

Vybrané kritériá hodnotenia extrakraniálnych karotických stenóz pomocou farebnej duplexnej sonografie

JURAJ MAĎARIČ, IVAN VULEV*, AUGUSTÍN MISTRÍK, PAVOL LESNÝ*,
DANA ŠKULTÉTYOVÁ, MATEJ VOZÁR*, IGOR RIEČANSKÝ
Bratislava, Slovenská republika

MAĎARIČ J, VULEV I, MISTRÍK A, LESNÝ P, ŠKULTÉTYOVÁ D, VOZÁR M, RIEČANSKÝ I. **Vybrané kritériá hodnotenia extrakraniálnych karotických stenóz pomocou farebnej duplexnej sonografie.** *Cardiol* 2004;13(1):15–21

Cieľ: Cieľom práce je opísať a zhodnotiť niektoré súčasné kritériá farebnej duplexnej sonografie v diagnostike stenóz extrakraniálnych karotických artérií.

Metódy: Od januára 2002 do júna 2002 sme uskutočnili 3 418 vyšetrení extrakraniálneho karoticko-vertebrálneho artériového riečiska pomocou farebnej duplexnej sonografie. Použili sme prístroje Hewlett Packard 2000, 2500 SONOS a Acuson 128 XT, vybavené 7,5 MHz lineárnou sondou. Závažné ultrazvukové nálezy za obdobie od apríla 2002 do júna 2002 sme porovnali s digitálnou subtrakčnou angiografiou u 83 pacientov, čo predstavuje 166 karotických artérií. Ako stenózu so 60 % redukciou diametra podľa farebnej duplexnej sonografie sme hodnotili léziu s maximálnou systolickou rýchlosťou prietoku > 180 cm/s, maximálnou diastolickou rýchlosťou > 90 cm/s a s kvalitatívnou zmenou prietokovej krivky. Súčasťou vyšetrenia bolo zhodnotenie štruktúry aterosklerotického plaku a odhad jeho embolizačného rizika na základe echogenity v B-mode zobrazení.

Výsledky: Zo 166 karotických artérií vyšetrených pomocou farebnej duplexnej sonografie aj digitálnou subtrakčnou angiografiou sme konštatovali zhodu nálezov v 150 prípadoch, čo je 90,36 %. Rozdiel do 20 % diametra bol v 10 prípadoch, čo predstavuje 6,02 %. Rozdielných vyšetrení s nepresnosťou väčšou ako 20 % diametra bolo šesť, čo je celkovo 3,6 %.

Závery: Použitie Dopplerovské kritériá pre hemodynamicky závažné stenotické postihnutie karotických artérií považujeme za adekvátne. Podstatnou súčasťou každého vyšetrenia by mala byť morfológická charakteristika plakov so zhodnotením embolizačného potenciálu lézie. Táto má dôležitú úlohu pri indikácii ďalšieho riešenia, predovšetkým u pacientov s hemodynamicky hraničnými léziami.

Kľúčové slová: farebná duplexná sonografia – CDUS – karotická stenóza, aterosklerotický plak – dopplerovské kritériá

MADARIC J, VULEV I, MISTRIK A, LESNY P, SKULTETYOVA D, VOZAR M, RIECANSKY I. **Selected criteria for evaluation of extracranial carotid stenosis by colour duplex ultrasound.** *Cardiol* 2004;13(1):15–21

Background: The aim of the paper is to describe and to evaluate some of the current criteria of colour duplex ultrasound in diagnosis of extracranial carotid artery stenosis.

Methods: From January 2002 to June 2002 we performed 3 418 examinations of extracranial carotid and vertebral arteries by colour duplex ultrasound. A Hewlett Packard 2000, a 2500 SONOS and an Acuson 128 XT units equipped with 7.5 MHz linear transducers were used. Significant colour duplex ultrasound findings established between April 2002 and June 2002 were compared to digital subtraction angiography in 83 patients with 166 carotid arteries. Stenosis with more than 60% of diameter reduction according to colour duplex ultrasound, we considered lesions with peak systolic velocity > 180 cm/s, peak diastolic velocity > 90 cm/s, with qualitative change of the flow curve characteristic. Colour duplex ultrasound was utilised to assess the atherosclerotic plaque structure and estimation of its embolisation risk potential on the base of the echogenicity in B-mode.

Results: From 166 carotid arteries examined by both colour duplex ultrasound and digital subtraction angiography similar results were observed in 150 cases (90.36%). A difference of less than 20% diameter was observed in 10 cases (6.02%) and a difference of more than 20% in 6 arteries (3.6%).

Conclusions: We find used Doppler criteria of hemodynamically significant stenotic involvement of carotid arteries as adequate. Of importance is that each colour duplex ultrasound examination should examine the morphological characteristics of the plaques with assessment of the lesion embolic potential. It plays a crucial role especially in the further management of the patients with moderate or borderline lesions.

Key words: Colour duplex ultrasound – CDUS – Carotid stenosis – Atherosclerotic plaque – Doppler criteria

Cievna mozgová príhoda (CMP) je po srdcových a nádorových ochoreniach treťou najčastejšou príčinou úmrtí

Z Kardiologickej kliniky a Oddelenia rádiodiagnostiky* Slovenského ústavu srdcových a cievnych chorôb v Bratislave

Do redakcie došlo dňa 9. 9. 2003; prijaté dňa 11. 11. 2003

Adresa pre korešpondenciu: MUDr. Juraj Maďarič, Kardiologická klinika, SÚSCH, Pod Krásnou hôrkou 1, 833 48, Bratislava, Slovenská republika, e-mail: jurmad@hotmail.com

nosti vo vyspelých krajinách. Postihnutie extrakraniálnych karotických artérií je príčinou ischemických CMP v 20 – 30 %. Výskyt karotických stenóz > 50 % je podľa Cardiovascular Health Study (1) a Framinghamskej štúdie (2) 7 – 10 % u mužov a 5 – 7 % u žien nad 65 rokov.

