

Disfunción del Homoinjerto Pulmonar Utilizado en la Reconstrucción del Tracto de Salida del Ventrículo Derecho

Andréa Weirich Lenzi, Márcia Olandoski, Wanderley Saviolo Ferreira, Fabio Said Sallum, Nelson Itiro Miyague
Hospital Pequeno Príncipe, Pontifícia Universidade Católica Paraná, Curitiba, PR - Brasil

Resumen

Fundamento: El homoinjerto pulmonar ha sido utilizado como una opción en la corrección de cardiopatía congénita con obstrucción de la vía de salida del ventrículo derecho. Los resultados a largo plazo, mientras tanto, se muestran poco satisfactorios.

Objetivo: Identificar los factores de riesgo asociados a la disfunción y a la falla del homoinjerto pulmonar.

Métodos: Estudio en niños sometidos a la ampliación de la vía de salida del ventrículo derecho con homoinjerto pulmonar. Las variables clínicas, quirúrgicas, evolutivas y de aspectos morfológicos de la prótesis fueron analizadas como factores de riesgo.

Resultados: La muestra final de 75 pacientes con edad mediana en la cirugía de 22 meses, variando de 1-157 meses, presentó 13 pacientes (17,0%) que desarrollaron disfunción del homoinjerto, caracterizado por estenosis o insuficiencia pulmonar grave. El tiempo de ocurrencia entre el implante del homoinjerto y la detección de la disfunción fue de 45 ± 20 meses. Cuando el tamaño del homoinjerto fue menor de 21 mm y el score Z de la válvula pulmonar fue menor que cero, o mayor que tres, fueron considerados factores de riesgo para la ocurrencia de disfunción.

Conclusión: El homoinjerto pulmonar de tamaño menor que 21 mm y la válvula pulmonar inadecuada para edad y peso del paciente son factores determinantes para disfunción de la prótesis. (Arq Bras Cardiol 2011; 96(1): 2-7)

Palabras clave: Transplante homólogo/fisiopatología, ventrículos del corazón, cardiopatías congénitas/cirugía.

Introducción

El uso del homoinjerto en el tratamiento quirúrgico de las cardiopatías congénitas tuvo su inicio en la década de 60, con Rastelli et al (1964) y Ross y Somerville (1966). En los años iniciales, la alta tasa de calcificación y estenosis del injerto provocó la búsqueda de diferentes combinaciones de materiales para las cirugías de reconstrucción¹.

A partir de la década de 80, con el mejoramiento de las técnicas de preparación y conservación, el homoinjerto se volvió el material de elección en varios servicios¹. A pesar de eso, la literatura aun ha mostrado la necesidad de intercambio quirúrgico por la ocurrencia de estenosis o insuficiencia de la prótesis.

El servicio de cirugía cardíaca pediátrica de la Santa Casa de Curitiba utiliza, desde la década de 90, el homoinjerto pulmonar o aórtico en la corrección de cardiopatías congénitas, obteniendo buen resultado.

La reconstrucción de la vía de salida del ventrículo derecho con homoinjerto pulmonar tendría mejor evolución en medio y largo plazo.

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de diversos factores de riesgo reconocidos en la literatura para la ocurrencia de disfunción del homoinjerto en una muestra de pacientes operados con injerto desarrollado en nuestro medio.

Material y métodos

Para este estudio, se evaluó 92 pacientes, operados en el período de 1998-2005, que utilizaron homoinjerto del tipo pulmonar criopreservado en la reconstrucción de la vía de salida del ventrículo derecho, o en la sustitución de un heteroinjerto colocado en esta posición en cirugía previa.

El homoinjerto pulmonar criopreservado fue provisto por el Banco de Válvulas Cardíacas Humanas de la Santa Casa de Curitiba.

Fueron excluidos de este estudio los pacientes que usaron el homoinjerto pulmonar en la reconstrucción del tracto de salida izquierdo, como en las cirugías de Norwood y en la interrupción del arco aórtico o en las cirugías de anastomosis cavopulmonar. Además de aquellos con datos incompletos en sus historias clínicas.

En sus historias clínicas, fueron colectados los datos referentes al sexo, tipo de cardiopatía, presencia de alteración

Correspondencia: Andréa Weirich Lenzi •

Rua Vicente Machado, 690/03 - Batel - 80420-011 - Curitiba, PR - Brasil
E-mail: andreawlenzi@yahoo.com.br

Artículo recibido en 20/05/09; revisado recibido en 18/02/10; aceptado en 12/03/10.

del árbol pulmonar, tipo sanguíneo, edad en la primera consulta y en el momento de la cirugía, cirugía previa, el tiempo de control ambulatorio y resultado de exámenes realizados en la institución, como ecocardiograma Doppler color y cateterismo cardíaco.

