IC bypassem bylo při nenormálním rozložení dat provedeno pomocí neparametrického Wilcoxonova párového testu. Bylo nutno vyřadit pacienty se změřenými hodnotami pouze před operací (uzavřený bypass) a/nebo pouze po operaci (nepřítomné temporální okno před operací). Do statistického hodnocení jsme tedy mohli zařadit 13 pacientů.

## Výsledky

U kontrolní skupiny dobrovolníků se jednalo o 24 dopplerometrických měření ACM, u kterých jsme zaznamenali průměrný relativní nárůst $V_{mean}$ při inhalaci $CO_2$ 54 % (SD 17), průměrná klidová $V_{mean\ ACM}$ zachycená v 50–55 mm byla 61 cm/s (SD 7,2), po zátěži 93 cm/s (SD 11,4). Doba do dosažení maximální vazoaktivní odpovědi (TTP) byla variabilní proměnnou (30–150 s). Nezjistili jsme statisticky významný rozdíl CVRC mezi muži a ženami (p = 0,31), nekuřáci měli statisticky významně vyšší CVRC ve srovnání s kuřáky (63 % s SD 17,9 proti 48 % s SD 12,1; p = 0,01).

U čtyř pacientů jsme před operací nebyli schopni provést TCD vyšetření pro ultrasonograficky neprostupné temporální okno. U těchto pacientů byl EC-IC bypass indikován na základě vyšetření pomocí perfuzního CT s identickou zátěží $CO_2$. Průměrná $V_{mean\ ACM}$ na straně okluze při normoventilci před operací byla 34 cm/s, v rozmezí od 10 do 72 cm/s, SD 15,8. Průměrná $V_{mean\ ACM}$ při zátěži $CO_2$ u těchto pacientů byla 36 cm/s, v rozmezí od 14 do 66 cm/s, SD 14,5. Průměrný % nárůst $V_{mean\ ACM}$ tedy činil zvýšení o 10 %, ve třech případech jsme však zaznamenali „paradoxní reakci" danou intracerebrálním stealem.

DSA, provedená časně po operaci, potvrdila průchodnost všech bypassů. Plnění prvního stupně dosáhli 3 pacienti (17 %), stupně druhého 5 pacientů (28 %) a stupně třetího 10 pacientů (56 %). Stupeň třetí byl ještě rozdělen na stav, kdy se plnilo pouze povodí ACM – 7 pacientů (39 %), a stav, při kterém se plnila i a. cerebri anterior (ACA) – 3 pacienti (17 %) (obr. 2). Výsledný stupeň plnění bypassu zobrazuje přehledně tab. 2.

Dopplerometrické vyšetření STA provedené po třech měsících od provedení bypassu potvrdilo průchodnost 17 bypassů (94 %). V jednom případě došlo překvapivě ke spontánní asymptomatické obliteraci bypassu, časně po operaci hodnoceného jako 3a, kterou jsme následně verifikovali i pomocí DSA. U této pacientky nedošlo k restituci CVRC. Následující výsledky se tedy týkají 17 pacientů s patentním EC-IC bypassem.

U všech 17 pacientů vzniklo kraniotomií temporální dopplerometrické okno. Průměrná $V_{mean\ ACM}$ při normoventilaci byla 46 cm/s, v rozmezí od 34 do 72 cm/s, SD 13,6. Průměrný Gosslingův index pulzatility (PI) byl roven 0,82 (0,51–1,65 s SD 0,3). Průměrná $V_{mean\ ACM}$ při inhalaci $CO_2$ se zvýšila na 62 cm/s, v rozmezí od 42 do 102 cm/s, SD 17,1. PI se snížil na 0,74 (0,46–1,41 s SD 0,3). Průměrný procentní nárůst $V_{mean\ ACM}$ činil 36 %, oproti 10 % před operací. Ani u jednoho pacienta jsme nezaznamenali známky intracerebrálního stealu.

