Cirugía Cardiovascular 33 (2026) 218–227

Revisión

La trompa de elefante congelada para el tratamiento del síndrome aórtico agudo

Daniel Pérez-Camargo, Lourdes Montero-Cruces y Luis C. Maroto Castellanos *

Departamento de Cirugía Cardiaca, Hospital Universitario Clínico San Carlos, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:
Recibido el 24 de febrero de 2024
Aceptado el 9 de abril de 2024
On-line el 8 de julio de 2024

Palabras clave:
Síndrome aórtico agudo
Disección aórtica aguda
Arco aórtico
Trompa de elefante congelada
Sustitución de arco aórtico

RESUMEN

El síndrome aórtico agudo tipo A abarca un grupo de patologías que tienen en común su presentación clínica y un mal pronóstico si no reciben un tratamiento oportuno. El tratamiento de elección es la cirugía urgente, y el *gold standard* es la sustitución de la aorta ascendente y del hemiarco, con anastomosis distal abierta en parada circulatoria. No obstante, en las últimas dos décadas la trompa de elefante congelada se ha convertido en la técnica de elección cuando existen criterios para sustituir el arco aórtico. El objetivo de este artículo es revisar la evidencia actual disponible al respecto, así como describir la técnica quirúrgica, los resultados perioperatorios y los resultados a largo plazo.

© 2024 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/).

The frozen elephant trunk for acute aortic syndrome

Keywords:
Acute aortic syndrome
Acute aortic dissection
Aortic arch
Frozen elephant trunk
Total arch repair

ABSTRACT

Type A acute aortic syndrome involves a group of pathologies with similar clinical presentation and poor prognosis if not opportunely treated. Urgent surgery is indicated and the gold standard for intervention consists in ascending and hemiarch aortic replacement with open anastomosis under circulatory arrest. Nonetheless, in the last two decades, the frozen elephant trunk has become the treatment of choice when criteria for aortic arch replacement are present. The goal of the present article is to review the current evidence, describe the surgical technique, perioperative results and long-term outcomes.

© 2024 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/).

Introducción

El síndrome aórtico agudo (SAA) abarca un grupo de patologías (disección aguda, hematoma intramural, disección incompleta y úlcera penetrante) que tienen en común su presentación clínica (el dolor aórtico) y el mal pronóstico, pues dejadas a su libre evolución pueden llevar a la rotura aórtica y a la muerte del paciente. Es poco frecuente pero con una elevada morbimortalidad, no solo por su propia historia natural sino también por la complejidad de su tratamiento[1-3]. En el SAA tipo A el tratamiento de elección es la cirugía urgente, considerándose como *gold standard* la sustitución de la aorta ascendente y parte del arco (hemiarco), con anastomosis distal abierta en parada circulatoria y perfusión cerebral anterógrada unilateral o bilateral. De esta manera abordamos las principales causas de muerte: la rotura de la falsa luz en la aorta ascendente, la malperfusión y la insuficiencia aórtica[2,4].

La trompa de elefante congelada (*frozen elephant trunk* [FET]) con prótesis híbridas permite una reparación más extensa de la aorta en un solo tiempo, incluyendo el arco y la aorta descendente proximal. De esta forma excluye las reentradas en el arco y en la aorta descendente proximal, reexpande la luz verdadera corrigiendo la malperfusión y promueve la trombosis de la falsa luz distal, disminuyendo así la incidencia de eventos aórticos en el seguimiento[2,5,6].

El objetivo de este artículo es revisar la evidencia actual disponible al respecto, así como describir la técnica quirúrgica, los resultados perioperatorios y los resultados a largo plazo.

El síndrome aórtico agudo

Se trata de una patología poco frecuente, con una incidencia de 6-7 casos por 100.000 habitantes/año. La disección aórtica aguda es la patología más frecuente, siendo 2 de cada 3 de tipo A. Afecta con mayor frecuencia a los hombres, y su incidencia aumenta con la edad, siendo el principal factor de riego la hipertensión arterial. La historia natural del SAA tipo A es ominosa, estimándose que el 50% fallecen antes de llegar al hospital, y que de los que llegan, sin cirugía, hasta el 50% fallecen en las primeras 48 horas, siendo las principales causas de muerte la rotura aórtica con taponamiento cardiaco y la malperfusión[1,2,7].

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: luis.maroto@salud.madrid.org (L.C. Maroto Castellanos).

https://doi.org/10.1016/j.circv.2024.04.003
1134-0096/© 2024 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/).

Según el tiempo de evolución, el SAA se clasifica en agudo (menor o igual de 14 días), subagudo (entre 15 y 90 días) o crónico (> 90 días). El grupo del *International Registry for Aortic Dissection* [IRAD]) ha propuesto una clasificación que distingue una fase hiperaguda que corresponde a las primeras 24 horas, y restringe la fase aguda a la primera semana[3,7]. La clasificación más utilizada desde el punto de vista anatómico es la de Stanford, pues es sencilla (A o B, según esté o no afectada la aorta ascendente) y tiene valor pronóstico y terapéutico[8,9]. No obstante, esta clasificación no considera el escenario donde existe afectación del arco aórtico sin afectación de la aorta ascendente, por lo que en 1994 Von Segesser et al.[10] propusieron el término no-A no-B para los casos donde la zona de rotura intimal se encuentra en el arco o en la aorta descendente con afectación del arco de manera retrógrada. Desde un punto de vista clínico, la Universidad de Pennsylvania propone una clasificación que estratifica grupos de riesgo según la situación hemodinámica y la presencia de malperfusión[11]. Recientemente se ha propuesto la clasificación TEM *(type, entry site, malpefusion)*, la cual integra los aspectos clínicos y anatómicos, describe mejor la extensión de la enfermedad, orienta sobre el procedimiento a realizar y tiene valor pronóstico[12].

Resultados actuales de la cirugía

Como se ha señalado previamente, la técnica de elección en la mayoría de los pacientes es la sustitución de la aorta ascendente y la concavidad del arco aórtico proximal, realizando la anastomosis proximal en la unión sinotubular, resuspendiendo la válvula aórtica, y la anastomosis distal abierta en parada circulatoria con perfusión cerebral anterógrada. Se trata de una técnica sencilla y reproducible, considerada el *gold standard* para el tratamiento de esta patología. En registros nacionales contemporáneos la mortalidad perioperatoria oscila entre el 15 y el 25%, y la incidencia de ictus postoperatorio, entre el 11 y el 13%[13-18].

¿Cuándo considerar la sustitución del arco en el SAA?

En general aceptamos que la sustitución del arco puede plantearse en dos contextos clínicos en el seno del SAA: cuando se considera que es imprescindible para salvar la vida del paciente o cuando pueda disminuir la incidencia de eventos aórticos a medio/largo plazo[19].

Probablemente la única situación en la que sea imprescindible para salvar la vida del paciente es cuando la falsa luz esté rota a nivel del arco, situación poco frecuente (figs. 1 y 2). Más frecuente es la presencia de malperfusión cerebral estática (por disección de uno o varios de los troncos supraaórticos, con oclusión de la luz verdadera) o de malperfusión visceral dinámica (por colapso de la luz verdadera, generalmente por reentradas en el arco o en la aorta descendente proximal). En estas dos circunstancias, aunque no es mandatorio, la sustitución del arco aórtico sí es la manera más eficaz de corregir la malperfusión[20] (figs. 3 y 4).

Por otro lado, hay un subgrupo de pacientes donde, aunque la cirugía conservadora sería *a priori* la técnica de elección, una actitud agresiva sobre el arco aórtico puede disminuir la incidencia de eventos aórticos en el seguimiento. La literatura es contradictoria, pero existe consenso en aceptar que al menos debe plantearse en las siguientes circunstancias[19-21]:

- Rotura intimal o reentrada grande en el arco o aorta torácica descendente proximal.
- Dilatación del cayado o de la aorta torácica descendente proximal (> 45 mm).

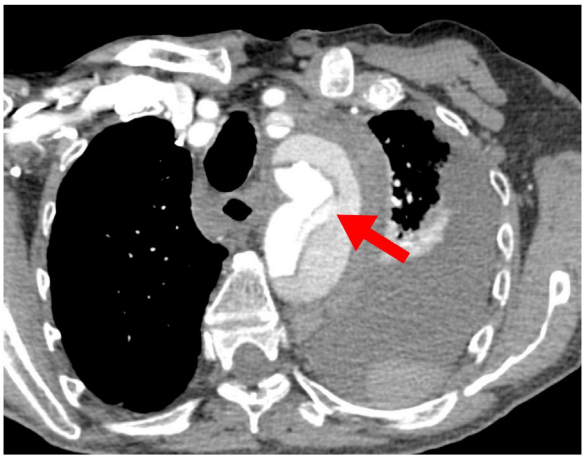

Figura 1. Disección aórtica aguda con rotura intimal localizada en el arco aórtico. Se observan, además, hemomediastino y hemotórax.

