

# Reparación mediante implantación de *stents* en enfermedades agudas y crónicas de la aorta torácica

Stephan Kische, Ibrahim Akin, Hüseyin Ince, Tim C. Rehders, Henrik Schneider, Jasmin Ortak y Christoph A. Nienaber

Division of Cardiology. University Hospital Rostock. Rostock School of Medicine. Rostock. Alemania.

Los endoinjertos en la aorta torácica han mostrado unos resultados alentadores a medio plazo y esta técnica está ganando aceptación como opción de tratamiento para la enfermedad aneurismática crónica. La creciente adopción de estrategias endovasculares en el tratamiento de las afecciones agudas de la aorta torácica es aún más atractiva, teniendo en cuenta los aleccionadores resultados de la reparación abierta. Aunque se acepta que los pacientes de alto riesgo quirúrgico se pueden beneficiar con el empleo de estrategias intravasculares, no se ha definido aún el papel exacto de las intervenciones de implantación de *stents*, por cuanto la comunidad médica está a la espera de disponer de datos sólidos a largo plazo y de mejores dispositivos. Aunque en algunas indicaciones y situaciones clínicas, como la disección aguda tipo B con síndrome de mala perfusión o la rotura aórtica inminente, se ha demostrado el efecto favorable del tratamiento con implantación de *stents*, en otras situaciones clínicas la cuestión no está tan claramente establecida. En este artículo se analizan las indicaciones ya establecidas y las que están surgiendo en la actualidad, así como los aspectos técnicos y anatómicos de esta fascinante opción terapéutica.

**Palabras clave:** *Terapias endovasculares. Stent-graft. Síndrome aórtico agudo. Disección aórtica. Aneurisma aórtico.*

## Stent-Graft Repair in Acute and Chronic Diseases of the Thoracic Aorta

Thoracic aortic endografting has demonstrated encouraging mid-term results and attracts growing acceptance as a valuable treatment option for chronic aneurysmal disease. The emerging role of endovascular strategies for management of acute thoracic aortic pathologies is even more exciting considering the sobering results of open repair. Although it is accepted that patients at high risk for open surgery will benefit from endovascular strategies, the exact role of stent-graft interventions remains to be defined as the medical community awaits solid long-term data and better devices. While some indications and scenarios such as acute type B dissection with associated malperfusion syndrome or imminent aortic rupture have shown to benefit from stent-graft treatment, other scenarios are less settled. The current paper discusses both the established and emerging indications, as well as technical and anatomical aspects of this fascinating therapeutic option.

**Key words:** *Endovascular therapy. Stent-graft. Acute aortic syndrome. Aortic dissection. Aortic aneurysms.*

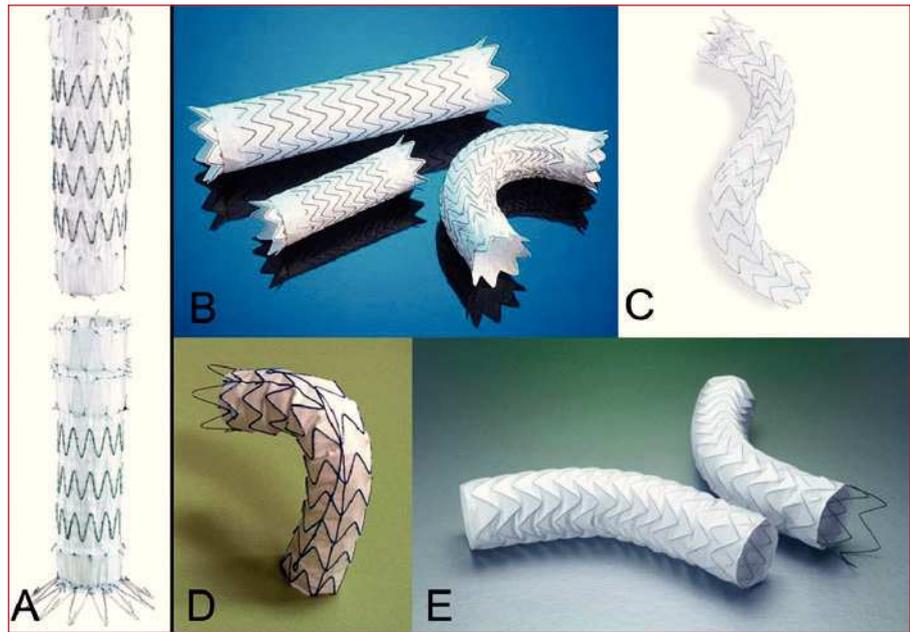
Full English text available from: [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)

## INTRODUCCIÓN

Los trastornos aneurismáticos de la aorta torácica descendente son situaciones de posible peligro para la vida, con un riesgo de rotura que depende del diámetro<sup>1</sup>. La resección quirúrgica e interposición de prótesis vasculares se ha considerado durante mucho tiempo el patrón de referencia del tratamiento, a pesar del considerable riesgo de efectos adversos y compli-

caciones relacionados con el traumatismo quirúrgico<sup>2</sup>. A pesar de los grandes avances recientes en la mejora de la técnica y el cuidado de los pacientes, la morbimortalidad operatoria continúa siendo elevada. Como resultado de los cambios demográficos en los países occidentales, la edad de la población aumenta, y ello se asocia a diversas comorbilidades que comportan un riesgo inherente y explican en parte la preocupación existente por los resultados quirúrgicos, con complicaciones perioperatorias que contribuyen a prolongar la hospitalización y a elevar los costes<sup>3</sup>. Como alternativa revolucionaria, hace una década surgió el concepto de implantación intraluminal de *stents* en pacientes con enfermedades de la aorta torácica, impulsada por el deseo de evitar los riesgos quirúrgicos mediante el em-

Correspondencia: C.A. Nienaber, MD, PhD, FACC, FESC.  
Division of Cardiology. University Hospital Rostock. Rostock School of Medicine.  
Ernst-Heydemann Strasse 6. 18057 Rostock. Alemania.  
Correo electrónico: [christoph.nienaber@med.uni-rostock.de](mailto:christoph.nienaber@med.uni-rostock.de)



**Fig. 1.** Algunos de los *stents* torácicos actualmente existentes para la reparación endoluminal. Zenith TX2 de Cook Medical (A); TAG de GORE (B); Valiant de Medtronic AVE (C); Relay Thoracic Stent-Graft de Bolton Medical (D); Endo-Fit de LeMaitre Vascular (E).

pleo de un abordaje no quirúrgico. Esta estrategia pretende inducir un remodelado reconstructivo de la aorta afectada provocando un proceso de cicatrización natural mediante la exclusión y la despresurización del saco aneurismático<sup>4-6</sup>. Aunque los estudios iniciales sobre la estrategia de implantación de *stents* intravasculares fueron alentadores en diversas enfermedades<sup>3,7-9</sup>, los datos de estudios aleatorizados son aún escasos, y la crítica de fondo no ha llegado a extinguirse nunca debido a la falta de datos de seguimiento a largo plazo.

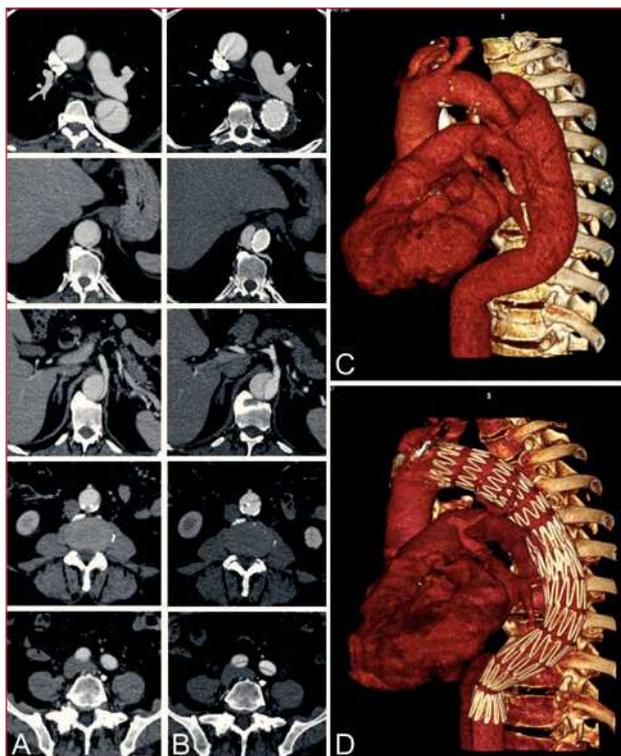
Las experiencias clínicas iniciales con la implantación de *stents* en la aorta torácica se basaron en el empleo de dispositivos artesanales que eran rígidos y requerían sistemas de aplicación grandes<sup>4</sup>. Hasta la fecha, varias compañías han obtenido la autorización para comercializar endoprótesis torácicas en Estados Unidos y Europa occidental, y es probable que otros dispositivos sigan el mismo camino y se introduzcan en el mercado<sup>10-13</sup>. Aunque cada dispositivo tiene unas características únicas, todos ellos utilizan el mismo diseño estructural básico (fig. 1). En general, las endoprótesis están formadas por un *stent* (de nitinol o acero inoxidable) recubierto de un tejido (poliéster o politetrafluoroetileno [PTFE]), con diferentes diseños para facilitar la fijación endoluminal (resortes o púas, con o sin recubrimiento). La selección de los pacientes en función de una anatomía y una afección favorables para el tipo específico de dispositivo intravascular es clave para el éxito de la intervención. No todos los pacientes presentan lesiones que puedan tratarse con una reparación intravascular, y la implantación de *stents* en la aorta torácica es técnicamente difícil y requiere centros dedicados a ello con especialistas experimentados. Por otra parte, no se han resuelto plenamente algunos

de los inconvenientes de los dispositivos intravasculares, como el colapso, la migración o la implantación imprecisa del dispositivo<sup>14</sup>. En este artículo se revisan las indicaciones actuales y los avances en el campo de la reparación intravascular de la aorta torácica.

## RECONSTRUCCIÓN INTRAVASCULAR DE LA DISECCIÓN DE LA AORTA TORÁCICA

### La implantación de *stents* como opción emergente en la disección de tipo B

La estrategia de tratamiento óptima para los pacientes con disección de aorta limitada a la aorta descendente (tipo B de Stanford) continúa siendo objeto de debate<sup>15</sup>. A pesar de los continuos esfuerzos por mejorar sus resultados, la resección quirúrgica todavía conlleva una mortalidad operatoria de hasta el 27% de los casos electivos y > 50% de las disecciones complicadas tratadas de urgencia<sup>16</sup>. Teniendo en cuenta estas malas perspectivas con la cirugía abierta, hay consenso respecto a que los pacientes con disección aórtica tipo B deben recibir fundamentalmente tratamiento médico, con control estricto de la presión arterial, y se reserva la cirugía intravascular para el caso de que se produzcan complicaciones (p. ej., dolor recurrente, expansión progresiva de la falsa luz, mala perfusión o rotura inminente)<sup>17</sup>. En una serie recientemente publicada de 384 pacientes con disección aórtica aguda tipo B del International Registry of Aortic Dissection (IRAD), el 73% de los pacientes recibieron tratamiento médico, con una mortalidad hospitalaria del 10%<sup>18</sup>. Sin embargo, incluso cuando no hubo complicaciones en la fase aguda, el pronóstico a largo plazo de la di-



