proLékaře.cz | 20.8.2025

Použití metod magnetické rezonance pro posouzení cerebrovaskulární rezervní kapacity

The Use of Magnetic Resonance for Assessing Cerebrovascular Reserve Capacity

Souhrn

Vyšetření cerebrovaskulární rezervní kapacity (CVRC) je základním předpokladem indikace EC-IC bypassu u pacientů s okluzivní nemocí vnitřních karotid. Kromě již dobře popsaných a zavedených metod (PET, TCD, perfuzní CT a XeCT) se v posledních letech dostává do popředí zájmu také vyšetření pomocí magnetické rezonance (MR), tedy vyšetření poskytující informace o perfuzi v celém objemu mozkové tkáně a zároveň nevystavující pacienta radiační zátěži, za použití určitých metod proveditelné dokonce bez aplikace exogenní kontrastní látky. V tomto přehledném referátu shrnujeme možnosti vyšetření CVRC pomocí metod MR, tedy vyšetření pomocí metod dynamic susceptibility contrast, arterial spin labeling a pomocí metody založené na hodnocení tzv. BOLD (Blood Oxygen Level Dependent) efektu. Pro každou metodu práce předkládá její výhody a nevýhody, přináší přehled dostupných literárních údajů a na jejich základě shrnuje možné nálezy a navrhuje jejich interpretaci.

Abstract

The evaluation of cerebrovascular reserve capacity (CVRC) is the basic precondition required for EC-IC bypass indication in patients with occlusive internal carotid disease. In addition to the already well described and established methods (PET, TCD, perfusion CT and XeCT), in the last years, a new interest in evaluation with the use of MRI methods has emerged. The MRI provides information on perfusion in the whole volume of the brain and it does not expose patients to ionizing radiation. Moreover, with the use of some techniques, the examination can be performed without the use of exogenous contrast agent. In this review, we summarize the possibilities of CVRC examination with the use of magnetic resonance methods, namely the dynamic susceptibility contrast, arterial spin labeling and BOLD effect. The work presents the advantages and the disadvantages for each of these methods, provides the overview of the currently available literary sources and on their basis, the possible findings are summarized and the interpretation is proposed.

M. Sameš[1], A. Zolal[1], T. Radovnický[1], P. Vachata[1], R. Bartoš[1], M. Derner[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: 2. 1. 2009
Přijato do tisku: 9. 4. 2009

Klíčová slova

magnetická rezonance – perfuze – cerebrovaskulární rezervní kapacita – okluze karotidy – EC-IC bypass

Key words

magnetic resonance imaging – perfusion – cerebrovascular reserve capacity – carotid artery occlusion – EC-IC bypass

Podpořeno grantem IGA MZČR NR 8849-4/2006

proLékaře.cz | 20.8.2025

Úvod

Vyšetření cerebrovaskulární rezervní kapacity (CVRC, Cerebrovascular Reserve Capacity) u pacientů postižených okluzí vnitřní karotidy je základním předpokladem indikace EC-IC bypassu. Podle dostupných literárních údajů je riziko přirozeného průběhu u pacientů se symptomatickou okluzí karotidy (společné nebo vnitřní) s hemodynamickým selháním II. stupně [1] definovaným zvýšením extrakční frakce kyslíku (OEF, Oxygen Extraction Fraction) v postižené mozkové tkáni poměrně vysoké. Výskyt jakéhokoli iktu byl dle Grubba et al [2] u sledovaných pacientů s hemodynamickým selháním II. stupně (n = 39) 13,2 % během prvního roku a 29,2 % během dvou let sledování, pro ipsilaterální iktus byl pak zjištěn výskyt 10,6 % během prvního roku a 26,5 % během dvou let. Tato studie také prokázala signifikantně vyšší riziko u pacientů se zvýšenou OEF v postižené mozkové tkáni v porovnání se skupinou s normální OEF. Další studie, zabývající se detekcí poruchy CVRC pomocí TCD [3], potvrdila vysoké riziko (32 % během průměrných 38 měsíců sledování) i u pacientů s vyčerpáním CVRC zjištěným touto metodou.

Novější studie naznačují, že dalším parametrem poukazujícím na vysoké riziko iktu je zvýšení objemu krve v mozkové tkáni (CBV, Cerebral Blood Volume) [4]. Zvýšení CBV může dle autorů zmiňované studie odrážet krajní trvalou vazodilataci v postižené tkáni jako výraz vyčerpání autoregulační vazodilatační schopnosti. Pacienti se zvýšenou OEF a normálním CBV byli dle tohoto zdroje vystaveni nižšímu riziku iktu než pacienti se zvýšenou OEF i CBV. Vyplývající hypotézou je tedy možnost, že zachování normálního objemu krve ve tkáni odráží ještě nevyčerpanou autoregulační kapacitu. Autoři také shrnují a potvrzují závěry starších studií [5], které popisují mírný vzestup OEF ještě během stupně I hemodynamického selhání v závislosti na mírném poklesu krevního průtoku (CBF, Cerebral Blood Flow).

U pacientů s asymptomatickou okluzí karotidy je riziko iktu pravděpodobně značně nižší, zároveň je u této populace pacientů i nižší výskyt zvýšení OEF [6]. Nižší výskyt závažného hemodynamického postižení tedy podmiňuje jak primární asymptomatičnost, tak benigní průběh. Jiná, starší studie [7] ovšem popisuje poměrně vysoký výskyt iktů u asymptomatické okluze karotidy. Skutečné riziko přirozeného průběhu je tedy u asymptomatické okluze karotidy poměrně nejasné, což je dáno zejména faktem, že prevalence asymptomatické okluze karotidy je neznámá.

Hemodynamické selhání II. stupně s projevy reflexní vazodilatační reakce jsou tudíž významným prognostickým faktorem předpovídajícím riziko vaskulární příhody, nezávisle na použité vyšetřovací metodě [2,8,9]. U pacientů, u kterých dostupné metody prokázaly hemodynamické postižení mozkové cirkulace, tedy volíme jako přímou revaskularizační metodu provedení EC-IC bypassu [10], pokud nejsou indikovány metody nepřímé. Jako nepřímou metodu revaskularizace volíme při hemodynamicky významné stenóze kontralaterální vnitřní karotidy její endarterektomii nebo angioplastiku. Při prokázané kolateralizaci z povodí vnější karotidy nebo vertebrální arterie jsou pak v případě jejich stenózy indikovány zákroky na těchto tepnách [11].