Při srovnání dopplerometrických měření u 13 pacientů před operací a po ní došlo po EC-IC bypassu k signifikantnímu nárůstu střední hodnoty $V_{mean\ ACM}$ při normoventilaci z mediánu 30 cm/s (SD 15,9) na 42 cm/s, SD 14,9 (p = 0,01). Signifikantně vzrostla rovněž střední hodnota $V_{mean\ ACM}$ při inhalaci $CO_2$ s mediánem 32 cm/s (SD 14,5) před operací na medián 60 cm/s po EC-IC bypassu, SD 19,2 (p = 0,002). Medián zvýšení $V_{mean\ ACM}$ při inhalaci $CO_2$ u bypassů stupně plnění 1 bylo o 39 % s SD 9,6; pro stupeň 2 o 29 % s SD 24,4 a pro stupeň 3 o 29 % s SD 11,8. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl $V_{mean\ ACM}$ při inhalaci $CO_2$ pro jednotlivé stupně angiografického plnění bypassu (p = 0,88).

Vzhledem k tomu, že jsme nezaznamenali signifikantní rozdíl mezi získanou CVRC pro jednotlivé angiografické stupně časného plnění EC-IC bypassu, rozhodli jsme se u pacientů, které jsme na časné DSA hodnotili jako stupeň plnění 1, zopakovat selektivní DSA s odstupem 17, 24 a 29 měsíců od operace. Ve všech třech případech došlo ke zvýšení průtoku bypassem a ten jsme ve všech případech přehodnotili na stupeň 3a, kdy se plnilo celé povodí ACM.

## Diskuze

EC-IC bypass byl jako mikrochirurgická elegantní metoda zaveden do klinické praxe Yasargilem [1] a Donaghym [2] roku 1969 a po téměř dvě desetiletí byla široce užívanou metodou. Mezinárodní studie vedená Barnettem [3], publikovaná roku 1985, však neprokázala preventivní význam stran opakování mozkové ischemie u odoperovaných pacientů. Po zveřejnění těchto výsledků byla však operativa EC-IC bypassu na velké části pracovišť opuštěna. Hlavními výtkami této studii již z pohledu prací z 90. let byla metodická nedůslednost a absence vyšetření CVRC (tehdy ještě neznámé) v indikačních kritériích [4,5].

proLékaře.cz | 13.7.2025



V diskuzi se musíme věnovat původní práci Ringelsteina [6], ze které vychází naše metodika hodnocení CVRC. Tento autor vyšetřoval 40 hemodynamicky nekompromitovaných dobrovolníků, 40 pacientů s jednostrannou a 15 s oboustrannou okluzí vnitřní karotidy. Jako vazoaktivní zátěž použil inhalaci 5% $CO_2$ a hyperventilaci, po dosažení ustáleného stavu hodnot vydechovaného $CO_2$, krevního tlaku a srdeční akce, vycházel z hodnot změřených během následujících 20 kardiálních cyklů. U zdravých osob byl relativní střední rozdíl mezi $V_{mean\ ACM}$ při hypo a hyperkapnii 87,8 ± 16 %. Jako vztažná hodnota je brána $V_{mean\ ACM}$ při normoventilaci (100 %). Průměrná hodnota horní asymptoty při hyperkapnii dosáhla 152,5 %, hodnota dolní asymptoty při hyperventilaci byla 64,7 %. U 40 pacientů s jednostrannou okluzí karotidy byla reaktivita signifikantně nižší na straně okluze (střední hodnota 45,2 %) než na straně patentní (67,7 %). Při dalším rozdělení těchto pacientů na symptomatické a asymptomatické pozoroval další rozdíly. Na straně symptomatické okluze (28 pacientů) byla střední hodnota reaktivity významně nižší (37,6 %) než v případě okluze asymptomatické (62,9 %). Dále byla reaktivita výrazněji alterována u pacientů, jejichž infarkt byl na CT hodnocen jako low-flow, tedy hemodynamicky podmíněný (36,7 ± 25 %), oproti pacientům s normálním CT (60,2 ± 16,9 %) a pacientům s teritoriálním infarktem (52,6 ± 27,8 %). U 15 pacientů s oboustrannou okluzí ACI byla reaktivita taktéž výrazně snížena na obou stranách (vpravo 36,6 ± 15,9 %, vlevo 44,9 ± 24,6 %). V další práci srovnává vazomotorický efekt $CO_2$ s v zahraniční literatuře často používaným acetazolamidem [7]. Ten působí jako reverzibilní inhibitor karbonanhydrázy, jenž způsobuje extracelulární acidózu mozkové tkáně, jeho efekt nastupuje oproti inhalaci $CO_2$ relativně pomaleji s 15–20minutovým odstupem. Ve výše uvedeném článku hodnotí vazoaktivní impulz daného inhalací $CO_2$ a intravenózním podáním 1 g acetazolamidu jako statisticky vysoce podobný, s korelačním koeficientem r = 0,69 při posuzování celkové $CO_2$ reaktivity i při hyperventilaci a korelačním koeficientem r = 0,79 při posuzování pouze horní části $CO_2$ křivky. Jako hlavní výhodu podání acetazolamidu udává nezávislost výsledku na spolupráci pacienta.

