

Zdravljenje stenoz začetnega dela vertebralnih arterij z balonsko razpirljivimi žilnimi opornicami, prevlečenimi s karborundom

Treatment of proximal segment stenoses of vertebral arteries with balloon expandable silicon carbide coated stents

Šeruga Tomaž

Univerzitetni klinični center Maribor, Radiološki oddelek, Maribor, Slovenija

Korespondenca/ Correspondence:

Šeruga Tomaž, doc. dr. sci., dr. med.
Univerzitetni klinični center Maribor, Radiološki oddelek, Ljubljanska 5, 2000 Maribor, Slovenija
email: ttseruga@gmail.com

Ključne besede:

vertebrobazilarni sindrom, ateroskleroza, stenoza, žilna opornica, karborundna prevleka

Key words:

vertebro-basilar syndrome, posterior circulation, atherosclerosis, stenosis, silicon coated stent

Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2013; 82: 25–30

Prispelo: 6. mar. 2012,
Sprejeto: 28. okt. 2012

Izvleček

Izhodišče: Nezdravljene ateromaste zožitvene spremembe stene vertebralnih arterij lahko imajo za posledico znake vertebro-bazilarnega sindroma, prehodnega ishemičnega napada ali celo trajni nevrološki izpad v predelu možganskega debla in malih možganov. Vstavljanje žilnih opornic v začetni del vertebralne arterije, ki je najpogosteje prizadet, predstavlja novejšo možnost znotrajžilnega zdravljenja zožitvenih žilnih bolezni zadnjega obtoka. Metoda (naj bi bila)/je učinkovitejša od balonske dilatacije zaradi manjšega števila ponovnih stenoz.

Bolniki in metode: V skladu z vključitvenimi merili smo zdravili 23 bolnikov (21 moških in 2 ženski), v starostnem razponu od 49–76 let. Vsi so imeli znake vertebro-bazilarnega sindroma zaradi hemodinamsko pomembnih zožitev začetnega dela vertebralne arterije. Bolniki, vključeni v študijo, so bili zdravljeni v času od aprila 2009 do julija 2011. Zožitve arterij in kontrolno angiografijo smo opravili z večrezinsko (*angl.* multislice) računalniško tomografsko angiografijo (MSCTA) obeh vertebralnih in bazilarne arterije. Za zdravljenje smo uporabili balonsko razpirljive nitinolne žilne opornice, prevlečene s karborundno oblogo. Vsi bolniki so prejeli antitrombotično in antikoagulantno zaščito z acetilsalicilno kislino in klopidogrelom pred posegom in po njem. Vsi bolniki so opravili pregled pri nevrologu pred posegom in kontrolni nevrološki pregled z računalniškotomografsko (CT) angiografijo 6–12 mesecev po posegu.

Rezultati: Zožitve začetnih segmentov (V₁) prizadetih arterij so znašale med 50 % in 93 %. Pri vseh bolnikih smo vstavili žilne opornice brez zaščite, torej brez uporabe filtrov. Ob posegih ni bilo zapletov. Kontrolne CT angiografije so pokazale zaporo svetline pri enem bolniku in

obsežnejšo, hemodinamsko pomembno več kot 50-odstotno zožitev, pri enem bolniku. Ostale opornice so bile prehodne in brez hemodinamsko pomembnih stenoz. Ob kontrolnem nevrološkem pregledu nihče od bolnikov ni navajal poslabšanja simptomov oz. po Rankinovi lestvici ni bil ocenjen slabše kot pred posegom.

Sklepi: Menimo, da lahko stentiranje začetnih delov vertebralnih arterij bistveno izboljša hemodinamske razmere v zadnjem obtoku in prepreči poslabšanje znakov vertebro-bazilarnega sindroma oz. morebitni prehodni ali celo trajni nevrološki izpad. Doslej je bilo objavljenih manj kot dvajset študij o stentiranju začetnih delov vertebralnih arterij. Za dokončno oceno metode bo potrebno opraviti večje število randomiziranih, prospektivnih študij znotrajžilnega zdravljenja zožitev vertebralnih arterij, morebiti tudi z uporabo zdravil, ki sproščajo žilne opornice.