EC-IC bypass jako přímá revaskularizační procedura je některými nadále považován za kontroverzní v důsledku různých interpretací výsledků studie EC/IC Bypass Trial [12]. Kritickým momentem při posuzování výsledků této studie je fakt, že v době jejího provedení nebyly k dispozici metody, které by v populaci pacientů s okluzí vnitřní karotidy identifikovaly podskupinu s hemodynamickým deficitem. Probíhající studie Carotid Occlusion Surgery Study [13], při které je k posouzení CVRC použita metoda PET s přímým stanovením OEF, by měla na otázku indikace EC/IC bypassu odpovědět.

V současné době existuje množství technik umožňujících posouzení CVRC u pacientů s okluzí vnitřní karotidy. Vždy zde jde o nepřímé určení nedostatečnosti perfuze – sledovány jsou hemodynamické parametry (průtok oblastí, objem krve přítomné ve tkáni, čas průtoku), nikoli dostatečnost zásobení tkání kyslíkem. Jedinou výjimkou je metoda $^{15}O_2$ PET, umožňující stanovení OEF v zobrazené tkáni. Mezi základní vyšetřovací metody patří transkraniální duplexní sonografie, dále je možné použít metody nukleární medicíny (PET, SPECT) a metody CT (XeCT, perfuzní CT včetně zátěžových fází). Jako velmi slibné pro použití v budoucnosti se jeví metody magnetické rezonance (MR), tedy vyšetření bez vystavení pacienta ionizujícímu záření, umožňující navíc vyšetření mozku v celém rozsahu s individuálním posouzením perfuzních parametrů jednotlivých tkáňových okrsků. Běžně používaná je metoda dynamického kontrastu susceptibility (v tomto kontextu je míněna ztráta MR signálu, způsobená pasáží bolusu paramagnetické kontrastní látky sledovanou tkání), založená na použití exogenního kontrastního materiálu podaného do krevního řečiště. Dalšími popisovanými metodami používanými pro vyšetření CVRC jsou techniky Arterial Spin Labeling (ASL) a techniky založené na BOLD efektu, využívající ke zjištění hemodynamických parametrů endogenních zejména intravaskulárních kontrastů.

Jednotlivé MR metody, u nichž bylo relevantně dokumentováno použití pro vyšetření CVRC u chronických okluzí magistrálních tepen předního povodí, shrnuje tab. 1.

Tab. 1. Shrnutí metod MR používaných pro vyšetření CVRC.

Metoda	Dynamický kontrast susceptibility	Arterial spin labeling	BOLD
Kontrastní materiál	cheláty gadolinia	endogenní	endogenní
Doba snímání	1–2 min	5–10 min	10–20 min
Běžně zjišťované parametry perfuze	CBF, CBV, MTT, TTP*	CBF*	změna CBF* po zátěži, další vlivy
Vliv přítomnosti velkých cév na výsledky vyšetření	ovlivní výsledky	neovlivní výsledky	ovlivní výsledky

*zkratky použité v tabulkách: CBF: parametr průtoku krve (Cerebral Blood Flow), CBV: parametr objemu krve (Cerebral Blood Volume), MTT: střední průtokový čas (Mean Transit Time), TTP: čas k dosažení vrcholu koncentrace kontrastu po aplikaci (Time To Peak)

proLékaře.cz | 20.8.2025

Dynamic Susceptibility Contrast

Metoda posouzení perfuze mozku pomocí dynamického kontrastu susceptibility (DSC) je založena na měření snížení T2 nebo T2* při spin-echo, resp. gradient-echo sekvenci během prvního průtoku endovaskulárně podaného bolusu kontrastní látky kapilárním řečištěm [14]. Používanou kontrastní látkou jsou běžné cheláty gadolinia. Předpokladem dynamického zobrazení je dostatečné časové rozlišení použité sekvence. Pomocí komerčně dostupného softwaru dodávaného často již výrobcem MR přístroje je možné zjištění různých parametrů na základě vývoje hodnot čas-intenzita a tyto parametry mohou být zobrazeny v jednotlivých voxelech daného skenu pomocí barevné škály. Vyšetření bylo v některých publikacích použito i pro kvantitativní hodnocení perfuze, nicméně studie zkoumající vztah takto získaných údajů k parametrům obdrženým pomocí PET sice potvrdila lineární korelaci těchto dvou metod v rámci vyšetření u jednotlivých pacientů, při porovnání výsledků pacientů mezi sebou ale výsledky kvantitativního určení CBF nekorelovaly [15]. Tato diskrepance je dána mnoha faktory, které ovlivňují pasáž bolusu kontrastní látky cévním řečištěm – ať už jde o množství a rychlost podání kontrastní látky nebo o individuální hemodynamické parametry u daného vyšetřovaného subjektu. Jako semikvantitativní údaj může ale sloužit porovnání dvou ROI (Region Of Interest, oblast zájmu), kdy je jedno ROI umístěno v hemisféře na straně uzavřené karotidy, druhé pak na straně druhé a parametry zjištěné v daných ROI se vzájemně porovnávají. Tab. 2 shrnuje dostupnou literaturu popisující použití DSC-MR k posouzení CVRC.

Jak je patrno ze souhrnů výsledků a interpretací dostupné literatury, pro posouzení CVRC jsou v praxi často používány různé parametry, rovněž metodika vyšetření se liší co do použití hemodynamické zátěže ať už ve formě vyvolání hyperkapnie, nebo podání acetazolamidu. Studie porovnávající DSC-MR s jinými metodami potvrzují poměrně dobře spolehlivost metody při pečlivé volbě postupu a hodnocených parametrů. V dobré korelaci k parametru OEF zjišťovanému pomocí PET se dle výše uvedených studií zdají být zejména parametry CBF, MTT (Mean Transit Time) a TTP (Time To Peak); výsledky použití CBV pro určení CVRC se ve zde shrnutých publikacích liší. Studie publikovaná v nedávné době [31] však ne-

Tab. 2. Použití DSC-MR k posouzení cerebrovaskulární rezervní kapacity.