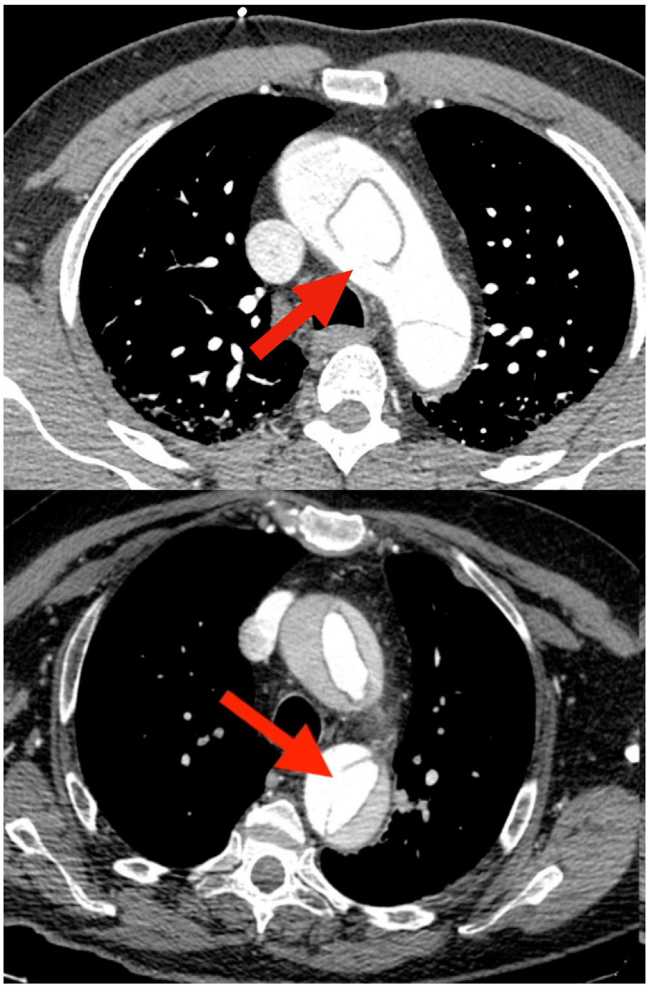

Figura 2. Disección aórtica aguda con rotura intimal localizada en A) arco aórtico y B) aorta torácica descendente proximal.

Para indicar una cirugía más agresiva y técnicamente más compleja, además de las consideraciones anatómicas previamente reseñadas, deben tenerse en cuenta también las características basales del paciente (edad y comorbilidades asociadas, conectivopatía, historia familiar, sospecha de sustrato genético...), la situación clínica (ventilación mecánica preoperatoria, shock

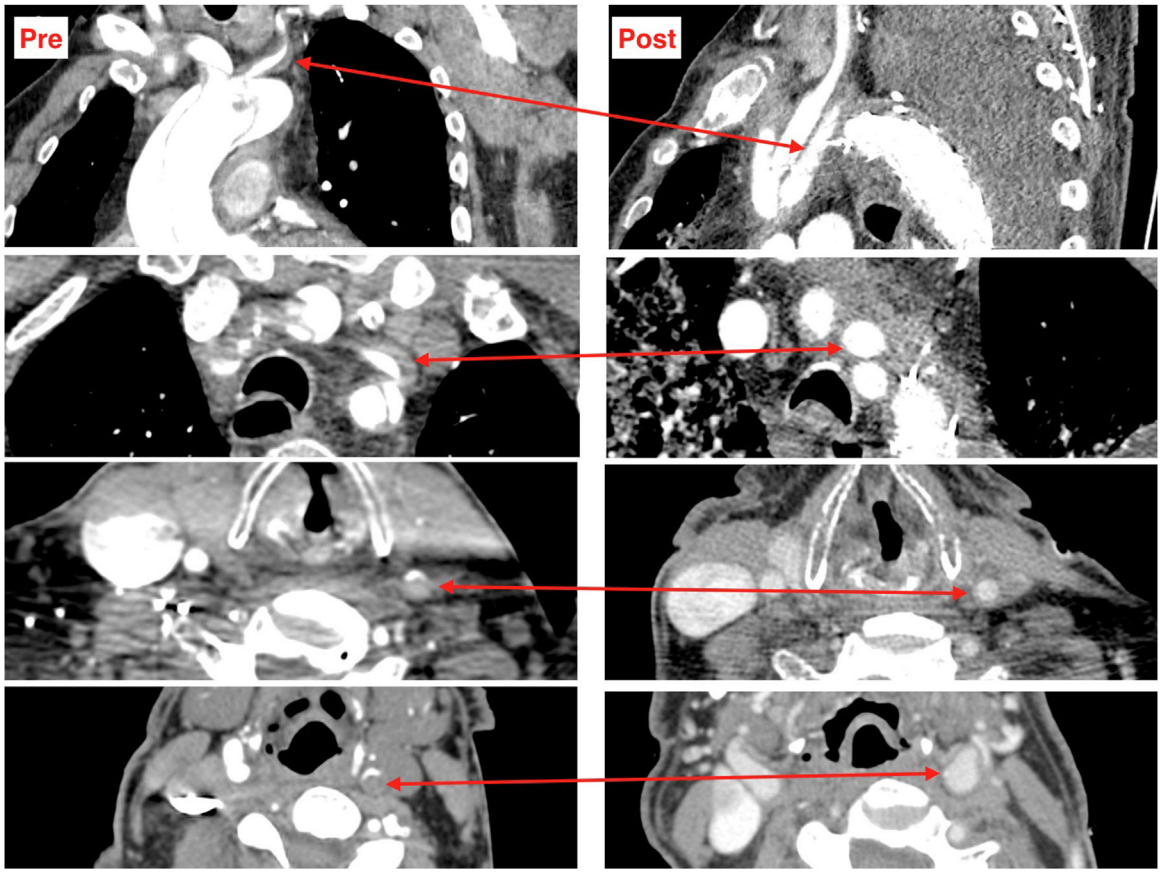

Figura 3. Disección aórtica aguda con malperfusión cerebral por oclusión de la arteria carótida común izquierda, antes y después de la FET.

cardiogénico, fracaso renal, malperfusión...) y la experiencia del equipo médico-quirúrgico, con la finalidad de evaluar adecuadamente la relación riego/beneficio, sin olvidar que el objetivo principal de la intervención sigue siendo salvar la vida del paciente[20-22].

La trompa de elefante congelada en el síndrome aórtico agudo

La reparación extendida de la aorta puede realizarse mediante la sustitución del arco con la técnica estándar, o mediante «trompa de elefante» clásica o congelada. La técnica de la trompa de elefante fue descrita originalmente por Borst en 1983 con el fin de facilitar el segundo tiempo en la patología extensa de la aorta toracoabdominal[23-26]. Con el desarrollo de técnicas endovasculares, en 1996 Kato et al.[27] describieron la sustitución del arco combinando una prótesis convencional y una endovascular, denominando a esta técnica «trompa de elefante congelada». Posteriormente se han desarrollado prótesis híbridas que combinan una endoprótesis en el segmento distal y una prótesis convencional en la porción proximal, permitiendo una reparación extendida en una sola etapa de diversas patologías que involucran el arco aórtico[28-31].

En el contexto del SAA, la FET es la técnica de elección para la sustitución del arco aórtico, ya que permite excluir las reentradas en el arco y la aorta descendente, promueve la expansión de la luz verdadera, la trombosis de la falsa luz, e induce un remodelado favorable de la aorta torácica[32-35]. Estas características hacen que su uso no esté restringido únicamente al SAA tipo A; en el tipo no-A no-B, y para los casos de tipo B con anatomía desfavorable para implante de endoprótesis (zona de anclaje proximal con diámetro > 40 mm, angulación del arco), imposibilidad de acceso vascular o disección de la arteria subclavia izquierda con reentradas distales que pudiesen mantener la luz falsa a pesar de un despliegue adecuado de la endoprótesis, la FET es una alternativa que no se ve limitada en estos escenarios[36]. Además, permite tratar patología concomitante de la aorta proximal en el mismo procedimiento, elimina el riesgo de endofuga tipo 1a, proporciona una zona de anclaje adecuada en caso de requerir un procedimiento en la aorta distal y, aunque es infrecuente, elimina el riesgo de disección retrógrada que puede ocurrir durante el implante de una endoprótesis[37-39].

Las dos prótesis híbridas comercializadas en Europa en la actualidad son la prótesis Thoraflex (Vascutek,Terumo, Inchinnan, Reino Unido) y la prótesis E-Vita Open Neo (JOTEC, Hechingen, Alemania). Ambas prótesis tienen un diseño similar, con un injerto proximal y un stent distal de nitinol cubierto[29,40]. La prótesis E-Vita Open se ha desarrollado con tres configuraciones diferentes y la prótesis Thoraflex está disponible como tubo protésico y como prótesis ramificada (fig. 5). Ambas prótesis se encuentran disponibles en diferentes diámetros y longitudes tanto del stent como de la prótesis vascular y poseen un sistema de liberación que permite un posicionamiento y un despliegue sencillos y de manera controlada.

