

VYŠETŘOVÁNÍ CEREBROVASKULÁRNÍ REZERVNÍ KAPACITY POMOCÍ SPECTU MOZKU A HYPERKAPNIE

EVALUATION OF THE CEREBROVASCULAR RESERVE CAPACITY WITH SPECT AND HYPERCAPNIA

původní práce

Pavel Širůček¹
Tomáš Hrbáč²
Otakar Kraft¹

¹Klinika nukleární medicíny FN,
Ostrava–Poruba

²Neurochirurgická klinika FN,
Ostrava–Poruba

Přijato: 15. 4. 2007

Korespondenční adresa:

MUDr. Pavel Širůček
Wolkerova 1029/12, 743 01 Bílovec
e-mail: pavel.sirucek@fnspo.cz

SOUHRN

Širůček P, Hrbáč T, Kraft O. Vyšetřování cerebrovaskulární rezervní kapacity pomocí spectu mozku a hyperkapnie

Cíl. Vyšetření cerebrovaskulární rezervní kapacity (CVRC) mozku u pacientů s okluzivním postižením magistralních tepen patří k základním vyšetřením před plánovaným revaskularizačním zákrokem. **Metoda.** Autoři předkládají metodiku vyšetření a příklady výsledků ze souboru pacientů vyšetřených za nativních podmínek a po zátěži CO₂ s následným provedením jednofotonové emisní počítačové tomografie (SPECT) mozku.

Výsledky a závěr. Na základě porovnání výsledků obou vyšetření byli při snížené či výrazně snížené CVRC pacienti indikováni k revaskularizačnímu bypassovému zákroku.

Klíčová slova: cerebrovaskulární rezervní kapacita, SPECT mozku, hyperkapnie, revaskularizační bypassová operace.

SUMMARY

Širůček P, Hrbáč T, Kraft O. Evaluation of the cerebrovascular reserve capacity with SPECT and hypercapnia

Aim. Examination of cerebrovascular reserve capacity (CVRC) of brain in patients with obliterative diseases of the major cerebral arteries is one of the basic procedures employed before revascularization bypass surgery.

Method. The authors present the examination method and examples of results from patients examined under baseline conditions and after stress induced by carbon dioxide. Single photon emission computer tomography (SPECT) examination was subsequently administered.

Results and conclusion. Based on a comparison of the results from both procedures, patients having reduced or strongly reduced CVRC were indicated for revascularization bypass surgery.

Key words: cerebrovascular reserve capacity, brain SPECT, hypercapnia, revascularization bypass surgery.

ÚVOD

Cerebrovaskulární rezervní kapacita (CVRC, vazoreaktivita) je schopnost cévního mozku řečiště reagovat na specifický podnět vazodilatací, která má zajistit dostatečný přívod krve. Část cévních mozkových příhod (CMP) proběhne na základě hemoragie, větší část na podkladě ischemie. Na ischemických CMP se podílejí zúžení, eventuálně okluze magistralních mozkových tepen (1). V minulosti došlo ke zlepšení klinického stavu pouze u části pacientů po CMP s okluzí krkavice, kteří podstoupili revaskularizační výkon mozku.

Z tohoto důvodu došlo k postupnému poklesu těchto operačních výkonů. V dnešní době prožívají tyto postupy renesanci. Důvodem je již známá skutečnost, že z revaskularizačních výkonů mohou profitovat pacienti, u kterých se zvýší prokrvení po bypassové operaci v okolí infarzované tkáně. Tuto možnost můžeme zjistit vyšetřením cerebrovaskulární rezervní kapacity (CVRC) a predikovat tím úspěšnost operace a zlepšení klinického stavu. CVRC lze vyšetřit několika způsoby. V zásadě jde o porovnání průtoku krve za bazálních podmínek a po vazodilatačním podnětu. Vazodilatačním podnětem může být inhalace vzduchu obohaceného o CO₂ (hyperkapnie) nebo i.v. aplikace acetazolamidu (2–5). Změny průtoku se vyšetřují několika způsoby. Nejuzšívanější je transkraniální dopplerometrie (TCD), jednofotonová emisní tomografie (SPECT) mozku a perfuzní CT mozku (2, 6–8).

Pokud dojde ke zhoršení perfuze v postiženém okruhu po vazodilatačním podnětu ve srovnání s nativními podmínkami, hovoříme o snížení či vyčerpání CVRC. V případě vyčerpání této rezervní kapacity se zvyšuje riziko ischemického iktu ve srovnání s pacienty, jež mají normální CVRC (2, 8–11). V tomto sdělení přinášíme informace o našem postupu.

