

Disfunção do Homoenxerto Pulmonar Utilizado na Reconstrução do Trato de Saída do Ventrículo Direito

Dysfunction of the Pulmonary Homograft Used in the Reconstruction of the Right Ventricle Exit Tract

Andréa Weirich Lenzi, Márcia Olandoski, Wanderley Saviolo Ferreira, Fabio Said Sallum, Nelson Itiro Miyague

Hospital Pequeno Príncipe, Pontifícia Universidade Católica Paraná, Curitiba, PR - Brasil

Resumo

Fundamento: O homoenxerto pulmonar tem sido utilizado como uma opção na correção de cardiopatia congênita com obstrução da via de saída do ventrículo direito. Os resultados em longo prazo, no entanto, mostram-se pouco satisfatórios.

Objetivo: Identificar os fatores de risco associados à disfunção e à falência do homoenxerto pulmonar.

Métodos: Estudo em crianças submetidas à ampliação da via de saída do ventrículo direito com homoenxerto pulmonar. As variáveis clínicas, cirúrgicas, evolutivas e de aspectos morfológicos da prótese foram analisadas como fatores de risco.

Resultados: A amostra final de 75 pacientes com idade mediana na cirurgia de 22 meses, variando de 1-157 meses, apresentou 13 pacientes (17,0%) que desenvolveram disfunção do homoenxerto, caracterizado por estenose ou insuficiência pulmonar grave. O tempo de ocorrência entre o implante do homoenxerto e a detecção da disfunção foi de 45 ± 20 meses. Quando o tamanho do homoenxerto foi menor de 21 mm e o escore Z da valva pulmonar foi menor do que zero, ou maior do que três, foram considerados fatores de risco para a ocorrência de disfunção.

Conclusão: O homoenxerto pulmonar de tamanho menor do que 21 mm e a valva pulmonar inadequada para idade e peso do paciente são fatores determinantes para disfunção da prótese. (Arq Bras Cardiol 2011; 96(1): 2-7)

Palavras-chave: Transplante homólogo/fisiopatologia, ventrículos do coração, cardiopatias congênitas/cirurgia.

Abstract

Background: The pulmonary homograft has been used as an option in the correction of congenital cardiopathy with obstruction of the right ventricle exit tract. The long term results, however, are little satisfactory.

Objective: Identify the risk factors associated to the dysfunction and the pulmonary homograft failure.

Methods: Study with children submitted to the enlargement of the exit tract of the right ventricle with pulmonary homograft. The clinical, surgical, evolutionary and morphological aspects of the prosthesis variables were analyzed as risk factors.

Results: The final sample of 75 patients with median age at the surgery of 22 months, varying from 1-157 months, presented 13 patients (17.0%) who developed dysfunction of the homograft, characterized by stenosis or severe pulmonary insufficiency. The occurrence time between the homograft implant and the detection of the dysfunction was of 45 ± 20 months. When the size of the homograft was smaller than 21 mm and the Z score of the pulmonary valva is lower than zero, or higher than three, the risk factors were considered for the dysfunction occurrence.

Conclusion: The pulmonary homograft smaller than 21 mm and the inadequate pulmonary valva for the age and weight of the patient are determining factors for the prosthesis dysfunction. (Arq Bras Cardiol 2011; 96(1): 2-7)

Keywords: Transplantation, homologous/physiopathology; heart ventricles; heart defects, congenital/surgery.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Andréa Weirich Lenzi •

Rua Vicente Machado, 690/03 - Batel - 80420-011 - Curitiba, PR - Brasil

E-mail: andreawlenzi@yahoo.com.br

Artigo recebido em 20/05/09; revisado recebido em 18/02/10; aceito em 12/03/10.

Introdução

O uso do homoenxerto no tratamento cirúrgico das cardiopatias congênitas teve seu início na década de 60, com Rastelli e col. (1964) e Ross e Somerville (1966). Nos anos iniciais, a alta taxa de calcificação e estenose do enxerto provocou a busca de diferentes combinações de materiais para as cirurgias de reconstrução¹.

