



Original

Reparación del arco aórtico mediante prótesis híbrida y su combinación con TEVAR

Aortic arch repair with elephant trunk and TEVAR combination

Ferrán Plá Sánchez¹, Isaac Martínez López², Daniel Pérez Camargo³, Óscar Uclés Cabeza², Adriana Baturone Blanco², Luis Carlos Maroto Castellanos³, Francisco Javier Serrano Hernando²

¹Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Universitario de Gran Canaria Doctor Negrín. Las Palmas de Gran Canaria. ²Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid. ³Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid

Resumen

Introducción y objetivos: la reparación del arco y aorta torácica descendente (ATD) se asocia a una elevada morbi-mortalidad. Las prótesis híbridas del arco y las endoprótesis torácicas (TEVAR) pueden disminuir sus complicaciones. El objetivo es describir resultados a corto y medio plazo del abordaje híbrido de esta patología.

Material y métodos: análisis retrospectivo de pacientes intervenidos entre agosto de 2016 y febrero de 2020 por patología aneurismática del arco aórtico y ATD mediante una prótesis híbrida y TEVAR en dos tiempos.

Resultados: trece pacientes intervenidos, todos por aneurisma sin disección. Inicialmente se empleó una prótesis híbrida con diámetro mediano de 30 mm (29-33) y una longitud de 130 mm en 12 de ellos. Se conservaron los 3 TSA en todos los pacientes, con pastilla para tronco braquiocéfálico y carótida izquierda y *bypass* a subclavia izquierda en el 69 % de ellos.

El tiempo mediano hasta el TEVAR fue de 13,5 semanas (6-20), con un éxito técnico del 100 %. Se implantó un solo módulo en 9 casos con una sobredimensión media del 10 % respecto a la trompa de elefante. No hubo ningún caso de paraplejía, ictus o muerte perioperatoria. El tiempo mediano de ingreso hospitalario fue de 4 días (2-6) y el seguimiento mediano tras el TEVAR de 17 meses (9-25), con una supervivencia del 100 % a 24 meses. Se comprobó una correcta exclusión del aneurisma en el angio-TC de control en todos los casos y sin objetivarse fugas de alto flujo durante el seguimiento.

Conclusiones: en nuestra experiencia, el TEVAR es una opción segura como segundo tiempo, y ofrece unos excelentes resultados a medio plazo en tasa de exclusión del aneurisma.

Palabras clave:

Arco. Aorta.
TEVAR. Aneurisma.
Reparación.
Híbrida. Trompa.
Elefante.

Recibido: 10/12/2020 • Aceptado: 27/03/2021

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Financiación: la presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Plá Sánchez F, Martínez López I, Pérez Camargo D, Uclés Cabeza O, Baturone Blanco A, Maroto Castellanos LC, Serrano Hernando FJ. Reparación del arco aórtico mediante prótesis híbrida y su combinación con TEVAR. *Angiología* 2021;73(3):125-131

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00246>

Correspondencia:

Ferrán Plá Sánchez.
Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Universitario de Gran Canaria Doctor Negrín. Calle Plaza Barranco de la Ballena, s/n. 35010 Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas
e-mail: ferplasan@gmail.com

Abstract

Introduction and objectives: aortic arch and descending thoracic aorta repair are associated with a high morbidity and mortality. The frozen elephant trunk combined with TEVAR could improve outcomes. The objective is to describe short and midterm results of the hybrid approach in this pathology.

Material and methods: retrospective analysis of patients who underwent two-staged intervention with hybrid prosthesis and TEVAR for aortic arch and thoracic descending aneurysm between August 2009 and February 2020.

Results: thirteen patients were included, all of them secondary to non-dissecting aneurysm. First-stage intervention with frozen elephant trunk (average prosthesis diameter: 30 mm [29-33] average length: 130 mm). Supraaortic vessel reimplantation was performed most frequently (69 %) with an island technique for innominate artery and left common carotid artery and a left subclavian artery bypass to the aortic graft.

The average time to TEVAR implantation was 13.5 weeks (6-20), with technical success of 100 %. A single device was implanted in 9 cases, with 10 % oversizing relative to the hybrid prosthesis. No cases of paraplegia, stroke or perioperative death were observed. The average hospital stay length was 4 days (2-6) and the average follow-up after TEVAR was 17 months (9-25), survival at 24 months was 100 %. Correct aneurysm exclusion was documented in all CT controls, with no high-flow endoleaks during follow-up.