Autor	Použité metody	Počet a popis zkoumaných subjektů	Výsledky a závěry – souhrn
Apruzzese A et al [16]	DSC-MR, TCD se zadržením dechu (breath holding index)	8 pacientů s asymptomatickým uzávěrem jedné karotidy, 6 kontrolních subjektů	nižší rCBF v postižené hemisféře proti probandům, vyšší rMTT jak proti probandům, tak proti druhé hemisféře, žádné rozdíly v rCBV, na postižené straně bylo rCBV vyšší, nicméně statisticky nevýznamný rozdíl, CBV v inverzní korelaci k nálezům TCD
Endo H et al [17]	DSC-MR, PET	17 pacientů se stenózou nebo okluzí ACI nebo ACM, 12 zdravých dobrovolníků	signifikantní negativní korelace mezi rCBV (zvýšené na postižené straně) a nálezem PET, rCBV získané pomocí DSC-MR lze použít k hodnocení CVRC
Griffiths PD et al [18]	DSC-MR, korelace s MRAG nálezem	8 pacientů se symptomatickou okluzí ACI	inverzní korelace mezi mírou kolateralizace dle MRAG a zvýšením MTT na postižené straně, zvýšení MTT výraznější po podání 1 g acetazolamidu, změna CBV po podání acetazolamidu variabilní ve sledované skupině (poklesy i vzestupy)
Guckel FJ et al [19]	DSC-MR	21 pacientů se symptomatickou okluzí ACI	po podání 1 g acetazolamidu: zvýšení rCBF na zdravé straně, na postižené straně buď jen nízké zvýšení, nebo pokles
Kajimoto K et al [20]	DSC-MR, PET	24 pacientů s unilaterální okluzí ACI (z toho 6 asymptomatických)	rozdíl TTP mezi postiženou a zdravou hemisférou větší než 4 sekundy koreluje s vyčerpanou CVRC zjištěnou PET
Kikuchi K et al [21]	DSC-MR, ^{133}Xe SPECT	8 pacientů s okluzí nebo stenózou ACI	snížené rCBF a zvýšené rCBV na MR v oblastech výpadu na SPECT
Kim JH et al [22]	DSC-MR, ^{99m}Tc-HMPAO SPECT	10 pacientů se symptomatickou okluzí ACI	deficit CVRC dle SPECT koreloval dobře s rMTT, ne s rCBV nebo rCBF
Kluytmans M et al [23]	DSC-MR, porovnání šedé a bílé hmoty	17 pacientů s unilaterální okluzí ACI a 17 kontrolních subjektů	prodloužení MTT je v postiženém povodí výraznější v bílé hmotě
Lythgoe DJ et al [24]	DSC-MR, SPECT	11 pacientů s unilaterální okluzí	kvantitativní hodnocení parametrů zjištěných pomocí DSC-MR nebylo v korelaci k výsledkům SPECT
Ma J et al [25]	DSC-MR, ^{99m}Tc-ECD SPECT	12 pacientů se symptomatickou unilaterální okluzí ACI	9 pacientů s deficitem dle SPECT ve skupině – po podání acetazolamidu v postižené oblasti snížení rCBV, rCBF a prodloužení rMTT; u 3 pacientů s normálním nálezem dle SPECT zkrácení rMTT, nárůst rCBF a snížení rCBV

proLékaře.cz | 20.8.2025

Tab. 2. Použití DSC-MR k posouzení cerebrovaskulární rezervní kapacity – pokračování.

Autor	Použité metody	Počet a popis zkoumaných subjektů	Výsledky a závěry – souhrn
Maeda M et al [26]	DSC-MR	11 pacientů s významnou stenózou nebo okluzí ACI, 2 z toho bilaterální postiženi	abnormity v rMTT v postižených povodích (13 postižených povodí), rCBV zvýšený ve 3 případech, normální v 8 případech
Mihara F et al [27]	DSC-MR, PET	10 pacientů s unilaterální okluzí ACI nebo ACM	parametr rMTT zjištěný pomocí MR v dobré korelaci k MTT zjištěnému pomocí PET, prodloužení MTT v dobré korelaci ke zvýšení OEF
Mukherjee P et al [15]	DSC-MR, PET	7 pacientů s unilaterální okluzí vnitřní karotidy	CBF zjištěný pomocí MR koreloval lineárně s hodnotami zjištěnými pomocí PET, ale kvantitativní hodnoty průtoku vypočtené pomocí DSC MR neodpovídaly absolutním hodnotám zjištěným pomocí PET
Nasel C et al [28]	DSC-MR	24 pacientů s 85–95% stenózou jedné karotidy, 10 pacientů se stenózou jedné vnitřní karotidy a okluzí druhé	standardizované TTP – zvláštní metoda výpočtu beroucí za počátek měření stav, kdy 3 % měřených voxelů v zobrazené rovině dosáhnou maximální změny intenzity, stdTTP pro ostatní voxely se měří od tohoto okamžiku. StdTTP > 3,5 sekundy svědčí pro hemodynamické postižení
Nighoghossian N et al [29]	DSC-MR	12 pacientů s unilaterální okluzí ACI	porovnání rCBV, MTT a rCBF mezi postiženou a nepostiženou hemisférou: rCBV u 5 pacientů jasně zvýšené na postižené straně, ale bez statistické významnosti v tomto souboru. MTT statisticky významně zvýšené na postižené straně. CBF statisticky významně snížené na postižené straně
Schreiber WG et al [30]	DSC-MR	13 zdravých dobrovolníků, 8 pacientů s okluzí/stenózou ACI, 2 pacienti s akutní iCMP	CVRC stanovena na základě porovnání rCBF před a po podání acetazolamidu. Oblasti zvýšení MTT korelovaly dobře s oblastmi, kde nedošlo ke zvýšení rCBF nebo kde došlo ke snížení
Schubert GA et al [31]	DSC-MR, XeCT	10 pacientů	údaje získané pomocí TTP odpovídaly výsledkům XeCT, MTT neodpovídalo, optimální práh pro zjištění porušení CVRC byl u TTP 4 sekundy
van Osch MJ et al [32]	DSC-MR, TCD	39 pacientů se symptomatickou okluzí ACI	statisticky významná negativní korelace mezi TTP a nálezy TCD, klidové CBF, CBV nebo MTT nekorelovaly s TCD

rCBF: regionální CBF, rCBV: regionální CBV, stdTTP: standardizované TTP, PET: pozitronová emisní tomografie, iCMP: ischemická cévní mozková příhoda, XeCT: Xenon enhanced CT, MRAG – MR angiografie

Tab. 3. Přehled nálezů DSC-MR při vyšetření CVRC.

