

Técnica del debranching híbrido tipo I del arco aórtico sin circulación extracorpórea Type I hybrid aortic arch debranching without cardiopulmonary bypass

Michel David¹ , Raúl A. Borracci^{1,2} , Luis M. Ferreira² , Patricio Giménez Ruiz¹ , José M. Álvarez Galesio¹ , Ricardo La Mura²

1.Servicio de Cirugía Cardiovascular,
Herzzentrum Buenos Aires, Hospital Alemán, Buenos Aires, Argentina.

2.Servicio de Cirugía Cardiovascular, ENERI-Clínica Sagrada Familia, Buenos Aires, Argentina.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Conflicts of interest
None declared.

Correspondencia
Correspondence:

Michel David
E-mail:
michel06david@gmail.com

Recibido | Received
23-01-19

Aceptado | Accepted
28-05-19

RESUMEN

Los aneurismas del cayado aórtico representan un desafío, ya que el involucramiento de sus grandes ramas exige una técnica quirúrgica compleja. A partir de la aparición del tratamiento endovascular, una alternativa desarrollada en los últimos años para abordar el cayado aórtico consistió en el tratamiento híbrido de esta patología, mediante la derivación quirúrgica de los vasos del cuello y la posterior exclusión del aneurisma con una endoprótesis. Este método híbrido es conocido con el nombre de debranching, y en forma simplificada consiste en realizar, sin circulación extracorpórea, una serie de puentes entre la aorta ascendente y el tronco braquiocefálico, la arteria carótida izquierda y eventualmente la arteria subclavia izquierda, para permitir avanzar una endoprótesis que cubra toda la luz del aneurisma. Se describe la técnica quirúrgica del debranching híbrido tipo I, sin el auxilio de la circulación extracorpórea e implante anterógrado de la endoprótesis, para los aneurismas del cayado aórtico.

■ **Palabras clave:** cayado aórtico, cirugía, tratamiento híbrido, tratamiento endovascular.

ABSTRACT

Aortic arch aneurysms represent a major challenge as the involvement of the supra-aortic vessels demands a complex surgical technique. Since the advent of endovascular aortic repair, hybrid treatment of aortic arch disease has emerged in recent years. The procedure consists of surgical bypass of the supra-aortic vessels followed by exclusion of the aneurysm with an endograft. This hybrid method is known as debranching and, briefly, consists in performing bypasses between the ascending aorta and the brachiocephalic artery, the left carotid artery and possibly the left subclavian artery without cardiopulmonary bypass, in order to advance an endograft to cover the entire lumen of the aneurysm. The aim of this paper is to describe the surgical technique of type I hybrid debranching without cardiopulmonary bypass and antegrade endograft delivery to treat aortic arch aneurysms.

■ **Keywords:** aortic arch, surgery, hybrid treatment, endovascular treatment.

ID ORCID: Michel David, 0000-0001-9621-6858; Raúl A. Borracci, 0000-0003-2503-9887; Luis M. Ferreira, 0000-0002-2530-783X; Patricio Giménez Ruiz, 0000-0002-3029-9694; José M. Álvarez Galesio, 0000-0002-8734-1558.

Introducción

Los aneurismas del cayado aórtico representan un verdadero desafío en cualquier escenario, ya que el involucramiento de sus grandes ramas exige una técnica quirúrgica compleja para resolver esta patología. La cirugía con circulación extracorpórea para derivar y corregir la salida de los grandes vasos, asociada o no a hipotermia profunda y paro circulatorio total, ha sido por mucho tiempo la única opción para resolver este problema. Dado que pocos grupos en el mundo logran resultados aceptables con tal técnica, la morbilidad asociada a la cirugía sigue siendo alta¹. A partir de la aparición del tratamiento endovascular de la aorta, una alternativa desarrollada en los últimos años para abordar el cayado aórtico consistió en el tratamiento híbrido de esta patología, mediante la derivación quirúrgica de los vasos del cuello y la posterior exclusión del aneurisma con una endoprótesis. Este método híbrido se conoce con el nombre de *debranching* y, en forma simplificada, consiste en realizar sin circulación extracorpórea, una serie de puentes entre la aorta ascendente (zona 0) y el tronco braquiocefálico, la arteria carótida izquierda y eventualmente la arteria subclavia izquierda, para permitir avanzar una endoprótesis que cubra toda la luz del aneurisma^{2,3}. El tratamiento híbrido de los aneurismas del arco aórtico realizando *debranching* y colocación de la prótesis por vía anterógrada fue publicado por Butch y col.⁴ en 1998. Sin embargo, en la Argentina, la mayoría de los centros realizan esta técnica en dos tiempos: uno quirúrgico para el *debranching* propiamente dicho, y otro endovascular para el implante de la endoprótesis por vía retrógrada femoral. De contar con una sala o quirófano híbrido con radioscopía y arco en C de calidad, los tiempos quirúrgicos y endovascular pueden realizarse en el mismo acto, implantando la endoprótesis en forma anterógrada desde la aorta ascendente (zona 0) hacia la aorta distal (zona 4).

Las técnicas de *debranching* se dividen en tipos I, II y III. La tipo I deriva las ramas directamente desde la aorta ascendente sana; en el tipo II se reemplaza la aorta ascendente con un tubo con ramas, mientras que

en el tipo III se sustituyen la aorta ascendente y el cayado en forma directa bajo circulación extracorpórea⁵⁻⁷. El propósito de esta comunicación es describir la técnica quirúrgica del *debranching* híbrido tipo I, sin el auxilio de la circulación extracorpórea, e implante anterógrafo de la endoprótesis, para los aneurismas del cayado aórtico. Esta nota técnica se basa en la experiencia con cinco pacientes tratados exitosamente mediante esta modalidad.