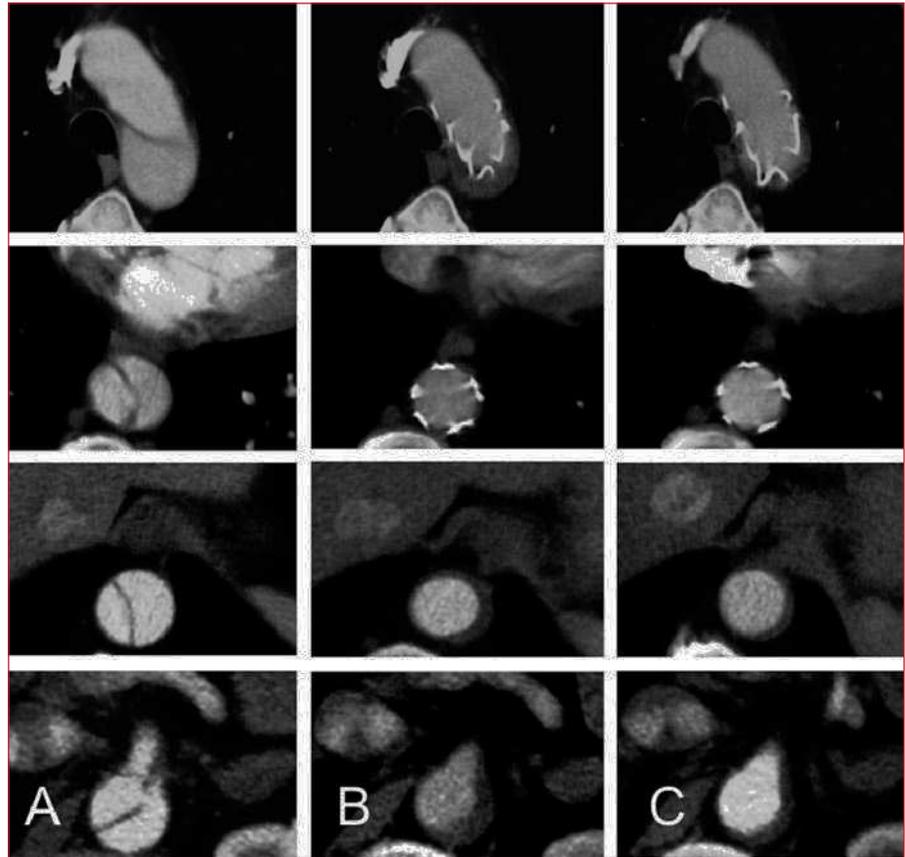
**Fig. 2.** Tratamiento intravascular de la disección aórtica de tipo B que se asocia a una mala perfusión periférica (A). La combinación de imágenes ilustra el concepto de *petticoat* como extensión distal adyuvante con un *stent* sin recubrimiento tras el despliegue de un *stent* torácico proximal. Es de destacar que la oclusión del desgarró de entrada proximal fue seguida de una trombosis de la falsa luz torácica (C y D). La extensión del armazón metálico impide el colapso de la luz verdadera y asegura una circulación distal normalizada (B).

sección de tipo B fue preocupante, con una tasa de mortalidad a los 3 años de un 20-40% a pesar de tratamiento médico-quirúrgico óptimo<sup>19</sup>.

En 1999 se presentó el concepto de la implantación de *stents* intravasculares como opción de tratamiento novedosa, impulsada por la idea de sellar el desgarró de entrada proximal, remodelar la aorta y evitar el riesgo de la cirugía abierta<sup>20,21</sup>. Este concepto se basó inicialmente en la observación clínica de que los pacientes que presentaban una trombosis espontánea de la falsa luz tenían un mejor pronóstico a largo plazo<sup>22</sup>. En cambio, se ha identificado que la perfusión de la falsa luz es un factor independientemente predictivo de dilatación progresiva de la aorta y evolución adversa a largo plazo<sup>23</sup>. Tanto los resultados de los estudios realizados de manera independiente en varios centros como los de los registros multinacionales han corroborado la factibilidad técnica y la seguridad clínica de la reconstrucción intraluminal de la aorta torácica en la disección de tipo B, aunque los datos finales de los ensayos aleatorizados todavía no se han publicado<sup>7-9</sup>.

## Mecánica de la reparación intravascular en la disección aórtica

La evolución natural de la disección aórtica se caracteriza por una expansión continuada de la falsa luz, que comporta un riesgo de rotura tardía<sup>24</sup>. El método más eficaz para la exclusión de la falsa luz en la disección de tipo B consiste en sellar los desgarró de entrada proximales mediante la implantación de un *stent* apropiado a las características individuales<sup>20,21</sup>. La despresurización y la reducción del tamaño de la falsa luz es el efecto beneficioso más importante que se obtiene, idealmente seguido de una trombosis completa de la falsa luz y un remodelado de toda la aorta afectada por la disección<sup>25,26</sup>. En situaciones clínicas en las que se produce un colapso dinámico real de la luz, puede corregirse también el síndrome de mala perfusión con una sola endoprótesis torácica<sup>27-29</sup>. En pacientes seleccionados, la extensión de un *stent* sin recubrimiento distal (concepto *petticoat*) podría potenciar el proceso de remodelado al permitir el crecimiento de la luz verdadera y restablecer un flujo sanguíneo distal (fig. 2)<sup>30</sup>. De manera similar a las indicaciones anteriormente aceptadas para la intervención quirúrgica, situaciones como el dolor incontrolable, la expansión rápida de la falsa luz, un diámetro > 55 mm y los signos de rotura inminente o mala perfusión distal se consideran actualmente indicaciones aceptadas para la implantación de *stents* en la disección aórtica tipo B<sup>31-34</sup>. Los datos preliminares indican que la reparación endovascular es mejor que la cirugía abierta en casos complicados de disección tipo B en cuanto a la morbilidad hospitalaria y la mortalidad inicial<sup>35,36</sup>. En general, la paraplejía parece ser muy poco frecuente (0,8%), aunque es sabido que esta complicación se asocia a una amplia cobertura de la aorta (más de 20 cm) y al uso de múltiples *stents*<sup>7-9</sup>. Los resultados del seguimiento a corto plazo son excelentes, con una tasa de supervivencia a 1 año > 90%; los desgarró pueden readaptarse y los diámetros aórticos disminuyen generalmente con la trombosis completa de la falsa luz. Esto indica que la implantación de *stents* puede facilitar la cicatrización de la disección, a veces en toda la aorta, incluidos segmentos abdominales (fig. 3). Sin embargo, se han observado endofugas primarias y reperfusiones tardías de la falsa luz de manera ocasional, lo cual subraya la necesidad de un seguimiento estricto con las exploraciones de imagen adecuadas y con la implantación de nuevos *stents* en pacientes seleccionados<sup>37-39</sup>. Para aclarar el papel de la reparación endovascular profiláctica, se espera con gran interés los resultados finales del ensayo aleatorizado INSTEAD, en el que se comparan los resultados del tratamiento de la disección de tipo B no complicada utilizando la implantación de un *stent* Talent más el mejor tratamiento médico con los de sólo el mejor tratamiento médico<sup>40</sup>. El análisis provisional de este estudio no ha mostrado un efecto beneficioso

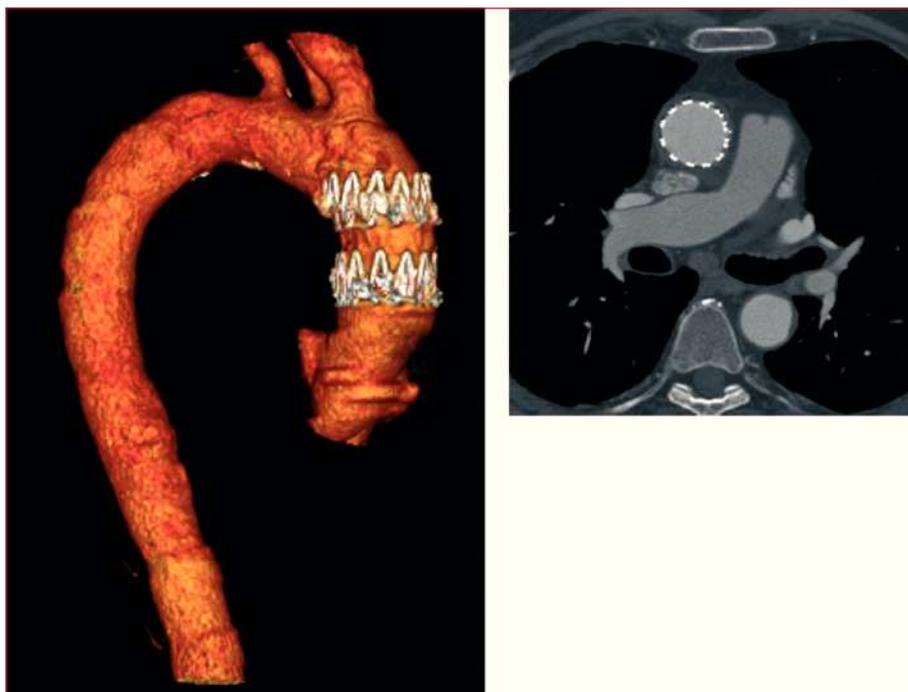


**Fig. 3.** Remodelado aórtico inducido por la implantación del *stent* en la disección aguda de tipo B. Obsérvense las comunicaciones entre la luz verdadera y la falsa a la altura torácica y abdominal (A). Tras la implantación del *stent* a través de la entrada torácica proximal, se reconstruye toda la aorta, incluido el segmento abdominal (B). Con el tiempo, se produce una «cicatrización» de la pared aórtica diseccionada mediante la reducción progresiva de la falsa luz trombosada (C).

del tratamiento con implantación de *stent* en cuanto a la supervivencia en el plazo de 1 año. El tratamiento con implantación de *stent* en la disección de tipo B crónica parece diferir del de la afección aguda, dadas la mayor rigidez de las láminas de disección y la continua expansión de la falsa luz. El despliegue de la endoprótesis en la disección crónica no se centra necesariamente en la expansión de la luz verdadera, sino que tiene como objetivo despresurizar la falsa luz mediante el fomento de una trombosis progresiva. Este proceso de remodelado se ve complicado a menudo por la rigidez de las láminas de disección, como se refleja en la mayor cantidad de fallos de la intervención en la disección crónica<sup>7</sup>. Además, dada la importancia de la selección de los casos por tratar, es preciso tener en cuenta algunas comorbilidades, como los trastornos del tejido conjuntivo y el estado general de salud. Por ejemplo, en los pacientes con síndrome de Marfan, las estrategias intravasculares sólo se justificarían como tratamiento puente para permitir la posterior reparación quirúrgica definitiva, pero no han influido en los resultados clínicos inmediatos<sup>41,42</sup>. Por otra parte, se ha demostrado que el estado de salud general previo al tratamiento intravascular influye en la evolución clínica observada tras la intervención<sup>43</sup>.

### Abordaje intravascular de la aorta proximal

A dos terceras partes de los pacientes hospitalizados por una disección aórtica se les diagnostica una disección tipo A de Stanford, caracterizada por una entrada en la aorta ascendente. La afección distal se observa con frecuencia, con una propagación de la lámina de disección hacia el cayado aórtico y la aorta descendente en más del 70% de los casos. La disección aguda tipo A constituye una emergencia médica y requiere una sustitución quirúrgica rápida de la aorta ascendente; tan sólo en casos seleccionados puede ser una opción el empleo exclusivo de un abordaje intravascular de la aorta proximal (fig. 4). Según el registro IRAD, el 92% de los pacientes son aptos para una sustitución de la aorta ascendente; de ellos, el 23% necesitó también una sustitución parcial y el 12%, la sustitución total del cayado aórtico. En total, el 91% de los pacientes fueron tratados con una reparación mediante *bypass* cardiopulmonar con parada circulatoria en hipotermia, mientras que en el 52% se utilizó perfusión cerebral anterógrada. Además de una mortalidad hospitalaria del 25% de los pacientes tratados quirúrgicamente, hasta en un 75% de los casos persiste una falsa luz permeable en el cayado aórtico, lo que obliga a



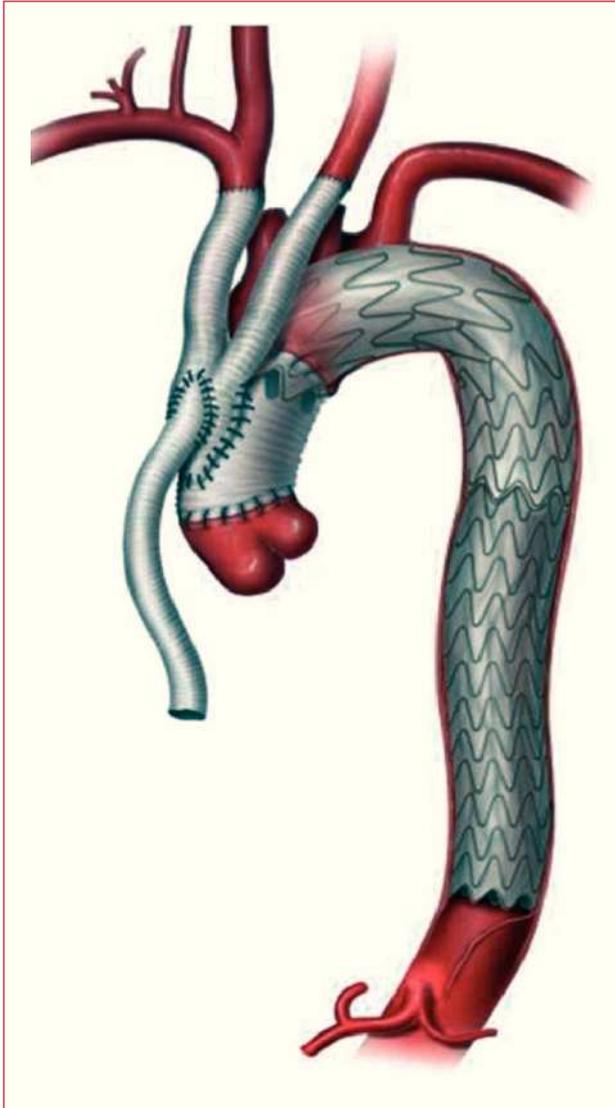
**Fig. 4.** Exclusión no quirúrgica de un desgarro localizado en la aorta descendente. Se introdujo retrógradamente una endoprótesis individualizada corta, desde la arteria femoral, para cubrir la entrada de la lesión.