Parametr	Obraz u zachované CVRC	Obraz u vyčerpané CVRC
CBF	symetrický nález na hemisférách, po vazodilatačním stimulu nárůst hodnot [19,30]	asymetrie, nižší hodnoty na postižené straně, po vazodilatačním stimulu jen disproporcionálně nízký nárůst nebo pokles [16,19,25,30]
CBV	symetrický nález na hemisférách, vzestup hodnot po vazodilatačním stimulu [16,19]	symetrický nález v porovnání se zdravou hemisférou, nebo zvýšené v porovnání se zdravou hemisférou [16,17,19,26], po vazodilatačním stimulu pokles hodnot [25], nicméně poměrně variabilní obraz*
MTT	symetrický nález na hemisférách, po vazodilatačním stimulu zkrácení [25]	prodloužení v postižené oblasti [16,26,29], po vazodilatačním stimulu prodloužení [25], v dobré korelaci k oblastem postižení dle SPECT [27], nebo PET [27], v jedné studii bez významné korelace k výsledkům XeCT [31]
TTP	symetrický nález na hemisférách	prodloužení TTP nad 4 sekundy (v porovnání s kontralaterální hemisférou) koreluje dobře s výsledky PET [20], XeCT [31], výsledky v souladu také s nálezy TCD [32]

* Může odpovídat různým stupňům hemodynamického postižení, zvýšení CBV je zřejmě spojeno s vyšším rizikem přirozeného průběhu [4].

proLékaře.cz | 20.8.2025

Tab. 4. Přehled literatury popisující použití metody ASL pro vyšetření CVRC.

Autor	Stručný popis
Detre JA et al [37]	studie zahrnovala 14 pacientů se symptomatickou stenózou nebo okluzí ACI nebo ACM, měla za úkol vyhodnotit použití kontinuálního ASL k určení CBF před a po podání acetazolamidu k určení cerebrovaskulární rezervy. Pozorovány byly různé typy odpovědí, od fokálního selhání autoregulace (okrsek tkáně bez reakce na vazodilatační stimul) distálně od postižené cévy po difuzní oblenění reakce CBF u pacientů se závažným a rozsáhlým postižením přívodných tepen. ASL je možno v kombinaci s MRAG použít ke komplexnímu posouzení stavu hemodynamiky, ohledně použití k určení cerebrovaskulární rezervní kapacity ale není učiněn jednoznačný závěr
Hendrikse J et al [38]	studie zahrnovala 9 pacientů se symptomatickou unilaterální okluzí ACI a 11 zdravých dobrovolníků. Prokázala snížení CBF v šedé hmotě hemisféry ipsilaterální k okluzi, jak v porovnání s kontralaterální hemisférou, tak se zdravými dobrovolníky. Studie neměla za cíl určit cerebrovaskulární rezervní kapacitu pomocí ASL
Yoneda K et al [39]	studie porovnávající jednu z pulzních technik ASL s DSC MR (FAIR, Flow sensitive Alternating Inversion Recovery), zabývá se zejména technickými aspekty. Zahrnovala 11 pacientů s unilaterální okluzí karotidy. Porovnává poměry asymetrie mezi hemisférami v jednotlivých parametrech, nejlépe technika FAIR odpovídala parametru MTT

našla dobrou korelaci mezi MTT a CVRC detekovanou pomocí XeCT, popisuje nicméně dobrou korelaci k parametru TTP, s porušením CVRC v oblastech zvýšení relativního TTP nad 4 s. Podobné použití parametru TTP používá i Nasel [28], který hemodynamické postižení popisuje u prodloužení TTP nad 3,5 s od okamžiku, kdy 3 % z voxelů v dané rovině dosáhla špičkové hodnoty intenzity. Jinou metodou použitou v další výše uvedené studii [20] je odečtení TTP zdravé hemisféry od postižené – zde oblasti s relativním prodloužením TTP nad 4 s korelovaly s oblastmi zvýšené OEF dle PET.

Vzhledem k malému počtu pacientů popisovaných ve výše uvedených publikacích a k rozdílům v hodnocených parametrech i metodice jejich porovnání nelze z dostupné literatury vyvodit zcela jednoznačné závěry a téma vyžaduje podrobnější zpracování a porovnání s dalšími vyšetřovacími metodami. Se zřetelem k výše uvedeným faktům – závislosti výsledků na mnoha hemodynamických i technických vlivech a neprokázané korelaci kvantitativních výsledků s kvantitativními výsledky metod PET – je vhodnější semikvantitativní hodnocení získaných hodnot, tedy porovnání se zdravou oblastí u vyšetřovaného pacienta, spíše než kvantitativní hodnocení porovnáním výsledků s tabulkou normálních fyziologických hodnot. Dostupné poznatky jsou shrnuty v tab. 3.

Arterial Spin Labeling

Tato poměrně nová metoda spočívá na magnetickém značení protonové masy přitékající v tepnách do mozkové tkáně. Ve značící rovině proximálně od vyšetřovaného okrsku tkáně se protékající voda magneticky označí, ve vlastní tkáni je pak detekovatelná malá změna MR signálu, obecně v řádu cca 1 % ze základní hodnoty zjištěné kontrolním skenem v dané rovině bez značení. Snímky vyšetřované tkáně získané při značení a bez značení vodních molekul přitékajících do tkáně se pak digitálně subtrahují, z výsledných obrazů je poté možné usuzovat na objem přitékající vody [33,34]. Existují různé techniky značení a detekce značených molekul (pulzní, kontinuální), jejich popis však není pro naše účely přínosný. Výhodou metody je možnost detekce mozkového průtoku v celém objemu mozku nebo ve vybraných povodích a použití endogenního kontrastního materiálu. Jedinými kontraindikacemi vyšetření jsou obecné kontraindikace MR. Nevýhodou zůstávají doposud malé zkušenosti s metodou. Z principu metody vyplývá parametr zjistitelný touto metodou – regionální průtok krve mozkovou tkání, CBF – oblasti s vyčerpanou CVRC by tedy měly vykazovat obleněnou nebo žádnou reakci na vazodilatační stimul. Metoda Arterial Spin Labeling (ASL) má podle dostupných zpráv poměrně dobrou opakovatelnost [35], pomocí různých matematických modelů je z výsledků možné dovozovat i kvantitativní hodnoty krevního průtoku šedou hmotou, u bílé hmoty jsou však hodnoty zjištěné touto metodou podhodnoceny [34].

