

Original

# Reparación abierta retrógrada de aneurisma toracoabdominal tipo II con injerto multirrama y reimplante de intercostales (técnica *snake*) en síndrome de Marfan

Iván Martín-González<sup>a,b,\*</sup>, Francisco J. Valera-Martínez<sup>a</sup>, Alejandra Merino-Orozco<sup>a</sup>, Claudia M. Aguirre-Ramón<sup>a</sup>, Carlos Domínguez-Massa<sup>a</sup>, Lorena Díez-Solorzano<sup>a</sup>, Andrés Castelló<sup>a</sup>, Audelio Guevara-Bonilla<sup>a</sup>, José A. Rincón<sup>a</sup>, Eduardo Tebar-Botí<sup>a</sup>, Salvador Torregrosa-Puerta<sup>a</sup>, María J. Dalmau<sup>a</sup>, Eva M. Borrás-Parra<sup>c</sup>, Victoria Cortés<sup>d</sup>, María Navasquillo<sup>e</sup> y Juan B. Martínez-León<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

<sup>b</sup> Departamento de Cirugía, Universidad de Valencia, Valencia, España

<sup>c</sup> Unidad de Perfusión, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

<sup>d</sup> Servicio de Neurofisiología, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

<sup>e</sup> Enfermería Quirúrgica de Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario y Politécnico La Fe, Valencia, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de agosto de 2023

Aceptado el 6 de enero de 2024

On-line el xxx

Palabras clave:

Aneurisma aórtico  
Toracoabdominal  
Neuroprotección  
Cirugía abierta  
Potenciales evocados  
Síndrome de Marfan

## RESUMEN

**Introducción:** La cirugía abierta del aneurisma toracoabdominal es un procedimiento con alta morbilidad, así como una incidencia de daño medular y mortalidad preocupante. La experiencia de los centros, la adecuada planificación quirúrgica y el manejo perioperatorio son factores muy determinantes.

**Objetivo y métodos:** El objetivo del presente trabajo es describir, a propósito de 2 casos recientes de aneurisma toracoabdominal tipo 2 posdissección en Marfan, la estrategia quirúrgica en nuestro centro para la reparación quirúrgica abierta de forma retrógrada.

**Resultados:** El abordaje fue toracorretroperitoneal con frenotomía circular parcial o completa, con uso de doble retractor. La estrategia de protección medular multimodal incluyó perfusión distal con dispositivo oxigenador de membrana extracorpórea, hipotermia ligera (32–34 °C), drenaje de líquido cefalorraquídeo, pinzamiento aórtico secuencial, monitorización neurofisiológica intraoperatoria (potenciales somatosensitivos y motores) y reimplante selectivo de arterias segmentarias. La reparación fue realizada de forma retrógrada (de distal a proximal), con la preparación previa de un injerto de dacron bifurcado y multirrama que reconstruyó la bifurcación iliaca izquierda, los troncos viscerales de forma independiente y las arterias segmentarias con injerto paralelo de 10 mm (técnica *snake*) con parche múltiple. La detección de alteraciones de potenciales motores modificó la agresividad del reimplante de arterias segmentarias con recuperación de los mismos tras su revascularización.

**Conclusiones:** El tratamiento de elección de los aneurismas toracoabdominales en el síndrome de Marfan es la cirugía abierta. Hay ciertas herramientas quirúrgicas que pueden ser especialmente útiles en estos casos, como la reparación retrógrada, los injertos protésicos multirrama y la técnica *snake*.

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

## Retrograde open type II thoracoabdominal aneurysm repair with multibranch graft and intercostal reattachment (snake technique) in Marfan syndrome

### ABSTRACT

**Introduction:** Thoracoabdominal aneurysm open repair is a high morbidity procedure, with worrisome spinal cord injury and mortality rate. The center experience, an adequate procedure planning and perioperative management are very determining factors for outcomes.

**Objective and methods:** The objective of this article is to describe, in relation to 2 recent cases of post-dissection type 2 thoracoabdominal aneurysm in Marfan, the surgical strategy for retrograde open surgical repair in our center.

Keywords:

Aortic aneurysm  
Thoracoabdominal  
Neuroprotection  
Open surgery  
Evoked potentials  
Marfan syndrome

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [ivan.martin@uv.es](mailto:ivan.martin@uv.es) (I. Martín-González).

<https://doi.org/10.1016/j.circv.2024.01.005>

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 licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Results:** Thoraco-retroperitoneal approach with circumferential phrenotomy (partial or complete) assisted by 2 simultaneous retractors was done. Multimodal strategy for spinal cord injury protection included: distal perfusion by extracorporeal membrane oxygenator device, mild hypothermia (32-34 °C), spinal cord drainage, sequential aortic clamping, neurophysiological intraoperative monitoring (motor and somatosensory evoked potentials) and selective intercostal arteries reattachment. A retrograde fashion repair (from distal to proximal) was performed. A home-made dacron graft with a bifurcated graft and multibranch graft was previously made. It allowed to repair the left iliac bifurcation, visceral vessels independently and segmental arteries by a parallel 10 mm dacron graft (Snake technique) with multipatch reimplantation. The loss of evoked potentials during the procedure guided and changed the aggressivity of intercostal arteries reattachment, with recovery of the evoked potentials.

**Conclusions:** Open repair is the first choice of therapy for thoracoabdominal aneurysms in Marfan syndrome. There are certain surgical adjuncts that could be especially useful in these cases such as retrograde fashion repair, multibranch prosthetic grafts and snake technique.

© 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

La cirugía abierta del aneurisma toracoabdominal (ATA) es de los procedimientos más agresivos en cirugía cardiovascular, con un alto índice de morbilidad (respiratoria 35,8-58%, cardíaca 26%, parálisis recurrencial izquierda 15-26%, renal 30,4%, ictus 8,4%)<sup>1,2,3</sup>, así como de daño medular permanente (2,6-9,5%) y mortalidad quirúrgica (6,4-33%)<sup>1,2,4</sup>. Actualmente, la incidencia de daño medular precoz es del 25-50% (en las primeras 24 h o al despertar el paciente) y tardío del 50-75%<sup>1,4,5</sup>. El precoz tiene peor pronóstico (permanente > 75%)<sup>6</sup>, y el tardío puede recuperarse (parcial o totalmente) hasta en un 66% de las ocasiones con la implementación del protocolo COPS (*Cerebrospinal drain status, Oxygen delivery, Patient Status*)<sup>6</sup>. La edad, la extensión del ATA, la insuficiencia renal previa, una fracción de eyección ventricular izquierda < 30%, aneurismas degenerativos y cirugía no electiva son factores asociados a mortalidad hospitalaria<sup>2,7,8</sup>. La causa más frecuente de mortalidad hospitalaria es el fallo multiorgánico (67,5%)<sup>1</sup>. La supervivencia estimada tras la reparación abierta es de 83,5; 63,6; 36,8-50 y 18% a uno, 5, 10 y 15 años, respectivamente<sup>1,2</sup>. En disección crónica, la supervivencia es mayor que en los aneurismas degenerativos<sup>1</sup>.