Consideraciones perioperatorias

La parada circulatoria con hipotermia, conceptualizada por Bigelow et al. en 1950 y popularizada por R.B Griepp a mediados de la década de 1970, es un componente esencial en la cirugía del SAA. El implante de la FET es una técnica más agresiva asociada a mayor tiempo de circulación extracorpórea (CEC) y de parada circulatoria en comparación con la cirugía convencional, por lo que es clave tanto la selección de pacientes como una adecuada planificación preoperatoria para definir la estrategia quirúrgica más adecuada en función del perfil clínico y anatómico del paciente[41,42].

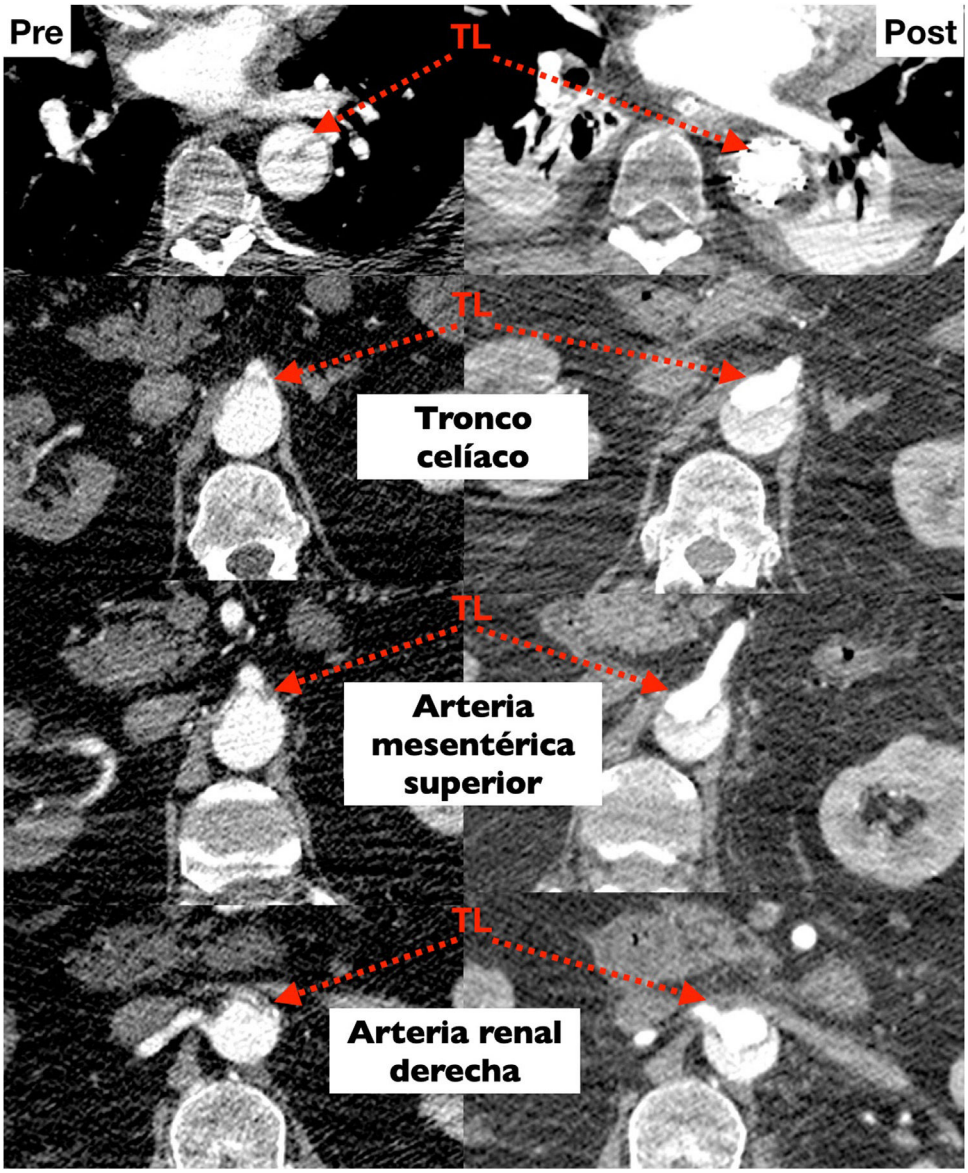

Figura 4. Disección aórtica aguda con malperfusión visceral por colapso de la luz verdadera en la aorta abdominal, antes y después de la FET.TL: luz verdadera.

Planificación preoperatoria. La tomografía axial computarizada (TAC)

Un aspecto fundamental es dedicar un tiempo al análisis detallado de la angioTAC preoperatoria. Tenemos que decidir la estrategia de canulación y de protección cerebral, la zona de anastomosis distal, identificar la luz verdadera, la localización de la rotura intimal, las reentradas, la afectación o no de los troncos supraaórticos y valorar el riesgo de malperfusión, entre otros. Con respecto al tamaño de la prótesis a implantar, hay diversas formas de calcular el diámetro del stent a implantar (diámetro total, área de la luz verdadera. . .), pero el aspecto más importante es evitar su sobredimensionamiento, ya que puede causar nuevas reentradas (desgarro intimal distal inducido por el stent [dSINE]) y producir malperfusión visceral en el postoperatorio inmediato o remodelado negativo de la luz falsa en el seguimiento[43-45].

Monitorización intraoperatoria

Con respecto a la monitorización intraoperatoria queremos destacar 4 componentes que consideramos claves: el ecocardiograma transesofágico (ETE), la medición de la saturación cerebral de oxígeno, la monitorización de la presión arterial y el tromboelastograma. El ETE nos permitirá evaluar la función ventricular, la presencia de derrame pericárdico, el grado de insuficiencia aórtica y su mecanismo, localizar la luz verdadera, posicionar las guías y la prótesis y valorar la reexpansión de la luz verdadera en la aorta torácica al finalizar el procedimiento. La monitorización continua de la saturación de oxígeno del tejido cerebral mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (*near-infrared spectroscopy* [NIRS]) permite detectar precozmente el compromiso de la oxigenación cerebral. Ante disminuciones mayores del 20% con respecto a los valores basales, deben identificarse las diferentes causas posibles y resolverse inmediatamente (acodamiento de una cánula, flujo insuficiente, hipotensión, anemia, etc.)[46]. Monitorizar la presión arterial al menos a 2 niveles, e idealmente 3 (ambas radiales y una femoral) ayuda a controlar la perfusión sistémica durante la CEC y a detectar precozmente malperfusión regional. Por último, el importante consumo de factores de coagulación y de plaquetas asociado al SAA, junto con la hipotermia y la circulación extracorpórea, condicionan alteraciones severas de la hemostasia en la mayoría de los pacientes. El tromboelastograma nos permite

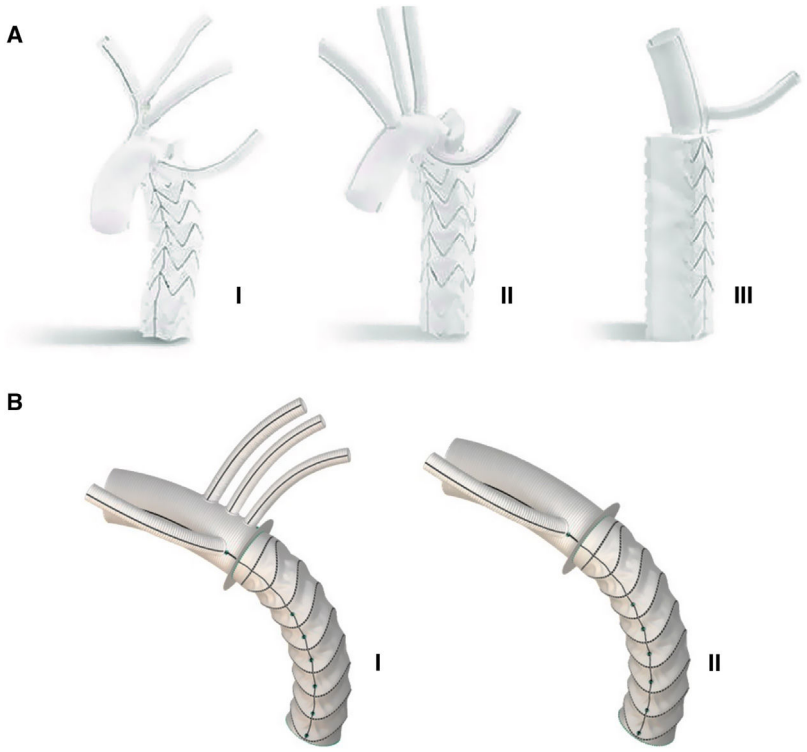

Figura 5. Prótesis híbridas comercializadas actualmente en Europa. A) Prótesis Thoraflex. B) Prótesis E-Vita Open Plus.

el manejo dirigido de la coagulación durante todo el procedimiento, limitando la politransfusión y sus consecuencias deletéreas[47,48].

Canulación arterial

La canulación arterial debe realizarse a través de un tronco supraaórtico, generalmente la arteria axilar derecha o el tronco braquiocefálico (bien mediante canulación directa o con interposición de un tubo protésico). La elección de uno u otro dependerá de la anatomía, buscando siempre la arteria más sana, por lo que a veces la carótida derecha o izquierda serán una buena alternativa si la arteria axilar o el tronco braquiocefálico están afectados o existe malperfusión cerebral por oclusión de la luz verdadera de una o ambas carótidas (fig. 6). La canulación femoral se ha preferido históricamente por su sencillez técnica y por su rapidez, pero se asocia con una mayor morbimortalidad debido al flujo retrógrado, que aumenta el riesgo de complicaciones neurológicas y de malperfusión visceral[19,41,49]. Por lo tanto, solo debe utilizarse en situaciones de emergencia donde es necesario establecer la CEC con rapidez.