MATERIÁL A METODIKA

V průběhu let 2003–2005 jsme vyšetřili celkem 37 pacientů, z toho 16 žen a 21 mužů s věkovým průměrem 58,5 roku (nejstarší 76 let, nejmladší 31 let). U všech bylo provedeno vyšetření SPECT mozku pomocí dvoudetektorové scintilační kamery ECAM firmy Siemens za použití konvergentních kolimátorů typu fan beam za nativních podmínek a následně po zátěži. Zátěž byla realizována inhalací vzduchu obohaceného o CO₂ z tlakové láhve. Při vzestupu parciálního tlaku CO₂ o 2 kPa ve vydechovaném vzduchu bylo pacientovi aplikováno i.v. radiofarmakum (^{99m}Tc - bicipát, NEUROLITE® firmy Bristol–Mayers Squibb, Sermoneta Itálie) a následně proveden SPECT mozku. Obě vyšetření byla vyhodnocena pomocí filtrované zpětné projekce za použití filtru Butterworth a porovnána. Použité vizuální hodnocení rozděleno do třístupňové škály: cerebrovaskulární rezervní kapacita (CVRC) byla *normální* při neměnném nálezů v zátěži a klidu, při zhoršení nálezů v zátěži byla CVRC *snížená* či *výrazně snížená* (tab. 1).

VÝSLEDKY

Z vyšetřených 37 pacientů mělo normální CVRC 15 pacientů, 11 pacientů mělo CVRC sníženou a 11 pacientů výrazně sníženou. Celkem byla provedena operace u 13 pacientů. U 10 pacientů byla provedena extra- intrakraniální anastomóza (EC-IC anastomóza) s našitím a. temporalis superficialis na a. cerebri media po trepanaci lebky, u 1 pacienta byl proveden výkon typu EDAMS (encephalo-duro-arterio-myosynangiosis), u 2 pacientů byla provedena endarterektomie.

Z 10 pacientů po EC-IC anastomóze byla pooperačně spojka funkční u 8 (vyšetřeno sonograficky), nefunkční byla u 2 (potvrzeno angiograficky). Ze 13 pacientů došlo ke zlep-

Tab. 1. *Klinické informace o pacientech se stenózujícím či okluzivním cerebrovaskulárním onemocněním*
Tab. 1. *Clinical information about patients with stenosing or occluding cerebrovascular disease*

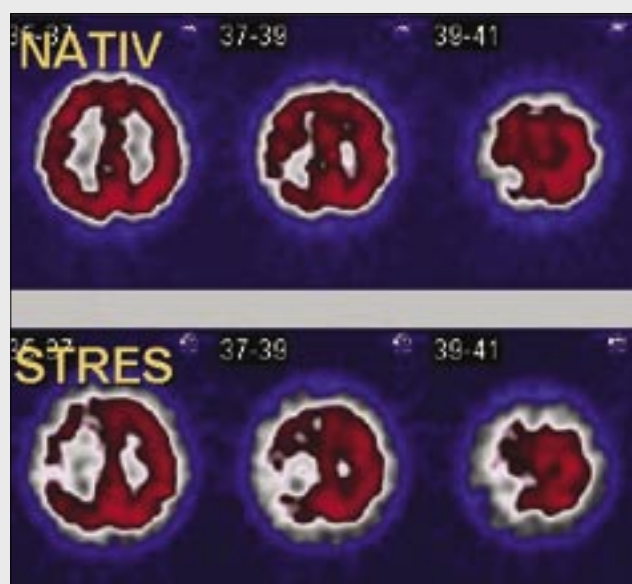
Pacient	Věk	Pohl.	Anamnéza	Cévní postižení	Chirurgický zákrok	Klinické zlepšení
1	44	Ž	CMP	okluze ACI dx., stenóza ACI sin.	EC-IC anastomóza	ano
2	64	M	TIA	okluze ACI dx.	EC-IC anastomóza	*
3	67	M	TIA	okluze ACI dx., stenóza ACI sin.	EC-IC anastomóza	*
4	57	M	**	stenóza ACI dx., hypoplazie AV dx.	Enderterektomie	*
5	68	M	CMP	okluze ACI dx., stenóza ACI sin.	Enderterektomie	*
6	31	Ž	Moya-Moya	progresivní okluzní vaskulopatie	EC-IC anastomóza	ano
7	59	M	CMP	okluze ACI bil.	EC-IC anastomóza	ne***
8	56	M	CMP	okluze ACI dx., hypoplazie AV	EC-IC anastomóza	ano
9	64	Ž	CMP	okluze ACI sin.	EC-IC anastomóza	ano
10	60	Ž	CMP	okluze ACI sin., stenóza AV sin.	EC-IC anastomóza	ano
11	58	Ž	CMP	okluze ACI dx.	EC-IC anastomóza	ne
12	60	Ž	TIA	okluze ACI dx.	EDAMS	*
13	52	M	CMP	okluze ACI sin., stenóza ACI dx.	EC-IC anastomóza	ne***

