



Original

Resultados a corto-medio plazo de la cirugía híbrida y endovascular del arco aórtico

Short- and mid-term results of hybrid and endovascular surgery for aortic arch disease

Miquel Gil Olaria¹, Carlos Esteban Gracia¹, Clàudia Riera Hernández¹, Pere Altés Mas¹, Danela Figueroa Beltre², Elísabet Berastegui García², Secundino Llagostera Pujol¹

Servicios de ¹Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular y ²Cirugía Cardíaca. Hospital Universitari Germans Trias i Pujol. Badalona, Barcelona

Resumen

Introducción y objetivo: el objetivo de nuestro estudio es describir los resultados y las complicaciones a medio plazo de los pacientes con patología de cayado aórtico que requirieron cirugías a nivel del arco aórtico y los troncos supraaórticos (TSA) en nuestro centro.

Métodos: estudio retrospectivo y unicéntrico. Pacientes consecutivos con cirugía del arco y diagnóstico de aneurisma de aorta torácica (AAT) de > 60 mm y úlceras penetrantes aórticas (UPA) desde enero de 2017 hasta junio de 2022. Se realizó un estudio descriptivo de las variables demográficas, de la mortalidad y de las complicaciones a 30 días y, posteriormente, un análisis de supervivencia, de reingresos y de reintervenciones con el método de Kaplan-Meier.

Resultados: se intervinieron 20 pacientes: 14 de aneurisma de aorta torácica y 6 con úlceras penetrantes aórticas, 2 de urgencia. La zona 0 fue la zona de anclaje proximal más frecuente (50 %), seguida de la zona 1 (30 %). En 5 casos se realizó un *debranching* de TSA y 5 bypass carótido-subclavios antes de la implantación del TEVAR. El éxito técnico fue del 95 %. 2 pacientes fallecieron a los 30 días, un paciente desarrolló isquemia medular transitoria y un paciente, un evento neurológico mayor. La mediana de seguimiento fue de 18 meses (IQR, 7-37). La mortalidad global fue del 20 %, del 5 % relacionada con patología aórtica. La tasa de reingreso estimada a los 24 meses fue del 22,9 % y la de reintervención, del 24,1 %. Las causas más frecuentes de reingreso fueron las causas médicas (15 %).

Conclusiones: los resultados a corto y medio plazo de la cirugía híbrida y endovascular de la patología del arco aórtico son aceptables en cuanto a morbilidad y mortalidad.

Palabras clave:

Aorta torácica. Arco aórtico. Cirugía híbrida. Tratamiento endovascular. *Debranching*.

Recibido: 09/04/2024 • Aceptado: 22/06/2024

Conflictos de interés: los autores declaran no tener conflictos de interés.

Inteligencia artificial: los autores declaran no haber usado inteligencia artificial (IA) ni ninguna herramienta que use IA para la redacción del artículo.

Gil Olaria M, Esteban Gracia C, Riera Hernández C, Altés Mas P, Figueroa Beltre D, Berastegui García E, Llagostera Pujol S. Resultados a corto-medio plazo de la cirugía híbrida y endovascular del arco aórtico. *Angiología* 2024;76(6):356-362

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00659>

Correspondencia:

Miquel Gil Olaria. Servicio de Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular. Hospital Universitari Germans Trias i Pujol. Carretera de Canyet, s/n. 08916 Badalona, Barcelona
e-mail: m.gilolaria@gmail.com

Abstract

Introduction and objective: the objective of our study is to describe the mid-term results and complications of patients with aortic arch disease who underwent surgery of the aortic arch and supra-aortic branches in our center.

Methods: retrospective, single center study. Consecutive patients with arch surgery and a diagnosis of thoracic aortic aneurysm (TAA) > 60 mm and aortic penetrating ulcer (PAU) from January 2017 through June 2022. We conducted a descriptive study including demographic variables, the mortality rate, and 30-day complications. Survival, readmissions and reinterventions were, then, analyzed using the Kaplan-Meier estimator.

