

Reemplazo valvular aórtico utilizando la cirugía de Ross: 13 años de experiencia

PABLO ROURA, CAROLINA SALVATORI, CLAUDIO E. LÓPEZ, EDUARDO GUEVARA^{MTSAC}, CARLOS RODRÍGUEZ CORREA,
ROBERTO R. FAVALORO^{MTSAC}

Recibido: 19/11/2009

Aceptado: 01/07/2010

Dirección para separatas:

Dr. Pablo Roura

Belgrano 1746 - 1º Piso

(1093) Ciudad Autónoma de

Buenos Aires

e-mail: proura@favaloro.org

RESUMEN

Introducción

El procedimiento de Ross para el tratamiento de la valvulopatía aórtica se ha utilizado durante décadas. A pesar de sus resultados alentadores, ciertos interrogantes han limitado su uso masivo; su durabilidad es uno de los principales motivos de preocupación.

Objetivo

Analizar los resultados de la cirugía de Ross en nuestro centro.

Material y métodos

El presente es un estudio de cohorte retrospectivo. De julio de 1995 a mayo de 2008, 198 pacientes fueron sometidos a cirugía de Ross; en todos ellos se empleó la técnica de reemplazo de la raíz aórtica. Los eventos asociados con la válvula se analizaron con el método de Kaplan-Meier. Para el análisis de las variables se emplearon el *log-rank test* y el modelo de Cox.

Resultados

La edad media fue de 39 ± 13 años; el 77% eran hombres. La cirugía fue indicada por estenosis aórtica (58%) e insuficiencia aórtica (42%). La mortalidad hospitalaria fue del 2,5% (5 pacientes). El seguimiento a 10 años fue completo en el 93% para los primeros 165 pacientes. La supervivencia a los 10 años fue del 94,8% (IC 95% 89-98). La libertad de endocarditis a los 10 años fue del 95% (IC 95% 84-98) y la libertad de eventos relacionados con la válvula a los 10 años fue del 91% (IC 95% 86-96). Cinco pacientes requirieron reoperación, 4 de ellos por disfunción del autoinjerto y enfermedad de otras válvulas.

Conclusiones

La cirugía de Ross es una técnica quirúrgica con una tasa baja de eventos a los 13 años y debe ser considerada para el tratamiento de la enfermedad valvular aórtica en pacientes seleccionados.

REV ARGENT CARDIOL 2010;78:485-491.

Palabras clave >

Reemplazo valvular aórtico - Cirugía de Ross - Procedimiento de Ross - Autoinjerto pulmonar

INTRODUCCIÓN

El reemplazo de la válvula aórtica por la válvula pulmonar propia del paciente, asociado con el implante de un homoinjerto pulmonar para restituir el tracto de salida del ventrículo derecho, fue descrito por Donald Ross en 1967 como alternativa quirúrgica para el tratamiento de la enfermedad valvular aórtica. (1) Provee el único sustituto valvular vivo y con capacidad potencial de reproducir la mayoría de las funciones de una válvula aórtica nativa. Se le reconoce un inmejorable perfil hemodinámico, riesgo bajo de endocarditis, baja trombogenicidad, no requiere tratamiento anticoagulante y la capacidad de crecimiento del autoinjerto. (2-4) Existen ciertos interrogantes que han limitado su uso masivo. Primero, se trata de un procedimiento técnicamente demandante. Segundo, existe preocupación respecto de la durabilidad del autoinjerto y

del homoinjerto, con la posibilidad futura de que requiera reoperaciones. (5-7) Se han descrito varias técnicas quirúrgicas para el implante del autoinjerto pulmonar y quizás esto explique las diferencias comunicadas respecto de estas complicaciones. (8-10)

El objetivo del presente estudio fue evaluar los resultados hospitalarios y la evolución alejada de la cirugía de Ross en nuestra institución.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

Se trata de un estudio de cohorte retrospectivo. Los datos fueron transferidos a una base de datos cardiovascular por dos codificadoras y validados por control médico y auditoría.

Entre julio de 1995 y mayo de 2008, 198 pacientes fueron sometidos al procedimiento de Ross con técnica de reemplazo

de la raíz aórtica. La edad media fue de 39 ± 13 años y el 77% ($n = 152$) de los pacientes eran de sexo masculino. Todos los pacientes fueron informados en detalle respecto del procedimiento quirúrgico empleado.

