

Original

Cirugía de la transposición de las grandes arterias en periodo neonatal

Francisco Vera^{a,*}, Esteban Sarria^a, Almudena Ortiz^b y Enrique Ruiz^a^a Servicio de Cirugía Cardiovascular. Hospital Materno Infantil (Hospital Regional Universitario), Málaga, España^b Servicio de Cardiología Pediátrica. Hospital Materno Infantil (Hospital Regional Universitario), Málaga, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 21 de septiembre de 2020

Aceptado el 16 de octubre de 2020

On-line el 28 de diciembre de 2020

Palabras clave:

Transposición de grandes arterias

Switch arterial

Cardiopatía congénita

Anomalía de Taussig-Bing

Coartación de aorta

RESUMEN

Introducción y objetivos: La transposición de grandes arterias (D-TGA) es una de las cardiopatías congénitas más frecuentes. La aparición del *switch* arterial supuso un antes y un después en el manejo de esta patología. Hoy en día es una técnica estandarizada y con excelentes resultados. En este estudio buscamos analizar el estado actual de la cirugía de D-TGA en periodo neonatal mediante revisión de nuestra experiencia.

Métodos: Estudio observacional retrospectivo. Se incluyó a los pacientes intervenidos mediante *switch* arterial en nuestro centro entre enero de 2007 y septiembre de 2020.

Resultados: Setenta y cuatro pacientes intervenidos. La mortalidad global fue del 10,8% (15,6% en 2007-2012 y 7,1% en 2013-2020). El 44,6% de los pacientes presentaban D-TGA compleja. La presencia de patrones coronarios anómalos, lesiones asociadas o cirugía tardía no elevó significativamente la mortalidad. El tiempo de estancia en cuidados intensivos y hospitalario (mediana + rango intercuartílico) fue de 10 (7-17) y 20 (14-30) días, respectivamente.

Con un seguimiento medio de $5,3 \pm 3,75$ años, la supervivencia fue del 100%. La supervivencia libre de reintervención fue de 87,6% a 10 años. La tasa de reintervención fue mayor ($p < 0,01$) en los pacientes con anomalía de Taussig-Bing o coartación de aorta.

Conclusiones: El *switch* arterial se considera de elección para el tratamiento de la D-TGA en periodo neonatal, por sus buenos resultados perioperatorios y a largo plazo. Los pacientes sometidos a esta técnica pueden requerir reintervenciones, fundamentalmente por obstrucción del tracto de salida de ventrículo derecho o patología de la válvula y la raíz neoaórtica.

© 2020 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Surgery of the transposition of great arteries in the neonatal period

A B S T R A C T

Keywords:

Transposition of the great arteries

Arterial switch operation

Congenital heart disease

Taussig-Bing anomaly

Coarctation of the aorta

Introduction: Transposition of the great arteries (D-TGA) is one of the most common congenital heart diseases. The development of the arterial switch operation supposed a great achievement in the management of this pathology. Today it is a standardized technique with excellent results. In this study we seek to analyze the current status of the surgery for D-TGA in the neonatal period by reviewing our experience.

Methods: Retrospective observational study. We included all patients who underwent arterial switch operation in our center between January 2007 and September 2020.

Results: 74 patients underwent arterial switch operation. Overall mortality was 10.8% (15.6% in 2007-2012 and 7.1% in 2013-2020). 44.6% of the patients presented complex D-TGA. The presence of abnormal coronary patterns, associated malformations, or late surgery did not significantly increase mortality. The length of stay in ICU and hospital (median + interquartile range) was 10 (7-17) and 20 (14-30) days respectively.

During the follow up period (mean follow-up of 5.3 ± 3.75 years) survival rate was 100%. Reoperation-free survival was 87.6% at 10 years. Reoperation rate was higher ($p < 0.01$) in patients with Taussig-Bing anomaly or coarctation of the aorta.

Conclusions: The arterial switch operation is considered of choice for the treatment of D-TGA in the neonatal period, due to its good perioperative and long-term results. These patients may require reinterventions, mainly due to right ventricular outflow tract obstruction and pathology of the neo-aortic valve and root.

© 2020 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fran-vera@hotmail.com (F. Vera).