Results: a total of 20 patients underwent surgery: 14 underwent TAA surgery and 6 due to PAU; 2 required emergency surgery. Zone 0 was the most common proximal landing zone (50 %), followed by zone 1 (30 %). In 5 cases, SAT debranching and 5 carotid-subclavian bypasses were performed prior to TEVAR implantation. The technical success rate reached 95 %, 2 patients died at 30 days, one patient developed transient spinal cord ischemia and the other experienced a major neurological event. The median follow-up was 18 months (IQR, 7-37). All-cause mortality rate was 20 % (5% related to aortic disease). The 24-month estimated rate of readmission was 22.9 % and reoperation rate, 24.1 %. The most common cause for readmission was medical (15 %).

Conclusions: the short- and mid-term results of hybrid and endovascular surgery for aortic arch disease are acceptable in terms of morbidity and mortality.

Keywords:

Thoracic aorta. Aortic arch. Hybrid surgery. Endovascular surgery. Debranching.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de elección de la patología aneurismática de la aorta torácica es la cirugía abierta (1). Esta técnica requiere la utilización de circulación extracorpórea, hipotermia profunda y técnicas de protección neurológica. Sin embargo, el impacto de la cirugía abierta en términos de morbilidad es elevado (2), por lo que queda reservada para aquellos pacientes con un bajo riesgo quirúrgico.

En escenarios con pacientes con un perfil de riesgo más elevado o pacientes frágiles debe considerarse el uso de técnicas híbridas o endovasculares como alternativa a la cirugía abierta. Para el correcto implante de las endoprótesis torácicas (3-5) es necesario un mínimo de 20 mm de zona de sellado proximal (en curvatura menor) y distal. Si no se cumple este requisito, disponemos de técnicas híbridas, como la trompa de elefante congelada, el *debranching* anatómico de los troncos supraaórticos y los *bypass* extraanatómicos (5).

En cuanto el tratamiento endovascular, las endoprótesis fenestradas precurvadas para el arco aórtico han demostrado buenos resultados con implantación en las zonas 0 y 3. Sin embargo, para un correcto implante y para evitar el futuro riesgo de sufrir un *endoleak* de tipo I requieren de unos criterios anatómicos estrictos, pero pueden implantarse con una zona de sellado proximal inferior a 15 mm (6).

Las nuevas prótesis ramificadas (7,8) requieren de una mayor zona de anclaje proximal (> 35 mm), pero muestran unos resultados a corto y medio plazo aceptables, exceptuando un mayor porcentaje de eventos neurológicos mayores (8).

Antes de la aparición de estos dispositivos fenestrados, podían realizarse procedimientos con endoprótesis convencionales y *parallel grafts* (9) con resultados aceptables en caso de pacientes con muy alto riesgo quirúrgico y en emergencias (10).

OBJETIVO

Nuestro objetivo principal con este trabajo es describir la mortalidad y las complicaciones a corto y medio plazo de los pacientes con patología del cayado aórtico que necesitaron cirugías al nivel del arco aórtico y de los troncos supraaórticos (TSA).

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio y selección de pacientes

Estudio unicéntrico, retrospectivo y observacional de pacientes con patología del arco aórtico y aorta descendente que necesitaron tratamiento en la zona de anclaje proximal (0, 1 o 2) mediante procedimientos asociados a la técnica endovascu-

lar para mantener la permeabilidad de los TSA entre enero de 2017 y junio de 2022.

Se incluyeron pacientes asintomáticos con aneurismas de aorta torácica con un diámetro superior a 60 mm o con un crecimiento anual $> 5,5$ mm. En los pacientes con úlceras penetrantes aórticas se intervinieron las que tenían un diámetro > 20 mm o un cuello > 10 mm. Se incluyeron los pacientes sintomáticos de cualquier diámetro.

Antes de la intervención los pacientes se presentaron y se evaluaron en el comité multidisciplinar de aorta, compuesto por los servicios de cardiología, cirugía cardiovascular, cirugía vascular y anestesiología. En dichas sesiones se evalúa el riesgo prequirúrgico de los pacientes para ofrecerles la mejor opción terapéutica posible según sus comorbilidades y su estado basal.