Técnica quirúrgica

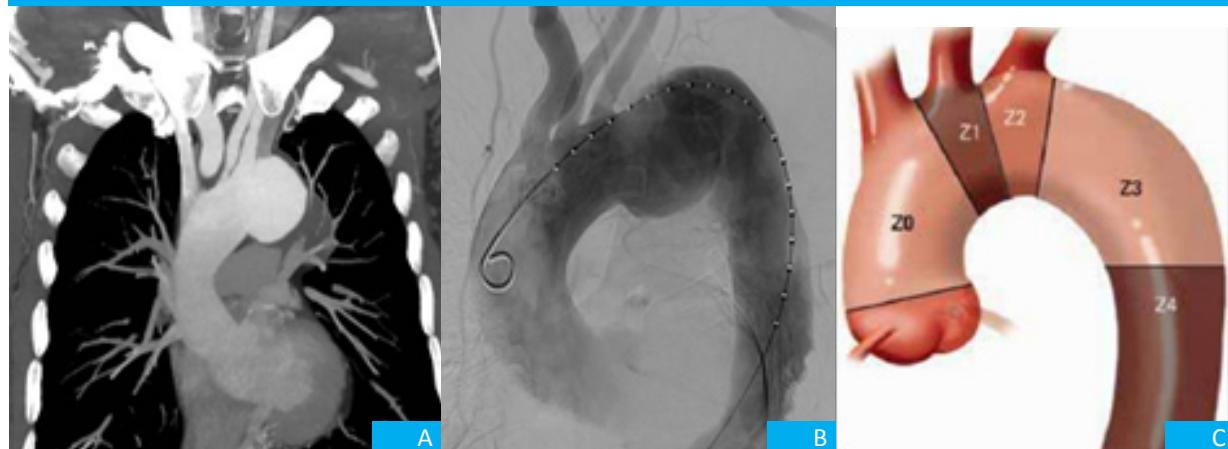
Preparación prequirúrgica

En la preparación previa a la cirugía se deben realizar una angiotomografía y un aortograma para delimitar la anatomía del aneurisma y la indeminidad de la aorta ascendente que debe medir menos de 4cm de diámetro para poder realizar la anastomosis proximal (Fig. 1). Se solicita estudio hemodinámico y simultáneamente una prueba de oclusión de la arteria subclavia izquierda para evaluar la conveniencia del tratamiento endovascular. Esta prueba se realiza con controles angiográficos a nivel de la fosa posterior observando la correcta compensación hemodinámica de la arteria vertebral derecha, así como también la correcta opacificación del miembro superior. Luego de 15 minutos de oclusión se debe constatar que el paciente no presente ningún foco neurológico. Finalmente se evalúa que el riesgo de fuga (*leak*) proximal del tratamiento endovascular sea alto, incluso ocluyendo la arteria subclavia izquierda.

Preparación del paciente, exposición quirúrgica y anastomosis arteriales

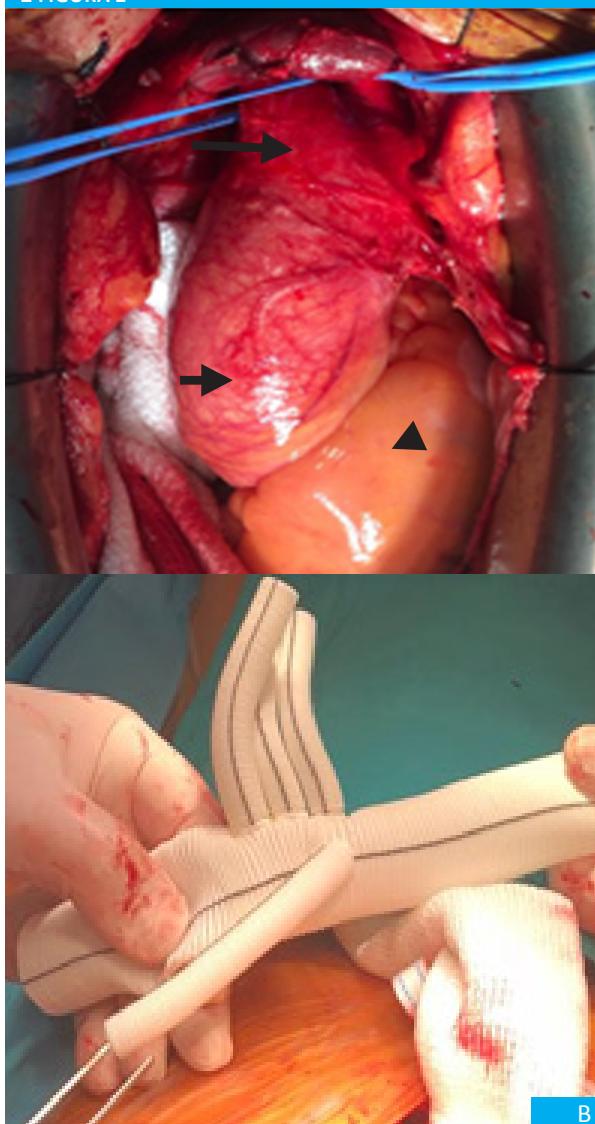
El paciente se posiciona en decúbito supino con los brazos fijos a los costados y un pequeño realce interescapular para facilitar la extensión del cuello y la exposición de los vasos supraaórticos. Se utiliza anestesia general con la monitorización habitual usada en

■ FIGURA 1



Imágenes de angiotomografía (a), aortograma (b) y esquema (c) de un aneurisma del cayado aórtico que compromete las zonas 2 y 3

■ FIGURA 2



Imágenes operatorias de la exposición de la aorta ascendente y de los vasos supraaórticos (A), y de la prótesis bifurcada con sus cuatro ramas (B). Obsérvese en la figura 2A la presencia de una gasa en la cara posterior y lateral de la aorta que facilita la exposición de su cara lateral, así como también las cintas que reparan el tronco arterial braquiocefálico y la carótida izquierda por debajo del tronco venoso innombrado. Vasos (flecha larga), aorta (flecha corta), ventrículo derecho (punta de flecha). En la figura B se observa que tres de las ramas de la prótesis nacen de la misma cara, mientras que la cuarta lo hace en un ángulo de 90°. VD, ventrículo derecho

cirugía cardíaca. Se realiza esternotomía media que habitualmente no requiere la extensión de la incisión hacia el cuello. Se procede a la apertura y marsupialización del pericardio; se disecan la aorta ascendente y el cayado, y se moviliza la vena innominada. Finalmente se disecan y reparan el tronco arterial braquiocefálico y la arteria carótida primitiva izquierda. El abordaje quirúrgico de la arteria subclavia izquierda a través de una esternotomía puede resultar incómodo cuando existe un aneurisma que compromete su nacimiento (zona 2). Con el fin de simplificar el procedimiento de *debranching*, el plan de cirugía puede incluir un primer tiempo

quirúrgico para confeccionar un puente extraanatómico carótido-subclavio izquierdo con prótesis y ligadura proximal de la subclavia izquierda para evitar que esta siga llenando el aneurisma del cayado en forma retrógrada. Luego, el segundo tiempo quirúrgico es la confección del *debranching* a través de una esternotomía mediana, y el tratamiento endovascular en el mismo acto quirúrgico.