Predilekčným miestom aterosklerotického (AS) stenotického procesu je arteria carotis interna (ACI) a bifurkácia arteria carotis communis (ACC). AS plaky loka-

lizované v týchto oblastiach môžu byť zdrojom exulcerácie a cerebrálnej embolizácie, alebo spôsobujú cerebrovaskulárnu insuficienciu v dôsledku hemodynamicky významnej redukcie krvného prietoku prívodnou tepnou (3, 4). Zriedkavejšie zisťujeme ako príčinu tranzitórneho ischemického ataku (TIA) patologické vinutie karotickej artérie: „kink“ – zaškrtenie cievy v mieste ostrého ohybu, „coil“ – kompletne zatočenie priebehu cievy o 360°.

Ultrazvuková diagnostika karotických artérií sa na Slovensku uvádzala do praxe v polovici 80. rokov (5). Súčasťou rutínnej diagnostiky na Kardiologickej klinike ÚKVCH, respektíve SÚSCH, je od roku 1985. U každého pacienta s koronárnou chorobou srdca, potenciálneho kandidáta na koronárnu by-passovú operáciu (coronary artery bypass grafting – CABG), sa v rámci komplexnej kardiovaskulárnej diagnostiky pomocou farebnej duplexnej sonografie neinvazívne skrínigovo vyšetrilo aj extrakraniálne karotické a vertebrálne riečisko. Cieľom je zistenie závažných lézií s ich správnym načasovaním na chirurgické riešenie – karotickú endarterektómiu (CEA), respektíve intervenčný výkon – karotický stenting (CAS – carotid artery stenting).

V samotnom názve tejto metodiky nie je v anglosaskkej odbornej literatúre zhoda, používa sa viacero termínov a skratiek: colour duplex ultrasound – CDUS, colour coded duplex sonography – CCDS, colour duplex sonography – CDS, colour-flow duplex scanning – CFDS, colour Doppler flow imaging – CDFI, colour Doppler imaging – CDI.

S postupným vývojom a zdokonaľovaním vyšetrovacích prístrojov sa spresňujú a dopĺňajú diagnostické postupy aj v tejto oblasti. Cieľom našej práce je opísať a zhodnotiť vybrané kritériá farebnej duplexnej sonografie v diagnostike extrakraniálnych karotických lézií a upriamiť pozornosť nielen na správne kvantitatívne hodnotenie karotických stenóz, ale aj na kvalitatívnu charakteristiku a rozdielnosť aterosklerotických plakov v tejto neinvazívnemu vyšetrovaniu prístupnej lokalizácii.

Materiál a metodika

Od januára 2002 do júna 2002 sme na Kardiologickej klinike a Rádiodiagnostickom oddelení SÚSCH uskutočnili 3 418 vyšetrení extrakraniálneho karoticko-vertebrálneho artériového riečiska pomocou CDUS. Na vyšetreniach sa podieľalo spolu deväť lekárov. Použili sme prístroje Hewlett Packard 2000, 2500 SONOS a Acuson 128 XT, vybavené 7,5 MHz lineárnou sondou.

CDUS nálezy, hodnotené ako hraničné alebo závažné, za obdobie od apríla 2002 do júna 2002 sme porovnali

s digitálnou subtrakčnou angiografiou (DSA) u 83 pacientov, čo predstavuje 166 karotických artérií.

CDUS

Extrakraniálne karotické a vertebrálne artérie zaznamenávame v longitudinálnom a transverzálnom zobrazení u pacienta v polohe na chrbte s mierne zaklonenou hlavou.

V B-mode detekujeme prítomnosť aterosklerotických zmien na stenách tepny, respektíve prítomnosť plakov, v prípade potreby s ich morfológickou charakteristikou a stanovením možného embolizačného potenciálu. Pátrame aj po prípadnom „flappingu“, ktorý poukazuje na možnosť disekcie.

Vo farebnom dopplerovskom zobrazení hodnotíme prítomnosť laminárneho alebo turbulentného prúdenia, ktoré upozorňuje na výskyt stenózy.

Pulzným dopplerom meriame absolútne prietokové rýchlosti v ACC, bulbe, proximálnej a distálnej ACI, proximálnej arteria carotis externa (ACE) a vo vertebrálnej artérii (VA). Po úprave dopplerovského uhla v smere krvného toku (podľa možnosti 60°) zaznamenávame maximálnu systolickú rýchlosť (VSmax), maximálnu diastolickú rýchlosť (VDmax), koncovú diastolickú rýchlosť (VDend). Dopplerovskú prietokovú krivku hodnotíme aj z kvalitatívnej stránky (prípadný spektrálny „broadening“ – spektrálne rozšírenie krivky).

Bilaterálne vyšetrenie vertebrálnych artérií je samozrejmosťou a nevyhnutnou súčasťou každého vyšetrenia so špeciálnym zameraním predovšetkým na smer toku, kde retrográdnym prietokom je citlivým ukazovateľom subklaviálneho steal syndrómu spôsobeného závažnou stenózou, respektíve obliteráciou proximálneho úseku arteria subclavia. Jej vyšetrenie je za týchto okolností rovnako nevyhnutné.