Para establecer el riesgo prequirúrgico no se utilizó ninguna escala de estratificación de riesgo (STS PROM o EUROSCORE). Se realizaron ecocardiogramas transtorácicos (o transesofágicos) para la evaluación de la función de las válvulas cardíacas y del corazón, se realizó una angiografía coronaria en caso de valorar cirugía abierta de aorta ascendente, ecografía de troncos supraaórticos y una angio TC para la valoración de la calcificación y de la permeabilidad del arco y de sus ramas.

Se recogieron parámetros demográficos, comorbilidades, datos intraoperatorios, mediciones de las tomografías computarizadas pre- y posoperatorias, ingresos hospitalarios, reintervenciones y complicaciones médicas.

Para la correcta implantación proximal del módulo ascendente de la endoprótesis Nexus® se realizó un *rapid pacing* ventricular derecho. Para el resto de dispositivos no se realizó dicha maniobra, sino que, en coordinación con anestesiología, se redujo momentáneamente la tensión arterial sistólica a < 80 mmHg para el despliegue proximal.

El éxito técnico se definió como la correcta implantación de la endoprótesis en la aorta torácica sin la aparición de endofugas tempranas de tipos IA, IC y III y la correcta permeabilidad de los troncos supraaórticos al finalizar el procedimiento.

Se preservó la permeabilidad de la arteria subclavia izquierda en la totalidad de los casos. Durante el procedimiento se realizó una monitorización me-

dante ecografía transesofágica en todos los pacientes. No se realizó una monitorización quirúrgica de los potenciales evocados ni un drenaje profiláctico de LCR.

Por otra parte, tras la intervención, los pacientes se trasladaron a una unidad de críticos con un estricto manejo neurológico y de sus constantes, preparada para la colocación de drenaje de LCR temprano en caso de aparición de clínica de isquemia medular.

Para el control posoperatorio, se realizaron angio TC seriados al mes de la cirugía y anualmente si no surgían complicaciones en el procedimiento.

Se excluyeron a los pacientes con disección aórtica, lesiones aórticas debido a traumatismos y pseudoaneurismas aórticos.

Análisis estadístico mediante el programa SPSS v25.0 (IBM SPSS Statistics, IBM Corp, Armonk, Nueva York, EE. UU.). Las variables continuas se han descrito como media \pm desviación estándar o mediana y rango intercuartílico según la distribución. Las variables categóricas se han descrito con frecuencias absolutas. Para la supervivencia a largo plazo, los reingresos y las reintervenciones se realizó una curva de estimación de Kaplan-Meier.

RESULTADOS

Entre enero de 2017 y junio de 2022 se intervinieron 66 pacientes con las patologías descritas. El 30 % (20) requirió de una cirugía para garantizar la permeabilidad de los TSA. Presentaron las características demográficas descritas en la tabla I.

De esos 20 pacientes, 14 presentaban aneurismas aórticos > 60 mm y 6 úlceras penetrantes aórticas. En cuanto a prioridad o indicación urgente de la intervención, 6 acudieron por dolor torácico o rotura del aneurisma, a dos de los cuales se les realizó una cirugía emergente.

El 50 % de los pacientes intervenidos que presentaron una UPA (3 pacientes) fueron sintomáticos, y de ellos, 1 paciente tenía una rotura aórtica y requirió de reanimación avanzada antes de la intervención por una parada cardiorrespiratoria.

El diámetro máximo de los aneurismas de aorta torácica intervenidos fue de $72,4$ cm \pm $14,4$ cm.

Tabla I. Características demográficas de nuestra muestra

	Total = 20
Edad	73,6 ± 6,1 años
Hombres	18 (90 %)
Diabetes mellitus	4 (20 %)
Hipertensión arterial	13 (65 %)
Dislipemia	17 (85 %)
Fumadores / exfumadores	4 (20 %) / 13 (65 %)
EPOC	5 (25 %)
Insuficiencia renal crónica	9 (45 %)
Ictus	4 (20 %)
IAM	3 (15 %)
Cáncer en los últimos 5 años	4 (20 %)
ASA III/IV	16 (80 %)

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; IAM: evento cardiovascular previo; ASA: clasificación en la escala de riesgo prequirúrgico de la Sociedad Americana de Anestesiología.