practicar reintervenciones distales en alrededor de una cuarta parte de los pacientes supervivientes<sup>44</sup>. A la vista de estas perspectivas pesimistas, el tratamiento de la disección tipo A debe reconsiderarse, especialmente teniendo en cuenta la tecnología intravascular emergente. Un posible enfoque sería una intervención híbrida en etapas, con sustitución inicial de la aorta ascendente y empleo simultáneo de un *bypass* de aorta-tronco innominado, sin necesidad de parada circulatoria en hipotermia, seguido en una etapa posterior de *bypass* de la carótida izquierda y endoprótesis transfemoral para la exclusión de la falsa luz distal profundizada<sup>45</sup>. El objetivo de este planteamiento es evitar la cirugía en el cayado aórtico y sus problemas inherentes y completar en su lugar la reparación con una endoprótesis retrógrada. Este enfoque intravascular híbrido no sólo reduce al mínimo el riesgo de cada paso quirúrgico, sino que también permite una evaluación cuidadosa de la falsa luz distal antes de la implantación del *stent*. En este contexto, incluso es posible aplicar técnicas de una sola etapa, combinando la colocación de un injerto de tubo en la aorta ascendente con una transposición simultánea de grandes vasos mediante cirugía abierta y un despliegue anterógrado de una prótesis intraluminal a través del cayado aórtico y la aorta descendente (fig. 5)<sup>46</sup>. Este método, técnicamente exigente y laborioso, requiere la pericia de cirujanos cardíacos y cirujanos vasculares y de una adecuada fluoroscopia intraoperatoria, pero carece de la precisión de una intervención en etapas<sup>47</sup>. Además, hay cierta resistencia a utilizar la implantación de una prótesis intraluminal en una sola etapa en la disección

aguda de tipo A, pues los médicos son conscientes de que el tejido frágil o la lámina de disección friable pueden dañarse o perforarse fácilmente durante la implantación anterógrada de un *stent* intravascular en ausencia de flujo. En la actualidad no existen endoprótesis diseñadas específicamente para su uso en la aorta ascendente ni para la corrección de las disecciones. Sin duda, la técnica de implantación de *stents* individualizados abordará estos retos en un futuro próximo. No obstante, el concepto de reparación híbrida en un solo paso con implantación anterógrada de *stents* podría pasar a formar parte del arsenal terapéutico disponible para las disecciones tipo A complejas con peligro para la vida o mala perfusión distal, mientras que la reparación por etapas con aplicación retrógrada del *stent* parece una mejor opción en situaciones estables (fig. 6).

### TRATAMIENTO INTRALUMINAL DE LOS ANEURISMAS DE LA AORTA TORÁCICA DESCENDENTE

Los aneurismas degenerativos pueden afectar a uno o varios segmentos de la aorta torácica y se clasifican en función de los segmentos afectados. El 60% de los aneurismas de la aorta torácica afectan a la aorta ascendente, el 40% están limitados exclusivamente a la aorta descendente y otro 10% afecta al cayado aórtico o se extiende a los segmentos abdominales. La etiología, la evolución natural y las opciones de tratamiento difieren para cada uno de estos segmentos<sup>48</sup>. Estudios observacionales han puesto de manifiesto una expan-



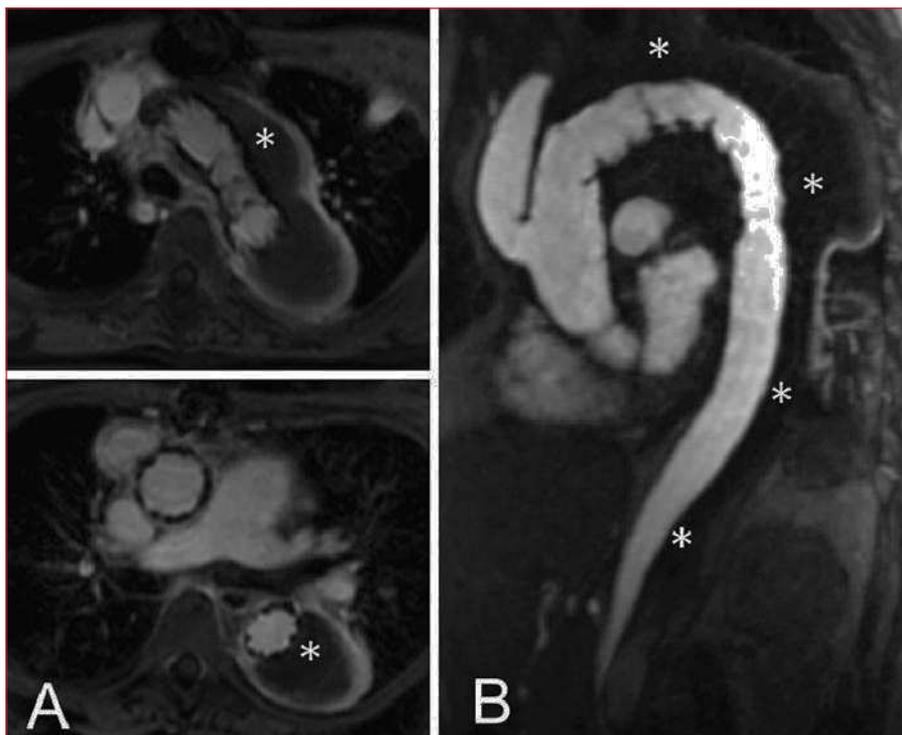
**Fig. 5.** Ilustración de la reparación en una sola etapa en la disección aguda de tipo A, combinando una intervención abierta para la colocación de un injerto de tubo ascendente con una transposición simultánea de los grandes vasos y un despliegue anterógrado de una prótesis intraluminar a través del cayado aórtico y la aorta torácica descendente.

sión media de 0,1 cm a 1 año, pero la rapidez de crecimiento fue mayor en los aneurismas que afectan a la aorta descendente en vez de a la ascendente y se aceleró en los pacientes con síndrome de Marfan. En los aneurismas de más de 6 cm de diámetro, el riesgo individual parece aumentar hasta una tasa anual de rotura del 7%<sup>49</sup>. En esta situación, la exclusión mediante implantación de *stents* intravasculares proporciona una alternativa terapéutica prometedora, con la ventaja de ser una técnica no quirúrgica que puede reducir la morbimortalidad postoperatoria (fig. 7)<sup>4,50-52</sup>. Registros multicéntricos europeos han descrito recientemente un éxito técnico primario en un 80-90% de los casos de

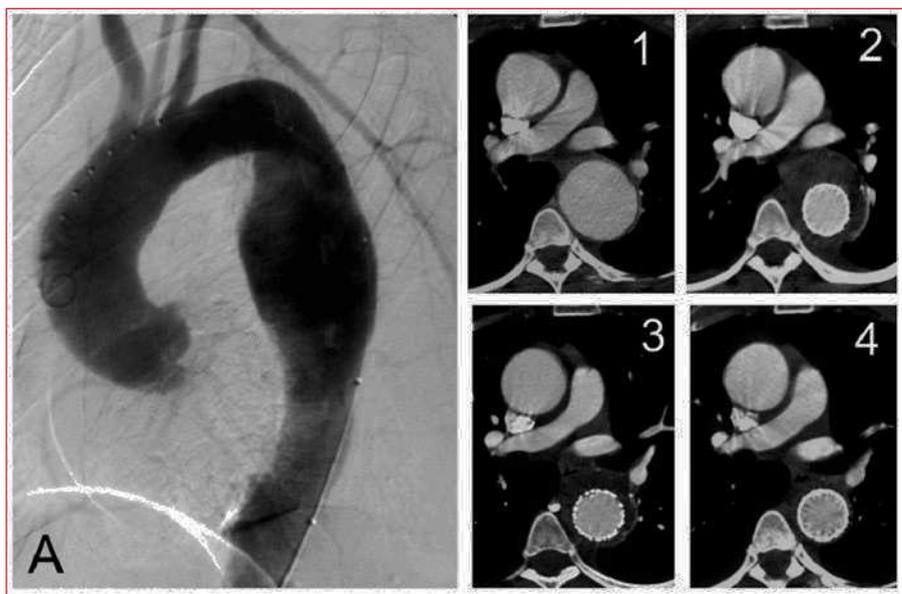
aneurismas de la aorta descendente tratados intraluminarmente<sup>8,9</sup>. Hasta en el 8% de los casos se produjeron complicaciones neurológicas mayores relacionadas con la intervención (como ictus e isquemia de la médula espinal). Sin embargo, en comparación con la reparación quirúrgica abierta estándar, el tratamiento intravascular parece reducir la mortalidad perioperatoria a la mitad, con una supervivencia a largo plazo similar y unas tasas casi idénticas de reintervenciones y complicaciones isquémicas de la médula espinal<sup>53,54</sup>. Los pacientes que se considere aptos para la implantación de un *stent* deben tener un segmento proximal y distal de aorta relativamente normal para conseguir un sellado satisfactorio tras la fijación de la prótesis. A estas zonas de anclaje se las denomina a menudo «zonas de aterrizaje» o «cuello aórtico», y lo ideal es que incluyan más de 20 mm de aorta sin placas de ateroma parietal ni trombos. La estrecha proximidad de los vasos del cayado aórtico puede complicar la colocación de las endoprótesis en algunos aneurismas de aorta torácica y obligar a utilizar una cobertura intencionada de la arteria subclavia izquierda o incluso una operación profiláctica de *bypass* en casos seleccionados<sup>55,56</sup>. En la actualidad, lo más adecuado es reservar el tratamiento intravascular a los pacientes con una anatomía adecuada o que no son candidatos adecuados para una intervención quirúrgica abierta<sup>57</sup>. Antes de que estos dispositivos puedan utilizarse habitualmente para cualquier aneurisma aórtico, serán necesarios perfeccionamientos técnicos y la miniaturización de los dispositivos.

### OPCIONES INTRAVASCULARES PARA LOS HEMATOMAS INTRAMURALES

Se diagnostica hematoma intramural (HIM) a aproximadamente un 5% de los pacientes que ingresan en el hospital por sospecha de disección aórtica aguda<sup>58-60</sup>. El HIM se caracteriza por la formación de un hematoma entre las capas de la media de la pared aórtica sin desgarro de la íntima, probablemente como consecuencia de la rotura espontánea de los vasa vasorum aórticos con propagación de la hemorragia subintimal<sup>61,62</sup>. En comparación con la disección de aorta clásica, el HIM se observa con mayor frecuencia en los segmentos descendentes que en los ascendentes, y se da predominantemente en pacientes ancianos<sup>63</sup>. La mala perfusión y las deficiencias del pulso son muy poco frecuentes, aunque en un 16-36% de los casos se produce una progresión a disección aórtica manifiesta. Recientemente, estudios observacionales han puesto de relieve que un diámetro aórtico normal en la fase aguda es el mejor factor predictivo de la supervivencia, con una regresión a la morfología normal en un tercio de los pacientes<sup>64,65</sup>. En un estudio prospectivo de 68 pacientes con HIM consecutivos (12 de tipo A y 56 de tipo B), el diámetro máximo > 50 mm y la afec-



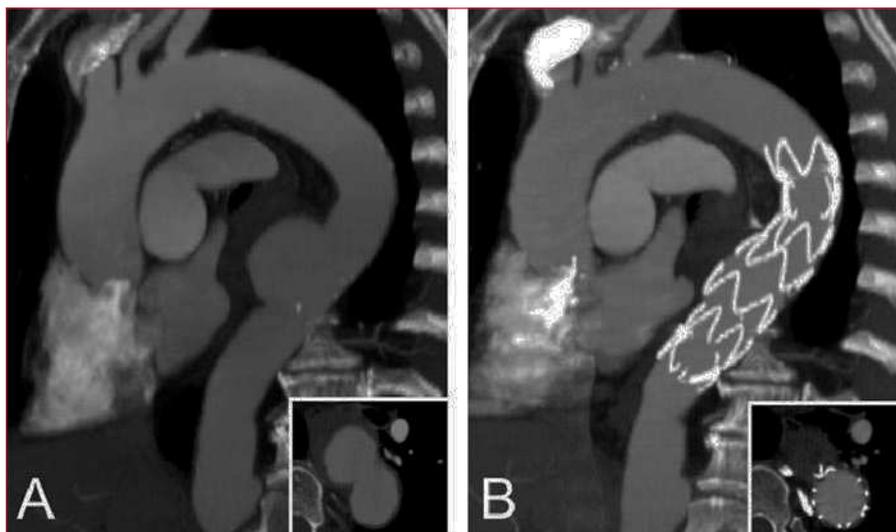
**Fig. 6.** Abordaje híbrido en etapas para la disección de tipo A, con una intervención abierta inicial para la colocación de un injerto de tubo ascendente y la desramificación simultánea del vaso craneal. En una segunda etapa, se excluyó la falsa luz distal mediante el despliegue de un *stent* por vía transfemoral a través del cayado aórtico.