La protección miocárdica

Como ya se ha señalado, en general los tiempos quirúrgicos suelen ser más prolongados, por lo que una adecuada protección miocárdica va a ser fundamental. Aunque no hay evidencia de peso sobre qué solución es más adecuada para este tipo de procedimientos, la cardioplejía cristaloide en dosis única permite «olvidarse» de la protección miocárdica una vez administrada y centrarnos en la técnica quirúrgica[50]. Por otro lado, el diseño de las prótesis híbridas permite acortar el tiempo de isquemia, ya que hacemos la anastomosis proximal antes de reimplantar los troncos supraaórticos, consiguiendo con frecuencia tiempos de isquemia de menos de 60 minutos si no hay patología asociada que tratar. Incluso en pacientes con disfunción severa del ventrículo izquierdo se ha descrito el procedimiento con perfusión continua del miocardio sin isquemia[51,52].

Protección cerebral

Hipotermia

La necesidad de la parada circulatoria para al menos realizar la anastomosis distal obliga a plantear medidas adicionales para la protección cerebral, dada su baja tolerancia a la isquemia. Antes del desarrollo de las técnicas de perfusión cerebral, dicha protección recaía exclusivamente en la hipotermia. Aunque la hipotermia disminuye el consumo de oxígeno, nunca será cero, por lo que el tiempo que tenemos para hacer el procedimiento con seguridad es limitado. Se estima que a 20 °C el margen de seguridad está en torno a los 30 minutos, por lo que tiempos de parada más prolongados requieren de técnicas de protección adicionales. Además, la hipotermia profunda genera morbimortalidad por sí misma, al requerir tiempos de CEC más prolongados y producir alteraciones importantes de la hemostasia[6,41,53,54].

Perfusión cerebral

La tasa metabólica cerebral elevada, junto con la ausencia de depósitos de glucosa a dicho nivel, hacen que la mejor estrategia de protección cerebral sea mantener la perfusión sanguínea durante la parada circulatoria sistémica. Inicialmente esto se hacía de manera retrógrada, a través de la cava superior. El argumento era evitar la manipulación de los troncos supraaórticos, con frecuencia afectados, y confiar en la perfusión retrógrada del tejido cerebral, a lo que se unía el efecto lavado de detritus y aire sobre el lecho vascular cerebral y el enfriamiento producido por la circulación de la sangre. Aunque aún hay grupos que la siguen utilizando con excelentes resultados[55], la mayoría de los centros utilizan la perfusión cerebral anterógrada a través de los troncos supraaórticos. La canulación arterial a través de un tronco supraaórtico permite hacer

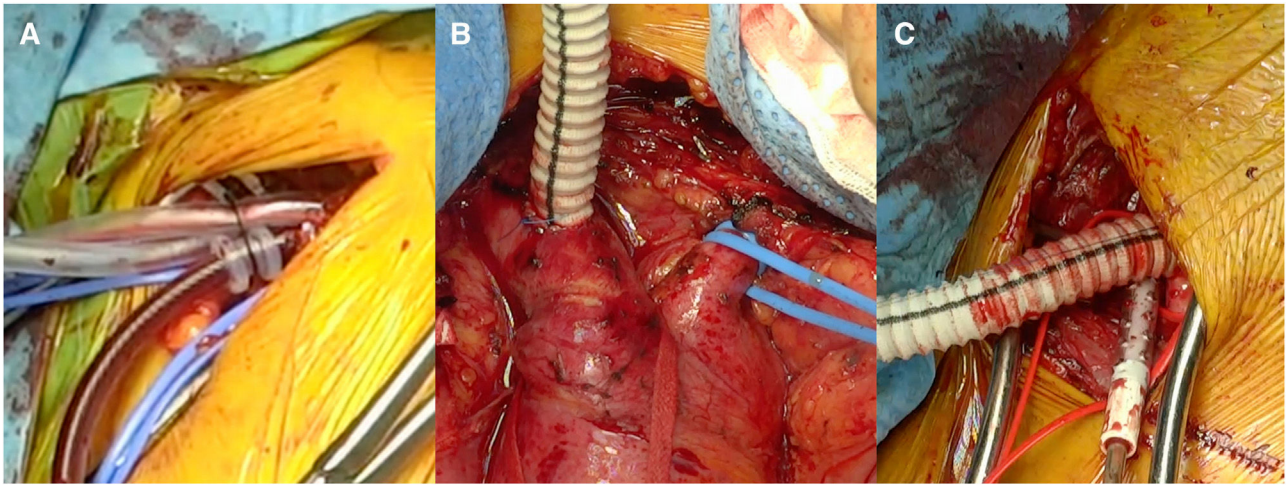

Figura 6. Estrategia de canulación arterial: A) Arteria axilar derecha. B) Tronco braquiocefálico. C) Arteria carótida común derecha.

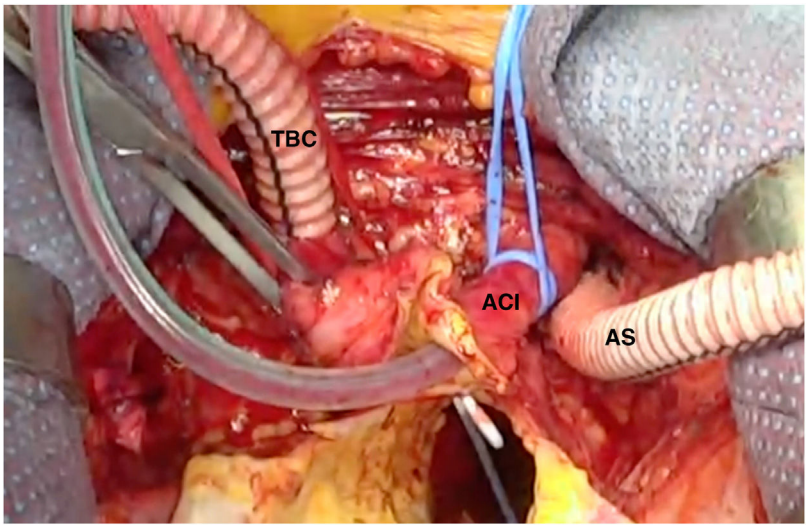

Figura 7. Perfusión cerebral total mediante perfusión del tronco braquiocefálico (TBC), arteria carótida común izquierda (ACI) y arteria subclavia izquierda (AS).

la perfusión cerebral unilateral sin necesidad de cánula ni de circuitos accesorios. Para tiempos de perfusión cerebral cortos la vía unilateral es suficiente gracias a la circulación colateral a través del polígono de Willis y de las carótidas externas. A partir de los 30 minutos de perfusión unilateral aumenta de manera significativa el riesgo de muerte y de daño neurológico, por lo que en cirugías que se prevea superar ese tiempo, como es el caso que nos ocupa, la perfusión cerebral debe ser bilateral (fig. 7)[6,19,46,53].

La perfusión cerebral anterógrada elimina la necesidad de la hipotermia profunda, pudiendo realizarse esta cirugía con seguridad a temperaturas de 28-32 °C, por lo que se acortan los tiempos de CEC. Aunque incluso puede plantearse hacer esta cirugía en normotermia[56], creemos que el riesgo que se asume excede al beneficio de la hipotermia moderada, no solo por la mejor protección de la médula y de las vísceras abdominales, sino porque además proporciona un colchón de seguridad ante la aparición de imprevistos durante la parada circulatoria.

La médula espinal y las vísceras abdominales durante la parada sistémica

Se ha descrito una mayor incidencia de daño medular en los procedimientos de FET frente a la sustitución del cayado por la técnica clásica. El mecanismo es múltiple, interviniendo factores preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios. Durante la perfusión cerebral bilateral en hipotermia moderada la médula espinal solo es perfundida por la arteria espinal anterior hasta el nivel de T6/T7, por lo que la protección medular recae casi exclusivamente en la hipotermia. Si el tiempo de parada sistémica se prolonga por encima de los 50 minutos a 32 °C, el riesgo de daño medular aumenta de manera significativa[56]. Por ello es recomendable siempre utilizar cierto grado de hipotermia y acortar al máximo el periodo de parada circulatoria reiniciando la perfusión de la aorta toracoabdominal una vez hecha la anastomosis distal, a través de la rama lateral de la prótesis. Además, es muy importante también la estabilidad hemodinámica durante todo el proceso, con presiones medias de perfusión adecuadas. Un aspecto técnico que también tiene impacto en esta complicación es la longitud del stent implantado. Sabemos también que cuando su extremo distal queda más allá de T6/T7 el riesgo de paraplejia aumenta de manera significativa, por lo que es muy importante en el análisis de la TAC preoperatoria no solo decidir el diámetro del stent, sino también su longitud, evitando llegar a dicho nivel si no es imprescindible. No está claro el papel de la perfusión de la arteria subclavia izquierda durante la parada circulatoria, aunque podría aumentar el flujo de sangre a la médula al perfundir ambas arterias vertebrales[57,58].