Tras la exposición de los vasos, se anticoagula al paciente con 10 000 UI de heparina sódica y se prepara una prótesis tubular de dacrón de 26 mm (Plexus®) que tiene cuatro ramas de 8 o 10 mm cada una (Fig. 2). Se corta un medallón de una de las caras de la prótesis que contenga solo las ramas, así queda una elipse de 25×40 mm aproximadamente para anastomosar sobre la aorta. En caso de haberse realizado previamente una derivación carótida-subclavia izquierda, solo serán necesarias tres de las cuatro ramas. Se selecciona en la aorta ascendente un sitio adecuado para la anastomosis (conocida como PLZ o *Proximal Landing Zone* o zona de anclaje proximal). Se realiza hipotensión controlada del paciente (por debajo de 100 mm Hg de tensión sistólica) y se coloca un *clamp* (pinza) aórtico parcial longitudinal en la cara anterolateral de la aorta, a fin de que las ramas de la prótesis salgan en sentido lateral derecho y no muy anterior. La colocación de una gasa grande en la cara lateral derecha y posterior de la aorta ascendente facilita la exposición de la cara lateral al confeccionar la anastomosis. En forma ideal, después de la apertura longitudinal de la aorta, puede resecarse una porción de 5 mm de ancho, a fin que el medallón de la prótesis una vez anastomosada no ensanche demasiado la aorta ascendente. Luego se confecciona la anastomosis protésico-aorta término-lateral con polipropileno 4-0. Terminada la anastomosis se suelta el *clamp* de la aorta, previo purgado del aire y control de las ramas de la trifurcación protésica. A continuación se *clampea* (pinza) y secciona el tronco arterial braquiocefálico, se lo excluye con la sutura del cabo proximal y se confecciona una anastomosis término-terminal al tronco arterial con la rama de 10 mm, teniendo en cuenta el cuidadoso purgado del aire residual dentro de la rama. Luego se hace lo propio con la carótida primitiva izquierda (Fig. 3).

Exclusión del aneurisma con el implante endovascular

A continuación se ubica el arco de radioscopya y se identifica la PLZ de la anastomosis proximal que habitualmente se marca con el extremo radiopaco de una pinza. Se prepara la endoprótesis (en nuestros casos, ZENITH ALPHA ZTA 44 X 233®) que se monta de forma tal que pueda ser progresada y expandida en forma anterógrada desde la aorta ascendente, y no desde la aorta descendente (retrógrada) como se hace habitualmente. Luego se procede con el purgado del sistema de implante. Por la rama libre restante de la prótesis se progresiona en forma anterógrada una cuerda Lunderquist

sobre un catéter *pig tail* hasta alcanzar la aorta descendente. Se retira el *pig tail* y se avanza la endoprótesis sobre dicha cuerda hasta obtener una posición satisfactoria. La introducción a través de la rama y la progresión en el tramo de la aorta ascendente se puede facilitar moviendo manualmente la aorta expuesta. Es importante controlar que el operador no tire demasiado de esta rama ya que podría comprometer la anastomosis del medallón protésico sobre la aorta ascendente. Finalmente se libera la endoprótesis de distal a proximal quedando el extremo proximal de la prótesis en la zona de anclaje proximal (PLZ). En este momento, la ubicación de la endoprótesis en la zona de anclaje puede corroborarse fácilmente mediante de la palpación de la aorta ascendente por encima de la anastomosis. El correcto funcionamiento de la endoprótesis y la ausencia de fugas se verifican con el ecodoppler transesofágico o con un angiograma en el mismo momento. Por último se revierte la anticoagulación con sulfato de protamina (Fig. 4). En la figura 5 se muestra el resultado del procedimiento completo en forma esquemática.

En la tabla 1 se resumen los resultados quirúrgicos hospitalarios de los cinco pacientes operados con esta técnica híbrida de *debranching* por esternotomía y colocación de la prótesis por vía anterógrada. En todos los casos se confeccionó un puente extraanatómico carótido-subclavio izquierdo con prótesis y ligadura proximal de la subclavia izquierda, al menos una semana antes del *debranching* por esternotomía. No se registraron accidentes cerebrovasculares ni infartos en el posoperatorio. En el seguimiento entre 6 y 12 meses no se registró ningún caso de migración o *endoleak* residual que requiriera tratamiento adicional.

Discusión

Existen en la actualidad tres alternativas para extender hacia la zona proximal el tratamiento endovascular de los aneurismas de aorta que comprometen el arco aórtico y la primera porción de la aorta torácica descendente. Ellas son la utilización de endoprótesis fenestradas/ramificadas, el uso de chimeneas y el *debranching* completo o incompleto del arco asociado a la colocación de endoprótesis estándar. Este último abordaje, como lo demuestra esta presentación, incluye procedimientos híbridos con derivaciones extraanatómicas.