Zprávy o použití této metody k vyšetření CVRC u chronických uzávěrů karotid jsou vzácné, metoda ASL byla přesto použita jako referenční metoda k zjištění reaktivity CBF na vazodilatační stimul i v článcích popisujících metody založené na BOLD efektu popsané v další sekci. Zajímavou možností je samozřejmě i popisované vyšetření perfuze jednotlivých povodí selektivním značením krve protékající jednotlivými arteriemi v porovnání s anatomickým nálezem [36]. Tato možnost nezávislého vyšetření jednotlivých povodí a schopnost kvantifikovat CBF a jeho změny budou v budoucnosti jistě předmětem dalšího výzkumu, a v kombinaci s dalšími metodami se proto ASL jeví jako informačně velmi výnosná metoda. Přehled relevantní literatury je uveden v tab. 4.

Techniky založené na BOLD efektu

Techniky založené na změně kontrastu vyšetřované tkáně v závislosti na oxygenaci krve (BOLD, Blood Oxygen Level Dependent) [40] se nejčastěji používají k vyšetření regionálních změn perfuze způsobených lokální aktivací mozkové tkáně při vyšetření funkční magnetickou rezonancí (fMR). Z hlediska vyšetření vlastní perfuze jako takové je tato technika literárně popsána v menším rozsahu. Některé články zabývající se tímto tématem popisují změny hemodynamické odpovědi u pacientů se stenózou magistrálních tepen přední cirkulace při klasickém vyšetřovacím paradigmatu fMR [41,42]. Většina autorů popisujících použití BOLD efektu ke stanovení CVRC ale využívá globálních změn perfuze po vazodilatačním stimulu při elevaci pCO_2 nebo po podání acetazolamidu v porovnání s klidovým stavem. Rozpaky při interpretaci získaných dat jsou dány zejména faktem, že fyziologickým podkladem pozorovaných změn nejenom jsou změny krevního průtoku (CBF), ale v ne-

proLékaře.cz | 20.8.2025

Tab. 5. Přehled literatury – použití BOLD efektu k posouzení CVRC.

Autor	Použité metody	Počet a popis zkoumaných subjektů	Výsledky a závěry – souhrn
Kleinschmidt A et al [44]	BOLD, TCD	4 pacienti s unilaterální okluzí ACI, v anamnéze jen tranzientní symptomy	změny před a po podání acetazolamidu: ve zdravých hemisférách regionální změny největší ve velkých piálních cévách a v šedé hmotě, v hemisférách ipsilaterálních k uzavřené ACI u dvou pacientů bez reakce na vazodilatační stimul, u třetího částečná reakce, u čtvrtého normální reakce. Výsledky BOLD byly v souladu s nálezy TCD
Lythgoe DJ et al [45]	BOLD, TCD	1 zdravý dobrovolník, 16 pacientů s unilaterální stenózou karotidy přes 70% (12 pacientů) nebo s unilaterální okluzí karotidy (4 pacienti)	změny ve stavu před a při inhalaci 6% CO_2: signifikantní korelace mezi interhemisferickým rozdílem reaktivity zjištěným TCD a BOLD, ale žádná korelace mezi absolutním BOLD efektem a reaktivitou zjištěnou TCD, dané variabilitou změn signálu ve zdravé hemisféře u vyšetření BOLD. BOLD může zobrazit menší okrsky nedostatečné perfuze nedetekovatelné pomocí TCD, ale poskytuje pouze semikvantitativní informace
Mandell DM et al [46]	BOLD, ASL	38 pacientů se stenookluzivní cerebrovaskulární nemocí	u pacientů se stenózou nebo okluzí krkavic odpovídají výsledky BOLD vyšetření změnám CBF před a po zátěži zjištěným pomocí ASL. Paradoxní změna CBF (pokles po vazodilatačním stimulu) je pomocí BOLD zjistitelná, toto vyšetření má nicméně nižší senzitivitu než ASL
Ohnishi T et al [47]	BOLD, ^{99m}Tc-ECD SPECT	4 zdraví dobrovolníci, 8 symptomatických (TIA, minor stroke) pacientů s chronickou unilaterální cerebrovaskulární okluzí	u všech dobrovolníků došlo k vzestupu MR signálu od 3 do 10 minut po podání acetazolamidu, efekt trval 45 minut. U pacientů odpovídal nález BOLD (zvýšení signálu po vazodilatačním stimulu symetricky k druhé hemisféře nebo disproporce ve zvýšení signálu) nálezům SPECT
Shiino A et al [48]	BOLD, ^{123}I-iodoamfetamin SPECT	17 zdravých dobrovolníků, 10 pacientů s uni- nebo bilaterální okluzí ACI	studie používající jako zátěžový stimul při BOLD vyšetření zadržení dechu na 24 sekund, opakovaně během vyšetření. Při vyšetření SPECT byl jako vazodilatační stimul použit acetazolamid. Výsledky BOLD korelovaly dobře s výsledky vyšetření SPECT, a to jak při vizuální evaluaci radiology, tak při porovnání hodnot procentuálních změn signálu pomocí ROI (Region Of Interest). Negativní změny při vyšetření BOLD se vyskytly v 8 oblastech, při SPECT vykázaly tyto oblasti v 6 případech negativní CVRC a areaktivitu ve 2 případech
Ziyeh S et al [49]	BOLD, TCD	27 pacientů s unilaterální nebo bilaterální okluzí nebo stenózou, symptomatičtí i asymptomatičtí	jako zátěžový stimul byla použita inhalace směsi 7% CO_2 a vzduchu. Nálezy TCD korelovaly dobře s nálezy BOLD, relativně menší BOLD efekt byl pozorován u 12 ze 13 hemisfér, u nichž byla nedostatečná CVRC zjištěna pomocí TCD

známé míře dochází k ovlivnění výsledků dalšími faktory, včetně parciálního tlaku kyslíku v krvi, hematokritu a objemu krve ve vyšetřované tkáni [40]. Dalším sporným momentem je vztah reaktivity na vazodilatační stimul ke klinickému průběhu a možný rozdíl mezi fyziologickou odpovědí na dva nejčastěji používané druhy stimulů [43]. Souhrn relevantní literatury je uveden v tab. 5.

