

Strokovni prispevek/Professional article

TRIDIMENZIONALNA ULTRASONOGRAFIJA V DIAGNOSTIKI SKORAJ POPOLNE ZOŽITVE IN ZAPORE NOTRANJE KAROTIDNE ARTERIJE

THREE-DIMENSIONAL ULTRASONOGRAPHY IN DIAGNOSING SUBTOTAL STENOSIS AND OCCLUSION OF INTERNAL CAROTID ARTERY

Erih Tetičkovič¹, Jože Matela²

¹ Oddelek za nevrološke bolezni, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

² Radiološki oddelek, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

Prispelo 2001-02-20, sprejeto 2001-05-04; ZDRAV VESTN 2001; 70: 375-9

Ključne besede: subtotalna stenoza in okluzija notranje karotidne arterije; tridimenzionalna ultrasonografija; tridimenzionalna CT angiografija; karotidna angiografija

Izvleček – Izhodišča. Ultrazvočna razmejitev subtotalne stenoze od okluzije notranje karotidne arterije (ACI) povzroča pogosto velike težave. Zanesljivejša od barvne dvojne ultrasonografije je tridimenzionalna ultrasonografija (3D US). Zaradi možnih napak v oceni subtotalne stenoze in okluzije pa moramo 3D US dopolniti s tridimenzionalno CT angiografijo (3D CTA) ali s klasično angiografijo. Pravilna ocena je pomembna zaradi operativne terapije subtotalne stenoze.

Metode. Pri 22 bolnikih smo s 3D US ugotovili okluzijo ACI, pri enajstih bolnikih pa subtotalno stenozo. Ultrazvočni izvidi smo v vseh primerih primerjali s 3D CTA, v osmih primerih pa tudi s konvencionalno angiografijo.

Rezultati. Pri dveh bolnikih smo s 3D US ocenili zaporo kot okluzijo, za katero pa sta 3D CTA in angiografija pokazali, da gre za subtotalno stenozo. Pri enem bolniku je bila redukcija žilne svetline tako izrazita, da je ni pokazala tudi 3D CTA, marveč šele angiografija. V drugem primeru pa je filiformno stenozo ACI prekrivala izrazita akustična senca kalcinirane plaqa. Ostali izvidi pri primerjavi niso pokazali bistvenih razhajanj.

Zaključki. Ocenjujemo, da je 3D US dobra presejevalna diagnostična metoda pri ugotavljanju subtotalne stenoze in okluzije ACI, vendar jo je treba zaradi možnih napak dopolniti s 3D CTA ali klasično angiografijo. Natančna ocena je zelo pomembna, saj je pri subtotalni stenozni ACI potrebna čimprejšnja operativna terapija, pri okluziji ACI pa samo konservativna terapija.

Key words: subtotal stenosis and occlusion of internal carotid artery; three-dimensional ultrasonography; three-dimensional CT angiography; carotid angiography

Abstract – Background. Ultrasonographic discrimination of subtotal stenosis from occlusion of the internal carotid artery (ACI) is frequently extremely complicated. Three-dimensional ultrasonography (3D US) is more reliable than color duplex ultrasonography. However, due to possible errors in the evaluation of subtotal stenosis and occlusion, 3D US should be complemented either by three-dimensional CT angiography (3D CTA) or classic angiography. Correct evaluation is extremely important for operative treatment of subtotal stenosis.

Methods. In 22 patients, 3D US revealed occlusion of the ACI and in 11 patients subtotal stenosis. In all cases, the ultrasonographic findings were compared with 3D CTA findings, in 8 cases also with those of conventional angiography.

Results. In two patients, 3D US evaluated the blockage as an occlusion while 3D CTA as well as angiography showed it to be a subtotal stenosis. In one patient, lumen reduction was so marked that it was not revealed by 3D CTA but only by angiography. In another case, the filiform ACI stenosis was covered by a distinct acoustic shadow of calcinated plaque. When compared, the remaining findings showed no significant differences.