A partir da década de 80, com o aprimoramento das técnicas de preparo e conservação, o homoenxerto tornou-se o material de escolha em vários serviços¹. Apesar disso, a literatura ainda tem mostrado a necessidade de troca cirúrgica pela ocorrência de estenose ou insuficiência da prótese.

O serviço de cirurgia cardíaca pediátrica da Santa Casa de Curitiba utiliza, desde a década de 90, o homoenxerto pulmonar ou aórtico na correção de cardiopatias congênitas, obtendo bom resultado.

A reconstrução da via de saída do ventrículo direito com homoenxerto pulmonar teria melhor evolução em médio e longo prazo.

O objetivo do estudo foi avaliar a influência de diversos fatores de risco reconhecidos na literatura para a ocorrência de disfunção do homoenxerto em uma amostra de pacientes operados com enxerto desenvolvido em nosso meio.

Material e métodos

Para este estudo, avaliou-se 92 pacientes, operados no período de 1998-2005, que utilizaram homoenxerto do tipo pulmonar criopreservado na reconstrução da via de saída do ventrículo direito, ou na substituição de um heteroenxerto colocado nesta posição em cirurgia prévia.

O homoenxerto pulmonar criopreservado foi fornecido pelo Banco de Valvas Cardíacas Humanas da Santa Casa de Curitiba.

Foram excluídos deste estudo os pacientes que usaram o homoenxerto pulmonar na reconstrução do trato de saída esquerdo, como nas cirurgias de Norwood e na interrupção do arco aórtico ou nas cirurgias de anastomose cavopulmonar. Além daqueles com dados incompletos em seus prontuários.

Em seus prontuários, foram coletados os dados referentes ao sexo, tipo de cardiopatia, presença de alteração da árvore pulmonar, tipo sanguíneo, idade na primeira consulta e no momento da cirurgia, cirurgia prévia, o tempo de acompanhamento ambulatorial e resultado de exames realizados na instituição, como ecocardiograma Doppler colorido e cateterismo cardíaco.

Os dados da parte cirúrgica analisados foram: tamanhos de homoenxerto, tipo sanguíneo doador, valor Z da valva pulmonar, a manutenção da integridade do homoenxerto, o tempo de extracorpórea e o tempo de clampamento aórtico. Os dados do pós-operatório foram: as intercorrências durante a permanência na unidade de terapia intensiva e a ocorrência de óbito no pós-operatório imediato.

O valor Z da valva pulmonar relaciona o tamanho do homoenxerto em milímetros com a superfície corpórea do paciente. O valor Z da valva pulmonar igual a zero significa o tamanho ideal do homoenxerto para a superfície corpórea

do paciente. Os valores negativos e positivos significam um desvio-padrão para mais ou para menos do valor ideal.

A integridade do homoenxerto pulmonar pode ser alterada pelo cirurgião, diminuindo-se o tamanho do anel valvar, retirando-se uma das cúspides ou substituindo-se as cúspides por uma monocúspide de homoenxerto, ou outro material.

As cirurgias foram realizadas pela mesma equipe cirúrgica, e alguns pacientes, antes da cirurgia de correção total, necessitaram de cirurgias paliativas.

Do acompanhamento ambulatorial, analisou-se a insuficiência ou a estenose pulmonar, medidas por meio de exames ecocardiográficos e classificados em leve, moderada e grave. A insuficiência ou estenose grave do homoenxerto foi designada como disfunção.

A insuficiência grave foi considerada como regurgitação que abrange totalmente o diâmetro do anel pulmonar e com refluxo diastólico no Doppler colorido em ramos das artérias pulmonares. A estenose grave foi considerada como um gradiente sistólico instantâneo e máximo no Doppler maior do que 50 mmHg.