La arteria subclavia izquierda es un vaso importante para la perfusión tanto de la médula espinal como del cerebro a través de las arterias vertebrales izquierdas,

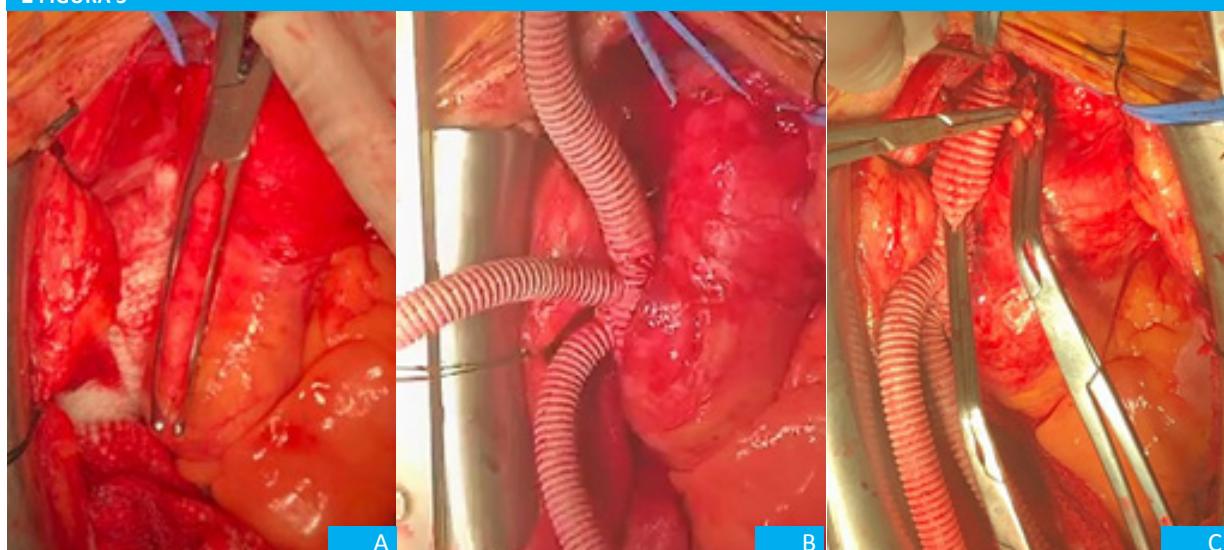
■ TABLA 1

Resultados hospitalarios de los pacientes operados con la técnica híbrida de debranching por esternotomía y colocación de la endoprótesis por vía anterógrada

Sexo	Edad	HTA	DLP	DBT	ClCr	Euro SCORE II	Complicaciones PO
M	72	Sí	No	No	48	3,1%	Muerte súbita a las 48 h
M	73	No	No	No	53	3,7%	No
F	82	Sí	Sí	Sí	71	5,5%	Neumonía
F	76	No	No	No	57	20,8%	No
M	66	Sí	Sí	No	56	2,9%	Embolia colestérinica distal, paraplejia

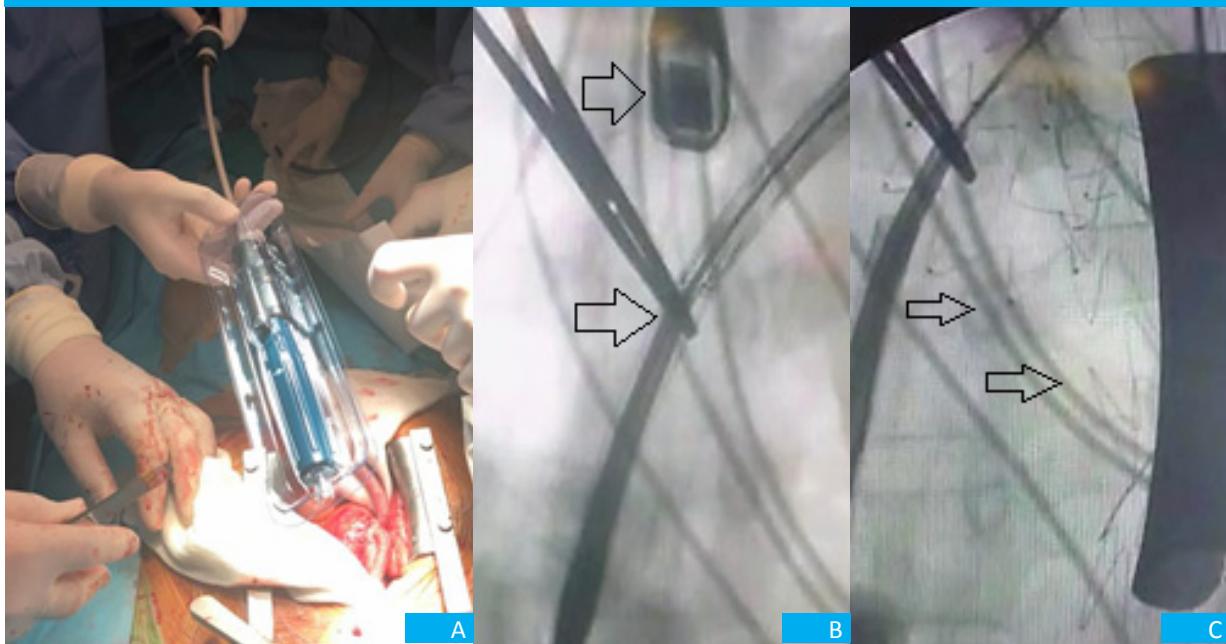
M, masculino; F, femenino; HTA, hipertensión arterial; DLP, dislipidemia; DBT, diabetes; ClCr, clearance (depuración) de creatinina en mL/min; PO, posoperatorio.

