

REC: CardioClinics

www.reccardioclinics.org

Temas de actualidad

Selección de lo mejor del año 2022 en patología aórtica



Carlos Ferrera^{a,*}, Artur Evangelista^{b,c}, Alberto Forteza^d,
Manuela María Hernández Mateo^e, Isaac Martínez^e, José F. Rodríguez Palomares^{b,c},
Gisela Teixidó-Turà^{b,c} e Isidre Vilacosta^a

^a Servicio de Cardiología, Instituto Cardiovascular, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^b Departament de Cardiologia, Hospital Vall d'Hebron, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

^c Centro de Investigación Biomédica en Red Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

^d Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario Puerta de Hierro, Majadahonda, Madrid, España

^e Servicio de Cirugía Vascular, Instituto Cardiovascular, Hospital Clínico San Carlos Madrid, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de septiembre de 2022

Aceptado el 28 de octubre de 2022

On-line el 15 de diciembre de 2022

Palabras clave:

Aorta

Síndrome aórtico agudo

Cirugía cardiovascular

Tratamiento endovascular

Imagen cardiovascular

RESUMEN

La patología aórtica agrupa diversas entidades de gran complejidad diagnóstica y terapéutica. El abordaje de los pacientes con aortopatías requiere la colaboración y coordinación de las distintas disciplinas del área cardiovascular. Se resumen en este artículo las publicaciones más importantes en relación con la patología aórtica publicadas en el último año.

© 2022 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Selection of the best of 2022 in aortic disease

ABSTRACT

Aortic pathology includes several complex diseases. Diagnostic and therapeutic approach of aortic patients requires a great effort of collaboration and coordination between cardiovascular specialties. This article summarizes the main publications in the field of aortic pathology during the last year.

© 2022 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords:

Aorta

Acute aortic syndrome

Cardiovascular surgery

Endovascular therapy

Cardiovascular imaging

Abreviaturas: SM, síndrome de Marfan; ARA-II, antagonistas de los receptores de la angiotensina; II DA, disección aórtica; TC, tomografía computarizada; SAA, síndrome aórtico agudo.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carlosferreraduran@gmail.com (C. Ferrera).



@DrFerreraD @giselateixido @masipartur @JRodriPalomares

<https://doi.org/10.1016/j.rccl.2022.10.011>

2605-1532/© 2022 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Introducción

La patología aórtica constituye uno de los grandes retos del área cardiovascular. Las aortopatías agudas y crónicas entrañan una enorme complejidad en su diagnóstico y tratamiento. La cirugía abierta de la aorta está en constante innovación, con el fin de lograr reparaciones más extensas y duraderas, mientras que la terapia endovascular ha supuesto una revolución en el tratamiento del arco aórtico, la aorta descendente y sus ramas.

Una característica diferencial de la patología aórtica es la estrecha interacción entre los especialistas que intervienen en el proceso diagnóstico y terapéutico, que exige un enorme esfuerzo de colaboración interdisciplinar. Por tratarse de una patología con una frecuencia relativamente baja y con gran variabilidad interindividual, la evidencia científica se asienta en estudios observacionales, con escasez de ensayos clínicos aleatorizados. Se recogen las publicaciones más relevantes durante este año.

Genética y patología aórtica

En el campo de la aortopatía genética, los avances se han concentrado en la definición de marcadores de riesgo. El grupo de Jondeau et al.¹ ha realizado un estudio observacional, recopilando datos de 1.575 pacientes con síndrome de Marfan (SM) para evaluar correlaciones genotipo-fenotipo. Observaron que las variantes en el gen de la *FBN1* con codón de terminación prematuro se asociaron con una esperanza de vida más corta y un mayor riesgo de eventos aórticos. Se recomienda el uso de la tabla de riesgo publicada en el artículo como guía para el asesoramiento genético.

En cuanto a marcadores de imagen, Lopez-Sainz et al.² han publicado un estudio observacional que muestra que la presencia de aneurismas de ramas aórticas en pacientes con SM es frecuente (26,7%) y su presencia aumenta el riesgo de requerir intervención aórtica en el seguimiento, más allá del diámetro aórtico. A pesar de que las complicaciones observadas en estos aneurismas son escasas, podrían ayudar a definir a aquellos pacientes con una progresión más rápida de la aortopatía.

Se ha publicado un estudio multicéntrico español³ sobre las complicaciones en gestantes con SM. Se trata de un estudio retrospectivo longitudinal en el que se incluyeron 133 gestaciones en pacientes con SM. Sus resultados refuerzan la necesidad de un consejo pregestacional experto y un seguimiento en unidades especializadas.