Introducción

La transposición de grandes arterias (D-TGA) es la cardiopatía congénita cianósante más frecuente¹. Se caracteriza por una discordancia ventrículo-arterial con concordancia aurículo-ventricular. Representa el 5-7%² de todas las cardiopatías congénitas y su incidencia en España es de 4,9: 10.000 recién nacidos vivos³. Es más frecuente en varones (2:1) y rara vez se relaciona con cromosomopatías, aunque sí está asociada a otras malformaciones cardíacas (comunicación interventricular, obstrucción del tracto de salida de ventrículo derecho y coartación de aorta)⁴. Hasta la aparición de la corrección anatómica⁵ (*switch* arterial), las técnicas previamente descritas^{6,7} corregían la cianosis a expensas de transformar el ventrículo morfológicamente derecho en el ventrículo sistémico, lo que generaba problemas de disfunción ventricular e insuficiencia cardíaca progresivas y arritmias auriculares en la evolución⁸. Hoy en día, el *switch* arterial es la técnica de elección para el tratamiento de la D-TGA, por su reproducibilidad y sus excelentes resultados postoperatorios y a largo plazo.

Métodos

Pacientes

Realizamos un estudio retrospectivo en el que se incluyó a los pacientes portadores de D-TGA que fueron intervenidos mediante *switch* arterial en nuestro centro, entre enero de 2007 y septiembre de 2020. Se midieron variables preoperatorias, así como los resultados en el postoperatorio inmediato. Se evaluó el estado de los pacientes en el seguimiento mediante revisión de historias clínicas y pruebas de imagen realizadas. Los datos se trataron de forma anónima.

Técnica quirúrgica

Todos los pacientes se sometieron a una cirugía de *switch* arterial estándar^{4,9}. La transferencia coronaria se llevó a cabo mediante «*trapdoor*» en ambos senos de Valsalva de la raíz neo-aórtica (fig. 1), procurando situar la anastomosis coronaria derecha en una posición más craneal que la izquierda. Se empleó rutinariamente la maniobra de Lecompte¹⁰, salvo en dos pacientes con disposición de los grandes vasos «lado a lado» en los que no fue posible. Los casos de coronaria izquierda con trayecto intramural se resolvieron mediante desinserción de la comisura aórtica, separación de ambos ostium coronarios en dos botones independientes y «*unroofing*» del ostium coronario izquierdo¹¹. La arteria neopulmonar se reconstruyó con pericardio autólogo fresco en el 57% de los pacientes y con pericardio autólogo tratado mediante glutaraldehído en el 43% restante.

Para el manejo de las lesiones asociadas, se utilizó pericardio bovino, en caso de existir comunicación interventricular (CIV) y pericardio autólogo tratado con glutaraldehído en la reconstrucción

Tabla 1

Características basales de los pacientes

Edad (días)	9 (6-19)
Sexo	
Hombre	45 (60,8%)
Mujer	29 (39,2%)
Peso (kg)	3,4 ± 0,5
Semana de gestación	39 (39-40)
Diagnóstico prenatal	25 (33,8%)
Saturación basal (%)	80 (70-85)
Atrioseptostomía (Rashkind)	39 (52,7%)
Hipertensión pulmonar	8 (10,8%)
Vasodilatadores pulmonares preoperatorios	9 (12,2%)
Ventilación mecánica preoperatoria	32 (43,2%)
D-TGA septo íntegro mayor de 21 días de vida	6 (8,1%)
ECMO preoperatorio	2 (2,7%)
D-TGA simple	41 (55,4%)
D-TGA + CIV	22 (29,7%)
D-TGA + CIV + coartación de aorta	11 (14,9%)

Edad, semana de gestación al nacimiento y saturación basal: mediana (rango intercuartílico); peso: media ± desviación típica.

CIV: comunicación interventricular. D-TGA: D-transposición de grandes arterias. ECMO: oxigenador de membrana extracorpórea.

de la aorta. La cirugía sobre el arco aórtico se realizó en hipotermia a 26 °C y bajo perfusión cerebral selectiva a través del tronco braquiocefálico.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa SPSS versión 24 (IBM Corp. Released 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Versión 24.0. Armonk, NY: IBM Corp). Los estadísticos descriptivos utilizados fueron la media ± desviación típica o mediana + rango intercuartílico en las variables continuas y la frecuencia y el porcentaje para las variables discretas. El contraste de hipótesis entre grupos se realizó mediante *t* de Student y *U* de Mann-Whitney en variables continuas y mediante χ^2 y test exacto de Fisher para las variables categóricas. Los resultados en el seguimiento de los pacientes se analizaron mediante curvas de supervivencia de Kaplan-Meier. Para todos los test, el nivel de significación estadística se estableció a partir de una *p* < 0,05.

