

Dnešní role duplexní sonografie u ischemické cévní mozkové příhody

MUDr. Dagmar Součková

Sonolab, s. r. o., Cerebrovaskulární poradna a neurosonologie

Neurologické oddělení, Nemocnice Na Homolce, Praha

Role sonografie se v čase mění zejména díky změnám logistiky a pokrokům v diagnostice a léčbě pacientů s cévní mozkovou příhodou, kdy v akutní fázi choroby je primární vyšetřovací metodou CT/CTA (alternativně MRI/MRA), aby bylo možné co nejdříve zahájit léčbu. I přesto sonografické vyšetření má co nabídnout, a to jak v akutní, tak subakutní fázi cévní mozkové příhody. Nezastupitelné místo má pak jak v sekundární, tak i primární prevenci CMP. Přinášíme přehled současných možností využití duplexní sonografie ve všech fázích.

Klíčová slova: neurosonologie, transkraniální duplexní sonografie, ateroskleróza, stenóza karotidy, sekundární prevence, primární prevence, cévní mozková příhoda.

Today's role of duplex sonography in the diagnostics of atherosclerosis of brain supplying arteries

The role of sonography is being changed nowadays due to the progress and logistic changes in acute diagnostics in stroke care. In the acute phase of stroke, CT angiography is basic to enable start treatment as soon as possible. Nevertheless, sonographic examination has a lot to offer, not only in the acute, but also subacute period of stroke treatment. Neurosonology is irreplaceable in secondary prevention, as well as in primary prevention of stroke. We summarize contemporary clinical importance of the examination in all phases of stroke care.

Key words: neurosonology, transcranial duplex sonography, atherosclerosis, carotid stenosis, secondary stroke prevention, primary stroke prevention.

Úvod

Ateroskleróza a její následky jsou nejčastější příčinou úmrtí v globálním měřítku a zejména invalidita po cévní mozkové příhodě (CMP) je celosvětovým problémem. Pokroky v diagnostice a léčbě zejména ischemických CMP zaznamenané v poslední dekádě jsou bezprecedentní změnou v této medicínské oblasti. Jedním ze široce používaných nástrojů ke zlepšení péče o pacienty je neurosonologie. Duplexní sonografie přírodních mozkových tepen, a to jak extrakraniální, tak i transkraniální, je metodou široce dostupnou a bezpečnou, umožňující spolehlivou diagnostiku aterosklerotického, případně jiného postižení přírodních mozkových tepen (např. disekce). Rychlá a podrobná

analýza stavu cévního řečiště mozku, přesná kvantifikace stenóz a stanovení průtoků v jednotlivých povodích mozkových tepen je stěžejní k určení správného terapeutického postupu. Vyšetření v akutní fázi cévní mozkové příhody vyžaduje větší zkušenost vyšetřujícího, ale při pečlivém provedení a komplexním pohledu na daného pacienta může přinést řadu užitečných informací, které mohou změnit management jeho péče.

Rovněž v sekundární prevenci – u pacientů po CMP je třeba pravidelné sonografické sledování vývoje zejména stenotických procesů, a to jak extrakraniálních, tak i těch v intrakraniálním řečišti a jejich dopad na mozkovou cirkulaci.

Nezpochybnitelná je role duplexní sonografie přírodních mozkových tepen také v primární prevenci iktu, kdy se především extrakraniální vyšetření používá jako spolehlivý nástroj k identifikaci pacientů s vyšším rizikem kardiovaskulárních chorob.

Pacient s akutní ischemickou CMP

Pacientovi, který utrpěl cévní mozkovou příhodou, je po příjezdu do iktového centra (IC) standardně provedeno CT mozku včetně CT angiografie (Neumann et al., 2021), podle které je indikována terapie intravenózní trombolýzou (IVT), v případě okluze velké tepny (LVO) pak mechanická trombektomie (MT). Z praxe víme, že po aplikaci IVT se může nález na tepnách měnit v důsledku rozpuštění trombu na stenóze,



MUDr. Dagmar Součková

Sonolab, s. r. o., Cerebrovaskulární poradna a neurosonologie, Neurologické oddělení, Nemocnice Na Homolce, Praha
dagmarsouckova@email.cz