La indicación por diámetro para cirugía abierta es de 60 mm, o 55 mm en centros de alta experiencia<sup>9,10</sup>. En conectivopatías se puede reducir el diámetro a 50 mm, ya que el riesgo de disección o rotura es mayor<sup>11</sup>. La cirugía abierta es la técnica de elección en conectivopatías<sup>9</sup>. Los resultados en el síndrome de Marfan son excelentes<sup>11</sup>, con mortalidad < 6% y libertad de fallo de reparación a 10 años de 82-90%.

Los resultados del tratamiento endovascular del ATA<sup>12</sup>, actualmente, son competitivos comparados con la cirugía abierta, al menos en centros de alto volumen, con una mortalidad hospitalaria similar (7,4 vs. 8,9%), daño renal agudo menor (11,7 vs. 21,7%), pero con mayor daño medular (13,5 vs. 7,4%), si bien la parálisis permanente es similar (5,2 vs. 4,4%). Aunque la mayor necesidad de reintervenciones y la incertidumbre de la durabilidad a largo plazo son inconvenientes.

## Objetivo y métodos

Se presenta la estrategia quirúrgica en nuestro centro para la reparación quirúrgica abierta de forma retrógrada, con injerto multirrama, reimplante de arterias intercostales con técnica *snake* y reconstrucción ilíaca, a propósito de 2 casos recientes de ATA tipo 2 posdisección en síndrome de Marfan. Se describirá, paso a paso, dicho procedimiento, incluyendo consideraciones de utilidad. Además, se reportarán las características específicas de cada caso clínico.

## Resultados

### Monitorización y preparación anestésica

- Drenaje de líquido cefalorraquídeo (implante el día previo) con sistema de monitorización de presión continua LiquoGuard® (Möller Medical GmbH, Fulda, Alemania) para presión objetivo < 10 mmHg.
- Potenciales evocados somatosensoriales (PESS) y motores (PEM).
- Tubo endotraqueal de doble luz.
- Presión arterial invasiva: radial derecha y femoral derecha.
- Presión arterial no invasiva en brazo izquierdo.
- Punción ecoguiada de introductores 6Fr en vena femoral bilateral.
- Sonda nasofaríngea de temperatura.
- Vía central (alto volumen-introductor Swan-Ganz) con calentador de líquidos e infusor de alto flujo.
- Ecocardiografía transesofágica.
- Oximetría cerebral y somática INVOS™ e índice biespectral.
- Palas externas adhesivas de desfibrilador.
- Colchón calefaccionado de aire y de agua.

### Abordaje quirúrgico: toracofrenoretroperitoneal<sup>13</sup>

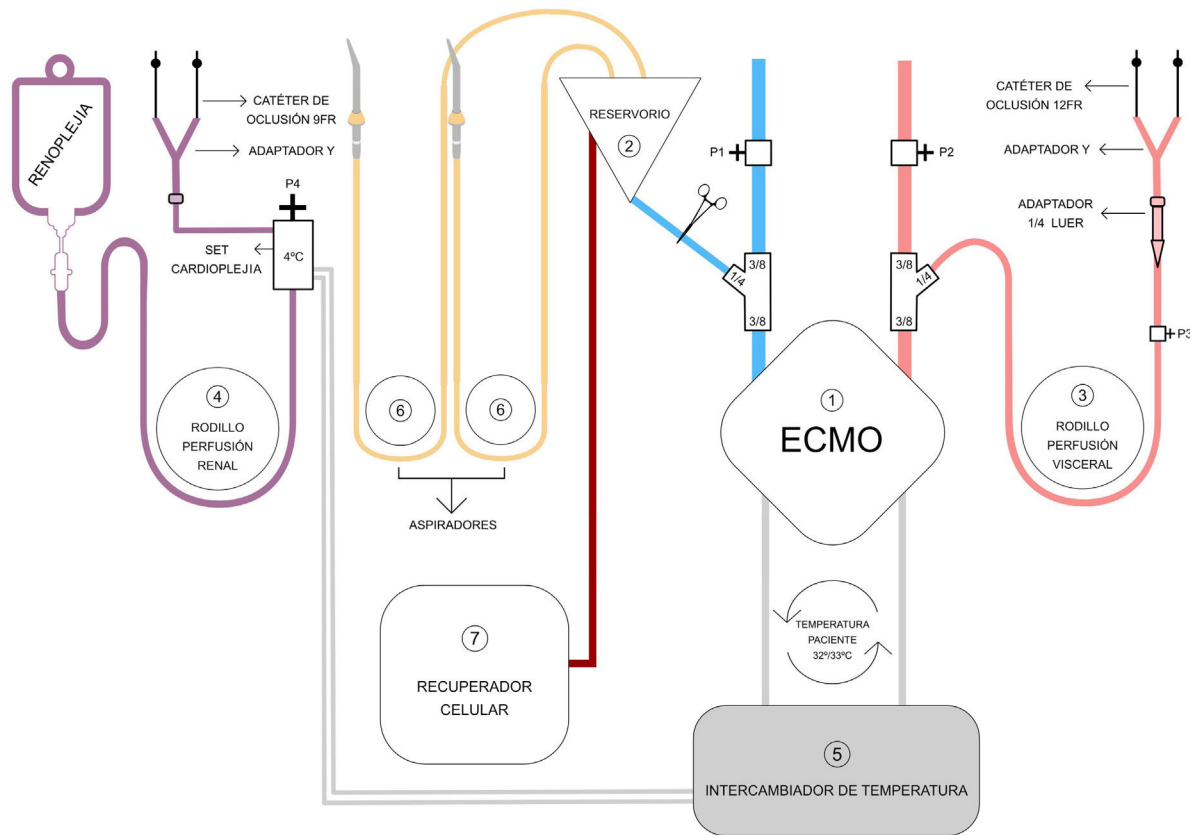
El paciente se coloca en decúbito lateral derecho (tórax 60-90°, pelvis 30-45°), sobre un colchón de vacío (*bean bag*) y la mesa se flexiona a nivel de xifoides.