**Fig. 7.** Angiografía preoperatoria en un varón de 52 años con un aneurisma de la aorta torácica descendente (A). Imágenes de tomografía computarizada tras la exclusión con éxito del aneurisma mediante el *stent*, que muestran una reducción continua de la masa de trombo periprotésico (1-4).

ción de la aorta ascendente fueron factores predictivos de la mortalidad temprana<sup>66</sup>. De manera similar a lo que ocurre en la disección aórtica clásica, la reparación quirúrgica inmediata con un injerto debe ser el tratamiento estándar del HIM en la aorta ascendente. En cambio, en pacientes asintomáticos con afección de la aorta descendente, puede optarse por una vigilancia estricta mientras se aplica tratamiento médico<sup>67</sup> y se reserva la intervención intravascular a los pacientes en

que se desarrollan complicaciones como dolor persistente, úlcera aterosclerótica penetrante, signos de rotura inminente o aumento del diámetro aórtico<sup>17</sup>. Las estrategias no quirúrgicas, como la colocación intravascular de *stents* para cubrir el hematoma intramural, se han asociado recientemente a una mortalidad a 30 días que oscila entre 0 y el 16%, por lo que se puede comparar favorablemente con la reparación quirúrgica abierta. Como tal, el HIM de la aorta descen-



**Fig. 8.** Úlcera aórtica penetrante diagnosticada en un varón anciano que presentaba dolor torácico agudo (A). Se consideró que el paciente tenía elevado riesgo de rotura. La aplicación urgente de un *stent* torácico permitió un sellado completo de esta laceración aórtica limitada (B).

dente no es de por sí razón para utilizar una implantación de *stent*, pero en caso de complicaciones progresivas originadas en el HIM puede considerarse el uso de estrategias intravasculares que van desde el cierre de la puerta de entrada en la disección a la exclusión de un aneurisma local o una úlcera penetrante.

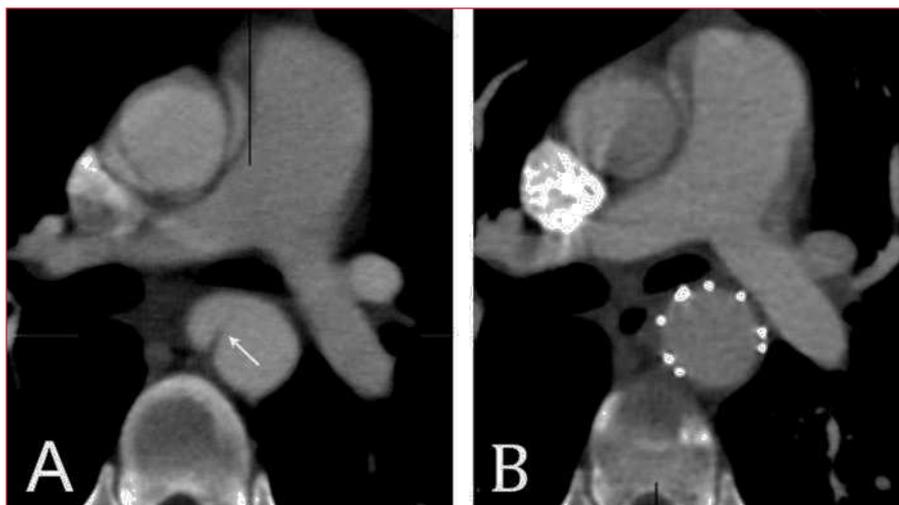
### TRATAMIENTO CON ENDOPRÓTESIS PARA LA ÚLCERA PENETRANTE O SEUDOANEURISMAS

La denominación «úlcera aterosclerótica penetrante» (UAP) describe un trastorno en el que una ulceración de una placa aterosclerótica penetra en la lámina elástica interna y permite la formación de un hematoma en el interior de la media de la pared aórtica<sup>68,69</sup>. La máxima frecuencia de las UAP se da en la aorta torácica descendente y en pacientes ancianos con antecedentes de hipertensión, tabaquismo y otras enfermedades ateroscleróticas, como un aneurisma preexistente de la aorta abdominal o torácica. En un cuarto de los casos, las úlceras ateroscleróticas pueden atravesar la media y formar un pseudoaneurisma aórtico sacular o, con menor frecuencia, pueden perforar la adventicia y causar una rotura aórtica transmural<sup>40-43</sup>. Esta entidad se asocia a un grado variable de hematoma intramural localizado, pero puede extenderse a una disección aórtica clásica en casos muy poco frecuentes<sup>70,71</sup>. Por el momento no se ha establecido una estrategia definitiva para el tratamiento de las UAP. Sin embargo, está claro que en los pacientes inestables con signos de una rotura contenida debe optarse por una reparación urgente. El dolor continuo o recurrente, la embolización distal y la dilatación progresiva también son indicaciones para la cirugía. Sin embargo, continúa sin estar claro si los pacientes estables con UAP deben ser in-

tervenidos quirúrgicamente o deben recibir tratamiento médico<sup>72</sup>. Hay un optimismo creciente respecto a la posibilidad de que la implantación transluminal de *stents* llegue a ser una alternativa a la cirugía abierta, puesto que la afección aórtica limitada constituye una situación idónea para la reparación intravascular (fig. 8). Numerosas presentaciones de casos y pequeñas series de pacientes confirman la seguridad a corto plazo de la implantación de *stents* en los pacientes sintomáticos<sup>73,74</sup>. No obstante, la eficacia a largo plazo de esta estrategia requerirá un estudio cuidadoso de la reparación intravascular para determinar los criterios adecuados para la selección de los pacientes y las modalidades de tratamiento.

### REPARACIÓN DE LA TRANSECCIÓN AÓRTICA TRAUMÁTICA MEDIANTE IMPLANTACIÓN DE STENT

La rotura traumática de la aorta frecuentemente se produce como consecuencia de fuerzas de desaceleración rápidas, como las de una colisión de coche o motocicleta, la caída desde una altura o las lesiones producidas por explosiones. Es la causa de hasta un 20% de las muertes en accidentes de tráfico, con unas tasas de mortalidad prehospitalaria entre el 80 y el 90%<sup>75-77</sup>. La zona de la aorta sujeta a una mayor tensión es el istmo, la unión de la aorta torácica relativamente móvil con el cayado fijo, en la zona del ligamento arterioso. En las series clínicas y anatomopatológicas publicadas, se ha observado que la rotura aórtica se produce en esa zona en el 90% de los casos<sup>75,78,79</sup>. La lesión puede limitarse a la íntima o puede afectar a todas las capas de la aorta formando una laceración de la media, un falso aneurisma y una hemorragia periaórtica<sup>78</sup>. En la inmensa mayoría de los pacientes que sobrevivieron



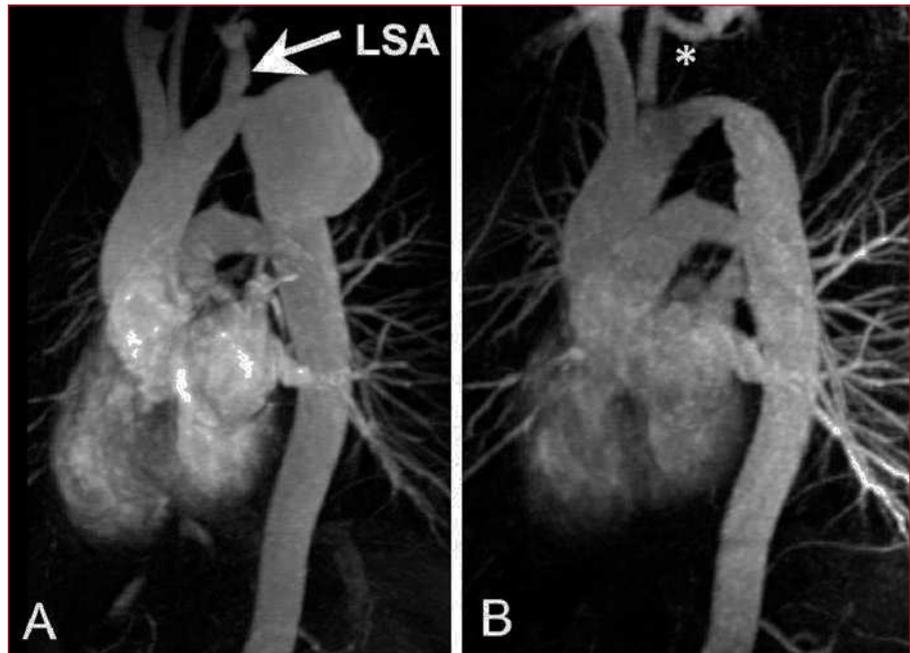
**Fig. 9.** Desgarro aórtico traumático (flecha) diagnosticado en un varón joven tras una colisión de motocicleta (A). A este paciente hemodinámicamente estable se lo consideró apto para una reparación intravascular más tardía, 3 semanas después del impacto traumático inicial. Obsérvese la fijación completa de la lesión de la íntima tras la colocación del *stent* (B).

al impacto traumático inicial, la afeción de la íntima y la media produjo una dilatación en forma de saco localizado hacia el exterior en la pared aórtica afectada. Según datos de la literatura médica actual, a pesar de los avances realizados en las técnicas quirúrgicas, la mortalidad de la reparación abierta realizada en situación de emergencia supera el 15%, en función de la gravedad de las lesiones traumáticas asociadas, el shock preoperatorio y el uso de asistencia circulatoria<sup>77,80,81</sup>. Se ha alcanzado una reducción significativa de la mortalidad quirúrgica retrasando deliberadamente la reparación abierta en los pacientes hemodinámicamente estables<sup>82-84</sup>. Aunque este enfoque de retardo está justificado por datos objetivos, es preciso tener en cuenta que hasta un 4% de los pacientes que están a la espera de tratamiento quirúrgico fallecen a causa de una rotura aórtica en el plazo de 1 semana tras la lesión traumática<sup>85</sup>. Con la aparición de la tecnología de la implantación de *stents*, este enfoque terapéutico menos traumático está motivando un creciente interés, puesto que no requiere toracotomía, pinzamiento de la aorta ni *bypass* cardiopulmonar<sup>86-88</sup>. Según confirman las exploraciones de imagen seriadas, se puede alcanzar el restablecimiento de la integridad de la pared aórtica en casi todos los pacientes tratados por vía intraluminal, lo cual hace que la intervención de implantación de *stents* sea un método de primera línea aceptado para el tratamiento de las lesiones traumáticas de la aorta (fig. 9). Recientemente, un metaanálisis comparativo ha revisado los resultados obtenidos en 699 pacientes remitidos a reparación intravascular o abierta tras una sección traumática de la aorta. Con un porcentaje de éxitos técnicos que no difería del de la reparación abierta (el 96,5 frente al 98,5%;  $p = 0,58$ ), el tratamiento intravascular se asoció a menor mortalidad perioperatoria (el 7,6 frente al 15,2%;  $p = 0,0076$ ) y

comportó una incidencia excepcionalmente baja de paraplejía (0 frente al 5,6%;  $p < 0,0001$ ) e ictus (el 0,85% frente al 5,3%;  $p = 0,0028$ )<sup>89</sup>. Dado que la mayor parte de las lesiones se producen en el istmo aórtico, la colocación de un dispositivo rígido, y a veces de un tamaño excesivo en una zona angulada de la aorta, ha motivado cierta preocupación por la posibilidad de lesiones iatrogénicas y de una posible falta de durabilidad a largo plazo en los pacientes de menor edad. Sin embargo, la tecnología se está perfeccionando y ofrece nuevos dispositivos más flexibles y de menor tamaño. En la actualidad, existen *stents* torácicos estándar que permiten una aplicación efectiva en una situación de emergencia para evitar el desangramiento por rotura traumática de la aorta<sup>80,90-93</sup>.

