

TRATAMENTO INTERVENCIONISTA DAS CARDIOPATIAS CONGÊNITAS: ESTADO DA ARTE

INTERVENTIONIST TREATMENT OF CONGENITAL HEART DEFECTS: STATE OF THE ART

RESUMO

Raul Arrieta¹

1. Instituto do Coração InCor, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, FMUSP

Correspondência:
Prof. Dr. Antonio Augusto Lopes, Instituto do Coração (InCor)
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44,
São Paulo, SP, Brasil.
CEP: 05403-000
arrietaul@hotmail.com

Os avanços na tecnologia nas últimas décadas em relação ao tratamento intervencionista das cardiopatias congênitas têm permitindo excelentes resultados, em termos de morbimortalidade, a curto e longo prazo para este grupo especial de pacientes. Este artigo descreve os principais tratamentos disponíveis realizados com cateterismo intervencionista neste grupo de pacientes.

Descritores: Cardiopatias Congênitas; Cateterismo; Morbimortalidade.

ABSTRACT

Technological advances in recent decades, in relation to interventionist treatment of congenital heart defects, have enabled excellent short- and long-term results for this group of patients, in terms of morbidity and mortality. This article describes the main treatments available involving interventionist catheterization in this group of patients.

Descriptors: Heart Defects, Congenital; Catheterization; Morbidity and Mortality.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o tratamento intervencionista das cardiopatias congênitas tem contribuído em forma substancial para a correção definitiva ou paliativa destas variadas doenças congênitas do aparelho circulatório, sendo realizados desde a vida fetal até a idade adulta. Desde a década dos 80, graças aos avanços da tecnologia, diferentes técnicas têm sido utilizadas, como dilatação com balão, implantes de *stents*, oclusão de defeitos septais, implantes percutâneos de válvula e procedimentos híbridos variados permitindo excelentes resultados, em termos de morbimortalidade, a curto e longo prazo para este grupo especial de pacientes. A seguir descreveremos os principais tratamentos realizados através de cateterismo intervencionista neste grupo de pacientes portadores de cardiopatia congênita.

FECHAMENTO DA COMUNICAÇÃO INTERATRIAL TIPO "OSTIUM SECUNDUM"

A comunicação interatrial tipo "*ostium secundum*" (CIA) é um defeito cardíaco congênito caracterizado pela deficiência parcial ou total da lâmina da fossa oval, também chamada de septo primo. Corresponde a 10 a 12% do total de cardiopatias congênitas, sendo a mais frequente na idade adulta^{1,2}.

Dependendo do tamanho do defeito e das complacências ventriculares, a CIA pode resultar em sobrecarga ventricular direita progressiva significativa, necessitando oclusão. Seu tratamento reduz as possibilidades de complicações como arritmias, hipertensão pulmonar e insuficiência cardíaca, geralmente presentes após a 4ª década de vida³⁻⁶.

A oclusão percutânea da CIA foi relatada pela primeira vez em 1974 por King e Mills^{7,8}. A partir daí, várias gerações de dispositivos foram empregadas para sua oclusão.

Para uma correta seleção dos pacientes candidatos ao tratamento percutâneo é de fundamental importância a realização do ecocardiograma transesofágico⁹ (Figura 1). Este método deve avaliar a localização o tamanho e as bordas do defeito assim como também sua relação com as estruturas vizinhas como as valvas atrioventriculares e o seio coronário. Na prática com uma correta avaliação ecocardiográfica realizada em centros especializados, mais de 80% dos pacientes portadores de CIA tipo *ostium secundum* são bons candidatos ao tratamento percutâneo^{10,11}. Importante é ressaltar que independentemente do tamanho do defeito a indicação do procedimento deve ser realizada quando há aumento das cavidades direitas, sinal direto de um aumento da relação fluxo pulmonar/fluxo sistêmico (Qp/Qs) maior que 1,5:1.

Atualmente, os dispositivos chamados de autocentráveis de componente único são os mais utilizados. Constituídos de uma cintura central a qual conecta dois discos de retenção, um de cada lado do defeito. Seu principal mecanismo de oclusão é o preenchimento do defeito pela cintura do dispositivo. O tamanho do dispositivo é dado pelo diâmetro de sua cintura central. São exemplos desta concepção protética as próteses Amplatzer® (St Jude, Plymouth Minnesota, USA), Figulla® (Occlutech, Jena, Alemanha), Cera® (Lifetech Scientific, Shenzhen, China) e Atriasept® (Cardia, Minnesota, USA) todos aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e disponíveis para seu uso em nosso país¹²⁻¹⁴ (Figura 1).