La zona de anclaje proximal más frecuente fue la zona 0 (45 %), seguida de la zona 1 (30 %), como puede observarse en la figura 1. Para el anclaje en dichas zonas, se realizaron las intervenciones que pueden verse en la tabla II; el *debranching* de los TSA (25 %) y el *bypass* carótido-subclavio (25 %) fueron las intervenciones más frecuentes.

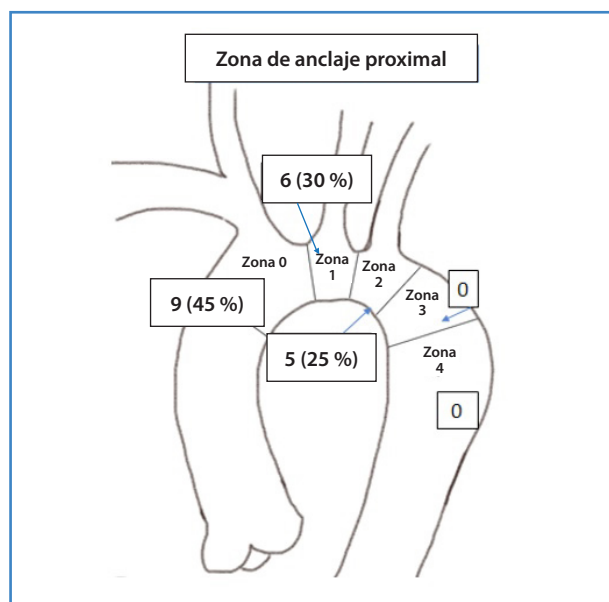


Figura 1. La zona de anclaje proximal más frecuente fue la zona 0 (45 %), seguida de la zona 1 (30 %).

Tabla II. Tipo de cirugías realizadas antes de la implantación de la endoprótesis

	n (%)
<i>Debranching</i> de TSA	5 (25 %)
Bentall + trompa de elefante congelada	2 (10 %)
<i>Bypass</i> carótido subclavio	5 (25 %)
<i>Bypass</i> carótido carotídeo + carótido subclavio	4 (20 %)
<i>Parallel-grafts</i>	4 (20 %)

El éxito técnico fue del 95 %. El tiempo quirúrgico medio fue de 153,65 ± 75,6 minutos. La mediana de tiempo de escopia fue de 15,5 [6-65] minutos y de contraste, 85 mL [25-260]. Se implantaron 10 GORE® TAG® Comformable (W. L. Gore & Associates), 9 RE-LAY® PRO (Terumo Aortic) y 1 NEXUS® (Endospan).

Se implantó más de 1 módulo torácico en el 60 % de los pacientes. La longitud total de aorta cubierta media fue de 240 ± 99,12 cm. En la mayoría de los casos (65 %) se realizó el procedimiento endovascular en un solo tiempo. Se realizó el procedimiento de TEVAR mediante acceso femoral percutáneo en el 95 % de los pacientes.

La mortalidad en el primer mes fue de 2 pacientes. Un paciente falleció durante la operación por un accidente cerebrovascular mayor debido a la disección de la arteria carótida derecha durante la implantación de una endoprótesis Nexus®. La disección se produjo después de la colocación de un módulo puente entre la región distal de la Nexus® y la región proximal de una prótesis E-nside™.

El segundo caso fue al día 28 posoperatorio debido a una rotura de un aneurisma del arco. La paciente llegó con un cuadro de parada cardiorrespiratoria y hemoptisis con un reciente diagnóstico de una UPA con sangrado activo en tórax. Durante el posoperatorio se le realizó una fístula aortobronquial y la paciente finalmente desestimó más intervenciones.

A los 30 días únicamente hay un enveto neurológico mayor (5 %), que corresponde con el evento intraoperatorio que realizó el paciente de la Nexus®.