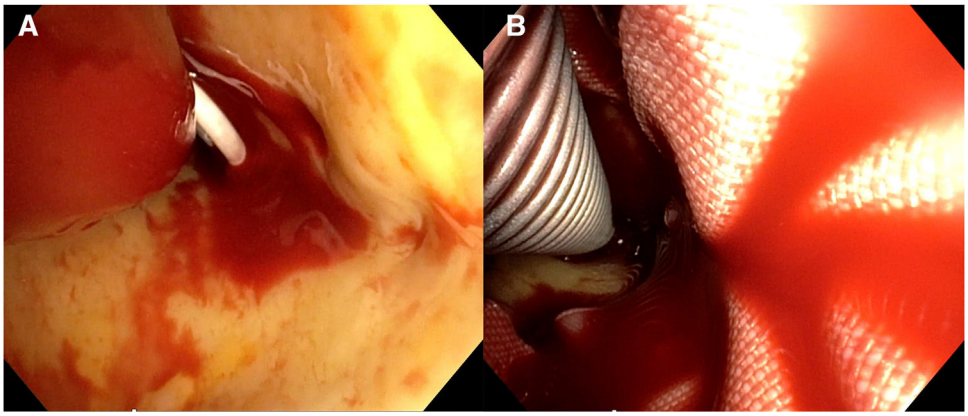

Figura 8. Angioscopia de la aorta descendente bajo parada circulatoria. A) Catéter *pigtail* colocado en la luz verdadera. B) Prótesis híbrida en la luz verdadera de la aorta descendente proximal correctamente expandida.

Nuestra técnica de implante de la prótesis híbrida paso a paso

Tras la esternotomía, en todos los pacientes realizamos una ligadura de la vena innominada con el fin de mejorar la exposición y el acceso a los troncos supraaórticos. Colocamos un introductor de 5 Fr en una de las arterias femorales y avanzamos un catéter *pigtail* a la aorta torácica descendente proximal con control mediante ETE. Actualmente nuestra arteria de primera elección para la canulación es el tronco braquiocefálico, mediante interposición de tubo de dacrón de 8 mm. No precisa de incisiones adicionales y el acceso es rápido y sencillo. En la disección aórtica enfriamos a 28 °C, y en los casos electivos, a 32 °C. Durante el enfriamiento procedemos a la ligadura de la arteria subclavia izquierda en el origen y la canulamos directamente o realizamos un bypass con tubo de dacrón de 8 mm, donde conectamos una línea de perfusión arterial, para así realizar perfusión de los tres troncos supraaórticos durante la parada circulatoria. La protección miocárdica la realizamos con Custodiol® (Dr. F. Köhler Chemie, Bensheim, Alemania) administrado por vía anterógrada. Si hay que actuar sobre la válvula aórtica, sobre la raíz o se requieren procedimientos asociados, se realizan durante el enfriamiento, antes de la parada circulatoria. La parada circulatoria se inicia con perfusión cerebral a través de la carótida derecha y la subclavia izquierda. Resecamos el arco generalmente hasta antes del origen de la arteria subclavia izquierda. Entonces canulamos la arteria carótida izquierda y comienza la perfusión cerebral por los tres troncos supraaórticos (fig. 7). Exploramos la aorta torácica descendente con un fibroscopio flexible, para confirmar la posición correcta del *pigtail* en la luz verdadera y buscar reentradas a dicho nivel (fig. 8A).

Para el implante de la prótesis híbrida intercambiamos el *pigtail* por una guía de soporte (Amplatz Super Stiff®, Boston Scientific, Marlborough, Estados Unidos), y sobre ella liberamos la prótesis. Realizamos la anastomosis distal en zona 2 en la mayoría de los casos, con sutura continua de Prolene de 3/0 apoyada en teflón. De nuevo confirmamos la posición correcta del stent y su expansión con el fibroscopio (fig. 8B). Conectamos la rama lateral de la prótesis a la línea arterial y reiniciamos la perfusión sistémica y el calentamiento. Primero realizamos la anastomosis proximal con sutura continua de Prolene de 4-0 apoyado en teflón, finalizando la isquemia miocárdica. Finalmente realizamos la anastomosis secuencial de los troncos supraaórticos a las ramas de la prótesis con Prolene de 6/0 (fig. 9).

Aunque hay grupos que realizan el reimplante de la arteria subclavia izquierda mediante un bypass extraanatómico para evitar una anastomosis que puede ser incómoda y fuente de problemas, la ligadura de la vena innominada, junto con la disección amplia de la carótida izquierda, facilitan enormemente su exposición, permitiendo su reimplantación en posición anatómica. Cuando a pesar de estas maniobras la exposición de la arteria subclavia continúa siendo insuficiente, mejora de manera significativa si extendemos unos centímetros la esternotomía hacia el cuello por delante del músculo esternocleidomastoideo izquierdo.

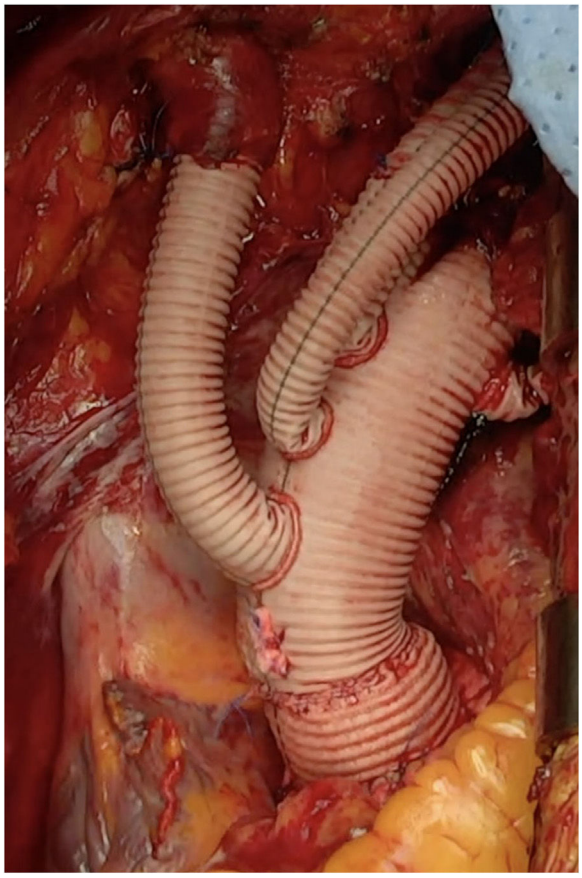

Figura 9. Resultado final tras el implante de la prótesis E-Vita Open Neo trifurcada.

Resultados de la FET en el SAA

Aunque la mortalidad ha disminuido en los últimos años, en el contexto del SAA oscila entre el 6,2% y el 20%[59-62]. Desde un punto de vista clínico, los principales predictores de mortalidad son la presencia de shock y de malperfusión. Como en cualquier técnica

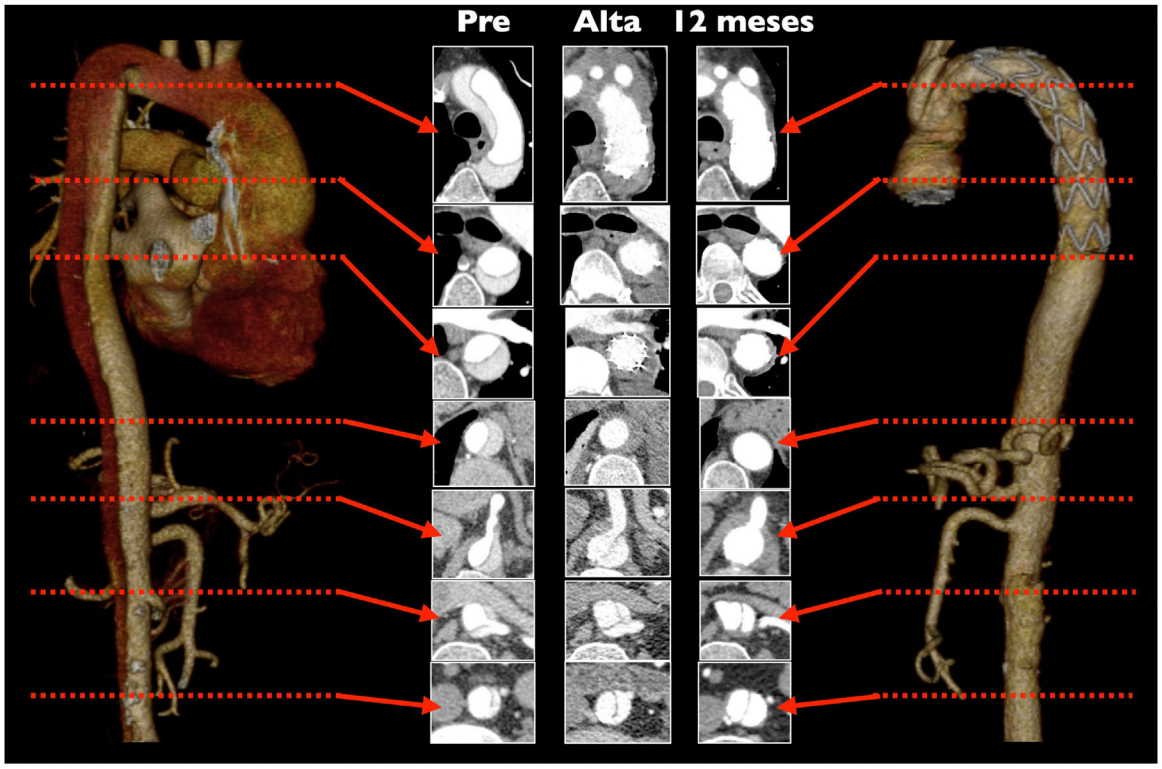

Figura 10. Evolución de la falsa luz en la aorta torácica descendente antes de la cirugía, al alta y a los 12 meses.

demandante, la experiencia del equipo quirúrgico tiene un impacto directo en la mortalidad[56,63,64].