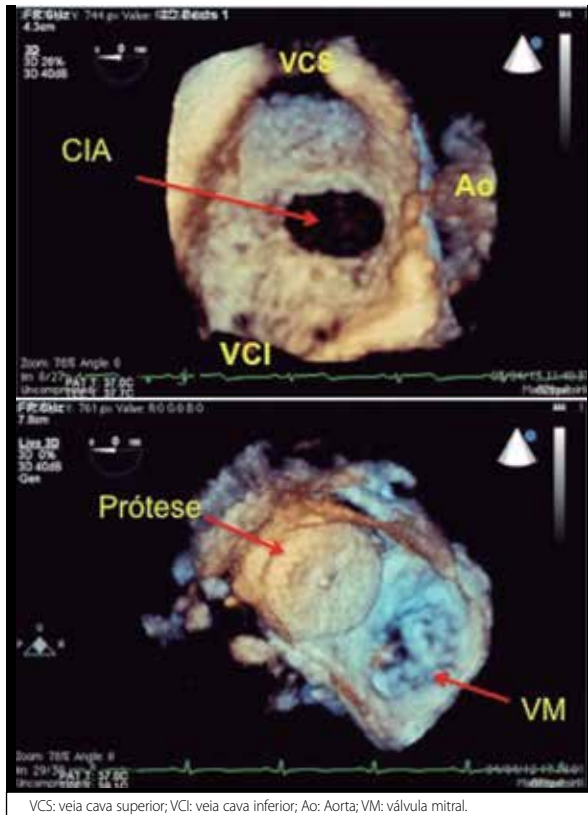


Figura 1. Ecocardiograma transesofágico tridimensional de uma comunicação interatrial tipo ostium secundum (CIA), vista em face (à esquerda). À direita nota-se dispositivo Amplatzer® visto desde o átrio esquerdo.

A taxa de sucesso técnico no implante com as próteses disponíveis, atualmente, chega a 98% - 99%, sendo menores em CIAs muito grandes (maiores que 35mm), especialmente se acompanhadas de aneurismas e bordas insuficientes ao redor do defeito. Mesmo assim, índices altos de sucesso e de oclusão são observados nestes casos de anatomia mais complexa¹⁵⁻¹⁸.

Atualmente, as complicações secundárias aos procedimentos são raras com taxas abaixo de 0,1%, incluindo embolização, erosões ou perfurações cardíacas, trombose e infecções^{19,20}. A eficácia da oclusão percutânea, definida pela ausência de fluxos residuais, é de 94% a 99%, com taxas maiores para as próteses autocentráveis e nos defeitos de menor diâmetro²¹⁻²³.

FECHAMENTO DO CANAL ARTERIAL PATENTE

A persistência do canal arterial (PCA) é umas das cardiopatias congênitas mais frequentes na idade pediátrica representando em torno de 7% dos defeitos cardíacos. O canal arterial é uma estrutura vital durante a vida fetal e seu fechamento espontâneo acontece nas primeiras horas de vida²⁴, nas crianças nos que o mesmo permanece pérvio, a sua repercussão hemodinâmica vai depender de seu tamanho e do grau de resistência vascular pulmonar. A indicação do seu fechamento está dada quando existe sobrecarga de câmaras esquerdas objetivada nos métodos complemen-

tares convencionais, principalmente ao ecocardiograma. O tratamento percutâneo é considerado de escolha em crianças acima de 5 kg de peso, podendo ser realizado com diferentes tipos de dispositivos dependendo do tamanho e a morfologia do ductus²⁵⁻³¹. Os PCA pequenos (< 2,5 mm) podem ser tratados mediante o implante de dispositivos tipo mola (Gianturco Cook ou NiOclud PFM) com excelentes resultados a curto e longo prazo^{28,32-34}. Nos canais arteriais maiores que 2,5 mm os dispositivos utilizados são os de tipo cesta feitos de nitinol. Os mais utilizados são, Amplatzer® (St Jude, Plymouth Minnesota, USA), Cera® (Lifetech Scientific, Shenzhen, China)³⁵⁻³⁹ (Figura 2).

As complicações relacionadas ao procedimento são muito raras e podem incluir hemólise, embolização do dispositivo e *shunt* residual, sendo estas mais frequentes quando utilizado dispositivos tipo mola⁴⁰⁻⁴³.

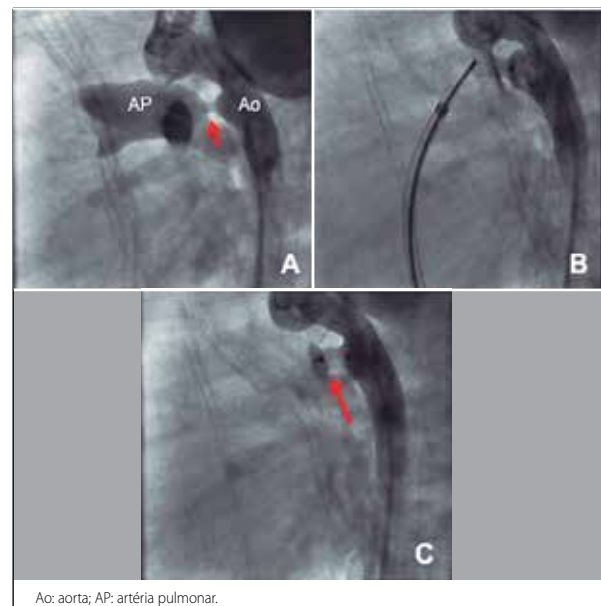


Figura 2. A) Aortografia em perfil esquerdo mostrando canal arterial patente (seta). B) Implante de dispositivo oclisor de nitinol. C) Dispositivo implantado sem evidência de *shunt* residual através do defeito (seta).