Resultados

Un total de 74 pacientes con D-TGA fueron intervenidos en nuestro centro durante el periodo del estudio. Las características basales se muestran en la tabla 1.

En un 33,8% de los pacientes, se había realizado diagnóstico prenatal. El 57,7% de los pacientes se sometieron a atrioseptostomía de Rashkind preoperatoria. Seis pacientes (8,1%) presentaban D-TGA con tabique interventricular íntegro y más de tres semanas de vida al diagnóstico. El 44,6% presentaba lesiones asociadas (D-TGA compleja): comunicación interventricular en el 29,7% de los casos y CIV + coartación de aorta en el 14,9% de los casos.

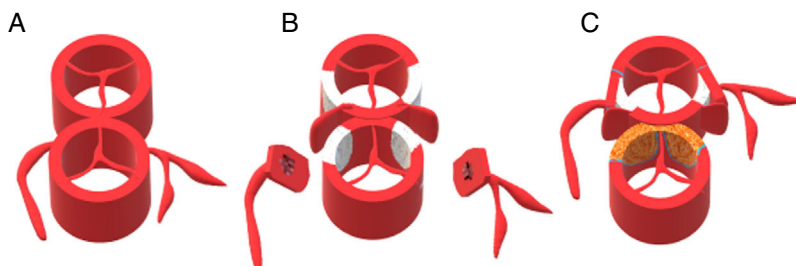


Figura 1. Técnica de *trapdoor*. Se extraen los botones coronarios de su posición original (A) y se realizan dos cortes en «J» en los senos de Valsalva neo-aórticos (B). A continuación, se reimplantan las coronarias en su seno correspondiente. La neoarteria pulmonar se reconstruye con pericardio autólogo (C).

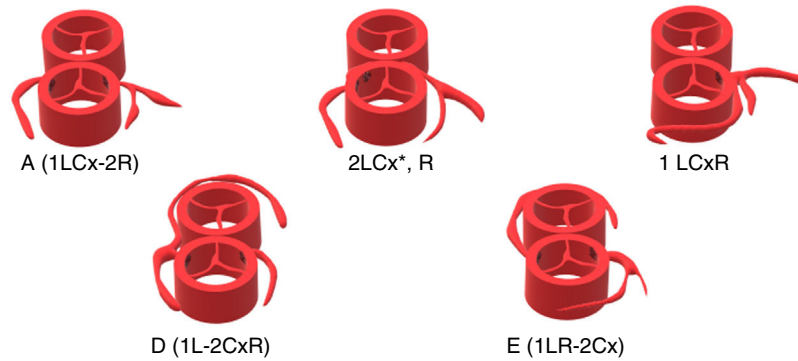


Figura 2. Patrones coronarios observados.

Tabla 2
Hallazgos intraoperatorios

<i>Aristotle comprehensive score</i> ¹²	12 (11-14)
<i>Patrón coronario</i> ^{13,14}	
Yacoub A (1LCx-2R)	47 (63,5%)
Yacoub D (1L-2CxR)	20 (27%)
2LCx*, R	3 (4,1%)
Coronaria única (1 LCxR)	2 (2,7%)
Yacoub E (1LR-2Cx)	2 (2,7%)
<i>Taussig-Bing</i>	4 (5,4%)
<i>Trayecto intramural</i>	3 (4,1%)
<i>Cardioplejía</i>	
Hemática 4:1	36 (48,6%)
HTK	38 (51,4%)
<i>Tiempo de circulación extracorpórea</i>	192 ±53
<i>Tiempo de clampaje aórtico</i>	103 ±36

Aristotle comprehensive score: mediana (rango intercuartílico); tiempo de circulación extracorpórea y tiempo de clampaje: media ± desviación típica. Cx: arteria circunfleja. HTK: histidina-triptófano-cetoglutarato. L: arteria descendente anterior. R: arteria coronaria derecha.