Las características clínicas de la población se resumen en la Tabla 1. La cirugía fue indicada en función de las recomendaciones para el manejo de las enfermedades valvulares, elaboradas por el American College of Cardiology y la American Heart Association (ACC/AHA). (11) La etiología de la disfunción valvular aórtica se detalla en la Tabla 1.

Evaluación ecocardiográfica y seguimiento

Todos los pacientes fueron evaluados antes de la cirugía mediante ecocardiografía Doppler color transtorácica con equipamiento Sonos 1500, 2500 y 5000 (Hewlett Packard, Andover, MA, USA). En todos los pacientes se realizó un ecocardiograma transesofágico intraoperatorio.

En el seguimiento, los pacientes fueron evaluados clínicamente y mediante ecocardiografía Doppler color transtorácica entre el tercero y el sexto mes posoperatorio, y a partir de allí anualmente. La evaluación ecocardiográfica incluyó un análisis morfológico y funcional detallado del autoinjerto y del homoinjerto pulmonar. La gravedad de la regurgitación se definió: 0 = ausente; 1 = leve; 2 = moderada; 3 = moderada-grave y 4 = grave. Una regurgitación > 2 se consideró disfunción significativa del autoinjerto o del homoinjerto, y un gradiente pico pulmonar > 30 mm Hg como estenosis del homoinjerto.

Se definió mortalidad hospitalaria a la que ocurriese durante la internación o dentro de los 30 días de la cirugía. Los eventos considerados en el seguimiento fueron muerte, libertad de reoperación, libertad de disfunción del autoinjerto o del homoinjerto y libertad de endocarditis o de eventos tromboembólicos.

Tabla 1. Características clínicas de la población ($n = 198$)

Características	n (%)
Edad (años)*	39 ± 13 (16-65)
Sexo masculino	152 (77)
Clase funcional NYHA	
- I-II	144 (73)
- III-IV	54 (27)
Cirugía cardíaca previa	14 (7)
Fracción de eyección del VI (%)*	55 ± 12 (30-70)
- Normal	38 (19)
- Leve	126 (64)
- Moderada	34 (16)
- Grave	—
Valvulopatía aórtica	
- Estenosis	115 (58)
- Insuficiencia	83 (42)
Etiología	
- Válvula aórtica bicúspide	148 (75)
- Reumática	19 (10)
- Endocarditis activa	4 (1,2)
- Disfunción protésica	6 (3)
- Mixomatosa	4 (1,2)

* Valores expresados como media $\pm$ desviación estándar (rango).

El seguimiento a 10 años fue completo en el 93% para los primeros 165 pacientes.

Técnica quirúrgica

En todos los pacientes se utilizó la técnica de reemplazo de la raíz aórtica, con puntos separados de Tycron 4-0 a nivel del anillo aórtico. (30) Para el reimplante de los ostia coronarios se utilizó sutura continua de Prolene 5-0 o 6-0 y sutura continua de 5-0 para la anastomosis aórtica. Para el homoinjerto pulmonar se utilizó sutura continua de Prolene 4-0 para la sutura proximal y Prolene 5-0 para la distal. Durante la primera etapa de esta serie no se realizaron esfuerzos específicos para acoplar el diámetro del anillo aórtico con el del autoinjerto pulmonar. En etapas posteriores se prestó particular atención en el acople adecuado de estas estructuras, según técnica de Elkins. (12, 13) Las válvulas pulmonares fueron reemplazadas con homoinjertos pulmonares criopreservados.

La cirugía se llevó a cabo utilizando circulación extracorpórea con oxigenador de membrana, hipotermia moderada (28°C) y protección miocárdica con cardioplejía sanguínea anterógrada y retrógrada.

Todos los pacientes, salvo 14, fueron operados por el mismo cirujano; esto permitió una técnica de implante consistente.

Análisis estadístico

Las variables numéricas se expresan como media y desviación estándar. Las variables categóricas se describen en proporciones relativas. Se utilizó el método de chi cuadrado para comparación de proporciones. Los eventos asociados con la válvula (muerte, reoperación, endocarditis, tromboembolia y sangrado) se analizaron con el método de Kaplan-Meier.