■ FIGURA 3



Imágenes operatorias del clampeo (pinzamiento) lateral de la aorta ascendente sin el auxilio de circulación extracorpórea (a) y apertura y anastomosis terminada del medallón de la prótesis con tres de sus ramas in situ (b). En la fotografía (c) se observa el momento de derivación de dos de estas ramas hacia el tronco arterial braquiocefálico y la carótida izquierda, previa exclusión de ambos vasos del cayado aórtico. Obsérvese que la tercera rama libre se usará para implantar la endoprótesis a través de la aorta ascendente

■ FIGURA 4

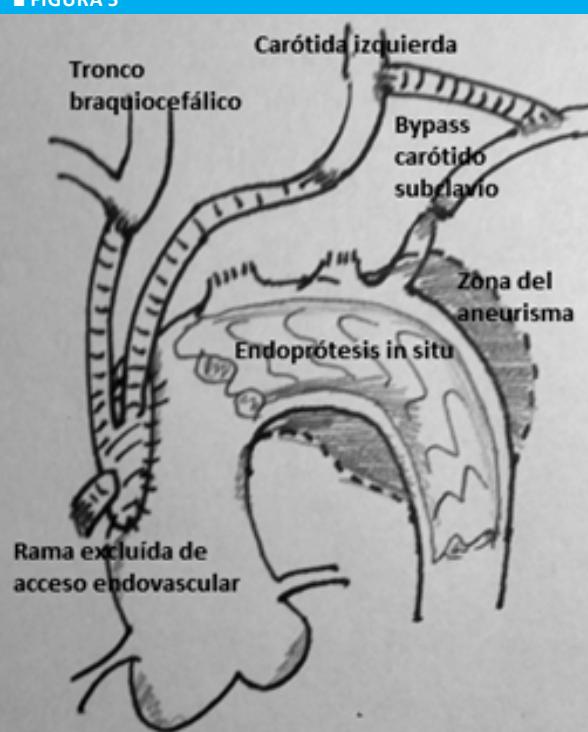


Imágenes operatorias de la preparación de la endoprótesis con el mediastino expuesto (a) y dos imágenes de radioscopy durante el tiempo endovascular (b y c). Obsérvese en la imagen (b) la presencia del transductor del ecoDoppler transesofágico de control (flecha) y el extremo de una pinza quirúrgica que señala la zona límite de anclaje proximal (flecha), y en la (c), parte del stent metálico de la endoprótesis abierta (flechas)

mamaria interna y sus ramas intercostales anteriores. Aunque su oclusión generalmente es bien tolerada debido a una rica red de colaterales, las guías internacionales¹ recomiendan su revascularización previa a la oclusión ostial por la endoprótesis⁸. En esos casos, también se recomienda la embolización proximal de la arteria para evitar un *endoleak* tipo II. La revascularización es obligatoria en presencia de una arteria vertebral izquierda dominante, *by-pass* mamario interno izquierdo a una arteria coronaria, fistula arteriovenosa del brazo izquierdo para hemodiálisis, arteria subclavia derecha aberrante, arteria vertebral derecha hipoplásica o ausente, terminación de la arteria vertebral izquierda en la arteria cerebelosa inferior-posterior, arterias ilíacas internas ocluidas, o un origen anómalo de la arteria vertebral izquierda del propio arco aórtico. La revascularización también debe considerarse obligatoria cuando existe un riesgo elevado de paraplejía, como en el caso en que debe realizarse una amplia cobertura de la aorta torácica combinada o no con reemplazo aórtico infrarrenal previo. Estas recomendaciones (nivel de recomendación IIa) surgen fundamentalmente de una revisión de los datos del registro EUROSTAR (*European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair*)⁹. La incidencia de oclusión de la arteria subclavia izquierda sin revascularización fue significativamente mayor en aquellos pacientes con isquemia de la médula espinal (40%) que en aquellos sin oclusión (19%). En el análisis multivariado, la oclusión de esa arteria fue un factor predictivo independiente de isquemia medular con un *odds ratio* de 3,5.

Un metanálisis reciente de András y col.¹⁰ eva-

■ FIGURA 5



Esquema final del procedimiento completo

luó, entre otros tipos, los resultados de 429 *debranchings* quirúrgicos completos de los vasos supraaórticos más exclusión endovascular de todo el arco aórtico (tipo I) con una mortalidad global a 30 días del 7,7%.

La incidencia de eventos cerebrales isquémicos fue del 7,5% y se correlacionó con la mortalidad a corto plazo; por su parte, el *endoleak* tipo I ocurrió en el 5,8% de los implantes y se correlacionó con la mortalidad a mediano plazo. La incidencia de disección retrógrada tipo A fue baja, mientras que el crecimiento aneurismático a

pesar del tratamiento fue del 2,6% y también se correlacionó con la mortalidad a mediano plazo.

En conclusión, el *debranching* híbrido tipo I del arco aórtico sin circulación extracorpórea puede ser una alternativa técnica válida para los pacientes de alto riesgo que no pueden ser sometidos a la cirugía tradicional.

■ ENGLISH VERSION

Introduction

Aortic arch aneurysms represent a major challenge in any scenario as the involvement of the supra-aortic vessels demands a complex surgical technique to solve this pathology. Surgery with cardiopulmonary bypass with or without deep hypothermia and total cardiac arrest has been the only option to solve this problem for a long time. Given that few groups have achieved acceptable outcomes with this technique worldwide, morbidity and mortality associated with surgery are still high¹. Since the advent of endovascular aortic repair, hybrid treatment of aortic arch disease has emerged in recent years. The procedure consists of surgical bypass of the supra-aortic vessels followed by exclusion of the aneurysm with an endograft. This hybrid method is known as debranching and, briefly, consists in performing bypasses between the ascending aorta (zone 0) and the brachiocephalic artery (zone 0), the left carotid artery and possibly the left subclavian artery without cardiopulmonary bypass, in order to advance an endograft to cover the entire lumen of the aneurysm^{2,3}. Hybrid repair of aortic arch aneurysms with debranching and antegrade endograft delivery was published by Butch et al.⁴ in 1998. Yet, most centers in Argentina perform this procedure in two steps: open surgery for debranching first and endovascular procedure for retrograde endograft delivery through the femoral artery during a second stage. Both surgical and

endovascular stages can be performed simultaneously in a hybrid operating room with C-arm fluoroscopic systems, and antegrade endograft delivery from the ascending aorta (zone 0) to the distal aorta (zone 4).

Hybrid debranching is classified in three groups: type I, type II and type III. In type I hybrid debranching, the branched graft is directly sutured onto the ascending aorta, in type II the ascending aorta is replaced by a branched endograft, while in type III the ascending aorta and the aortic arch are directly replaced under cardiopulmonary bypass⁵⁻⁷. The aim of this paper is to describe the surgical technique of type I hybrid debranching without cardiopulmonary bypass and antegrade endograft delivery to treat aortic arch aneurysms, based on the experience of five patients successfully treated with this technique.