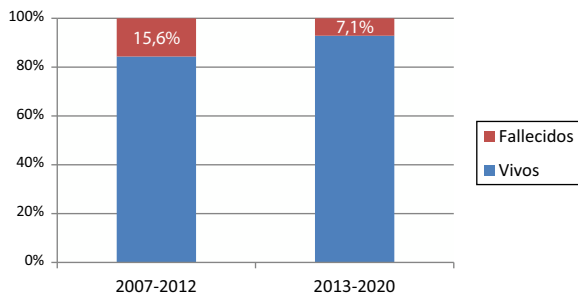


Figura 3. Distribución de la mortalidad por periodos.

Los hallazgos intraoperatorios se resumen en la tabla 2. La fig. 2 muestra los patrones coronarios observados.

La mortalidad hospitalaria en nuestra serie fue de ocho pacientes (10,8%). La causa de la muerte fue por fenómenos isquémicos en un 50% de los pacientes y por síndrome de respuesta inflamatoria sistémica en un 25%. La fig. 3 muestra la distribución de la mortalidad durante el periodo de estudio. No se ha encontrado relación estadísticamente significativa entre ninguno de los factores preoperatorios o intraoperatorios analizados y la mortalidad (tabla 3).

En la tabla 4 se resumen las complicaciones durante el postoperatorio inmediato.

La mediana de estancia en UCI fue de 10 días (rango intercuartílico: 7-17). La estancia hospitalaria mediana fue de 20 días (rango intercuartílico: 14-30). La mediana de tiempo de ventilación mecánica fue de cinco días (rango intercuartílico: 3-7). Ningún paciente presentó infección profunda de la herida quirúrgica.

Tabla 3
Mortalidad según subgrupos

D-TGA septo íntegro mayor de 21 días de vida	0%
<i>Tipo</i>	
D-TGA simple	5 (12,2%)
D-TGA + CIV	2 (9,1%)
D-TGA + CIV + coartación de aorta	1 (9,1%)
<i>Patrón coronario</i>	
Yacoub A (1LCx-2R)	3 (6,4%)
Coronaria única (1 LCxR)	1 (50%)
2LCx*, R	1 (33,3%)
Yacoub D (1L-2CxR)	2 (10%)
Yacoub E (1LR-2Cx)	1 (50%)

Cx: arteria circunfleja. CIV: comunicación interventricular. D-TGA: D-transposición de grandes arterias. L: arteria descendente anterior. R: arteria coronaria derecha.

Tabla 4
Morbilidad postoperatoria

Cierre diferido de tórax	45 (60,8%)
Parada cardiopulmonar recuperada	10 (13,5%)
ECMO postoperatorio	1 (1,4%)
Complicaciones neurológicas	8 (10,8%)
Reintervención por sangrado	1 (1,4%)
Diálisis peritoneal	33 (44,6%)
Ventilación mecánica > 48 h	64 (86,5%)
Disfunción ventricular izquierda (transitoria)	15 (20,3%)
Sepsis	11 (14,9%)
Infección del tracto urinario	5 (6,8%)
Neumonía asociada a ventilación mecánica	2 (2,7%)
Infección superficial de la herida quirúrgica	8 (10,8%)
Quilotórax	6 (8,1%)
Parálisis diafragmática	3 (4,1%)
Arritmias	28 (37,8%)
Marcapasos definitivo	2 (2,7%)

ECMO: oxigenador de membrana extracorpórea.

En cuanto al seguimiento a largo plazo (seguimiento completo en el 94% de los pacientes, media 5,3 ± 3,75 años), ningún paciente falleció. El 87,6% de los pacientes se encontraban libres de reintervención (quirúrgica o percutánea) a los 10 años (fig. 4). Los pacientes con CIV + coartación de aorta o anomalía de Taussig-Bing presentaron mayor necesidad de reintervención que el resto de pacientes evaluados (66,7 y 50% libres de reintervención respectivamente, p < 0,01). Los procedimientos realizados fueron: angioplastia con balón en dos pacientes con recoartación de aorta (20% de los pacientes con ampliación del arco aórtico), implante de *stent* en la arteria pulmonar izquierda en un paciente (1,5%), sustitución valvular aórtica en un paciente (1,5%) y reparación de estenosis subaórtica en un paciente (1,5%). El 16,7% de los pacientes tenían un gradiente máximo en el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) superior a 25 mmHg. Un 7,6% de los pacientes presentaba insuficiencia aórtica, al menos moderada. El diámetro medio de la raíz neo-aórtica fue de 21,6 ± 5 mm (Z score 2,24 ±