Cit. zkr: *Neurol. praxi.* 2023;24(6):435–439

Článek přijat redakcí: 4. 5. 2023

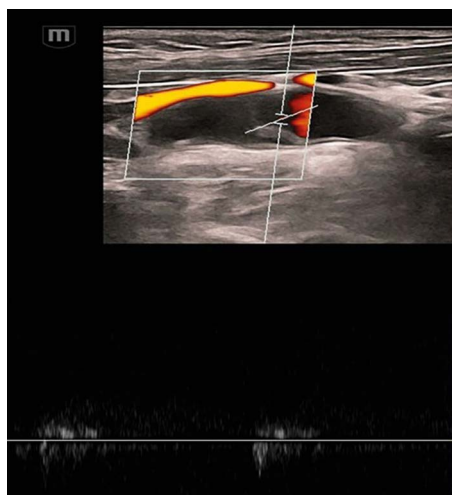
Článek přijat k publikaci: 31. 5. 2023

mechanická rekanalizace optimálně vede k obnovení toku v postiženém povodí. K monitorování výsledného nálezu je duplexní sonografie ideální, protože pacienta nezatěžuje aplikací kontrastní látky ani zářením a je jednoduše opakovatelná. Různé práce prokázaly výbornou shodu mezi neurosonologickým vyšetřením, CTA a DSA v diagnostice těchto patologií (Roubec et al., 2009). Opakované transkraniální vyšetření je často žádoucí vzhledem k tomu, že situace v mozkovém řečišti může být po výkonech velmi dynamická a nálezy se mohou ze dne na den měnit, což ne vždy odrazí klinický stav pacienta. Pravidelně prováděná vyšetření pak přináší lepší přehled o aktuální situaci v postiženém povodí a umožní nám lépe předcházet případnému klinickému zhoršení či komplikacím v prvních dnech po výkonu.

Intravenózní trombolýza

V případě terapie intravenózní trombolýzou může dojít v některých případech k rozpuštění trombu na stenóze, potažmo pak ke změně tíže stenózy. Pokud není tepna intervenována v akutní fázi nemoci, je vhodné neurosonologické vyšetření provést 24–72 hodin po IVT, abychom mohli plánovat v závislosti na klinickém stavu pacienta a CT nálezu intervenci na přírodních mozkových tepnách (CEA, CAS, PTA intrakraniálních tepen) a zvolit její optimální načasování, případně od intervence upustit, pokud po terapii IVT stupeň stenózy už nedosahuje hemodynamické významnosti. Vždy je třeba postupovat přísně individuálně.

Obr. 1. Asymptomatická akutní okluze ACI 7. den po úspěšné intervenci, „systolické kliky“ (Power mode)