A existência de refluxo de discreta abrangência do anel definiu-se como insuficiência pulmonar leve. A insuficiência pulmonar moderada foi definida quando havia regurgitação de cerca de metade do diâmetro do anel valvar com refluxo diastólico no Doppler colorido em tronco da artéria pulmonar. A estenose pulmonar leve foi considerada na presença de gradiente sistólico pulmonar instantâneo máximo no Doppler menor do que 30 mmHg e moderada entre 30-50 mmHg.

Considerou-se como falência do homoenxerto a necessidade de troca do homoenxerto pulmonar por via cirúrgica devido a sua disfunção (insuficiência ou estenose severa).

Para a comparação das curvas de tempo até a ocorrência de disfunção de homoenxerto, foi usado o teste de *Log-rank*. Os casos que até a última avaliação ecocardiográfica não haviam apresentado disfunção do homoenxerto foram considerados censurados. Na análise univariada, foram analisadas as variáveis sexo, idade à época da cirurgia, tipo de cardiopatia, tamanho de homoenxerto, valor Z da valva pulmonar, compatibilidade sanguínea, alteração da anatomia da árvore pulmonar, cirurgia prévia, tempo de extracorpórea e tempo de clampamento aórtico.

Para avaliação conjunta de fatores, foram ajustado um modelo de Regressão de Cox e estimados os valores de risco relativo e intervalos de 95,0% de confiança. Curvas de Kaplan-Meier foram construídas para apresentar as curvas de tempo para a disfunção de homoenxerto. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística. Os dados foram organizados em planilha Excel e analisados com o uso do programa computacional *Statistica* v.8.0.

Resultados

Analisaram-se os prontuários dos 92 pacientes submetidos à correção cirúrgica da cardiopatia com utilização de homoenxerto pulmonar criopreservado no trato de saída do ventrículo direito.

A idade média dos pacientes na primeira consulta foi de $14,3 \pm 4,2$ meses. Quarenta pacientes foram atendidos no

primeiro mês de vida e 66 durante o primeiro ano de vida. Dos pacientes, 56% eram do sexo feminino.

As cardiopatias estão relacionadas na Tabela 1. Os pacientes com tetralogia de Fallot, que utilizaram o homoenxerto pulmonar, foram os com agenesia da valva pulmonar ou com hipoplasia de anel e tronco pulmonar.

O tempo de acompanhamento ambulatorial desses pacientes foi de $106 \pm 62,7$ meses, com mediana de 89 meses, variando de 24 meses a 272 meses.

A idade média dos pacientes no momento da cirurgia de correção da cardiopatia foi de $40,3 \pm 42,3$ meses, com mediana de 22 meses, variando de 1 mês a 157 meses. Trinta por cento da amostra (28 casos) operaram abaixo de um ano de idade, havendo variação nas idades de correção total conforme a cardiopatia.

Em 8 pacientes, realizou-se a troca de um tubo de pericárdio bovino colocado em cirurgia prévia por um homoenxerto pulmonar, em média $110,5 \pm 24,3$ meses após a cirurgia inicial.

Em 46,0% dos pacientes, a árvore pulmonar mostrava alterações como estenose de ramo, ausência de ramo, ramos pulmonares aneurismáticos ou presença de efeitos colaterais sistêmicos pulmonares.

O homoenxerto pulmonar utilizado nas cirurgias variou seu tamanho de 12 a 26 mm, com média de $21,5 \pm 3,2$ mm e mediana de 22 mm. O valor Z da valva pulmonar variou de menos um a 5, com media de $2,8 \pm 1,4$ e mediana de 3. Cinquenta e sete por cento dos homoenxertos tiveram seu valor Z entre 0 e mais 3.

A integridade do homoenxerto pulmonar na colocação variou conforme o paciente. Em 11 casos (12,0% da amostra), houve alteração do homoenxerto pulmonar para sua melhor adaptabilidade: 9 casos utilizaram uma monocuspide do homoenxerto e dois casos uma monocuspide de goretex.