Los datos de la parte quirúrgica analizados fueron: tamaños de homoinjerto, tipo sanguíneo donante, valor Z de la válvula pulmonar, la manutención de la integridad del homoinjerto, el tiempo de extracorpórea y el tiempo de clampeo aórtico. Los datos del postoperatorio fueron: las interurrencias durante la permanencia en la unidad de terapia intensiva y la ocurrencia de óbito en el post operatorio inmediato.

El valor Z de la válvula pulmonar relaciona el tamaño del homoinjerto en milímetros con la superficie corporal del paciente. El valor Z de la válvula pulmonar igual a cero significa el tamaño ideal del homoinjerto para la superficie corporal del paciente. Los valores negativos y positivos significan una desviación-estándar para más o para menos del valor ideal.

La integridad del homoinjerto pulmonar puede ser alterada por el cirujano, disminuyéndolo el tamaño del anillo valvular, retirando una de las cúspides o sustituyéndolo las cúspides por una monocúspide de homoinjerto, o otro material.

Las cirugías fueron realizadas por el mismo equipo quirúrgico, y algunos pacientes, antes de la cirugía de corrección total, necesitaron cirugías paliativas.

Del control ambulatorio, se analizó la insuficiencia o la estenosis pulmonar, medidas por medio de exámenes ecocardiográficos y clasificados en leve, moderada y grave. La insuficiencia o estenosis grave del homoinjerto fue designada como disfunción.

La insuficiencia grave fue considerada como regurgitación que abarca totalmente el diámetro del anillo pulmonar y con reflujo diastólico en el Doppler color en ramas de las arterias pulmonares. La estenosis grave fue considerada como un gradiente sistólico instantáneo y máximo en el Doppler mayor que 50 mmHg.

La existencia de reflujo de discreta inclusión del anillo se definió como insuficiencia pulmonar leve. La insuficiencia pulmonar moderada fue definida cuando había regurgitación de cerca de mitad del diámetro del anillo valvular con reflujo diastólico en el Doppler color en tronco de la arteria pulmonar. La estenosis pulmonar leve fue considerada en la presencia de gradiente sistólico pulmonar instantáneo máximo en el Doppler menor que 30 mmHg y moderada entre 30-50 mmHg.

Se consideró como falla del homoinjerto la necesidad de intercambio del homoinjerto pulmonar por vía quirúrgica debido a su disfunción (insuficiencia o estenosis severa).

Para la comparación de las curvas de tiempo hasta la ocurrencia de disfunción de homoinjerto, fue usado el test de *Log-rank*. Los casos que hasta la última evaluación ecocardiográfica no habían presentado disfunción del homoinjerto fueron considerados censurados. En el análisis univariado, fueron analizadas las variables sexo, edad a la época de la cirugía, tipo de cardiopatía, tamaño de homoinjerto, valor Z de la válvula pulmonar, compatibilidad sanguínea, alteración de la anatomía del árbol pulmonar,

cirugía previa, tiempo de extracorpórea y tiempo de clampeo aórtico.

Para evaluación conjunta de factores, fue ajustado un modelo de Regresión de Cox y estimados los valores de riesgo relativo e intervalos de 95,0% de confianza. Curvas de Kaplan-Meier fueron construidas para presentar las curvas de tiempo para la disfunción de homoinjerto. Valores de $p < 0,05$ indicaron significación estadística. Los datos fueron organizados en planilla Excel y analizados con el uso del programa computacional *Statistica* v.8.0.

Resultados

Se analizaron los historias clínicas de los 92 pacientes sometidos a corrección quirúrgica de la cardiopatía con utilización de homoinjerto pulmonar criopreservado en el tracto de salida del ventrículo derecho.

La edad media de los pacientes en la primera consulta fue de $14,3 \pm 4,2$ meses. Cuarenta pacientes fueron atendidos en el primer mes de vida y 66 durante el primer año de vida. De los pacientes, 56% eran del sexo femenino.

Las cardiopatías están relacionadas en la Tabla 1. Los pacientes con tetralogía de Fallot, que utilizaron el homoinjerto pulmonar, fueron los que tenían agenesia de la válvula pulmonar o con hipoplasia de anillo y tronco pulmonar.