Veškerá dostupná literatura se shoduje na tom, že změny T2* kontrastu při zátěžovém vyšetření hrubě odpovídají změnám CBF, ovšem nikoli lineárně [48]. Jsou do jisté, zatím neurčené míry ovlivněny dalšími faktory – CBV, hematokritem i anatomií mikrovaskulárního řečiště. V hustotě mikrovaskulárního řečiště je zřejmě možné hledat také důvod významného rozdílu velikosti BOLD efektu mezi bílou a šedou hmotou popisovaného ve všech výše zmíněných článcích i ve studiích popisujících fyziologický stav u zdravých dobrovolníků [50]. BOLD efekt je také mnohem výraznější v blízkosti povrchu mozkové kůry a v subarachnoidálním prostoru, což je způsobeno změnami oxygenace krve v kortikálních žilách [51].

Pozornost je třeba věnovat také fyziologickému významu výskytu tzv. paradoxních změn – tedy regionálnímu poklesu T2* signálu po vazodilatačním stimulu. V recentním článku autorů Mandell et al [46] odpovídaly paradoxní změny T2* signálu po zátěži poměrně dobře paradoxním změnám CBF zjištěným pomocí ASL. Shiino et al nalezli paradoxní změny T2* signálu v osmi případech, výsledky byly s referenčním vyšetřením (v tomto případě SPECT) rovněž srovnatelné. Tyto paradoxní změny T2* signálu tedy mohou odpovídat výskytu tzv. steal fenoménu, jenž podle některých zdrojů koreluje se zvýšenou extrakcí kyslíku [52] a může znamenat zvýšené riziko iktu [53]. Přesnou informaci, zda regionální paradoxní změny T2* intenzity pozorované při BOLD vyšetření korelují s regionální elevací OEF, by ovšem přinesla pouze studie porovnávající přímo tyto dvě metody. Existují nicméně nové studie popisující složitější metody zpracování dat získaných použitím BOLD efektu, pomocí kterých je teoreticky možno zjistit extrakční frakci kyslíku přímo [54,55]. Metoda popsaná autory Kavecem et al v roce 2004 [56] kombinující použití BOLD efektu a DSC-MR pro výpočet OEF nebyla dobře přijata (pouze tři citace v databázi Scopus, z toho jeden článek kritizující použitou metodologii [57]).

proLékaře.cz | 20.8.2025

Závěr

Z výše uvedených literárních údajů lze shrnout, že magnetická rezonance představuje neinvazivní, radiační zátěži nevystavující modalitu vyšetření CVRC, která je již dnes dostatečně literárně popsána, a může tedy být použita v korelaci s dalšími metodami i pro rutinní vyšetřování nemocných s okluzí vnitřní karotidy před eventuální indikací EC-IC bypassu. Slibnou se do budoucna jeví zejména možnost exaktního vyšetření změn krevního průtoku mozkovým řečištěm pomocí ASL, detekce patologického steal efektu v rozsahu celého objemu mozkové tkáně a eventuálně i recentně popsané možnosti zjištění OEF v zobrazené tkáni.

Literatura

1. Powers WJ, Press GA, Grubb RL jr, Gado M, Raichle ME. The effect of hemodynamically significant carotid artery disease on the hemodynamic status of the cerebral circulation. Ann Intern Med 1987; 106(1): 27–34.

2. Grubb RL jr, Derdeyn CP, Fritsch SM, Carpenter DA, Yundt KD, Videen TO et al. Importance of hemodynamic factors in the prognosis of symptomatic carotid occlusion. JAMA 1998; 280(12): 1055–1060.

3. Kleiser B, Widder B. Course of carotid artery occlusions with impaired cerebrovascular reactivity. Stroke 1992; 23(2): 171–174.

4. Derdeyn CP, Videen TO, Yundt KD, Fritsch SM, Carpenter DA, Grubb RL et al. Variability of cerebral blood volume and oxygen extraction: stages of cerebral haemodynamic impairment revisited. Brain 2002; 125(3): 595–607.

5. Schumann P, Touzani O, Young AR, Morello R, Baron JC, MacKenzie ET. Evaluation of the ratio of cerebral blood flow to cerebral blood volume as an index of local cerebral perfusion pressure. Brain 1998; 121(7): 1369–1379.

6. Powers WJ, Derdeyn CP, Fritsch SM, Carpenter DA, Yundt KD, Videen TO et al. Benign prognosis of never-symptomatic carotid occlusion. Neurology 2000; 54(4): 878–882.

7. Hennerici M, Hülsbömer HB, Rautenberg W, Hefter H. Spontaneous history of asymptomatic internal carotid occlusion. Stroke 1986; 17(4): 718–722.

8. Vernieri F, Pasqualetti P, Passarelli F, Rossini PM, Silvestrini M. Outcome of carotid artery occlusion is predicted by cerebrovascular reactivity. Stroke 1999; 30(3): 593–598.

9. Ogasawara K, Ogawa A, Yoshimoto T. Cerebrovascular reactivity to acetazolamide and outcome in patients with symptomatic internal carotid or middle cerebral artery occlusion: a xenon-133 single-photon emission computed tomography study. Stroke 2002; 33(7): 1857–1862.

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

11. Derdeyn CP, Grubb RL jr, Powers WJ. Indications for cerebral revascularization for patients with atherosclerotic carotid occlusion. Skull Base 2005; 15(1): 7–14.

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

13. Grubb RL jr, Powers WJ, Derdeyn CP, Adams HP jr, Clarke WR. The Carotid Occlusion Surgery Study. Neurosurg Focus 2003; 14(3): e9.

14. Rosen BR, Belliveau JW, Vevea JM, Brady TJ. Perfusion imaging with NMR contrast agents. Magn Reson Med 1990; 14(2): 249–265.

15. Mukherjee P, Kang HC, Videen TO, McKinstry RC, Powers WJ, Derdeyn CP. Measurement of cerebral blood flow in chronic carotid occlusive disease: comparison of dynamic susceptibility contrast perfusion MR imaging with positron emission tomography. AJNR Am J Neuroradiol 2003; 24(5): 862–871.

16. Apruzzese A, Silvestrini M, Floris R, Vernieri F, Bozzao A, Hagberg G et al. Cerebral hemodynamics in asymptomatic patients with internal carotid artery occlusion: a dynamic susceptibility contrast MR and transcranial Doppler study. AJNR Am J Neuroradiol 2001; 22(6): 1062–1067.