Se realiza una incisión curvilínea izquierda por debajo de la punta de la escápula, cruzando el margen costal y con trayecto pararrectal. Dicha incisión puede ser ampliada superiormente entre la escápula y la línea media de la columna, o inferiormente en la fosa ilíaca izquierda.

El nivel del espacio intercostal puede ser útil planificarlo con la imagen 3D obtenida de la tomografía axial computarizada (TAC). El 6.º espacio es la opción más versátil. El 5.º espacio puede mejorar el campo para anastomosis en el arco (zona 0-3), especialmente si se trata de anatomías complejas. El 7.º espacio puede ser suficiente para anastomosis en la zona 4 distal o zona 5. Las costotomías posteriores de costilla superior y/o inferior evitan fracturas yatrógenas y optimizan el campo.

Al cruzar el margen costal se inicia la apertura de la pared abdominal y se alcanza el plano retroperitoneal. Posteriormente, se secciona el reborde costal resecaando un fragmento osteocartilaginoso de aproximadamente 2-3 cm.

La *frenotomía circunferencial* se va realizando progresivamente conforme se va exponiendo el diafragma en la cara abdominal al ir liberando el plano retroperitoneal. Se identifica la entrada del nervio frénico en el diafragma para evitar lesiones accidentales.



**Figura 1.** Componentes del circuito de perfusión híbrido. Circuito oxigenador de membrana extracorpórea (ECMO) de corta duración Maquet Cardiohelp® (1). En azul, la línea venosa de drenaje, con monitorización de la presión (P1), y con una conexión 3/8-3/8-1/4 de derivación al reservorio (2) para introducción de volumen. En rojo, la línea arterial de retorno, con monitorización de la presión sistémica (P2), y con una conexión 3/8-3/8-1/4 que sirve para derivar sangre oxigenada al rodillo para la perfusión visceral (3), cuya presión también está monitorizada (P3). El rodillo de perfusión renal o de renoplejía (4) es independiente; utiliza un sistema de distribución de cardioplejía también con monitorización de la presión (P4). El intercambiador de temperatura (5) sirve para el circuito ECMO y para el circuito de renoplejía. Adicionalmente, se usan rodillos de aspiración del campo quirúrgico (6) y recuperador celular (7) conectados al reservorio.

Para la reconstrucción posterior del diafragma, es recomendable realizar su sección a unos 3 cm de su inserción en la pared costal, así como ir colocando puntos de referencia a ambos lados de la frenotomía. Si se realiza una *frenotomía parcial*<sup>3,8</sup>, se mantiene una zona intermedia, solo seccionando la parte más anterior y la *crura* diafragmática. La frenotomía parcial mejora la función respiratoria y el cierre del diafragma, y suele permitir trabajar adecuadamente.

La sección del *ligamento pulmonar inferior*, cuyo límite superomedial es la vena pulmonar inferior izquierda, así como la liberación de adherencias pulmonares, nos permite movilizar el pulmón izquierdo favoreciendo el acceso. El bisturí bipolar LigaSure Maryland 23 cm (Covidien-Valleylab, Boulder, CO, EE. UU.) facilita una disección más hemostática de ello, así como del tejido periaórtico. Si se precisa control del arco aórtico o de la zona 3, se localiza el *nervio frénico izquierdo proximal*, así como el *nervio vago izquierdo pre/posrecurrential* y el recurrente. La sección del nervio vago posrecurrential puede ser útil en ciertas ocasiones. El control de la arteria subclavia izquierda a 1-3 cm del *ostium* es más fácil, especialmente en aneurismas próximos a ella. La TAC nos informa del origen de la arteria vertebral izquierda y la distancia al *ostium* de la arteria subclavia izquierda (habitualmente a unos 4 cm), de su dominancia o de variantes anatómicas que puedan tener implicaciones en la estrategia quirúrgica. La sección del *ligamento arterioso* en el suelo del arco es útil para el pinzamiento en la zona 2, o incluso en la zona 1.

El plano retroperitoneal idóneo (casi avascular) respeta la *fascia transversalis* que queda junto al resto de la pared. El músculo psoas es un marcador anatómico del trayecto adecuado. El riñón izquierdo se moviliza en anterior (*acceso aórtico retrorrenal*), así

como su uréter y el resto del paquete visceral (bazo, páncreas y paquete intestinal). Ocasionalmente se deja el riñón *in situ* (acceso aórtico prerenal), como en la existencia de vena renal izquierda retroaórtica.

A continuación se expuso la aorta infradiafragmática con 4 elementos clave para ello: primero, la identificación de la arteria ilíaca común izquierda o su bifurcación; segundo, la sección del pilar diafragmático izquierdo; tercero, la *identificación de la arteria renal izquierda* y su *ostium*, habitualmente en la cara lateral izquierda de la aorta e inmediatamente distal a donde cruza el pilar diafragmático izquierdo a la aorta visceral; cuarto, la sección de la *vena renolumbar izquierda* (normalmente inmediatamente caudal a la arteria renal izquierda), la cual puede ser causa de sangrado desde la vena renal izquierda por un mal manejo. Posteriormente, se libera la aorta infrarrenal y se realiza el control del resto de los vasos viscerales, excepto la arteria renal derecha (endoluminal). El control de la arteria ilíaca común derecha habitualmente es endoluminal.

Finalmente, si es posible anatómicamente, se realiza el control de los vasos segmentarios torácicos y lumbares accesibles del lado izquierdo, así como de las zonas aórticas de pinzamiento.

Para el abordaje se utilizan 2 retractores FastSystem® Vascular Retractor System VF400 (Omni-Tract Surgical, St. Paul, EE. UU.).

#### Sistema de perfusión (fig. 1, tablas 1 y 2)

El sistema de perfusión se realiza con *circuito extracorpóreo de membrana oxigenador* (ECMO, «oxigenador de membrana

**Tabla 1**  
Parámetros-objetivo del sistema de perfusión

Parámetro	Valor
Heparinización inicial, mg/kg	1,5
Tiempo de coagulación activado, segundos	250-300
Parámetros ECMO, mmHg	
Presión succión venosa	<80
Presión perfusión arterial	<250-300
Temperatura nasofaríngea, °C	32-34
Presión arterial proximal sistólica, mmHg	>100
Presión arterial distal, mmHg	60-80
Perfusión visceral selectiva	
Sangre isotérmica (cada tronco), ml/min	200-300
Presión perfusión, mmHg	<150
Perfusión renal selectiva	
Cristaloide, °C	4
Bolo inicial, ml	300 (cada riñón) en 2-4 min
Mantenimiento (cada 10-15 min), ml	150 (cada riñón) en 1-2 min
Presión perfusión, mmHg	<150-200

ECMO: *extracorporeal membrane oxygenator* («oxigenador de membrana extracorpórea»).