### TRATAMIENTO INTRAVASCULAR DE FÍSTULAS AORTOBRONQUIALES Y AORTOESOFÁGICAS

Las fístulas aortobronquiales (FAB) pueden asociarse a diversos trastornos de la aorta torácica descendente, como aneurismas degenerativos y disecantes, pseudoaneurismas paraanastomóticos secundarios a una reparación quirúrgica abierta previa, erosión de la pared aórtica por un *stent* o aneurismas micóticos<sup>94-96</sup>. La intervención urgente para este trastorno, que comporta un peligro para la vida, suele requerir resección e interposición de un injerto, pero a costa de un alto riesgo de muerte y parálisis, en especial en pacientes hemodinámicamente inestables. Incluso en la actualidad, la mortalidad operatoria de la reparación abierta tradicional de la FAB con el empleo de la técnica de pinzamiento y sutura se eleva al 20%<sup>97</sup>. Desde 1996 ha aumentado el empleo de *stents* aórticos para el tratamiento de la FAB en pacientes en que el riesgo de una reparación



**Fig. 10.** Paciente que presentó un gran pseudoaneurisma 29 años después de la corrección quirúrgica de una coartación de aorta (A). Se excluyó el defecto aneurismático mediante una endoprótesis flexible de tercera generación, tras una transposición previa de la arteria subclavia izquierda (LSA). El istmo aórtico estenosado se dejó sin tratar, puesto que no se identificó un gradiente de presión significativo (B).

quirúrgica directa impide realizar esta intervención. Un metaanálisis reciente indica una mortalidad acumulada a los 30 días de tan sólo un 8,3%, y en la mayoría de los casos se registra supervivencia a 1 año<sup>98</sup>.

La fístula aortoesofágica (FAE) es otro trastorno infrecuente pero de elevada letalidad, que se da comúnmente por aneurismas de la aorta torácica, ingestión de cuerpos extraños, enfermedades malignas esofágicas y lesiones traumáticas de la aorta<sup>99</sup>. Además, la FAE secundaria es una secuela bien documentada de las reparaciones de la enfermedad aneurismática aórtica realizadas con injertos o por vía intravascular. La modalidad de tratamiento ampliamente aceptada para la FAE es la toracotomía con interposición de injerto aórtico, seguida de una reconstrucción quirúrgica del esófago<sup>100,101</sup>. Esta intervención se asocia a una elevada tasa de morbimortalidad, consecuencia del mal estado clínico de los pacientes en el momento de la operación. La colocación de un *stent* aórtico para la FAE surge como opción terapéutica menos invasiva para la reparación vascular en estos pacientes de alto riesgo<sup>102</sup>. En la actualidad, esto se ha confirmado con numerosas presentaciones de casos que ponen de manifiesto la eficacia tanto para el control de la hemorragia aórtica como para la estabilización del estado del paciente antes de aplicar otros tratamientos<sup>103-106</sup>. A pesar de los resultados prometedores a corto plazo, continúa sin estar claro que la implantación de *stents* intraaórticos en una zona que podría estar infectada pueda considerarse un tratamiento definitivo o tan sólo sirve como puente que posibilite después una cirugía aórtica en los pacientes con fístulas aortobronquiales o aortoesofágicas.

### REPARACIÓN INTRAVASCULAR PERCUTÁNEA DE ANEURISMAS TRAS LA CIRUGÍA DE LA COARTACIÓN DE AORTA

La coartación de aorta tiene relación con cardiopatías congénitas y puede causar morbilidad cerebrovascular, ictus e infarto hasta en un 5% de los pacientes, con lo que limita de manera extraordinaria la esperanza de vida si no se trata<sup>107</sup>. La cirugía abierta era el tratamiento estándar e inicialmente se consideró que la intervención quirúrgica para la coartación de aorta era eficaz y curativa<sup>108-110</sup>. Sin embargo, después se ha observado que hay problemas tardíos, como la reaparición de la coartación, la formación de aneurismas y la posible rotura, que tienden a aparecer al cabo de décadas, incluso después de una reparación satisfactoria con un injerto de parche sintético o una aortoplastia con colgajo de subclavia<sup>111,112</sup>. En la actualidad, los aneurismas que se forman después de una intervención quirúrgica previa para la coartación de aorta se pueden tratar con una reparación intraluminal, puesto que la lesión localizada se acompaña a menudo de «zonas de aterrizaje» suficientes, que aseguran una aposición perfecta del *stent* a la pared. Dado que una reintervención de cirugía abierta comporta un riesgo considerable, el enfoque intraluminal podría llegar a ser el tratamiento de elección. Actualmente existen *stents* individualizados con reducción gradual del diámetro, que distribuyen diversos fabricantes para el tratamiento de las posibles discrepancias en el diámetro del «cuello aórtico» proximal y distal en las lesiones aórticas complejas (fig. 10). Aunque en las series preliminares se ha puesto de manifiesto un potencial promete-

dor de los *stents* endovasculares para evitar la reintervención quirúrgica<sup>113-115</sup>, la durabilidad de estos dispositivos no se ha demostrado aún, puesto que todavía no hay resultados a largo plazo.

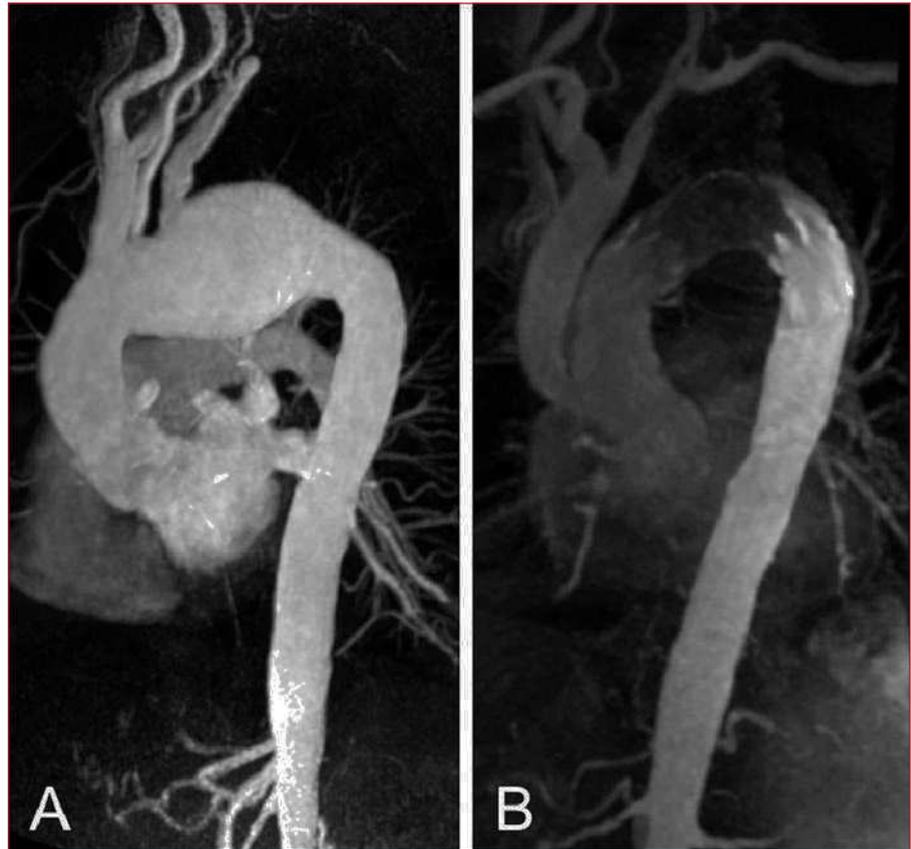
### OCLUSIÓN INTENCIONADA DE LA ARTERIA SUBCLAVIA IZQUIERDA

El éxito técnico y a largo plazo conseguido con las estrategias intravasculares depende de unas condiciones anatómicas apropiadas para la fijación óptima de la endoprótesis, con unas «zonas de aterrizaje» de una longitud  $\geq 2$  cm. Una consideración importante es la estrecha proximidad entre el origen de la arteria subclavia izquierda (ASI) y el aneurisma degenerativo o el desgarró de entrada primario. Por esta razón es preciso utilizar una cobertura completa del ostium de la ASI para expandir la aplicación de los dispositivos endovasculares a afecciones aórticas adyacentes a la ASI. En un artículo de revisión recientemente publicado, se analizó la necesidad de una posterior transposición de la ASI en pacientes tratados con la implantación de *stents* en la aorta torácica, y se observó que solamente un 4% presentó síntomas isquémicos tempranos en la extremidad superior izquierda tras la oclusión voluntaria de la ASI. Mientras que el 84% de los pacientes se mantuvieron completamente asintomáticos durante el seguimiento, solamente un 3% necesitó *bypass* electivo carotidosubclavio izquierdo debido a debilidad del brazo izquierdo<sup>55</sup>. Así pues, no nos decantamos por el empleo habitual de una transposición o un injerto de *bypass* de la ASI de manera profiláctica como ha sido recomendado por otros grupos<sup>116-118</sup>. Nuestra postura está respaldada por el hecho de que la mayoría de los pacientes con un fenómeno de robo subclavio, documentado ecográficamente, están asintomáticos<sup>119</sup>. Además, la perfusión colateral del brazo izquierdo parece ser suficiente, como se ha observado al sacrificar el flujo anterógrado de la ASI tras la cirugía de la coartación del cayado aórtico<sup>120</sup>. Por otra parte, las intervenciones de revascularización quirúrgica complementarias hacen que aumente el riesgo total de la reconstrucción aórtica intravascular y deben reservarse a pacientes con operaciones de *bypass* aortocoronario previas en las que se haya utilizado la arteria mamaria interna izquierda, pacientes con una estenosis crítica o una hipoplasia de la arteria vertebral derecha, pacientes con deterioro funcional del polígono de Willis o en presencia de una variante anatómica como una arteria subclavia aberrante (lusoria). Recomendamos un examen de valoración cuidadoso de los troncos supraaórticos antes de la intervención, con el empleo combinado de ecografía Doppler y angiografía de resonancia magnética (RM) tridimensional, para confirmar que las arterias vertebrales no son hipoplásicas, sino de tamaño normal, así como una conexión anatómica apropiada con la arteria basilar<sup>121</sup>.

Se ha descrito que la cobertura extensa de segmentos aórticos comporta un riesgo significativo de isquemia de la médula espinal<sup>122-126</sup>. Concretamente, tras la reparación de la aorta abdominal, los pacientes parecen estar en riesgo a causa de la interrupción de la irrigación sanguínea colateral de la médula espinal como consecuencia de la ligadura de arterias lumbares en la cirugía abierta previa<sup>127-129</sup>. En estos pacientes, la oclusión de la arteria subclavia izquierda (sin una revascularización previa) puede contribuir a producir un riesgo impredecible de isquemia de la médula espinal, puesto que se pone en peligro la circulación colateral proximal por la arteria espinal anterior, que es una rama de la arteria vertebral homolateral. En resumen, la evidencia basada en estudios observacionales indica que la oclusión intencionada de la ASI puede estar justificada cuando es necesaria para el anclaje proximal de un *stent* en ausencia de trastornos de los troncos supraaórticos y reparaciones aórticas previas<sup>130</sup>.

