

## Investigación clínica

# Evaluación del diámetro de la aorta torácica descendente proximal con la edad: implicaciones para la implantación de una endoprótesis de aorta torácica

Michael C. Hartley, Eugene M. Langan III, David L. Cull, Spence M. Taylor, Christopher G. Carsten III y Dawn W. Blackhurst, Greenville, Carolina del Sur, Estados Unidos

**Fundamento:** Se desconocen los cambios anatómicos a largo plazo en los pacientes con traumatismo cerrado de aorta torácica tratados con endoprótesis vasculares. El objetivo de este estudio fue examinar la historia natural del diámetro aórtico torácico con la progresión de la edad.

**Métodos:** Se examinaron 1.000 tomografías computarizadas torácicas, efectuadas en busca de patología no aórtica torácica en pacientes de 15-99 años de edad (media 59,4), y se determinó el diámetro aórtico torácico inmediatamente adyacente a la arteria subclavia izquierda. Se evaluaron los factores con una posible influencia en el diámetro, incluida la edad por década de vida, raza, sexo, antecedentes de hipertensión arterial (HTA), diabetes mellitus (DM), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y tabaquismo. Los factores se compararon usando la prueba t de Student.

**Resultados:** Las diferencias en los diámetros medios de la aorta torácica por sexo (hombres = 27,1 frente a mujeres = 26,0,  $p = 0,87$ ), raza (blancos = 26,6 frente a otras razas = 26,3,  $p = 0,10$ ), presencia de HTA (sí = 25,8, no = 24,9,  $p = 0,36$ ), EPOC (sí = 26,3 frente a no = 25,4,  $p = 0,21$ ), DM (sí = 26,1, frente a no = 25,3,  $p = 0,12$ ) y tabaquismo (sí = 26,3 frente a no = 25,0,  $p = 0,18$ ) no fueron significativas. Sin embargo, las diferencias en el diámetro medio aumentaron significativamente a lo largo del tiempo con la edad. En pacientes < 40 años de edad se detectaron diámetros aórticos medios de 22,92 mm comparado con 27,09 mm ( $p < 0,001$ ) para pacientes > 40 años. El diámetro medio del istmo aórtico mostró un aumento de alrededor de 1 cm cuando se comparó a los octogenarios con los adolescentes.

**Conclusión:** El diámetro del istmo aórtico aumenta sustancialmente con la edad. Estos hallazgos sugieren que, para pacientes víctimas de un traumatismo portadores de endoprótesis aórticas, está justificada una vigilancia a largo plazo para monitorizar la historia natural y evaluar las posibles complicaciones tardías.

DOI of original article: 10.1016/j.avsg.2009.05.001.

Presentado en la Reunión de la Southern Association for Vascular Surgery, Nápoles, FL, EE. UU. 16-19 de enero de 2008.

Academic Department of Surgery, Greenville Hospital System University Medical Center, Greenville, SC, EE. UU.

Correspondencia: Eugene M. Langan, MD, Academic Department of Surgery, Greenville Hospital University Medical Center, 701 Grove Road, Greenville, SC 29605, EE. UU. Correo electrónico: elangan@ghs.org

Ann Vasc Surg 2009; 23: 639-644

DOI: 10.1016/j.avsp.2009.11.005

© Annals of Vascular Surgery Inc.