**Tabla 2**  
Cánulas del sistema de perfusión

Localización	Tipo de cánula
Cánula venosa (drenaje)	23 o 25 Fr multiperforada Bio-Medicus® Life-Support (Medtronic) Percutánea en vena femoral (ETE guiada)
Cánulas viscerales (perfusión visceral selectiva)	Cánula retrógrada de inflado manual de silicona DLP 15 Fr (Medtronic) <i>Alternativa</i> Pruitt® 12 Fr (LeMaitre Vascular, Burlington, EE. UU.) Pruitt® 9 Fr (en vasos más pequeños)
Cánulas renales (perfusión renal selectiva)	Pruitt® 9 Fr <i>Alternativa (vasos más pequeños)</i> Cánula de perfusión ostial coronaria Jeringa urológica 50 cc (bolos directos)

ECMO: *extracorporeal membrane oxygenator* («oxigenador de membrana extracorpórea»); ETE: ecografía transesofágica.

extracorpórea») de corta duración (membrana microporosa) con tubuladuras 3/8-3/32 con recubrimiento biocompatible.

Se realiza *perfusión visceral selectiva* con sangre oxigenada isotérmica desde la línea arterial del circuito ECMO mediante un tubo de 1/4 bombeada por un rodillo independiente.

La *perfusión renal selectiva* o renoplejía se realiza con solución cristaloide a 4°C de Ringer lactato (1l), manitol al 20% (12,5 g/l) y metilprednisolona (125 mg/l)<sup>14</sup>.

#### Estrategia quirúrgica retrógrada

Se construye un *injerto home-made* a medida de una prótesis bifurcada *knitted dacron* con un injerto multirrama *woven dacron*, añadiendo una rama lateral de 10 mm de perfusión (fig. 3), y se impregna en una solución de rifampicina (1.800 mg en 100 ml de suero fisiológico).

Tras la heparinización sistémica se realiza la canulación venosa femoral percutánea.

Con el *pinzamiento aislado de la arteria iliaca izquierda* (común, hipogástrica y externa), se realiza la *anastomosis distal* término-terminal con monofilamento 4/0 en la bifurcación *iliaca izquierda*,

permitiendo en dicho momento el inicio de la perfusión ECMO (solo en el miembro inferior izquierdo a bajo flujo).

Posteriormente, con el *pinzamiento infrarrenal* se ocluyen las lumbares bajas y mesentérica inferior, y se efectúa la *anastomosis distal* término-terminal con monofilamento 4/0 en la *iliaca común derecha*, iniciando así la perfusión ECMO en la iliaca bilateral.

Se *pinza el supracelíaco* y se abre la aorta visceral, se canulan los vasos renoviscerales para su *perfusión selectiva* y se controlan las arterias segmentarias locales (*bulldog* externo, *vessel loop* y/o Fogarty endoluminal n.º 3-4). A continuación, se efectúan las *anastomosis* término-terminales con monofilamento de 4/0 o 5/0 y reperusión secuencial por el ECMO de los *vasos renoviscerales* (renal derecha, mesentérica superior, renal izquierda y tronco celíaco). El orden puede modificarse según las características específicas, pero la renal derecha suele ser la primera.

Tras el tiempo abdominal, se realiza el *pinzamiento de la aorta torácica descendente media*, la apertura aórtica y el control de las segmentarias. A continuación, se lleva a cabo el *pinzamiento proximal* aórtico en la zona 1-4 (según el caso) y se realiza la *anastomosis proximal* término-terminal con monofilamento de 3/0 o 4/0 (con/sin tira de teflón externa). Con el despinzamiento aórtico se reanuda el flujo pulsátil distal.

Si no ha habido previamente alteraciones significativas de los PESS/PEM, se realiza el *reimplante de las arterias segmentarias (técnica snake)*; en cambio, si hubiera habido alteraciones sin respuesta a maniobras correctoras de isquemia medular, se adelantaría dicho reimplante. En la *técnica snake*, se dispone un injerto de dacron de 10 mm de forma paralela y se reimplantan las segmentarias (en una o más pastillas) habitualmente entre T7-L2 con monofilamento 4/0. El número y qué segmentarias se decide en el campo quirúrgico en función de los hallazgos PESS/PEM y las características de la pared aórtica, aunque un análisis pormenorizado de la TAC puede ser útil. Tras la anastomosis de las segmentarias se inicia la perfusión del *snake* (200-300 ml/min) por un cabo del injerto. Se finaliza con las anastomosis proximal y distal del *snake* con monofilamento 4/0 en el injerto aórtico (con pinzamiento parcial) o en una rama lateral del mismo, buscando la morfología óptima para evitar acodamientos.

Tras la normotermia, se finaliza la perfusión con ECMO, se retiran las cánulas, se revierte coagulación con protamina y hemoderivados, así como se realiza hemostasia exquisita. Se cubre el injerto a nivel torácico con saco aneurismático y/o pericardio bovino, se colocan 3 drenajes torácicos y un redón abdominal. El diafragma se cierra con sutura continua y puntos en U de monofilamento reabsorbible n.º 1, la toracotomía con 2 bandas Ortholox® UHMWPE (Ortolog Medical Innovations, Yenimahalle/Ankara, Turquía) y múltiples puntos percostales reabsorbibles *loop* n.º 1 o 2, así como la pared abdominal (mono/biplano) con monofilamento reabsorbible *loop* n.º 1.

Recientemente, en nuestro centro, se intervinieron 2 pacientes con síndrome de Marfan en los que se realizó una reparación abierta retrógrada de ATA tipo 2, conforme se ha desarrollado en los párrafos previos. Se describen sus *características preoperatorias*, así como *aspectos relevantes intraoperatorios* y *postoperatorios* de ambos casos clínicos (tablas 3-5).