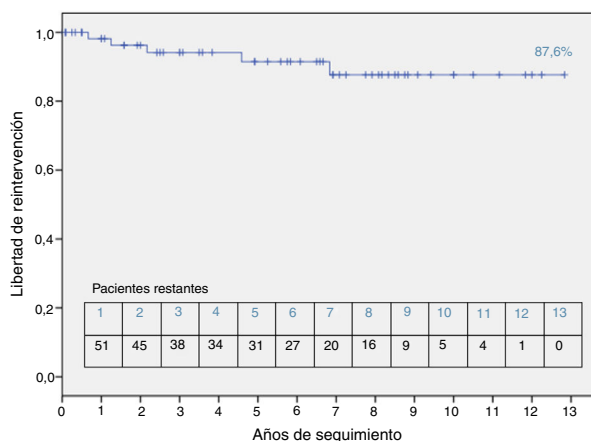


Figura 4. Libertad de reintervención.

1,9). Cuatro pacientes (13,8% de los pacientes con CIV) tenían una CIV residual no significativa. Se realizó tomografía axial computarizada para valoración de las arterias pulmonares en nueve casos (13,8%) y gammagrafía de ventilación/perfusión pulmonar en dos casos (3,7%). Ningún paciente ha presentado eventos coronarios en el seguimiento.

Discusión

Actualmente, la técnica del *switch* arterial se encuentra muy estandarizada y la mayoría de centros con alto volumen presentan tasas muy bajas de mortalidad (2-5%)¹⁵. En nuestro estudio, la mortalidad hospitalaria es algo superior a la de otras series publicadas⁹. Al dividirla en dos periodos quirúrgicos, observamos una menor mortalidad en el segundo periodo (7,1%), aunque esta diferencia no ha resultado ser significativa ($p = 0,24$). El porcentaje de pacientes con D-TGA compleja (44,6%) es también mayor al de otras series^{16,17}. En otros trabajos se describen factores de riesgo asociados a mortalidad hospitalaria^{16,17}, como los patrones coronarios anómalos, la presencia de otras malformaciones cardíacas o la cirugía de *switch* arterial sobre D-TGA con septo íntegro transcurridas más de tres semanas desde el nacimiento¹⁸. Ninguno de estos factores ha demostrado incrementar significativamente la mortalidad en nuestra serie.

En cuanto al seguimiento, nuestro estudio muestra resultados similares a los ya publicados (87,6% de libertad de reintervención a los 10 años)¹⁹. Los pacientes que han presentado tasas de reintervención significativamente mayores han sido los que asociaban coartación de aorta + CIV (66,7% libres de reintervención) o anomalía de Taussig-Bing (50% libres de reintervención). Estos datos son concordantes con la literatura existente²⁰.

Estenosis del TSVD

Laestenosis del tracto de salida del ventrículo derecho es la causa más frecuente de reintervención en los pacientes operados de *switch* arterial²¹. La localización más habitual suele ser la anastomosis entre la neoarteria pulmonar y las ramas pulmonares. Se postulan como posibles causas el bajo potencial de crecimiento del pericardio autólogo, utilizado para la reconstrucción y la distorsión producida por la neoarteria sobre la bifurcación pulmonar secundaria a la maniobra de Lecompte²². En nuestra serie, el 16,7% de los pacientes presentaba estenosis significativa del TSVD, cifras similares a las de otros artículos²³. Sin embargo, la necesidad de reintervención sobre el TSVD ha sido inferior a la de otras publicaciones (1,5%), probablemente debido al menor tiempo de seguimiento de nuestra serie, en comparación con otros estudios.