RESULTADOS

Cirugía y evolución temprana

En 22 pacientes fue necesario llevar a cabo un procedimiento asociado al reemplazo valvular aórtico (Tabla 2). El tiempo de clampeo aórtico fue de 140 ± 30 minutos y el de circulación extracorpórea fue de 187 ± 44 minutos.

La mortalidad a los 30 días fue del 2,5% (5/198). Tres de los pacientes que murieron tenían historia de cirugía cardíaca previa y uno de ellos se encontraba siendo sometido a su segunda reoperación. En dos pacientes la muerte se adjudicó a shock cardiogénico

Tabla 2. Cirugía de Ross aislada o combinada ($n = 198$)

Cirugía	n (%)
Ross (aislado)	148 (90)
Ross + miomectomía	3 (1,5)
Ross-Konno	3 (1,5)
Ross + plástica mitral	3 (1,5)
Ross + plástica mitral y tricuspídea	1 (0,5)
Ross + reemplazo valvular mitral	1 (0,5)
Ross + comisurotomía mitral	2 (1)
Ross + cierre CIV	1 (0,5)
Ross + reemplazo aorta ascendente	3 (1,5)
Ross + CRM	5 (2,5)

CIV: Comunicación interventricular. CRM: Cirugía de revascularización miocárdica.

y falla orgánica múltiple, mientras que en los restantes estuvo vinculada al desarrollo de sepsis. Uno de ellos evolucionó con mediastinitis y endocarditis, con documentación ecocardiográfica de compromiso del homoinjerto y del autoinjerto. Las complicaciones posoperatorias se detallan en la Tabla 3.

Seguimiento alejado

La mediana de seguimiento fue de 69,8 meses. La supervivencia a los 10 años fue del 94,8% (IC 95%, 89-98) (Figura 1). La libertad de eventos relacionados con la válvula fue del 91% (IC 95%, 86-96) a los 10 años (Figura 2).

Eventos tardíos

Durante el seguimiento murieron 5 pacientes. Una de estas muertes estuvo relacionada con la válvula en un paciente que fue rehospitalizado por endocarditis bacteriana temprana a los 45 días de la cirugía de Ross. Se documentó compromiso ecocardiográfico del homoinjerto y del autoinjerto. El paciente fue reoperado y falleció en el posoperatorio por sepsis refractaria. Las causas de las muertes no vinculadas a la válvula incluyeron un suicidio a los 2 años de la cirugía, una muerte súbita 2 años luego de la cirugía de Ross y una neumonía. No se pudo establecer la causa de muerte en un paciente.

No se observaron eventos tromboembólicos o sangrado durante el período de seguimiento.

La libertad de endocarditis a los 10 años fue del 95% (IC 95%, 84-98). Cuatro pacientes desarrollaron endocarditis bacteriana del homoinjerto. Uno de ellos es el paciente mencionado previamente en el cual se documentó compromiso del homoinjerto y del autoinjerto. Los tres pacientes restantes presentaron afección exclusiva del homoinjerto y se observó buena evolución con tratamiento médico.

Función del autoinjerto

La libertad de disfunción significativa del autoinjerto fue del 89,9% (IC 95%, 82-97) a los 10 años (Figura 3).

Tabla 3. Complicaciones posoperatorias tempranas (n = 198)

Complicación	n (%)
Reoperación (sangrado)	12 (7)
Síndrome de bajo volumen minuto	24 (12)
Balón de contrapulsación intraaórtico	7 (3,5)
BAVC	10 (5)
Marcapasos definitivo	2 (1)
Accidente cerebrovascular	2 (1)
IRA	25 (12)
Diálisis	2 (1)
Asistencia respiratoria prolongada	12 (7)
Sepsis	2 (1)
Mediastinitis	1 (0,5)

BAVC: Bloqueo auriculoventricular completo. IRA: Insuficiencia renal aguda.