Súčasťou vyšetrenia je detekcia tortuozít – kink, coil a zhodnotenie ich hemodynamickej závažnosti. V prípade potreby stanovujeme intimomediálnu hrúbku ACC (IMT – intimo media thickness) ako prediktor kardiovaskulárneho rizika.

Za hemodynamicky hranične závažnú, t. j. $\geq 60\%$ stenózu podľa CDUS, indikovanú na angiografické vyšetrenie, sme hodnotili léziu s VSmax > 180 cm/s, VDmax > 90 cm/s pri súčasnej zmene charakteru prietokovej krivky. Ako kritickú, t. j. viac ako 85 % stenózu, sme stanovovali pri VSmax > 300 cm/s. V prípade reziduálneho prietoku s nízkymi prietokovými rýchlosťami a pri zachytení prietoku vo farebnom zobrazení sme konštatovali prítomnosť subtotálnej oklúzie (99 %). Za oklúziu sme považovali

vali absenciu prietoku v karotickej artérii, sprevádzanú ďalšími tzv. nepriamymi znakmi obliterácie ACI (pozri ďalej).

DSA

Karotické tepny angiograficky zobrazujeme minimálne v troch projekciách s centrovaním na karotickú bifurkáciu, ako aj so zameraním na intrakraniálne zásobovanie, po postupnom selektívnom sondovaní oboch spoločných karotíd. Predchádza mu angiografia aortového oblúka kvôli ozrejmieniu anatómie a AS zmenám centrálnych tepien. Digitálna subtrakčná angiografia je už dnes jednoznačným štandardom oproti konvenčnej angiografii nielen vzhľadom na zvýšenú výťažnosť vyšetrenia, ale aj redukciu radiačnej záťaže pacienta a zdravotníckeho personálu, ako aj zníženia dávky podanej kontrastnej látky. Z najčastejšie používaných kvantitatívnych metód vyhodnocovania stupňa redukcie diametra karotického lúmenu, podľa NASCET – North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators (6) alebo ECST – European Carotid Surgery Trial (7), uprednostňujeme zámorskú metódu (NASCET) porovnávania proximálnej stenózy so šírkou zdravého lúmenu distálne od lézie.

Výsledky

Zo 166 karotických artérií vyšetrených pomocou CDUS aj DSA sme konštatovali zhodu nálezov v 150 prípadoch, čo je 90,36 %. Rozdiel do 20 % v závažnosti stenózy bol v 10 prípadoch, čo predstavuje 6,02 %. Rozdielných výsledkov vyšetrení s nepresnosťou väčšou ako 20 % stenózy bolo šesť, čo je celkovo 3,6 %.

V uvedených 16 prípadoch odlišujúcich sa nálezov pri CDUS a DSA vyšetrení sme v 9 prípadoch nedostatočne

Tabuľka 1 Farebná duplexná sonografia extrakraniálneho karoticko-vertebrálneho riečiska: rozdielne CDUS a DSA nálezy

Table 1 Colour duplex ultrasound of extracranial carotid and vertebral arteries: Differing CDUS and DSA results

Hraničné stenózy (približne 60 %) [Borderline stenosis (cca 60%)]
– 8x nadhodnotenie (8x overestimation)
– 1x podhodnotenie (1x underestimation)
Nadhodnotenie pri kontralaterálnej obliterácii – 4x (Overestimation in the case of contralateral internal carotid artery obliteration – 4x)
Nadhodnotenie pri angulácii cievy – 2x (Overestimation in the case of carotid artery angulation – 2x)
Nadhodnotenie suspektnéj restenózy – 1x (Overestimation of suspected restenosis – 1x)
Spolu – 16x (Total – 16x)

CDUS – Colour duplex ultrasound, DSA – digitálna subtrakčná angiografia (DSA – Digital subtraction angiography)

presne zhodnotili hraničné, t. j. asi 60 % stenózy ACI. V ôsmich prípadoch bola závažnosť stenózy nadhodnotená, jedenkrát podhodnotená. Štyrikrát sme zaznamenali ultrazvukové nadhodnotenie stenózy ACI pri kontralaterálnej obliterácii ACI. V dvoch prípadoch sme ako karotickú stenózu hodnotili anguláciu cievy. V jednom prípade sme falošne nadhodnotili suspektnú restenózu po CEA (tabuľka 1).

Diskusia

V diagnostike lézií karotického riečiska je v súčasnosti farebná duplexná sonografia štandardnou metódou, ktorá slúži na primárne odhalenie patologických lézií extrakraniálnych karotických, ale aj vertebrálnych artérií a na indikáciu či už ich invazívneho angiografického vyšetrenia, respektíve intervenčnej perkutánnej liečby, alebo na priamu indikáciu chirurgického rekonštrukčného výkonu.

Indikácie CDUS vyšetrenia karotických a vertebrálnych artérií sú zhrnuté v **tabuľke 2**.

Karotická endarterektómia (CEA) sa na viacerých pracoviskách v špecifikovaných prípadoch realizuje priamo na základe CDUS, bez potreby ďalšej invazívnej diagnostiky (8). Takýto postup vyplýva aj z rizika samotnej angiografie u časti pacientov s kritickým AS postihnutím (9), zároveň môže byť praktickejší a v neposlednom rade aj ekonomickejší. Určite je však uplatniteľný len u časti pacientov.