Em 47 pacientes, utilizou-se um teto, de hemashield ou

pericárdio bovino, para fazer a ligação do ventrículo direito com o homoenxerto pulmonar. Em 30,0% dos pacientes, houve compatibilidade sanguínea entre o doador do homoenxerto e o receptor.

Em 56,0% dos pacientes, o tempo de extracorpórea esteve acima dos 120 minutos, com média de $135 \pm 44,6$ minutos. Em 62,0% dos casos, o tempo clampeamento de aorta manteve-se acima de 80 minutos, com média de $99,5 \pm 34,2$ minutos.

Houve 17 casos de óbito precoce, 11 destes por falência de múltiplos órgãos e dois óbitos tardios.

A disfunção do homoenxerto pulmonar na avaliação ambulatorial apresentou-se em 13 pacientes (17,0% da amostra) e, destes, 5 foram submetidos à troca cirúrgica do homoenxerto.

Dez pacientes apresentavam estenose grave do homoenxerto pulmonar com gradiente sistólico médio 67 ± 22 mmHg, variando de 50 mmHg a 127 mmHg, e três pacientes tinham insuficiência pulmonar grave.

Para os pacientes com disfunção do homoenxerto, o tempo da cirurgia até a ocorrência da disfunção foi em média $45,4 \pm 20,3$ meses com mediana de 36 meses, variando de 7 a 86 meses.

Para três anos, a sobrevida livre de disfunção foi de 90,0%, para 5 anos, foi de 84,0% e, para 7 anos, foi de 80,0%. A sobrevida livre de troca cirúrgica do homoenxerto foi, para 3 anos, de 96,0%, para 5 anos, foi de 94,0% e para 7 anos de 93,0%.

Apenas o tamanho do homoenxerto, igual ou menor do que 21 mm, esteve implicado na disfunção grave do homoenxerto, tendo uma sobrevida livre de disfunção em 5 anos de 45,0% para este tamanho, e de 80,0% para os homoenxertos acima de 21 mm ($p = 0,009$) (Gráfico 1).

O valor Z da valva pulmonar revelou que, para as medidas entre zero e mais três, a taxa para ocorrência de disfunção em 5 anos foi de 22,0%, e, para as medidas abaixo de zero ou acima de mais três, foi 65,0% ($p = 0,09$) (Gráfico 2).

Na regressão Cox, a variável implicada na disfunção do homoenxerto foi o tamanho, onde o homoenxerto com tamanho menor ou igual a 21 mm teve risco 3,7 vezes maior de que a disfunção do homoenxerto acima 21 mm (Tabela 2).

Discussão

Nos últimos anos, o serviço de cirurgia cardíaca do Hospital Pequeno Príncipe de Curitiba optou pelo emprego do homoenxerto pulmonar para reconstrução do trato de saída do ventrículo direito devido às suas vantagens técnicas e aos bons resultados clínicos e cirúrgicos de pacientes já operados^{2,3}.

A opção desse serviço pelo uso do homoenxerto pulmonar, em tal posição, está baseada em estudos que mostram que o homoenxerto aórtico em posição pulmonar apresenta maior índice de calcificação devido a sua composição rica em elastina⁴⁻¹⁵.

Do ponto de vista cirúrgico, o homoenxerto pulmonar está disponível em tamanhos pequenos, tem maior capacidade hemostática, maior maleabilidade e facilidade

Tabela 1 - Tabela com os tipos de cardiopatias, número de pacientes, idade da primeira consulta e idade da realização da cirurgia de correção total

Cardiopatia	Número de pacientes	Idade primeira consulta, em meses (mediana)	Idade da cirurgia de correção, em meses (mediana)
Atresia pulmonar + CIV	26	4	23
Tetralogia de Fallot	24	15 *	21,5
Truncus arteriosus	17	2	3
TGA + CIV e EPV	16	1,5	41,5
TGA corrigida + CIV + EPV	6	15,5*	61,5
Estenose Pulmonar valvar	3	0,5	132

CIV - comunicação interventricular; TGA - transposição das grandes artérias; EPV - estenose pulmonar valvar; (*) alguns pacientes são encaminhados ao serviço com maior idade, após cirurgia paliativa ou observação clínica.