Conclusions: based on our experience, TEVAR is a safe option as a second-stage intervention for complex thoracic aortic aneurysm pathology, offering excellent mid-term results for aneurysm exclusion.

Keywords:

Arch. Aorta.
TEVAR. Aneurysm.
Repair. Hybrid.
Trunk. Elephant.

INTRODUCCIÓN

La reparación de la patología del arco y la aorta descendente se asocia a una elevada morbimortalidad (1-3). Requiere un abordaje extenso de la aorta y es frecuente la necesidad de cirugía en varias fases, por lo supone uno de los mayores retos en el ámbito de la cirugía cardiaca y vascular.

Ya en el año 1983 Borst y cols. (4) publicaron el uso de las prótesis conocidas como en trompa de elefante, con la intención de facilitar la reintervención posterior, aunque no evitaba el tener que someterse a dos cirugías mayores.

El avance de la terapéutica endovascular ha permitido combinar ambas técnicas para el desarrollo de endoprótesis híbridas que permiten tratar en un solo tiempo los casos limitados al arco aórtico (5-7), y abordar la segunda fase de tratamiento en aquellos casos con afectación más distal mediante técnicas endovasculares (endoprótesis torácica, TEVAR), lo cual podría disminuir la morbimortalidad de esta cirugía compleja (8,9).

Así pues, el objetivo del presente estudio es describir los resultados a corto y medio plazo del tratamiento de la patología aneurismática del arco y aorta descendente mediante la combinación de ambas técnicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio retrospectivo de pacientes intervenidos en el Hospital Universitario Clínico San

Carlos de Madrid de forma electiva por patología aneurismática sin disección entre agosto de 2016 y febrero de 2020.

Se incluyeron en el estudio todos los pacientes intervenidos en dicho periodo con aneurismas de aorta torácica que englobasen al menos las zonas 0 y 1 del arco aórtico, excluyéndose las sustituciones aisladas de hemiarco. Las indicaciones para el tratamiento fueron: diámetro > 55 mm; diámetro > 50 mm si el paciente se sometía a cirugía de aorta ascendente o de la válvula aórtica, además de diámetro > 45 mm si el paciente presentaba factores de riesgo como colagenopatías, historia familiar de disección, crecimiento rápido (> 3-5 mm/año) o la presencia de sintomatología compresiva. El estudio fue aprobado por el comité de ética del nuestro centro y se obtuvo el consentimiento informado de todos los pacientes incluidos.

Técnica primer tiempo

Todos los pacientes fueron intervenidos bajo anestesia general, con monitorización continua en vía venosa central, arteria radial bilateral, actividad eléctrica cerebral, oximetría cerebral no invasiva, temperatura nasofaríngea y vesical y ecocardiografía transesofágica.

El acceso fue mediante esternotomía media, con ligadura electiva de la vena innominada para facilitar el acceso al arco y troncos supraaórticos. Las estra-

tegas de canulación fueron distintas en función de la etiología y extensión de la patología. Para la canulación arterial se utilizó algún tronco supraaórtico bien de forma directa o mediante la interposición de un tubo de Dacron de 8 mm. Además, se utilizó canulación femoral para protección medular y de vísceras abdominales durante el periodo de parada circulatoria. La canulación venosa se realizó de forma central con cánula fenestrada cavoauricular.

La protección medular y de vísceras abdominales durante la parada circulatoria se realizó con hipotermia moderada (28 °C), reperfusión precoz anterógrada o retrógrada de la aorta toracoabdominal y perfusión de la arteria subclavia izquierda siempre que fuese técnicamente posible.

La prótesis híbrida utilizada fue la E-Vita OPEN PLUS® (JOTEC, GmbH Lotzenäcker, Hechingen, Alemania). En 11 casos (84,6 %) se realizó la anastomosis distal en la zona 2 del arco aórtico, con reimplante sobre ella de los troncos supraaórticos y en los 2 restantes (15,4 %) en la zona 1.

En todos los casos se realizó un angio-TC preoperatorio, antes de ser dados de alta tras la intervención y a 6 y 12 meses de la intervención en el que se evaluaron el diámetro, el correcto despliegue de la endoprótesis, longitud y sellado de la misma, así como la trombosis del saco, presencia de fugas y remodelado aórtico. La indicación para la colocación de una endoprótesis posterior fue la ausencia de sellado distal en el primer angio-TC de control o la aparición de una fuga tipo IB durante el seguimiento por progresión de la enfermedad (Fig. 1).