17. Endo H, Inoue T, Ogasawara K, Fukuda T, Kanbara Y, Ogawa A. Quantitative assessment of cerebral hemodynamics using perfusion-weighted MRI in patients with major cerebral artery occlusive disease: comparison with positron emission tomography. Stroke 2006; 37(2): 388–392.

18. Griffiths PD, Gaines P, Cleveland T, Beard J, Venables G, Wilkinson ID. Assessment of cerebral haemodynamics and vascular reserve in patients with symptomatic carotid artery occlusion: an integrated MR method. Neuroradiology 2005; 47(3): 175–182.

19. Gückel FJ, Brix G, Schmiedek P, Piepgras Z, Becker G, Köpke J et al. Cerebrovascular reserve capacity in patients with occlusive cerebrovascular disease: assessment with dynamic susceptibility contrast-enhanced MR imaging and the acetazolamide stimulation test. Radiology 1996; 201(2): 405–412.

20. Kajimoto K, Moriwaki H, Yamada N, Hayashida K, Kobayashi J, Miyashita K et al. Cerebral hemodynamic evaluation using perfusion-weighted magnetic resonance imaging: comparison with positron emission tomography values in chronic occlusive carotid disease. Stroke 2003; 34(7): 1662–1666.

21. Kikuchi K, Murase K, Miki H, Kikuchi T, Sugawara Y, Mochizuki T et al. Measurement of cerebral hemodynamics with perfusion-weighted MR imaging: comparison with pre- and post-acetazolamide 133Xe-SPECT in occlusive carotid disease. AJNR Am J Neuroradiol 2001; 22(2): 248–254.

22. Kim JH, Lee SJ, Shin T, Kang KH, Choi PY, Gong JC et al. Correlative assessment of hemodynamic parameters obtained with T2*-weighted perfusion MR imaging and SPECT in symptomatic carotid artery occlusion. AJNR Am J Neuroradiol 2000; 21(8): 1450–1456.

23. Kluytmans M, van der Grond J, Folkers PJ, Mali WP, Viergever MA. Differentiation of gray matter and white matter perfusion in patients with unilateral internal carotid artery occlusion. J Magn Reson Imaging 1998; 8(4): 767–774.

24. Lythgoe DJ, Ostergaard L, William SC, Cluckie A, Buxton-Thomas M, Simmons A et al. Quantitative perfusion imaging in carotid artery stenosis using dynamic susceptibility contrast-enhanced magnetic resonance imaging. Magn Reson Imaging 2000; 18(1): 1–11.

25. Ma J, Mehrkens JH, Holtmannspoetter M, Linke R, Schmid-Elsaesser R, Steiger HJ et al. Perfusion MRI before and after acetazolamide administration for assessment of cerebrovascular reserve capacity in patients with symptomatic internal carotid artery (ICA) occlusion: comparison with 99mTc-ECD SPECT. Neuroradiology 2007; 49(4): 317–326.

26. Maeda M, Yuh WT, Ueda T, Maley JE, Crosby DL, Zhu MW et al. Severe occlusive carotid artery disease: hemodynamic assessment by MR perfusion imaging in symptomatic patients. AJNR Am J Neuroradiol 1999; 20(1): 43–51.

27. Mihara F, Kuwabara Y, Tanaka A, Yoshiura T, Sasaki M, Yoshida T et al. Reliability of mean transit time obtained using perfusion-weighted MR imaging; comparison with positron emission tomography. Magn Reson Imaging 2003; 21(1): 33–39.

28. Nasel C, Azizi A, Wilfort A, Mallek R, Schindler E. Measurement of time-to-peak parameter by use of a new standardization method in patients with stenotic or occlusive disease of the carotid artery. AJNR Am J Neuroradiol 2001; 22(6): 1056–1061.

29. Nighoghossian N, Berthezene Y, Philippon B, Adeleine P, Froment JC, Trouillas P. Hemodynamic parameter assessment with dynamic susceptibility contrast magnetic resonance imaging in unilateral symptomatic internal carotid artery occlusion. Stroke 1996; 27(3): 474–479.

30. Schreiber WG, Gückel F, Stritzke P, Schmiedek P, Schwartz A, Brix G. Cerebral blood flow and cerebrovascular reserve capacity: estimation by dynamic magnetic resonance imaging. J Cereb Blood Flow Metab 1998; 18(10): 1143–1156.

31. Schubert GA, Weinmann C, Seiz M, Gerigk L, Weiss C, Horn P et al. Cerebrovascular insufficiency as the criterion for revascularization procedures in selected patients: a correlation study of xenon contrast-enhanced CT and PWI. Neurosurg Rev 2009; 32(1): 29–35.

32. van Osch MJ, Rutgers DR, Vonken EP, van Huffelen AC, Klijn CJ, Bakker CJ et al. Quantitative cerebral perfusion MRI and CO2 reactivity measurements in patients with symptomatic internal carotid artery occlusion. Neuroimage 2002; 17(1): 469–478.

33. Golay X, Hendrikse J, Lim TC. Perfusion imaging using arterial spin labeling. Top Magn Reson Imaging 2004; 15(1): 10–27.

34. Wintermark M, Sesay M, Barbier E, Borbely K, Dillon WP, Eastwood JD et al. Comparative overview of brain perfusion imaging techniques. Stroke 2005; 36(9): e83–e99.

35. Parkes LM, Rashid W, Chard DT, Tofts PS. Normal cerebral perfusion measurements using arterial spin labeling: Reproducibility, stability, and age and gender effects. Magn Reson Med 2004; 51(4): 736–743.

36. Golay X, Hendrikse J, Van Der Grond J. Application of regional perfusion imaging to extra-intracranial bypass surgery and severe stenoses. J Neuroradiol 2005; 32(5): 321–324.

37. Detre JA, Samuels OB, Alsop DC, Gonzalez-At JB, Kasner SE, Raps EC. Noninvasive magnetic resonance imaging evaluation of cerebral blood flow with acetazolamide challenge in patients with cerebrovascular stenosis. J Magn Reson Imaging 1999; 10(5): 870–875.

38. Hendrikse J, van Osch MJ, Rutgers DR, Bakker CJ, Kappelle LJ, Golay X et al. Internal carotid artery occlusion assessed at pulsed arterial spin-labeling perfusion MR imaging at multiple delay times. Radiology 2004; 233(3): 899–904.