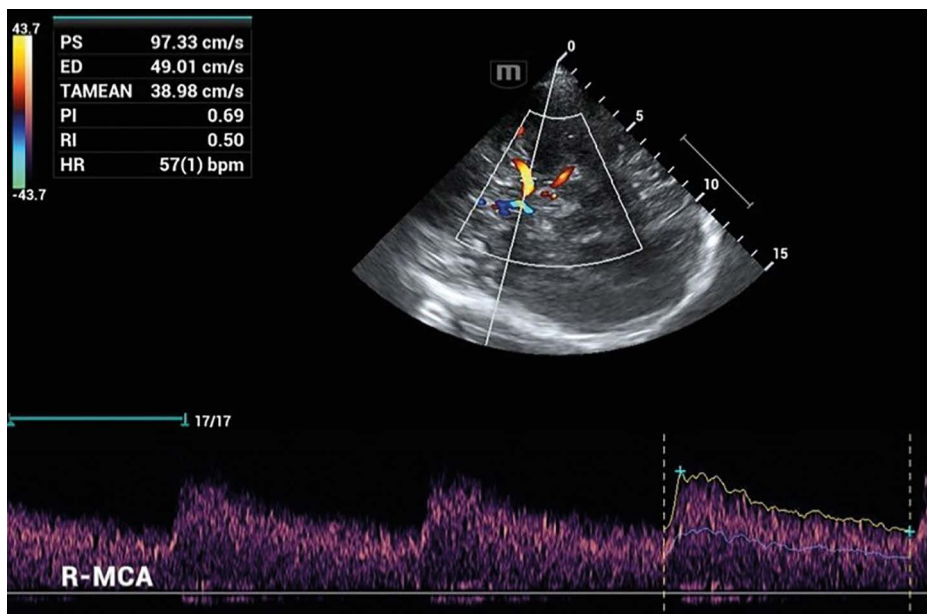


Mechanická rekanalizace

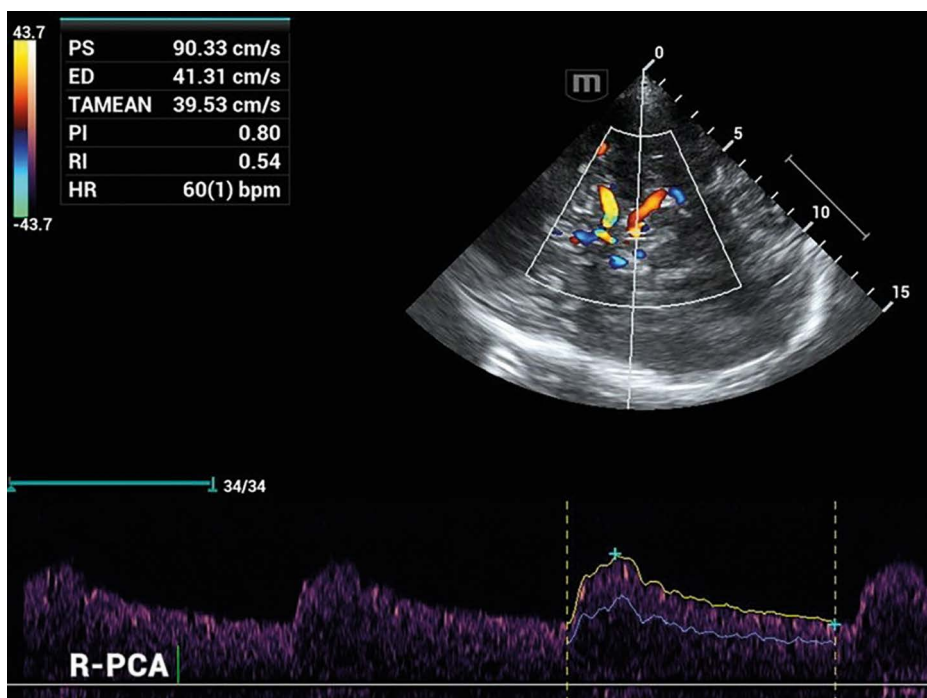
Po mechanické trombektomii je v ideálním případě tepna rekanalizována a je obnoven průtok. Další sledování pacienta probíhá na jednotce intenzivní péče, kde je pečlivě sledováno případné klinické zhoršení. Pokud jsou ovšem prováděny neurosonologické kontroly stavu postiženého povodí, nacházíme někdy až překvapivé změny, které nejsou reflektovány v klinickém stavu pacienta, jako např. asymptomatický uzávěr stentu v karotickém sifonu či v odstupu vnitřní karotidy (ACI) s průchodnou střední mozkovou tepnou

a dobře rozvinutou kolateralizací přes Willisův okruh. Jako příklad uvádíme pacienta s iCMP při uzávěru ACI + M1 segmentu střední mozkové tepny (ACM) vpravo (vstupní NIHSS skóre bylo 15), u kterého byla úspěšně provedena MT s implantací stentu do distální ACI se zlepšením klinického nálezu na 4 body NIHSS. Ultrazvukové vyšetření 7. den po intervenci při dobrém klinickém stavu ukázalo okluzi ACI od odstupu z karotické bifurkace (Obr. 1) a uzávěr stentu při dobře funkční kolateralizaci přes ACoA a ACoP (Obr. 3) s normálním plněním M1-ACM (Obr. 2).

Obr. 2. Normální tok v M1 segmentu ACM (PSV 97 cm/s)



Obr. 3. Zvýšený tok P1 segmentu a. cerebri posterior v rámci kolateralizace přes zadní komunikantu (ACoP) – PSV 90 cm/s



Existují první práce, které poukazují na to, že TCCS nález po mechanické trombektomii může přispět ke stanovení prognózy pacienta (Kneihls et al., 2018), stejně jako tomu je v případě IVT (Demchuk, 2001). Většina prací je zatím založena na hodnocení průtoku dle TIBI kritérií (Thrombolysis in Brain Ischemia), kdy postprocedurální nálezy s TIBI 0–4 jsou prediktorem špatného klinického stavu.