Surgical technique

Preoperative preparation

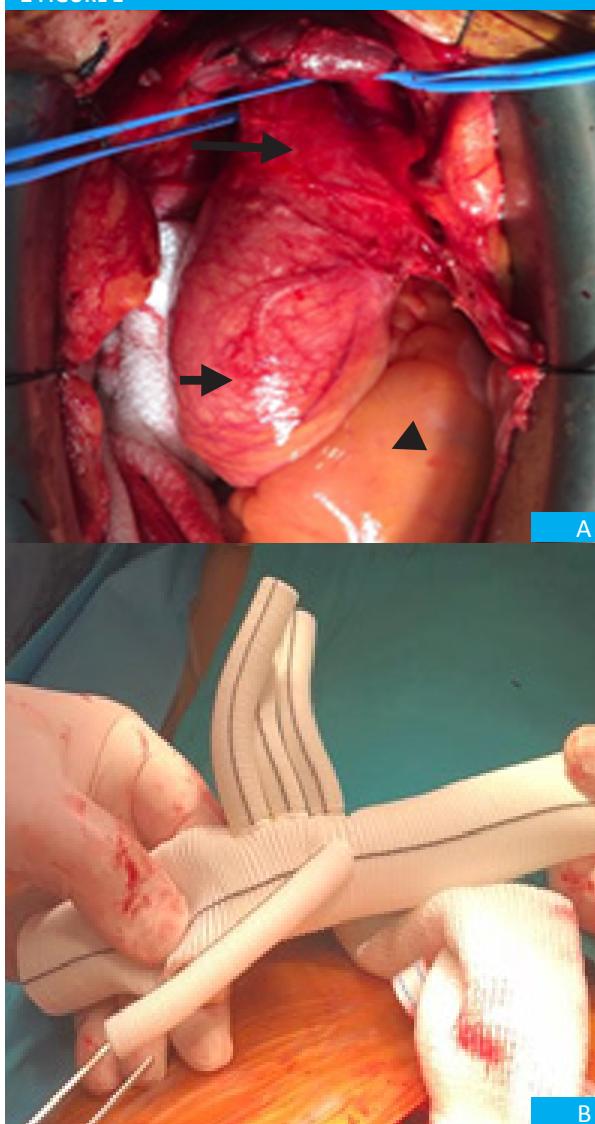
Before surgery, all the patients undergo computed tomography angiography and aortography to define the anatomy of the aneurysm and the integrity of the ascending aorta which should measure less than 4 cm in diameter to allow for proximal anastomosis (Fig. 1). Conventional angiography with test clamp of the left subclavian artery is carried out to evaluate

■ FIGURE 1



Computed tomography angiography (A), aortography (B) and diagram (C) of an aortic arch aneurysm involving zones 2 and 3

■ FIGURE 2



Intraoperative photograph of the exposure of the ascending aorta and supra-aortic vessels (A) and of the 4-branch graft (B). In (a), a gauze is observed placed on the posterior and lateral surface of the ascending aorta to facilitate exposure of the lateral surface. The brachiocephalic artery and the left carotid artery are circled with a vessel loop below the innominate vein. Vessels (long arrow), aorta (short arrow), right ventricle (arrowhead) In (B), three branches arise from the same side of the graft, while the fourth branch arises in an angle of 90°. RV: Right ventricle

the convenience of endovascular treatment. This test is performed with angiographic control at the level of the posterior fossa, watching the correct hemodynamic compensation of the right vertebral artery and the adequate opacification of the upper limb. There should be no signs suggestive of cerebral ischemia after 15 minutes of occlusion. Finally, the risk of proximal endoleak associated with the endovascular repair is evaluated, even after occluding the left subclavian artery.

Patient preparation, surgical exposure and arterial anastomoses

The patient is positioned supine with the arms tucked at the sides. A small bump is placed beneath the patient's shoulder blades to assist with neck extension and facilitate exposure of the supra-aortic arch vessels. The procedure is performed under general anesthesia with the usual monitoring systems used in cardiac surgery. The operation is done via median sternotomy which does not routinely require extension along the neck. After the pericardium is opened and marsupialized, the ascending aorta and the aortic arch are dissected and the innominate vein is mobilized. Finally, the brachiocephalic artery and the left common carotid artery are dissected and encircled with a vessel loop. The surgical approach of the left subclavian artery through sternotomy may be inconvenient when there is an aneurysm that compromises its origin. To simplify the debranching procedure, an extra-anatomic left common carotid artery-left subclavian artery bypass graft is performed during the first stage. The left subclavian artery is ligated proximally to avoid retrograde flow to the aortic arch aneurysm. In a second stage, a median sternotomy is performed for debranching and endovascular repair during the same procedure.

Once the vessels have been exposed, the patient is heparinized with unfractionated heparin 10,000 IU. A 4-branch dacron graft (Plexus®) with 26-mm size and side branch diameter of 8-10 mm is prepared (Fig. 2). An ellipse of 25x40 mm is cut in the side of the graft containing only the branches for anastomosis to the aorta. In case of a left common carotid artery-left subclavian artery bypass, only three of the four branches will be necessary. An adequate site for the anastomosis called proximal landing zone (PLZ) is selected in the ascending aorta. Under controlled hypotension (systolic blood pressure < 100 mm Hg) a longitudinal partial clamp is placed on the anterolateral surface of the aorta so that the branches of the graft will emerge laterally to the right and not anteriorly. Large gauze is placed on the right and posterior lateral surface of the ascending aorta to facilitate exposure of the lateral surface for creating the anastomosis. Ideally, after the aorta has been longitudinally opened, a 5-mm patch width can be resected to fit the ellipse containing the branches of the graft. The end-to-side anastomosis between the graft and aorta is done with 4-0 polypropylene, and when completed the graft limb is de-aired and the partial clamp is released. The brachiocephalic artery is then clamped and sectioned, and excluded when the proximal end is sutured. The 10-mm limb of the graft is anastomosed end-to-end to the brachiocephalic artery, and is carefully de-aired. This process is then repeated for the left common carotid artery (Fig. 3).