Hubo un caso de isquemia medular transitoria en un paciente con un aneurisma abdominotorácico sintomático de 6,7 cm de diámetro máximo con dolor torácico, tratado en varios tiempos. Inicialmente se realizó un recambio de aorta ascendente

y válvula aórtica, una trompa de elefante y el reimplante de los troncos supraaórticos. A los 15 días de la primera intervención, se realizó un implante de dos módulos de endoprótesis torácicas. En un tercer tiempo, 17 días después de la intervención previa, se implantó una endoprótesis ramificada aortobiilíaca, momento en el que presentó clínica de isquemia medular transitoria en las primeras horas posoperatorias. Se colocó un drenaje de LCR en la unidad de reanimación con la aparición de la clínica, que se resolvió completamente a las 24 horas. El resto de complicaciones médicas se detallan en la tabla III.

Después de un seguimiento medio de 18 meses (IQR: 7-37), 4 pacientes fallecieron. Los otros dos casos fueron al tercer mes, debido a una neumonía adquirida en la comunidad sobre una neumopatía intersticial avanzada, y al mes 16 por un IAM no revascularizable. La tasa de mortalidad estimada a 24 meses fue del 15 % (Fig. 2A).

No se observaron complicaciones en los *bypass*. La tasa estimada de reintervención según el estimador estadístico Kaplan-Meier a los 24 meses fue del 24,1 % (Fig. 2B), sin que se observaran diferencias significativas de las causas de reintervenciones.

Un paciente se reintervino por el crecimiento del saco del aneurisma y sospecha de un *endoleak* de tipo IB a los 11 meses del implante del módulo torácico. A los 2 meses de dicha intervención tuvo que extenderse proximalmente también por la persistencia del dolor torácico y del crecimiento del saco. La clínica finalmente se resolvió y se consiguió la reducción del tamaño del saco aneurismático en los controles posteriores.

Otro paciente tuvo que ser reintervenido por un *endoleak* de tipo III a los 4 años del implante de la endoprótesis torácica. Un paciente con un aneurisma abdominotorácico y una endoprótesis aortobiilíaca ramificada tuvo una endofuga de tipo Ic por acortamiento del *stent* puente entre la rama y la arteria renal derecha. Durante el seguimiento se observaron 3 *endoleaks* de tipo II que no necesitaron intervención y se resolvieron en los controles.

La tasa de reingreso estimada según el estimador estadístico Kaplan-Meier a 24 meses fue del 22,9 % (Fig. 2C). Las causas mayoritarias de reingresos fueron médicas (50 %), por edema agudo de pulmón, insuficiencia cardíaca y neumonía por COVID.

Tabla III. Complicaciones a 30 días de la implantación de la endoprótesis

	n (%)
Mortalidad	2 (10 %)
Reintervenciones	-
Ictus mayor	1 (5 %)
Isquemia medular transitoria	1 (5 %)
Isquemia medular permanente	-
Complicaciones respiratorias	3 (15 %)
Síndrome posimplante	1 (5 %)
Complicaciones cardiológicas	2 (10 %)
Insuficiencia renal crónica reagudizada	2 (10 %)

La segunda causa de reingreso más frecuente (30 %) fue por causa aórtica para el tratamiento de las endofugas previamente citadas.

DISCUSIÓN

El tratamiento híbrido del arco aórtico se ha aceptado como una alternativa factible a la cirugía abierta, sobre todo en los pacientes con elevado riesgo quirúrgico (11). La mortalidad a 30 días en la bibliografía se estima entre el 2 y el 23 % en estos pacientes (12,13).

En nuestra serie encontramos una mortalidad a 30 días del 10 %, que sería razonable considerando la presencia de cirugías urgentes/emergentes y la avanzada edad media de estos pacientes (73,6 años) (14). La edad avanzada, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica o las neoplasias influyen negativamente en los resultados de la cirugía híbrida de la aorta torácica (15).