El tiempo de control ambulatorio de esos pacientes fue de $106 \pm 62,7$ meses, con mediana de 89 meses, variando de 24 meses a 272 meses.

La edad media de los pacientes en el momento de la cirugía de corrección de la cardiopatía fue de $40,3 \pm 42,3$ meses, con mediana de 22 meses, variando de 1 mes a 157 meses. Treinta por ciento de la muestra (28 casos) operaron abajo de un año de edad, habiendo variación en las edades de corrección total según la cardiopatía.

En 8 pacientes, se realizó el intercambio de un tubo de pericardio bovino colocado en cirugía previa por un

Tabla 1 - Tabla con los tipos de cardiopatías, número de pacientes, edad de la primera consulta y edad de la realización de la cirugía de corrección total

Cardiopatía	Número de pacientes	Edad primera consulta, en meses (mediana)	Edad de la cirugía de corrección, en meses (mediana)
Atresia pulmonar + CIV	26	4	23
Tetralogía de Fallot	24	15 *	21,5
Truncus arteriosus	17	2	3
TGA + CIV y EPV	16	1,5	41,5
TGA corregida + CIV + EPV	6	15,5*	61,5
Estenosis pulmonar valvular	3	0,5	132

CIV - comunicación interventricular; TGA - transposición de las grandes arterias; EPV - estenosis pulmonar valvular; (*) algunos pacientes son encaminados al servicio con mayor edad, después de cirugía paliativa u observación clínica.

Artículo Original

homoinjerto pulmonar, en media $110,5 \pm 24,3$ meses después de la cirugía inicial.

En 46,0% de los pacientes, el árbol pulmonar mostraba alteraciones como estenosis de rama, ausencia de rama, ramas pulmonares aneurismáticas o presencia de efectos colaterales sistémicos pulmonares.

El homoinjerto pulmonar utilizado en las cirugías varió su tamaño de 12 a 26 mm, con media de $21,5 \pm 3,2$ mm y mediana de 22 mm. El valor Z de la válvula pulmonar varió de menos uno a 5, con media de $2,8 \pm 1,4$ y mediana de 3. Cincuenta y siete por ciento de los homoinjertos tuvieron su valor Z entre 0 y más 3.

La integridad del homoinjerto pulmonar en la colocación varió según el paciente. En 11 casos (12,0% de la muestra), hubo alteración del homoinjerto pulmonar para su mejor adaptabilidad: 9 casos utilizaron una monocúspide del homoinjerto y dos casos una monocúspide de goretex.

En 47 pacientes, se utilizó un techo, de hemashield o pericardio bovino, para hacer la ligazón del ventrículo derecho con el homoinjerto pulmonar. En 30,0% de los pacientes, hubo compatibilidad sanguínea entre el donante del homoinjerto y el receptor.

En 56,0% de los pacientes, el tiempo de extracorpórea estuvo encima de los 120 minutos, con media de $135 \pm 44,6$ minutos. En 62,0% de los casos, el tiempo clampeo de aorta se mantuvo encima de 80 minutos, con media de $99,5 \pm 34,2$ minutos.

Hubo 17 casos de óbito precoz, 11 de estos por falla de múltiples órganos y de los óbitos tardíos.

La disfunción del homoinjerto pulmonar en la evaluación ambulatoria se presentó en 13 pacientes (17,0% de la muestra) y, de estos, 5 fueron sometidos a intercambio quirúrgico del homoinjerto.

Diez pacientes presentaban estenosis grave del homoinjerto pulmonar con gradiente sistólico medio 67 ± 22 mmHg, variando de 50 mmhg a 127 mmHg, y tres pacientes tenían insuficiencia pulmonar grave.