Stav CVRC není konstantní proměnnou, v průběhu času po uzávěru karotidy dochází k jejímu vývoji. Na tento aspekt poukazují Widder et al [8], prostřednictvím výsledků souboru 98 pacientů ve střední době sledování 26 měsíců. Během počátečních tří měsíců došlo ke spontánnímu zlepšení CVRC, zde posuzované při zátěži $CO_2$, u 64 % pacientů, u kterých nebyla přítomna druhostranná stenóza či okluze karotidy. Toto spontánní zlepšení však vykazovalo pouze 22 % pacientů (4 z 18) s oboustrannou okluzí karotidy.

Stav CVRC však závisí i na anatomické přítomnosti tří hlavních intrakraniálních kolaterál, tedy arteria communicans anterior (ACom), arteria communicans posterior (PCom) a arteria opthalmica. Článek Vernieriho et al [9], kteří hodnotí 104 pacientů s okluzí karotidy, konstatuje, že přítomnost všech tří kolaterál predikuje normální CVRC, v této práci hodnocenou pomocí BHI (Breath Hold Index), a minimální riziko cévní mozkové příhody (CMP). Skupina s jednou či dvěma průchodnými kolaterálami je však již stran CVRC a rizika iktu nehomogenní a nelze ji předpovídat pouze na základě anatomických dat.

Po uvedení normálních a patofyziologických hodnot je nutné zmínit se o pracích, kterým vděčíme za renesanci EC-IC bypassu.

Karnik et al [10] selektovali ze 104 pacientů s jednostrannou okluzí karotidy pomocí TCD při použití acetazolamidu 28 pacientů, u kterých byla dle jeho kritérií CVRC vyčerpána (< 10% nárůst $V_{mean\ ACM}$ po podání acetazolamidu, za fyziologickou hodnotu pokládal 40,1 ± 20,6% vzestup $V_{mean\ ACM}$). U 14 z nich byl proveden EC-IC bypass (skupina A), u dalších 14 (skupina B), která sloužila jako kontrolní, bypass nebyl z různých důvodů indikován. Klidové hodnoty $V_{mean\ ACM}$ před operací byly ve skupině A 46 ± 15,1 cm/s, ve skupině B 48,1 ± 16,7cm/s, s minimální odpovědí na podání acetazolamidu. Po operaci došlo u 10 pacientů z hodnocených 13, tedy u 77 %, k normalizaci CVRC. Ve skupině A byla střední klidová hodnota $V_{mean\ ACM}$ 41,9 ± 13,1cm/s, po podání acetazolamidu došlo její zvýšení na 53,5 ± 16 cm/s. V naší práci došlo ke zlepšení CVRC u všech pacientů s patentním ECIC bypassem. Průměrná klidová $V_{mean\ ACM}$ byla 46 cm/s (v rozmezí od 34 do 72 cm/s), při inhalaci směsi $CO_2$ se zvýšila na 62 cm/s (v rozmezí od 42 do 102 cm/s).

Schmiedek et al [4] sledovali CVRC pomocí $^{133}$Xe SPECT taktéž se zátěží acetazolamidem u 28 pacientů po EC-IC bypassu. V jeho souboru je závažná morbidita a mortalita 14 %, tedy relativně vysoká, částečně způsobená vysokou incidencí infarktu myokardu v časném pooperačním období a v jednom případě časnou obliterací bypassu. Nicméně i jeho soubor zaznamenává bezprostřední zlepšení CVRC ze střední hodnoty 0,5 ± 3,7ml/100g/min na 4,9 ± 5,1 ml/100 g/min jeden týden po provedení bypassu, nedocházelo ke zvýšení klidového CBF (53,9 ± 8,8 ml/100 g/min). Vyzdvihuje i klinický dopad operace, kdy během střední doby sledování tří let nedošlo k opakování příznaků mozkové ischemie u žádného z pacientů.