### INTERVENCIONES HÍBRIDAS PARA AFECCIONES DEL CAYADO AÓRTICO

El desarrollo de la cirugía aórtica intravascular se caracteriza por la realización de intervenciones de complejidad creciente para evitar la toracotomía amplia y la circulación extracorpórea<sup>131,132</sup>. La morfología del cayado aórtico comporta dificultades debidas a la angulación y la proximidad de las ramas supraaórticas que es necesario preservar. En la reconstrucción tradicional del cayado con cirugía abierta, se ha demostrado que el uso de parada cardiaca hipotérmica, circulación extracorpórea y perfusión cerebral selectiva facilita de manera eficaz estas operaciones de gran envergadura. Sin embargo, las operaciones de cirugía abierta para cualquier trastorno del cayado aórtico comportan un riesgo elevado de mortalidad hospitalaria (2-9%) y complicaciones neurológicas (4-13%)<sup>133-135</sup>. En consecuencia, la cirugía clásica a menudo se reserva a los pacientes de bajo riesgo. Como estrategia alternativa, las intervenciones híbridas del cayado aórtico (IHC) aportan soluciones individualizadas para cada paciente que combinan una primera etapa de técnicas de *bypass* de desramificación (para preservar la perfusión cerebral) con una segunda etapa de exclusión endovascular del cayado aórtico afectado. Las IHC se realizan generalmente sin parada circulatoria en hipotermia ni circulación extracorpórea y pueden ampliar el grupo de tratamiento a pacientes de mayor edad con comorbilidades más graves o reintervenciones, a los que actualmente no se considera aptos para una operación de cirugía abierta. Existen dos enfoques híbridos diferentes con transposición de los vasos supraaórticos extraanatómica o intratorácica. Para tratar los aneurismas del cayado distal que afectan tanto a la arteria subclavia izquierda como a la carótida común izquierda, puede realizarse una translocación superior



**Fig. 11.** Aneurisma del cayado aórtico en un varón de 67 años en que no se podía realizar una sustitución quirúrgica clásica. El abordaje híbrido incluyó una desviación de las ramas supraaórticas con implantación transfemorales en etapas de un *stent* intravascular a través del cayado aórtico. El seguimiento a los 6 meses reveló que no había deterioro de los *bypass* y una exclusión completa de la afección del cayado aórtico (B).

de estos vasos a la arteria carótida común derecha, abordada por vía cervical (desramificación de hemicaído)<sup>136,137</sup>. Para los aneurismas del cayado aórtico que se extienden hasta el tronco innominado, puede utilizarse la aorta ascendente, a través de una esternotomía, como zona donante para los *bypass* de desramificación (desramificación total del cayado) que se utilizará como «zona de aterrizaje» proximal para la endoprótesis<sup>138,139</sup> (fig. 11).

### FINALIZACIÓN INTRALUMINAL DE LA TÉCNICA DE «TROMPA DE ELEFANTE» EN LA AFECCIÓN AÓRTICA DIFUSA

Los aneurismas de la aorta torácica que afectan al cayado aórtico y la aorta descendente proximal continúan siendo un verdadero reto médico. En la actualidad, las operaciones en una sola etapa han sido ampliamente sustituidas por un enfoque en dos etapas, con colocación inicial de una «trompa de elefante» en parada circulatoria en hipotermia, seguida de una intervención en una segunda fase para la extensión quirúrgica del injerto a la aorta distal<sup>140</sup>. Recientemente se han descrito unas tasas de mortalidad de un 4-6% con esta reintervención en segunda etapa<sup>141-143</sup>. La aplicación retrógrada de *stents* intravasculares por vía femoral para completar la intervención proximal evita la

necesidad de una toracotomía y puede reducir la morbimortalidad de la población de pacientes de riesgo. En una serie recientemente publicada de 22 pacientes, Greenberg et al<sup>144</sup> pudieron demostrar que tanto la mortalidad como las complicaciones neurológicas relacionadas con la intervención intravascular fueron excepcionalmente bajas, lo cual permite llevar a cabo la finalización endovascular de las reparaciones en «trompa de elefante» de manera segura. Dada la compleja morfología aórtica, resulta útil disponer de prótesis con reducción progresiva del diámetro y sistemas de fijación activos, ya que así pueden acomodarse a unos diámetros proximal y distal diferentes y se reduce de forma similar el riesgo de migración caudal producida por las fuerzas pulsátiles. En general, el injerto en «trompa de elefante» proporciona un solapamiento suficiente para la introducción del *stent* en al menos 4 cm<sup>144</sup>. Sin embargo, la excesiva longitud y la tortuosidad del injerto en «trompa de elefante» pueden hacer que la parte intravascular de la reparación sea mucho más complicada y posiblemente tenga menos durabilidad. Evidentemente, retrasar la intervención de la segunda etapa aumenta el riesgo de rotura y, por lo tanto, debe hacerse todo lo posible por acelerar la recuperación de la primera etapa y completar la segunda con rapidez. Las mejoras en el diseño de los implantes y en los sistemas de aplicación permitirán simplificar en

mayor medida la segunda etapa de estas reparaciones aneurismáticas complejas. La finalización intravascular de la técnica en «trompa de elefante» puede reducir drásticamente la tasa de complicaciones en las reparaciones aórticas amplias, pero será necesario obtener resultados a largo plazo.

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

El surgimiento de estrategias endovasculares como alternativa a la cirugía abierta constituye un campo muy atractivo en la asistencia de estos pacientes. Aunque está claro que los pacientes de alto riesgo obtendrán un beneficio con esta tecnología, el papel exacto de la implantación de *stents* no está definido aún, mientras continuamos acumulando datos de resultados a largo plazo y evolucionan los dispositivos y las técnicas. En vez de sustituir al tratamiento quirúrgico convencional, es probable que la reparación endovascular desempeñe un papel complementario y aporte una opción menos invasiva a nuestro arsenal terapéutico. Es evidente que las limitaciones de ambos enfoques están sujetas a cambios y que el riesgo de la cirugía abierta tiene algo de subjetivo (valoración de las comorbilidades y la reserva fisiológica), mientras que las contraindicaciones para el tratamiento intravascular se dan, principalmente, por las limitaciones anatómicas. Las limitaciones actuales de la reconstrucción no quirúrgica se abordarán con nuevos diseños de dispositivos de bajo perfil y altamente individualizados, con objeto de ampliar la aplicabilidad de la tecnología de implantación de *stents* en la aorta torácica. Es interesante señalar que, tanto para las técnicas abiertas como para las intravasculares, en muchas situaciones concretas todavía no hay respuesta a la pregunta ética sobre la justificación del tratamiento, puesto que no disponemos de datos prospectivos de estudios aleatorizados ni de directrices o métodos operatorios estandarizados. Sin embargo, si se insiste en una demostración (o negación) estricta en la ciencia empírica, nunca se alcanzan los efectos favorables de la experiencia ni se aprende de lo que se ha hecho mal. No obstante, incluso en un mundo de rápido avance tecnológico, irónicamente continúa siendo aconsejable acudir a los viejos principios del uso responsable del juicio clínico y la experiencia en beneficio de nuestros pacientes. El segmento cada vez mayor de pacientes de edad avanzada que presentan comorbilidades multiorgánicas requiere un planteamiento holístico, un uso inteligente de los instrumentos pronósticos y una estrecha colaboración interdisciplinaria en un marco adecuado de ética médica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Davies RR, Gallo A, Coady MA, Tellides G, Botta DM, Burke B, et al. Novel measurement of relative aortic size predicts

- rupture of thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2006;81:169-77.
2. Safi HJ, Taylor PR. Open surgery for thoracic aortic disease. *Heart.* 2003;89:825-6.
3. Aasland J, Lundbom J, Eide TO, Odegard A, Aadahl P, Romundstad PR, et al. Recovery following treatment of descending thoracic aortic disease. A comparison between endovascular repair and open surgery. *Int Angiol.* 2005;24:231-7.
4. Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell RS, Walker PJ, Liddell RP. Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms. *N Engl J Med.* 1994;331:1729-34.
5. Wheatley GH, McNutt R, Diethrich EB. Introduction to thoracic endografting: imaging, guidewires, guiding catheters, and delivery sheaths. *Ann Thorac Surg.* 2007;83:272-8.
6. Koschyk DH, Nienaber CA, Knap M, Hofmann T, Kodolitsch YV, Skriabina V, et al. How to guide stent-graft implantation in type B aortic dissection? Comparison of angiography, transesophageal echocardiography, and intravascular ultrasound. *Circulation.* 2005;112 Suppl:1260-4.
7. Eggebrecht H, Nienaber CA, Neuhauser M, Baumgart D, Kische S, Schmermund A, et al. Endovascular stent-graft placement in aortic dissection: a meta-analysis. *Eur Heart J.* 2006;27:489-98.
8. Leurs LJ, Bell R, Degrieck Y, Thomas S, Hobo R, Lundbom J. Endovascular treatment of thoracic aortic diseases: combined experience from the EUROSTAR and United Kingdom Thoracic Endograft registries. *J Vasc Surg.* 2004;40:670-9.
9. Fattori R, Nienaber CA, Rousseau H, Beregi JP, Heijmen R, Grabenwoger M, et al. Results of endovascular repair of the thoracic aorta with the Talent Thoracic stent graft: the Talent Thoracic Retrospective Registry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132:332-9.
10. Hassoun HT, Matsumura JS. The COOK TX2 thoracic stent graft: preliminary experience and trial design. *Semin Vasc Surg.* 2006;19:32-9.
11. Kwolek CJ, Fairman R. Update on thoracic aortic endovascular grafting using the medtronic talent device. *Semin Vasc Surg.* 2006;19:25-31.
12. Makaroun MS, Dillavou ED, Kee ST, Sicard G, Chaikof E, Bavaria J, et al. Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms: results of the phase II multicenter trial of the GORE TAG thoracic endoprosthesis. *J Vasc Surg.* 2005;41:1-9.
13. Brooks M, Loftus I, Morgan R, Thompson M. The Valiant thoracic endograft. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2006;47:269-78.
14. Sunder-Plassmann L, Orend KH. Stent grafting of the thoracic aorta complications. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2005;46:121-30.
15. Erbel R, Alfonso F, Boileau C, Dirsch O, Eber B, Haverich A, et al. Diagnosis and management of aortic dissection. *Eur Heart J.* 2001;22:1642-81.
16. Umana JP, Miller DC, Mitchell RS. What is the best treatment for patients with acute type B aortic dissections —Medical, surgical, or endovascular stent-grafting? *Ann Thorac Surg.* 2002;74:S1840-3.
17. Svensson LG, Kouchoukos NT, Miller DC, Bavaria JE, Coselli JS, Curi MA, et al. Expert consensus document on the treatment of descending thoracic aortic disease using endovascular stent-grafts. *Ann Thorac Surg.* 2008;85 Suppl:S1-41.
18. Suzuki T, Mehta RH, Ince H, Nagai R, Sakomura Y, Weber F, et al. Clinical profiles and outcomes of acute type B aortic dissection in the current era: lessons from the International Registry of Aortic Dissection (IRAD). *Circulation.* 2003;108 Suppl 1:II312-7.
19. Tsai TT, Fattori R, Trimarchi S, Isselbacher E, Myrmet T, Evangelista A, et al. Long-term survival in patients presenting with type B acute aortic dissection: insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection. *Circulation.* 2006;114:2226-31.