Los porcentajes de ictus y de complicaciones neurológicas de nuestra serie son similares o discretamente inferiores a los publicados previamente (aproximadamente de 8,7 % y 14 %, respectivamente) (13). Dicha prevalencia es significativamente menor que con la reparación abierta de la aorta torácica (1), por lo que no realizamos un drenaje profiláctico de LCR. Durante la intervención tampoco realizamos un control de los potenciales evocados ni inyección intratecal de papaverina. Consideramos más relevante monitorizar las funciones neurológicas de los pacientes durante las primeras 24-48 horas en una unidad de críticos

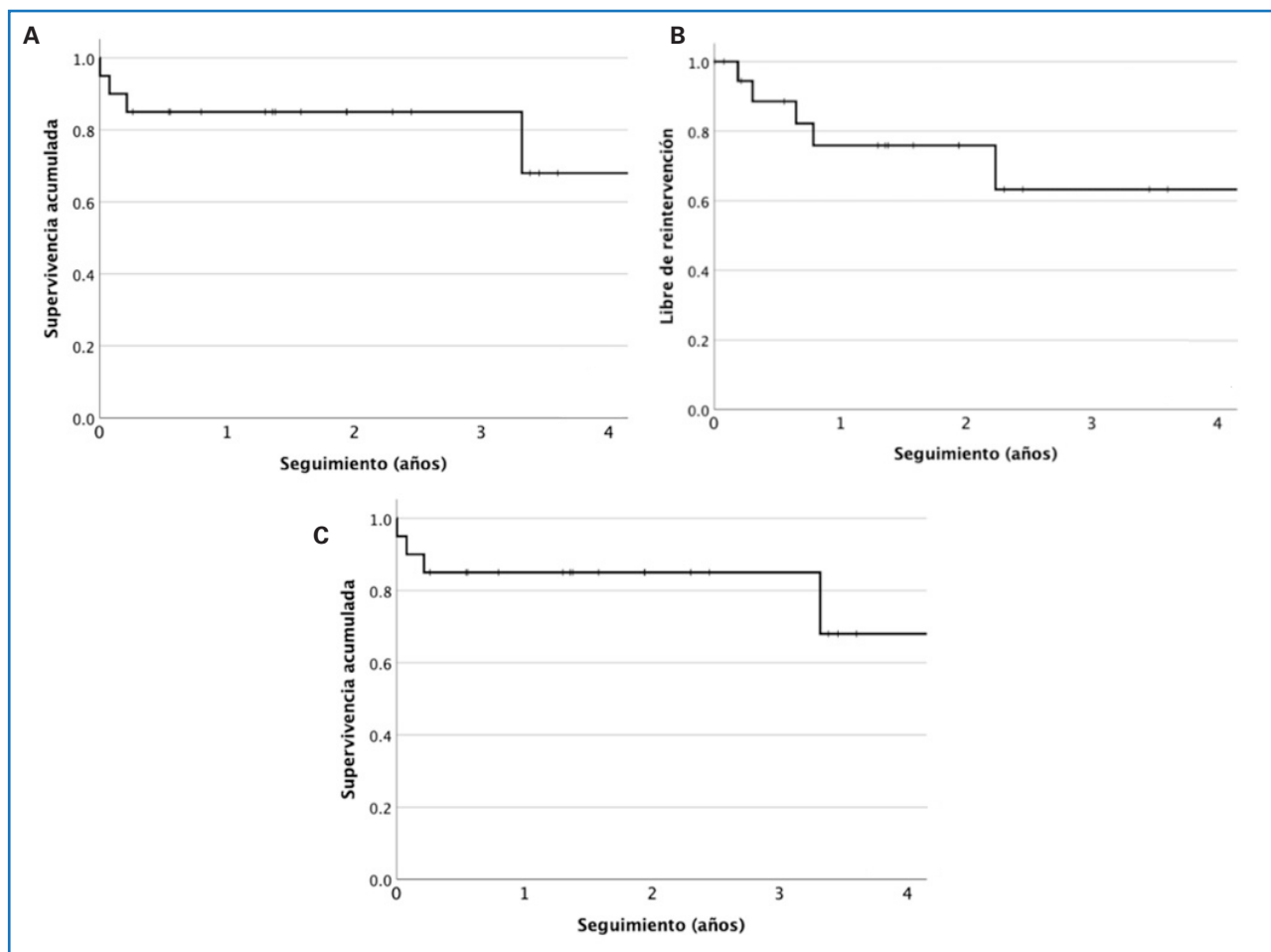


Figura 2. Curvas de estimación de supervivencia mediante la curva estadística Kaplan-Meier, con un seguimiento medio de 18 meses (7,37). A. Supervivencia. La tasa de supervivencia estimada a 24 meses fue del 15 %. B. Supervivencia libre de reintervenciones, estimada a 24 meses en el 24,1 %. C. Tasa de reingresos, estimada a 24 meses en el 22,9 %.

con medidas de prevención de isquemia medular (preservar la permeabilidad de la arteria subclavia izquierda, optimizar la hemoglobina, mantener una tensión arterial media > 80 mmHg, etc. [16]), junto con el drenaje temprano de líquido cefalorraquídeo en el caso de desarrollar clínica (17).