Cévní postižení bylo zjištěno sonograficky a potvrzeno angiograficky.

* pacienti bez neurologického postižení nebo s upraveným neurologickým nálezem k normě v době operace

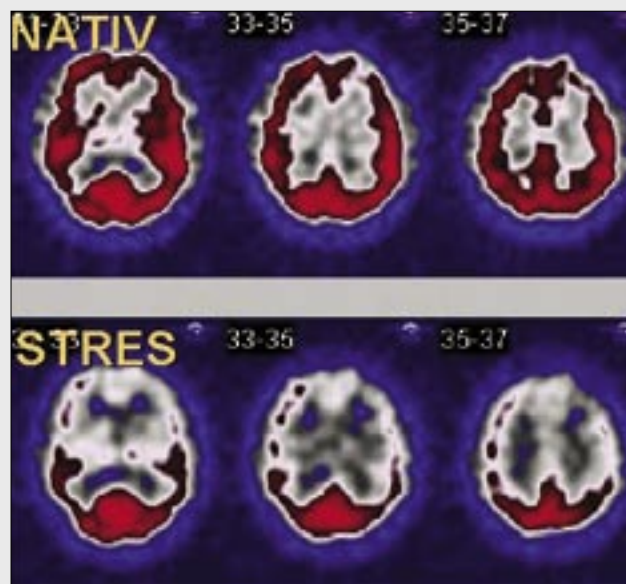
** pacient bez neurologické anamnézy, náhodný nález před plánovaným aorto-femorálním bypassesem

*** sonograficky zjištěna zašlá cévní spojka – potvrzeno angiograficky



Obr. 1. Snížená CVRC, jak vyplývá z porovnání SPECT za nativních podmínek a po zátěži CO₂ – zhoršení perfuze po CO₂ vpravo parietálně u pacienta s recidivujícími TIA a zjištěnou okluzí ACI dx., indikován k operaci a provedena EC-IC anastomóza.

Fig. 1. Decreased CVRC according to the comparison of the SPECT without and with stress induced by CO₂ – worsening of the perfusion in the right parietal region after CO₂ application in patient with recurrent TIA and detected right-sided internal carotid occlusion. EC-IC anastomosis was performed.



Obr. 2. Výrazně snížená CVRC jak je patrné z porovnání SPECTu za nativních a podmínek a po zátěži (defekt frontálně vlevo, po CO₂ defekt fronto-parieto-temporálně oboustranně) u pacienta s recidivujícími „minor stroke“ z levého karotického povodí, angiograficky zjištěna okluze ACI bilat., indikován k operaci, provedena EC-IC anastomóza.

Fig. 2. Extremely decreased CVRC according to the comparison of the SPECT without and with stress induced by CO₂ – right-sided frontal perfusion defect, after application of CO₂ occurred bilateral fronto-parieto-temporal perfusion defect in patient with recurrent minor stroke of the left carotic riverbed, angiography proved bilateral internal carotis occlusion. EC-IC anastomosis was performed.

šení neurologického nálezu u 5 pacientů, u 8 pacientů se klinický stav nezměnil, z toho však 5 pacientů mělo normální neurologický nálezu v době operace (v minulosti prodělali nejčastěji TIA či epizodu amaurosis fugax) (obr. 1 a 2).

DISKUZE

Hyperkapnie vede v mozgovém řečišti k vazodilataci. Lze ji dosáhnout hypoventilací nebo inhalací vzduchu obohaceného o oxid uhličitý (10, 12). Exaktnější než hypoventilace, která může být pacienty hůře snášena, je inhalace vzduchu obohaceného o CO₂ z tlakové bomby (10). Pomocí kapnometru sledujeme výchozí hodnotu vydechovaného CO₂ a jeho vzestup v průběhu inhalace. Za dostatečný se považuje vzestup koncentrace CO₂ o 2 kPa ve srovnání s bazálními podmínkami. Hlavními výhodami je rychlý nástup účinku. Nežádoucí účinky, k nimž patří pocení, úzkost a štípání očí odeznívají ihned po přerušení inhalace (2).