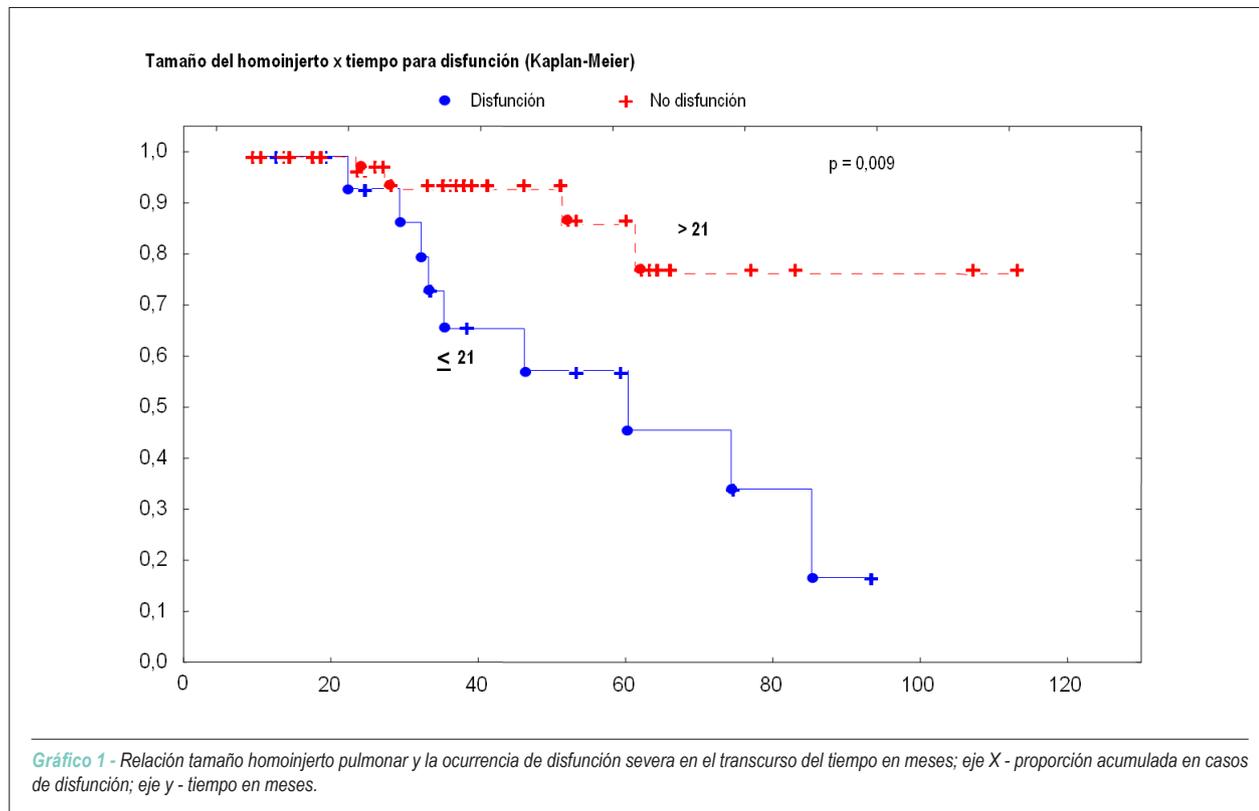
Para los pacientes con disfunción del homoinjerto, el tiempo de la cirugía hasta la ocurrencia de la disfunción fue en media $45,4 \pm 20,3$ meses con mediana de 36 meses, variando de 7 a 86 meses.