Las complicaciones neurológicas son las más graves y temidas. La incidencia de ictus perioperatorio se encuentra entre el 5% y el 15%, y sus principales factores de riesgo son la edad, la afectación de los troncos supraaórticos, la presencia de clínica neurológica preoperatoria, el tipo de canulación utilizada y el tiempo de parada circulatoria[56,60,64]. La paraplejia ocurre hasta en el 3-5%, y sus principales factores de riesgo son el tiempo de parada circulatoria y la longitud del componente endovascular de la prótesis híbrida, donde longitudes del stent > 15 cm o una cobertura distal a T8 se relacionan significativamente con una mayor incidencia de esta complicación[64-66].

Aunque no existe evidencia de peso, diversos estudios observacionales sugieren un beneficio en términos de supervivencia y reintervención sobre la aorta distal en los pacientes con SAA en los que se realiza un tratamiento agresivo sobre el arco aórtico[67-70]. El mecanismo sugerido se deriva de una mayor incidencia de trombosis de la falsa luz en la aorta distal frente al tratamiento convencional, y por ello, menor crecimiento de la misma[71,72]. En torno al 90% de los pacientes presentan trombosis de la falsa luz a nivel de la endoprótesis, y del 60 al 70% a nivel de la aorta torácica descendente distal. El máximo beneficio se produce en aquellos pacientes con mayor riesgo de dilatación de la falsa luz en el seguimiento, que son los jóvenes, los portadores de colagenopatías y aquellos con reentradas a nivel del cayado aórtico, troncos supraaórticos y aorta torácica descendente (fig. 10)[19,73,74]. Como se ha señalado ya, es muy importante la selección del tamaño adecuado del stent. Un stent demasiado pequeño puede llevar al cierre inadecuado de la entrada en la aorta descendente y a una menor tasa de trombosis de la falsa luz[22,75-77]. Por otro lado, un tamaño demasiado grande aumenta la incidencia de dSINE, y con ello hay un mayor riesgo no solo de malperfusión, sino también de dilatación de la luz verdadera distal en el seguimiento[43]. En series contemporáneas se estima una tasa de endofuga 1b menor al 5% y la tasa de dSINE en torno al 15% tras la FET[78,79].

La tasa de reintervención tras la FET está en torno al 8-23%, con una supervivencia libre de reintervención a los 5 años del 88%, aunque varía en función de la patología de base[79-81]. Las principales causas de reintervención son la progresión del diámetro aórtico (44%), la presencia de endofuga (23%) y la presencia de dSINE (11%)[82,83]. En muchos casos la reintervención puede realizarse mediante un abordaje endovascular, pues el stent de la prótesis híbrida constituye una zona de anclaje ideal para la endoprótesis[72,84,85].

Conclusiones

El SAA es una emergencia quirúrgica donde el objetivo principal es salvar la vida del paciente. En los pacientes con indicación de sustitución del arco aórtico, la FET es el tratamiento de elección, ya que al excluir las reentradas en el arco y la aorta torácica descendente y expandir la luz verdadera, mejora la perfusión distal y promueve la trombosis de la falsa luz distal, disminuyendo la dilatación de la misma y las reintervenciones en el seguimiento.

Financiación

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

Consideraciones éticas

Dada la naturaleza de este trabajo, el consentimiento informado de los pacientes no fue requerido.

Conflicto de intereses

Ninguno que declarar.