Como comentarios de relevancia de los casos clínicos cabe destacar:

**Caso 1 (Figuras 2, 3, 4).** El paciente presentó un déficit sensitivo a nivel ciático derecho inmediato; posteriormente, con el intento de bipedestación-deambulacion se detectó una debilidad y dificultad en la misma. Estos hallazgos traducían una paraparesia (escala de Tarlov modificada 3/5) que no fue sospechada como potencial lesión neurológica y, por tanto, no se activó el protocolo *Cerebrospinal drain status, Oxygen delivery, Patient Status*. El diagnóstico del daño neurológico fue tardío (a los 2 meses), si bien el inicio de la rehabilitación desde la Unidad de Daño Medular ha permitido que

**Tabla 3**  
Características específicas preoperatorias de los casos clínicos

Preoperatorio	Caso 1	Caso 2
Sexo/edad (años)	Varón/52	Mujer/33
Antecedentes de interés	Dislipidemia. Hipertensión arterial. Exfumador IQ: astigmatismo, amígdalas	IQ: subluxación cristalino bilateral
Disección aguda (previa)	Tipo noA-noB (6 años)	Tipo B-gestación (7 años)
Cirugías aórticas (previas)	Bentall mecánico (12 años) Sustitución ATDp + fenestración distal (4 años)	Cirugía de David (9 años)
Diámetro máximo aorta	48 mm (torácica), 65 mm (infrarrenal)	51 mm (torácica), 49 mm (infrarrenal)
Consideraciones anatómicas	Zona 1-2 45 mm. PsAnPr-ATDp (13 mm) Colapso VL aorta distal-AIC Vasos viscerales (VL), excepto ARD (FL)	Vasos viscerales (FL), excepto ARI (VL) Arteria polar inferior derecha Síndrome <i>nutcracker</i> radiológico
Exámenes complementarios	TAC coronaria/eco-cardio: normal PFR: obstructivo ligero Función renal normal	Coronariografía/eco-cardio/PFR: normal Función renal normal

AIC: arteria ilíaca común; ARI: arteria renal izquierda; ARD: arteria renal derecha; ASI: arteria subclavia izquierda; ATDp: aorta torácica descendente proximal; FL: falsa luz; IQ: intervención quirúrgica; PFR: pruebas funcionales respiratorias; PsAnPr: pseudoaneurisma anastomosis proximal; TAC: tomografía axial computarizada; VL: verdadera luz.

**Tabla 4**  
Aspectos relevantes intraoperatorios de los casos clínicos

Intraoperatorio	Caso 1	Caso 2
Acceso	7.º espacio (reintervención)	6.º espacio
Frenotomía circunferencial	Completa	Parcial
Canulación venosa percutánea	Femoral derecha	Femoral izquierda
Canulación arterial	Injerto (postanastomosis ilíaca izquierda)	Injerto (postanastomosis ilíaca izquierda)
Home-made graft (dacron)	Coselli 30 mm + bifurcado 20 × 10 × 10 mm	Coselli 28 mm + bifurcado 20 × 10 × 10 mm
Anastomosis proximal	Zona 4 (injerto previo)	Zona 3-4 + trompa elefante reversa
Anastomosis distal	AICD media (+ fenestración) + Bf-AICI	AICD proximal + Bf-AICI
Snake (segmentarias)	Dacron 10 mm, 2 parches (T8-L2)	Dacron 10 mm, 3 parches (T7-L2)
Tiempo ECMO, minutos	186	344
PESS/PEM	Caída PESS/PEM (pinza proximal), recuperación PEM/PESS con <i>snake</i> , excepto la latencia PEM-MII	Caída PEM (pinza proximal), recuperación PEM con <i>snake</i>
Otras consideraciones	Líquido mínimo periinjerto previo de ATD (lavado con rifampicina + cultivo)	Rotura ostial-reimplante polar derecha por canulación forzada

AICD: arteria ilíaca común derecha; ATD: aorta torácica descendente; Bf-AICI: bifurcación de la arteria ilíaca común izquierda; ECMO: *extracorporeal membrane oxygenator* («oxigenador de membrana extracorpórea»); MII: miembro inferior izquierdo; PEM: potenciales evocados motores; PESS: potenciales evocados somatosensoriales.

**Tabla 5**  
Aspectos relevantes postoperatorios de los casos clínicos

Postoperatorio	Caso 1	Caso 2
Estancia UCI/hospitalaria, días	4/19	5/16
Extubación, horas	< 24	< 24
Complicaciones intrahospitalarias	IRA transitoria (creatinina pico 2,3 mg/dl) Síndrome febril sin foco Paraparesia 3/5, déficit sensitivo ciático MID	IRA transitoria (creatinina pico 2 mg/dl) Parálisis recurrente izquierda Síndrome febril sin foco
TAC (prealta)	Snake permeable	Snake permeable. Trombosis arteria polar derecha
Seguimiento, meses	7	3
Secuelas	Radiculopatía lumbosacra ( <i>cauda equina</i> ) Incontinencia rectal controlada Eyaculación precoz/no disfunción eréctil Parestesias MID. Fuerza 4-5/5 (MID peor)	Disfonía (mejoría progresiva)

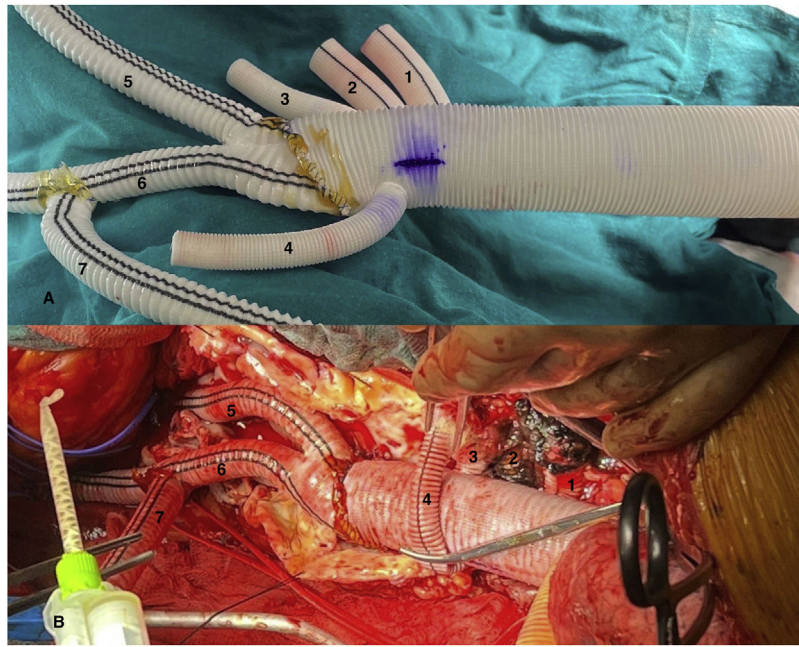
IRA: insuficiencia renal aguda; MID: miembro inferior derecho; TAC: tomografía axial computarizada; UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.

progresivamente siga mejorando a nivel motor (escala de Tarlov modificada 4-5/5) y aumentar significativamente su autonomía. La evolución intraoperatoria de PEM/PESS era de alto riesgo para déficit medular, lo que manifiesta que este grupo de pacientes precisa una vigilancia muy exquisita con exploraciones neurológicas precisas diarias y un alto índice de sospecha de lesión medular precoz, o incluso tardía si el postoperatorio más inmediato es óptimo. **Caso 2** (figs. 5 y 6). Las disecciones generan reacciones inflamatorias que enrarecen la anatomía y favorecen generar lesiones de nervios en el control del arco distal, como vago o recurrente. Si está dificultada la canulación de vasos renoviscerales por diámetros o características de la pared, conviene usar dispositivos alternativos a los habituales o hacerlo sin protección, ya que puede prevenir lesiones yatrógenas que generan más problemas (lesión vascular, infarto renal, aumento del tiempo quirúrgico).