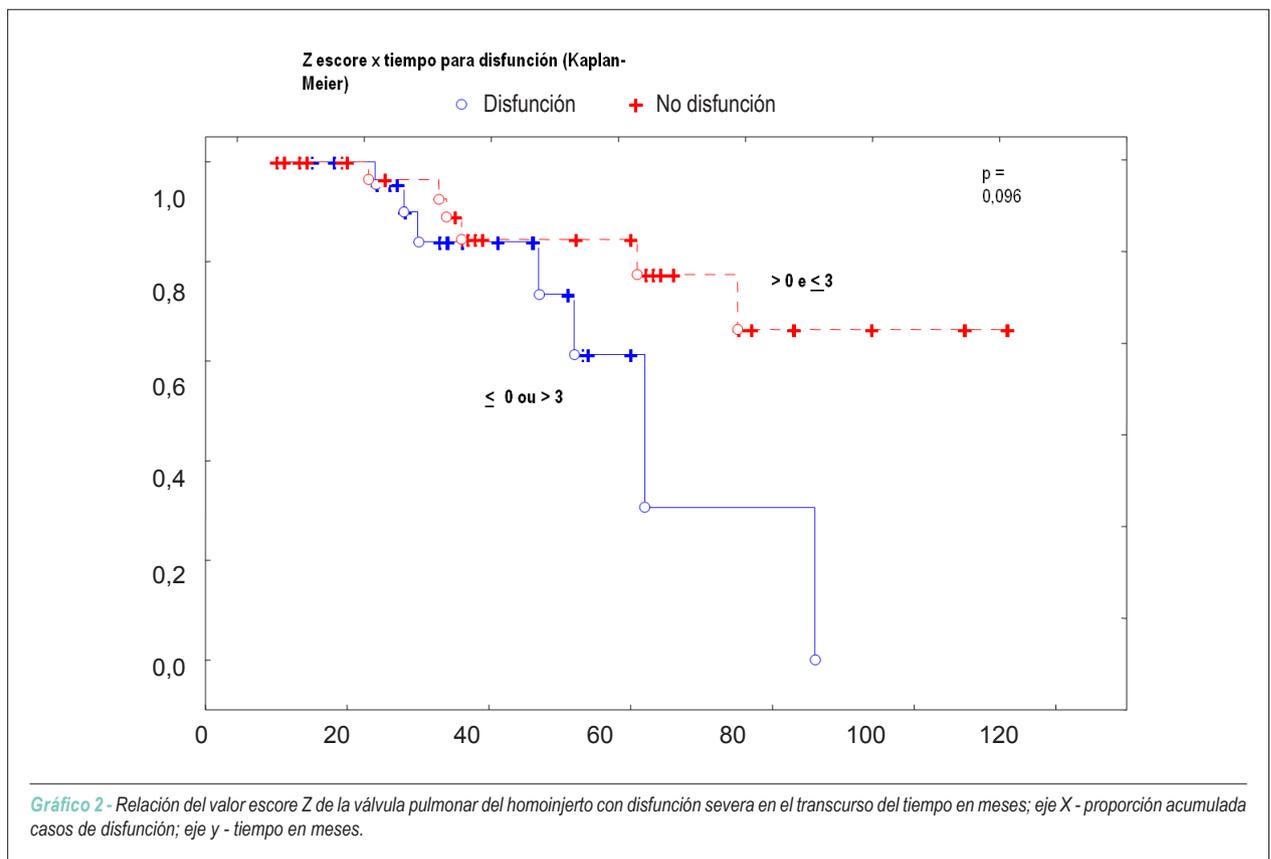
Para tres años, la sobrevida libre de disfunción fue de 90,0%, para 5 años, fue de 84,0% y, para 7 años, fue de 80,0%. La sobrevida libre de intercambio quirúrgico del homoinjerto fue, para 3 años, de 96,0%, para 5 años, fue de 94,0% y para 7 años de 93,0%.

Apenas el tamaño del homoinjerto, igual o menor que 21 mm, estuvo implicado en la disfunción grave del homoinjerto, teniendo una sobrevida libre de disfunción en 5 años de 45,0% para este tamaño, y de 80,0% para los homoinjertos encima de 21 mm ($p = 0,009$) (Gráfico 1).

El valor Z de la válvula pulmonar reveló que, para las medidas entre cero y más tres, la tasa para ocurrencia de disfunción en 5 años fue de 22,0%, y, para las medidas abajo de cero o encima de más tres, fue 65,0% ($p = 0,09$) (Gráfico 2).

En la regresión Cox, la variable implicada en la disfunción del homoinjerto fue el tamaño, donde el homoinjerto con





tamaño menor o igual a 21 mm tuvo riesgo 3,7 veces mayor que la disfunción del homoinjerto encima 21 mm (Tabla 2).

Discusión

En los últimos años, el servicio de cirugía cardíaca del Hospital Pequeno Príncipe de Curitiba optó por el empleo del homoinjerto pulmonar para reconstrucción del tracto de salida del ventrículo derecho debido a sus ventajas técnicas y a los buenos resultados clínicos y quirúrgicos de pacientes ya operados^{2,3}.

La opción de ese servicio por el uso del homoinjerto pulmonar, en tal posición, está basada en estudios que muestran que el homoinjerto aórtico en posición pulmonar presenta mayor índice de calcificación debido a su composición rica en elastina⁴⁻¹⁵.

Del punto de vista quirúrgico, el homoinjerto pulmonar está disponible en tamaños pequeños, tiene mayor capacidad

hemostática, mayor maleabilidad y facilidad de manejo para el cirujano, sus ramas pueden ser usados para ampliación de áreas estenóticas en las arterias pulmonares, no precisa anticoagulación crónica, presenta mayor resistencia a la endocarditis y posee una potencial viabilidad para la segunda reparación^{5,7,10,11,15-18}.

En la mayoría de los casos, el deterioro del homoinjerto acontece por estenosis debido a la calcificación¹. La tasa de falla del homoinjerto varía según el estudio, siendo, en 5 años, entre 10,0-40,0%^{5,14} de los homoinjertos implantados y, en 10 años, entre 46,0-65,0%^{4,7}.