Méně častým nálezem, který nacházíme po intervenci, může být reziduální stenóza mozkové tepny po MT, jejíž závažnost se může v čase měnit, proto je vhodné vyšetření opakovat s odstupem (Obr. 4).

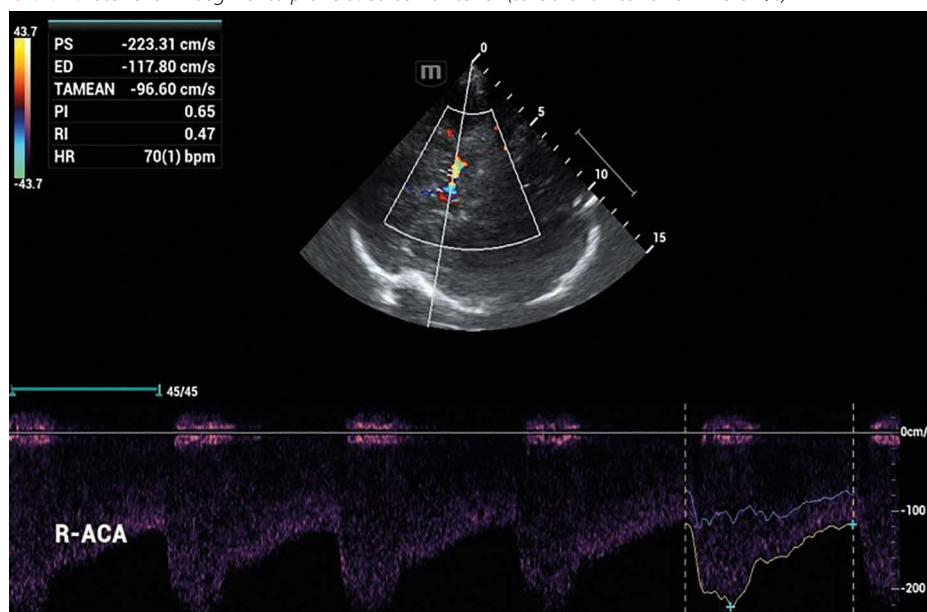
U některých pacientů nacházíme různý stupeň hyperperfuzního syndromu s výraznou vazodilatací intervenovaného povodí. Prevalence těchto případů ani patofyziologie není doposud zcela objasněna, nejspíše se jedná o lokální poruchou autoregulace a účinky volných radikálů (Yen-Heng, 2020, Shahripour, 2021). Hyperperfuzní syndrom ohrožuje pacienta prokrvácením ischemie, což se podílí na horším výsledném stavu, někdy ovšem klinické projevy mohou být chudé (např. bolest hlavy) nebo mohou úplně chybět. Příkladem může být 56letá pacientka s okluzivní disekcí ACI a uzávěrem ACM s akutní těžkou CMP (NIHSS vstupně 21 b.), kdy byla ještě 6 týdnů po intervenci patrná extrémní vazodilatace střední mozkové tepny s velmi nízkými indexy pulzatility a rezistence (RI 0,3) (Obr. 5).

Na základě systematického přehledu literatury (Shahripour et al., 2021) je provedení neurosonologického vyšetření doporučeno v akutní fázi léčby iktu.