Técnica segundo tiempo

El implante de la endoprótesis se realizó bajo anestesia general de forma mayoritaria (10 casos 76,9 %), salvo por comorbilidades del paciente en los que se prefirió anestesia local (3 casos, 23,1 %). Se realizó un abordaje quirúrgico del acceso femoral seleccionado para el implante del dispositivo y punción femoral contralateral para el catéter de angiografía. Tras cateterizar el extremo distal de la endoprótesis con una guía hidrofílica de 0,035 pulgadas (Radifocus® guidewire M standard type, Terumo Interventional Systems, Ann Arbor, MI. EE. UU.)



Figura 1. Fuga tipo IB por ausencia de sellado distal.

se realizó el cambio por una guía de mayor soporte (Lunderquist® extra-stiff wire guide Cook, Inc., Bloomington, IN, EE. UU.) para sobre esta progresar el dispositivo. El solapamiento mínimo buscado entre ambas prótesis fue de 3 cm en aquellos casos en los que la endoprótesis distal era de mayor tamaño que la EVITA previa y de 5 cm en caso contrario, implantándose un segundo dispositivo siempre que fuese necesario por ausencia de sellado distal (Fig. 2).

El abordaje braquial se reservó ante la eventual necesidad de realizar *through and through* por elongación aórtica o imposibilidad de avance de la endoprótesis.

Se emplearon los dispositivos TAG® Conformable y TAG® Conformable Active Control (W. L. Gore & Associates, Flagstaff, AZ, EE. UU.), así como Zenith



Figura 2. Solapamiento entre prótesis.

Alpha™ Thoracic Endovascular Graft (Cook, Inc., Bloomington, IN, EE. UU.) en función de los accesos y la necesidad de adaptar la prótesis a la anatomía del paciente.

Tras el implante se programó un seguimiento clínico y radiológico con angio-TC al mes, 6 y 12 meses tras la intervención y posteriormente anual salvo complicaciones.

El objetivo primario del estudio fue analizar la incidencia de un evento combinado perioperatorio (30 días): muerte por cualquier causa, ictus, paraplejía, infarto agudo de miocardio, reintervención y complicaciones vasculares mayores.

El objetivo secundario del estudio fue evaluar la supervivencia a mediano plazo libre de un evento combinado: muerte, endofuga de alto flujo (IB y III) y reintervención.

Análisis estadístico

El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 20.0. Aplicamos un test de normalidad a todas las variables perioperatorias (Shapiro Wilk). Las variables continuas con distribución normal se expresan como media con desviación estándar. Variables con otra distribución fueron expresadas como mediana y rango intercuartílico. La estimación de la supervivencia se realizó mediante el método de Kaplan-Meier.

RESULTADOS

De un total de 27 pacientes intervenidos mediante endoprótesis híbridas en dicho periodo por patología aneurismática primaria del arco aórtico, 13 requirieron un segundo tiempo quirúrgico mediante TEVAR, siendo todos ellos incluidos en el análisis.

De ellos, en 10 (77 %) la necesidad de colocar una endoprótesis distal formaba parte de la planificación prequirúrgica inicial, y en 3 pacientes (23 %) se programó durante el seguimiento por aparición de una fuga tipo IB.

El diámetro medio del aneurisma fue de 65 mm \pm 6 mm, 11 casos (84,6 %) afectaban exclusivamente a la aorta torácica y 2 de ellos (15,4 %) presentaban una extensión toracoabdominal tipo II.

La demografía y comorbilidad de la serie viene recogida en la tabla I. El 69 % fueron varones una edad mediana de 71 años.

En el primer tiempo se empleó una E-Vita OPEN PLUS®, en todos los casos, con un diámetro mediano de 30 mm (20-36) y una longitud de 130 mm en el 92 % de ellos. En el 38 % de los casos se asoció cirugía coronaria o valvular y se conservaron los 3 TSA en todos los pacientes: 69 % con pastilla para tronco braquiocefálico y carótida izquierda y *bypass* a subclavia izquierda, 23 % mediante pastilla única y 8 % mediante un *bypass* al tronco braquicefálico y reimplante de pastilla para carótida y subclavia izquierda (Tabla II). El tiempo mediano de ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos y planta de hospitalización fue de 4 (RIQ: 3-13) y 15 (RIQ: 10-34) días respectivamente. Hubo un accidente isquémico transitorio con recuperación completa y ninguna muerte perioperatoria.