FECHAMENTO DA COMUNICAÇÃO INTERVENTRICULAR

A comunicação interventricular (CIV) é o defeito mais frequente encontrado na idade pediátrica correspondendo a quase 20% de todas as cardiopatias congênitas. Os defeitos que podem ser abordados através do cateterismo cardíaco são os do tipo perimembranoso e os defeitos musculares.

A CIV perimembranosa é o tipo mais frequente de comunicação e o tratamento tem sido utilizado desde a década de 1950 com bons resultados, porém não está isento de complicações, como bloqueio atrioventricular total, *shunt* residual e necessidade de intervenção⁴⁴. Recentes avanços no desenho dos dispositivos tem permitido a realização da oclusão percutânea da CIV perimembranosa com excelentes resultados comparáveis aos obtidos com a cirurgia convencional com menores índices de complicações^{45,46}. Os defeitos cardíacos perimembranosos

devem ser tratados quando há sobrecarga de cavidades esquerdas aos métodos complementares. Os candidatos mais favoráveis ao tratamento percutâneo são aqueles pacientes com peso superior a 10Kg, tamanho do defeito entre 5 e 12 mm sem insuficiência aórtica e sem transtornos do ritmo cardíaco (Figura 3).

Como publicado recentemente pelo nosso grupo⁴⁶ as complicações são infrequentes e equiparáveis às do tratamento cirúrgico; devendo sempre lembrar que todos os pacientes devem ser acompanhados ao longo do tempo pela possibilidade do aparecimento de bloqueio atrioventricular tardio, reportados por alguns autores⁴⁷.

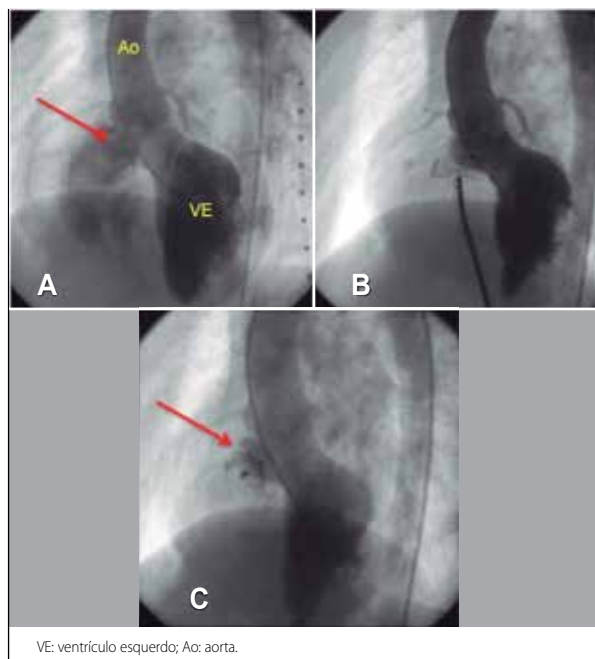


Figura 3. A) Ventriculografia esquerda evidenciando comunicação interventricular perimembranosa (seta). B) Implante de dispositivo de nitinol no local do defeito. C) Controle angiográfico após liberação da prótese evidenciando oclusão total da comunicação (seta).

COARCTAÇÃO DA AORTA

A coarctação da aorta representa de 5-10% % do total das cardiopatias congênitas^{48,49}. Trata-se de uma estenose localizada na região do istmo aórtico, logo após da emergência da artéria subclávia esquerda. Tem duas grandes formas clínicas de apresentação, a primeira é durante o período neonatal manifestando-se como insuficiência cardíaca podendo ou não estar associada a outras cardiopatias. O segundo modo de apresentação, geralmente descoberta no consultório na consulta de rotina, é com hipertensão arterial sistêmica e diminuição dos pulsos em membros inferiores⁵⁰. O tratamento de escolha em crianças menores de um ano é o tratamento cirúrgico^{51,52}; devido ao alto índice de recoarctação do tratamento percutâneo nesta faixa etária. Em crianças acima desta idade o tratamento intervencionista pode ser realizado com segurança e com ótimos desfechos clínicos⁵³; o mesmo pode ser realizado mediante a angioplastia com cateter balão ou mediante o implante de *stent* no local coarctado.

Em geral a angioplastia com cateter balão é a escolha

em crianças portadoras de CoAo ou recoarctação com peso inferior a 30 Kg⁵⁴; em quanto que o implante de *stent* é preferido em pacientes acima deste peso. Isso ocorre porque realizar o implante de *stent* com modelos que permitam a sua expansão até a idade adulta, é necessária a utilização de introdutores e cateteres arteriais com calibres maiores^{55,56} (Figura 4).

Os resultados, em termos de diminuição de gradiente e melhora da hipertensão arterial sistêmica, a curto e longo prazo são semelhantes aos resultados obtidos pela cirurgia com menor morbidade^{53,57}. Por esta razão, em centros terciários especializados, é considerado o tratamento de escolha em crianças acima de um ano de idade.