Conclusions. It is our opinion that 3D US is a good screening diagnostic method for diagnosing subtotal stenosis and occlusion of the ACI. However, owing to possible errors, it should be combined with 3D CTA or classic angiography. A precise evaluation is very important as subtotal ACI stenosis requires early operative treatment while ACI occlusion only requires conservative treatment.

Uvod

Tridimenzionalni ultrazvočni prikaz možganskih arterij je pomembna nevrosonografska novost. Leta 1982 je Geiser s sodelavci prvi prikazal tridimenzionalno rekonstrukcijo levega srčnega prekata pri odraslem bolniku (1). Deset let pozneje so Franceschi, Bondi in Rubin (2) med prvimi predstavili možnost za tridimenzionalno vaskularno ultrasonografijo. Zadnja leta čedalje več avtorjev (Rosenfield, Rankin, Hamper, Delker, Griewing) poroča o pomenu 3D US pri karotidnih boleznih, in sicer v evalvaciji aterosklerotičnih karotidnih stenoz pred karotidno trombendarterektomijo (TEA) in po njej (3–7). Ultrazvočna razmejitev subtotalne stenoz od popolne zapore ACI predstavlja pogosto velik problem. Neposredna sonografska diagnoza karotidne stenoz temelji na naslednjih načelih:

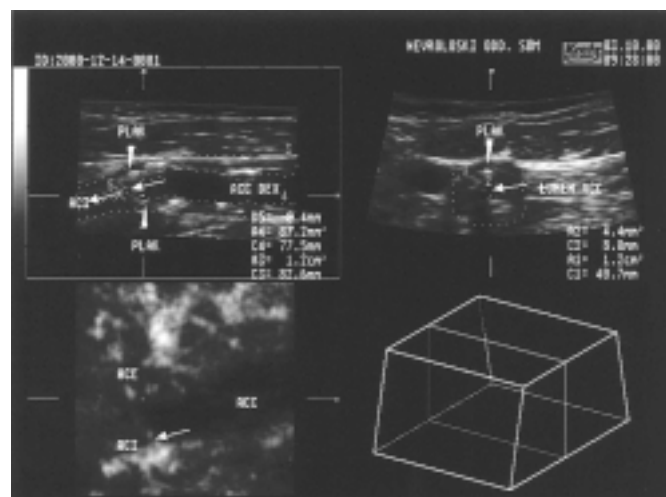
- spremembe Dopplerjevega spektra,
- spremembe barvnega kodiranja krvnega pretoka v območju stenoz,
- prikaz in ocena morfologije le-teh.

Čeprav prinaša 3D US več zanesljivosti v odkrivanju preokluzivnih (subtotalnih, filiformnih) stenoz od barvne dvojne ultrasonografije – *color duplex sonography* (CDS) predvsem na račun natančnejše ocene morfologije aterosklerotičnih leh, pa igra pogosto (enako kot pri CDS) odločilno vlogo barvno kodiranje krvnega pretoka v območju subtotalne stenoz. Zanj je značilen filiformni pretok v rezidualnem lumnu. Tega največkrat ni mogoče ugotoviti na B-sliki, pa tudi z Dopplerjevo frekvenčno analizo ne. V tridimenzionalni rekonstrukciji lumna istočasno v treh ortogonalnih ravninah je sicer mogoče prepoznati minimalno prehodnost, vendar jo mora potrditi barvno kodirani krvni pretok – *color flow map* (CFM). Če tudi s CFM ne dokažemo rezidualnega lumna, nam lahko pomaga način *power*, s katerim je moč ugotoviti komaj zaznavni pretok (8). Vsekakor pa je v takšnem primeru indicirana tudi uporaba ultrazvočnega kontrastnega sredstva, ki poveča intenzivnost Dopplerjevega signala. Najpogosteje uporabljamo Levovist. Povprečno trajanje optimalnega kontrastnega učinkovanja (*optimal contrasting*) je navadno 163–240 sekund (9). Sameshima in sodelavci predlagajo kot presejevalni diagnostični metodi pri subtotalni stenoz in okluziji ACI na vratu 3D US ali magnetno resonančno angiografijo (MRA), 3D CTA pa za predoperativno evalvacijo subtotalne stenoz in pooperativno evalvacijo po karotidni TEA (10) (sl. 1, 2, 3). Sicer pa bi