Bibliografía

1. Evangelista A, Isselbacher EM, Bossone E, Gleason TG, di Eusanio M, Sechtem U, et al. Insights from the international registry of acute aortic dissection: A 20-year experience of collaborative clinical research. Circulation. 2018;137:1846–60, http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.031264.
2. Bonser RS, Ranasinghe AM, Loubani M, Evans JD, Thalji NMA, Bachet JE, et al. Evidence, lack of evidence, controversy, and debate in the provision and performance of the surgery of acute type A aortic dissection. J Am Coll Cardiol. 2011;58:2455–74, http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2011.06.067.
3. 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;35:2873–926, http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281.
4. Vilacosta I, San Román JA, di Bartolomeo R, Eagle K, Estrera AL, Ferrera C, et al. Acute aortic syndrome revisited: JACC state-of-the-art review. J Am Coll Cardiol. 2021;78:2106–25, http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2021.09.022.
5. Karck M, Chavan A, Hagl C, Friedrich H, Galanski M, Haverich A. The frozen elephant trunk technique: A new treatment for thoracic aortic aneurysms. J Thorac Cardiovasc Surg. 2003;125:1550–3, http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5223(03)00045-X.
6. Czerny M, Schmidli J, Adler S, van den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, et al. 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) and the European Society for Vascular Surgery (ESV. Eur J Cardiothorac Surg. 2019;55:133–62, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezy313.
7. Booher AM, Isselbacher EM, Nienaber CA, Trimarchi S, Evangelista A, Montgomery DG, et al. The IRAD classification system for characterizing survival after aortic dissection. Am J Med. 2013;126:730.e19–24, http://dx.doi.org/10.1016/j.amjmed.2013.01.020.
8. Daily PO, Trueblood HW, Stinson EB, Wuerflein RD, Shumway NE. Management of acute aortic dissections. Ann Thorac Surg. 1970;10:237–47, http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4975(10)65594-4.
9. Debakey ME, Henly WS, Cooley DA, Morris GC, Crawford ES, Beall AC. Surgical management of dissecting aneurysms of the aorta. J Thorac Cardiovasc Surg. 1965;49:130–49, http://dx.doi.org/10.1016/s0022-5223(19)33323-9.
10. Von Segesser LK, Killer I, Ziswiler M, Linka A, Ritter M, Jenni R, et al. Dissection of the descending thoracic aorta extending into the ascending aorta: A therapeutic challenge. J Thorac Cardiovasc Surg. 1994;108:755–61, http://dx.doi.org/10.1016/s0022-5223(94)70304-3.
11. Augoustides JGT, Geirsson A, Szeto WY, Walsh EK, Cornelius B, Pochettino A, et al. Observational study of mortality risk stratification by ischemic presentation in patients with acute type A aortic dissection: The Penn classification. Nat Clin Pract Cardiovasc Med. 2009;6:140–6, http://dx.doi.org/10.1038/ncpcardio1417.
12. Sievers HH, Rylski B, Czerny M, Baier ALM, Kreibich M, Siepe M, et al. Aortic dissection reconsidered: Type, entry site, malperfusion classification adding clarity and enabling outcome prediction. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2020;30:451–7, http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivz281.
13. Pedersen MW, Kragholm K, Oksjoki R, Møller JE, Gundlund A, Fosbøl E, et al. Characteristics and outcomes in patients with acute aortic dissection: A nationwide registry study. Ann Thorac Surg. 2023;116:1177–84, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2023.06.019.
14. Harris KM, Nienaber CA, Peterson MD, Woznicki EM, Braverman AC, Trimarchi S, et al. Early mortality in type A acute aortic dissection: Insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection. JAMA Cardiol. 2022;7:1009–15, http://dx.doi.org/10.1001/JAMACARDIO.2022.2718.
15. Ghoreishi M, Sundt TM, Cameron DE, Holmes SD, Roselli EE, Pasrija C, et al. Factors associated with acute stroke after type A aortic dissection repair: An analysis of the Society of Thoracic Surgeons National Adult Cardiac Surgery Database. J Thorac Cardiovasc Surg. 2020;159:2143–54.e3, http://dx.doi.org/10.1016/J.JTCVS. 2019.06.016.
16. Lee TC, Kon Z, Cheema FH, Grau-Sepulveda MV, Englum B, Kim S, et al. Contemporary management and outcomes of acute type A aortic dissection: An analysis of the STS adult cardiac surgery database. J Card Surg. 2018;33:7–18, http://dx.doi.org/10.1111/JOCS. 13511.
17. Benedetto U, Dimagli A, Kaura A, Sinha S, Mariscalco G, Krasopoulos G, et al. Determinants of outcomes following surgery for type A acute aortic dissection: The UK National Adult Cardiac Surgical Audit. Eur Heart J. 2021;43:44–52, http://dx.doi.org/10.1093/EURHEARTJ/EHAB586.
18. Conzelmann LO, Hoffmann I, Blettner M, Kallenbach K, Karck M, Dapunt O, et al. Analysis of risk factors for neurological dysfunction in patients with acute aortic dissection type A: Data from the German Registry for Acute Aortic Dissection Type A (GERAADA). Eur J Cardiothorac Surg. 2012;42:557–65, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZS025.
19. Malaisrie SC, Szeto WY, Halas M, Girardi LN, Coselli JS, Sundt TM, et al. 2021 The American Association for Thoracic Surgery expert consensus document: Surgical treatment of acute type A aortic dissection. J Thorac Cardiovasc Surg. 2021;162:735–58, http://dx.doi.org/10.1016/J.JTCVS.2021.04.053, e2.
20. Beckmann E, Shrestha ML. The 7 pillars of the frozen elephant trunk. Innov Technol Tech Cardiothorac Vasc Surg. 2022;17:255–8, http://dx.doi.org/10.1177/15569845221109795.
21. Henn MC, Moon MR. Limited versus extended repair for type A aortic dissection involving the aortic arch. J Card Surg. 2021;36:1737–9, http://dx.doi.org/10.1111/jocs.15097.
22. Saw LJ, Lim-Cooke MS, Woodward B, Othman A, Harky A. The surgical management of acute type A aortic dissection: Current options and future trends. J Card Surg. 2020;35:2286–96, http://dx.doi.org/10.1111/jocs.14733.
23. Beckmann E, Martens A, Kaufeld T, Natanov R, Krueger H, Haverich A, et al. Is total aortic arch replacement with the frozen elephant trunk procedure reasonable in elderly patients? Eur J Cardiothorac Surg. 2021;60:131–7, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezab063.
24. Di Marco L, Leone A, Murana G, Castelli A, Alfonsi J, di Bartolomeo R, et al. Acute type A aortic dissection: Rationale and outcomes of extensive repair of the arch and distal aorta. Int J Cardiol. 2018;267:145–9, http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.05.111.
25. Hage A, Hage F, Dagenais F, Ouzounian M, Chung J, el-Hamamsy I, et al. Frozen elephant trunk for aortic arch reconstruction is associated with reduced mortality as compared to conventional techniques. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2022;34:386–92, http://dx.doi.org/10.1053/j.semtcvs.2021.03.049.
26. Inoue Y, Matsuda H, Omura A, Seike Y, Uehara K, Sasaki H, et al. Long-term outcomes of total arch replacement with the non-frozen elephant trunk technique for stanford type a acute aortic dissection. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2018;27:455–60, http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivy094.
27. 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.
28. Liu S, Qiu J, Qiu J, Jiang W, Gao W, Wei B, et al. Midterm outcomes of one-stage hybrid aortic arch repair for stanford type A aortic dissection: A single center's experience. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2023;35:311–21, http://dx.doi.org/10.1053/j.semtcvs.2021.12.016.
29. Chauvette V, Demers P, Lachapelle K, Chu MWA, Dagenais F. First-in-human use of the cook hybrid frozen elephant trunk graft: The Canadian experience. Ann Thorac Surg. 2021;111:1876–82, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.08.011.
30. Jiang H, Liu Y, Yang Z, Ge Y, Li L, Wang H. Total arch replacement via single upper-hemisternotomy approach in patients with type A dissection. Ann Thorac Surg. 2020;109:1394–9, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.08.095.
31. Chu MWA, Losenno KL, Dubois LA, Jones PM, Ouzounian M, Whitlock R, et al. Early clinical outcomes of hybrid arch frozen elephant trunk repair with the Thoraflex hybrid graft. Ann Thorac Surg. 2019;107:47–53, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.07.091.
32. Hanif H, Dubois L, Ouzounian M, Peterson MD, el-Hamamsy I, Dagenais F, et al. Aortic arch reconstructive surgery with conventional techniques vs frozen elephant trunk: A systematic review and meta-analysis. Can J Cardiol. 2018;34:262–73, http://dx.doi.org/10.1016/j.cjca.2017.12.020.
33. Shrestha M, Haverich A, Martens A. Total aortic arch replacement with the frozen elephant trunk procedure in acute DeBakey type I aortic dissections. Eur J Cardiothorac Surg. 2017;51:i29–34, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezw341.
34. Berdajs DA, Koechlin L, Reid G, Grob F, Gahl B, Schurr U, et al. Modified frozen elephant trunk procedure as standard approach in acute type A aortic dissection: A propensity-weighted analysis. J Thorac Cardiovasc Surg. 2022;163:1754–61.e3, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.05.120.
35. Dohle DS, Mattern L, Pfeiffer P, Probst C, Ghazy A, Treede H. Island remodelling in acute and chronic aortic dissection treated with frozen elephant trunk. Eur J Cardiothorac Surg. 2023;63:1–8, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezad061.
36. Di Eusanio M, Pantaleo A, Cefarelli M, Castrovinci S, di Bartolomeo R. Frozen elephant trunk surgery in type B aortic dissection. Ann Cardiothorac Surg. 2014;3:400–2, http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.05.13.
37. Rylski B, Pérez M, Beyersdorf F, Reser D, Kari FA, Siepe M, et al. Acute non-A non-B aortic dissection: Incidence, treatment and outcome. Eur J Cardiothorac Surg. 2017;52:1111–7, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZX142.
38. Christodoulou KC, Karangelis D, Efenti GM, Sdrevanos P, Browning JR, Konstantinou F, et al. Current knowledge and contemporary management of non-A non-B aortic dissections. World J Cardiol. 2023;15:244–52, http://dx.doi.org/10.4330/WJC.V15.I5.244.
39. Dohle DS, Tsagakis K, Janosi RA, Benedik J, Kühl H, Penkova L, et al. Aortic remodelling in aortic dissection after frozen elephant trunk. Eur J Cardiothorac Surg. 2016;49:111–7, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZV045.
40. Takagi H, Umemoto T. A meta-analysis of total arch replacement with frozen elephant trunk in acute type A aortic dissection. Vasc Endovascular Surg. 2016;50:33–46, http://dx.doi.org/10.1177/1538574415624767.
41. Tian DH, Yan TD. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. Hear Lung Circ. 2014;23:e47–8, http://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2013.10.046.
42. Griepp RB, Di Luozzo G. Hypothermia for aortic surgery. J Thorac Cardiovasc Surg. 2013;145 3 Suppl:56–8, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.072.
43. Nakhaei P, Bashir M, Jubouri M, Banar S, Ilkhani S, Borzeshi EZ, et al. Aortic remodeling, distal stent-graft induced new entry and endoleak following frozen elephant trunk: A systematic review and meta-analysis. J Card Surg. 2022;37:3848–62, http://dx.doi.org/10.1111/jocs.16918.
44. Jung JC, Sohn B, Chang HW, Lee JH, Kim DJ, Kim JS, et al. Diameter change in completely remodelled proximal descending aorta after acute type I dissection repair: Implications for estimating the pre-dissection size. Eur J Cardiothorac Surg. 2021;60:614–21, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezab096.