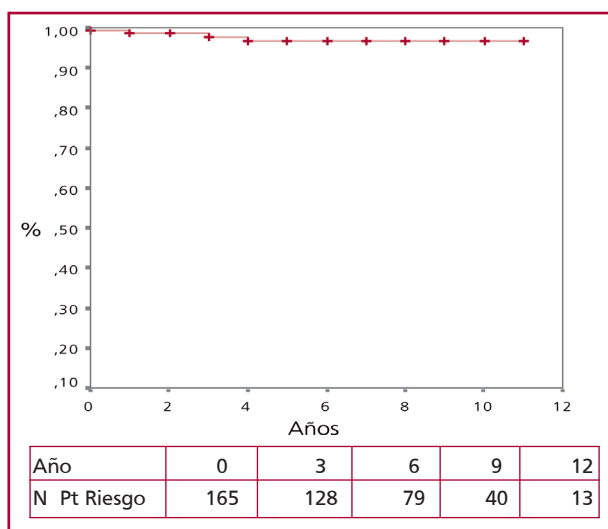


Fig. 1. Supervivencia alejada.

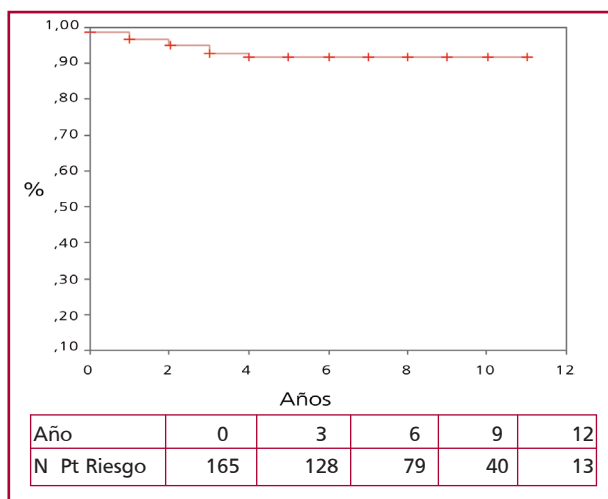


Fig. 2. Supervivencia libre de eventos vinculados a la válvula (muerte, reoperación, endocarditis, tromboembolia, sangrado).

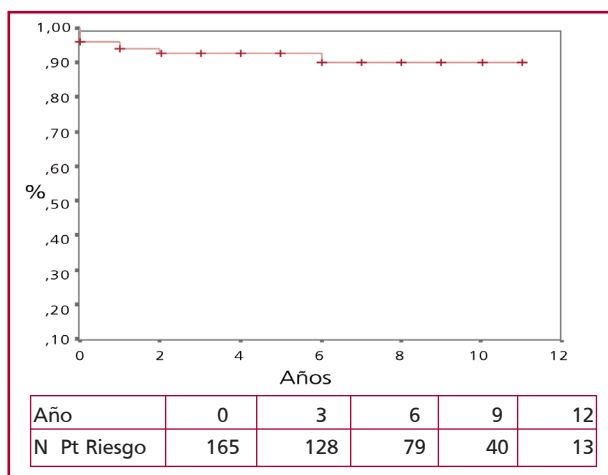


Fig. 3. Supervivencia libre de disfunción significativa del autoinjerto.

Al analizar la incidencia de esta complicación, según la afección valvular preoperatoria, se hizo evidente que los pacientes con insuficiencia aórtica presentaban una tendencia mayor a desarrollarla que aquellos con estenosis aórtica. La diferencia no alcanzó significación estadística ($p = 0,063$), probablemente por la tasa baja del evento en cuestión. Sólo un paciente con estenosis aórtica desarrolló disfunción significativa del autoinjerto durante el seguimiento. La cirugía de Ross se había llevado cabo en 1998 y la disfunción significativa del autoinjerto se hizo evidente al segundo año posoperatorio. El mecanismo exacto de la disfunción del autoinjerto no se pudo establecer con certeza y en ese momento el diámetro de la neorraíz aórtica era de 40 mm. El paciente rechazó la indicación de reoperación y actualmente se encuentra en clase funcional II de la NYHA, bajo tratamiento psiquiátrico con diagnóstico de trastorno bipolar. Los seis pacientes restantes tenían insuficiencia aórtica como valvulopatía preoperatoria. De ellos, uno sufrió una lesión traumática de la válvula pulmonar en el momento de la cirugía de Ross. Si bien el autoinjerto fue reparado antes del reimplante en posición aórtica, el paciente evolucionó con insuficiencia aórtica grave al tercer mes posoperatorio y fue reoperado al año del procedimiento inicial. Tres de los pacientes que fueron sometidos a la cirugía de Ross en la fase inicial del presente estudio, durante el cual no se consideraba imprescindible el acople minucioso de los anillos aórtico y pulmonar, desarrollaron disfunción precoz y significativa del autoinjerto. Dos de estos pacientes rechazaron la indicación de reoperación y fueron perdidos del seguimiento. El tercero de ellos se encuentra actualmente asintomático, plenamente activo, con función sistólica ventricular izquierda conservada y bajo estrecho seguimiento cardiológico y ecocardiográfico. Los dos pacientes restantes desarrollaron insuficiencia aórtica tardíamente, la cual se vinculó a dilatación progresiva de la neorraíz aórtica; ambos fueron reoperados. Se descartó un procedimiento de preservación valvular por el hallazgo de afección valvar significativa en los dos casos. Uno de ellos fue reoperado 22 meses después de la cirugía de Ross y se realizó un procedimiento de Bentall-DeBono ante el hallazgo de valvas engrosadas y retraídas. En el paciente restante se implantó una prótesis Freestyle 11 años después de la cirugía de Ross y en el momento de la cirugía presentaba dilatación del anillo y engrosamiento del borde libre de las valvas del autoinjerto.