Endovascular exclusion of the aneurysm

Under fluoroscopic control, the most proximal extent of the PLZ that was previously marked with the radiopaque end of a clamp is identified. The endograft (Zenith Alpha ZTA 44 X 233[®]) is prepared and mounted so that it can be advanced and deployed in an antegrade fashion from the ascending aorta, and not retrogradely from the descending aorta as is usually done. The delivery system is then de-aired. A Lunderquist guidewire is antegrade advanced over a pigtail catheter through the free branch of the graft until reaching the descending aorta. The pigtail catheter is removed and the endograft is advanced over the guidewire until achieving a satisfactory position. The exposed aorta can be manually mobilized to introduce the endograft through the branch and advance it in the ascending aorta. The operator should not pull too much on this branch so as not to compromise the anastomosis of the branched graft to the ascending aorta. Finally, the endograft is deployed from the distal end to the proximal end in the PLZ. The location of the endograft in the landing zone can be easily confirmed by careful palpation of the ascending aorta beyond the anastomosis. Then, transesophageal echocardiography or angiography is performed to make sure the endograft is working properly and to verify the absence of endoleaks (Fig. 4). Finally, protamine is administered to revert anticoagulation. Figure 5 shows the final illustration of the entire procedure.

Table 1 summarizes the in-hospital outcomes of the five patients undergoing hybrid debranching via sternotomy with antegrade endograft deployment. In

all the cases, an extra-anatomic left common carotid artery-left subclavian artery bypass graft was performed and the left subclavian artery was ligated proximally at least one week before the debranching procedure via sternotomy. No cases of stroke or infarction were reported in the postoperative period. Over the six and 12 months of follow-up there were no cases of migration or residual endoleak requiring additional treatment.

Discussion

At present, there are three alternatives to extend endovascular repair of aneurysms of the aortic arch and proximal descending aorta into the proximal zone. These techniques include fenestrated or bran-

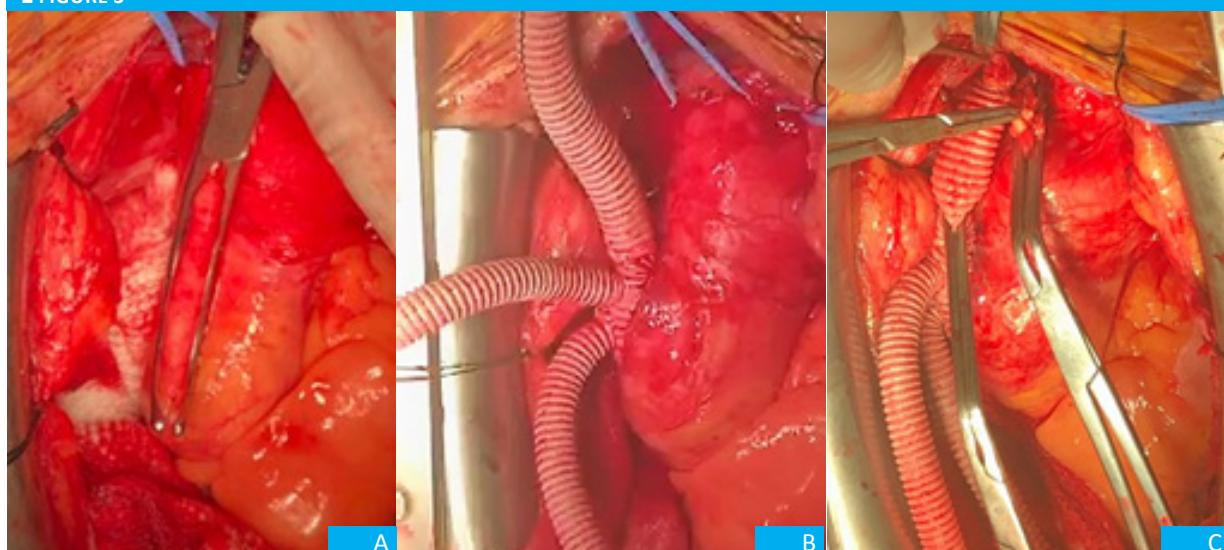
■ TABLE 1

In-hospital outcomes of the patients undergoing hybrid debranching with antegrade endograft deployment via sternotomy

Sex	Age	HT	DLP	DBT	CrCl	Euro SCORE II	Postoperative complications
Male	72	Yes	No	No	48	3,1%	Sudden death at 48 h
Male	73	No	No	No	53	3,7%	No
Female	82	Yes	Yes	Yes	71	5,5%	Pneumonia
Female	76	No	No	No	57	20,8%	No
Male	66	Yes	Yes	No	56	2,9%	Distal cholesterinic embolism, paraplegia

HT: hypertension; DLP: dyslipidemia; DBT: diabetes; CrCl: creatinine clearance (mL/min)

■ FIGURE 3



Intraoperative photograph of the clamp placed on the anterolateral surface of the aorta without cardiopulmonary bypass (A) and opening and anastomosis of the branched graft to the aorta (B). In (C) two of these branches are anastomosed to the brachiocephalic artery and left carotid artery excluded from the aortic arch. The third free branch will be used to implant the endograft through the ascending aorta.