45. Luthra S. Distal seal to prevent type 1b endoleaks in frozen elephant trunk operation with hybrid stent grafts in acute aortic dissections. Ann Thorac Surg. 2023;115:287, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2022.02.077.
46. Olsson C, Thelin S. Regional cerebral saturation monitoring with near-infrared spectroscopy during selective antegrade cerebral perfusion: Diagnostic performance and relationship to postoperative stroke. J Thorac Cardiovasc Surg. 2006;131:6–8, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2005.08.068.
47. Guan XL, Wang XL, Liu YY, Lan F, Gong M, Li HY, et al. Changes in the hemostatic system of patients with acute aortic dissection undergoing aortic arch surgery. Ann Thorac Surg. 2016;101:945–51, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.08.047.
48. Girdauskas E, Kempfert J, Kuntze T, Borger MA, Enders J, Fassl J, et al. Thromboelastometrically guided transfusion protocol during aortic surgery with circulatory arrest: A prospective, randomized trial. J Thorac Cardiovasc Surg. 2010;140:1117–24.e2, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.04.043.
49. Czerny M, Schmidli J, Adler S, van den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, et al. 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) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur J Cardiothorac Surg. 2019;55:133–62, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezy313.
50. Mukharyamov M, Schneider U, Kirov H, Caldonazo T, Doenst T. Myocardial protection in cardiac surgery—hindsight from the 2020s. Eur J Cardiothorac Surg. 2023;64:ezad424, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZAD424.
51. Martens A, Koigeldiyev N, Beckmann E, Fleissner F, Kaufeld T, Krueger H, et al. Do not leave the heart arrested. Non-cardioplegic continuous myocardial perfusion during complex aortic arch repair improves cardiac outcome. Eur J Cardiothorac Surg. 2016;49:141–8, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZV009.
52. Berger T, Kreibich M, Rylski B, Morlock J, Kondov S, Scheumann J, et al. Evaluation of myocardial injury, the need for vasopressors and inotropic support in beating-heart aortic arch surgery. J Cardiovasc Surg (Torino). 2020;61:505–11, http://dx.doi.org/10.23736/S0021-9509.19.10893-2.
53. Angeloni E, Melina G, Refice SK, Roscitano A, Capuano F, Comito C, et al. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral protection during aortic surgery: An updated meta-analysis. Ann Thorac Surg. 2015;99:2024–31, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.01.070.
54. Etz CD, Luehr M, Kari FA, Lin HM, Kleinman G, Zoli S, et al. Selective cerebral perfusion at 28°C — is the spinal cord safe? Eur J Cardiothorac Surg. 2009;36:946–55, http://dx.doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.05.046.
55. Tanaka A, Estrera AL. Simple retrograde cerebral perfusion is as good as complex antegrade cerebral perfusion for hemiarch replacement. J Vis Surg. 2018;4:50, http://dx.doi.org/10.21037/JOVS.2018.02.10.
56. Biancari F, Juvonen T, Fiore A, Perrotti A, Hervé A, Touma J, et al. Current outcome after surgery for type A aortic dissection. Ann Surg. 2023;278:E885–92, http://dx.doi.org/10.1097/SLA. 0000000000005840.
57. Papakonstantinou NA, Antonopoulos CN, Baikoussis NG, Kakisis I, Geroulakos G. Frozen elephant trunk: An alternative surgical weapon against extensive thoracic aorta disease. A three-year meta-analysis. Hear Lung Circ. 2019;28:213–22, http://dx.doi.org/10.1016/j.hlc.2018.04.306.
58. Miyamoto Y, Fukui S, Kajiyama T, Mitsuno M, Yamamura M, Tanaka H, et al. Analysis of collateral blood flow to the lower body during selective cerebral perfusion: Is three-vessel perfusion better than two-vessel perfusion? Eur J Cardiothorac Surg. 2009;35:684–8, http://dx.doi.org/10.1016/J.EJCTS. 2008.12.007.
59. Maroto LC, Carnero M, Cobiella J, Beltrao R, Villagrán E, Reguillo F, et al. Single-center experience and evolution of technique with the E-Vita Open prosthesis. J Card Surg. 2020;35:2663–71, http://dx.doi.org/10.1111/jocs.14871.
60. Roselli EE, Idrees JJ, Bakaeen FG, Tong MZ, Soltesz EG, Mick S, et al. Evolution of simplified frozen elephant trunk repair for acute DeBakey type I dissection: Midterm outcomes. Ann Thorac Surg. 2018;105:749–55, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2017.08.037.
61. Heuts S, Adriaans BP, Kawczynski MJ, Daemen JHT, Natour E, Lorusso R, et al. Editor's Choice — Extending aortic replacement beyond the proximal arch in acute type A aortic dissection: A meta-analysis of short term outcomes and long term actuarial survival. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2022;63:674–87, http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.12.045.
62. Zhao R, Qiu J, Dai L, Song J, Fan S, Cao F, et al. Current surgical management of acute type A aortic dissection in China: A multicenter registry study. JACC Asia. 2022;2:869, http://dx.doi.org/10.1016/J.JACASI.2022.08.009.
63. Lin H, Chang Y, Zhou H, Li J, Zhou C, Huo X. Early results of frozen elephant trunk in acute type-A dissection in 1445 patients. Int J Cardiol. 2023;389:167–5273, http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2023.131213.
64. Maroto LC, Ferrera C, Cobiella J, Carnero M, Beltrao R, Martínez I, et al. Improvement of early outcomes in type A acute aortic syndrome after an aorta code implementation. Ann Thorac Surg. 2024;117:770–8, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2023.07.010.
65. Andersen ND, Ganapathi AM, Hanna JM, Williams JB, Gaca JG, Hughes GC. Outcomes of acute type A dissection repair before and after implementation of a multidisciplinary thoracic aortic surgery program. J Am Coll Cardiol. 2014;63:1796–803, http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.085.
66. Preventza O, Liao JL, Olive JK, Simpson K, Critsinelis AC, Price MD, et al. Neurologic complications after the frozen elephant trunk procedure: A meta-analysis of more than 3000 patients. J Thorac Cardiovasc Surg. 2020;160:20–33.e4, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.10.031.
67. Huang F, Li X, Zhang Z, Li C, Ren F. Comparison of two surgical approaches for acute type A aortic dissection: Hybrid debranching versus total arch replacement. J Cardiothorac Surg. 2022;17:1–8, http://dx.doi.org/10.1186/s13019-022-01920-9.
68. Abdelhameed AS, Xin F, Wei X. Early mortality in patients who received extensive surgical management for acute type A aortic dissection — analysis of 452 consecutive cases from a single-center experience. Brazilian J Cardiovasc Surg. 2020;35:521–9, http://dx.doi.org/10.21470/1678-9741-2019-0258.
69. Poon SS, Tian DH, Yan T, Harrington D, Nawaytou O, Kuduvalli M, et al. Frozen elephant trunk does not increase incidence of paraplegia in patients with acute type A aortic dissection. J Thorac Cardiovasc Surg. 2020;159:1189–96.e1, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.03.097.
70. Roselli EE, Kramer B, Germano E, Toth A, Vargo PR, Bakaeen F, et al. The modified frozen elephant trunk may outperform limited and extended-classic repair in acute type I dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2023;63:ezad122, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezad122.
71. Waterford SD, Gardner RL, Moon MR. Extent of aortic replacement in type A dissection: Current answers for an endless debate. Ann Thorac Surg. 2018;106:1246–50, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.03.088.
72. Liu Y, Li L, Xiao Z, Peng L, Yang P, Lu C, et al. Early endovascular intervention for unfavorable remodeling of the thoracic aorta after open surgery for acute DeBakey type I aortic dissection: Study protocol for a multicenter, randomized, controlled trial. Trials. 2023;24:496, http://dx.doi.org/10.1186/s13063-023-07548-x.
73. Heo W, Song SW, Lee KH, Lee SY, Kim TH, Baek MY, et al. Surgery for acute type I aortic dissection without resection of supra-aortic entry sites leads to unfavourable aortic remodelling. Eur J Cardiothorac Surg. 2018;54:34–41, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZX504.
74. Heo W, Song SW, Lee SY, Kim TH, Lee JS, Yoo KJ, et al. Locational impact of luminal communication on aortic diameter changes and reintervention in acute type I aortic dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2019;55:1037–44, http://dx.doi.org/10.1093/EJCTS/EZY427.
75. Morokuma H, Hamada K, Shimauchi K, Osaki J, Takahashi B, Yamamoto H, et al. How to select the optimal size of frozen elephant trunk in total arch replacement for type A acute aortic dissection. Asian Cardiovasc Thorac Ann. 2023;31:75–80, http://dx.doi.org/10.1177/02184923221133934.
76. Inoue Y, Matsuda H, Omura A, Seike Y, Uehara K, Sasaki H, et al. Comparative study of the frozen elephant trunk and classical elephant trunk techniques to supplement total arch replacement for acute type A aortic dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2019;56:579–86, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezz104.
77. Di Bartolomeo R, Pantaleo A, Berretta P, Murana G, Castrovinci S, Cefarelli M, et al. Frozen elephant trunk surgery in acute aortic dissection. J Thorac Cardiovasc Surg. 2015;149:S105–9, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.07.098.
78. Charchyan E, Breshenkov D, Belov Y. A new dissection-specific hybrid stent graft for patients with DeBakey type I aortic dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2022;61:596–604, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezab441.
79. Berger T, Weiss G, Voetsch A, Arnold Z, Kreibich M, Rylski B, et al. Multicentre experience with two frozen elephant trunk prostheses in the treatment of acute aortic dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2019;56:572–8, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezz037.
80. Okamura H, Kitada Y, Miyagawa A, Arakawa M, Adachi H. Clinical outcomes of a fenestrated frozen elephant trunk technique for acute type A aortic dissection. Eur J Cardiothorac Surg. 2021;59:765–72, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezaa411.
81. Ma WG, Zhang W, Zhu JM, Ziganshin BA, Zhi AH, Zheng J, et al. Long-term outcomes of frozen elephant trunk for type A aortic dissection in patients with Marfan syndrome. J Thorac Cardiovasc Surg. 2017;154:1175–89.e2, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.04.088.
82. Liebrich M, Charitos EI, Schlereth S, Meißner H, Trabold T, Geisbüsch P, et al. The zone 2 concept and distal stent graft positioning in TH 2-3 are associated with high rates of secondary aortic interventions in frozen elephant trunk surgery. Eur J Cardiothorac Surg. 2021;60:343–51, http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezab132.
83. 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;159:392–9.e1, http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.02.069.
84. Kuroda Y, Uchida T, Ohba E, Yamashita A, Nakai S, Kobayashi K, et al. Aortic remodelling effect of the frozen elephant trunk technique on Stanford type A acute aortic dissection. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2021;32:789–91, http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivaa339.
85. Zhang J, Ma W, Chen J, Zhu D, Zhang Y, Kong Y, et al. Distal remodeling after operations for extensive acute aortic dissection. Ann Thorac Surg. 2021;112:83–90, http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.08.031.