Další možností vazodilatace je aplikace acetazolamidu (preparát DIAMOX® firmy Wyeth Lederle LTD), který blokuje karboanhydrázu (10, 12–14). Ta katalyzuje přeměnu H₂CO₃ na H₂O a CO₂ na membráně erytrocytu a způsobuje lokální zvýšení koncentrace CO₂, a tím již zmiňovanou vazodilataci mozgových arterioli. Aplikujeme jednorázově 1 g acetazolamidu intravenózně. Nástup účinku je rychlý, maximum je mezi 15.–20. minutou. Hlavní nevýhodou acetazolamidu je absence antidota v případě nežádoucích účinků, jimiž bývají bolesti hlavy, závratě a parestezie (2). Preparát

DIAMOX® není v České republice registrován, je možné jej získat pouze v rámci zvláštního dovozu.

Změny způsobené vazodilatací lze zaznamenat pomocí několika metod. Nejméně invazivní a radiačně nezatěžující je transkraniální dopplerometrie. V průběhu zátěže CO₂ nedochází k dilataci mozgových kmenů a změny rychlosti, které detekujeme, jsou způsobeny dilatací distálního řečiště (2).

Druhou metodou je registrace mozkové perfuze pomocí jednofotonové emisní tomografie (SPECT). Po i.v. aplikaci radiofarmaka je provedeno střádání dat, která získáme pomocí scintilační kamery s detektorem rotujícím okolo hlavy pacienta. Tím vznikne série planárních projekcí, které počítač rekonstruuje a vytvoří řady řezů v rovině trasverzální, koronární a sagitální. Hodnocení výsledků je vizuální. Při hodnocení CVRC jsou porovnávána dvě vyšetření: po stimulaci (v zátěži) a za bazálních podmínek. Mezi oběma vyšetřeními je nutný odstup minimálně 24 hodin, který je nutný k rozpadu radiofarmaka. V České republice jsou dostupná dvě radiofarmaka značená ^{99m}Tc-Techneciem (^{99m}Tc), která lze použít k vyšetření SPECT mozku. Je to ^{99m}Tc-HMPAO (hexa-methyl-propylen-amino-oxim, např. preparát BRAIN SPECT® firmy Medi-radiopharma LTD, Érd, Maďarsko nebo CERETEC® firmy GE Health Care, Velká Británie) a dále ^{99m}Tc-ECD (ethyl-cysteinát-dimer nebo-li bicusát, preparát NEUROLITE® firmy Bristol-Mayers Squibb, Sermoneta Itálie). Oba radioindikátory mají lipofilní charakter, přestupují neporušenou hematoencefalickou bariérou a po vychytání se fixují v mozgových buňkách. Úroveň akumulace radioindikátoru je přímo úměrná regionálnímu krevnímu průtok.

Za klíčové považujeme porovnání výsledků po zátěži CO₂ a za bazálních podmínek. Jelikož vždy nelze z technických a organizačních důvodů striktně dodržet identickou dávku aplikovaného radiofarmaka v klidu a v zátěži, dále časový interval mezi aplikací a začátkem vyšetření SPECT mozku u obou studií, je nutné obezřetné hodnocení obou studií. Je nutné rekonstruovat řezy obou studií v identických rovinách, porovnávat vzájemně náležející řezy a upravovat jas a kontrast obrazů dle části mozku s normální perfuzí, aby výsledky nebyly pokud možno zkresleny.

Poslední výše zmiňovanou možností registrace mozkového průtoku je provedení perfuzního CT mozku (2, 6). Po zavedení intravenózní kanyly s dostatečným průsvitem je synchronizovaně s aplikací kontrastní látky opakovaně snímám po dobu několika sekund jeden reprezentativní transversální řez procházející všemi čtyřmi povodími mozku. Postupně zvyšování denzity v průběhu vyšetření sledujeme a hodnotíme jako jeden z kvantitativních parametrů s označením: time to start, time to peak. Denzita v sinus sagittalis superior, kterou považujeme za referenční, je srovnávána s denzitou v příslušném cévním teritoriu a pomocí tohoto porovnání

počítáme objem krve a její průtok (blood volume – CBV, cerebral blood flow – CBF). Výhodou tohoto vyšetření, jak vyplývá z výše uvedeného, je získání kvantitativních parametrů průtoku. Na druhé straně nevýhodou je, že tyto parametry získáváme pouze z jednoho transversálního řezu, který nemusí být u všech pacientů reprezentativní. Podobně jako u předchozího vyšetření je nutné k vyšetření CVRC provedení dvou vyšetření: nativní a v zátěži při inhalaci CO₂.