Publicado en la red: 17 de julio de 2009

## INTRODUCCIÓN

En el mundo actual los traumatismos por desaceleración a alta velocidad que afectan a la aorta continúan siendo un problema clínico; hoy día, representan el 3,7% de los traumatismos torácicos cerrados registrados en Estados Unidos<sup>1-3</sup>. En la actualidad, el tratamiento óptimo de estos traumatismos está cambiando. Aunque el patrón de referencia ha sido una corrección quirúrgica abierta precoz, se aprecia con una frecuencia cada vez mayor que las víctimas que sobreviven al traumatismo

inicial típicamente permanecen estables, con la lesión intacta, durante horas, días, e incluso semanas sin rotura aórtica<sup>4</sup>. Aunque los expertos siguen recomendando su corrección, el advenimiento de la tecnología endovascular ha ofrecido una opción de tratamiento adicional de los traumatismos de la aorta torácica descendente. Desarrollados originalmente para tratar los aneurismas aórticos torácicos, las endoprótesis se están modificando para tratar los traumatismos que afectan a la aorta torácica. Aunque es satisfactorio en muchos casos, este uso "no aprobado" de las endoprótesis aórticas torácicas puede relacionarse con un fracaso técnico precoz cuando se implantan en aortas cuya anatomía es desfavorable. Esto ha generado una preocupación acerca de la viabilidad a largo plazo en la población más joven que es víctima de traumatismos, en particular cuando se consideran los cambios anatómicos potenciales de la aorta con la edad.

En general, quizá la consideración anatómica más importante cuando se contempla la implantación de una endoprótesis aórtica es el diámetro del vaso. A partir de la investigación previa, se sabe que el calibre de la aorta infrarrenal aumenta a medida que avanza la edad<sup>5-8</sup>. Sin embargo, esencialmente no se dispone de datos sobre la tasa de crecimiento natural de la aorta torácica con el tiempo. Claramente, las consecuencias del crecimiento aórtico torácico podrían afectar potencialmente al desenlace de los pacientes con traumatismos que se someten a una corrección aórtica endovascular y deben considerarse si la implantación de una endoprótesis aórtica se ha de convertir en el tratamiento convencional. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características de los pacientes que pueden influir en el diámetro de la aorta torácica con el tiempo, incluida la propia edad.

## MÉTODOS

### Pacientes

Entre el 19 de abril y el 30 de junio de 2006, estuvieron disponibles para revisión 1.152 tomografías computarizadas (TC) de tórax con contraste, efectuadas en pacientes  $\geq 15$  años de edad para identificar patología no aórtica en el Greenville Hospital System University Medical Center. Los pacientes con múltiples procedimientos sólo se contabilizaron una vez, lo que produjo un total de 1.000 exploraciones de pacientes. Para el objetivo de este estudio, se determinó y se registró el diámetro aórtico inmediatamente adyacente al *ostium* de la arteria subclavia izquierda. Para determinar los factores asociados con el diámetro aórtico, se obtuvo la

información demográfica siguiente: edad, raza, sexo, antecedentes de hipertensión arterial (HTA), diabetes mellitus (DM), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y tabaquismo. Los datos se derivaron utilizando el Lifetime Clinical Record (LCR) y el Picture Archiving and Communications System (PACS) de nuestra institución. Aunque para todos los pacientes estuvieron disponibles la edad, raza y sexo, con frecuencia no estuvo disponible información clínica diferente de la indicación para efectuar el examen a partir de los que recibieron una TC ambulatoria. Cuando fue posible se registraron los puntos de datos.

### Determinaciones TC

Cada TC torácica se efectuó utilizando un aparato TC multidetector de 16 o 64 cortes después de la administración de contraste intravenoso. Los protocolos de radiología basados en la etiología del estudio solicitado determinaron la cantidad de contraste administrado y la sincronización de la TC después de la administración del bolo de contraste. Todas las imágenes se exploraron a intervalos de 1 mm y se reconstruyeron por protocolo de radiología. Un observador individual revisó todas las TC en la estación de trabajo PACS y las determinaciones se obtuvieron usando calibradores digitales. El diámetro de la aorta se determinó en el istmo aórtico (definido como la aorta en el primer corte de la TC inmediatamente adyacente a la última imagen de la arteria subclavia izquierda cuando se utilizó la mejor configuración posible de línea de centros para tener en cuenta la medición disponible más precisa del diámetro). Cuando fue necesario, se usaron reconstrucciones multiplanares para delimitar todavía más el istmo con el objetivo de que las mediciones fueran correctas.

### Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de regresión lineal para evaluar la relación del diámetro aórtico con el tiempo independiente de todos los demás factores. El diámetro aórtico, la edad, raza, sexo, antecedentes de HTA, DM, EPOC y tabaquismo se compararon usando la prueba t de Student para datos emparejados. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,005$ .

## RESULTADOS

Para todos los pacientes se dispuso de los datos relativos a la edad, raza, y sexo. Debido al carácter anónimo clínico asociado con la mayoría de los

estudios ambulatorios (la indicación clínica de la exploración habitualmente fue la única información clínica presente), sólo en 564 (56,4%) pacientes estuvieron disponibles datos para la presencia de HTA, DM, EPOC y tabaquismo. La edad media de la cohorte era de 59,4 años (límites 15-99). Para el análisis, se dividió a los pacientes por edad de acuerdo con la década de la vida: 15-19 años ( $n = 10$ , 1,0%), 20-29 ( $n = 37$ , 3,7%), 30-39 años ( $n = 84$ , 8,4%), 40-49 años ( $n = 119$ , 11,9%), 50-59 años ( $n = 208$ , 20,8%), 60-69 años ( $n = 236$ , 23,6%), 70-79 años ( $n = 222$ , 22,2%), y  $\geq 80$  años ( $n = 84$ , 8,4%). En la cohorte predominó el sexo femenino ( $n = 520$ , 52,0%) y los de raza blanca ( $n = 763$ , 76,3%) o afroamericanos ( $n = 219$ , 21,9%), otras razas  $n = 18$ , 1,8%). El diámetro aórtico en pacientes con o sin comorbilidades asociadas se muestra en la [tabla I](#). No se identificó una diferencia estadísticamente significativa en el diámetro aórtico de acuerdo con cualquiera de las comorbilidades determinadas.

En la [figura 1](#) se muestra gráficamente el diámetro de la aorta torácica de acuerdo con la década de vida. La pendiente ascendente de la línea mejor ajustada obtenida a través de un análisis de regresión lineal significa que está presente una relación entre la edad y el diámetro aórtico torácico. La pendiente de la línea significa la bondad del ajuste ( $r = 0,464$ ), lo que indica que esta relación es significativa ( $p < 0,001$ ).

Como se demuestra en las [figuras 1 y 2](#), la aorta cambia significativamente de diámetro con cada década de la vida hasta los 40-49 años. En la [tabla II](#) se muestra que en pacientes  $< 40$  años se detectaron diámetros aórticos medios de 22,9 mm comparado con 27,1 mm ( $p < 0,001$ ) para pacientes  $> 40$  años de edad. El diámetro medio del istmo aórtico aumenta alrededor de 1 cm de tamaño cuando se compara a los octogenarios con los adolescentes. Las diferencias en los diámetros medios de la aorta torácica por sexo (hombres = 27,1 mm frente a mujeres = 26,0 mm,  $p = 0,87$ ) o por raza (blancos = 26,6 mm frente a otras razas = 26,3 mm,  $p = 0,10$ ) no fueron significativas.

## DISCUSIÓN

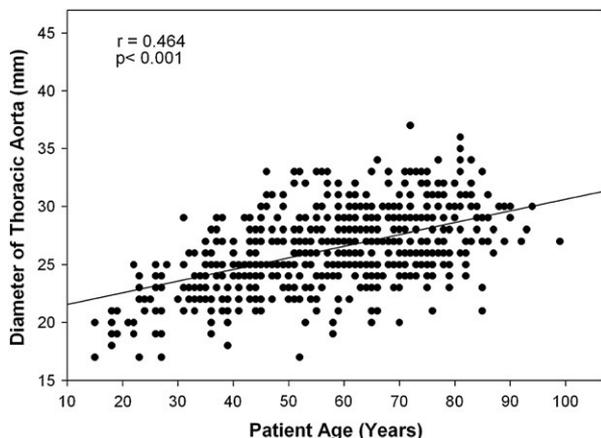
Los estudios efectuados han establecido la seguridad y eficacia de la implantación de endoprótesis de aorta torácica para el tratamiento de la enfermedad aneurismática, disección e incluso los traumatismos<sup>9-19</sup>. Aunque los que defienden la cirugía abierta del aneurisma aórtico torácico citan la misma morbilidad y mortalidad precoz e historial