20. Dake MD, Kato N, Mitchell RS, Semba CP, Razavi MK, Shimono T, et al. Endovascular stent-graft placement for the treatment of acute aortic dissection. *N Engl J Med*. 1999;340:1546-52.
21. Nienaber CA, Fattori R, Lund G, Dieckmann C, Wolf W, Von Kodolitsch Y, et al. Nonsurgical reconstruction of thoracic aortic dissection by stent-graft placement. *N Engl J Med*. 1999;340:1539-45.
22. Erbel R, Oelert H, Meyer J, Puth M, Mohr-Katoly S, Hausmann D, et al. Effect of medical and surgical therapy on aortic dissection evaluated by transesophageal echocardiography. Implications for prognosis and therapy. The European Cooperative Study Group on Echocardiography. *Circulation*. 1993;87:1604-15.
23. Bernard Y, Zimmermann H, Chocron S, Litzler JF, Kastler B, Etievent JP, et al. False lumen patency as a predictor of late outcome in aortic dissection. *Am J Cardiol*. 2001;87:1378-82.
24. Winnerkvist A, Lockowandt U, Rasmussen E, Radegran K. A prospective study of medically treated acute type B aortic dissection. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2006;32:349-55.
25. Kusagawa H, Shimono T, Ishida M, Suzuki T, Yasuda F, Yuasa U, et al. Changes in false lumen after transluminal stent-graft placement in aortic dissections: six years' experience. *Circulation*. 2005;111:2951-7.
26. Resch TA, Delle M, Falkenberg M, Ivancev K, Konrad P, Larzon T, et al. Remodeling of the thoracic aorta after stent grafting of type B dissection: a Swedish multicenter study. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2006;47:503-8.
27. Duebener LF, Lorenzen P, Richardt G, Misfeld M, Notzold A, Hartmann F, et al. Emergency endovascular stent-grafting for life-threatening acute type B aortic dissections. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:1261-6.
28. Criado FJ, Abul-Khoudoud O. Endograft repair of acute aortic dissection. Promises and challenges. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2005;46:107-12.
29. Szeto WY, McGarvey M, Pochettino A, Moser GW, Hoboken A, Cornelius K, et al. Results of a new surgical paradigm: endovascular repair for acute complicated type B aortic dissection. *Ann Thorac Surg*. 2008;86:87-93.
30. Nienaber CA, Kische S, Zeller T, Rehders TC, Schneider H, Lorenzen B, et al. Provisional extension to induce complete attachment after stent-graft placement in type B aortic dissection: the PETTICOAT concept. *J Endovasc Ther*. 2006;13:738-46.
31. Iannelli G, Piscione F, Di Tommaso L, Monaco M, Chiariello M, Spampinato N. Thoracic aortic emergencies: impact of endovascular surgery. *Ann Thorac Surg*. 2004;77:591-6.
32. Beregi JP, Haulon S, Otal P, Thony F, Bartoli JM, Crochet D, et al. Endovascular treatment of acute complications associated with aortic dissection: midterm results from a multicenter study. *J Endovasc Ther*. 2003;10:486-93.
33. Nienaber CA, Ince H, Weber F, Rehders T, Petzsch M, Meinertz T, et al. Emergency stent-graft placement in thoracic aortic dissection and evolving rupture. *J Card Surg*. 2003;18:464-70.
34. Ince H, Nienaber CA. Tratamiento de los síndromes aórticos agudos. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60:526-41.
35. Trimarchi S, Nienaber CA, Rampoldi V, Myrmet T, Suzuki T, Bossone E, et al. Role and results of surgery in acute type B aortic dissection: insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *Circulation*. 2006;114 Suppl:1357-64.
36. Nienaber CA, Eagle KA. Aortic dissection: new frontiers in diagnosis and management: Part II: therapeutic management and follow-up. *Circulation*. 2003;108:772-8.
37. Schoder M, Czerny M, Cejna M, Rand T, Stadler A, Sodeck GH, et al. Endovascular repair of acute type B aortic dissection: long-term follow-up of true and false lumen diameter changes. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:1059-66.
38. Piffaretti G, Tozzi M, Lomazzi C, Rivolta N, Caronno R, Castelli P. Complications after endovascular stent-grafting of thoracic aortic diseases. *J Cardiothorac Surg*. 2006;1:26.
39. Won JY, Suh SH, Ko HK, Lee KH, Shim WH, Chang BC, et al. Problems encountered during and after stent-graft treatment of aortic dissection. *J Vasc Interv Radiol*. 2006;17:271-81.
40. Nienaber CA, Zannetti S, Barbieri B, Kische S, Schareck W, Rehders TC. Investigation of STent grafts in patients with type B Aortic Dissection: design of the INSTEAD trial —A prospective, multicenter, European randomized trial. *Am Heart J*. 2005;149:592-9.
41. Ehrlich MP, Nienaber CA, Rousseau H, Beregi JP, Piquet P, Schepens M, et al. Short-term conversion to open surgery after endovascular stentgrafting of the thoracic aorta: the Talent thoracic registry. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008;135:1322-6.
42. Ince H, Rehders TC, Petzsch M, Kische S, Nienaber CA. Stent-grafts in patients with Marfan syndrome. *J Endovasc Ther*. 2005;12:82-8.
43. Eggebrecht H, Herold U, Kuhnt O, Schmermund A, Bartel T, Martini S, et al. Endovascular stent-graft treatment of aortic dissection: determinants of post-interventional outcome. *Eur Heart J*. 2005;26:489-97.
44. Trimarchi S, Nienaber CA, Rampoldi V, Myrmet T, Suzuki T, Mehta RH, et al. Contemporary results of surgery in acute type A aortic dissection: The International Registry of Acute Aortic Dissection experience. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;129:112-22.
45. Shah A, Coulon P, de Chaumaray T, Rosario R, Khanoyan P, Boukhris M, et al. Novel technique: staged hybrid surgical and endovascular treatment of acute Type A aortic dissections with aortic arch involvement. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2006;47:497-502.
46. Diethrich EB, Ghazoul M, Wheatley GH, Alpern J, Rodriguez-Lopez J, Ramaiah V, et al. Surgical correction of ascending type a thoracic aortic dissection: simultaneous endoluminal exclusion of the arch and distal aorta. *J Endovasc Ther*. 2005;12:660-6.
47. Dobrilovic N, Elefteriades JA. Stenting the descending aorta during repair of type A dissection: technology looking for an application? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;131:777-8.
48. Isselbacher EM. Thoracic and abdominal aortic aneurysms. *Circulation*. 2005;111:816-28.
49. Davies RR, Goldstein LJ, Coady MA, Tittle SL, Rizzo JA, Kopf GS, et al. Yearly rupture or dissection rates for thoracic aortic aneurysms: simple prediction based on size. *Ann Thorac Surg*. 2002;73:17-27.
50. Czerny M, Grimm M, Zimpfer D, Rodler S, Gottardi R, Hutschala D, et al. Results after endovascular stent graft placement in atherosclerotic aneurysms involving the descending aorta. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:450-5.
51. Bergeron P, De Chaumaray T, Gay J, Douillez V. Endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2003;44:349-61.
52. Demers P, Miller DC, Mitchell RS, Kee ST, Sze D, Razavi MK, et al. Midterm results of endovascular repair of descending thoracic aortic aneurysms with first-generation stent grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;127:664-73.
53. Stone DH, Brewster DC, Kwolek CJ, Lamuraglia GM, Conrad MF, Chung TK, et al. Stent-graft versus open-surgical repair of the thoracic aorta: midterm results. *J Vasc Surg*. 2006;44:1188-97.
54. Bavaria JE, Appoo JJ, Makaroun MS, Verter J, Yu ZF, Mitchell RS. Endovascular stent grafting versus open surgical repair of descending thoracic aortic aneurysms in low-risk patients: a multicenter comparative trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;133:369-77.
55. Rehders TC, Petzsch M, Ince H, Kische S, Korber T, Koschyk DH, et al. Intentional occlusion of the left subclavian artery during stent-graft implantation in the thoracic aorta: risk and relevance. *J Endovasc Ther*. 2004;11:659-66.
56. Peterson BG, Eskandari MK, Gleason TG, Morasch MD. Utility of left subclavian artery revascularization in association with endoluminal repair of acute and chronic thoracic aortic pathology. *J Vasc Surg*. 2006;43:433-9.

57. Scharrer-Pamler R, Kotsis T, Kapfer X, Gorich J, Orend KH, Sunder-Plassmann L. Complications after endovascular treatment of thoracic aortic aneurysms. *J Endovasc Ther.* 2003;10:711-8.
58. Evangelista A, Mukherjee D, Mehta RH, O'Gara PT, Fattori R, Cooper JV, et al. Acute intramural hematoma of the aorta: a mystery in evolution. *Circulation.* 2005;111:1063-70.
59. Nienaber CA, Eagle KA. Aortic dissection: new frontiers in diagnosis and management: Part I: from etiology to diagnostic strategies. *Circulation.* 2003;108:628-35.
60. Shimizu H, Yoshino H, Udagawa H, Watanuki A, Yano K, Ide H, et al. Prognosis of aortic intramural hemorrhage compared with classic aortic dissection. *Am J Cardiol.* 2000;85:792-5.
61. Nienaber CA, Von Kodolitsch Y, Petersen B, Loose R, Helmchen U, Haverich A, et al. Intramural hemorrhage of the thoracic aorta. Diagnostic and therapeutic implications. *Circulation.* 1995;92:1465-72.
62. Castaner E, Andreu M, Gallardo X, Mata JM, Cabezuelo MA, Pallardo Y. CT in nontraumatic acute thoracic aortic disease: typical and atypical features and complications. *Radiographics.* 2003;23 Suppl:S93-110.
63. Svensson LG, Labib SB, Eisenhauer AC, Butterly JR. Intimal tear without hematoma: an important variant of aortic dissection that can elude current imaging techniques. *Circulation.* 1999;99:1331-6.
64. Evangelista A, Dominguez R, Sebastia C, Salas A, Permanyer-Miralda G, Avegliano G, et al. Long-term follow-up of aortic intramural hematoma: predictors of outcome. *Circulation.* 2003;108:583-9.
65. Sueyoshi E, Imada T, Sakamoto I, Matsuoka Y, Hayashi K. Analysis of predictive factors for progression of type B aortic intramural hematoma with computed tomography. *J Vasc Surg.* 2002;35:1179-83.
66. Evangelista A, Dominguez R, Sebastia C, Salas A, Permanyer-Miralda G, Avegliano G, et al. Prognostic value of clinical and morphologic findings in short-term evolution of aortic intramural haematoma. Therapeutic implications. *Eur Heart J.* 2004;25:81-7.
67. Sueyoshi E, Sakamoto I, Fukuda M, Hayashi K, Imada T. Long-term outcome of type B aortic intramural hematoma: comparison with classic aortic dissection treated by the same therapeutic strategy. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:2112-7.
68. Coady MA, Rizzo JA, Hammond GL, Pierce JG, Kopf GS, Elefteriades JA. Penetrating ulcer of the thoracic aorta: what is it? How do we recognize it? How do we manage it? *J Vasc Surg.* 1998;27:1006-15.
69. Stanson AW, Kazmier FJ, Hollier LH, Edwards WD, Pairolero PC, Sheedy PF, et al. Penetrating atherosclerotic ulcers of the thoracic aorta: natural history and clinicopathologic correlations. *Ann Vasc Surg.* 1986;1:15-23.
70. Hayashi H, Matsuoka Y, Sakamoto I, Sueyoshi E, Okimoto T, Hayashi K, et al. Penetrating atherosclerotic ulcer of the aorta: imaging features and disease concept. *Radiographics.* 2000;20:995-1005.
71. Von Kodolitsch Y, Csoz SK, Koschyk DH, Schalwat I, Loose R, Karck M, et al. Intramural hematoma of the aorta: predictors of progression to dissection and rupture. *Circulation.* 2003;107:1158-63.
72. Tittle SL, Lynch RJ, Cole PE, Singh HS, Rizzo JA, Kopf GS, et al. Midterm follow-up of penetrating ulcer and intramural hematoma of the aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123:1051-9.
73. Demers P, Miller DC, Mitchell RS, Kee ST, Chagonjian L, Dake MD. Stentgraft repair of penetrating atherosclerotic ulcers in the descending thoracic aorta: mid-term results. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:81-6.
74. Ganaha F, Miller DC, Sugimoto K, Do YS, Minamiguchi H, Saito H, et al. Prognosis of aortic intramural hematoma with and without penetrating atherosclerotic ulcer: a clinical and radiological analysis. *Circulation.* 2002;106:342-8.
75. Kodali S, Jamieson WR, Leia-Stephens M, Miyagishima RT, Janusz MT, Tyers GF. Traumatic rupture of the thoracic aorta. A 20-year review: 1969-1989. *Circulation.* 1991;84 Suppl:III40-6.
76. Richens D, Kotidis K, Neale M, Oakley C, Fails A. Rupture of the aorta following road traffic accidents in the United Kingdom 1992-1999. The results of the co-operative crash injury study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23:143-8.
77. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA, Smith JS Jr, Rodman G, Kearney PA, et al. Prospective study of blunt aortic injury: Multicenter Trial of the American Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma.* 1997;42:374-80.
78. Parmley LF, Mattingly TW, Manion WC, Jahnke EJ Jr. Nonpenetrating traumatic injury of the aorta. *Circulation.* 1958;17:1086-101.
79. Williams JS, Graff JA, Uku JM, Steinig JP. Aortic injury in vehicular trauma. *Ann Thorac Surg.* 1994;57:726-30.
80. Jahromi AS, Kazemi K, Safar HA, Doobay B, Cina CS. Traumatic rupture of the thoracic aorta: cohort study and systematic review. *J Vasc Surg.* 2001;34:1029-34.
81. Von Oppell UO, Dunne TT, De Groot MK, Zilla P. Traumatic aortic rupture: twenty-year metaanalysis of mortality and risk of paraplegia. *Ann Thorac Surg.* 1994;58:585-93.
82. Pacini D, Angeli E, Fattori R, Lovato L, Rocchi G, Di Marco L, et al. Traumatic rupture of the thoracic aorta: ten years of delayed management. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129:880-4.
83. Kwon CC, Gill IS, Fallon WF, Yowler C, Akhrass R, Temes RT, et al. Delayed operative intervention in the management of traumatic descending thoracic aortic rupture. *Ann Thorac Surg.* 2002;74:S1888-91.
84. Maggisano R, Nathens A, Alexandrova NA, Cina C, Boulanger B, McKenzie R, et al. Traumatic rupture of the thoracic aorta: should one always operate immediately? *Ann Vasc Surg.* 1995;9:44-52.
85. Holmes JHT, Bloch RD, Hall RA, Carter YM, Karmy-Jones RC. Natural history of traumatic rupture of the thoracic aorta managed nonoperatively: a longitudinal analysis. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:1149-54.
86. Fattori R, Napoli G, Lovato L, Russo V, Pacini D, Pierangeli A, et al. Indications for, timing of, and results of catheter-based treatment of traumatic injury to the aorta. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;179:603-9.
87. Kato N, Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell RS, Razavi MK, et al. Traumatic thoracic aortic aneurysm: treatment with endovascular stentgrafts. *Radiology.* 1997;205:657-62.
88. Rousseau H, Dambrin C, Marcheix B, Richeux L, Mazerolles M, Cron C, et al. Acute traumatic aortic rupture: a comparison of surgical and stent-graft repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129:1050-5.
89. Tang GL, Tehrani HY, Usman A, Katariya K, Otero C, Perez E, et al. Reduced mortality, paraplegia, and stroke with stent graft repair of blunt aortic transections: a modern meta-analysis. *J Vasc Surg.* 2008;47:671-5.
90. Agostinelli A, Sacconi S, Borrello B, Nicolini F, Larini P, Gherli T. Immediate endovascular treatment of blunt aortic injury: our therapeutic strategy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:1053-7.
91. Broux C, Thony F, Chavanon O, Bach V, Hacini R, Sengel C, et al. Emergency endovascular stent graft repair for acute blunt thoracic aortic injury: a retrospective case control study. *Intensive Care Med.* 2006;32:770-4.
92. Georgiou GP, Vidne BA, Sharoni E. Immediate endovascular stent graft repair of acute thoracic aortic rupture caused by blunt trauma. *Heart.* 2005;91:98.
93. Scheinert D, Krankenberg H, Schmidt A, Gummert JF, Nitzsche S, Scheinert S, et al. Endoluminal stent-graft placement for acute rupture of the descending thoracic aorta. *Eur Heart J.* 2004;25:694-700.
94. Piciche M, De Paulis R, Fabbri A, Chiariello L. Postoperative aortic fistulas into the airways: etiology, pathogenesis,