O seguimento em longo prazo deve ser sempre realizado mediante um acompanhamento clínico e de imagens⁵⁸. A tomografia computadorizada de múltiplos cortes, e a ressonância nuclear magnética são os métodos de escolha, visando a acompanhar o crescimento do vaso tratado (balão) e detectar possíveis complicações tais como o aparecimento de aneurismas da região tratada. Tais anormalidades da parede podem aparecer principalmente nos pacientes submetidos a angioplastia com balão, sendo a grande maioria dos casos discretos e localizados sem necessidade de tratamento⁵⁹.

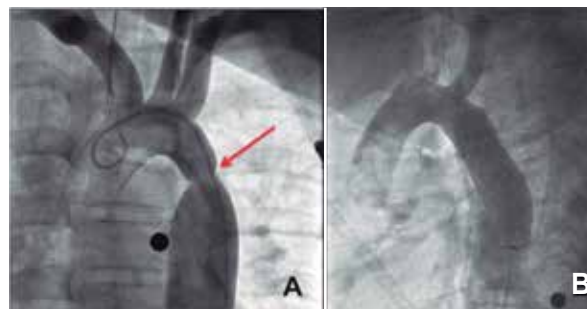


Figura 4. A) Aortografia em perfil esquerdo mostrando coarctação da aorta localizada logo após da origem da artéria subclávia (seta). B) Aortografia de controle após implante de *stent* no local da coarctação.

DOENÇAS DA VÁLVULA PULMONAR

ESTENOSE VALVAR PULMONAR

A valvoplastia pulmonar com cateter balão é o método de escolha para tratar a estenose da válvula pulmonar⁶⁰⁻⁶³. Esta doença congênita representa de 7% a 10% de todas as cardiopatias congênitas e pode se apresentar basicamente de duas formas, nos primeiros dias de vida com quadro de cianose, conhecida como estenose crítica valvar pulmonar, devendo ser tratada imediatamente. Na idade pediátrica ou adulta pode se apresentar de forma assintomática através de sopro sistólico descoberto acidentalmente no consultório. A indicação de tratamento neste segundo grupo depende do gradiente médio transvalvar ao ecocardiograma (> 30 mmHg) e ou do grau de repercussão no ventrículo direito.

Tanto período neonatal como na idade mais avançada a válvula pode ser dilatada com excelentes resultados em longo prazo, podendo ser a única intervenção realizada ao longo da vida do paciente (Figura 5). Em pacientes com anel valvar pulmonar hipoplásico, e ou displasia importante dos folhetos o resultado pode ser menos satisfatório⁶⁴⁻⁶⁶.

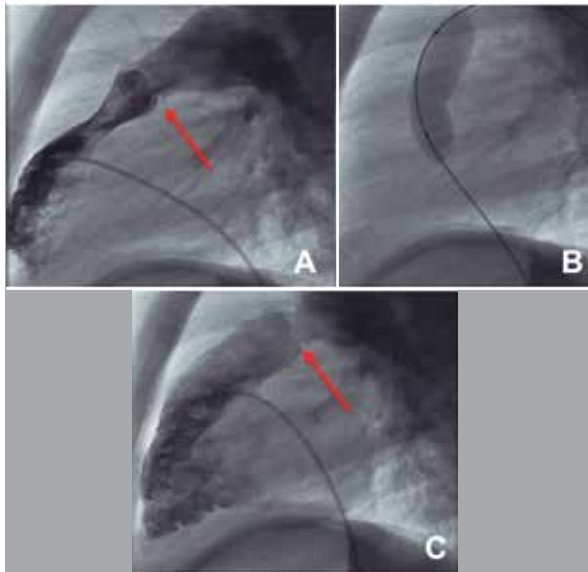


Figura 5. A) Vebriculografia direita mostrando estenose pulmonar valvar importante (seta). B) Nota-se o balão insuflado em nível da estenose valvar. C) Resultado após valvoplastia evidenciando nítida melhora da abertura valvar (seta).

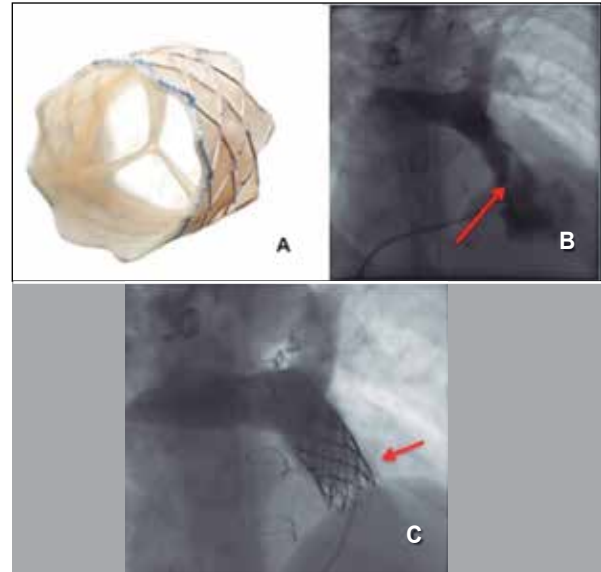


Figura 6. A) Válvula Melody®, Medtronic INC. B) Paciente no pós-operatório tardio de implante de tubo ventrículo direito-artéria pulmonar com insuficiência pulmonar total (seta). C) Resultado final após implante percutâneo da válvula pulmonar, com ótimo resultado.