Tabla I.

Edad media (RIQ)	71 (66-76)
Sexo masculino % (n)	69,2 (9)
Diabetes <i>mellitus</i> % (n)	15,4 (2)
Hipercolesterolemia % (n)	46,2 (6)
HTA % (n)	69,2 (9)
EPOC % (n)	23,1 (3)
Cardiopatía isquémica % (n)	7,7 (1)
Insuficiencia renal crónica % (n)	23,1 (3)
Enfermedad cerebrovascular % (n)	7,7 (1)
Arteriopatía periférica % (n)	7,7 (1)

Tabla II.

E-Vita OPEN PLUS® % (n)	100 (13)
Diámetro medio (RIQ)	30 (29-33)
Longitud 130 mm % (n)	92,3 (12)
Cirugía asociada % (n)	30,8 (4)
Reimplante de TSA	100 (13)

El tiempo mediano hasta la segunda intervención fue de 13,5 semanas (RIQ: 6-20) en aquellos pacientes en los que formaba parte del planteamiento inicial y de 14 meses (RIQ: 9-15) en los que se detectó una fuga IB durante el seguimiento (23 %). El éxito técnico del TEVAR fue del 100 %. Se implantó un solo módulo en 9 casos (69 %), con una sobredimensión media respecto a la prótesis previa de 10 %.

Los datos intraoperatorios se recogen en la tabla III. Todos los procedimientos se llevaron bajo anestesia local o general y las prótesis implantadas fueron mayoritariamente Zenith Alpha Toracica® (69 %) y TAG® en el resto (31 %). En un caso fue necesario invertir los diámetros de sellado para adaptarlo a la anatomía del paciente.

Dos pacientes presentaban un aneurisma toracoabdominal tipo II de Crawford. En uno de ellos se implantó una endoprótesis ramificada en el mismo acto quirúrgico y en otro se realizó una sustitución diferida de la aorta toracoabdominal, realizando la anastomosis proximal a la endoprótesis previamente implantada.

Tabla III.

Anestesia general	85 % (11)
TAG® % (n)	31 (4)
Zenith Alpha Toracica® % (n)	69 (9)
Contraste medio (ml) (RIQ)	60 (50-90)
Tiempo escopia medio (min) (RIQ)	9 (6-13)
Radiación media (mGy) (RIQ)	89 (57-132)

A 30 días, el evento combinado se presentó en un paciente (7,7 %); no hubo ningún caso de parálisis, ictus o muerte perioperatoria. Dos pacientes presentaron problemas en el acceso vascular, requiriendo uno de ellos cirugía urgente por sangrado activo. El tiempo mediano de ingreso hospitalario fue de 4 días (2-6).

El seguimiento mediano tras el TEVAR fue de 17 meses (RIQ: 9-25), con una supervivencia libre del evento combinado a 12, 18 y 24 meses del 100 % respectivamente. Se comprobó una correcta exclusión del aneurisma en el angio-TC de control en todos los casos, produciéndose en ocho de ellos una disminución del saco aneurismático respecto al TC preoperatorio (mediana 4 mm RIQ: 0-5) y sin objetivarse fugas de alto flujo durante el seguimiento.

DISCUSIÓN

Dada la elevada morbilidad y complejidad de la reparación de la patología del arco aórtico y la aorta torácica descendente, la innovación y el desarrollo de técnicas en los últimos años con el objetivo de disminuirla ha sido notable (10-13). Pese a que la endoprótesis híbrida fue descrita inicialmente como técnica de "un solo tiempo" para la reparación completa del arco (5,6), diferentes estudios han evidenciado la frecuente necesidad de reparaciones posteriores (14-16). En nuestra serie, un 48 % de pacientes intervenidos mediante una prótesis híbrida del arco necesitaron una segunda cirugía, con un tiempo mediano hasta la misma de 3 meses.

Aunque la cirugía abierta ha sido durante años la técnica de elección en la reparación tras el primer tiempo, y pese a que sigue ofreciendo unos buenos resultados cuando la selección de pacientes es la

adecuada (17), la irrupción de las técnicas endovasculares ha popularizado el empleo de endoprótesis en el segundo tiempo (8,9). Ello simplifica la reintervención y parece disminuir la mortalidad respecto a la cirugía clásica.