consolidado de resultados a largo plazo, son innegables las ventajas subjetivas de la implantación de una endoprótesis, con la evitación de toracotomía, ventilación mecánica y hospitalización prolongada. Aunque en la enfermedad aneurismática torácica puede argumentarse que la implantación de una endoprótesis ha ofrecido una alternativa mejor tolerada al procedimiento abierto, sin riesgos y consolidado, este razonamiento no se mantiene para la corrección abierta de los traumatismos aórticos. En el mejor de los casos, después de ésta, los resultados son mediocres. En un metaanálisis reciente efectuado por Fabian et al<sup>20</sup>, la tasa de mortalidad operatoria después de un procedimiento abierto fue del 31% y la tasa de paraplejía del 16%. Las modificaciones de la técnica de corrección abierta sólo han deparado progresos modestos. Esto explica el entusiasmo que rodea la corrección aórtica con implantación de una endoprótesis para traumatismos aórticos cerrados. Esta intervención representa el primer avance real en el tratamiento en casi 50 años. Lamentablemente, por prometedor que pueda parecer esta técnica, entraña diversos inconvenientes. Desde hace tiempo, se reconoce que su utilidad clínica está determinada por una anatomía aórtica favorable. En consecuencia, la anatomía del istmo aórtico, con su pequeño diámetro y ángulo agudo, hace que la implantación de una endoprótesis constituya un reto. Esta localización puede producir una involución y oclusión de la aorta, que requiere una intervención urgente adicional. A pesar de esto, sus ventajas son tan evidentes que continúa siendo una alternativa atractiva a la corrección abierta, al igual que el objeto de una extensa investigación técnica por parte de la industria.

Los cambios anatómicos asociados a la edad avanzada son tan problemáticos como la anatomía del istmo aórtico en el momento de la presentación. Durante largo tiempo se ha apreciado que la anatomía de la aorta infrarrenal después de la implantación de una endoprótesis puede cambiar, dando lugar a su migración y a una endofuga de tipo I<sup>21-24</sup>. La edad avanzada de los pacientes que requieren tratarse mediante una endoprótesis obvia el significado clínico de este problema en la mayoría de los casos. La mayor parte de los pacientes son de edad avanzada y portadores de aneurismas. Su esperanza de vida limitada y naturaleza sedentaria hacen que sea factible la vigilancia a largo plazo del cambio anatómico aórtico y de la disfunción posterior de la endoprótesis. Sin embargo, esta racionalización no puede extrapolarse a la joven población víctima de traumatismos. Simplemente, se desconocen los efectos de las enfermedades

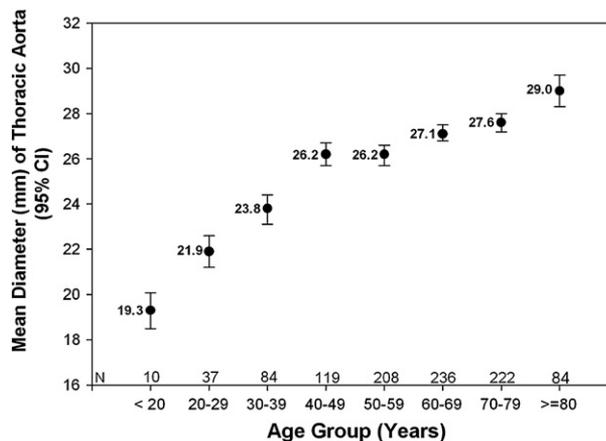
**Tabla I.** Diámetro aórtico en pacientes con comorbilidades