Teniendo en cuenta la complejidad técnica de la cirugía de Ross y, por ende, la curva de aprendizaje que requiere, se comparó la incidencia de disfunción significativa del autoinjerto en función del tiempo. Entre 1995 y 1999 fueron intervenidos 78 pacientes, mientras que entre 2000 y 2006 los pacientes operados fueron 87. Sin bien las diferencias observadas no alcanzaron significación estadística,

la incidencia de disfunción significativa del autoinjerto fue mayor en la fase inicial de nuestra serie, quizás relacionada con la considerable curva de aprendizaje necesaria.

No observamos asociación alguna entre el desarrollo de disfunción significativa del autoinjerto y la presencia de válvula aórtica bicúspide.

Función del homoinjerto

Durante el período de seguimiento, cuatro pacientes presentaron un gradiente pico a nivel del homoinjerto > 30 mm Hg. Ninguno de ellos desarrolló síntomas y no se observaron evidencias de disfunción ventricular derecha durante un eco estrés con ejercicio. En un paciente, en el cual el homoinjerto fue reemplazado, la indicación de la reoperación estuvo relacionada con el desarrollo de insuficiencia mitral grave y no con la estenosis del homoinjerto. La decisión de reemplazarlo durante la cirugía mitral se basó en la presencia de un gradiente pico de 32 mm Hg, asociado con un diámetro del homoinjerto pulmonar de 21 mm a nivel del cuerpo, que era de 26 mm en el momento del implante. Otros tres pacientes desarrollaron disfunción significativa del homoinjerto, con insuficiencia pulmonar moderada a grave. Ninguno de ellos requirió reoperación, se encuentran asintomáticos y bajo estrecho seguimiento.

REOPERACIÓN

La libertad de reoperación a los 10 años fue del 95% (IC 95%, 84-98). En el seguimiento, cinco pacientes requirieron reoperación. Uno de ellos sufrió una lesión iatrogénica de la válvula pulmonar durante la cirugía de Ross; fue el paciente número 8 de la serie y se consideró un error técnico. Dos pacientes desarrollaron disfunción grave de otras válvulas sin evidencias de afección seria del autoinjerto u homoinjerto; ambos con diagnóstico de valvulopatía reumática. El primer paciente desarrolló insuficiencia mitral recurrente, luego de una cirugía reparativa de ésta en el momento de la cirugía de Ross dos años antes. En la segunda se observó progresión de la valvulopatía reumática, con desarrollo de insuficiencias tricuspídea y mitral graves. En el momento de indicarse la reoperación, el autoinjerto presentaba disfunción moderada a grave, motivo por el cual fue reemplazado en el mismo acto operatorio. La paciente fue sometida a un triple reemplazo valvular con prótesis mecánicas a los 42 meses de la cirugía inicial. Los dos pacientes restantes desarrollaron insuficiencia aórtica grave con dilatación de la neorraíz aórtica, tardíamente en relación con la cirugía de Ross. A ambos se les realizó un reemplazo del autoinjerto; al primero se le practicó un procedimiento de Bentall-DeBono y al segundo se le implantó una prótesis Freestyle, como ya se mencionó.