Tamanho do homoenxerto x tempo para disfunção (Kaplan-Meier)

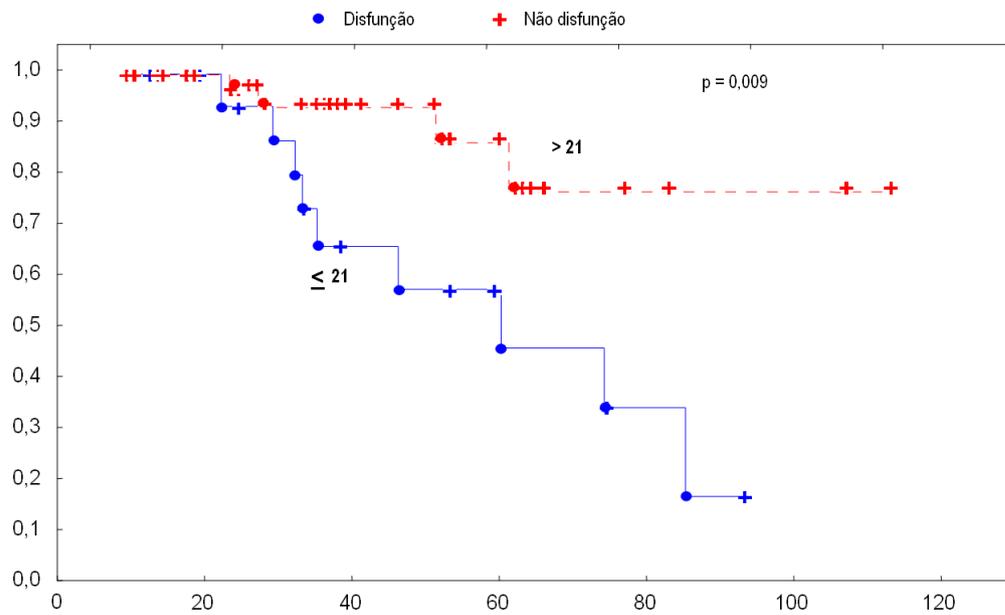


Gráfico 1 - Relação tamanho homoenxerto pulmonar e a ocorrência de disfunção severa no decorrer do tempo em meses; eixo X - proporção acumulada em casos de disfunção; eixo y - tempo em meses.

Z escore x tempo para disfunção (Kaplan-Meier)