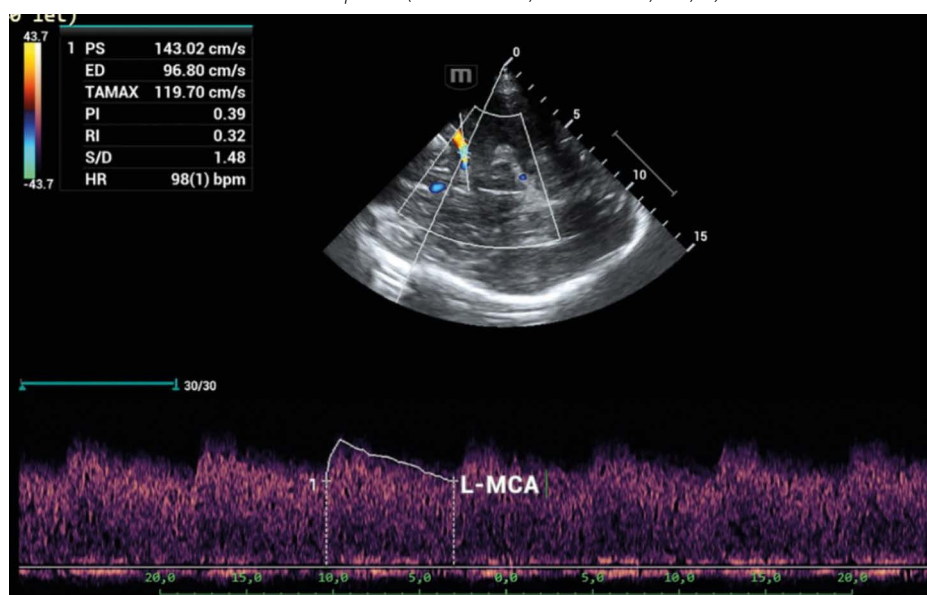
Sekundární prevence CMP

Podrobné sonografické extrakraniální vyšetření doplněné o kompletní transkraniální vyšetření je velmi důležitou součástí sekundární prevence iktu. Ne vždy nám CT angiografie provedená v akutní fázi choroby dává všechny odpovědi na otázky týkající se dopadu stenóz na mozkovou cirkulaci. Některé stenózy jsou při přítomnosti výraznějších kalcifikací hůře hodnotitelné a není výjimkou diskrepance nálezu, proto korelace CTA a UZ nálezu dává komplexnější informaci. Složitá je situace u pacientů s pokročilou aterosklerózou a zejména pak u polystenotických procesů, kdy patologie v jednom povodí ovlivňuje průtoky ostatními

Obr. 4. Stenóza A1 segmentu pravé a. cerebri anterior (turbulentní tok s PSV 223 cm/s)



Obr. 5. Extrémní vazodilatace ACM po MT (PSV 143 cm/s, EDV 96 cm/s, RI 0,32)