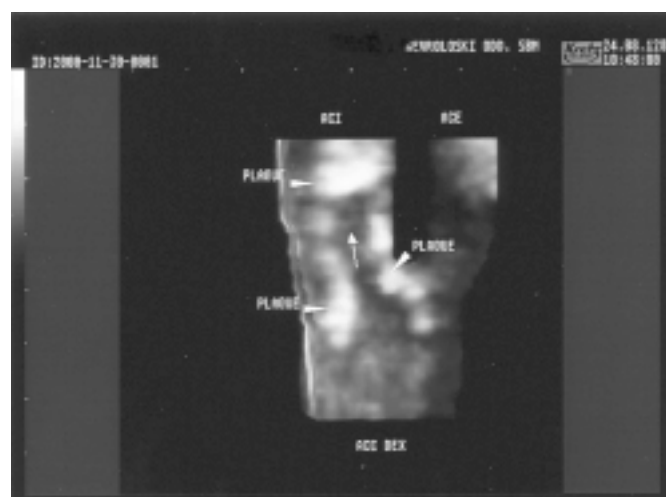
Sl. 1. Prikaz subtotalne stenoz desne notranje karotidne arterije (ACI) v načinu *power* – puščica označuje filiformni lumen.

Fig. 1. Presentation of subtotal stenosis of the right internal carotid artery (ACI) in power mode. The arrow marks the filiform lumen.



Sl. 2. Večravninska slikovna analiza iste stenoz: v zgornjem delu slike je prikazana stenoz v longitudinalnem in transverzalnem prerezu, v spodnjem pa v horizontalnem.

Fig. 2. Multiplanar image analysis of the same stenosis: the upper part of the image shows the stenosis in the longitudinal and transverse section, the lower part in the horizontal section.



Sl. 3. Desno karotidno deblo, oddvojeno od ostalega tkiva z elektronskim skalpelom (CUT 3D način): v bifurkaciji in odcepišču ACI je vidna subtotalna stenoz, ki jo povzroča fibrokalcinirani plak.

Fig. 3. Right carotid trunk separated from the remaining tissue by electronic scalpel (CUT 3D mode): in bifurcation and origin of ACI, visible subtotal stenosis caused by calcinated plaque.

bilo treba napraviti 3D CTA tudi pri vsaki ultrazvočno ugotovljeni okluziji ACI, saj lahko v določenih pogojih proglasimo kot okluzijo subtotalno stenozo ACI. Danes je povsem jasno doktrinarno načelo, da okluzija ACI ne zahteva operativne rekonstrukcije, pri subtotalni stenoz pa je potrebna čimprejšnja karotidna TEA (11, 12).

Bolniki in metode

V raziskavo smo vključili 33 bolnikov s sumom na zožitev ali zaporo ACI, med katerimi je 26 moških in 7 žensk. Starost je bila 44–77 let, mediana 63,4 leta. Vsi bolniki so imeli določeno

obliko možganskožilne bolezni. Pri 13 bolnikih (39,4%) je bila izražena klinična slika svežega cerebrovaskularnega infarkta (ICV) z zmerno nevrolško prizadetostjo, pri dveh bolnikih (6,1%) pa smo ugotavljali težjo spastično hemiparezo nekaj mesecev po ICV. Pri osmih bolnikih (24,2%) je šlo za reverzibilni ishemični nevrolški deficit (RIND), pri desetih bolnikih (30,3%) pa za klinično sliko tranzitorne ishemične atake (TIA). Pri vseh bolnikih smo napravili 3D US vratnih arterij in primerjali ultrazvočni izvid z izvidom 3D CTA oziroma z izvidom angiografske preiskave.