Dilatación e insuficiencia neoaórtica

Uno de los hallazgos más comunes en la evolución de los pacientes es la aparición de insuficiencia neoaórtica y aneurismas de aorta. Los datos de nuestra serie se corresponden con los descritos por otros autores^{24,25}. En nuestro estudio, el 48,5% de los pacientes presentaba insuficiencia aórtica en el seguimiento, aunque sólo en cinco pacientes, el grado de insuficiencia aórtica era II/IV o mayor. Un paciente requirió cirugía sobre la válvula aórtica. El Z score de la raíz aórtica a nivel de los senos de Valsalva era superior a tres en el 32% de los pacientes. Sin embargo, la progresión de la dilatación aórtica y la necesidad de reintervención en el futuro es todavía incierta. En el estudio de Schwartz et al.²⁶, se objetivó una tendencia a la estabilización en el aumento del diámetro aórtico a partir del décimo año postoperatorio. Se han descubierto distintos factores de riesgo que favorecen la aparición de insuficiencia neoaórtica y aneurismas de aorta, como la realización previa de *banding* de la arteria pulmonar (cirugía en dos tiempos, entrenamiento del ventrículo izquierdo), la asociación con CIV, la obstrucción del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la edad mayor de un año en el momento de la cirugía. El empleo de *trapdoor* de manera sistemática puede tener relación con la dilatación de la neoarteria²⁷, aunque otros estudios no confirman esa hipótesis²⁸.

Lesiones coronarias e isquemia miocárdica

Una causa descrita de mortalidad tardía son los eventos coronarios²⁹. La prevalencia estimada de lesiones coronarias es de un 6-8%³⁰. En nuestra serie, no ha habido fallecimientos durante el periodo de estudio y ningún paciente ha presentado datos de isquemia miocárdica. Sin embargo, dado que estas lesiones pueden ser asintomáticas, se recomienda un seguimiento estrecho de los pacientes y la realización de pruebas de imagen para descartar estenosis coronaria, especialmente cuando existan signos clínicos, electrocardiográficos o ecocardiográficos de isquemia miocárdica o patrones coronarios desfavorables (coronaria intramural, coronaria única)⁴. La reintervención estará indicada cuando exista evidencia de isquemia miocárdica.

El estudio presenta limitaciones, al ser retrospectivo y unicéntrico. Un tiempo de seguimiento mayor permitiría evaluar mejor la aparición de eventos tardíos y necesidad de reintervención.

Conclusiones

El *switch* arterial es actualmente el tratamiento de elección para la D-TGA, por sus buenos resultados postoperatorios inmediatos y a largo plazo. La evolución futura de los pacientes es aún poco conocida, por lo que se requiere un seguimiento estricto para detectar lesiones residuales que deban ser reparadas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Marek J, Tomek V, Škovránek J, Povysilová V, Samánek M. Prenatal ultrasound screening of congenital heart disease in an unselected national population: a 21-year experience. *Heart*. 2011;97:124-30.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Improved national prevalence estimates for 18 selected major birth defects—United States, 1999-2001. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2006;54:1301-5.
- Pérez-Lescure Picarzo J, Mosquera González M, Latasa Zamalloa P, Crespo Marcos D. Incidencia y evolución de las cardiopatías congénitas en España durante 10 años (2003-2012). *An Pediatr (Barc)*. 2018;89:294-301.
- Sarris GE, Balmer C, Bonou P, Comas JV, Da Cruz E, Di Chiara L, et al. Clinical guidelines for the management of patients with transposition of the great arteries with intact ventricular septum. *Cardiol Young*. 2017;27:530-69.

5. Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP, De Sousa L, Neger F, Galantier M, et al. Successful anatomic correction of transposition of the great vessels. A preliminary report. *Arq Bras Cardiol.* 1975;28:461–4.
6. Senning A. Surgical correction of transposition of the great vessels. *Surgery.* 1959;45:966–80.
7. Mustard WT, Chute AL, Keith JD, Sirek A, Rowe RD, Vlad P. A surgical approach to transposition of the great vessels with extracorporeal circuit. *Surgery.* 1954;36:31–51.
8. Carrel T, Pfammatter JP. Complete transposition of the great arteries: surgical concepts for patients with systemic right ventricular failure following intraatrial repair. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;48:224–7.
9. Fricke TA, Konstantinov IE. Arterial Switch Operation: Operative Approach and Outcomes. *Ann Thorac Surg.* 2019;107:302–10.
10. Lecompte Y, Neveux JY, Leca F, Zanini L, Tu TV, Dubois Y, et al. Reconstruction of the pulmonary outflow tract without prosthetic conduit. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1982;84:727–33.
11. Asou T, Karl TR, Pawade A, Mee RB. Arterial switch: translocation of the intramural coronary artery. *Ann Thorac Surg.* 1994;57:461–5.
12. Lacour-Gayet F, Clarke D, Jacobs J, Daebritz S, Daenen W, Gaynor W, et al. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25:911–24.
13. Yacoub MH, Radley-Smith R. Anatomy of the coronary arteries in transposition of the great arteries and methods for their transfer in anatomical correction. *Thorax.* 1978;33:418–24.
14. Gittenberger-de Groot AC, Koenraadt WMC, Bartelings MM, Bökenkamp R, DeRuiter MC, Hazekamp F M.G., et al. Coding of coronary arterial origin and branching in congenital heart disease: The modified Leiden Convention. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;156:2260–9.
15. Fricke TA, D'Udekem Y, Richardson M, Thuys C, Dronavalli M, Ramsay JM, et al. Outcomes of the arterial switch operation for transposition of the great arteries: 25 years of experience. *Ann Thorac Surg.* 2012;94:139–45.
16. Tamisier D, Ouaknine R, Pouard P, Mauriat P, Lefebvre D, Sidi D, et al. Neonatal arterial switch operation: coronary artery patterns and coronary events. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997;11:810–7.
17. Sarris GE, Chatzis AC, Giannopoulos NM, Kirvassilis G, Berggren H, Hazekamp M, et al. The arterial switch operation in Europe for transposition of the great arteries: a multi-institutional study from the European Congenital Heart Surgeons Association. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132:633–9.
18. Duncan BW, Poirier NC, Mee RB, Drummond-Webb JJ, Qureshi A, Mesia Ci, et al. Selective timing for the arterial switch operation. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:1691–7.
19. Lalezari S, Bruggemans EF, Blom NA, Hazekamp MG. Thirty-year experience with the arterial switch operation. *Ann Thorac Surg.* 2011;92:973–9.
20. Lim HG, Kim WH, Lee JR, Kim YJ. Long-term results of the arterial switch operation for ventriculo-arterial discordance. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;43:325–34.
21. Haas F, Wottke M, Poppert H, Meisner H. Long-term survival and functional follow-up in patients after the arterial switch operation. *Ann Thorac Surg.* 1999;68:1692–7.
22. Rodríguez Puras MJ, Cabeza-Letrán L, Romero-Vazquianez M, Santos de Soto J, Hosseinpour R, Gil Fournier M, et al. Mid-term morbidity and mortality of patients after arterial switch operation for transposition of the great arteries. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2014;67:181–8.
23. Oda S, Nakano T, Sugiura J, Fusazaki N, Ishikawa S, Kado H. Twenty-eight years' experience of arterial switch operation for transposition of the great arteries in a single institution. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42:674–9.
24. Von Bernuth G. 25 years after the first arterial switch procedure: mid-term results. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;48:228–32.
25. Hourihan M, Colan SD, Wernovsky G, Maheswari U, Mayer JE Jr, Sanders SP. Growth of the aortic anastomosis, annulus, and root after the arterial switch procedure performed in infancy. *Circulation.* 1993;88:615–20.
26. Schwartz ML, Gauvreau K, Del Nido P, Mayer JE, Colan SD. Long-term predictors of aortic root dilation and aortic regurgitation after arterial switch operation. *Circulation.* 2004;110:II128–33.
27. Formigari R, Toscano A, Giardini A, Gargiulo G, Di Donato R, Picchio FM, et al. Prevalence and predictors of neo-aortic regurgitation after arterial switch operation for transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:1753–9.
28. Jhang WK, Shin HJ, Park JJ, Yun TJ, Kim YH, Ko JK, et al. The importance of neo-aortic root geometry in the arterial switch operation with the trap-door technique in the subsequent development of aortic valve regurgitation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42:794–9.
29. Khairy P, Clair M, Fernandes SM, Blume ED, Powell AJ, Newburger JW, et al. Cardiovascular outcomes after the arterial switch operation for D-transposition of the great arteries. *Circulation.* 2013;127:331–9.
30. Legendre A, Losay J, Touchot-Koné A, Serraf A, Belli E, Piot JD, et al. Coronary events after arterial switch operation for transposition of the great arteries. *Circulation.* 2003;108 Suppl 1:II186–90.