Proceso comórbido	Diámetro aórtico torácico medio		Valor de p
	Con enfermedad (n, mm)	Sin enfermedad (n, mm)	
Hipertensión arterial	374, 25,8	190, 24,9	0,36
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	198, 26,3	366, 25,4	0,21
Diabetes mellitus	123, 26,1	441, 25,3	0,12
Tabaquismo	387, 26,3	177, 25,0	0,18

**Fig. 1.** Diámetro aórtico torácico comparado con la edad. Diameter of Thoracic Aorta (mm): diámetro aórtico torácico (mm); Patient Age (Years): edad de los pacientes (años).

crónicas, como la HTA y la EPOC, sobre el tamaño y la forma de la aorta torácica. Además, no se ha estudiado el proceso normal de maduración de la aorta torácica, que da lugar a un aumento del diámetro de la aorta infrarrenal.

En este estudio pusimos de relieve que el diámetro de la aorta torácica cambia con la edad hasta un grado significativo. Este aumento de diámetro sólo se relacionó con la edad. Los aumentos de diámetro son estadísticamente significativos por década hasta los 50 años de edad. La tasa de crecimiento del diámetro disminuye a los 50-80 años de edad y aumenta de nuevo después de los 80 años. También fue estadísticamente significativa la comparación del diámetro aórtico medio de los de 40-49 años (26,2 mm) con los  $\geq 80$  años de edad (29,0 mm). La raza, sexo, EPOC, HTA, DM y tabaquismo carecieron de influencia sustancial. Obviamente, estos cambios fisiológicos apenas son de significado para la población en general, como muestra el diagrama de puntos de la figura 1, donde se observa una amplia varianza entre la edad y los diámetros aórticos. Esta variabilidad dificulta la predicción de

**Fig. 2.** Diámetro aórtico torácico por década. Age Group (Years): grupo de edad (años); Mean Diameter (mm) of Thoracic Aorta (95% CI): diámetro aórtico torácico medio (mm) (intervalo de confianza del 95%).

qué aortas aumentarán de tamaño con el tiempo. Sin embargo, estos hallazgos tienen una implicación sustancial para los pacientes tratados con dispositivos aórticos endoluminales. En la actualidad, no se dispone de un seguimiento a largo plazo para valorar el destino de las aortas tratadas. En 1997, Semba et al<sup>11</sup> publicaron la primera descripción de una corrección endovascular de la aorta torácica para un traumatismo. Su serie incluyó 11 pacientes tratados para patología aórtica torácica aguda. De ellos, sólo tres presentaban dehiscencias traumáticas del istmo aórtico. Los otros fueron tratados para rotura de aneurismas torácicos. Por consiguiente, la modalidad de tratamiento carece del seguimiento clínico necesario para evaluar el significado del cambio aórtico con el tiempo.

En su valor nominal, la consecuencia más intuitiva posible del aumento de tamaño aórtico es la migración de la endoprótesis. Ésta se ha descrito en pacientes tratados por enfermedad aneurismática. Aunque los estudios hasta la fecha han sido a pequeña escala, se ha documentado su migración en el 0-11%<sup>17-19,25-33</sup>. Se ha implicado como

**Tabla II.** Diámetro aórtico en función de la edad

Edad de los pacientes (años)	Número de pacientes	Diámetro aórtico torácico medio (mm)	Valor de p
< 40	131	22,92	< 0,001
≥ 40	869	27,09	

posible complicación mortal como mínimo en un caso<sup>27</sup>. Sin embargo, la patología de la enfermedad aneurismática es claramente diferente de la asociada con la dehiscencia aórtica. Tras haber tenido la oportunidad de reintervenir a pacientes con endoprótesis endovasculares implantadas previamente para un traumatismo aórtico cerrado, hemos observado una intensa reacción fibrosa alrededor de la endoprótesis en el istmo aórtico. Esta reacción parecería favorecer la adhesión de la endoprótesis a la aorta y no a la migración. De hecho, esta reacción podría considerarse la curación aórtica del traumatismo, y la incorporación del injerto podría hacer que el aumento de tamaño del diámetro aórtico fuera discutible.