3D US smo napravili z ultrazvočnim aparatom VOLUSON 530D Kretz z linearno sondo 5–10 MHz. Gre za integrirano tridimenzionalno ultrazvočno preiskavo, ki jo sestavljajo tri osnovne faze:

1. avtomatsko prostorsko skeniranje (automatic volume scanning),
2. večravninska slikovana analiza (multiplanar image analysis) in
3. 3D rekonstrukcija (volume rendering).

Izhodišče za avtomatsko prostorsko skeniranje je dobra B-slika (B-scan). Z zanihanjem te slike okrog njene osi nastane prostorski posnetek (»fan scan«). Po končanem prostorskem skeniranju dobimo sočasni prikaz treh ortogonalnih ravnin preiskovane žile: longitudinalne, transversalne in horizontalne. Gre za izhodiščni položaj preiskovane žile, ki je determiniran z relativnim koordinatnim sistemom. Le-ta sestoji iz treh osi (X, Y, Z), ki stojijo pravokotno druga na drugo. Sečišče teh osi je triosno središče vrtenja. Z rotacijo okrog teh osi ali pomikom središča rotacije po katerikoli od teh osi (translacija) lahko prikažemo poljubni izrez iz volumskega telesa (večravninska slikovna analiza). Prostorska rekonstrukcija pomeni računalniško obdelan tridimenzionalni prikaz posnetega volumskega telesa (žile) na zaslonu. Poseben računalniški način, imenovan CINE-mode, omogoča dejansko doživljanje prostorskega prikaza žile. Gre za rotacijo 3D slike okrog vertikalne (Y) osi iz nastavljenega začetnega v končni položaj rotacije, pri čemer nastane niz zaporednih 3D slik. Z elektronskim skalpelom (CUT 3D-mode) lahko iz 3D slike izločimo samo prikazano žilo brez okolnega tkiva.

3D CTA smo napravili z aparatom TOSHIBA X-press/GX.

Rezultati

S 3D US smo pri enajstih bolnikih (33,3%) ugotovili skoraj popolno (>95%) zožitev ACI. Klinično je šlo pri petih bolnikih (15,1%) za ICV, pri dveh bolnikih (6,1%) za RIND in pri štirih bolnikih (12,1%) za TIA. Pri 22 bolnikih (66,7%) smo odkrili okluzijo v odcepišču ACI. V tej skupini je pri desetih bolnikih (30,3%) klinična slika govorila za ICV, pri šestih bolnikih (18,2%) za RIND in prav tako pri šestih bolnikih (18,2%) za TIA.

Pri vseh enajstih bolnikih, pri katerih smo s 3D US ugotovili subtotalno stenozo ACI, sta le-to potrdili tudi 3D CTA in angiografija. Po ehogenih lastnostih in strukturi plaka je šlo v enem primeru (9,0%) za plak tipa II (heterogeni, eholucentni z < 50% ehogenih elementov), v petih primerih (45,5%) za plak tipa III (heterogeni, ehogeni z < 50% eholucentnih elementov), v treh primerih (27,3%) za plak tipa IV (homogeni, ehogeni), v dveh primerih (18,2%) pa je bil izražen plak tipa V (heterogeni, kalcinirani).

Pri 22 bolnikih s 3D US ugotovljeno okluzijo ACI sta 3D CTA in angiografija v dveh primerih (9,0%) pokazali, da ne gre za okluzijo, marveč za subtotalno stenozo ACI. Po strukturi in ehogenih lastnostih je šlo za naslednje tipe plakov: tip II v treh primerih (13,6%), tip III v 11 primerih (50,0%), tip IV v petih primerih (22,7%) ter tip V v treh primerih (13,6%). V dveh primerih lažne okluzije ACI je šlo za plak tipa III in plak tipa V.

Rezultate je moč prikazati v obliki tabele (tab. 1). Iz navedene tabele sledi 100% senzitivnost (občutljivost) in 85% specifič-

nost 3D US za odkrivanje popolne zapore notranje karotidne arterije.