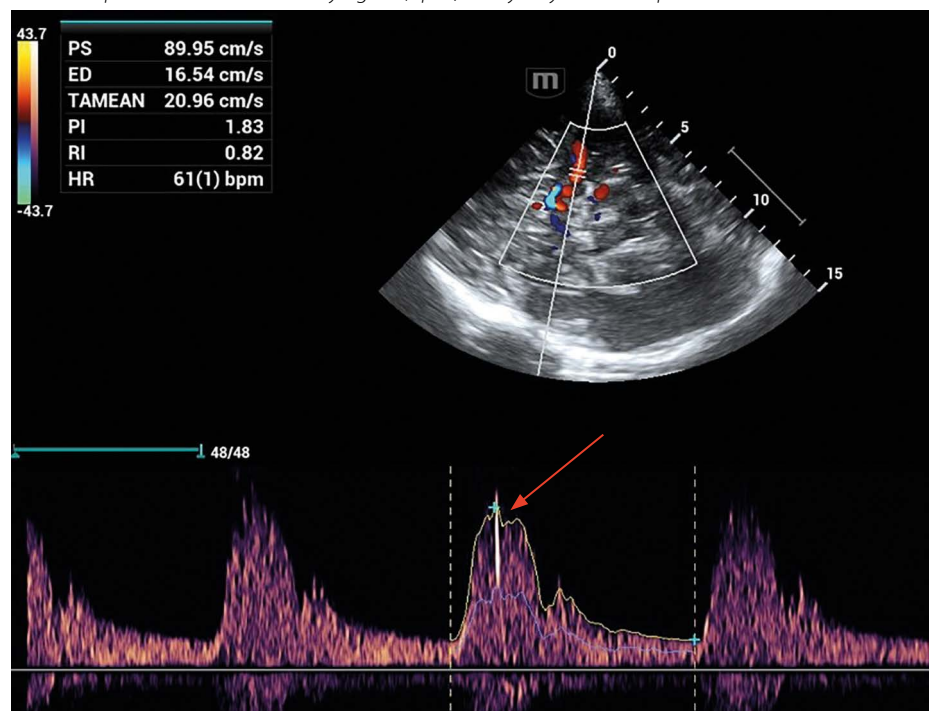


povodími. Při hodnocení stupně stenóz je zejména v těchto případech třeba klást důraz na multiparametrický přístup, založený nejen na absolutních hodnotách průtokových rychlostí (peak systolic velocity – PSV, end-diastolic velocity – EDV), ale i na poměrech rychlostí ve stenóze vs. před/za stenózou (u odstupových stenos) a na nepřímých známkách stenózy, tj. změny průtokové křivky před/za stenózou, aktivace kolaterál a podrobném zhodnocení transkraniálního nálezu. Co bychom dále neměli opominout, je záchyt mikroembolických signálů (MES) při transkraniálním vyšetření (Obr. 6), jejichž přítomnost upozorňuje na to, že dochází k opakovaným mikroembolizacím ze stenózy, trombózy či disekce karotidy a že daný pacient je ve zvýšeném riziku zhoršení stavu či recidivy

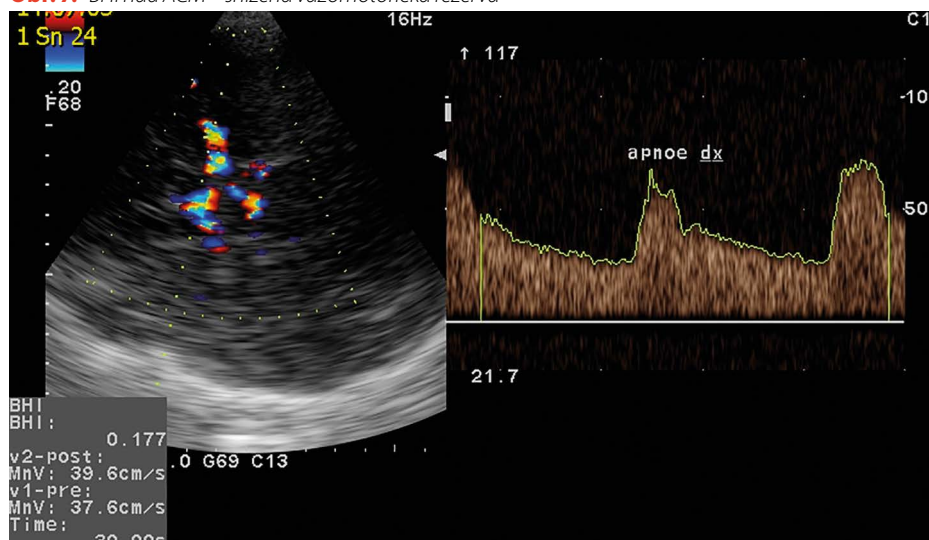
iktu, jak potvrzují některé práce (Bazan et al., 2020), případně že riziko zákroku (např. CEA) je u takového pacienta zvýšeno (Spence, 2017). Původ zachycených mikroembolizací může být i kardiální, obvykle jsou v těchto případech zachyceny MES ve více povodích.

Známou doménou sonografického vyšetření, na kterou není možné zapomínat, je hodnocení steal syndromu ve vertebrobasilárním povodí, kde řádné zhodnocení stupně stealu a vývoj nálezů v čase je nezbytné pro správné rozhodnutí o indikaci event. intervence u daného pacienta. Pokud je zjištěna významná patologie na obou vertebrálních arteriích, může v některých případech vzniknout situace, kdy na Willisově okruhu dochází ke změně směru toku prekomunikantního úseku P1

Obr. 6. Spontánní mikroembolický signál (šipka) zachycený na ACM u pacienta s diskéci ACI



Obr. 7. BHI nad ACM – snížená vazomotorická rezerva



zadní mozkové tepny (ACP) a dochází ke stealu různého stupně na a. basilaris. Potom mluvíme o tzv. karotido-bazilárním crossoveru. Tito pacienti bývají často oligosymptomatictí, přestože se jedná o závažný stenookluzivní nález na přívodných tepnách mozku.

Neurosonologie je rovněž nepostradatelná při indikacích k EC-IC bypassu u pacientů s okluzí vnitřní karotidy. Vždy musíme pečlivě zhodnotit kolaterální oběh, jeho vývoj, toky v ACM, vyšetříme cerebrovaskulární rezervu a nakonec provedeme korelaci nálezu s klinickou symptomatikou. Ke stanovení cerebrovaskulární rezervy pomocí TCCS nejčastěji používáme test zadržení dechu, kdy po 30s apnoe měříme střední průtokovou rychlost (V mean)

ve střední mozkové tepně a z poměru hodnot V mean před/po zadržení dechu počítáme tzv. breath-holding index (BHI). Alternativou je test hyperventilační opět s měřením průtokových rychlostí v ACM – tzn. BH-HV test. Vyčerpaná cerebrovaskulární rezerva je jedním z indikačních kritérií EC-IC spojky (Obr. 7). Před samotným plánováním operace je pak vhodné sonografické zhodnocení a. temporalis superficialis jako donora.