Anderson et al [5] předkládají další práci snažící se rozptýlit nihilizmus z období Barnettovy studie. Hodnotí 13 pacientů po provedení EC-IC bypassu, vybraných z velkého souboru 400 bypassů realizovaných v období 1970–1990, tedy z období bez hodnocení kolateralizace jako indikačního faktoru. Vstupním kritériem bylo dokumentované opakování CMP před operací, a to pomocí CT změn, zásadní další selekcí bylo hodnocení CBF pomocí inhalace $^{133}$Xe a detekce 32kanálovou scintilační kamerou (NOVA Diagnostic system), zátěž byla realizována inhalací $CO_2$. Zřejmě nejdůležitějším závěrem studie je absence opakování CMP po EC-IC bypassu u všech pacientů, při střední době sledování 30 měsíců. Zlepšení globální (hemisferální) CVRC na $CO_2$ nebylo prokázáno, avšak ROI detektory anatomicky lokalizované nad oblastmi předpokládané chronické penumbry prokázaly zlepšení z 1,71 % ISI (Initial Slope Index)/mmHg na 4 % ISI/mmHg.

Iwama et al [11] používají s námi identickou klasifikaci DSA plnění EC-IC bypassu, nicméně ta byla provedena s delším časovým odstupem od operace, za 3–6 měsíců. U 10 pacientů dosáhl stupně 1 (20 %), u 13 stupně 2 (25 %) a u 28 pacientů stupně 3 (55 %). Podobné výsledky vykazuje náš soubor – 17 % stupeň 1, 28 % stupeň 2 a 56 % stupeň 3. Výrazně lepší výsledky DSA plnění bypassu popisuje u pacientů s okluzí ACI než stenózou ACI či ACM, ve druhé skupině pouze 15 % pacientů hodnotí jako stupeň plnění 3 (2 ze13), oproti první skupině, ve které se stupněm 3 plnilo 68 % bypassů (26 ze 38). Horší výsledky popisuje

proLékaře.cz | 13.7.2025



také u pacientů s anterográdní kolateralizací přes ACom, PCom či stenózu ACI, zde stupně 3 dosahuje pouze 19 % bypassů (4 z 21). Signifikantním předpokladem dobrého plnění je retrográdní leptomeningeální kolateralizace, kde stupně 3 dosahuje 89 % bypassů (24 z 27).

Druhým prediktorem funkce bypassu byl stav CVRC – v této studii hodnocený pomocí SPECT s N-izopropyl-p-[123I] jodoamphetaminem pomocí acetazolamidu. U žádného pacienta s normální reaktivitou na acetazolamid nebylo dosaženo stupně plnění bypassu 3. U 37 pacientů s jednostranným EC-IC bypassem autoři taktéž hodnotili restituci CVRC na stupni plnění bypassu. Ke zlepšení CVRC došlo u 15 pacientů (stupeň 3 u 12, stupeň 2 u 2), ani jeden bypass hodnocený jako „poor grade" tedy CVRC nezlepšil. Naopak pouze u jednoho pacienta s plněním bypassu stupněm 3 nedošlo k restituci CVRC, což bylo běžné u pacientů, kteří byli hodnoceni jako stupeň 1. Překvapivé na této studii je, že u 16 pacientů nebyla CVRC po operaci vůbec hodnocena.

Poučný je komentář významného japonského neurochirurga Shigeaki Kobayashiho [11], který při určení úspěšnosti provedení EC-IC bypassu vyzdvihuje nutnost klasifikace jeho průtoku a nikoli pouze sdělení, zda je bypass patentní.