INSUFICIÊNCIA PULMONAR: IMPLANTE PERCUTÂNEO DE VÁLVULA PULMONAR

Em numerosas cirurgias de cardíacas congênitas há necessidade de implante de condutos entre o ventrículo direito e as artérias pulmonares, como, por exemplo, em alguns casos de tetralogia de Fallot, atresia pulmonar ou trono arterioso comum. A funcionalidade destes condutos vai se perdendo com o decorrer do tempo, levando na grande maioria dos casos a insuficiência pulmonar importante e a disfunção do ventrículo subjacente; por este motivo o paciente deve ser submetido a troca cirúrgica do mesmo, fato que pode acontecer em várias oportunidades ao longo da vida.

Há 15 anos Bonhoeffer et al⁶⁷, publicaram o primeiro implante percutâneo de uma válvula em posição pulmonar com sucesso numa criança de 12 anos de idade com disfunção importante do conduto entre o ventrículo direito e a artéria pulmonar. A partir desta data, com o aparecimento de inúmeros trabalhos mostrando excelentes resultados ao curto e médio prazo, este procedimento ganhou um papel fundamental no tratamento deste grande grupo de pacientes⁶⁸⁻⁷¹.

Atualmente a única válvula aprovada pela ANVISA para o implante percutâneo e a válvula Melody® (Medtronic MN USA) recentemente também aprovada pela *Food and Drugs Administration* (FDA) dos Estados Unidos. Trata-se de uma válvula de veia jugular bovina suturada num *stent* de irídio e platina (Figura 6).

O procedimento é realizado através da veia femoral direita na grande maioria dos pacientes, atualmente em todos os casos é necessária a “preparação” do conduto mediante a dilatação com balão e implante de *stent* antes do implante da válvula Melody®, esta “preparação” é feita geralmente no mesmo procedimento e tem como objetivo principal evitar o contato direto da válvula com o conduto diminuindo assim a possibilidade de fraturas futuras.

Seu uso está indicado em pacientes acima de 35Kg de peso com disfunção importante do conduto (insuficiência e/ou estenose); o conduto deve ter entre 16 e 22 mm de diâmetro.

Durante o seguimento em médio prazo, estudos mostraram melhora na classe funcional e boa função valvar na grande maioria dos pacientes⁷². As complicações após implante são raras, a endocardite tem sido descrita em uma incidência de 2,5% por paciente/ano com boa resposta ao tratamento médico na grande maioria dos casos⁷³.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Disenhouse RB, Anderson RC, Adams P, Jr., Novick R, Jorgens J, Levin B. Atrial septal defect in infants and children. *J Pediatr*. 1954;44(3):269-89.
2. Wagner J, Graham GR. Atrial septal defect in children. *Br Heart J*. 1957;19(3):318-26.
3. Cuyper JAAE, Menting ME, Opic P, Utens EMWJ, Van Domburg RT, Heibing WA, et al. Longitudinal follow-up of 30-41 years after surgical ASD closure at young age. *Heart*. 2013;99(18):1346-52.
4. Suchon E, Tracz W, Podolec P, Sadowski J. Atrial septal defect in adults: the influence of age and haemodynamic parameters on the results of surgical repair. *Kardiol Pol*. 2006;64(5):470-6; discussion 477-8.
5. Piechowiak M, Banach M, Ruta J, Barylski M, Rysz J, Bartczak K, et al. Risk factors for atrial fibrillation in adult patients in long-term observation following surgical closure of atrial septal defect type II. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;54(4):259-63.