DISCUSIÓN

Está ampliamente reconocido que las enfermedades valvulares constituyen un problema sanitario importante. La valvulopatía aórtica no es una excepción y, de hecho, es la valvulopatía que con más frecuencia requiere cirugía. Esto responde a la incidencia persistentemente elevada de cardiopatía reumática en los países en vías de desarrollo y al incremento de las formas “degenerativas” de enfermedad valvular asociadas con la creciente longevidad de la población. (2) Esto se refleja en un aumento sostenido de los procedimientos de intervención valvular. (14)

El reemplazo valvular aórtico ha demostrado que tiene un impacto beneficioso incuestionable en la historia natural de esta enfermedad. Sin embargo, los eventos vinculados a la prótesis deben tenerse en cuenta, en particular los tromboembólicos y el sangrado, asociados con las prótesis mecánicas y su anticoagulación, y la eventual necesidad de reoperación en las bioprótesis. (15-20) Tanto es así que el patrón de sobrevida luego de un reemplazo valvular aórtico parece ser inferior al observado en poblaciones control, ajustadas por edad; (21) esto podría, por lo menos en parte, estar vinculado al sustituto valvular.

El procedimiento de Ross (1) se realizó por primera vez 1967 como una alternativa quirúrgica para el tratamiento de la valvulopatía aórtica. Es el único sustituto valvular “vivo” con capacidad de regeneración propia. Cuenta con un inmejorable perfil hemodinámico y proporciona una excelente calidad de vida. (31) La mayor parte de las series quirúrgicas han comunicado una mortalidad hospitalaria baja, (10, 22, 23) similar a la de nuestra serie y a la mortalidad del 2,5% publicada en el Registro Internacional de Ross. (24) La sobrevida alejada también ha sido excelente; Chippiani y colaboradores comunicaron una sobrevida a los 10 años del $95,7\% \pm 2,1\%$, (22) similar a la sobrevida a los 10 años (95,4%) publicada por Yacoub (10) y, una vez más, comparable a la de nuestra serie. A pesar de estos resultados alentadores, existen dos puntos fundamentales que generan preocupación. Primero, es un procedimiento técnicamente demandante y que requiere una curva de aprendizaje considerable. Segundo, existe cierta incertidumbre respecto de la durabilidad del autoinjerto y del homoinjerto.

La incidencia de disfunción del autoinjerto varía según las series consideradas. La causa de esta discrepancia probablemente responda a múltiples factores, uno de los cuales quizás sea la técnica quirúrgica utilizada. (10, 23, 25-27) Las descripciones iniciales consideraban el implante subcoronario del autoinjerto; luego se incorporaron el reemplazo total de la raíz aórtica y la técnica de inclusión del autoinjerto pulmonar en la raíz aórtica. Más allá de la complejidad técnica de la cirugía de Ross; cuando evaluamos los resultados alejados, una de las variables que debemos considerar es la consistencia técnica de implante. Probablemente esto explique las diferentes prevalencias de disfunción

del autoinjerto observadas entre instituciones en las cuales todas las cirugías son llevadas a cabo por el mismo cirujano, en contraposición a aquellas en las que son realizadas por diferentes cirujanos. (10, 28) Se ha especulado sobre la existencia de una válvula aórtica bicúspide y el riesgo de desarrollar disfunción del autoinjerto. (8, 29, 30) En la actualidad, la mayoría de los autores coinciden en que la presencia de una válvula aórtica bicúspide no es una contraindicación para llevar a cabo la cirugía de Ross. De hecho, este procedimiento quirúrgico es factible, siempre que la válvula pulmonar sea normal y la raíz aórtica no se encuentre seriamente dilatada.

Sin bien en nuestra serie la mayoría de los pacientes que requirieron una reoperación tenían insuficiencia valvular aórtica como valvulopatía de base, la indicación de cirugía no estuvo indefectiblemente ligada a disfunción del autoinjerto. De hecho, en la mitad de los casos la indicación de reoperación se vinculó al desarrollo de disfunción valvular grave de otra válvula por cardiopatía reumática progresiva.

Limitaciones

La principal limitación se debe a que el seguimiento fue completo en el 93% de los casos, con la consecuente pérdida potencial de algún evento tardío. Como se mencionó, dos pacientes rechazaron la indicación de reoperación por disfunción del autoinjerto y fueron perdidos del seguimiento; de haber sido reoperados, la tasa de reoperación hubiese sido mayor.