Tabuľka 2 Indikácie ultrazvukového vyšetrenia extrakraniálnych karotických a vertebrálnych artérií

Table 2 Indications for extracranial carotid and vertebral arteries ultrasound examination

1. Pacienti so zisteným aterosklerotickým kardiovaskulárnym ochorením – obliterujúca ateroskleróza artérií dolných končatín, koronárna choroba srdca, kandidáti na koronárny by-pass
(Patients with atherosclerotic cardiovascular disease – obliterative peripheral arterial disease, coronary heart disease, candidates for coronary artery bypass-grafting)
2. Šelest nad karotickými artériami (Murmur over the carotid arteries)
3. Anamnéza tranzitórneho ischemického ataku a centrálnej mozgovej príhody (History of transient ischemic attack and stroke)
4. Symptómy cerebrovaskulárnej insuficiencie (vertigo)
(Symptoms of cerebrovascular insufficiency (vertigo))
5. Prítomnosť rizikových faktorov aterosklerózy (arteriálna hypertenzia, diabetes mellitus, hypercholesterolemia)
(Presence of atherosclerotic risk factors (arterial hypertension, diabetes mellitus, hypercholesterolemia))
6. Stav po endarterektómii, karotickej angioplastike a stentingu
(Patients after carotid endarterectomy, after carotid angioplasty and stenting)
7. Sledovanie pacientov so známym karotickým postihnutím liečených medikamentózne
(Follow-up of patients with known carotid artery lesion conservatively treated)
8. Suspektný subklaviálny steal syndróm (Suspected subclavian steal syndrome)
9. Súčasť predoperačného vyšetrenia pred veľkým kardiochirurgickým výkonom (As a part of preoperative examination before the cardiochirurgical procedure)

Podľa viacerých štúdií má CDUS 91 – 94 % senzitivitu a 85 – 99 % špecificitu pri detekcii ≥ 50 % stenózy ACI a 93 % senzitivitu a 99 % špecificitu pri stanovení oklúzie ACI (10 – 12).

Stratégia stanovenia CDUS kritérií v praxi, kedy sa po pozitívnom CDUS vyšetrení realizuje angiografická diagnostika, je založená predovšetkým na minimalizácii falošne negatívnych CDUS nálezov, pričom falošná pozitivita je tu menej podstatná. Postup priamej indikácie karotickej endarterektómie na základe CDUS si vyžaduje iné rýchlostné kritériá ako pri skrínigovom vyšetrení s cieľom čo najvyššej možnej senzitivity i špecificity.

CDUS hodnotenie závažnosti karotickej AS lézie

Hlavné diagnostické otázky, ktoré si kladie CDUS, sú charakter, lokalizácia a rozsah karotického poškodenia. Popri stanovení miesta a stupňa závažnosti stenózy je v určitých prípadoch potrebné zhodnotenie morfológie aterosklerotického plaku a detekcia prípadnej ulcerácie plaku.

Dopplerovské kritériá

Za hemodynamicky významnú považujeme ≥ 70 % stenózu diametra karotickej tepny, kedy nastáva pokles prietokového objemu, a prípadne sa prejavuje neurologický deficit. Podľa prospektívnych randomizovaných štúdií NASCET (6) a ECST (7) redukuje karotická endarterektómia riziko homolaterálnej mozgovej príhody u pacientov so symptomatickou ≥ 70 % karotickou stenózou, podľa štúdie ACAS i u asymptomatických pacientov so stenózou ≥ 60 %.

V štúdií NASCET (6) bolo riziko ipsilaterálnej mozgovej príhody počas dvoch rokov sledovania u pacientov v chirurgickom ramene 9 % v porovnaní s 26 % rizikom v medikamentóznom ramene. Absolútnou redukciou rizika na 17 % – u 100 pacientov sa počas dvoch rokov predišlo cestou CEA 17 mozgovým príhodám. V podskupine pacientov s 90 – 99 % stenózou bol benefit operačného riešenia ešte výraznejší. V štúdií ECST (7) bolo celkové riziko mozgovej príhody v skupine pacientov so 70 – 99 % karotickou stenózou 12,3 % v chirurgickom ramene a 21,9 % v medikamentóznej vetve.

Muticentrická štúdia ACAS (9), v ktorej bolo randomizovaných 1 662 pacientov s asymptomatickou ≥ 60 % karotickou stenózou, preukázala riziko CMP a mortality v chirurgickom ramene 5,1 % vs. 11 % v medikamentóznom ramene.

Preto pacienti s CDUS nálezom ≥ 60 % stenózy diametra cievy (platí aj pre tortuozity so zodpovedajúcim hemodynamickým ovplyvnením prietoku), alebo pri stenóze 50 – 60 % s plakom hodnoteným ako rizikovým, sú na našom pracovisku indikovaní na angiografické vyšetrenie.

V našej praxi sú kritériami pre závažnosť karotickej stenózy kombinácia kvalitatívnych a kvantitatívnych dopplerovských charakteristík prietoku.