6. Kita T, Maki N, Hori T. [Influence of age-related complications on clinical outcome in patients with surgical repair of atrial septal defect]. *Masui Masui*. 2006;55(6):708-13.
7. King TD, Thompson SL, Mills NL. Transvenous Closure of Atrial Septal-Defects (Asd) during Cardiac-Catheterization - Experimental Results and Clinical Case. *Circulation*. 1975;52(4):8.
8. King TD, Thompson SL, Steiner C, Mills NL. Secundum atrial septal defect. Nonoperative closure during cardiac catheterization. *Jama*. 1976;235(23):2506-9.
9. Pedra SR, Pedra CA, Assef JE, Cassar Rde S, Esteves CA, Braga SN, et al. Percutaneous closure of atrial septal defects. The role of transesophageal echocardiography. *Arq Bras Cardiol*. 1999;72(1):59-69.
10. Butera G, Romagnoli E, Carminati M, Chessa M, Piazza L, Negura D, et al. Treatment of isolated secundum atrial septal defects: impact of age and defect morphology in 1,013 consecutive patients. *Am Heart J*. 2008;156(4):706-12.
11. Costa RN, Ribeiro MS, Pereira FL, Pedra SR, Jatene MB, Jatene IB, et al. Percutaneous versus surgical closure of atrial septal defects in children and adolescents. *Arq Bras Cardiol*. 2013;100(4):347-54.
12. Rossi RI, Cardoso Cde O, Machado PR, Francois LG, Horowitz ES, Sarmiento-Leite R. Transcatheter closure of atrial septal defect with Amplatzer device in children aged less than 10 years old: immediate and late follow-up. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008;71(2):231-6.
13. Costa R, Pedra CA, Ribeiro M, Pedra S, Ferreira-Da-Silva AL, Polanczyk C, et al. Incremental cost-effectiveness of percutaneous versus surgical closure of atrial septal defects in children under a public health system perspective in Brazil. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2014;12(11):1369-78.
14. Neves J, Arrieta SR, Cassar R, Pedra SRF, Braga SLN, Esteves CA, et al. Percutaneous closure versus surgical intervention of the secundum atrial septal defect in adults. *Rev Bras Cardiol Invas*. 2006;14(02):126-32.
15. Walters DL, Boga T, Burstow D, Scalia G, Hourigan LA, Aroney CN. Percutaneous ASD closure in a large Australian series: short- and long-term outcomes. *Heart Lung Circ*. 2012;21(9):572-5.
16. Garcia-Fuertes D, Mesa-Rubio D, Ruiz-Ortiz M, Delgado-Ortega M, Tejero-Mateo I, Pan-Alvarez-Ossorio M, et al. Monitoring complex secundum atrial septal defects percutaneous closure with real time three-dimensional echocardiography. *Echocardiography*. 2012;29(6):729-34.
17. Brochu MC, Baril JF, Dore A, Juneau M, De Guise P, Mercier LA. Improvement in exercise capacity in asymptomatic and mildly symptomatic adults after atrial septal defect percutaneous closure. *Circulation*. 2002;106(14):1821-6.
18. Zabala Arguelles JI, Garcia Fernandez E, Maroto Alvaro E, Zunzunegui Martinez JL, Maroto Monedero C, Centeno Malfaz F, et al. [Mid-term results of percutaneous closure of atrial septal defect in children]. *An Esp Pediatr*. 2001;54(4):346-52.
19. Rao PS, Sideris EB. Long-term complications of ASD closure devices. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2007;69(6):924-5.
20. Amin Z, Hijazi ZM, Bass JL, Cheatham JP, Hellenbrand WE, Kleinman CS. Erosion of Amplatzer septal occluder device after closure of secundum atrial septal defects: review of registry of complications and recommendations to minimize future risk. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2004;63(4):496-502.
21. Jones TK, Latson LA, Zahn E, Fleishman CE, Jacobson J, Vincent R, et al. Results of the U.S. multicenter pivotal study of the HELEX septal occluder for percutaneous closure of secundum atrial septal defects. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(22):2215-21.
22. Javois AJ, Rome JJ, Jones TK, Zahn EM, Fleishman CE, Pignatelli RH, et al. Results of the U.S. Food and Drug Administration continued access clinical trial of the GORE HELEX septal occluder for secundum atrial septal defect. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7(8):905-12.