Si no se ha realizado previamente la revascularización de la arteria subclavia, sobre todo en casos de emergencia, o se ha mantenido su flujo mediante el uso de *parallel graft*, debe considerarse su revascularización en caso de aparición de síntomas neurológicos o de isquemia medular (18,19).

A medio y largo plazo cabe destacar una mortalidad y unas reintervenciones similares a las descritas en otras series. Cabe destacar que, en comparación con la cirugía abierta, la mortalidad es claramente inferior, pero la ratio de reintervención es mayor por la aparición

de endofugas, fundamentalmente por problemas del anclaje proximal (20).

CONCLUSIONES

En nuestra serie hemos encontrado unos buenos resultados en la cirugía híbrida del arco aórtico, pero también se asocia a una importante morbimortalidad, sobre todo después del primer tiempo quirúrgico a corto plazo; presento mejores resultados a medio plazo. Los procedimientos urgentes o emergentes en pacientes con una edad avanzada y con comorbilidades importantes se asocian a una mayor morbimortalidad. Por ese motivo, la selección de la mejor opción terapéutica es crucial antes de desestimar quirúrgicamente a estos pacientes.

Para poder ofrecer las opciones terapéuticas descritas es necesario un equipo multidisciplinar (cardiólogos, cirujanos cardíacos, cirujanos vasculares, anestelistas, radiólogos, etc.), así como un seguimiento estricto para poder detectar las complicaciones de forma precoz.