Vo farebnom mode na prítomnosť závažnej stenózy upozorňuje farebná zmena v mieste stenózy zodpovedajúca turbulentnému prietoku. Odrazom poststenotickej turbulencie v zobrazení pulzným dopplerom je „broadening“ – spektrálne rozšírenie prietokovej krivky, jej „zneoštieň“ a vymiznutie spektrálneho „okna“. Za normálnych okolností je pre ACI a aj AV typická nízkorezistentná prietoková krivka s jasným spektrálnym „oknom“. Pomocný je aj akustický signál, ktorý upozorňuje na stenotické postihnutie a v prípade výrazných kalcifikácií a nedostatočnej zobraziteľnosti môže byť vodidlom pri detekcii miesta najzávažnejšej turbulencie a zúženia.

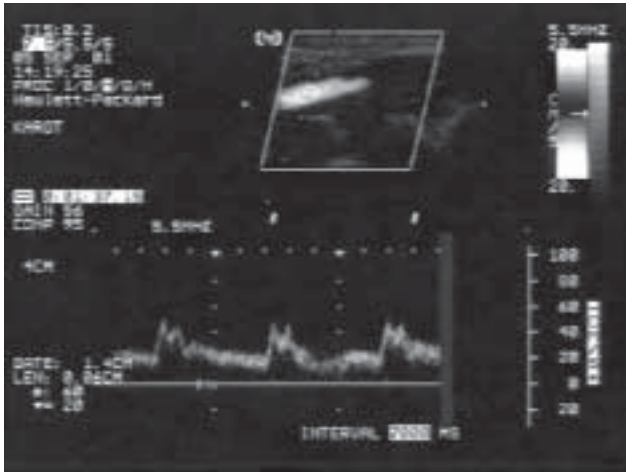
Kvantitatívnymi parametrami sú absolútne prietokové rýchlosti a pomerné prietokové rýchlosti – VSmax, VDmax, VDend, VSmax ACI/ACC, VDend ACI/ACC, RI (rezistenčný index). Diastolické rýchlosti narastajú až pri závažnom stupni stenózy (asi 70 %) a sú menej zaťažené falošnou pozitivitou. Naopak VSmax je citlivejším parametrom predovšetkým pri hraničných stenózach, ale s možným rizikom vyššieho počtu falošne pozitívnych nálezov.

Kombináciou kvantitatívnych a kvalitatívnych prietokových charakteristík sa usilujeme o čo najdetailnejšie stanovenie závažnosti lézie s rozpätím asi 10 – 20 %. CDUS je menej presná metodika na hodnotenie stenóz pod 50 %, ale tieto majú menšiu klinickú významnosť. Stenózy v rozmedzí 40 – 60 % si vyžadujú pravidelné ultrasonografické sledovanie.

Tabuľka 3 Charakteristiky karotickej oklúzie

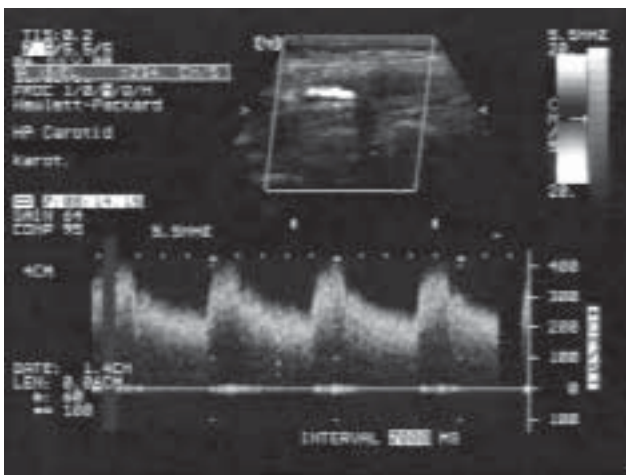
Table 3 Characteristics of carotid artery occlusion

- heterogénny materiál v lúmene (*Heterogeneous material in carotid artery lumen*)
- absencia dopplerovského signálu v mieste oklúzie (*Absence of doppler signal in the place of occlusion*)
- nedostatok laterálnej pulzácie arteria carotis interna v B-mode zobrazení (*Inadequate lateral pulsation of internal carotid artery in B mode imaging*)
- vertikálne pulzácie v okludovanej artérii alebo v artérii proximálne od oklúzie (*Vertical pulsation in the occluded artery or in the artery proximal from occlusion*)
- nulový, respektíve redukovaný diastolický prietok v arteria carotis communis proximálne od oklúzie (*Null or reduced diastolic flow in common carotid artery proximal from occlusion*)
- zvýšené maximálne prietokové rýchlosti v kontralaterálnej arteria carotis communis (*Increased maximal flow velocities in contra-lateral common carotid artery*)



Obrázok 1 Fyziologický dopplerovský signál v arteria carotis interna – nízkorezistentná prietoková krivka, rýchlosti v norme, bez patologickej turbulencie

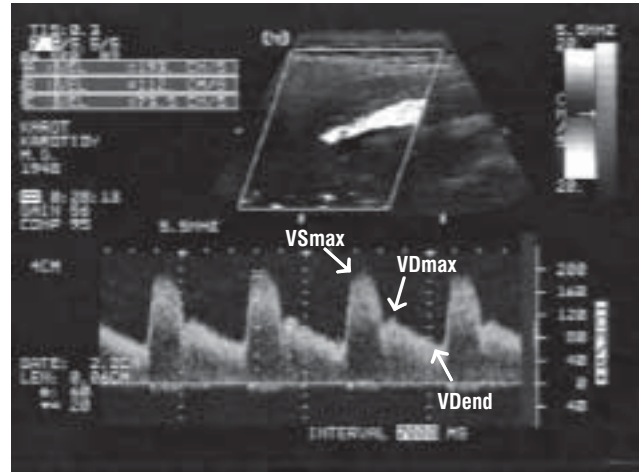
Figure 1 Physiological doppler signal in internal carotid artery – low resistance flow curve, normal velocities, no pathological turbulence