23. Mylotte D, Quenneville SP, Kotowycz MA, Xie X, Brophy JM, Ionescu-Iltu R, et al. Long-term cost-effectiveness of transcatheter versus surgical closure of secundum atrial septal defect in adults. *Int J Cardiol*. 2014;172(1):109-14.
24. Desligneres S, Larroche JC. Ductus arteriosus. I. Anatomical and histological study of its development during the second half of gestation and its closure after birth. II. Histological study of a few cases of patent ductus arteriosus in infancy. *Biol Neonate*. 1970;16(5):278-96.
25. Djer MM, Saputro DD, Putra ST, Idris NS. Transcatheter closure of patent ductus arteriosus: 11 years of clinical experience in Cipto Mangunkusumo Hospital, Jakarta, Indonesia. *Pediatr Cardiol*. 2015;36(5):1070-4.
26. Wang K, Pan X, Tang Q, Pang Y. Catheterization therapy vs surgical closure in pediatric patients with patent ductus arteriosus: a meta-analysis. *Clin Cardiol*. 2014;37(3):188-94.
27. Wang C, Zhou K, Li Y, Qiao L, Wang Y, Shi X, et al. Percutaneous transcatheter closure of congenital coronary artery fistulae with patent ductus arteriosus occluder in children: focus on patient selection and intermediate-term follow-up results. *J Invasive Cardiol*. 2014;26(7):339-46.
28. Moore JW, Greene J, Palomares S, Javois A, Owada CY, Cheatham JP, et al. Results of the combined U.S. Multicenter Pivotal Study and the Continuing Access Study of the Nit-Occlud PDA device for percutaneous closure of patent ductus arteriosus. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7(12):1430-6.
29. Baruteau AE, Hascoet S, Baruteau J, Boudjemline Y, Lambert V, Angel CY, et al. Transcatheter closure of patent ductus arteriosus: past, present and future. *Arch Cardiovasc Dis*. 2014;107(2):122-32.
30. Ahmadi A, Sabri M, Bigdelian H, Dehghan B, Gharipour M. Comparison of cost-effectiveness and postoperative outcome of device closure and open surgery closure techniques for treatment of patent ductus arteriosus. *ARYA Atheroscler*. 2014;10(1):37-40.
31. Fontes VF, Pedra CA, Esteves CA, Braga SL, Pedra SR, Santana MV, et al. [The percutaneous closure of patent ductus arteriosus with the Rashkind technic. The initial experience of the Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, Sao Paulo, Brazil]. *Arch Inst Cardiol Mex*. 1996;66(2):129-37.
32. Moore JW, George L, Kirkpatrick SE, Mathewson JW, Spicer RL, Uzark K, et al. Percutaneous closure of the small patent ductus arteriosus using occluding spring coils. *J Am Coll Cardiol*. 1994;23(3):759-65.
33. Wang JK, Hwang JJ, Chiang FT, Wu MH, Lin MT, Lee WL, et al. A strategic approach to transcatheter closure of patent ductus: Gianturco coils for small-to-moderate ductus and Amplatzer duct occluder for large ductus. *Int J Cardiol*. 2006;106(1):10-5.
34. Celiker A, Aypar E, Karagoz T, Dilber E, Ceviz N. Transcatheter closure of patent ductus arteriosus with Nit-Occlud coils. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2005;65(4):569-76.
35. Masri S, El Rassi I, Arabi M, Tabbakh A, Bitar F. Percutaneous closure of patent ductus arteriosus in children using amplatzer duct occluder II: Relationship between PDA type and risk of device protrusion into the descending aorta. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;86(2):E66-72.
36. Liddy S, Oslizlok P, Walsh KP. Comparison of the results of transcatheter closure of patent ductus arteriosus with newer Amplatzer devices. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;82(2):253-9.
37. Ji W, Li F, Gao W, Yu ZQ, Huang MR, Fu LJ, et al. [Transcatheter closure of patent ductus arteriosus with the new Amplatzer Duct OccluderII]. *Zhonghua Er Ke Za Zhi*. 2013;51(2):126-9.
38. Faella HJ, Hijazi ZM. Closure of the patent ductus arteriosus with the amplatzer PDA device: immediate results of the international clinical trial. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2000;51(1):50-4.
39. Sant Anna LOC, Costa RND, Ribeiro MS, Nascimento WTD, Pereira FL, et al. Oclusão percutânea do canal arterial com a prótese amplatzer vascular plug II: experiência inicial em três centros de referência. *Rev Bras Cardiol Invasiva*. 2012;20(2):191-8.