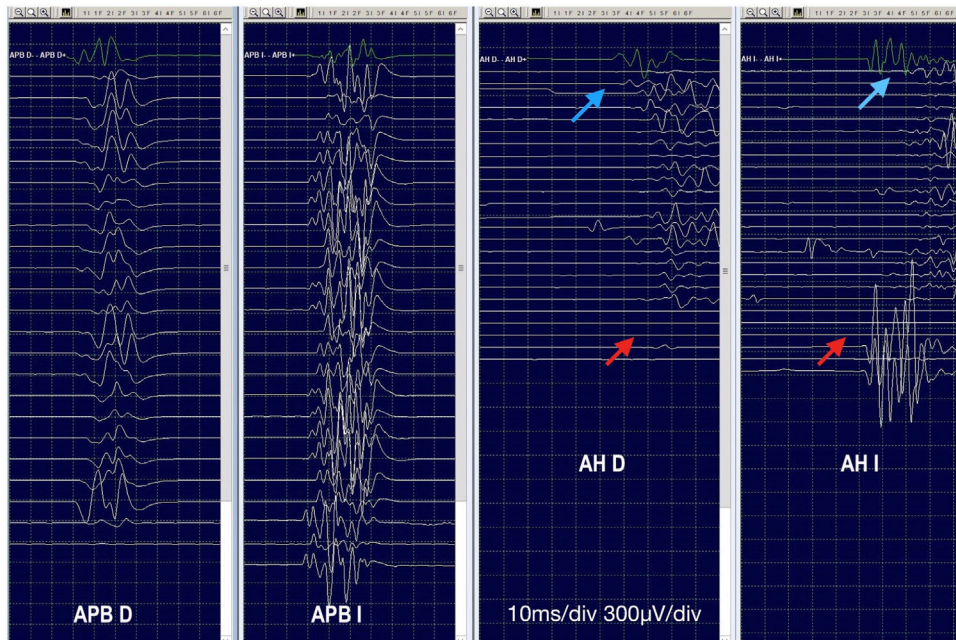
## Discusión

El sistema de perfusión en ATA es muy variado en la literatura, predominando fundamentalmente el *bypass* izquierdo en grupos de alto volumen<sup>4,8,14</sup>. Nuestro equipo utiliza el sistema ECMO si no se prevé una hipotermia moderada o profunda. Presenta la ventaja, respecto a la circulación extracorpórea convencional, de menor necesidad de anticoagulación y mayor biocompatibilidad, y respecto al *bypass* izquierdo, de permitir asistencia cardiopulmonar completa en caso de fracaso respiratorio y/o cardíaco durante el procedimiento. Como desventajas conlleva un mayor coste y, en caso de necesitar una hipotermia mayor (no prevista), precisa conversión a circulación extracorpórea convencional.

La forma de reparación clásica y habitual del ATA es anterógrada, si bien la *reparación retrógrada*<sup>2</sup> es otra alternativa. El minucioso



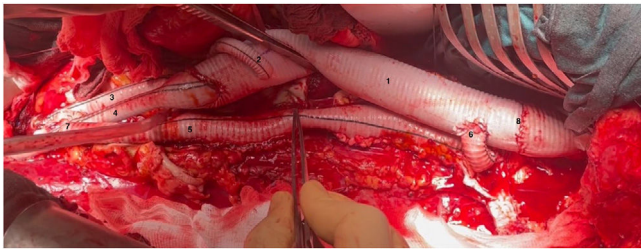
**Figura 2.** Imagen comparativa injerto dacron home-made tras su confección y tras su implante (caso 1). A) Anastomosis biselada término-terminal de injerto multirrama 30 mm (Gelweave™ Coselli Thoracoabdominal Graft, Terumo Aortic, Inchinnan, Escocia) y cuerpo bifurcado 20 × 10 × 10 mm (AlboGraft®, LeMaitre Vascular, Burlington, EE. UU.), así como porción de injerto dacron knitted 10 mm a rama izquierda del bifurcado mediante anastomosis término-lateral y en posición ascendente, permitiendo así la canulación del sistema arterial con conexión 3/8-3/8-3/8. Anastomosis con monofilamento 4/0 y biosellante NEX Glue® (Grena Biomed Ltd., Nottingham, Reino Unido). Marcaje con rotulador de posición superior del injerto. B) Prótesis implantada en paciente. 1. Rama a tronco celíaco. 2. Rama a arteria mesentérica superior. 3. Rama a arteria renal derecha. 4. Rama a arteria renal izquierda. 5. Rama a arteria iliaca común derecha. 6. Rama a bifurcación arteria iliaca izquierda. 7. Rama de perfusión sistémica y de conexión a injerto de reimplante de intercostales (técnica snake).



**Figura 3.** Registro de potenciales evocados motores transcraneales (PEMT) (caso 1). Durante el pinzamiento y la anastomosis proximal, se produce abolición de PEMT y de potenciales evocados somatosensoriales (PSS). No hay recuperación tras reinstaurar el flujo anterógrado pulsátil, por lo que se reimplantan segmentarias con recuperación completa de PSS y subtotal de los PEMT. Las flechas rojas indican ausencia de respuesta y las azules la recuperación a la basal en el abductor del primer dedo del pie derecho (AH D) y con latencia alargada en el izquierdo (AH I). Músculo abductor corto del pulgar derecho (APB D) e izquierdo (APB I).

análisis de la TAC, especialmente en disecciones crónicas (roturas intimales, tamaño de luces, origen de troncos renoviscerales e ilíacos, tanto la luz que los nutre como sus potenciales estenosis o compresiones), puede hacer prever si la perfusión será errática desde el lugar de canulación seleccionado. La reparación retrógrada es más segura cuando se prevén problemas de perfusión reno-

visceral, especialmente en disecciones crónicas con luz verdadera pequeña<sup>11</sup>. La canulación se puede realizar incluso en una rama lateral del injerto aórtico, evitando canulaciones adicionales. No obstante, si la anastomosis proximal es compleja, dificulta discretamente más su hemostasia tras la anastomosis (alternativamente, se pueden usar 2 injertos independientes y unirlos). Por otra parte,