La complicación más prevalente de la corrección aórtica endovascular continúa siendo la endofuga. En el caso de las endoprótesis torácicas se ha descrito en tasas que varían del 0 al 56%<sup>17,18,28-33</sup>, y el tipo más habitual parece ser el I. Sin embargo, la patología de la dehiscencia aórtica, sin la presencia de saco aneurismático para recibir la fuga, hace que sea una preocupación tardía infrecuente. No obstante, esto es meramente especulativo.

Otro posible factor de confusión es el fracaso de la endoprótesis debido a la fatiga. Jacobs et al<sup>34</sup> evaluaron a 686 pacientes con endoprótesis aórticas implantadas y describieron que casi el 9% mostró pruebas de fatiga incluidas fractura del *stent*, orificios en la endoprótesis y ruptura de la sutura, y que el 18% de las afectadas se localizaba en la aorta torácica. En otro estudio, Ellozy et al<sup>35</sup> describieron unas tasas de fracaso del 3% para las endoprótesis aórticas torácicas. La mayoría de los pacientes de estos dos estudios se sometieron a una intervención aórtica para patología diferente de un traumatismo. Se desconocen las secuelas a largo plazo del fracaso del dispositivo relacionado con fatiga, y es preciso seguir a largo plazo a todos los pacientes portadores de endoprótesis torácicas para una vigilancia sistemática. Este seguimiento es especialmente importante en pacientes jóvenes con traumatismos y cuya esperanza de vida es mucho más prolongada.

A partir de las observaciones durante los 10-15 últimos años, tenemos ciertas indicaciones de que la corrección endovascular con endoprótesis torácicas de la patología aórtica no traumática es bien tolerada

y depara buenos resultados<sup>9-12,14,17-20,30-33</sup>. No obstante, la población tratada para lesiones aórticas traumáticas es diferente de la que recibe otras endoprótesis. Además de ser más jóvenes, en los pacientes con un traumatismo típicamente el seguimiento es menos cuidadoso. Podría demostrarse que es el "tendón de Aquiles" de este tratamiento. La conclusión más importante y clara del presente estudio es que será necesario un seguimiento cuidadoso a largo plazo. Aunque es difícil de obtener en la población que es víctima de un traumatismo, también lo es para pacientes que se consideran sanos a sí mismos (típico de los portadores de endoprótesis). Jones et al<sup>36</sup> evaluaron recientemente las tasas de seguimiento después de corrección aórtica endovascular en nuestro hospital y encontraron que, incluso en los estudios patrocinados por la industria farmacéutica, en un tercio de pacientes el seguimiento fue insuficiente. Cuando se considera que todos los pacientes víctimas de traumatismo evaluados en un centro de traumatología de nivel 1 se caracterizan por una tasa de "pérdida para el seguimiento" de casi el 60%<sup>37-39</sup>, se aprecia mejor la magnitud del problema, que, por supuesto, no tiene una solución simple.