U polystenotických či okluzivních procesů na přívodných mozkových tepnách s nemožností endarterektomie nebo angioplastiky někdy musíme přistoupit ve spolupráci s cévními chirurgy k indikacím zkratových nebo bypassových operací extrakraniálních tepen.

Konečné multidisciplinární rozhodnutí vždy závisí na tom, ze kterého povodí je pacient symptomatický a které povodí je zásobeno nedostatečně. V těchto indikacích je ultrazvuk naprosto nezastupitelný a i sledování pacientů po operacích je nezbytnou součástí péče o pacienta po ischemické CMP a důležitou součástí dispenzarizace v cerebrovaskulárních poradnách.

Primární prevence CMP

Screeningové vyšetření přívodných mozkových tepen by mělo být provedeno u všech pacientů, kde se kumuluje více rizikových faktorů kardiovaskulárních chorob – hypertenze, diabetes mellitus, nadváha, kouření, vyšší cévní riziko v rodinné anamnéze, a to ideálně již od 40 let věku za přítomnosti jednoho či více rizikových faktorů. U populace nad 50 let je prevalence výskytu významné stenózy vnitřní karotické tepny udávána mezi 1–3 % (De Weerd, 2010). Ultrazvukové vyšetření může pomoci tyto pacienty odhalit, včas léčit a sledovat. Důležitou úlohou je také identifikace rizikových a nestabilních aterosklerotických plátů, protože víme, že charakteristika plátu významně ovlivňuje i riziko iktu (Gupta et al., 2015). Takto je možné volit přísně individuální přístup k terapii každého pacienta. Neurosonologické vyšetření je v běžné klinické praxi doporučeno a prováděno i před většími operačními zákroky, jako jsou srdeční bypassy, totální endoprotézy apod.

Závěr

Podrobné a pravidelné provádění neurosonologického vyšetření, a to jak extrakraniálního, tak transkraniálního, v akutní i subakutní fázi iktu přináší cenné informace o aktuálním stavu mozkového řečiště a zejména o vývoji nálezu v čase. Přesná znalost situace a průtoků v jednotlivých povodích může pomoci nejen ke zlepšení péče o pacienta, ale i ke stanovení prognózy jeho výsledného stavu. Pomáhá také lépe načasovat jednotlivé terapeutické či intervenční postupy nebo upozornit na zvýšené riziko zákroku. V sekundární prevenci je vyšetření nezastupitelné při sledování vývoje stenookluzivních procesů. V primární prevenci plní významnou screeningovou roli, protože pomocí něj můžeme vyhledávat a včas léčit pacienty v riziku cévní mozkové příhody.