CONCLUSIONES

La cirugía de Ross se asocia con una sobrevida excelente en nuestra institución, con resultados similares a los comunicados por los grupos pioneros. Se debe considerar en los pacientes con una expectativa de vida mayor de 20 años y que no desean, o no pueden, recibir tratamiento anticoagulante; pacientes jóvenes con un estilo de vida activo o que desarrollen ciertas actividades profesionales con riesgo alto de traumatismos. Es la opción quirúrgica ideal en mujeres en edad reproductiva, teniendo en cuenta los riesgos asociados con el tratamiento anticoagulante durante el embarazo. El principal motivo de preocupación es la posibilidad de disfunción tardía del autoinjerto y del homoinjerto. En función de esta posibilidad, es imperativo un estrecho seguimiento de nuestra población.

SUMMARY

Aortic Valve Replacement Using the Ross Procedure: a 13-Year Experience

Background

The Ross procedure has been used for decades for the treatment of aortic valve disease. Despite the promising outcomes of this technique, its limited durability is one of the major drawbacks against its massive indication.

Objective

To analyze the outcomes of the Ross procedure in our center.

Material and Methods

We conducted a retrospective study in a cohort of patients. From July 1995 to May 2008, 198 patients underwent Ross procedure with aortic root replacement technique. Kaplan-Meier method was used to analyze the events associated with the valve, and the variables were analyzed using the log-rank test and Cox model.

Results

Mean age was 39 ± 13 years and 77% were men. The procedure was indicated due to aortic stenosis (58%) and aortic regurgitation (42%). In-hospital mortality was 2.5% (5 patients). Complete follow-up at 10 years was achieved in 93% of the first 165 patients. Survival at 10 years was 94.8% (95% CI, 89-98). After 10 years, 95% (95% CI, 84-98) of patients did not present endocarditis and 91% (95% CI, 86-96) had no valve-related events. Five patients required reoperation, 4 due to autograft dysfunction and disease of other valves.

Conclusions

Ross procedure has a low event rate after 13 years and should be considered for the treatment of aortic valve disease in selected patients.

Key words > Aortic Valve Replacement - Ross Surgery - Ross Procedure - Pulmonary Autograft