39. Yoneda K, Harada M, Morita N, Nishitani H, Uno M, Matsuda T. Comparison of FAIR technique with different inversion times and post contrast dynamic perfusion MRI in chronic occlusive cerebrovascular disease. Magn Reson Imaging 2003; 21(7): 701–705.

40. Ogawa S, Lee TM, Kay AR, Tank DW. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. Proc Natl Acad Sci U S A 1990; 87(24): 9868–9872.

41. Roc AC, Wang J, Ances BM, Liebeskind DS, Kasner SE, Detre JA. Altered hemodynamics and regional

proLékaře.cz | 20.8.2025

cerebral blood flow in patients with hemodynamically significant stenoses. Stroke 2006; 37(2): 382–387.
42. Herzig R, Hlustik P, Skoloudik D, Sanak D, Vlachova I, Herman M et al. Assessment of the cerebral vasomotor reactivity in internal carotid artery occlusion using a transcranial Doppler sonography and functional MRI. J Neuroimaging 2008; 18(1): 38–45.
43. Kazumata K, Tanaka N, Ishikawa T, Kuroda S, Houkin K, Mitsumori K. Dissociation of vasoreactivity to acetazolamide and hypercapnia. Comparative study in patients with chronic occlusive major cerebral artery disease. Stroke 1996; 27(11): 2052–2058.
44. Kleinschmidt A, Steinmetz H, Sitzer M, Merboldt KD, Frahm J. Magnetic resonance imaging of regional cerebral blood oxygenation changes under acetazolamide in carotid occlusive disease. Stroke 1995; 26(1): 106–110.
45. Lythgoe DJ, Williams SC, Cullinane M, Markus HS. Mapping of cerebrovascular reactivity using BOLD magnetic resonance imaging. Magn Reson Imaging 1999; 17(4): 495–502.
46. Mandell DM, Han JS, Poublanc J, Crawley AP, Stainsby JA, Fisher JA et al. Mapping cerebrovascular reactivity using blood oxygen level-dependent MRI in Patients with arterial steno-occlusive disease: comparison with arterial spin labeling MRI. Stroke 2008; 39(7): 2021–2028.
47. Ohnishi T, Nakano S, Yano T, Hoshi H, Jinnouchi S, Nagamachi S et al. Susceptibility-weighted MR for evaluation of vasodilatory capacity with acetazolamide challenge. AJNR Am J Neuroradiol 1996; 17(4): 631–637.
48. Shiino A, Morita Y, Tsuji A, Maeda K, Ito R, Furukawa A et al. Estimation of cerebral perfusion reserve by blood oxygenation level-dependent imaging: comparison with single-photon emission computed tomography. J Cereb Blood Flow Metab 2003; 23(1): 121–135.
49. Ziyeh S, Rick J, Reinhard M, Hetzel A, Mader I, Speck O. Blood oxygen level-dependent MRI of cerebral CO2 reactivity in severe carotid stenosis and occlusion. Stroke 2005; 36(4): 751–756.
50. van der Zande FH, Hofman PA, Backes WH. Mapping hypercapnia-induced cerebrovascular reactivity using BOLD MRI. Neuroradiology 2005; 47(2): 114–120.
51. Hedera P, Lai S, Lewin JS, Haacke EM, Wu D, Lerner AJ et al. Assessment of cerebral blood flow reserve using functional magnetic resonance imaging. J Magn Reson Imaging 1996; 6(5): 718–725.
52. Nariai T, Suzuki R, Hirakawa K, Maehara T, Ishii K, Senda M. Vascular reserve in chronic cerebral ischemia measured by the acetazolamide challenge test: comparison with positron emission tomography. AJNR Am J Neuroradiol 1995; 16(3): 563–570.
53. Widder B, Kleiser B, Krapf H. Course of cerebrovascular reactivity in patients with carotid artery occlusions. Stroke 1994; 25(10): 1963–1967.
54. He X, Yablonskiy DA. Quantitative BOLD: mapping of human cerebral deoxygenated blood volume and oxygen extraction fraction: default state. Magn Reson Med 2007; 57(1): 115–126.
55. He X, Zhu M, Yablonskiy DA. Validation of oxygen extraction fraction measurement by qBOLD technique. Magn Reson Med 2008; 60(4): 882–888.
56. Kavec M, Usenius JP, Tuunanen PI, Rissanen A, Kauppinen RA. Assessment of cerebral hemodynamics and oxygen extraction using dynamic susceptibility contrast and spin echo blood oxygenation level-dependent magnetic resonance imaging: applications to carotid stenosis patients. Neuroimage 2004; 22(1): 258–267.
57. Anderson CM, Kaufman MJ, Lowen SB, Rohan M, Renshaw PF, Teicher MH. Brain T2 relaxation times correlate with regional cerebral blood volume. MAGMA 2005; 18(1): 3–6.

PERSONALIA

Přání k významnému životnímu jubileu

Doc. MUDr. Jiří Bauer, CSc., se narodil 12. srpna 1939, dožívá se tedy v plné pracovní aktivitě takřka neuvěřitelných 70 let. Je významnou osobností Hennerovy neurologické kliniky 1. LF UK a VFN a její kolektiv si jej váží nejenom pro hluboké odborné znalosti, ale i pro jeho nevyčerpatelnou energii a mladistvou aktivitu.

Jiří Bauer je vynikají učitel. Mezi jeho vděčné žáky se počítají nejen generace pracovníků Hennerovy kliniky, ale i řada dalších českých neurologů, kteří vyhledávají jeho přednášky jak kvůli jejich klinicky aktuálnímu obsahu, tak kvůli jeho nevšednímu řečnickému daru a umění zaujmout posluchače.

Jiří Bauer se zasloužil o vybudování prvního oddělení počítačové tomografie a později i jednotky neurointenzivní péče na Neurologické klinice 1. LF UK a VFN. Stále se na špičkové úrovni zabývá problematikou cévních onemocnění nervového systému. Jeho diagnostické zkušenosti jej činí nepostradatelným pracovníkem oddělení výpočetní tomografie. Pracuje aktivně ve výborech České společnosti pro trombózu a hemostázu a zejména cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti JEP, kde se významně podílí na vzniku všech moderních diagnostických a léčebných doporučení.

Vážený pane docente, milý Jiří, přejeme Ti k Tvým krásným narozeninám mnoho zdraví, spokojenosti a životního elánu.

Kolektiv Hennerovy neurologické kliniky