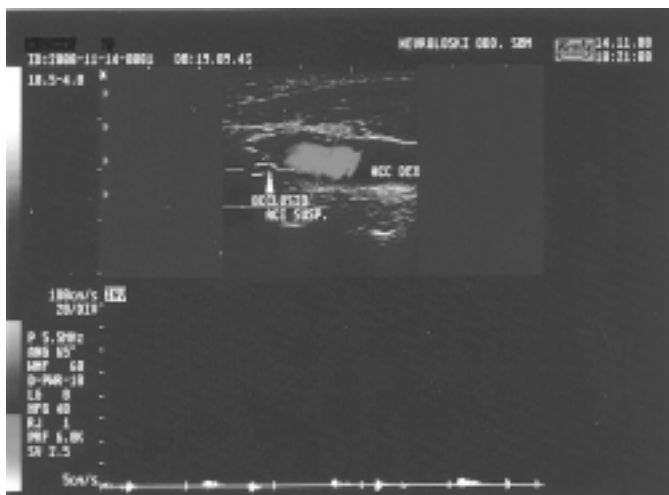
Tab. 1. Odkrivanje zapore notranje karotidne arterije s 3D ultrasonografijo v primerjavi z angiografsko preiskavo.

Tab. 1. Detection of occlusion of internal carotid artery with 3D ultrasonography compared with angiography.

	3D UZ poz. 3D US pos.	3D UZ neg. 3D US neg.
Angio poz. Angio pos.	20	0
Angio neg. Angio neg.	2	11