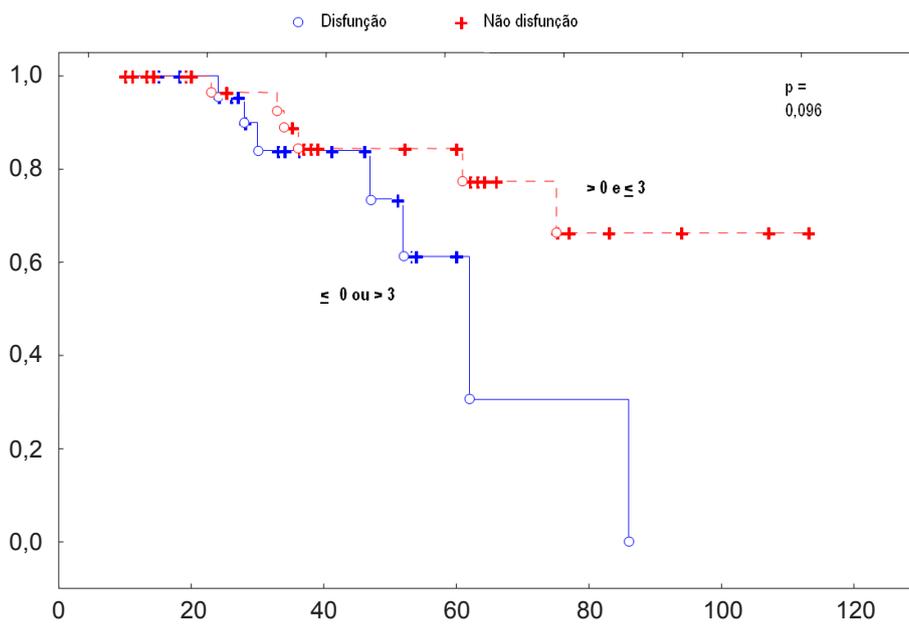


Gráfico 2 - Relação do valor escore Z da valva pulmonar do homoenxerto com disfunção severa no decorrer do tempo em meses; eixo X - proporção acumulada casos de disfunção; eixo y - tempo em meses.

Tabela 2 - Variáveis relacionadas à disfunção e seu risco relativo com intervalo de confiança 95,0%

Variável	Valor p	RR	IC 95,0%
Tamanho homoenxerto	0,031	3,7	1,1-12,4
Valor Z da valva pulmonar	0,187	2,1	0,7-6,5
Tempo clampeamento	0,367	1,8	0,5-6,7

RR - risco relativo; IC - índice confiança.

de manuseio para o cirurgião, seus ramos podem ser usados para ampliação de áreas estenóticas nas artérias pulmonares, dispensa anticoagulação crônica, apresenta maior resistência à endocardite e possui uma potencial viabilidade para o segundo reparo^{5,7,10,11,15-18}.

Na maioria dos casos, a deterioração do homoenxerto acontece por estenose devido à calcificação¹. A taxa de falência do homoenxerto varia conforme o estudo, sendo, em 5 anos, entre 10,0-40,0%^{5,14} dos homoenxertos implantados e, em 10 anos, entre 46,0-65,0%^{4,7}.

Dos fatores risco implicados na deterioração do homoenxerto, o tipo de cardiopatia é um deles. Forbess e cols.¹⁹, Bando e cols.⁹ e Dearanie cols.⁴ acharam uma maior taxa de falência do homoenxerto associado a cardiopatias como *truncus arteriosus*, transposição das grandes artérias com estenose pulmonar e dupla via de saída do ventrículo direito, no entanto, neste estudo, não houve correlação da durabilidade do homoenxerto com o tipo de cardiopatia.

Na idade jovem, a colocação do homoenxerto é considerada um fator de risco para a falência do conduto^{4,5,8,9,12,14,15,18-21}. Os motivos para isto são diversos, e, entre eles, estão o padrão crescimento acelerado da criança, a utilização de homoenxertos de tamanhos menores e a resposta imunológica exacerbada na criança. Em nosso estudo, não houve diferença na durabilidade dos homoenxertos colocados em crianças abaixo de um ano e acima de um ano de idade.

Um dos pontos mais discutidos é o tamanho do homoenxerto utilizado e sua influência na durabilidade. O homoenxerto pulmonar de tamanho pequeno é associado a uma maior taxa de disfunção e de troca cirúrgica^{4,5,14,15,18,19,21-24}.

Nosso trabalho demonstrou que o uso de homoenxerto pulmonar menor do que 21 mm tem uma maior probabilidade de disfunção, ou seja, o homoenxerto abaixo de 21 mm tem 3,7 vezes mais risco de desenvolver disfunção que o acima de 21 mm. A sobrevida livre de disfunção, em 5 anos, para um homoenxerto menor de 21 mm é de 55,0% e, acima de 21 mm, é de 85,0%.