Obrázok 3 Kritická približne 85 – 90 % stenóza arteria carotis interna – VSmax približne 330 cm/s, výrazne zmenená prietoková krivka s jej patologickým „broadeningom“ a turbulenciou pri farebnom zobrazení

Figure 3 Critical internal carotid artery stenosis, approximately 85 – 90% – PSV approximately 330 cm/s, significantly changed flow curve with pathological broadening and turbulence in the colour mode

Významný klinický dopad má rozlíšenie medzi subtotálnou karotickou oklúziou a kompletným uzáverom. Pre subtotálnu oklúziu je charakteristický reziduálny nízko rýchlostný prietok a jeho detekcia vo farebnom zobrazení. Takýto nález môže byť indikovaný na ďalšie riešenie, a teda aj na angiografické vyšetrenie. Kompletný uzáver, ak nie je akútny, vyžaduje konzervatívny terapeutický postup, jeho CDUS charakteristiky uvádzame v **tabulke 3**.



Obrázok 2 Hranične závažná približne 60 % stenóza proximálnej arteria carotis interna – nárast prietokových rýchlostí, VSmax približne 190 cm/s, VDmax približne 110 cm/s, VDend približne 70 cm/s. Turbulencia prietoku, mierne zneostrenie – „broadening“ – dopplerovskej krivky

Figure 2 Borderline stenosis of the proximal internal carotid artery, app. 60% – increase of the flow velocities, PSV app. 190 cm/s, PDV app. 110 cm/s, EDV app. 70 cm/s. Turbulence of the flow, broadening of doppler curve

VSmax – maximálna systolická rýchlosť (PSV – Peak systolic velocity), VDmax – maximálna diastolická rýchlosť (Peak diastolic velocity), VDend – koncová diastolická rýchlosť (EDV – End diastolic velocity)

Dopplerovský obraz prietoku normálnou karotickou artériou, hraničnú a kritickú karotickú stenózu uvádzame na **obrázkoch 1 – 3**.

Limitácie CDUS hodnotenia karotických lézií

Duplexné kritériá hodnotenia karotických stenóz majú viaceré limitácie. Zlá zobraziteľnosť lézie pri jej rozsiahlej kalcifikácii. K podhodnoteniu závažnosti karotickej stenózy môže prísť pri súčasnej stenóze aortálnej chlopne, alebo v prípade tandemových karotických stenóz. K nadhodnoteniu najmä v prípade prítomnosti coilu a kinku a pri kontralaterálnej závažnej stenóze alebo oklúzii ACI. Tu sa nám ako účelné osvedčilo stanovenie pomeru VSmax ACI/ACC. Keďže v týchto prípadoch sa kompenzačne zvyšuje prietok, zvyšuje sa turbulencia so súčasným falošným nárastom prietokových rýchlostí. K nadhodnoteniu závažnosti stenózy môže prísť, ak tu ako hlavné kritérium kvantifikácie stenózy použijeme absolútne prietokové rýchlosti (štyri prípady v našom súbore). Pri zohľadnení kritéria VSmax ACI/ACC > 1,8 pre hemodynamicky významnú stenózu takýmto falošným CDUS nálezom predchádzame (13).

V odbornej literatúre sa stretávame s rôznymi kvantitatívnymi parametrami a ich rozdielnymi hodnotami pri stanovovaní hemodynamickej závažnosti karotických ste-

Tabuľka 4 Rozdielnosť kritérií závažnosti stenóz karotických artérií > 60 % (14 – 17), respektíve > 70 % (18)

Table 4 Differences in criteria of carotid artery stenosis significance, > 60% (14 – 17), > 70% (18)

Moneta, et al. (14)	VSmax (PSV) ≥ 260 cm/s, VDend (EDV) ≥ 70 cm/s
Carpenter, et al. (15)	VSmax (PSV) ≥ 170 cm/s
Jackson, et al. (16)	VSmax (PSV) ≥ 245 cm/s, VDend (EDV) ≥ 65 cm/s
Leonardo, et al. (17)	VSmax (PSV) ≥ 250 cm/s, VDend (EDV) ≥ 70 cm/s
Hood, et al. (18)	VSmax (PSV) ≥ 130 cm/s, VDend (EDV) ≥ 100 cm/s

VSmax – maximálna systolická prietoková rýchlosť (PSV – Peak systolic velocity),
VDend – koncová diastolická prietoková rýchlosť (EDV – End diastolic velocity)

Tabuľka 5 Dopplerovské kritériá závažnosti karotických lézií (SUSCH)

Table 5 Doppler criteria of carotid artery lesions significance (SUSCH)

Stenóza (Stenosis) (%)	VSmax (PSV) (cm/s)	VDmax (PDV) (cm/s)	VDend (EDV) (cm/s)	Kvalita prietokovej krivky (Quality of flow curve)
> 40	> 140	> 60	> 55	mierny broadening
≥ 60	≥ 180	≥ 90	≥ 70	výrazný broadening
≥ 70	≥ 200	≥ 120	≥ 90	výrazný broadening
> 85	> 300	> 200	> 160	absencia spektrálneho okna
99	pokles	pokles	pokles	–
Okľúzia	–	–	–	–

VSmax – maximálna systolická prietoková rýchlosť (PSV – Peak systolic velocity),
VDmax – maximálna diastolická prietoková rýchlosť (PDV – Peak diastolic velocity),
VDend – koncová diastolická prietoková rýchlosť (EDV – End diastolic velocity)

nóz (**tabuľka 4**) (14 – 18). Vyplyvajú z rôzneho technického vybavenia jednotlivých pracovísk (19), ale taktiež z odlišného angiografického porovnania stenotickej lézie s normálnym diametrom buď v mieste karotického bulbu, alebo v distálnej ACI. Druhý prístup je kompatibilný s výsledkami štúdií NASCET (6) a ACAS (9), ktoré viedli k zavedeniu nových CDUS kritérií, vychádzajúcich zo stupňa redukcie diametra tepny, nie stupňa redukcie jej plochy.