BIBLIOGRAFÍA

- Ross DN. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft. *Lancet* 1967;2:956-8.
- Yacoub MH, Cohn LH. Novel approaches to cardiac valve repair: From structure to function: Part I. *Circulation* 2004;109:942-50.
- Simon P, Aschauer C, Moidl R, Marx M, Keznickl FP, Eigenbauer E, et al. Growth of the pulmonary autograft after the Ross operation in childhood. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:118-21.
- Moidl R, Simon P, Aschauer C, Chevtchic O, Kuplik N, Rodler S, et al. Does the Ross operation fulfill the objective performance criteria established for new prosthetic heart valves? *J Heart Valve Dis* 2000;9:190-4.
- Carr-White GS, Kilner PJ, Hon HJ, Rutledge T, Edwards S, Burman ED, et al. Incidence, location, pathology, and significance of pulmonary homograft stenosis after the Ross operation. *Circulation* 2001;104:116-20.
- Takkenberg JJ, Dossche KM, Hazekamp MG, Nijveld A, Jansen EW, Waterbolk TW, et al. Report of the Dutch experience with the Ross procedure in 343 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22:70-7.
- Kouchoukos NT, Masetti P, Nickerson NJ, Castner CF, Shannon WD, Davila-Roman VG. The Ross procedure: Long-term clinical and echocardiographic follow-up. *Ann Thorac Surg* 2004;78:773-81.
- David TE, Omran A, Ivanov J, Armstrong S, de Sa MPL, Sonnenberg B, et al. Dilatation of the pulmonary autograft after the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119:210-20.
- Takkenberg JJ, van Herwerden LA, Galema TW, Bekkers JA, Kleyburg-Linkers V, Eijkemans MJ, et al. Serial echocardiographic assessment of neo-aortic regurgitation and root dimensions after the modified Ross procedure. *J Heart Valve Dis* 2006;15:100-7.
- Yacoub MH, Klieverik LM, Melina G, Edwards SE, Saratchandra P, Bogers JJ, et al. An evaluation of the Ross operation in adults. *J Heart Valve Dis* 2006;15:531-9.
- American College of Cardiology; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease); Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, de Leon AC Jr, Faxon DP, Freed MD, et al. ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing Committee to Revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease) developed in collaboration with the Society of Cardiovascular Anesthesiologists endorsed by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:e1-148.
- Northrup WF 3rd, Kshetry VR. Implantation technique of the aortic homograft root: Emphasis on matching the host root to the graft. *Ann Thorac Surg* 1998;66:280-4.
- Elkins RC, Knott-Craig CJ, Howell CE. Pulmonary autografts in patients with aortic annulus dysplasia. *Ann Thorac Surg* 1996;61:1141-5.
- Edwards MB, Taylor KM. A profile of valve replacement in the UK (1986-1997): a study from the UK Heart Valve Registry. *J Heart Valve Dis* 1999;8:697-701.
- Cannegieter SC, Rosendaal FR, Briet E. Thromboembolic and bleeding complications in patients with mechanical heart valve prosthesis. *Circulation* 1994;89:635-41.
- Krian A, Matloff J, Nicoloff D. Advancing the technology of bileaflet mechanical heart valve prosthesis. Springer, London, Heidelberg, Steinkoff, Darmstadt, 1998:11-22.
- Jaffe WM, Coverdale HA, Roche AH, Whitlock RML, Barratt-Boyes BG. Rest and exercise hemodynamics of 20-23 mm allografts, Medtronic intact (porcine) and St-Jude Medical valves in aortic position. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;100:167-74.
- Sanders SP, Levy RJ, Freed MD, Norwood WI, Castaneda AR. Use of Hancock porcine xenografts in children and adolescents. *Am J Cardiol* 1980;46:429-38.
- Rahimtoola SH. Choice of prosthetic heart valve for adult patients. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:893-904.
- Bach D. Choice of prosthetic heart valves: Update for the next generation. Viewpoint and Commentary. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1717-9.
- Kvidal P, Bergstrom R, Horte LG, Stahle E. Observed and relative survival after aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:747-56.
- Chiappini B, Absil B, Rubay J, Noirhomme P, Funken AC, Verhelst R, et al. The Ross procedure: Clinical and echocardiographic follow-up in 219 consecutive patients. *Ann Thorac Surg* 2007;83:1285-9.
- Chambers JC, Sommerville J, Stone S, Ross D. Pulmonary autograft procedure for aortic valve disease. Long-term results of the pioneer series. *Circulation* 1997;96:2206-14.
- Oury JH, Hiro SP, Maxwell JM, Limberti JJ, Duran CM. The Ross procedure: current registry results. *Ann Thorac Surg* 1998;66:S162-5.
- Kouchoukos NT, Davila-Roman VG, Spray TL, Murphy SF, Perillo JB. Replacement of the aortic root with a pulmonary autograft in children and young adults with aortic valve disease. *N Engl J Med* 1994;330:1-6.
- Elkins RC. The Ross operation: a 12-year experience. *Ann Thorac Surg* 1999;68:S14-8.
- Böhm JO, Botha CA, Rein J-G, Roser D. Technical evolution of the Ross operation: midterm results in 186 patients. *Ann Thorac Surg* 2001;71:S340-3.
- Sievers HH, Hanke T, Stierle U, Bechtel M, Graft B, Robinson D, et al. A critical reappraisal of the Ross operation. *Renaissance*

of the subcoronary implantation technique? *Circulation* 2006;114: I504-11.

29. Bogers AJ, Kappetein AP, Roos-Hesselink J, Takkenberg JJ. Is a bicuspid aortic valve a risk factor for adverse outcome after an autograft procedure? *Ann Thorac Surg* 2004;77:1998-2003.

30. Favaloro R, Stutzbach P, Gomez C, Machain A, Casabe H. Fea-

sibility of the Ross procedure: its relationship with the bicuspid aortic valve. *J Heart Valve Dis* 2002;11:375-82.

31. Notzold A, Huppe M, Schmidtke C, Blomer P, Uhlig T, Sievers HH. Quality of life in aortic valve replacement: Pulmonary autografts versus mechanical prosthesis. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1963-6.