ZÁVĚR

Vyšetření cerebrovaskulární rezervní kapacity pomocí SPECT mozku a hyperkapnie je jednoduchá metoda, která je schopna pomoci s výběrem pacientů s okluzivním cerebrovaskulárním onemocněním k neurochirurgickému bypassovému zákroku (15) a určit pacienty, u kterých operace přispěje ke zlepšení neurologického nálezu. V našem souboru použitá metoda přispěla ke zlepšení neurologického nálezu u 6 pacientů ze 14, u 8 pacientů se neurologický nálezh nezměnil, z toho však 5 pacientů mělo normální neurologický nálezh v době operace.

LITERATURA

1. Vernieri F, Pasqualetti P, Matteis M, et al. Effect of collateral blood flow and cerebral vasomotor reactivity on the outcome of carotid artery occlusion. *Stroke* 2001; 32: 1552–1558.
2. Mohapl M., Svobodová J., Beneš V. Vyšetřování cerebrovaskulární rezervní kapacity. *Čes a slov neurochirurgie* 2004; 67/100: 12–15.
3. Kuroda S, Kamivama H, Abe H, et al. Acetazolamide test in detecting reduced cerebral perfusion reserve and predicting long-term prognosis in patients with internal carotid artery occlusion. *Neurosurgery* 1993; 32: 912–918, discussion 918–919.
4. Müller M, Schimrigk K. Vasomotor reactivity and pattern of collateral blood flow in severe occlusive carotid artery disease. *Stroke* 2001; 32: 1552–1558.
5. Ringelstein EB, Van Eyck S, Mertens I. Evaluation of cerebral vasomotor reactivity by various vasodilating stimuli: comparison of CO₂ to acetazolamide. *J Cereb Blood Flow Metab* 1992; 12: 162–168.
6. Hoeffner EG, Case I, Jain R, et al. Cerebral perfusion CT: technique and clinical applications. *Radiology* 2004; 231: 632–644.
7. Choksi V, Hughes M, Selwa L, Hoeffner E. Transient neurologic deficit after acetazolamid challenge for computed tomography perfusion imaging. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29: 278–280.
8. Kleiser B., Widder B. Course of carotid artery occlusions with impaired cerebrovascular reactivity. *Stroke* 1992; 23: 171–174.
9. Hugh Markus, Marisa Cullinane. Severely impaired cerebrovascular reactivity predicts stroke and TIA risk in patients with carotid artery stenosis and occlusion. *Brain* 2001; 124: 457–476.
10. Stoll H, Hanahan GF. Cerebrovascular reserve capacity. *Nervenarzt* 2002; 73: 711–718.
11. Engelhardt M, Pfadenhauer K, Zentner J, et al. Impaired cerebral autoregulations in asymptomatic patients with carotid artery stenosis: comparison of acetazolamide – SPECT and transcranial CO₂ dopplersonography. *Zentralbl Chir* 2004; 129: 178–182.
12. Muller M, Voges M, Piepgras U, Schimrigk K. Assessment of cerebral vasomotor reactivity by transcranial Doppler ultrasound and breath-holding. A comparison with acetazolamide as vasodilatory stimulus. *Stroke* 1995; 26: 96–100.
13. Nishinajio, Kyoto. Acetazolamide vasoreactivity evaluated by transcranial harmonic perfusion imaging relationship with transcranial Doppler sonography and dynamic CT. *Acta Neurochir* 2003; 86 (Suppl): 57–62.
14. Hauge A, Nicolaysen G, Thoresen M. Acute effects of acetazolamide on cerebral blood flow in man. *Acta Physiol Scand* 1983; 117: 233–239.
15. Oku N, Matsumoto M, Hashikawa K, et al. Carbon dioxide reactivity by consecutive technetium 99m HMPAO SPECT in patients with a chronically obstructed major cerebral artery. *J Nucl Med* 1994; 35: 41–43.



Instructions for authors

www.cesradiol.cz