CDUS kritériá jednotlivých pracovísk vždy do istej miery závisia od referenčného angiografického laboratória, s ktorým spolupracujú a ktorého výsledkom sa logicky vo svojom hodnotení prispôbujú – nastavujú a spresňujú svoje kritériá angiografickým výsledkom. Z týchto skutočností vyplýva nevyhnutná potreba vlastného overenia si akceptovaných kritérií v porovnaní so zlatým štandardom – angiografiou a v konfrontácii s výsledkami a spätnou väzbou od cievného chirurga a intervenčného rádiológa (19, 20).

Nami používané dopplerovské kritériá hodnotenia karotických stenóz uvádzame v **tabuľke 5**.

Kvalita aterosklerotického plaku

Aterosklerotický proces karotických artérií je v porovnaní s inými artériovými lokalizáciami špecifický v tom, že jeho riziko je nielen v hemodynamických dôsledkoch ste-

notizácie cievného lúmenu, ale do značnej miery aj v embolizačnom potenciáli AS lézie. Embolické komplikácie vyplývajú z nestability aterosklerotických plakov podobne ako v iných oblastiach artériového systému, pričom na stabilitu plaku vplyvajú tak lokálne, ako aj systémové faktory. Rothwell a spol. (21) poukázali na významnú súvislosť medzi nepravidelnosťou povrchu karotických plakov a výskytom predchádzajúcich myokardiálnych infarktov a následných fatálnych kardiálnych príhod.

Farebná duplexná sonografia sa preto snaží hodnotiť aj rizikovosť aterosklerotickej lézie, a to na základe jej echoštruktúry a podľa povrchu AS plaku. Tradične rozlišujeme mäkké – hypoechogénne plaky, fibrózne lézie, kalcifikované stenózy a v prípade prejasnenia v echodenznom plaku suponujeme na prítomnosť subintimálnej hemorágie. Viacerí autori sa zaoberali ultrazvukovými charakteristikami AS plakov vo vzťahu k riziku výskytu mozgových príhod. Geroulakos a Nicolaidis (22, 23) rozdelili plaky podľa echogenity na echolucentné, zmiešané s prevahou echolucentnej zložky, zmiešané s prevahou echodenznej zložky, echodenzné a kalcifikované. Opakovane preukázali zvýšenú incidenciu mozgových príhod v prípade echolucentných plakov v porovnaní s ostatnými skupinami (**tabuľka 6**).

Polak a spol. (24) skúmali vzťah medzi výskytom mozgovovej príhody a ultrazvukovou echogenitou plaku ACI na skupine 4 886 asymptomatických pacientov starších ako 65 rokov. Výskyt mozgovovej príhody bol významne spojený s dvoma od seba nezávislými USG charakteristikami. S hypoechogénnym AS plakom a so stenózou ACI > 50 %. Hypoechogénne zóny korešpondujú s miestami hemorágie do plakov, alebo sú príčinou zvýšeného ukladania lipidov, čo zvyšuje ich vulnabilitu a riziko ruptúry.

Riziko CMP ďalej významne zvyšuje aj nepravidelný, respektíve ulcerovaný povrch plaku kvôli novej distálnej cerebrálnej mikroembolizácii. Podľa štúdie NASCET (6) majú pacienti s rovnako závažnou karotickou stenózou bez angiografického nálezu ulcerácie 17 % riziko CMP/dva roky, v prítomnosti ulcerácie 30 % riziko CMP/dva roky (6). Ultrazvukovou modalitou s lepšou schopnosťou popisu povrchu AS plaku a jeho ulcerácií je power Doppler zobrazenie (25).

Tabuľka 6 Aterosklerotické plaky podľa echogenity (22, 23)

Table 6 Atherosclerotic plaques according to their echogenicity (22, 23)

- I. Echolucentné (Echo-lucent)
- II. Zmiešané s prevahou echolucentnej zložky
(Combined with dominance of the echo-lucent component)
- III. Zmiešané s prevahou echodenznej zložky
(Combined with dominance of the echo-dense component)
- IV. Echodenzné (Echo-dense)
- V. Kalcifikované (Calcified)
- I. → V. Klesá riziko embolizácie, stúpa stabilita plaku
(Decrease of embolisation risk, increase of plaque stability)

V našej praxi sa snažíme o kvalitatívne hodnotenie charakteru AS plaku predovšetkým u pacientov s hemodynamicky hraničnou karotickou stenózou a u pacientov pred plánovaným karotickým stentingom.