Outros estudos já haviam relatado que o tamanho do homoenxerto é um fator de risco para disfunção. Bielefeld e cols.¹⁵ demonstraram que a ocorrência de disfunção em homoenxerto acima de 20 mm é baixa. Razzouke cols.²⁴ afirmam que homoenxerto acima de 24 mm tem sobrevida livre de troca cirúrgica maior e Boethige cols.²¹ mostram que o homoenxerto abaixo de 20 mm é menos durável em crianças e desenvolve gradiente de estenose mais rapidamente.

O valor Z pequeno da valva pulmonar também é implicado na disfunção do homoenxerto^{7,8,20}. A taxa maior de disfunção em nosso estudo foi para um valor Z abaixo de zero e acima de mais três, enfim, os melhores resultados foram obtidos quando o tamanho da valva pulmonar ficou entre o valor Z zero e mais três. Assim sendo, alguns centros, incluindo o nosso Serviço, têm utilizado um homoenxerto de maior número possível para a criança, na tentativa de compensar o crescimento natural da mesma com uma valva de maior tamanho e diminuir a incidência de disfunção e troca cirúrgica^{7,14,20,21,25,26}.

Neste trabalho, outros fatores de risco para disfunção da prótese, conhecidos na literatura como compatibilidade sanguínea entre doador e receptor, alteração da anatomia da árvore pulmonar, cirurgia cardíaca com ampliação prévia, utilização do homoenxerto íntegro ou a substituição de uma de suas partes, sexo do paciente, tempo de extracorpórea e a idade à cirurgia não tiveram influência na durabilidade do homoenxerto.

Conclusão

A utilização do homoenxerto pulmonar para ampliação do trato de saída do ventrículo direito apresenta bons resultados, com uma taxa de disfunção de 17,0% dos casos. Este estudo mostrou menor chance de disfunção com implante de um homoenxerto pulmonar acima de 21 mm e um valor Z da valva pulmonar compreendido entre zero e mais três.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de mestrado de Andréa Weirich Lenzi pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Referências

1. Stark J. The use of valved conduits in pediatric cardiac surgery. *Pediatr Cardiol*. 1998; 19 (4): 282-8.
2. Costa F, Dohmen P, Vieira E. Operação de Ross com homoenxertos valvares descelularizados: resultados de médio prazo. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2007; 22 (4): 454-62.
3. Giffhorn H, Ferreira W, Costa F. Avaliação inicial de homoenxertos em posição pulmonar em crianças e adolescentes. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 1999; 14 (2): 121-7.
4. Dearani J, Danielson GK, Puga FJ, Schaff HV, Warnes CW, Drescoll DJ, et al. Late follow up of 109 patients undergoing operation for complex congenital