Rozdílné oproti našemu souboru bylo načasování pooperační DSA, která byla v našem případě realizována do týdne po operaci, zatímco v práci japonských autorů za 3–6 měsíců. Etickou otázkou bylo zopakování DSA s odstupem také u našich pacientů. Toto vyšetření jsme považovali za oprávněné u tří pacientů s časným pooperačním plněním stupně 1. Zde jsme zaznamenali překvapivou shodu s TCD vyšetřením, u všech těchto pacientů se DSA obraz plnění zlepšil na stupeň 3. Hlavním bodem našeho sdělení je tedy průkaz schopnosti maturace EC-IC anastomózy a zřejmě posun načasování provedení kontrolní DSA do období, kdy již TCD vyšetření nevykazuje další změnu CVRC. Jako časná kontrola průchodnosti EC-IC bypassu se jeví smysluplné vyšetření pomocí TCD či CT angiografie (CTAG).

## Závěr

EC-IC bypass při léčbě hemodynamicky podmíněného iktu je procedurou vykazující nízkou morbiditu a mortalitu. Při alteraci mozkové hemodynamiky má potenciál obnovit cerebrovaskulární rezervní kapacitu. Před jeho indikací je však nutné vyloučit a ošetřit eventuální druhostrannou hemodynamicky významnou stenózu karotidy. Pokud je zvládnuta jeho mikrochirurgická technika, vykazuje vysoký stupeň bezprostřední průchodnosti. Při hodnocení funkce bypassu je důležité posuzovat i stupeň plnění bypassu. Primární stupeň plnění bypassu časně po operaci není definitivní, EC-IC bypass se stává v závislosti na požadavcích mozkové perfuze dynamicky se vyvíjející kolaterálou. Angiografické vyšetření provedené časně po operaci nemusí odrážet definitivní stupeň revaskularizace.

## Literatura


**1.** Yasargil MG. Anastomosis between the superficial temporal artery and a branch of the middle cerebral artery. In: Yasargil MG (ed). Microsurgery Applied to Neurosurgery. Stuttgart: George Thieme Verlag 1969: 105–115.

**2.** Donaghy RM, Yasargil MG. Microangeional surgery and its techniques. Prog Brain Res 1968; 30: 263–267.

**3.** The EC/IC Bypass study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. N Engl J Med 1985; 313(19): 1191–1200.

**4.** Schmiedek P, Piepgras A, Leinsinger G, Kirsch CM, Einhüpl K. Improvement of cerebrovascular reserve capacity by EC-IC arterial bypass in patients with ICA occlusion and hemodynamic ischemia. J Neurosurg 1994; 81(2): 236–244.

**5.** Anderson DE, McLane MP, Reichman OH, Origitano TC. Improved cerebral blood flow and CO2 reactivity after microvascular anastomosis in patients at high risk for recurrent stroke. Neurosurgery 1992; 31(1): 26–34.

**6.** Ringelstein EB, Sievers C, Ecker S, Schneider P, Otis SM. Nonivasive assessment of CO2-induced cerebral vasomotor response in normal individuals and patients with internal carotid artery occlusions. Stroke 1988; 19(8), 963–969.

**7.** Ringelstein EB, Van Eyck S, Mertens I. Evaluation of cerebral vasomotor reactivity by various vasodilatating stimuli: comparison of CO2 to acetazolamide. J Cereb Blood Flow Metab 1992; 12(1): 162–168.

**8.** Widder B, Kleiser B, Krapf H. Course of cerebrovascular reactivity in patients with carotid artery occlusions. Stroke 1994; 25(10): 1963–1967.

**9.** Vernieri F, Pasqualetti P, Matteis M, Passarelli F, Troisi E, Rossini PM et al. Effect of collateral blood flow and cerebral vasomotor reactivity on the outcome of carotid artery occlusion. Stroke 2001; 32(7): 1552–1558.

**10.** Karnik R, Valentin A, Ammerer HP, Donath P, Slany J. Evaluation of vasomotor reactivity by transcranial Doppler and acetazolamide test before and after extracranial-intracranial bypass in patients with internal carotid artery occlusion. Stroke 1992; 23(6): 812–817.

**11.** Iwama T, Hashimoto N, Takagi Y, Tsukahara T, Hayashida K.. Predictability of extracranial/intracranial bypass function: a retrospective study of patients with occlusive cerebrovascular disease. Neurosurgery 1997; 40(1): 53–59.


www.vnitrnilekarstvi.cz