De los factores de riesgo implicados en el deterioro del homoinjerto, el tipo de cardiopatía es uno de ellos. Forbess et al¹⁹, Bando et al⁹ y Dearanie et al⁴ encontraron una mayor tasa de falla del homoinjerto asociado a cardiopatías como *truncus arteriosus*, transposición de las grandes arterias con estenosis pulmonar y doble vía de salida del ventrículo derecho, mientras tanto, en este estudio, no hubo correlación de la durabilidad del homoinjerto con el tipo de cardiopatía.

En la edad joven, la colocación del homoinjerto es considerada un factor de riesgo para la falla del conducto^{4,5,8,9,12,14,15,18-21}. Los motivos para esto son diversos, y, entre ellos, están el estándar crecimiento acelerado del niño, la utilización de homoinjertos de tamaños menores y la respuesta inmunológica exacerbada en el niño. En nuestro estudio, no hubo diferencia en la durabilidad de los homoinjertos colocados en niños abajo de un año y encima de un año de edad.

Tabla 2 - Variables relacionadas a la disfunción y su riesgo relativo con intervalo de confianza 95,0%

Variable	Valor P	RR	IC 95,0%
Tamaño homoinjerto	0,031	3,7	1,1-12,4
Valor Z de la válvula pulmonar	0,187	2,1	0,7-6,5
Tiempo clampeo	0,367	1,8	0,5-6,7

RR - riesgo relativo; IC - índice confianza.

Uno de los puntos más discutidos es el tamaño del homoinjerto utilizado y su influencia en la durabilidad. El homoinjerto pulmonar de tamaño pequeño es asociado a una mayor tasa de disfunción y de intercambio quirúrgico^{4,5,14,15,18,19,21-24}.

Nuestro trabajo demostró que el uso de homoinjerto pulmonar menor de 21 mm tiene una mayor probabilidad de disfunción, o sea, el homoinjerto abajo de 21 mm tiene 3,7 veces más riesgo de desarrollar disfunción que el de encima de 21 mm. La sobrevida libre de disfunción, en 5 años, para un homoinjerto menor de 21 mm es de 55,0% y, encima de 21 mm, es de 85,0%.

Otros estudios ya habían relatado que el tamaño del homoinjerto es un factor de riesgo para disfunción. Bielefeld et al¹⁵ demostraron que la ocurrencia de disfunción en homoinjerto encima de 20 mm es baja. Razzouk et al²⁴ afirman que homoinjerto encima de 24 mm tiene sobrevida libre de intercambio quirúrgico mayor y Boethige et al²¹ muestran que el homoinjerto abajo de 20 mm es menos durable en niños y desarrolla gradiente de estenosis más rápidamente.

El valor Z pequeño de la válvula pulmonar también es implicado en la disfunción del homoinjerto^{7,8,20}. La tasa mayor de disfunción en nuestro estudio fue para un valor Z abajo de cero y encima de más tres, en fin, los mejores resultados fueron obtenidos cuando el tamaño de la válvula pulmonar quedó entre el valor Z cero y más tres. Así siendo, algunos centros, incluyendo nuestro Servicio, han utilizado un homoinjerto de mayor número posible para el niño, en la tentativa de compensar su crecimiento natural con una válvula de mayor tamaño y disminuir la incidencia de disfunción y intercambio quirúrgico^{7,14,20,21,25,26}.

En este trabajo, otros factores de riesgo para disfunción de la prótesis, conocidos en la literatura como compatibilidad sanguínea entre donante y receptor, alteración de la anatomía del árbol pulmonar, cirugía cardíaca con ampliación previa, utilización del homoinjerto íntegro o la sustitución de una de sus partes, sexo del paciente, tiempo de extracorpórea y la edad a la cirugía no tuvieron influencia en la durabilidad del homoinjerto.

Conclusión

La utilización del homoinjerto pulmonar para ampliación del tracto de salida del ventrículo derecho presenta buenos resultados, con una tasa de disfunción de 17,0% de los casos. Este estudio mostró menor posibilidad de disfunción con implante de un homoinjerto pulmonar encima de 21 mm y un valor Z de la válvula pulmonar comprendido entre cero y más tres.

Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

Fuentes de Financiamiento

El presente estudio no tuvo fuentes de financiamiento externas.

Vinculación Académica

Este artículo es parte de tesis de maestría de Andréa Weirich Lenzi por la Pontificia Universidade Católica de Paraná.

Referencias

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 homoinjertos 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 homoinjertos 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 DI, 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. Caldaroni 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 WC, Razzouk AJ, Tusler GA, Rebecky 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. Tabete 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, Jagggers 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 DCColes 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.