BIBLIOGRAFÍA

- Isselbacher EM, Preventza O, Black JH, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2022;146(24):E334-482. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001106
- Hanif H, Dubois L, Ouzounian M, Peterson MD, El-Hammamsy I, Dagenais F, et al. Aortic Arch Reconstructive Surgery with Conventional Techniques vs Frozen Elephant Trunk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Canadian J Cardiol* 2018;34(3):262-73. DOI: 10.1016/j.cjca.2017.12.020
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Di Bartolomeo R, Eggebrecht H, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases. *Eur Heart J* 2014;35(41):2873-926. DOI: 10.1093/EURHEARTJ/EHU281
- Murphy EH, Stanley GA, Ilves M, Knowles M, Dimaio JM, Jessen ME, et al. Thoracic endovascular repair (TEVAR) in the management of aortic arch pathology. *Ann Vasc Surg* 2012;26(1):55-66. DOI: 10.1016/J.AVSG.2011.08.009
- Czerny M, Pfannmuller B, Borger MA, Schmidt A, Mohr FW, Grabenwoger M. Hybrid debranching technique for aortic arch replacement. *Multimedia Manual of Cardio-Thoracic Surgery* 2011;2011(0824). DOI: 10.1510/MMCTS.2011.005108
- Azuma T, Yokoi Y, Yamazaki K. The next generation of fenestrated endografts: results of a clinical trial to support an expanded indication for aortic arch aneurysm treatment. *Eur J Cardio-Thoracic Surg* 2013;44(2):e156-63. DOI: 10.1093/EJCTS/EZT241
- Riambau V. Application of the Bolton Relay Device for Thoracic Endografting In or Near the Aortic Arch. *AORTA* 2015;3(1):16. DOI: 10.12945/J.AORTA.2015.14-050
- Kudo T, Kuratani T, Shimamura K, Sawa Y. Early and mid-term results of thoracic endovascular aortic repair using a branched endograft for aortic arch pathologies: A retrospective single-center study. *JTCVS Techniques* 2020;4:17. DOI: 10.1016/J.XJTC.2020.09.023
- Atkins MD, Lumsden AB. Parallel grafts and physician modified endografts for endovascular repair of the aortic arch. *Ann Cardiothoracic Surg* 2022;11(1):165-25. DOI: 10.21037/ACS-2021-TAES-171
- Schenning RC, Al-Hakim R. Aortic Dissection: Branched, Fenestrated, and Parallel Aortic Stent Grafts in the Ascending Aorta and Arch. *Tech Vasc Interv Radiol* 2021;24(2). DOI: 10.1016/j.tvir.2021.100754
- Faure EM, Canaud L, Marty-Ané C, Alric P. Hybrid aortic arch repair for dissecting aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;152(1):162-8. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2016.03.020
- Ribeiro TS, De Paiva Gadelha Júnior H, Dos Santos MA. Hybrid Repair versus Conventional Open Repair Approaches for Aortic Arch Disease: a Comprehensive Review. *Brazilian J Cardiovasc Surg* 2021;36(2):244-52. DOI: 10.21470/1678-9741-2020-0382
- Xydas S, Mihos CG, Williams RF, LaPietra A, Mawad M, Howard Wittels S, et al. Hybrid repair of aortic arch aneurysms: a comprehensive review. *J Thorac Disease* 2017;9(Suppl.7):S629-34. DOI: 10.21037/JTD.2017.06.47
- Cao P, De Rango P, Czerny M, Evangelista A, Fattori R, Nienaber C, et al. Systematic review of clinical outcomes in hybrid procedures for aortic arch dissections and other arch diseases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;144(6):1286-300.e2. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2012.06.013
- Seike Y, Matsuda H, Fukuda T, Inoue Y, Omura A, Uehara K, et al. Total arch replacement versus debranching thoracic endovascular aortic repair for aortic arch aneurysm: What indicates a high-risk patient for arch repair in octogenarians? *General Thorac Cardiovasc Surg* 2018;66(5):263-9. DOI: 10.1007/S11748-018-0894-1/METRICS
- Awad H, Ramadan ME, El Sayed HF, Tolpin DA, Tili E, Collard CD. Spinal cord injury after thoracic endovascular aortic aneurysm repair. *Can J Anesth* 2017;64(12):1218-35. DOI: 10.1007/S12630-017-0974-1
- Issa VS, Bacal F, Mangini S, Carneiro RMD, Azevedo CHN de F, Chizzola PR, et al. Hypertonic saline solution for renal failure prevention in patients with decompensated heart failure. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 2007;89(4):251-5.
- Buth J, Harris PL, Hobo R, Van Eps R, Cuypers P, Duijm L, et al. Neurologic complications associated with endovascular repair of thoracic aortic pathology: Incidence and risk factors. A study from the European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair (EUROSTAR) Registry. *J Vasc Surg* 2007;46(6):1103-11.e2. DOI: 10.1016/J.JVS.2007.08.020
- Czerny M, Schmidli J, Adler S, Van Den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, et al. Editor's Choice - Current Options and Recommendations for the Treatment of Thoracic Aortic Pathologies Involving the Aortic Arch: An Expert Consensus Document of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) & the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc & Endovasc Surg* 2019;57:165-98. DOI: 10.1016/j.ejvs.2018.09.016
- Yoshitake A, Okamoto K, Yamazaki M, Kimura N, Hirano A, Iida Y, et al. Comparison of aortic arch repair using the endovascular technique, total arch replacement and staged surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017;51(6):1142-8. DOI: 10.1093/EJCTS/EZX028