■ FIGURE 4

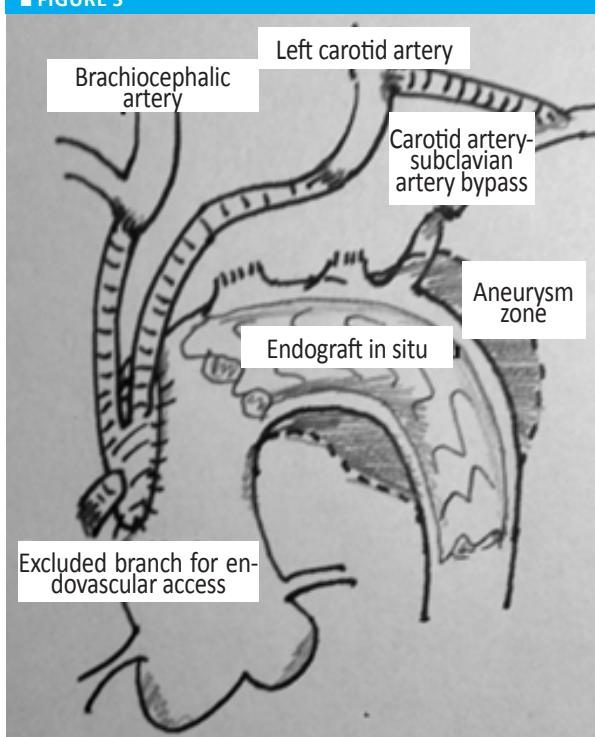


Intraoperative photographs of endograft preparation with the mediastinum exposed (A) and two fluoroscopic images during the endovascular stage (B and C). In (B) the transesophageal probe (arrow) and the tip of a clamp showing the proximal landing zone (arrow), and in (C), the metal framework of the endograft deployed (arrows) are observed.

ched endografts, the chimney technique and total or subtotal aortic arch debranching with placement of a standard endograft. The latter approach includes hybrid procedures with extra-anatomic bypass grafts, as the technique described in this presentation.

The left subclavian artery is an important vessel for perfusion of both the spinal cord and the brain through the left vertebral artery, the internal mammary artery and its anterior intercostal branches. Occlusion of the left subclavian artery is generally well tolerated due to a rich network of collateral arteries; yet, the international guidelines¹ recommend its revascularization prior to the ostial occlusion produced by the endograft⁸. In these cases, the proximal embolization of the artery is recommended to avoid type II endoleaks. Left subclavian artery revascularization should be considered in the presence of a dominant left vertebral artery, left internal mammary artery bypass graft to a coronary artery, left upper extremity arteriovenous hemodialysis fistula, aberrant right subclavian artery, hypoplastic or absent right vertebral artery, a vertebral artery terminating in a posterior inferior cerebellar artery, occlusion of the internal iliac arteries, or abnormal origin of the left vertebral artery from the aortic arch. Revascularization should also be performed when there is high risk of paraplegia, as in the case of planned extensive coverage of the thoracic aorta combined or not with prior infrarenal aortic replacement. These recommendations (class IIa) arise from a review of the data of the EUROS-TAR (European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair) register⁹. The incidence of occlusion of the left subclavian artery without revascular-

■ FIGURE 5



Final illustration of the complete procedure

larization was significantly higher in those patients with spinal chord ischemia (40%) versus those without ischemia (19%). In multivariate analysis, the occlusion of the left subclavian artery was an independent predictor of spinal chord ischemia (odds ratio, 3.5).

In a recent meta-analysis, Andrási et al.¹⁰ evaluated the outcomes of 429 patients undergoing endovascular exclusion of the entire aortic arch in which complete surgical debranching of the supra-aortic vessels (type I) was additionally performed. Overall 30-day mortality was 7.7%. The incidence of cerebral ischemic events was 7.5% and correlated with short-term mortality, while the incidence of type Ia endoleak was 5.8%

and correlated with mid-term mortality. The incidence of retrograde type A aortic dissection was low, whereas aneurysm growth despite treatment was 2.6% and also correlated with mid-term mortality.

In conclusion, type I hybrid arch debranching without cardiopulmonary bypass can be a valid approach for patients at high risk for conventional surgery.

Referencias bibliográficas | References

1. Shirakawa Y, Kuratani T, Shimamura K, Torikai K, Sakamoto T, Shijo T, et al. The efficacy and short-term results of hybrid thoracic endovascular repair into the ascending aorta for aortic arch pathologies. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014; 45:298-304; discussion 304. doi: 10.1093/ejcts/ezt391.
2. Andersen ND, Williams JB, Hanna JM, Shah AA, McCann RL, Hughes GC. Results with an algorithmic approach to hybrid repair of the aortic arch. *J Vasc Surg.* 2013; 57: 655-67; discussion 666-7. doi: 10.1016/j.jvs.2012.09.039.
3. Hughes GC. Classic hybrid arch debranching (type I hybrid arch repair) without circulatory arrest. *Ann Cardiothorac Surg.* 2018; 7:443-450. doi: 10.21037/acs.2018.05.06.
4. But J, Penn O, Tielbeek A, Mersman M. Combined approach to stent-graft treatment of an aortic arch aneurysm. *J Endovasc Surg.* 1998; 5:329-32.
5. Wang M, Chang G, Yin H, Yao C, Wang J, Wang S. Outcomes of endovascular repairing aortic arch disease hybrid with supra-arch debranching procedures. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2015; 53:826-30.
6. He X, Liu W, Li Z, Liu X, Wang T, Ding C, et al. Hybrid Approach to Management of Complex Aortic Arch Pathologies: A Single-Center Experience in China. *Ann Vasc Surg.* 2016; 31:23-9. doi: 10.1016/j.avsg.2015.09.019.
7. Martin G, Riga C, Gibbs R, Jenkins M, Hamady M, Bicknell C. Short- and Long-term Results of Hybrid Arch and Proximal Descending Thoracic Aortic Repair: A Benchmark for New Technologies. *J Endovasc Ther.* 2016; 23:783-90. doi: 10.1177/1526602816655446.
8. Riambau V, Böckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, et al. 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. doi: 10.1016/j.ejvs.2016.06.005.
9. But J, Harris PL, Hobo R, van Eps R, Cuypers P, Duijm L, et al. Neurologic complications associated with endovascular repair of thoracic aortic pathology: incidence and risk factors. A study from the European Collaborators on Stent/Graft Techniques for AorticAneurysm Repair (EUROSTAR) registry. *J Vasc Surg.* 2007; 46:1103-10.
10. Andrási TB, Grossmann M, Zenker D, Danner BC, Schöndube FA. Supra-aortic interventions for endovascular exclusion of the entire aortic arch. *J Vasc Surg.* 2017; 66: 281-297.e2. doi: 10.1016/j.jvs.2017.04.024.