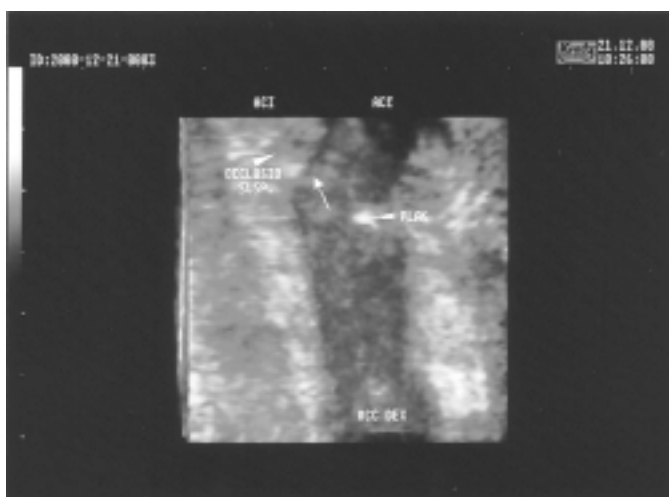
Razpravljanje

3D US velja v diagnostiki hemodinamsko pomembnih stenoz in zapor v karotidnem deblu za zanesljivo metodo z visoko senzitivnostjo in specifičnostjo. Naši podatki se dobro skladajo s podatki iz literature: tako ugotavlja Bendick specifičnost 87% in senzitivnost 100% (13), Huston pa navaja vrednosti 91% in 96% (14). Problemi se lahko pojavljajo pri razmejitvi subtotalne stenoze od okluzije ACI zaradi nekaterih objektivnih vzrokov. Tudi oba naša primera napačne ocene okluzije ACI je moč pojasniti. V enem primeru je šlo za visoko ležečo bifurkacijo. S široko linearno sondo je bil možen dostop do roba mandibule. V tem območju je bila dobro vidna bifurkacija skupne karotidne arterije (ACC). V odcepišču ACI pa je bila vidna nekakšna slepa vreča, pred katero smo dobili znižani, bifazni Dopplerjev signal. Takšen signal je sicer značilen za popolno žilno zaporo. Pred njo je Dopplerjev spekter znižan in govori za odpor, na katerega je naletel krvni pretok. Pozitivni del spektra predstavlja normalno smer pretoka, negativni del spektra pa od zapore odbiti pretok. Barvno kodiranje pretoka je pokazalo večji rdeči areal, ki je ustrezal normalni smeri pretoka, in manjši modri areal, ki je pomenil odbijanje pretoka od pregrade v odcepišču ACI. Distalno od te pregrade pa ni bilo zaslediti nobenega Dopplerjevega signala in tudi CFM ter način *power* nista pokazala nobenega minimalno ohranjenega lumna. Žal ultrazvočnega kontrastnega sredstva nismo uporabili. 3D slika karotidnega debela je pokazala le krn ACI. Takšen izvid je vsekakor govoril za okluzijo ACI (sl. 4, 5). 3D CTA je pokazala prav tako krn ACI, distalno od njega pa nobenega rezidualnega lumna, nobenega filiformnega pretoka. Po nekaj milimetrih se je znova pojavil pretok skozi distalni del ACI. Angiografska preiskava je pokazala v predelu za opisanem krnom ACI lasasti pretok, ki se je v distalnem delu okrepil. Lasaste pretoka v preokluzivnem delu ACI nista odkrili niti 3D US niti 3D CTA. Slednja pa je pokazala enako kot angiografija ponovno vzpostavljeni pretok v distalnem delu ACI. Ta segment ACI pa zaradi visoke bifurkacije ni bil dostopen za 3D US (sl. 6, 7). V drugem primeru je večja akustična senca, ki jo je v področju preokluzivne stenoze povzročal izrazito kalcinirani plak, povsem prekrila minimalno prehodni lumen ACI, ki ga tudi v 3D rekonstrukciji ni bilo mogoče prepoznati. V diferencialni diagnozi subtotalne stenoze in okluzije ACI nam lahko pomaga tudi ocena kolateralne cirkulacije s periorbitalno preiskavo smeri cirkulacije v oftalmični arteriji. Pri več kot 90% sveže okluzije ACI dobimo v istostranski oftalmični arteriji povsem jasno inverzijo pretoka. Vendar pa ni povsem zanesljiv kazalnik, saj se lahko pojavlja tudi pri subtotalni stenoz. Tudi hiperperfuzija, ki jo najdemo pri okluziji ACI navadno v nasprotni ACI, ni vedno prisotna. S 3D US je težje prepoznati svežo kot starejšo okluzijo ACI. Pri slednji je žilna svetlina izpolnjena z ehogenim trombotičnim materialom, poudarjena žilna stena pa se lepo razlikuje od okolnega tkiva. Po drugi



Sl. 4. Suspektna okluzija odcepišča desne ACI, ki je izpolnjeno s homogeno maso: v tem območju ni nobenega Dopplerjevega signala, pa tudi nobenega barvno kodiranega pretoka (CFM), vidno pa je odbijanje pretoka od zapore v odcepišču ACI.

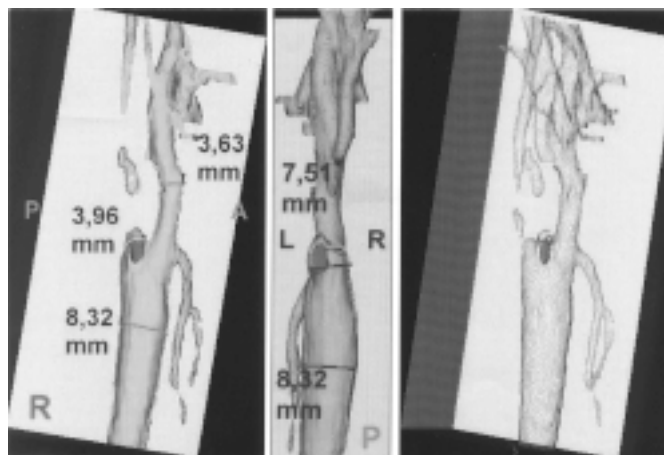
Fig. 4. Suspect occlusion of right ACI origin, filled with a homogeneous mass. In this area, no Doppler signal or color flow map (CFM), however, visible reflection of flow from the occlusion at the ACI origin.