Muy recientemente se han presentado los resultados de la Marfan Treatment Trialist' Collaboration, un metaanálisis de 7 ensayos clínicos en pacientes con SM y tratamiento con antagonistas de los receptores de la angiotensina II (ARA-II) o bloqueadores beta, que ha incluido 1.442 pacientes no operados. Sus resultados muestran que, en pacientes con SM, el tratamiento con ARA-II reduce a la mitad la tasa de crecimiento de la raíz aórtica, incluso en los pacientes en tratamiento con bloqueadores beta. El efecto de los bloqueadores beta fue similar al de los ARA-II. Si se asume un efecto aditivo de ambos fármacos, la combinación de la terapia con ARA-II

y bloqueadores beta podría lograr reducciones mayores en el crecimiento aórtico que con cada uno de ellos por separado⁴.

En relación con los marcadores de imagen, clásicamente se ha considerado que los pacientes con síndrome de Loeys-Dietz presentan un peor pronóstico respecto al SM. No obstante, datos recientes derivados de resonancia magnética y flujo 4D (RM-4D) han mostrado que las propiedades biomecánicas de la pared aórtica y los parámetros de flujo son similares en ambas entidades⁵. Estos parámetros podrían incorporarse en un futuro dentro de los marcadores de riesgo de progresión de la enfermedad.

También es relevante la publicación de VASCERN sobre el seguimiento de los pacientes con síndrome de Ehlers-Danlos vascular⁶ en centros de referencia europeos, por ser esta una entidad muy poco frecuente y con alta repercusión en la morbilidad precoz de los pacientes.

Aneurismas de la aorta torácica

Existe poca información de la progresión de la dilatación de la aorta torácica. En este sentido, destaca un estudio poblacional realizado en Dinamarca en el que se incluyeron 14.989 pacientes de entre 60 y 74 años con el objetivo de identificar factores predictores de dilatación de la aorta y establecer perfiles de riesgo⁷. El predictor más importante de dilatación de un segmento de la aorta fue la presencia de dilatación de otro segmento. En la misma línea, en una serie prospectiva de 331 pacientes⁸ con aneurisma de aorta abdominal (>40 mm) se evidenció que el 55% de los pacientes tenían dilatación de aorta torácica y el 7,6% aneurisma de aorta torácica. Estos resultados apoyan la importancia de valorar toda la aorta cuando se detecta la dilatación de algún segmento.

En lo relativo a la evolución y pronóstico de los pacientes con dilatación aórtica, en un estudio prospectivo realizado por el National Health Service del Reino Unido⁹ se valoró la evolución de pacientes con dilatación (>40 mm) de arco o aorta descendente. En esta serie se describe una supervivencia del 92,4% y del 77,6% a los 12 y 36 meses, respectivamente, y documentan que la progresión en la dilatación anual de la aorta descendente es de 2 mm (1,7-2,4) mientras que en el arco es de solo 0,7 mm (0,2-1,2). Si se ajusta por variables clínicas y comorbilidades, la mortalidad solo se relacionó de forma significativa con el diámetro basal (Hazard Ratio [HR]=1,88) y con el crecimiento anual (HR=2,02 por cm). Los resultados del estudio apoyan que hacer un control anual con técnicas de imagen es suficiente y plantean la indicación quirúrgica individualizada por edad y comorbilidades.

A pesar de las diferencias anatómicas, embriológicas y fisiológicas entre la raíz aórtica y la aorta ascendente, las guías de práctica clínica les han otorgado la misma consideración en cuanto a las recomendaciones de seguimiento y tratamiento quirúrgico. Sin embargo, los resultados del estudio del grupo de Yale¹⁰ en el que se incluyeron 1.162 pacientes mostraron que la dilatación de la raíz de aorta tiene peor pronóstico que la dilatación del segmento tubular. Una limitación del estudio fue que incluyeron patologías genéticas como SM, válvula aórtica bicúspide y otras patologías. No se puede descartar que el peor pronóstico de la afectación de la raíz pueda estar más en relación con la enfermedad subyacente que con el segmento

afecto. Los autores proponen una modificación del punto de corte eficaz para indicar cirugía preventiva de la raíz de aorta en 50 mm y de la aorta ascendente tubular en 52,5 mm. Sin embargo, no ofrecen el punto de corte indexado por la talla del paciente para indicar cirugía. Hasta el momento actual, las recomendaciones de cirugía continúan basándose en el diámetro aórtico no indexado. Este aspecto debería abordarse en futuros trabajos de cara a individualizar aún más la decisión de la intervención quirúrgica.

Diagnóstico por imagen en patología aórtica

El avance en las técnicas de imagen cardiovascular ha incrementado el conocimiento de la fisiopatología aórtica. Además, ha permitido una mejor monitorización de su crecimiento más allá del diámetro y la obtención de predictores precisos para estratificar el riesgo de eventos en pacientes con aortopatías.