- heart disease utilizing pulmonary ventricle to pulmonary artery conduits. *Ann Thorac Surg.* 2003; 75 (2): 399-411.
5. Niwaya K, Knott-Craig CJ, Lane MM, Chandrasekaran K, Overhoet ED, Elkins RC. Cryopreserved homograft valves in the pulmonary position: risk analysis for intermediate-term failure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999; 117: 141-7.
 6. Stark J, Bull C, Stajevic M, Jothl M, Elliot M, de Leval M. Fate of subpulmonary homograft conduits: determinants of late failure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998; 115: 506-16.
 7. Mohammadi S, Belli E, Martinovic I, Honyel L, Capderon A, Petit J, et al. Surgery for right ventricle to pulmonary artery conduit obstruction: risk factors for further reoperation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005; 28: 217-22.
 8. Caldarone CA, McCrindle BW, Van Arsdell GS, Coles JG, Welb C, Freedom RM, et al. Independent factors associated with longevity of prosthetic pulmonary valves and valved conduits. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000; 120: 1022-31.
 9. Bando K, Danielson GK, Schaff HV, Mair DD, Jubsrud PR, Puga FJ. Outcome of pulmonary and aortic homografts for right ventricular outflow tract reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995; 109 (3): 509-17.
 10. Albert JD, Bishop DA, Fullerton DA, Campbell DN, Clark DR. Conduit reconstruction of the right ventricular outflow tract. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993; 106 (2): 228-36.
 11. Jashari R, Daenen W, Vanderkelen A, Meyns B. Is ABO group incompatibility really the reason of accelerated failure of cryopreserved allografts in very young patients? *Cell and Tissue Banking.* 2004; 5 (4): 253-9.
 12. Basket RJ, Nanton MA, Warren AE. Human leukocyte antigen-DR and ABO mismatch are associated with accelerated homograft valve failure in children: implications for therapeutic interventions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003; 126 (1): 232-9.
 13. Cleveland DC, Williams WG, Razzouk AJ, Tusler GA, Rebeyka IM, Duffy L, et al. Failure of cryopreserved homograft valved conduits in the pulmonary circulation. *Circulation.* 1992; 86 (5 Suppl II):150-3.
 14. Brown JW, Ruzmetov M, Rodefeld MD, Vijoy P, Turrentine MW. Right ventricular outflow tract reconstruction with an allograft conduit in non-Ross patients: risk factors for allograft dysfunction and failure. *Ann Thorac Surg.* 2005; 80 (2): 655-64.
 15. Bielefeld MR, Bishop DA, Campbell DN, Mitchell MB, Crover FL, Clarke DR. Reoperative homograft right ventricular outflow tract reconstruction. *Ann Thorac Surg.* 2001; 71: 482-8.
 16. LeVive AJ, Miller PA, Stumper OS. Early results of right ventricular-pulmonary artery conduits in patients under 1 year of age. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001; 19 (2): 122-6.
 17. Hopkins RA, Reyes II A, Imperato DA. Ventricular outflow tract reconstructions with cryopreserved cardiac valved homografts: a single surgeon's 10-year experience. *Ann Surg.* 1996; 223 (5): 544-54.
 18. Tabet S, Nagakura S, Boyle ME Jr, Duncan BW. Right ventricle to pulmonary artery reconstruction using a valved homograft. *Circ J.* 2003; 67 (2): 906-12.
 19. Forbess JM, Ashish SS, St. Louis JD, Jagers JJ, Ungerleider RM. Cryopreserved homografts in the pulmonary position: determinants of durability. *Ann Thorac Surg.* 2001; 71 (1): 54-60.
 20. Karamlou T, Blackstone EH, Hawkins JA. Can pulmonary conduit dysfunction and failure be reduced in infants and children less than age 2 years at initial implantation? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006; 132 (4): 829-38.
 21. Boethig D, Goerler H, Westhoff-Bleck M, Omo M, Daiber A, Haverich A, et al. Evaluation of 188 consecutive homografts implanted in pulmonary position after 20 years. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007; 32: 133-42.
 22. Chan KC, Fyfe DA, McKay CA. Right ventricular outflow reconstruction with cryopreserved homografts in pediatric patients: intermediate-term follow up with serial echocardiographic assessment. *J Am Coll Cardiol.* 1994; 24 (2): 483-9.
 23. Perron J, Moran AM, Gauvreau K, del Nido PJ, Mayer JE Jr, Jonas RA. Valved homograft conduit repair of the right heart in early infancy. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 542-8.
 24. Razzouk AJ, Williams WG, Cleveland DC, Coles JE, Rebeyka M, Trusler GA, et al. Surgical connections from ventricle to pulmonary artery. Comparison of four types of valved implants. *Circulation.* 1992; 86 (5 Suppl II): 154-8.
 25. Karamlou T, Ungerleider RM, Alsoufi B, Burch G, Silberbach M, Reller M, et al. Oversizing pulmonary homograft conduits does not significantly decrease allograft failure in children. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005; 27: 548-53.
 26. Christenson JT, Vala D, Sierra J, Beghetti M, Kalangos A. Blood group incompatibility and accelerated homograft fibrocalcifications. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004; 127 (1): 242-50.