Záver

Farebná duplexná sonografia je spoľahlivá, rýchla a dostupná neinvazívna vyšetrovacia metóda na diagnostiku extrakraniálnych karotických lézií. Kritériami v hodnotení závažnosti karotického postihnutia sú tak kvantitatívne, ako aj kvalitatívne dopplerovské charakteristiky prietoku tepnou. Konkrétne rýchlostné kritériá do istej miery závisia od referenčného angiografického pracoviska. Podstatnou súčasťou CDUS vyšetrenia je morfológické zhodnotenie charakteru ateromatózneho plaku, ktoré je dôležitým kritériom pri ďalšom rozhodovaní. Hypoechogénne plaky, heterogénne lézie s prevahou hypoechogénnej zložky a ulcerované plaky sú významným prediktorom zvýšeného rizika cievnej mozgovej príhody.

Literatúra

1. O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA, et al. Distribution and correlates of sonographically detected carotid artery disease in the Cardiovascular Health Study: the CHS Collaborative Research Group. *Stroke* 1992;23:1752–1760.
2. Fine-Edelstein JS, Wolf PA, O'Leary DH, et al. Precursors of extracranial carotid atherosclerosis in the Framingham Study. *Neurology* 1994;44:1046–1050.
3. Landwehr P. Carotid and Vertebral Arteries. In: Wolf KJ, Fobbe F. *Color Duplex Sonography. Principles and Clinical Applications*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag 1995:45–67.
4. Saucedo JF, Laird JR. Peripheral Vascular Disease. In: Apple S, Lindsay J. *Principles and Practice of Interventional Cardiology*. Philadelphia, Baltimore: Lippincott 2000:41–62.
5. Brozman M. Duplexné ultrazvukové vyšetrenie extrakraniálnych mozgových artérií. Kandidátska dizertačná práca. Bratislava: LFUK 1987:185.
6. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991;325:445–453.
7. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70–99%) or with mild (0–29%) carotid stenosis. *Lancet* 1991;337:1235–1243.
8. Nicolaidis AN, Shifrin EG, Bradbury A, et al. Angiographic and duplex grading of internal carotid stenosis: Can we overcome the confusion? *J Endovasc Surg* 1996;3:158–165.
9. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995;273:1421–1428.
10. Steinke W, Kloetzsch C, Hennerici M. Carotid artery disease assessed by color Doppler flow imaging: correlation with standard Doppler sonography and angiography. *AJR* 1990;154:1061–1068.
11. Zwiebel WJ. Duplex sonography of the cerebral arteries: efficacy, limitations, and indications. *AJR* 1992;158:29–36.
12. Ratiiff DA, Hames TK, Humphries KN, et al. The reliability of Doppler ultrasound techniques in the assessment of carotid disease. *Angiology* 1985;36:333–340.
13. Ray SA, Lockhart SJM, Dourado R, et al. Effect of contralateral disease on duplex measurements of internal carotid artery stenosis. *British Journal of Surg* 2000;87:1057–1062.
14. Moneta GL, Edwards JM, Papanicolaou G, et al. Screening for asymptomatic internal carotid artery stenosis: duplex criteria for discriminating 60% to 99% stenosis. *J Vasc Surg* 1995;21:989–994.
15. Carpenter JP, Lexa FJ, Davis JT. Determination of sixty percent or greater carotid artery stenosis by duplex Doppler ultrasonography. *J Vasc Surg* 1995;22:697–705.
16. Jackson MR, Chang AS, Robles HA, et al. Determination of 60% or greater carotid stenosis: a prospective comparison of magnetic resonance angiography and duplex ultrasound with conventional angiography. *Ann Vasc Surg* 1998;12:236–243.
17. Leonardo G, Crescenzi B, Cotrufo R, et al. Improvement in accuracy of diagnosis of carotid artery stenosis with duplex ultrasound scanning with combined use of linear array 7.5 MHz and convex array 3.5 MHz probes: Validation versus 489 arteriographic procedures. *J Vasc Surg* 2003;37:1240–1247.
18. Hood DB, Mattos MA, Mansour A, et al. Prospective evaluation of new duplex criteria to identify 70% internal carotid artery stenosis. *J Vasc Surg* 1996;23:254–261.
19. Kuntz KM, Polak JF, Whittmore AD, et al. Duplex ultrasound criteria for the identification of carotid stenosis should be laboratory specific. *Stroke* 1997;28:597–602.
20. Lovelace TD, Moneta GL. Peripheral vascular diagnostic methods. In: Lanzer P, Topol EJ. *Panvascular medicine: integrated clinical management*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 2002:398–419.
21. Rothwell PM, Villagra R, Gibson R. Evidence of a chronic systemic cause of instability of atherosclerotic plaques. *Lancet* 2000;355:19–24.
22. Geroulakos G, Domjan J, Nicolaidis A. Ultrasonic carotid artery plaque structure and the risk of cerebral infarction on computed tomography. *J Vasc Surg* 1994;20:263–266.
23. Nicolaidis AN. Asymptomatic carotid stenosis and risk of stroke. Identification of high risk group (ACSRS): a natural history study. *Int Angiol* 1995;14:21–23.
24. Polak JF, Shemanski L, O'Leary DH. Hypoechoic plaque at US of the carotid Artery: an independent risk factor for incident stroke in adults aged 65 years or older. *Radiology* 1998;208:649–654.
25. Griewing B, Morgenstern C, Driesner F, et al. Cerebrovascular disease assessed by color-flow and power Doppler ultrasonography: comparison with digital subtraction angiography in internal carotid artery stenosis. *Stroke* 1996;27:95–100.