Sl. 5. V CINE-MODE prikazana 3D slika suspektne okluzije desne ACI.

Fig. 5. 3D image in CINE-MODE showing a suspect occlusion of the right ACI.

strani pa lahko proglasimo tudi okluzijo ACI za subtotalno stenozo, če registriramo signal vertebralne arterije, ki se širi v to območje, ali pa ujamemo nežni signal majhnih žilic, ki vraščajo v zamašeni lumen. Tudi pri travmatski ali spontani disekciji intime lahko pride do subtotalne stenoze ali okluzije. Na to možnost vsekakor ne smemo pozabiti. Ultrazvočni izvid je dokaj specifičen: prisoten je ehosiromašni intramuralni hematoma z zožitvijo lumna vse do okluzije. Dopplerjeva frekvenčna analiza kaže značilno znižano diastolično hitrost krvnega pretoka s povečano pulzatilnostjo. Tudi pri nihajnih poškodbah vratne hrbtenice lahko pride do disekcije s posledično zaporo (15). Disekcija ima dobro prognozo, če jo pravočasno odkrijemo in uvedemo antikoagulantno terapijo (16).



Sl. 6. 3D CTA istega karotidnega debla: viden je krn v odcepišču desne ACI, distalno od njega ni žilne strukture oz. pretoka, ki pa se po nekaj milimetrih znova vzpostavi – gre za subtotalno stenozo.

Fig. 6. 3D CTA of same carotid trunk: visible stump at the right ACI origin, distally from it there is no vascular structure or flow which, however, is restored after several mm – a case of subtotal stenosis.



Sl. 7. Angiografska preiskava potrjuje subtotalno stenozo desne ACI: v samem odcepišču je viden filiformni pretok, ki se distalno počasi veča (ta del ACI pri 3D US ni bil dostopen).

Fig. 7. Angiographic investigation confirms a subtotal stenosis of the right ACI: in the origin itself, visible filiform flow, distally slowly increasing (in 3D US, this part of the ACI was inaccessible).

3D US je vsekakor zanesljiva diagnostična metoda v evalvaciji karotidnih stenoz. Zaradi opisanih objektivnih razlogov pa jo je treba v razmejitvi subtotalne stenoze in okluzije ACI kombinirati s 3D CTA, pri kateri dobimo slike, ki spominjajo na angiografijo (17). Ko 3D CTA ni dosegljiva, pa je treba napraviti klasično angiografijo.

Zgodnje odkrivanje skoraj popolne zožitve oziroma zapore ACI je zelo pomembno za karotidno TEA. Pri okluziji ACI ne pride v poštev operativno zdravljenje, pri subtotalni stenozi pa je treba napraviti TEA čimprej, še preden preide stenoza v okluzijo, če seveda ni kontraindikacij za operacijo. In kdaj se odločimo za TEA, če je bolnik s takšno stenozo preživel ICV v ipsilateralno hemisfero? Bolniki z visoko stopnjo zožitve ACI imajo pogosto zelo slabo avtoregulacijo možganskega krvnega pretoka, še zlasti v akutni fazi ishemičnega ICV. Pri morebitni TEA v tej fazi lahko pride kaj hitro do razvoja možganskega hiperperfuzijskega sindroma (HPS) s posledično krvavitvijo v infarktno področje (18). V svetu je dobro poznana zahteva, da je treba s karotidno TEA počakati vsaj 4–12 tednov od nastanka ICV (19). Če pa gre za subtotalno stenozo ACI in bolnik kaže po akutnem ICV hitro izboljšanje nevrološkega deficita pri istočasnem zmanjšanju ishemične okvare v CT in MR izvidu, je mogoče karotidno TEA napraviti izjemoma tudi prej (20).

