

Etiopatogenetickým podkladem SVD je nejčastěji ateroskleróza, metabolické angiopatie (diabetické, renální aj.), arteriální hypertenze, amyloidová angiopatie, méně často geneticky podmíněné arteriopatie (CADASIL, Moyamoya aj.), změny poradiační a další (Agarwal, Bathla et Kanekar, 2020). I když je v řadě studií prokázáno, že zvýšení pulzatility pozitivně koreluje s SVD (Shi et al., 2018), rozmezí patologických hranic obou indexů nejsou u řady klinických jednotek stanovena. U pacientů s karotickou aterosklerózou byly na větším souboru pacientů stanoveny hodnoty horních limitů pro RI 0,63 a pro PI 1,21 (Kešnerová et al., 2022).

Migréna

V patofyziologii migrény hraje důležitou roli změna CVR na podkladě dysfunkce autonomního nervového systému s dopadem na hemodynamiku mozkových tepen. Při TCCS lze detekovat různé abnormality, v závislosti na tom, zda se jedná o období akutní ataky migrény či období interiktální, a zda jde o migrénu s aurou, či bez ní. V období atak je častěji detekováno snížení průtokových rychlostí s relativní hypoperfuzí, méně často pak i jejich zvýšení (Shayestagul et al., 2017), vzácněji i vazospasmus. V období mezi atakami lze zjistit kolísání stranově asymetrických rychlostí a změny vazoreaktivity, která je typicky zvýšená a má tendenci až k přestřelování i na minimální podnět (Školoudík et al., 2003). Dle novější studie bylo zjištěno, že při užití fotostimulace dochází ke specifickému zvýšení vazoreaktivity u migrenetiků v ACM, zatímco u tenzních bolestí hlavy ve vertebrálních arteriích (Khedr et al., 2023). Pokud by došlo k potvrzení na větších souborech pacientů, bylo by možné TCCS využít

i v diferenciální diagnostice obou uvedených onemocnění.

Vaskulární specifika u pediatrické a geriatrické populace

Významným faktem v cerebrální hemodynamice je změna parametrů v závislosti na věku. S věkem fyziologicky klesá hodnota průtokových rychlostí, zvyšuje se rezistence a dochází ke snížení vazomotorické rezervy distálního řečiště (Yang et al., 2016). Naopak u dětí jsou hodnoty rychlostí i RI a PI vyšší, a to zejména do 2 let věku (norma RI $0,7 \pm 7\%$). U dětí předčasně narozených jsou pak rozdíly ještě markantnější (průměrné RI 0,77) (Lowe et Bulas, 2005). V pediatrické populaci je TCCS velmi výhodné pro svou neinvazivitu a možnost pravidelného monitoringu včetně akutních indikací. U poporodní asfyxie dochází k významnému poklesu RI v důsledku kombinace narušené autoregulace i kompenzatorní odpovědi na hypoxii. Pokud přetrvává RI $< 0,5$ v prvních 48 h po porodu, jedná se o nepříznivý prognostický znak pro rozsáhlejší posthypoxické poranění mozku. Naopak detekujeme-li difúzně vysoké hodnoty RI, může jít o známku rozvíjejícího se edému mozku. U kraniocerebrálních poranění lze detekovat hyperechogenní nálezy hematomů, vazospazmy v důsledku SAK či progresivní vzestup rezistence se zánikem diastolické fáze a nález reverberačního vzorce či systolických kliků. Tyto nálezy znamenají ztrátu efektivní mozkové perfuze a pravděpodobnou diagnózu smrti mozku. Tato prognóza ale nemusí platit v dětské populaci 100%, a je proto potřeba zvýšené opatrnosti v hodnocení (Lowe et Bulas, 2005). Zcela specifickou TCCS diagnózou dětského věku je srpkovitá anémie, což je geneticky podmíněná vaskulopatie

s progresivním steno-okluzivním postižením mezi 2. a 16. rokem života. Monitoring vývoje stenózy řídí správné časování transfúzní terapie a významně snižuje riziko vzniku ICMP (Lowe et Bulas, 2005; Wan, Li et Yang, 2022). Ve starší populaci může pravidelný sonografický screening závčas detekovat zvýšení pulzatility, které má silnou asociaci s lézemi bílé hmoty detekované na MR (Kidwell et al., 2001) a svědčí pro SVD, což je i významný rizikový faktor ICMP. Výrazné je snížení rychlostí a zvýšení pulzatility ve srovnání s fyziologickými změnami ve stáří u kognitivních deficitů, a to jak vaskulárních, tak u morbus Alzheimer. U demence vaskulárního typu jsou však tyto změny vyjádřeny nejvýrazněji (Sabayan et al., 2012).