En conclusión, el presente estudio demuestra que el diámetro del istmo aórtico aumenta sustancialmente con la edad. Dado que la mayoría de las lesiones traumáticas afectan a adultos más jóvenes, es inevitable que esta dilatación aórtica tenga algunas consecuencias en pacientes tratados con corrección endovascular mediante implantación de una endoprótesis. Los hallazgos de este estudio sugieren que está justificada una vigilancia a largo plazo para monitorizar la historia natural de estas endoprótesis con el objetivo de evaluar las posibles complicaciones tardías.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Hill DA, Duflou J, Delaney LM. Blunt traumatic rupture of the thoracic aorta: an epidemiological perspective. *J R Coll Surg Edinb* 1996;41:84-87.
- Clark DE, Fantus RJ. National Trauma Data Bank Annual Report 2007, version 7.0. <http://www.facs.org/trauma/ntdb/ntdbannualreport2007.pdf>.
- Annual Estimates of the Population for the United States. US Census Bureau, 2007. <http://www.census.gov/popest/states/tables/NST-EST2007-01.xls>.
- Mattox K, Wall MJ. Historical review of blunt injury to the thoracic aorta. *Chest Surg Clin North Am* 2000;10:167-182.
- Da Silva ES, Rodrigues AJ, Jr, Castro de Tolosa EM, Bueno Pereira PR, Zanoto A, Martins J. Variation of infrarenal aortic diameter: a necropsy study. *J Vasc Surg* 1999;29:920-927.
- Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE, et al. Relationship of age, gender, race, and body size to infrarenal aortic diameter. The Aneurysm Detection and Management (ADAM)