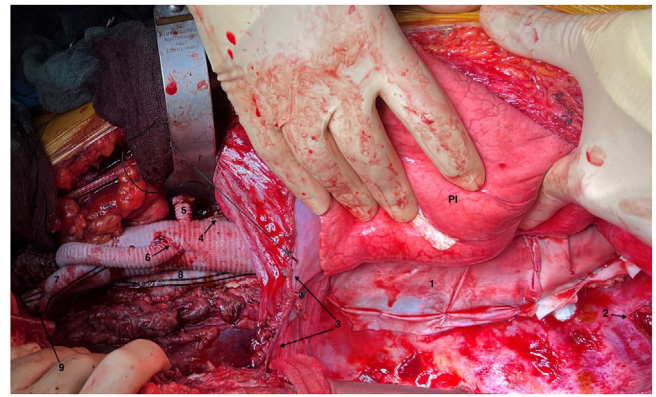


**Figura 4.** Visión general tras finalizar la sustitución de la aorta toracoabdominal (caso 1). 1. Prótesis de aorta a nivel supradiaphragmático. 2. Rama a arteria renal izquierda. 3. Rama a arteria iliaca común derecha. 4. Rama a bifurcación arteria iliaca izquierda. 5. Injerto para reimplante de arterias intercostales (técnica *snake*). 6. Anastomosis proximal del injerto *snake*. 7. Anastomosis distal del injerto *snake*. 8. Anastomosis proximal con injerto previo de aorta torácica descendente.

si se precisa parada circulatoria proximal para anastomosis proximal, prolongaría el tiempo quirúrgico y pudiera precisar algún tipo de canulación proximal.

Una de las herramientas en la protección medular es la monitorización con PESS/PEM<sup>3,6,8,15</sup>. Ello precisa una adaptación de la técnica anestésica y mayor infraestructura (humana y material), motivo por el cual ciertos grupos la han abandonado<sup>1,7</sup>. PESS/PEM aportan información medular en tiempo real, orientando la necesidad de *medidas correctoras* respecto al gasto cardíaco, la perfusión distal, la hemoglobina o el reimplante de segmentarias<sup>2,6,8</sup>. Por otra parte, en situaciones donde las características de la pared aórtica implican una anastomosis de riesgo, su información es útil para la oclusión quirúrgica de dichas segmentarias<sup>3</sup>. Incluso si los PEM permanecen disminuidos pese a las medidas correctoras optimizadas y hay segmentarias ocluidas, podría plantearse la endarterectomía de dicha porción aórtica y el reimplante con injerto<sup>3</sup>. La alteración de los PEM está directamente asociada a una mayor incidencia de daño medular inmediato o tardío, especialmente si no se produce la recuperación de los mismos durante la cirugía<sup>3,6</sup>. Cuando los PESS se alteran por causa medular, suelen ser más tardíos que los PEM y reflejan un mayor grado de isquemia<sup>6</sup>. Las maniobras correctoras habituales que recuperan PEM son: aumento de la presión arterial o flujo de perfusión distal (21%), recuperación de la pulsatilidad del flujo pélvico (32%) o reimplante de intercostales (34%)<sup>6</sup>.

El desarrollo del concepto de la circulación colateral de la médula espinal y la estrategia multimodal han ido debilitando la teoría anatómica del *reimplante de segmentarias*<sup>8</sup>. No obstante, múltiples trabajos han demostrado la utilidad del reimplante sistemático de la zona crítica, especialmente en las extensiones mayores<sup>1,5</sup>. La zona crítica varía desde T8-T12 hasta T7-L2, según los grupos<sup>4,8</sup>. Existen diferentes técnicas de reimplante. La más clásica, e impulsada por Crawford, es el *reimplante directo* (por técnica

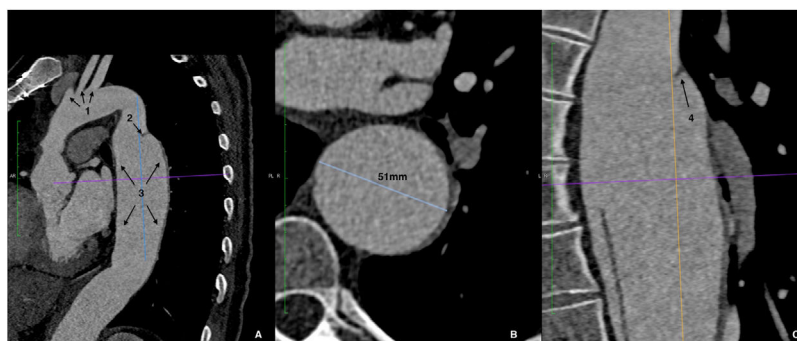


**Figura 6.** Visión general tras finalizar la sustitución de la aorta toracoabdominal (caso 2). 1. Pericardio bovino cubriendo injerto aórtico en tórax. 2. Costotomía posterior de sexta costilla izquierda. 3. Frenotomía parcial circunferencial. 4. Rama a arteria mesentérica superior. 5. Rama a arteria renal izquierda. 6. Anastomosis distal de *snake*. 7. Rama a bifurcación arteria iliaca izquierda. 8. Injerto *snake* con áreas de reimplante de arterias segmentarias en zona infradiaphragmática. 9. Muñón (ligado) de injerto de perfusión conectado a rama iliaca izquierda. PI: pulmón izquierdo.

de inclusión o técnica de Carrel) en el injerto aórtico<sup>8</sup>. La permeabilidad es mayor respecto al uso de injertos independientes (77,1-94% vs. 31-85,9%); en este último grupo la permeabilidad es mayor en las técnicas de injerto paralelo<sup>8,16</sup>. Las desventajas del reimplante directo son: una mayor dificultad de hemostasia en paredes de mala calidad, la potencial distorsión del injerto aórtico y la mayor tendencia a pseudoaneurismas<sup>17</sup>.

Respecto a las técnicas que usan injertos para reimplantar las arterias segmentarias, probablemente la más versátil es la técnica *snake* o variantes como el *frontage graft*<sup>16</sup>. La técnica del *parallel graft*, *loop graft* o técnica *snake* fue descrita por primera vez en Filadelfia<sup>15</sup>. Posteriormente, muchos grupos han ido utilizándola, con injertos de 8-16 mm de dacron<sup>4,8,15,18,19</sup>. La ventaja fundamental es la gran versatilidad y adaptabilidad a la disposición de las segmentarias, una mayor facilidad para la hemostasia, que el tratamiento (endovascular o abierto) es potencialmente más fácil en caso de pseudoaneurisma, así como que permite el reimplante tras reanudar el flujo pulsátil distal aórtico<sup>8,18</sup>.