- presentation, diagnosis, and management. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:1998-2006.
95. Karmy-Jones R, Hoffer E, Meissner MH, Nicholls S, Mattos M. Endovascular stent grafts and aortic rupture: a case series. *J Trauma.* 2003;55:805-10.
  96. Thompson CS, Ramaiah VG, Rodriguez-Lopez JA, Vranic M, Ravi R, DiMugno L, et al. Endoluminal stent graft repair of aortobronchial fistulas. *J Vasc Surg.* 2002;35:387-91.
  97. Eren E, Keles C, Toker ME, Ersahin S, Erentug V, Guler M, et al. Surgical treatment of aortobronchial and aorto-esophageal fistulae due to thoracic aortic aneurysm. *Tex Heart Inst J.* 2005;32:522-8.
  98. Wheatley GH 3rd, Nunez A, Preventza O, Ramaiah VG, Rodriguez-Lopez JA, Williams J, et al. Have we gone too far? Endovascular stent-graft repair of aortobronchial fistulas. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133:1277-85.
  99. Hollander JE, Quick G. Aorto-esophageal fistula: a comprehensive review of the literature. *Am J Med.* 1991;91:279-87.
  100. Da Silva ES, Tozzi FL, Otschi JP, De Tolosa EM, Neves CR, Fortes F. Aorto-esophageal fistula caused by aneurysm of the thoracic aorta: successful surgical treatment, case report, and literature review. *J Vasc Surg.* 1999;30:1150-7.
  101. Flores J, Shiiya N, Kunihara T, Yoshimoto K, Yasuda K. Aorto-esophageal fistula: alternatives of treatment case report and literature review. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;10:241-6.
  102. Kato N, Tadanori H, Tanaka K, Yasuda F, Iwata M, Kawarada Y, et al. Aorto-esophageal fistula-relief of massive hematemesis with an endovascular stent-graft. *Eur J Radiol.* 2000;34:63-6.
  103. Marone EM, Baccari P, Brioschi C, Tshomba Y, Staudacher C, Chiesa R. Surgical and endovascular treatment of secondary aorto-esophageal fistula. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:1409-10.
  104. Assink J, Vierhout BP, Snellen JP, Benner PM, Paul MA, Cuesta MA, et al. Emergency endovascular repair of an aorto-esophageal fistula caused by a foreign body. *J Endovasc Ther.* 2005;12:129-33.
  105. Ikeda Y, Morita N, Kurihara H, Niimi M, Okinaga K. A primary aorto-esophageal fistula due to esophageal carcinoma successfully treated with endoluminal aortic stent grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:486-7.
  106. Metz R, Kimmings AN, Verhagen HJ, Rinkes IH, Van Hillegersberg R. Aorto-esophageal fistula successfully treated by endovascular stent-graft. *Ann Thorac Surg.* 2006;82:1117-9.
  107. Campbell M. Natural history of coarctation of the aorta. *Br Heart J.* 1970;32:633-40.
  108. Aris A, Subirana MT, Ferres P, Torner-Soler M. Repair of aortic coarctation in patients more than 50 years of age. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1376-9.
  109. Cohen M, Fuster V, Steele PM, Driscoll D, McGoon DC. Coarctation of the aorta. Long-term follow-up and prediction of outcome after surgical correction. *Circulation.* 1989;80:840-5.
  110. Presbitero P, Demarie D, Villani M, Perinetti EA, Riva G, Orzan F, et al. Long term results (15-30 years) of surgical repair of aortic coarctation. *Br Heart J.* 1987;57:462-7.
  111. Napoleone CP, Gabbieri D, Gargiulo G. Coarctation repair with prosthetic material: surgical experience with aneurysm formation. *Ital Heart J.* 2003;4:404-7.
  112. Von Kodolitsch Y, Aydin MA, Koschyk DH, Loose R, Schalwat I, Karck M, et al. Predictors of aneurysmal formation after surgical correction of aortic coarctation. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39:617-24.
  113. Bell RE, Taylor PR, Aukett M, Young CP, Anderson DR, Reidy JF. Endoluminal repair of aneurysms associated with coarctation. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:530-3.
  114. Gawenda M, Aleksic M, Heckenkamp J, Kruger K, Brunkwall J. Endovascular repair of aneurysm after previous surgical coarctation repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:1039-43.
  115. Ince H, Petzsch M, Rehders T, Kische S, Korber T, Weber F, et al. Percutaneous endovascular repair of aneurysm after previous coarctation surgery. *Circulation.* 2003;108:2967-70.
  116. Dake MD, Miller DC, Mitchell RS, Semba CP, Moore KA, Sakai T. The "first generation" of endovascular stent-grafts for patients with aneurysms of the descending thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:689-703.
  117. Ehrlich M, Grabenwoeger M, Cartes-Zumelzu F, Grimm M, Petzl D, Lammer J, et al. Endovascular stent graft repair for aneurysms on the descending thoracic aorta. *Ann Thorac Surg.* 1998;66:19-24.
  118. Grabenwoeger M, Fleck T, Czerny M, Hutschala D, Ehrlich M, Schoder M, et al. Endovascular stent graft placement in patients with acute thoracic aortic syndromes. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23:788-93.
  119. Hennerici M, Klemm C, Rautenberg W. The subclavian steal phenomenon: a common vascular disorder with rare neurologic deficits. *Neurology.* 1988;38:669-73.
  120. Rubay JE, Sluysmans T, Alexandrescu V, Khelif K, Moulin D, Vliers A, et al. Surgical repair of coarctation of the aorta in infants under one year of age. Long-term results in 146 patients comparing subclavian flap angioplasty and modified end-to-end anastomosis. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 1992;33:216-22.
  121. Rother J, Wentz KU, Rautenberg W, Schwartz A, Hennerici M. Magnetic resonance angiography in vertebrobasilar ischemia. *Stroke.* 1993;24:1310-5.
  122. Gravereaux EC, Faries PL, Burks JA, Latessa V, Spielvogel D, Hollier LH et al. Risk of spinal cord ischemia after endograft repair of thoracic aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2001;34:997-1003.
  123. Baril DT, Carroccio A, Palchik E, Ellozy SH, Jacobs TS, Teodorescu V, et al. Endovascular treatment of complicated aortic aneurysms in patients with underlying arteriopathies. *Ann Vasc Surg.* 2006;20:464-71.
  124. Baril DT, Carroccio A, Ellozy SH, Palchik E, Addis MD, Jacobs TS, et al. Endovascular thoracic aortic repair and previous or concomitant abdominal aortic repair: is the increased risk of spinal cord ischemia real? *Ann Vasc Surg.* 2006;20:188-94.
  125. Amabile P, Grisoli D, Giorgi R, Bartoli JM, Piquet P. Incidence and determinants of spinal cord ischaemia in stent-graft repair of the thoracic aorta. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2008;35:455-61.
  126. Buth J, Harris PL, Hobo R, van Eps R, Cuypers P, Duijm L, et al. Neurologic complications associated with endovascular repair of thoracic aortic pathology: Incidence and risk factors: a study from the European Collaborators on Stent/Graft Techniques for Aortic Aneurysm Repair (EUROSTAR) registry. *J Vasc Surg.* 2007;46:1103-10.
  127. Chiesa R, Melissano G, Marrocco-Trischitta MM, Civilini E, Setacci F. Spinal cord ischemia after elective stent-graft repair of the thoracic aorta. *J Vasc Surg.* 2005;42:11-7.
  128. Cheung AT, Pochettino A, McGarvey ML, Appoo JJ, Fairman RM, Carpenter JP, et al. Strategies to manage paraplegia risk after endovascular stent repair of descending thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2005;80:1280-8.
  129. Mitchell RS, Miller DC, Dake MD. Stent-graft repair of thoracic aortic aneurysms. *Semin Vasc Surg.* 1997;10:257-71.
  130. Dunning J, Martin JE, Shennib H, Cheng DC. Is it safe to cover the left subclavian artery when placing an endovascular stent in the descending thoracic aorta? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2008;7:690.
  131. Bergeron P, Mangialardi N, Costa P, Coulon P, Douillez V, Serreo E, et al. Great vessel management for endovascular exclusion of aortic arch aneurysms and dissections. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2006;32:38-45.
  132. Zhou W, Reardon ME, Peden EK, Lin PH, Bush RL, Lumsden AB. Endovascular repair of a proximal aortic arch aneurysm: a novel approach of supra-aortic debranching with antegrade endograft deployment via an anterior thoracotomy approach. *J Vasc Surg.* 2006;43:1045-8.

133. Kazui T, Washiyama N, Muhammad BA, Terada H, Yamashita K, Takinami M. Improved results of atherosclerotic arch aneurysm operations with a refined technique. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;121:491-9.
134. Spielvogel D, Halstead JC, Meier M, Kadir I, Lansman SL, Shahani R, et al. Aortic arch replacement using a trifurcated graft: simple, versatile, and safe. *Ann Thorac Surg.* 2005;80:90-5.
135. Nakai M, Shimamoto M, Yamazaki F, Fujita S, Aoyama A, Chin T, et al. [Long-term results after surgery for aortic arch nondissection aneurysm]. *Kyobu Geka.* 2002;55:280-4.
136. Czerny M, Zimpfer D, Fleck T, Hofmann W, Schoder M, Cejna M, et al. Initial results after combined repair of aortic arch aneurysms by sequential transposition of the supra-aortic branches and consecutive endovascular stent-graft placement. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:1256-60.
137. Schumacher H, Von Tengg-Kobligh H, Ostovic M, Henninger V, Ockert S, Bockler D, et al. Hybrid aortic procedures for endoluminal arch replacement in thoracic aneurysms and type B dissections. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2006;47:509-17.
138. Saleh HM, Inglese L. Combined surgical and endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *J Vasc Surg.* 2006;44:460-6.
139. Czerny M, Gottardi R, Zimpfer D, Schoder M, Grabenwoger M, Lammer J, et al. Transposition of the supraaortic branches for extended endovascular arch repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;29:709-13.
140. Svensson LG, Kim KH, Blackstone EH, Alster JM, McCarthy PM, Greenberg RK, et al. Elephant trunk procedure: newer indications and uses. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:109-16.
141. Safi HJ, Miller CC 3rd, Estrera AL, Huynh TT, Porat EE, Allen BS, et al. Staged repair of extensive aortic aneurysms: long-term experience with the elephant trunk technique. *Ann Surg.* 2004;240:677-84.
142. Schepens MA, Dossche KM, Morshuis WJ, Van den Barselaar PJ, Heijmen RH, Vermeulen FE. The elephant trunk technique: operative results in 100 consecutive patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;21:276-81.
143. LeMaire SA, Carter SA, Coselli JS. The elephant trunk technique for staged repair of complex aneurysms of the entire thoracic aorta. *Ann Thorac Surg.* 2006;81:1561-9.
144. Greenberg RK, Haddad F, Svensson L, O'Neill S, Walker E, Lyden SP, et al. Hybrid approaches to thoracic aortic aneurysms: the role of endovascular elephant trunk completion. *Circulation.* 2005;112:2619-26.