- Veterans Affairs Cooperative Study Investigators. *J Vasc Surg* 1997;26:595-601.
7. Sonesson B, Länne T, Hansen F, Sandgren T. Infraarenal aortic diameter in the healthy person. *Eur J Vasc Surg* 1994;8:89-95.
  8. Wilmink AB, Pleumeekers HJ, Hoes AW, Hubbard CS, Grobbee DE, Quick CR. The infraarenal aortic diameter in relation to age: only part of the population in older age groups shows an increase. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998;16:431-437.
  9. Mitchell RS, Dake MD, Semba CP, et al. Endovascular stent-graft repair of thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;111:1054-1062.
  10. Semba CP, Mitchell RS, Miller DC, et al. Thoracic aortic aneurysm repair with endovascular stent-grafts. *Vasc Med* 1997;2:98-103.
  11. Semba CP, Kato N, Kee ST, et al. Acute rupture of the descending thoracic aorta: repair with use of endovascular stent-grafts. *J Vasc Interv Radiol* 1997;8:337-342.
  12. Mitchell RS. Endovascular stent graft repair of thoracic aortic aneurysms. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1997;9:257-268.
  13. Desranges P, Mialhe C, Cavillon A, et al. Endovascular repair of posttraumatic thoracic pseudoaneurysm with a stent graft. *A J A Am J Roentgenol* 1997;169:1743-1745.
  14. Mitchell RS, Miller DC, Dake MD. Stent-graft repair of thoracic aortic aneurysms. *Semin Vasc Surg* 1997;10:257-271.
  15. Gan JP, Campbell WA. Immediate endovascular stent graft repair of acute thoracic aortic rupture due to blunt trauma. *J Trauma* 2002;52:154-157.
  16. Thompson CS, Rodriguez JA, Ramaiah VG, et al. Acute traumatic rupture of the thoracic aorta treated with endoluminal stent grafts. *J Trauma* 2002;52:1173-1177.
  17. Fattori R, Napoli G, Lovato L, et al. Descending thoracic aortic diseases: stent-graft repair. *Radiology* 2003;229:176-183.
  18. Ishida M, Kato N, Hirano T, Shimono T, Shimpo H, Takeda K. Thoracic CT findings following endovascular stent-graft treatment for thoracic aortic aneurysm. *J Endovasc Ther* 2007;14:333-341.
  19. Bent CL, Matson MB, Sobeh M, et al. Endovascular management of acute blunt traumatic thoracic aortic injury: a single center experience. *J Vasc Surg* 2007;46:920-927.
  20. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA, et al. Prospective study of blunt aortic injury: multicenter trial of the American Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma* 1997;42:374-383.
  21. Litwinski RA, Donayre CE, Chow SL, et al. The role of aortic neck dilation and elongation in the etiology of stent graft migration after endovascular abdominal aortic aneurysm repair with a passive fixation device. *J Vasc Surg* 2006;44:1176-1181.
  22. Cao P, Verzini F, Parlani G, et al. Predictive factors and clinical consequences of proximal aortic neck dilatation in 230 patients undergoing abdominal aorta aneurysm repair with self-expandable stent-grafts. *J Vasc Surg* 2003;37:1200-1205.
  23. Cao P, Verzini F, Zannetti S, et al. Device migration after endoluminal abdominal aortic aneurysm repair: analysis of 113 cases with a minimum follow-up period of 2 years. *J Vasc Surg* 2002;35:229-235.
  24. Resch T, Ivancev K, Brunkwall J, Nyman U, Malina M, Lindblad B. Distal migration of stent-grafts after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol* 1999;10:257-266.
  25. McPhee JT, Asham EH, Rohrer MJ, et al. The midterm results of stent graft treatment of thoracic aortic injuries. *J Surg Res* 2007;138:181-188.
  26. Lawlor DK, Ott M, Forbes TL, Kribs S, Harris KA, DeRose G. Endovascular management of traumatic thoracic aortic injuries. *Can J Surg* 2005;48:293-297.
  27. Czermak BV, Waldenberger P, Perkmann R, et al. Placement of endovascular stent-grafts for emergency treatment of acute disease of the descending thoracic aorta. *A J A Am J Roentgenol* 2002;179:337-345.
  28. Pitton MB, Herber S, Schmiedt W, Neufang A, Dorweiler B, Duber C. Long-term follow-up after endovascular treatment of acute aortic emergencies. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2007.
  29. Lamme B, de Jonge IC, Reekers JA, de Mol BA, Balm R. Endovascular treatment of thoracic aortic pathology: feasibility and mid-term results. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;25:532-539.
  30. Verhoye JP, de Latour B, Heautot JF, et al. Mid-term results of endovascular treatment for descending thoracic aorta diseases in high-surgical risk patients. *Ann Vasc Surg* 2006;20:714-722.
  31. Onitsuka S, Tanaka A, Akashi H, et al. Initial and midterm results for repair of aortic diseases with handmade stent grafts. *Circ J* 2006;70:726-732.
  32. Melissano G, Civilini E, Bertoglio L, Setacci F, Chiesa R. Endovascular treatment of aortic arch aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005;29:131-138.
  33. Sandroussi C, Waltham M, Hughes CF, et al. Endovascular grafting of the thoracic aorta, and evolving therapy: ten-year experience in a single centre. *Aust N Z J Surg* 2007;77:974-980.
  34. Jacobs TS, Won J, Gravereaux EC, et al. Mechanical failure of prosthetic human implants: a 10-year experience with aortic stent graft devices. *J Vasc Surg* 2003;37:16-26.
  35. Ellozy SH, Carroccio A, Minor M, et al. Challenges of endovascular tube graft repair of thoracic aortic aneurysm: midterm follow-up and lessons learned. *J Vasc Surg* 2003;38:676-683.
  36. Jones WB, Taylor SM, Kalbaugh CA, et al. Lost to follow-up: a potential under-appreciated limitation of endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2007;46:434-440.
  37. Neuner B, Flemming M, Born R, et al. Predictors of loss to follow-up in young patients with minor trauma after screening and written intervention for alcohol in an urban emergency department. *J Stud Alcohol Drugs* 2007;68:133-140.
  38. Pape HC, Zelle B, Lohse R, et al. Evaluation and outcome of patients after polytrauma: can patients be recruited for long-term follow-up? *Injury* 2006;37:1197-1203.
  39. Holavanahalli RK, Lezotte DC, Hayes MP, et al. Profile of patients lost to follow-up in the Burn Injury Rehabilitation Model Systems' longitudinal database. *J Burn Care Res* 2006;27:703-712.