Literatura

1. Geiser EA, Ariet M, Conetta DA, Lupkiewicz SM, Christie LG. Dynamic three-dimensional echocardiographic reconstruction of the intact human left ventricle: Technique and initial observation in patients. *Am Heart J* 1982; 103: 1056–65.
2. Franceschi D, Bondi J, Rubin JR. A new approach for three-dimensional reconstruction of arterial ultrasonography. *J Vasc Surg* 1992; 15: 800–5.
3. Rosenfield K, Boffetti P, Kaufman J et al. Three-dimensional reconstruction of human carotid arteries from images obtained during noninvasive B-mode ultrasound examination. *AMJ Cardiol* 1992; 70: 379–84.
4. Rankin RN, Fenster A, Downey DB et al. Three-dimensional sonographic reconstruction: Techniques and diagnostic applications. *AJR* 1993; 161: 695–702.
5. Hamper VM, Trapanotto V, Slith S, Dejong MR, Caskey CI. Three-dimensional US preliminary clinical experience. *Radiology* 1994; 191: 397–401.
6. Delker A, Polz H. 3D ultrasound of carotid artery using a sensor as a space orientation. *Cerebrovasc Dis* 1996; 6: Suppl 3: 2–2.
7. Griewing B, Schminke V, Morgenstern C, Walker ML, Kessler C. Three-dimensional ultrasound angiography (power mode) for the quantification of carotid artery atherosclerosis. *J Neuroimaging* 1997; 7: 40–5.
8. Steinke W, Meairs S, Ries S, Hennerici M. Sonographic assessment of carotid artery stenosis. Comparison of power Doppler imaging and color Doppler flow imaging. *Stroke* 1996; 27: 91–4.
9. Kaps M, Schaffer P, Seidl G, Droste DW. Transkranielle Doppler Sonographie mit Echokontrastmitteln. *Focus MUL* 1995; 12: 135–42.
10. Sameshima T, Futami S, Morita Y et al. Clinical usefulness of and problems with three-dimensional CT angiography for the evaluation of arteriosclerotic stenosis of the carotid artery: comparison with conventional angiography, MRA, and ultrasound angiography. *Surg Neurol* 1999; 51: 300–9.
11. Bermann SS, Devine JJ, Erdoes LS, Hunter GC. Distinguishing carotid artery pseudoocclusion with color flow Doppler. *Stroke* 1995; 26: 434–8.
12. Hetzel A, Eckenweber B, Trummer B, Wernz M, Reutern GM. Farbkodierte Duplexsonographie bei präokklusiven Stenosen der Arteria carotis interna. *Ultraschall in Med* 1993; 14: 240–6.
13. Bendick PJ, Brown W, Hernandez D, Glower JL, Bove PG. Three-dimensional vascular imaging using Doppler ultrasound. *Am J Surg* 1998; 176: 183–7.
14. Huston J, Douglas A, Nickols P, Luetmer H, Rydberg CH et al. MR angiographic and sonographic indications for endarterectomy. *Am J Neuroradiol* 1998; 19: 309–15.
15. Bartels E, Flügel KA. Evaluation of extracranial vertebral artery dissection with Doppler color – flow imaging. *Stroke* 1996; 27: 290–5.
16. Sturzenegger M. Spontaneous internal carotid artery dissection: early diagnosis and management in 44 patients. *J Neurol* 1995; 242: 231–8.
17. Leclerc X, Godefroy O, Lucas C et al. Internal carotid arterial stenosis: CT angiography with volume rendering. *Radiology* 1999; 210: 673–82.
18. Robertson JT. Carotid endarterectomy. In: Welch KMA, Caplan LR, Reis DJ, Siesjö BK, Weir BD. *Cerebrovascular diseases*. San Diego: Academic Press, 1997: 582–6.
19. Giordano MJ, Tront HH, Kozloff L, De Palma RG. Timing of carotid artery endarterectomy after stroke. *J Vasc Surg* 1985; 2: 250–4.
20. Despot J. Kirurgija ekstrakranijske cerebrovaskularne bolesti. In: Demarin V et al. eds. *Moždani krvotok – klinički pristup*. Zagreb: Naprijed, 1994: 253–309.