Abstract

Background: Untreated atherosclerotic stenotic lesions of the vertebral arteries may result in signs of vertebro-basilar syndrome, transient ischemic attacks or a permanent neurologic deficit of the brainstem and cerebellum. Stenting of the vertebral artery origin (V₁ segment), most frequently involved part of the artery, represents a newer treatment option in the endovascular management of occlusive atherosclerotic vascular disease in the posterior circulation. The method is more effective than percutaneous angioplasty, due to a lower restenosis rate.

Material and methods: With respect to the trial inclusion criteria, we treated 23 patients with symptoms of vertebro-basilar syndrome due to hemodynamically significant stenosis of V₁ segment. The patients included in the study were treated from April 2009 until August 2011. Di-

agnostic workout and control angiography were performed by multislice computed tomography angiography of both vertebral and basilar artery. The lesions were treated with balloon expandable, silicon carbide coated nitinol stents. All patients received continuous antithrombotic and anticoagulant protection with acetylsalicylic acid and clopidogrel before and after the procedure. All patients underwent control neurological and CT angiography examination six to twelve months after the procedure.

Results: In the treated patients, the degree of stenosis of dominant vertebral artery ranged from 50 % to 93 %. Stenting was performed in all patients without distal filter protection. There were no peri-procedural adverse events. Control CT angiography showed one stent occlusion and

one greater hemodynamically significant restenosis over 50 %, other stents were patent. None of the patients, not even those with occluded stents, presented with worsening of symptoms or a worse outcome on the Ranking scale at the time of control neurological examination.

Conclusions: Stenting of the vertebral arteries can significantly improve hemodynamic conditions in the posterior circulation and prevent recurrent transient ischemic attacks and worsening of vertebro-basilar symptoms. So far, less than twenty studies have been published on the stenting of vertebral arteries worldwide. Randomized larger prospective trials are needed to confirm the benefit of endovascular treatment of vertebral artery stenosis, also by use of drug-eluting stents.

Uvod

Zožitev začetnega dela oz. segmenta V1 vertebralne arterije (VA) je pogost vzrok za pojav znakov vertebrobazilarnega sindroma ter prehodnih ali trajnih ishemičnih sprememb v zadnjem možganskem obtoku.¹ V zdravljenju sprememb začetnega dela vertebralne arterije in zadnjega možganskega obtoka prevladujejo interventni nevro-radiološki posegi v primerjavi z žilno kirurgijo. Z druge strani pa je kirurško zdravljenje zožitev karotidnih arterij po objavljenih študijah še vedno uspešnejše in varnejše od znotrajžilnega zdravljenja.² V nekaterih državah v svetu je znotrajžilno zdravljenje celo prepovedano za široko uporabo in je dovoljeno le v izjemnih primerih, kar npr. velja za Francijo.²

Prva metoda znotrajžilnega zdravljenja zožitev arterij je bila perkutana balonska angioplastika (PTA), prvi tak poseg pri nas pa je bil opravljen leta 1999.³ To je bil v tistem času vrhunski dosežek, saj je bilo tudi v tuji literaturi do tedaj objavljenih zgolj nekaj člankov o PTA vertebralnih arterij brez morebitne reprezentativne študije. (Slike 1, 2, 3). Za glavno slabost te metode se je kasneje izkazal pojav večje stopnje ponovnih zožitev svetlin arterij, ker je bila posledica elastičnosti žilne stene in tudi pojava raztrganin žilne stene oz. intime ob sami dilataciji.^{4,5}

Uporaba žilnih opornic je bila tako nekako pričakovana razvojna stopnja, podob-

no kot pri zdravljenju zožitev medeničnega žilja in arterij spodnjih udov. S tega področja je bilo do sedaj objavljenih le manjše število študij, ki pa so dokaj vprašljive, saj so za znotraj žilno zdravljenje uporabljali žilne opornice različnih proizvajalcev, v večji meri pa kar kardiološke žilne opornice, ki so sorazmerno toge. Stopnja zapletov med samim posegom je bila sorazmerno nizka, kar kaže na veliko varnost zdravljenja za bolnika. Slaba stran metode je možna zožitev svetline žilne opornice zaradi hiperplazije intime. Stopnja zožitve je z računalniško tomografsko angiografijo kvantitativno težko ovrednotiti zaradi artefaktov, ki jih povzroča kovinska stena žilne opornice. Gre tudi za sorazmerno ozko svetlino arterije v primerjavi s karotidno arterijo. Dodatno težavo povzroča pogosta zvijuganost arterije v začetnem delu. Edina metoda, ki omogoča zanesljivo in natančno oceniti zožitev znotraj opornice, je digitalna subtraksijska angiografija (DSA), ki pa je žal invazivna in obremenjujoča za bolnika, ob tem pa zahteva še hospitalizacijo. Pomanjkljivost objavljenih študij je predvsem v nereprezentativnosti, saj so bile opravljene, kot smo navedli, z uporabo različnih žilnih opornic različnih proizvajalcev, ki tudi niso bile namenjene za nevro-radiološke posege.^{6,7} Zato je lahko prihajalo tudi do mehanskih poškodb žilnih opornic, ki naj bi bile posledica dokaj velike

pomičnosti začetnega dela arterije in gibalnih premikov vratu.⁸

V tem članku poročamo o vmesnih kliničnih in CT angiografskih rezultatih študije pri 23 bolnikih z zožitvijo začetnega dela vertebralne arterije (VA). Bolniki so bili zdravljeni znotrajžilno s postavitvijo žilne opornice v začetni predel arterije. Uporabljali smo balonsko razpirljive žilne opornice iz nitinola, prevlečene s silikonsko-karbidno oblogo, (Pharos, Micrus, ZDA) brez uporabe filtra oz. distalne zaščite.

Bolniki in metode

Najpogostejši vzrok kapi v zadnjem obtoku je sicer srčna embolija. Vloga zožitve začetnega dela vertebralnih arterij pri kapi v zadnjem možganskemu obtoku ni popolnoma jasna, vendar zagotovo povečuje tveganje za kap. Angleški medicinski register kapi v zadnjem možganskem obtoku omenja podskupino bolnikov z zožitvijo začetnega dela vertebralne arterije kot vzrokom kapi v 9 %. Ateromasta leha začetnega dela arterije z nastajajočim trombom je izvirno mesto embolizmov in posledičnih prehodnih ali trajnih ishemičnih sprememb v zadnjem povirju. Ob tem povzročajo motnje pretoka, kar povzroča znake vertebrobazilarnega sindroma.

Naši bolniki so bili v nevrološki obravnavi zaradi znakov vertebrobazilarnega sindroma, ki je posledica lokaliziranih ali tudi obsežnejših motenj pretoka v zadnjem obtoku in se klinično kaže s sinkopami, vrtoglavico in prehodnimi motnjami vida. Pri bolnikih, pri katerih kljub jemanju zdravil ni prišlo do izboljšanja simptomov, smo predlagali zdravljenje z namestitvijo žilne opornice. Pri vsakem bolniku je dokončno odločitev o znotrajžilnem zdravljenju sprejel nevroradiološki konzilij, pri katerem sodelujejo nevrologi, nevrokirurgi in interventni nevroradiologi.

Indikacije za znotrajžilno zdravljenje proksimalne stenoze vertebralnih arterij smo povzeli po študiji CAVATAS. Vključitvena merila so bila: bolniki s simptomi z več kot 50-odstotno stenozo dominantne vertebralne arterije (s hipoplazijo kontralateralne VA), TIA ali manjši inzulit v zadnjem

obtoku, stenoza ugotovljena z računalniško tomografsko angiografijo (CTA) ali kontrastno MRA preiskavo, potrjena z digitalno subtraksijsko angiografsko preiskavo (DSA), ocena po modificirani Rankinovi skali do 3, torej z neodvisnostjo v dnevni dejavnosti oz. z manjšo pomočjo, starost nad 40 let. Izključitvena merila, ki smo jih upoštevali, pa so bile kapi ali prehodne ishemične atake zaradi fibrilacije srca, stenoze VA zaradi morebitne disekcije, kirurško ali znotrajžilno zdravljenje, resnejše bolezni s pričakovanim krajšim preživetjem.

Bolniki

Z vstavitvijo žilne opornice v začetni (V1) predel vertebralne arterije smo na našem oddelku zdravili 23 bolnikov, od tega 2 ženski (4,6 %) in 21 moških (95,4 %). Bolniki so bili stari od 49 do 76 let, v povprečju 66 let. Izmerjene hemodinamsko pomembne zožitve V1 segmentov VA so znašale od 55 % do 93 %, v povprečju 77 %. V raziskavo smo doslej zajeli bolnike zdravljene v obdobju med aprilom 2009 in julijem 2011. Vsi bolniki so pred posegom podali pisna soglasja za znotrajžilni način zdravljenja. Pred kontrolno CT-angiografijo je bil pri vseh bolnikih opravljen še zaključni nevrološki pregled z oceno po Rankinovi skali.

Potek posega

Posege smo pri vseh bolnikih izvedli v lokalni anesteziji s sedacijo ob nadzoru anesteziologa. Uporabili smo standardni pristop po Seldingerjevi metodi s punkcijo skupne stegenske arterije, v katero smo uvedli žilno uvajalo premera 6 F (1 French je 0,33 mm). Opravili smo začetno digitalno subtraksijsko angiografijo (DSA), s pomočjo katere smo preverili osnovne meritve obsežnosti zožitve začetnega predela VA, pridobljenih s CTA (Slika 4, 5). DSA preiskave in posege smo opravili na napravi Axiom Artis, (Siemens, Erlangen, Nemčija), računalniško obdelavo zožitev smo opravili na postaji Leonardo s programom Quantitative vascular analysis (QVA). Uporabili smo metodo, kot se uporablja za oceno zožitve karotidnih arterij in temelji na študiji NASCET (North American Symptomatic Carotid En-

arterectomy Trial).⁹ Nato smo angiografski kateter zamenjali z vodilnim katetrom premera 6F (Chaperon, Microvention, Austin, USA) in ga uvedli v podključnično arterijo. Občasno smo uporabili tudi daljše žilno uvajalo (Destination, Terumo, Elkton, ZDA) ter tanjši vodilni kateter (Neuron, Penumbra, Alameda, ZDA). Nato smo dali intravenski bolus 2000 enot heparina. Zožitev smo prešli s pomočjo žilnega zemljevida oz. zamrznjene diaskopske slike z mikrovodilno žico (Silverspeed 14, Ev3, ZDA). Po njej smo nato v bolezensko spremenjeno ustje VA zelo pazljivo, pod diaskopsko kontrolo, uvedli žilno opornico. Uporabljali smo balonsko razširljivo nitinolne žilne opornice Pharos (Micrus, ZDA), pri katerih je stena prevlečena s spojino silicijevega karbida (karborund). Lego opornice smo preverili s kontrolno sliko, brez subtrakcije, saj smo tako lahko natančno določili začetek zožitve v razmerju do okolnih anatomskih struktur. Na podlagi tega posnetka smo se prepričali, da leži žilna opornica z začetnim delom čim bližje zgornjemu robu podključnične arterije. Po tako preverjenem položaju žilne opornice smo jo pričeli sproščati. Z ročnim manometrom smo pričeli širiti balon, na katerem je nameščena opornica, in spremljali dvigovanje tlaka. Opornico smo razprli do tlaka, predvidenega za izmerjeni premer arterije. Morebitnih dodatnih širitev žilnih opornic po vstavitvi nismo opravljali. Pri vseh bolnikih smo uporabili žilne opornice istega proizvajalca in enakega nominalnega premera 4,5 mm, ki smo jih kontrolirano razprli do predpisanega tlaka za določeno oz. želeno širino svetline. Po ločitvi žilne opornice z balona smo opravili kontrolno angiografijo, s katero smo preverili njeno razprtost in položaj (Slika 6,7).

Bolniki so prejeli antitrombotično in antiagregacijsko zaščito z acetilsalicilno kislino v odmerku 100 mg dnevno in 75 mg klopidogrela dnevno. Zdravila so pričeli jemati najmanj 5 dni pred posegom, nato pa so nadaljevali jemanje tablet klopidogrela še 6 mesecev po posegu, acetilsalicilno kislino pa še eno leto po posegu.

Rezultati

Večina bolnikov je ob kontrolnem nevrološkem navajala izboljšanje kliničnega statusa. Zgolj štirje bolniki niso navajali kliničnega izboljšanja. Poslabšanj statusa ob kontrolnem nevrološkem pregledu ni navajal nihče. Demografski podatki bolnikov, datumi posegov in kontrolnih nevroloških pregledov ter prehodnosti žilnih opornic so prikazani v Tabeli 1.

Med samimi posegi nismo imeli tehničnih ali kliničnih zapletov. Občasno smo imeli težave, kadar je bilo potrebno postaviti žilno opornico z desne strani oz. v desno vertebralno arterijo, saj je izstopni kot arterije lahko neugoden za namestitev vodilnega katetra, prihajalo pa je tudi do preskakanja katetra v skupno karotidno arterijo. V teh primerih bi prišel v poštev tudi pristop skozi radialno arterijo, ki ga pri naših bolnikih sicer nismo uporabili.

Kontrolne angiografske preglede smo opravili s pomočjo CT-angiografije 5–12 mesecev po posegu oziroma povprečno 5,6 mesecev po posegu. Ocenjevali smo prehodnost žilnih opornic oz. hemodinamsko pomembne zožitve svetlin. Natančnejša, odstotna opredelitev stopnje zožitve zaradi artefaktov, ki jih povzročata nitinolna stena opornice, s to metodo ni zanesljiva. V večini primerov, razen pri dveh bolnikih, so bile vstavljene žilne opornice dobro prehodne. Opornica ni bila prehodna pri enem bolniku, pri enem bolniku pa se je opornica zožila, vendar še pod mejo hemodinamske pomembnosti. Naši vmesni rezultati so tako primerljivi z rezultati študij, ki so bile objavljene v literaturi.^{10,11,12}

Razpravljanje

Zdravljenje hemodinamsko pomembnih, simptomatskih zožitev izstopišč VA z vstavitvijo žilne opornice je še vedno izziv glede na pričakovane dolgoročne rezultate. Glavni pomanjkljivosti tega načina zdravljenja sta pojavljanje tromboze v opornici neposredno po njeni vstavitvi, v daljšem pooperacijskem obdobju pa zožitev žilne opornice, ki je posledica hiperplazije intime žilne stene zaradi vnetnega odgovora na tu-

jek, ki lahko privede celo do popolne zapore svetline.

Pojavljanje zožitev v opornici lahko ublažimo s prilagojeno tehniko posega in z uporabo izboljšanih opornic.

Tehnično je za preprečevanje akutne tromboze v opornici pomembno, da ob sproščanju opornice dosežemo visok ločitveni tlak. Tako prihaja do tesnejšega prileganja opornice ob žilno steno, posredno pa s tem zagotavljamo boljšo vtisnjenje opornice v ateromasto spremembo. Drugo pomembno dejstvo, na katerega moramo biti pozorni, je pravilna postavitev žilne opornice. V idealnem položaju žilna opornica leži z bližnjim koncem natanko v višini izstopišča arterije subklavije in ne sega v njo. Tako dosežemo zmanjšanje strižne sile zaradi pulziranja, kar zmanjšuje možnosti zdrsa žilne opornice iz prvotnega položaja.

V naši študiji smo uporabili opornice, prevlečene s spojino silikona in karbida. Te opornice so naslednja razvojna stopnja v znotrajžilnem zdravljenju bolezni možganskih arterij in nad aorto ožilja. Glavni pomanjkljivosti golih nitinolnih kovinskih opornic sta namreč njihova trombogenost in vnetni odgovor na tujek v žilni steni. Sama prevleka opornice, torej inertna spojinna silijevega karbida, namreč znižuje trombogeni odgovor kovinske nitinolne stene opornice, sočasno pa tudi zvišuje stopnjo endotelizacije njene stene. Endotelne celice, ki epitelizirajo oblogo opornice, preprečujejo nastajanje fibrina, ki omogoča pojav fibrinsko-trombocitne mreže, pojav tromba in zato zaporo opornice. Te trditve izhajajo iz zaključkov kardiološke študije TRUST, ki je zajela 485 bolnikov v 36 centrih. Z uporabo prevlečenih opornic (Tenax-XR, Biotronic, Nemčija) so dosegli izboljšan izid zdravljenja in znižanje števila zapletov v primerjavi z neobloženimi opornicami, v 9,5 % (5,8 % proti 15,3 %), ki je bilo trajno, kar so pokazali rezultati po 9 mesecih (14,0 % proti 25,5 %).^{13,14}

V zadnjem času so glede na izkušnje iz kardiologije za zdravljenje zožitev V1 segmentov VA pričeli uporabljati žilne opornice, na katere je vezano zdravilo, ki ob sproščanju upočasnuje pojav hiperplazije intime žilne stene (drug eluting stent).^{15,16}

Uporaba teh žilnih opornic je naslednja stopnja razvoja v znotrajžilnem zdravljenju bolnikov z vertebro-bazilarnim sindromom. Sami teh izkušenj še nimamo, gre pa spet za kardiološke žilne opornice, ne pa žilne opornice, namenjene nevro-radiološkim interventnim posegom. Na področju nevro-radiologije takšnih opornic še ni, saj morajo biti opornice namenjene za intrakranialne posege bistveno mehkejše zaradi tortuoznosti vratnih in še posebej možganskih arterij.

V literaturi so med zapleti, ob trombozi opornice, opisani tudi zlomi opornic, ki naj bi bili posledica mehanske obremenitve. Gre namreč za anatomsko umestitev s poudarjenimi gibalnimi amplitudami zaradi pulziranja, ob tem pa je začetni del arterije pogosto zelo zvijugan. Sami smo uporabljali krajše žilne opornice, ki so manj izpostavljene mehanskim silam, stopnja zožitev in zapora svetlin pri njihovi uporabi pa je nižja, na kar kažejo izkušnje iz interventne kardiologije.¹⁷ Mehanskih poškodb žilnih opornic v naši raziskavi nismo zasledili.

Opazili smo, da je prišlo do izboljšanja klinične slike pri obeh bolnikih, pri katerih je bila opornica ob kontroli zožena in neprehodna. To opažanje nas je pripeljalo do razmišljanja, da je v času po posegu lahko prišlo do začasne vzpostavitve obvodnega obtoka, ki je kasneje izravnal zaporo opornice, lahko pa gre zgolj za naključje.

Zaključek

Menimo, da je znotrajžilno zdravljenje zožitev s simptomi oz. ateromasto spremenjenih začetnih delov oz. V1 segmentov vertebralne arterije s postavitvijo prekrite žilne opornice učinkovita in varna metoda zdravljenja bolnikov z vertebro-bazilarnim sindromom, ki po zdravljenju z zdravili ne kažejo znakov izboljšanja. Zato je metoda uspešna tudi v preprečevanju možganske kapi. Rezultati zdravljenja so sorazmerno dobri z dokaj majhnim odstotkom zožitve svetlin žilnih opornic ali celo zaprtjem. So primerljivi z rezultati študij v literaturi. Čas spremljanja bolnikov je sicer bolj kratek, sama raziskava še poteka. Uspešnost metode bo moč oceniti ob končanem spremljanju bolnikov in po podrobni analizi rezultatov.

Literatura

1. Coward LJ, McCabe DJ, Ederle J, Featherstone RL, Clifton A, Brown MM. Long-term outcome after angioplasty and stenting for symptomatic vertebral artery stenosis compared with medical treatment in the Carotid And Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): a randomized trial. *Stroke* 2007; 38: 1526–30.
2. Blacker DJ, Flemming KD, Wijdicks EF. Risk of ischemic stroke in patients with symptomatic vertebral artery stenosis undergoing surgical procedures. *Stroke* 2003; 34: 2659–63.
3. Šeruga T. Perkutana transluminalna angioplastika vertebralne arterije v zdravljenju vertebrobasilarne insuficience = Percutaneous transluminal angioplasty in therapy of vertebral artery insufficiency. *Zdrav Vestn* 1999; 68: 361–163.
4. Albuquerque FC, Fiorella D, Han P, Spetzler RF, McDougall CG. A reappraisal of angioplasty and stenting for the treatment of vertebral origin stenosis. *Neurosurgery* 2003; 53: 607–14.
5. Dabus G, Gerstle RJ, Derdeyn CP, Cross DT 3rd, Moran CJ. Endovascular treatment of the vertebral artery origin in patients with symptoms of vertebral artery ischemia. *Neuroradiology* 2006; 48: 917–23.
6. Qureshi AI, Kirmani JF, Harris-Lane P, et al. Vertebral artery origin stent placement with distal protection: technical and clinical results. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006; 27: 1140–45.
7. Taylor RA, Siddiq F, Memon MZ, et al. Vertebral artery ostial stent placement for atherosclerotic stenosis in 72 consecutive patients: clinical outcomes and follow-up results. *Neuroradiology* 2009; 51: 531–9.
8. Tsutsumi M, Kazekawa K, Onizuka M, et al. Stent fracture in revascularization for symptomatic ostial vertebral artery stenosis. *Neuroradiology* 2007; 49: 253–57.
9. Taylor RA, Siddiq F, Suri MF, et al. Risk factors for in-stent restenosis after vertebral ostium stenting. *J Endovasc Ther* 2008; 15: 203–12.
10. Gupta R, Al-Ali F, Thomas AJ, et al. Safety, feasibility, and short-term follow-up of drug-eluting stent placement in intracranial and extracranial circulation. *Stroke* 2006; 37: 2562–6.
11. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis: North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 1991; 325 :445–53.
12. Cloud GC, Crawley F, Clifton A, et al. Vertebral artery origin angioplasty and primary stenting: safety and restenosis rates in a prospective series. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003; 74: 586–90.
13. Hamm C, Hugenholz PG; TRUST Investigators. Silicon carbide-coated stents in patients with acute coronary syndrome. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2003; 60(3): 375–81.
14. Hehrlein C. Stent passivation with Silicon Carbide as a possible alternative to drug eluting stents – A comprehensive review of preclinical and clinical results. *Interventional Cardiology*, 2009;4(1):60–63
15. Edgell RC, Yavagal DR, Drazin D, et al. Treatment of vertebral artery origin stenosis with anti-proliferative drug-eluting stents. *J Neuroimaging* 2008; 23: 117–24.
16. Weber W, Mayer TE, Henkes H, et al. Efficacy of stent angioplasty for symptomatic stenoses of the proximal vertebral artery. *Eur J Radiol* 2005; 56: 240–47.
17. Lin YH, Liu YC, Tseng WY, et al. The impact of lesion length on angiographic restenosis after vertebral artery origin stenting. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 32: 379–85.