Rustum y cols. (9) publican una serie de 208 endoprótesis híbridas en la que un 17 % requirieron reintervención distal, bien mediante cirugía abierta o endovascular. La mortalidad perioperatoria del grupo cirugía abierta fue superior a la del grupo que recibió una endoprótesis (29 % vs. 8 %, $p = 0,045$), y resultados similares han sido recientemente publicados por otros autores (7).

No obstante, las diferentes series publicadas de reintervenciones endovasculares han sido aplicadas en su mayoría sobre prótesis "en trompa de elefante" convencionales (18-20), lo cual impide extrapolar los resultados, e incluyen tanto disecciones como aneurismas arterioscleróticos (8,9), por lo que la mortalidad en estos últimos no ha sido claramente establecida. Nuestra serie aborda la reparación exclusivamente de aneurismas primarios, siendo la morbimortalidad de la intervención claramente inferior a la referida por otros autores (mortalidad perioperatoria y eventos neurológicos del 0 %), aunque como ya hemos referido, incluyen disecciones en sus resultados.

En base a los resultados obtenidos y la evidencia disponible, hemos ido cambiando el abordaje, empleándose actualmente las endoprótesis como primera línea de tratamiento en la reintervención de esta patología.

El riesgo de paraplejia secundaria a la oclusión de las arterias intercostales mediante el uso de endoprótesis híbridas es conocido (21), aumentando este conforme se amplía la cobertura aórtica. Es por ello por lo que, en el primer tiempo se emplearon prótesis cortas en la mayoría de las ocasiones (únicamente en un caso se empleó la longitud de 160 mm), y en aquellos casos que el TEVAR formaba parte del tratamiento inicial, se difirió de la cirugía abierta varias semanas, permitiendo así el desarrollo de colaterales (22).

Desde el punto de vista técnico, dada la ausencia de soporte en el extremo distal de la prótesis híbrida, en aneurismas de gran tamaño, la progresión del dispositivo hasta conseguir el solapamiento adecua-

do puede ser compleja. Es cierto que el empleo de prótesis más largas podría minimizar esta dificultad al extender el sellado a zonas más distales de la aorta, pero en nuestra experiencia, dicha dificultad se ha resuelto utilizando un abordaje braquial para el avance del dispositivo mediante *through and through* en los casos en los que ha sido necesario.

El hecho de realizar el sellado proximal dentro de una prótesis previamente implantada hace que en ocasiones sea necesario conificar el diámetro del dispositivo para poder aterrizar en aorta nativa de mayor tamaño. En nuestra serie únicamente fue necesario en un caso, pero es importante disponer de esta opción en caso de ser necesaria.

La principal limitación de nuestro estudio es que se trata de una serie unicéntrica y la ausencia de un grupo control de cirugía abierta para compararlo a esta combinación que presentamos, siendo conscientes de la limitación que ello supone.

CONCLUSIONES

La necesidad de una segunda intervención para corregir los aneurismas de aorta torácica tras la reparación del arco mediante endoprótesis híbridas continúa siendo elevada. En base a nuestra serie, el TEVAR es una opción segura como segundo tiempo y ofrece unos excelentes resultados a medio plazo en tasa de exclusión del aneurisma. No obstante, hacen falta estudios comparativos para corroborar estos hallazgos y valorar su superioridad frente a otras técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Urbanski PP, Luehr M, Di Bartolomeo R, Diegeler A, De Paulis R, Esposito G, et al. Multicentre analysis of current strategies and outcomes in open aortic arch surgery: heterogeneity is still an issue. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;50:249-55.
2. Luehr M, Bachet J, Mohr FW, Etz CD. Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;45:27-39.
3. Kulik A, Castner CF, Kouchoukos NT. Outcomes after total aortic arch replacement with right axillary artery cannulation and a prewoven multibranch graft. *Ann Thorac Surg* 2011;92:889-97.

4. Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using 'elephant trunk' prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg* 1983;31:37-40.
5. Kato M, Ohnishi K, Kaneko M, Ueda T, Kishi D, Mizushima T, et al. New graft-implanting method for thoracic aortic aneurysm or dissection with a stented graft. *Circulation* 1996;94(Suppl.9):188-93.
6. Karck M, Chavan A, Hagl C, Friedrich H, Galanski M, Have-rich A. The frozen elephant trunk technique: a new treatment for thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:1550-3.
7. Maroto Castellanos LC, Carnero M, Cobiella J, Beltrao R, Villagran E, Reguillo F, et al. Single-center experience and evolution of technique with the E-vita Open Prosthesis. *J Card Surg* 2020;1-9.
8. Kreibich M, Berger T, Rylski B, Chen Z, Beyersdorf F, Siepe M, et al. Aortic reinterventions after the frozen elephant trunk procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2020;159(2):392-9.e1.
9. Saad Rustum S, Beckmann E, Wilhelmi M, Krueger H, Kaufeld T, Umminger J, et al. Is the frozen elephant trunk procedure superior to the conventional elephant trunk procedure for completion of the second stage? *Eur J Cardiothorac Surg* 2017;52(4):725-32.
10. Nogami E, Yunoki J, Kitsuka T, Itoh M, Tanaka A, Nishida T. Transapical thoracic endovascular aortic repair in aortic arch aneurysm through a pre-existent bioprosthetic aortic valve. *J Vasc Surg Cases Innov Tech* 2018;4(4):265-7.
11. Bibiloni Lage I, Calsina Juscafresa L, Delgado Domínguez C, Bilbao Jaureguizar JJ, Bastarrika G, Rabago Juan-Aracil G. Hybrid Repair of Aortic Arch Aneurysms With Endografting of the Ascending Aorta. *J Card Surg* 2016;31(5):341-7.
12. Tsilimparis N, Detter C, Law Y, Rohlfes F, Heidemann F, Brückwedel J, et al. Single-center Experience With an Inner Branched Arch Endograft. *J Vasc Surg* 2019;69(4):977-85.
13. Fernández-Alonso L, Fernández-Alonso S, Martínez-Aguilar E, Santamaria Fariña E, Alegre-Sole J, López-San-Martín M, et al. Endovascular Treatment of Aortic Arch Lesions Using Scalloped Endografts. *Vasc Endovascular Surg* 2019;52(1):22-6.
14. Dohle DS, Tsagakis K, Janosi RA, Benedik J, Kuehl H, Stebner F, Wendt D, et al. Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk. *Eur J Cardiothorac Surg* 2016;49:111-7.
15. Berger T, Kreibich M, Morlock J, Kondov S, Scheuman J, Kari FA, et al. True-lumen and false-lumen diameter changes in the downstream aorta after frozen elephant trunk implantation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018;54(2):375-81.
16. Luehr M, Peterss S, Zierer A, Pacini D, Etz CD, Shrestha ML, et al. Aortic events and reoperations after elective arch surgery: incidence, surgical strategies and outcomes. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018;53:519-24.
17. Roselli E, Subramanian S, Sun Z, Idrees J, Nowicki E, Blackstone E, et al. Endovascular versus open elephant trunk completion for extensive aortic disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;146(6):1408-16.
18. Carroccio A, Spielvogel D, Sharif E, Lookstein A, Chin IY, Minor ME, et al. Aortic Arch and Descending Thoracic Aortic Aneurysms: Experience with Stent Grafting for Second-Stage "Elephant Trunk" Repair. *Vascular* 2005;13(1):5-10.
19. Greenberg RK, Haddad F, Svensson L, O'Neill S, Walker E, Lyden SP, et al. Hybrid approaches to thoracic aortic aneurysms: the role of endovascular elephant trunk completion. *Circulation* 2005;112:2619-26.
20. Kawaharada N, Kurimoto Y, Ito T, Koyanagi T, Yamauchi A, Nakamura M, et al. Hybrid treatment for aortic arch and proximal descending thoracic aneurysm: experience with stent grafting for second-stage elephant trunk repair. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;36(6):956-6.
21. Di Eusanio M, Borger M, Petridis FD, Leontyev S, Pantaleo A, Moz M, et al. Conventional versus frozen elephant trunk surgery for extensive disease of the thoracic aorta. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2014;15:803-9.
22. Kasprzak PM, Gallis K, Cucuruz B, Pfister K, Janotta M, Kopp R. Editor's choice-Temporary aneurysm sac perfusion as an adjunct for prevention of spinal cord ischemia after branched endovascular repair of thoracoabdominal aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2014;48:258-65.