Los mapas de deformación vascular obtenidos mediante estudios consecutivos de tomografía computarizada (TC) (fig. 1) permiten localizar la región aórtica concreta donde se está produciendo su crecimiento, y con precisión superior a la medida manual de los diámetros^{11,12}. Además, mediante estudios de tomografía con emisión de positrones y TC se ha podido determinar de forma reproducible y exacta la presencia de placas ateroscleróticas con actividad metabólica¹³, que se asocia con una mayor tasa de ictus isquémicos (HR = 10,3)¹⁴.

El auge de la inteligencia artificial también se ha desarrollado en el campo de la patología aórtica, fundamentalmente con el objetivo de facilitar la segmentación aórtica para un análisis más rápido y, también, para la obtención de parámetros hemodinámicos de forma automática y reproducible¹⁵⁻¹⁷.

En pacientes con válvula aórtica bicúspide, la dilatación aórtica está presente hasta en un 80% de los casos. Recientemente, 3 estudios prospectivos han demostrado la implicación de parámetros hemodinámicos derivados de secuencias de RM-4D en la dilatación aórtica. Concretamente, el estrés por cizallamiento de pared (conocido por sus siglas en inglés como *wall shear stress*) se postula como el mejor predictor de dilatación aórtica en válvula aórtica bicúspide¹⁸⁻²⁰.

Finalmente, tras una disección aórtica (DA), diversos factores metabólicos y hemodinámicos se han correlacionado con una mayor dilatación aórtica y un aumento del riesgo de eventos²¹. Desde el punto de vista hemodinámico, el incremento de presión en la falsa luz se ha asociado a un mayor crecimiento aórtico. En este sentido, la presencia de un flujo retrógrado incrementado en la falsa luz valorado mediante secuencias de contraste de fase 2D de RM²² o mediante secuencias de RM-4D²³ constituyen predictores de dilatación aórtica, especialmente cuando el flujo sistólico anterógrado de la falsa luz supera el 30% del flujo anterógrado total de la aorta. Además, un incremento del flujo rotacional o de la rigidez de la pared aórtica también se ha asociado a una mayor tasa de crecimiento²⁴.

Síndrome aórtico agudo

La descripción de las características morfológicas de cada uno de los 4 tipos de patología aórtica que conforman el síndrome

aórtico agudo (SAA) se pormenoriza en la última revisión sobre esta enfermedad²⁵. Además, se propone un algoritmo diagnóstico sencillo para su aplicación en los servicios de urgencias y que tiene por objetivo la detección precoz de estos pacientes y evitar la realización de exploraciones radiológicas innecesarias (fig. 2)^{25,26}. La TC sigue siendo la prueba diagnóstica de elección²⁵. En la mayoría de los casos las imágenes por TC son claras²⁵. Sin embargo, conviene tener en cuenta algunas claves radiológicas que facilitan la interpretación de las imágenes en casos complicados y ayudan al diagnóstico diferencial con otras entidades^{25,27}.

El SAA conlleva una elevada mortalidad y una alta tasa de complicaciones, incluso tras la reparación aórtica. Disponemos de predictores clínicos y morfológicos (TC) que contribuyen a señalar qué pacientes se pueden complicar²⁵. Recientemente, se ha utilizado 18F marcado con fluoruro sódico en pacientes con SAA, un trazador capaz de localizar áreas de microcalcificación antes de que los depósitos de calcio sean evidentes por TC²¹. Tras la administración de 18F marcado con fluoruro sódico, se analizó la actividad del trazador en la pared aórtica mediante tomografía por emisión de positrones o TC. La aorta de los pacientes con SAA tenía mayor actividad que la de los controles y ello se asoció a una mayor tasa de expansión aórtica y a un mayor número de eventos aórticos adversos²¹. Es un estudio con pocos pacientes, pero indica que el papel de las técnicas de imagen funcionales es complementario al que aporta la imagen estructural.

Al analizar las 3 ediciones del Registro Español del SAA se observa una disminución de la mortalidad del SAA tipo A que coincide con un incremento del número de pacientes intervenidos. En el SAA tipo B, el tratamiento endovascular se asoció a una mayor supervivencia²⁸. Los pacientes con SAA requieren un enfoque terapéutico personalizado. Es cada vez más frecuente la combinación de procedimientos vasculares y endovasculares y también la participación conjunta de cirujanos cardíacos y vasculares en un mismo paciente. La centralización de los pacientes con SAA en hospitales de alto volumen y en cirujanos experimentados en patología aórtica es clave en el resultado final^{25,26,29}.

Cirugía de la aorta ascendente y el cayado aórtico

En el campo de la cirugía del SAA, cabe destacar el documento de consenso para el tratamiento de la DA tipo A de la American Association for Thoracic Surgery³⁰. