

Therapeutic options for coarctation of the aorta

Opțiunile terapeutice în coarctația de aortă

Gabriela GANEA¹, Mihaela Adela IANCU^{2,3}, Dumitru MATEI^{2,4}

¹ Spitalul Clinic de Urgență pentru Copii „M.S. Curie”, București, România

² Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, București, România

³ Cabinet medical individual, București, România

⁴ Institutul Național pentru Sănătatea Mamei și Copilului „Alessandrescu-Rusescu”, București, România

ABSTRACT

Coarctation of the aorta is a relatively frequent congenital heart disease. Depending on the severity of the coarctation and the possible existence of other congenital heart defects, the symptoms may vary. In the neonatal period, the patients may have signs of heart failure, hypoperfusion or even shock. Coarctation of the aorta can be diagnosed incidentally in adolescence or adulthood, usually presented with mild symptoms. The patient's anatomy, size, age, and clinical course are taken into consideration when choosing the appropriate treatment. Although associated morbidity and mortality risks regarding surgical or interventional treatment are relatively low, it is necessary to establish a long term follow-up, given the possible post-surgical complications that may occur: recoarctation, aortic aneurysm, aortic dissection and hypertension. Long term prognosis of these patients mostly depends on the presence of systemic hypertension with its consequences leading to premature cardiovascular events. Another factor is the severity of associated defects: aortic stenosis, mitral valve abnormalities. The purpose of this review is to describe the main treatment methods, indications for intervention and possible complications of the surgical and interventional treatment.

Keywords: coarctation of the aorta, balloon angioplasty, stent, recoarctation, surgical treatment

REZUMAT

Coarctația de aortă face parte din malformațiile cardiovasculare relativ frecvente. În funcție de severitatea coarctației și existența altor defecte asociate, tabloul clinic poate fi variat. În perioada neonatală acesta poate lua forme severe, cu semne de insuficiență cardiacă, hipoperfuzie sau chiar șoc. În cazul copiilor mari sau al adulților descoperirea poate fi una întâmplătoare după o evoluție îndelungată a bolii, cu semne și simptome discrete. Decizia de a alege una dintre metodele de tratament a coarctației de aortă se ia în funcție de anatomia pacientului, starea clinică a acestuia, alte defecte asociate, vârstă. Deși riscul de morbiditate și mortalitate asociat intervențiilor de corecție a coarctației de aortă este relativ scăzut, este necesară stabilirea unui plan de urmărire pe termen lung a pacienților având în vedere posibilele complicații ce pot apărea postoperator: recoarctație, anevrism sau disecție de aortă, hipertensiune arterială. Prognosticul pe termen lung al acestor pacienți se leagă în principal de prezența hipertensiunii arteriale sistemice cu apariția prematură a evenimentelor secundare cardiovasculare precum și de severitatea eventualelor leziuni asociate (stenoză aortică, malformații ale valvei mitrale). Acest review are drept scop descrierea principalelor metode de corecție a coarctației de aortă, indicațiile acestora și posibilele complicații.

Cuvinte cheie: coarctație de aortă, angioplastie percutană cu balon, stent, recoarctație, corecție chirurgicală

INTRODUCERE

Coarctația de aortă reprezintă o îngustare a calibrului aortei, cel mai frecvent localizată în zona istmică, însă există cazuri de afectare și a altor segmente ale arcului aortic sau chiar ale aortei toracice sau abdominale.

Cu o incidență de 3 la 10.000 de nașteri [1], aceasta face parte din malformațiile cardiovasculare relativ frecvente. Coarctația de aortă poate fi un defect singular sau poate face parte dintr-o malformație cardiacă complexă, cel mai frecvent fiind asociată cu valvă aortică bicuspidă, defect septal ventricular, malformații ale aparatului valvular mitral, hipoplazie de arc aortic. În funcție de vârsta pacientului la prezentare, defectele asociate pot varia. Cele mai frecvente defecte descoperite în perioada neonatală sunt hipoplazia arcului aortic, defectul septal ventricular și leziuni obstructive ale tractului de eiecție al ventriculului stâng. În cazul copilului mare sau la vârsta adultă, coarctația este frecvent o malformație izolată sub forma unei membrane imediat sub emergența arterei subclavii stângi [2,3]. În funcție de severitatea coarctației și existența altor defecte asociate, tabloul clinic poate fi variat. În perioada neonatală acesta poate lua forme severe, cu semne de insuficiență cardiacă, hipoperfuzie sau chiar șoc. În cazul copiilor mari sau al adulților, descoperirea poate fi una întâmplătoare după o evoluție îndelungată a bolii, cu semne și simptome discrete.

Deși riscul de morbiditate și mortalitate asociat intervențiilor de corecție a coarctației de aortă este relativ scăzut, este necesară stabilirea unui plan de urmărire pe termen lung a pacienților, având în vedere posibilele complicații ce pot apărea postoperator: recoarctație, anevrism sau disecție de aortă, hipertensiune arterială.

DIAGNOSTIC

Vârsta la care se stabilește diagnosticul de coarctație depinde de gradul stenozei la nivelul segmentului afectat și de prezența leziunilor asociate. Deși cele mai multe cazuri se diagnostichează în primul an de viață, există pacienți la care diagnosticul se stabilește în perioada adolescenței sau chiar la vârsta de adult.

Prenatal, stabilirea diagnosticului de coarctație de aortă reprezintă o provocare având în vedere particularitățile circulației fetale: prezența ductului arterial și fluxul sanguin limitat la nivelul istmului aortic [4]. Studiile arată că diagnosticul fetal al coarctației de aortă stabilit după 24 de săptămâni gestaționale se confirmă într-un procent de 41% postnatal. Însă, diagnosticul stabilit înainte de acest termen se confirmă într-un procent de 86% [5].

În perioada neonatală, pacienții cu coarctație de aortă dependentă de canalul arterial se prezintă cu

insuficiență cardiacă, hipoperfuzie sau chiar șoc, iar momentul debutului simptomatologiei coincide cu momentul închiderii canalului arterial. În aceste cazuri, fără intervenție rapidă se poate ajunge la deces [4,6]. Screeningul nou-născuților prin pulsoximetrie poate ridica un anumit grad de suspiciune în cazul în care există diferențe ale saturației în oxigen pre- și post-ductal. Această metodă este foarte utilă pentru a identifica nou-născuții cu coarctație de aortă înaintea închiderii canalului arterial [7,8].

În cazul pacienților adulți, suspiciunea de coarctație poate apărea când, la examenul clinic se decelează suflu sistolic, hipertensiune arterială (măsurată la nivelul membrelor superioare), diferență de tensiune arterială între membrele superioare și membrele inferioare, puls periferic diminuat la nivelul membrelor inferioare. Cele mai frecvente acuze ale acestor pacienți sunt cefaleea, colica abdominală și claudicația intermitentă [9].

Electrocardiograma poate fi fără modificări în cazul nou-născuților și sugarilor și poate avea modificări sugestive pentru hipertrofia ventriculară stângă în cazul pacienților cu evoluție îndelungată a coarctației de aortă.

Ecocardiografia transtoracică poate stabili diagnosticul de coarctație de aortă, poate cuantifica severitatea defectului și poate identifica defectele asociate. În cazul pacienților adulți și a celor cu fereastra transtoracică suboptimală, dacă ecocardiografia transtoracică nu a putut stabili diagnosticul, se poate apela la tomografia computerizată sau la imagistica prin rezonanță magnetică, ambele metode oferind detalii anatomice foarte utile.

TRATAMENT

Prima intervenție chirurgicală descrisă de reparare a coarctației de aortă a avut loc în anul 1944. Progresele în acest domeniu au dus la apariția și perfecționarea tehnicilor chirurgicale utilizate în prezent, însă, odată cu introducerea metodelor minimum invazive, respectiv angioplastia percutană cu balon, cu sau fără plasare de stent au schimbat conduita terapeutică pentru o anumită categorie de pacienți. Decizia de a alege una dintre cele două metode de tratament a coarctației de aortă se ia în funcție de anatomia pacientului, starea clinică a acestuia, alte defecte asociate, vârsta etc.

Opțiunile terapeutice pentru coarctația de aortă includ intervenția chirurgicală și metodele minim-invazive, angioplastia percutană cu sau fără montare de stent. Indicația de reparare a defectului se stabilește când, la nivelul coarctației există un gradient presional cu valoare mai mare de 20 mmHg sau un gradient mai mic, dar cu dovezi clare de îngustare a lumenului aortic. Alți factori importanți, necesari a fi evaluați pentru stabilirea momentului optim pentru intervenția de repa-

rare a defectului congenital sunt: existența altor defecte cardiace, hipertrofia ventriculară stângă, nivelul valorilor tensionale [10,11].

Managementul acestei patologii va fi ghidat de vârsta pacientului, complexitatea coarctației și a defectelor asociate.

Tratamentul chirurgical

Prima intervenție chirurgicală descrisă de corecție a unei coarctații de aortă a avut loc în anul 1944 și a fost efectuată de Crafoord și Nylin [12]. De atunci și până în prezent, cercetarea în domeniu și evoluția metodelor de diagnostic și tratament au permis crearea unor metode ce presupun riscuri postoperatorii pe termen scurt și lung din ce în ce mai scăzute.

După evidențierea și rezecția zonei coarctate, tipul de anastomoză practicat se alege în funcție de particularitățile anatomice. În cazul copiilor, zona stenozată fiind, de obicei, scurtă se practică anastomoză termino-terminală.

În cazurile în care, după excizia zonei afectate, distanța dintre extremități este prea mare iar anastomoză cap la cap ar presupune riscul de desfacere a liniei de sutură, se poate recurge la utilizarea unei proteze de dacron sau la aortoplastie cu intercalarea arterei subclaviculare stângi (metoda Waldhausen) [13].

În prezent, rezecția segmentului stenozat și anastomoză cap la cap reprezintă metoda de elecție pentru tratamentul coarctației de aortă, mai ales în cazul copiilor, ca urmare a mortalității reduse (care tinde către 0% în cazul coarctațiilor izolate) și a riscului de reoarcare scăzut, între 4 și 11% [14-17]. De menționat că riscul de reoarcare sau de coarctație reziduală este mai crescut dacă intervenția chirurgicală este efectuată în perioada neonatală sau în primele luni de viață.

Ischemia măduvei spinării și hemoragia sunt două riscuri majore la care pacientul este expus în timpul intervenției chirurgicale. Alte posibile complicații ce

pot apărea în evoluția pacientului operat sunt: infecția, efuzia pleurală, chilotoraxul, hipertensiunea arterială paradoxală.

Angioplastia cu balon

Până în anul 1982, când a fost descrisă pentru prima dată angioplastia cu balon, intervenția chirurgicală reprezenta singura opțiune de tratament pentru coarctația de aortă [18].

În cazul copiilor cu risc operator crescut, al adolescenților și adulților, se preferă o metodă mai puțin invazivă de corecție a defectului congenital. Aceasta metodă se folosește mai ales la persoanele trecute de a treia- a patra decada când riscul operator este mai mare din cauza modificărilor degenerative ale peretelui aortic și din cauza comorbidităților: hipertensiune arterială, insuficiență cardiacă și boală coronariană ischemică.

Riscurile pe care le presupune angioplastia cu balon se explică prin modificările histologice ce au loc la nivelul peretelui arterial și anume lezarea intimei și a mediei [19]. Întreruperea integrității peretelui arterial predispozează la apariția anevrismului aortic și disecție aortică. Un alt risc este cel de reoarcare.

În cazul reoarcării, metoda preferată de tratament este angioplastia cu balon, leziunile peretelui aortic având un risc de apariție mai redus față de corecția primară prin această metodă. Riscul de apariție al anevrismului aortic este, de asemenea, redus. Explicația acestui fenomen este existența la locul reoarcării a unui țesut cicatricial care limitează gradul de injurie al peretelui arterial [1].

Utilizarea stentului endovascular

Utilizarea stenturilor endovasculare a fost prima dată descrisă în anul 1991 [20]. Acestea se inseră cu ajutorul cateterului de angioplastie. Avantajul utilizării

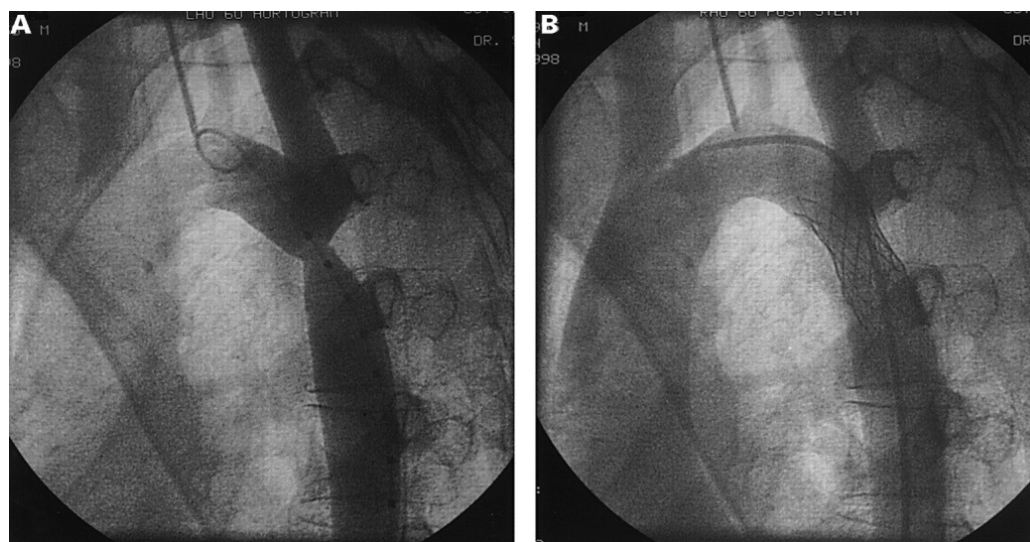


FIGURA 1. Implantarea stentului endovascular [25]

stenturilor este acela că oferă suport structural, prin urmare, scade rata de injurie a peretelui arterial și scade riscul de reocartare față de angioplastia cu balon fără utilizarea stentului endovascular [21].

Într-un studiu ce a comparat cele 3 metode de corecție a coarctației de aortă și anume intervenția chirurgicală, angioplastia cu balon și angioplastia cu montare de stent, pacienții ce au beneficiat de cea din urmă au avut cele puține complicații în faza acută [22]. De asemenea, angioplastia cu montare de stent s-a dovedit a fi cea mai eficientă metodă în reducerea gradientului de presiune la locul coarctației. Astfel, aceasta a devenit principala metodă utilizată în cazul adolescenților și adulților.

Complicațiile ce pot apărea ca urmare a angioplastiei cu montare de stent sunt: malpoziția stentului, formarea anevrismului aortic, hemoragia masivă cu nevoieia intervenției chirurgicale de urgență și, în cazuri foarte rare, decesul [22-24].

COMPLICAȚII

Deși riscul de morbiditate și mortalitate asociat intervențiilor de corecție a coarctației de aortă este relativ scăzut, este necesară stabilirea unui plan de urmărire pe termen lung a pacienților având în vedere posibilele complicații ce pot apărea postoperator.

Complicațiile ce pot apărea pe termen lung în cazul pacienților cu coarctație de aortă includ: reocartarea/coarctația reziduală, hipertensiunea arterială, formarea anevrismelor aortice la locul corecției, endarterita, boală coronariană ischemică și ruptura anevrismelor intracraniene. Aceștia sunt factori care pot crește mortalitatea la distanță [26].

Reocartarea la locul corecției, respectiv coarctația reziduală reprezintă cauze importante de morbiditate și mortalitate pe termen lung. Acestea pot conduce la apariția/agravarea hipertensiunii arteriale, bolii coronariene ischemice și disfuncției cardiace sistolo-diastolice. Conform studiilor, riscul reocartării este între 3% și 15% [27-30].

Hipertensiunea arterială poate apărea oricând în evoluția pacienților cu coarctație de aortă, putând conduce la apariția infarctului miocardic acut, insuficienței cardiace și a accidentului vascular cerebral. Aceasta este mai frecvent întâlnită în rândul pacienților cu hipoplazie de arc aortic și în cazul pacienților ce au beneficiat de corecție la o vârstă înaintată. Din punct de vedere fiziopatologic, la baza hipertensiunii arteriale stau mai mulți factori, dintre care: rigiditatea crescută a aortei, scăderea sensibilității baroreceptorilor și creșterea concentrației de adrenalină și noradrenalină [31,32]. Având în vedere faptul că valoarea tensiunii arteriale poate avea valori normale în repaus, la momentul evaluării clinice, este utilă monitorizarea MAATA (monito-

rizarea automată ambulatorie a tensiunii arteriale) pe 24 de ore sau testul de efort pentru surprinderea valorilor crescute.

Formarea anevrismelor, respectiv a pseudoanevrismelor de aortă par a fi legate de asocierea cu bicuspidia aortică, hipertensiunea arterială și modificările degenerative apărute în structura peretelui aortic. Acestea, lăsate netratate, pot conduce la ruptură cu o rată de până la 100% în decurs de 15 ani [33].

Boala coronariană ischemică a fost, de asemenea, descrisă în evoluția pacienților cu coarctație de aortă. Etiologia acesteia pare a fi hipertensiunea arterială cu evoluție îndelungată.

În literatura de specialitate este descrisă și asocierea dintre coarctația de aortă și existența anevrismelor extracardiace, în special cele intracraniene, anevrisme tip mură ale poligonului Willis [34]. Valorile crescute ale tensiunii arteriale pot crește riscul de rupere al acestor anevrisme.

URMĂRIREA PACIENTULUI PE TERMEN LUNG

Urmărirea pacienților cu coarctație de aortă pe termen lung este esențială având în vedere riscul de complicații la distanță. Planul de urmărire este ghidat de simptomatologia și tabloul clinic al pacientului. Medicul va decide, în funcție de riscul evaluat de apariție a unor complicații silențioase din punct de vedere clinic, investigațiile suplimentare necesare fiecărui pacient în parte.

Având în vedere riscul de reocartare, stenoza reziduală și formare de anevrisme, este necesară urmărirea atentă a pacienților prin examen clinic, ecocardiografie iar, la nevoie, monitorizarea imagistică prin rezonanță magnetică și tomografie computerizată.

Evaluarea atentă a valorilor tensionale inclusiv prin monitorizare de tip MAATA pe 24 de ore este utilă pentru identificarea pacientului la risc și stabilirea conduitei terapeutice în cazul diagnosticării hipertensiunii arteriale.

CONCLUZII

Coarctația de aortă reprezintă o patologie complexă care, în pofida progreselor evidente din ultimele decade, necesită o atenție sporită. Tehnicile de corecție chirurgicală și cele minim-invasive au scăzut semnificativ morbiditatea și mortalitatea asociate acestei patologii, însă, urmărirea atentă a pacienților pre- și post-operator este esențială. Prognosticul pe termen lung al acestor pacienți se leagă în principal de prezența hipertensiunii arteriale sistemice cu apariția prematură a evenimentelor adverse cardiovasculare precum și de severitatea eventualelor leziuni asociate (stenoza aortică, malformații ale valvei mitrale).

BIBLIOGRAFIE

1. Torok RD, Campbell MJ, Fleming GA, Hill KD. Coarctation of the aorta: Management from infancy to adulthood. *World J Cardiol.* 2015 Nov 26;7(11):765-75.
2. Kenny D, Hijazi ZM. Coarctation of the aorta: from fetal life to adulthood. *Cardiol J.* 2011;18(5):487-95.
3. Qureshi SA. Use of covered stents to treat coarctation of the aorta. *Korean Circ J.* 2009 Jul;39(7):261-3.
4. Rosenthal E. Coarctation of the aorta from fetus to adult: curable condition or life long disease process? *Heart.* 2005 Nov;91(11):1495-502.
5. Sharland GK, Chan KY, Allan LD. Coarctation of the aorta: difficulties in prenatal diagnosis. *Br Heart J.* 1994 Jan;71(1):70-5.
6. Ward KE, Pryor RW, Matson JR, Razoook JD, Thompson WM, Elkins RC. Delayed detection of coarctation in infancy: implications for timing of newborn follow-up. *Pediatrics.* 1990 Dec;86(6):972-6.
7. Mahle WT, Martin GR, Beekman RH 3rd, Morrow WR; Section on Cardiology and Cardiac Surgery Executive Committee. Endorsement of Health and Human Services recommendation for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics.* 2012 Jan;129(1):190-2.
8. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, Smith FC, Hoke TR, Koppel R, Gidding SS, Beekman RH 3rd, Grosse SD; American Heart Association Congenital Heart Defects Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Cardiovascular Nursing, and Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research; American Academy of Pediatrics Section on Cardiology and Cardiac Surgery, and Committee on Fetus and Newborn. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the American Heart Association and American Academy of Pediatrics. *Circulation.* 2009 Aug 4;120(5):447-58.
9. Strafford MA, Griffiths SP, Gersony WM. Coarctation of the aorta: a study in delayed detection. *Pediatrics.* 1982 Feb; 69(2):159-63.
10. Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, Child JS, Connolly HM, Dearani JA, et al. ACC/AHA 2008 Guidelines for the Management of Adults with Congenital Heart Disease: Executive Summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing committee to develop guidelines for the management of adults with congenital heart disease). *Circulation.* 2008 Dec 2;118(23):2395-451.
11. Feltes TF, Bacha E, Beekman RH 3rd, Cheatham JP, Feinstein JA, et al.; American Heart Association Congenital Cardiac Defects Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular Radiology and Intervention; American Heart Association. Indications for cardiac catheterization and intervention in pediatric cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2011 Jun 7;123(22):2607-52.
12. Omeje I, Poruban R, Sagát M, Nosál M, Hraška V. Surgical treatment of aortic coarctation. *Images Paediatr Cardiol.* 2004 Apr;6(2):18-28.
13. Bejan L, Făgărășanu D, Bejan E. Bazele morfopatologice ale inimii în practica medico-chirurgicală. Editura ALL, 1999.
14. Kaushal S, Backer CL, Patel JN, Patel SK, Walker BL, Weigel TJ, Randolph G, Wax D, Mavroudis C. Coarctation of the aorta: midterm outcomes of resection with extended end-to-end anastomosis. *Ann Thorac Surg.* 2009 Dec;88(6):1932-8.
15. Thomson JD, Mulpur A, Guerrero R, Nagy Z, Gibbs JL, Watterson KG. Outcome after extended arch repair for aortic coarctation. *Heart.* 2006 Jan;92(1):90-4.
16. Burch PT, Cowley CG, Holubkov R, Null D, Lambert LM, Kouretas PC, Hawkins JA. Coarctation repair in neonates and young infants: is small size or low weight still a risk factor? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009 Sep;138(3):547-52.
17. Wright GE, Nowak CA, Goldberg CS, Ohye RG, Bove EL, Rocchini AP. Extended resection and end-to-end anastomosis for aortic coarctation in infants: results of a tailored surgical approach. *Ann Thorac Surg.* 2005 Oct;80(4):1453-9.
18. Lock JE, Bass JL, Amplatz K, Fuhrman BP, Castaneda-Zuniga W. Balloon dilation angioplasty of aortic coarctations in infants and children. *Circulation.* 1983 Jul;68(1):109-116.
19. Ho SY, Somerville J, Yip WC, Anderson RH. Transluminal balloon dilation of resected coarcted segments of thoracic aorta: histological study and clinical implications. *Int J Cardiol.* 1988 Apr;19(1):99-105.
20. O'Laughlin MP, Perry SB, Lock JE, Mullins CE. Use of endovascular stents in congenital heart disease. *Circulation.* 1991 Jun;83(6):1923-39.
21. Pádua LM, Garcia LC, Rubira CJ, de Oliveira Carvalho PE. Stent placement versus surgery for coarctation of the thoracic aorta. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012 May 16;(5):CD008204.
22. Forbes TJ, Kim DW, Du W, Turner DR, Holzer R, Amin Z, Hijazi Z, Ghasemi A, et al.; CCISC Investigators. Comparison of surgical, stent, and balloon angioplasty treatment of native coarctation of the aorta: an observational study by the CCISC (Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium). *J Am Coll Cardiol.* 2011 Dec 13;58(25):2664-74.
23. Forbes TJ, Garekar S, Amin Z, Zahn EM, Nykanen D, et al.; Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium (CCISC). Procedural results and acute complications in stenting native and recurrent coarctation of the aorta in patients over 4 years of age: a multi-institutional study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007 Aug 1;70(2):276-85.
24. Forbes TJ, Moore P, Pedra CA, Zahn EM, Nykanen D, Amin Z, et al. Intermediate follow-up following intravascular stenting for treatment of coarctation of the aorta. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007 Oct 1;70(4):569-77.
25. Magee AG, Brzezinska-Rajszyz G, Qureshi SA, Rosenthal E, Zubrzycka M, Ksiazek J, Tynan M. Stent implantation for aortic coarctation and recoarctation. *Heart.* 1999 Nov;82(5):600-6.
26. Cribbs MG. Coarctation: A Review. *US Cardiology Review* 2019;13(2):99-104.
27. Perloff J, Child J, Aboulhosn J. Congenital Heart Disease in Adults. 3rd ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 2008.
28. Connelly MS, Webb GD, Somerville J, Warnes CA, Perloff JK, Liberthson RR, Puga FJ, Collins-Nakai RL, Williams WG, Mercier LA, Huckell VF, Finley JP, McKay R. Canadian Consensus Conference on Adult Congenital Heart Disease 1996. *Can J Cardiol.* 1998 Mar;14(3):395-452.
29. Adams EE, Davidson WR Jr, Swallow NA, Nickolaus MJ, Myers JL, Clark JB. Long-term results of the subclavian flap repair for coarctation of the aorta in infants. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2013 Jan;4(1):13-8.
30. Pandey R, Jackson M, Ajab S, Gladman G, Pozzi M. Subclavian flap repair: review of 399 patients at median follow-up of fourteen years. *Ann Thorac Surg.* 2006 Apr;81(4):1420-8.
31. Kaemmerer H, Hager A, Hess J. Coarctation of the aorta in adults. *SA Heart* 2007;4:4-12.
32. Vriend JW, Zwinderman AH, de Groot E, Kastelein JJ, Bouma BJ, Mulder BJ. Predictive value of mild, residual descending aortic narrowing for blood pressure and vascular damage in patients after repair of aortic coarctation. *Eur Heart J.* 2005 Jan;26(1):84-90.
33. von Kodolitsch Y, Aydin MA, Koschyk DH, Loose R, Schalwat I, Karck M, Cremer J, Haverich A, Berger J, Meinertz T, Nienaber CA. Predictors of aneurysmal formation after surgical correction of aortic coarctation. *J Am Coll Cardiol.* 2002 Feb 20;39(4):617-24.
34. Connolly HM, Huston J 3rd, Brown RD Jr, Warnes CA, Ammash NM, Tajik AJ. Intracranial aneurysms in patients with coarctation of the aorta: a prospective magnetic resonance angiographic study of 100 patients. *Mayo Clin Proc.* 2003 Dec;78(12):1491-9.

Conflict of interest: none declared

Financial support: none declared