En caso de conectivopatía, una separación de *ostia* visceral > 2-3 cm o incluso una pared aórtica muy desfavorable, el uso de *injertos multirrama* prefabricados<sup>4,8,14</sup> o *home-made* son una excelente opción para la prevención de aneurismas del parche visceral. Es importante estirar el injerto<sup>14,20</sup> antes de cortarlo para realizar la primera anastomosis aortoiliaca (ya sea proximal o distal), y así anticipar la posición de las ramas viscerales (evitar acodamientos). Opcionalmente, se puede colocar alguna *marca radiopaca* en anas-



**Figura 5.** Tomografía axial computarizada preoperatoria con reconstrucción multiplanar del caso 2. Disección de aorta tipo B que se inicia en aorta descendente proximal y se extiende distalmente. A. Corte sagital: cayado y origen de troncos supraaórticos (1), puerta de entrada (2), dilatación difusa de aorta torácica descendente (3). B. Corte axial. Dilatación aneurismática de aorta torácica descendente, diámetro máximo 51 mm en zona 4. C. Corte coronal: amplia puerta de entrada (rotura intimal) en zona 4 (4).

tomosis viscerales de riesgo para un potencial rescate endovascular si fuera necesario.

## Conclusiones

La cirugía abierta del ATA con adecuado riesgo quirúrgico es el tratamiento de elección, especialmente en disección crónica y Marfan. La reparación de forma retrógrada, el uso de injerto multirrama, la técnica *snake* para reimplante de arterias segmentarias y la monitorización intraoperatoria de PESS/PEM deben ser herramientas a disponer en nuestro *armamentarium*. La prevención, el diagnóstico y el tratamiento precoz del daño medular durante todo el proceso asistencial es un elemento esencial.

## Consideraciones éticas

Se obtuvo el consentimiento informado de los pacientes por escrito para la publicación del artículo.

## Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

A todo el equipo de Enfermería (quirófano, reanimación, sala de hospitalización), de Perfusión, de Anestesia, de Neurofisiología y de Cirugía Cardiovascular de nuestro centro, por la dedicación y el esfuerzo que realizan a diario en la atención de la enfermedad aórtica compleja.

## Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.circv.2024.01.005](https://doi.org/10.1016/j.circv.2024.01.005).

## Bibliografía

1. Coselli JS, Lemaire SA, Preventza O, de la Cruz KI, Cooley DA, Price MD, et al. Outcomes of 3309 thoracoabdominal aortic aneurysm repairs. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;151:1323–38.
2. Harky A, Othman A, Shaw M, Nawaytou O, Harrington D, Kuduvali M, et al. Contemporary results of open thoracic and thoracoabdominal aortic surgery in a single United Kingdom center. *J Vasc Surg.* 2021;73:1525–32.
3. Jacobs MJ, Mess W, Mochtar B, Nijenhuis RJ, Statius van Eps RG, Schurink GW. The value of motor evoked potentials in reducing paraplegia during thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2006;43:239–46.
4. Chiesa R, Rinaldi E, Kahlberg A, Tinaglia S, Santoro A, Colacchio G, et al. Outcomes following management of complex thoracoabdominal aneurysms by an open approach. *J Clin Med.* 2023;12:3193.
5. Estrera AL, Sheinbaum R, Miller CC 3rd, Harrison R, Safi HJ. Neuromonitor-guided repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140 6 Suppl:S131–5.
6. Tanaka A, Nguyen H, Dhillon JS, Nakamura M, Zhou SF, Sandhu HK, et al. Reappraisal of the role of motor and somatosensory evoked potentials during open distal aortic repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;165:944–53.
7. Pizzamiglio M, González-García A, Díaz-Cruz J, Torres-Lebruno PL, Arribas-Díaz AB, Aparicio-Martínez C. Resultados de cirugía de aneurisma abdominotorácico abierto mediante circulación extracorpórea parcial izquierda en un centro de bajo volumen. *Angiología.* 2022;74:150–6.
8. Tanaka A, Smith HN, Safi HJ, Estrera AL. Open treatments for thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Methodist Debakey Cardiovasc J.* 2023;19:49–58.
9. 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:e334–482.
10. Riambau V, Böckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, et al. Editor's Choice – Management of descending thoracic aorta diseases: Clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2017;53:4–52.
11. Jacobs MJ, Schurink GW. Open repair in chronic type B dissection with connective tissue disorders. *Ann Cardiothorac Surg.* 2014;3:325–8.
12. Rocha RV, Lindsay TF, Friedrich JO, Shan S, Sinha S, Yanagawa B, et al. Systematic review of contemporary outcomes of endovascular and open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2020;71:1396–412.
13. Martín-González I, Doménech-Dolz A, Ascaso-Arbona M, Rueda C, García-Valentín A. Abordajes quirúrgicos de aorta: visión práctica para residentes. *Cir Cardiovasc.* 2015;22:149–56.
14. Ouzounian M, LeMaire SA, Weldon S, Coselli JS. Open repair of thoracoabdominal aortic aneurysm: Step-by-step. *Oper Tech Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;23:2–20.
15. Woo EY, Mcgarvey M, Jackson BM, Bavaria JE, Fairman RM, Pochettino A. Spinal cord ischemia may be reduced via a novel technique of intercostal artery revascularization during open thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2007;46:421–6.
16. Lee JH, Park KH. A parallel side graft–frontage graft–technique for intercostal artery reimplantation during thoraco-abdominal aorta replacement. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020;58:855–7.
17. Fletcher-Sanfeliu D, García-Granero A, Rueda-Muñoz C, Martín-González I. Type I thoracoabdominal aortic aneurysm: Intercostal reimplantation by the “snake” technique. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155:1399–400.
18. Martín-González I, Fletcher D, Valencia J, Cortés MC, Rueda C. Técnica snake en cirugía de aorta toracoabdominal. *Cir Cardiovasc.* 2017;24:116.
19. Martín-González I, Gómez-Planas J, Botí ET. Bilateral aberrant vertebral arteries from descending thoracic aorta in open thoracoabdominal aneurysm repair. *JTCVS Tech.* 2021;7:53–6.
20. Park KH, Lee JH. Thoracoabdominal aorta replacement with branched graft for visceral and segmental artery reimplantation—Case report. *J Vasc Surg.* 2022;8:27.