LITERATURA

- Alexandrov A. Neurovascular Examination: The Rapid Evaluation of Stroke Patients Using Ultrasound Waveform Interpretation. Wiley-Blackwell, 2013.
- Bazan R, Luvizutto GJ, Braga GP, et al. Relationship of spontaneous microembolic signals to risk stratification, recurrence, severity, and mortality of ischemic stroke: a prospective study. *Ultrasound J.* 2020;12(1):6. doi: 10.1186/s13089-020-0156-1. PMID: 32048064; PMCID: PMC7013020.
- Demchuk AM, Burgin WS, Christou I, et al. Thrombolysis in brain ischemia (TIBI) transcranial Doppler flow grades predict clinical severity, early recovery, and mortality in patients treated with intravenous tissue plasminogen activator. *Stroke.* 2001;32:89–93.
- De Weerd M, et al. Prevalence of asymptomatic Carotid Artery Stenosis in the General Population: An Individual Participant Data Meta-Analysis. *Stroke.* 2010;41(6):1294–7.
- Ikenberg B, et al. Neurosonography After Mechanical Thrombectomy for Acute Stroke Treatment. *J of Neuroimaging.* 2019;29(3):364–370.
- Gupta A, Kesavabhotla K, Baradaran H, et al. Plaque echolucency and stroke risk in asymptomatic carotid stenosis: a systematic review and meta-analysis. *Stroke.* 2015;46(1):91–7. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.006091. Epub 2014 Nov 18. PMID: 25406150; PMCID: PMC4280234.
- Kirchoff-Torres KF, Bakradze E. Cerebral Hyperperfusion Syndrome After Carotid Revascularization and Acute Ischemic Stroke. *Curr Pain Headache Rep.* 2018;22(4):24. doi: 10.1007/s11916-018-0678-4. PMID: 29556806.
- Kneihls M, Niederkorn K, Deutschmann H, et al. Abnormal Blood Flow on TCCS Predicts Poor Outcome After Stroke Thrombectomy. *Stroke.* 2018;49(11):2780–2782.
- Lauerer M, Wunderlich S, Boeckh-Behrens T, Ikenberg B. Increased intracranial blood flow velocity following mechanical thrombectomy in treatment of acute stroke precedes recanalization. *Journal of Clinical Ultrasound.* 2022;50(4):487–490.
- Neumann J, et al. Doporučení pro intravenózní trombolýzu v léčbě akutního mozkového infarktu – verze 2021. *Cesk Slov Neurol N.* 2021;84/117(3):291–299.
- Roesler J, Haertl J, Wunderlich S, et al. Extracranial ultrasound following mechanical thrombectomy in patients with acute stroke. *Journal of Neuroimaging.* 2021. doi: 10.1111/jon.12954.
- Roubec M, Školoudík D, Herzog R, et al. Korelace transkraniální barevné duplexní sonografie, CT angiografie a DSA u pacientů s aterosklerotickým postižením mozkových tepen v běžné klinické praxi. *Cesk Slov Neurol N.* 2009;72/105(6):542–547.
- Saqqur M, Tsigoulis G, Nicoli F, et al. The role of sonolysis and sonothrombolysis in acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and case-control studies. *J Neuroimaging.* 2014;24(3):209–20. doi: 10.1111/jon.12026. Epub 2013 Apr 22. PMID: 23607713.
- Shahripour RB, Azarpazhooh MR, Akhuanzada H, et al. Transcranial Doppler to evaluate postreperfusion therapy following acute ischemic stroke: A literature review. *J of Neuroimaging.* 2021;31(5):10.1111/jon.12887.
- Spence JD. Transcranial Doppler monitoring for microemboli: a marker of a high-risk carotid plaque. *Semin Vasc Surg.* 2017;30(1):62–66. doi: 10.1053/j.semvasc-surg.2017.04.011. Epub 2017 Apr 27. PMID: 28818260.
- Sudheer P, Misra S, Nath M. Micro-embolic signal monitoring in stroke subtypes: A systematic review and meta-analysis of 58 studies. *Eur Stroke J.* 2021;6(4):403–411. doi: 10.1177/23969873211060819. Epub 2021 Nov 13. Erratum in: *Eur Stroke J.* 2023;8(1):402. PMID: 35342814; PMCID: PMC8948512.
- Šaňák D, Mikulík R, Tomek A, et al. Doporučení pro mechanickou trombektomii akutního mozkového infarktu – verze 2019. *Cesk Slov Neurol N.* 2019;82/115(6):700–705. doi: 10.14735/amcsnn2019.700.
- Školoudík D, Škoda O, Bar M, et al. *Neurosonologie.* Ga-lén, Praha, 2003.
- Von Reutern GM, Goertler MW, Bornstein NM, et al.; Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology. Grading carotid stenosis using ultrasonic methods. *Stroke.* 2012;43(3):916–21. doi: 10.1161/STROKEAHA.111.636084. Epub 2012 Feb 16. Erratum in: *Stroke.* 2012 May;43(5):e54. PMID: 22343647.
- Wu T, Shi Z, Chen B, et al. TCD hemodynamics findings in the subacute phase of anterior circulation stroke patients treated with mechanical thrombectomy. *Open Med (Wars).* 2022;17(1):606–613. doi: 10.1515/med-2022-0464. PMID: 35434377; PMCID: PMC8961283.
- Yen-Heng L, Hon-Man L. Update on cerebral hyperperfusion syndrome. *J Neurointerv Surg.* 2020;12(8):788–793.