40. Jang GY, Son CS, Lee JW, Lee JY, Kim SJ. Complications after transcatheter closure of patent ductus arteriosus. *J Korean Med Sci.* 2007;22(3):484-90.
41. Wang JK, Wu MH, Lin MT, Chiu SN, Chen CA, Chiu HH. Transcatheter closure of moderate-to-large patent ductus arteriosus in infants using Amplatzer duct occluder. *Circ J.* 2010;74(2):361-4.
42. Thanopoulos BV, Eleftherakis N, Tzannos K, Stefanadis C, Giannopoulos A. Further experience with catheter closure of patent ductus arteriosus using the new Amplatzer duct occluder in children. *Am J Cardiol.* 2010;105(7):1005-9.
43. Gamboa R, Rios-Mendez RE, Mollon FP, Arroyo GM, Gutierrez DF. Percutaneous closure of patent ductus arteriosus in adults using different devices. *Rev Esp Cardiol.* 2010;63(6):726-9.
44. Menting ME, Cuyper JA, Opic P, Utens EM, Witsenburg M, van den Bosch AE, et al. The unnatural history of the ventricular septal defect: outcome up to 40 years after surgical closure. *J Am Coll Cardiol.* 2015;65(18):1941-51.
45. Yang J, Yang L, Yu S, Liu J, Zuo J, Chen W, et al. Transcatheter versus surgical closure of perimembranous ventricular septal defects in children: a randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(12):1159-68.
46. Esteves CA, Solarewicz LA, Cassar R, Neves JR, Esteves V, Arrieta R. Occlusion of the perimembranous ventricular septal defect using CERA(R) devices. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;80(2):182-7.
47. Bai Y, Xu XD, Li CY, Zhu JQ, Wu H, Chen SP, et al. Complete atrioventricular block after percutaneous device closure of perimembranous ventricular septal defect: A single-center experience on 1046 cases. *Heart Rhythm.* 2015;12(10):2132-40.
48. Campbell M. Natural history of coarctation of the aorta. *Br Heart J.* 1970;32(5):633-40.
49. Jenkins NP, Ward C. Coarctation of the aorta: natural history and outcome after surgical treatment. *QJM.* 1999;92(7):365-71.
50. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in C, Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics.* 2004;114(2 Suppl 4th Report):555-76.
51. Park JK, Dell RB, Ellis K, Gersony WM. Surgical management of the infant with coarctation of the aorta and ventricular septal defect. *J Am Coll Cardiol.* 1992;20(1):176-80.
52. Campbell DN, Paton BC, Wiggins JW, Wolfe RR, Clarke DR. Infant coarctation of the aorta. Alternatives to subclavian flap repair. *Pediatr Cardiol.* 1982;3(2):139-42.
53. Rodes-Cabau J, Miro J, Dancea A, Ibrahim R, Piette E, Lapierre C, et al. Comparison of surgical and transcatheter treatment for native coarctation of the aorta in patients > or = 1 year old. The Quebec Native Coarctation of the Aorta study. *Am Heart J.* 2007;154(1):186-92.
54. Whiteside W, Hirsch-Romano J, Yu S, Pasquali SK, Armstrong A. Outcomes associated with balloon angioplasty for recurrent coarctation in neonatal univentricular and biventricular norwood-type aortic arch reconstructions. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(7):1124-30.
55. Bozzani A, Odero A. Stent implantation in the native and recurrent aortic coarctation in children. *Am J Cardiol.* 2012;109(12):1822;author reply -3.
56. Butera G, Manica JL, Marini D, Piazza L, Chessa M, Filho RI, et al. From bare to covered: 15-year single center experience and follow-up in trans-catheter stent implantation for aortic coarctation. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(6):953-63.
57. Forbes TJ, Kim DW, Du W, Turner DR, Holzer R, Amin Z, et al. 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;58(25):2664-74.
58. Thanopoulos BV, Douskou M, Giannakoulas G. Multislice computed tomography after stent implantation for aortic coarctation. *Eur Heart J.* 2010;31(18):2270.
59. Holzer R, Qureshi S, Ghasemi A, Vincent J, Sievert H, Gruenstein D, et al. Stenting of aortic coarctation: acute, intermediate, and long-term results of a prospective multi-institutional registry-Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium (CCISC). *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(4):553-63.
60. Esteves CA, Guimaraes JA, Cano MN, Souza JE, Fontes VF. [Pulmonary valvuloplasty with double balloon]. *Arq Bras Cardiol.* 1987;48(2):87-9.
61. Fontes VF, Sousa JE, Esteves CA, da Silva MV, Maldonado G, Silva MA, et al. [Regression of infundibular hypertrophy of the right ventricle after pulmonary valvuloplasty]. *Arq Bras Cardiol.* 1988;51(2):147-52.
62. Fontes VF, Sousa JE, Esteves CA, Silva MV, Cano MN, Maldonado G. Pulmonary valvuloplasty--experience of 100 cases. *Int J Cardiol.* 1988;21(3):335-42.
63. Fontes VF, Sousa JE, Pimentel Filho WA, Buchler JR, da Silva MV, Bembom MC. [Pulmonary balloon valvuloplasty. Report of a case]. *Arq Bras Cardiol.* 1983;41(1):49-52.
64. Harrild DM, Powell AJ, Tran TX, Geva T, Lock JE, Rhodes J, et al. Long-term pulmonary regurgitation following balloon valvuloplasty for pulmonary stenosis risk factors and relationship to exercise capacity and ventricular volume and function. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55(10):1041-7.
65. Holzer RJ, Gauvreau K, Kreutzer J, Trucco SM, Torres A, Shahnavaz S, et al. Safety and efficacy of balloon pulmonary valvuloplasty: a multicenter experience. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;80(4):663-72.
66. Pedra CA, Arrieta SR, Esteves CA, Braga SL, Neves J, Cassar R, et al. Double balloon pulmonary valvuloplasty: multi-track system versus conventional technique. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006;68(2):193-8.
67. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saliba Z, Merckx J, Aggoun Y, Bonnet D, et al. Percutaneous replacement of pulmonary valve in a right-ventricle to pulmonary-artery prosthetic conduit with valve dysfunction. *Lancet.* 2000;356(9239):1403-5.
68. McElhinney DB, Hellenbrand WE, Zahn EM, Jones TK, Cheatham JP, Lock JE, et al. Short- and medium-term outcomes after transcatheter pulmonary valve placement in the expanded multicenter US melody valve trial. *Circulation.* 2010;122(5):507-16.
69. Butera G, Milanese O, Spadoni I, Piazza L, Danti A, Ricci C, et al. Melody transcatheter pulmonary valve implantation. Results from the registry of the Italian Society of Pediatric Cardiology. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2013;81(2):310-6.
70. Cheatham SL, Holzer RJ, Chisolm JL, Cheatham JP. The Medtronic Melody(R) transcatheter pulmonary valve implanted at 24-mm diameter--it works. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2013;82(5):816-23.
71. Fraisse A, Aldebert P, Malekzadeh-Milani S, Thambo JB, Piechaud JF, Aucoururier P, et al. Melody (R) transcatheter pulmonary valve implantation: results from a French registry. *Arch Cardiovasc Dis.* 2014;107(11):607-14.
72. Cheatham JP, Hellenbrand WE, Zahn EM, Jones TK, Berman DP, Vincent JA, et al. Clinical and hemodynamic outcomes up to 7 years after transcatheter pulmonary valve replacement in the US melody valve investigational device exemption trial. *Circulation.* 2015;131(22):1960-70.
73. McElhinney DB, Benson LN, Eicken A, Kreutzer J, Padera RF, Zahn EM. Infective endocarditis after transcatheter pulmonary valve replacement using the Melody valve: combined results of 3 prospective North American and European studies. *Circ Cardiovasc Interv.* 2013;6(3):292-300.