Závěr

Výše uvedené spektrum cévních patologií detekovatelných prostřednictvím TCCS není ani zdaleka konečné, ale přesahuje rámec tohoto sdělení. Podstatnou výhodou transkraniální sonografie je její neinvazivita, snadná proveditelnost, dobrá snášenlivost pacientem i za nestandardních podmínek a možnost kontinuálního monitoringu. Nevýhodou zůstává limitace kostním oknem, omezené zdroje pro referenční hodnoty u některých klinických jednotek a významná závislost na zkušenosti vyšetřujícího. Vzhledem k široké dostupnosti kvalitních sonografických přístrojů a progresivně se lepší péči o cévní patologie lze však očekávat zavedení této metody i do běžné praxe ambulantních neurologů a rovněž rozšíření spektra vyšetřovaných indikací. U části z nich, jako je upřesnění tíže stenózy, detekce okluzí, aktivace kolaterál či monitoring vazospazmu, má již nyní TCCS v diagnostickém algoritmu své nezastupitelné místo.

LITERATURA

1. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg.* 1982;57(6):769-74. doi: 10.3171/jns.1982.57.6.0769.
2. Agarwal A, Bathla G, Kanekar S. Imaging of Non-atherosclerotic Vasculopathies. *J Clin Imaging Sci.* 2020;10:62. doi: 10.25259/JCIS_91_2020.
3. Blanco P, Abdo-Cuza A. Transcranial Doppler ultrasound in neurocritical care. *J Ultrasound.* 2018;21(1):1-16. doi: 10.1007/s40477-018-0282-9.
4. Grosset DG, Straiton J, du Trevo M, Bullock R. Prediction of symptomatic vasospasm after subarachnoid hemorrhage by rapidly increasing transcranial Doppler velocity and cerebral blood flow changes. *Stroke.* 1992;23(5):674-9. doi: 10.1161/01.str.23.5.674.
5. Kešnerová P, Školoudík D, Herzig R, et al.; ANTIQUE Trial Group. Peripheral Vascular Resistance in Cerebral Arteries in Patients With Carotid Atherosclerosis - Substudy Results of the Atherosclerotic Plaque Characteristics Associated With a Progression Rate of the Plaque and a Risk of Stroke in Patients With the Carotid Bifurcation Plaque Study (ANTIQUÉ). *J Ultrasound Med.* 2022;41(1):237-246. doi: 10.1002/jum.15703.
6. Khedr EM, Abbas MA, Gamea A, et al. Cerebrovascular reactivity after functional activation of the Brain using Photostimulation in Migraine and Tension Type Headache: a transcranial doppler Ultrasonography Study. *BMC Neurol.* 2023;23(1):110. doi: 10.1186/s12883-023-03153-2.
7. Kidwell CS, el-Saden S, Livshits Z, et al. Transcranial Doppler pulsatility indices as a measure of diffuse small-vessel disease. *J Neuroimaging.* 2001;11(3):229-35. doi: 10.1111/j.1552-6569.2001.tb00039.x.
8. Kimmel ER, Al Kasab S, Harvey JB, et al. Absence of Collaterals is Associated with Larger Infarct Volume and Worse Outcome in Patients with Large Vessel Occlusion and Mild Symptoms. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2019;28(7):1987-1992. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.03.032.
9. Kraemer M, Berlit P. Primary central nervous system vasculitis - An update on diagnosis, differential diagnosis and treatment. *J Neurol Sci.* 2021; 424:117422. doi: 10.1016/j.jns.2021.117422.
10. Kumar G, Shahripour RB, Harrigan MR. Vasospasm on transcranial Doppler is predictive of delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg.* 2016;124(5):1257-64. doi: 10.3171/2015.4.JNS15428.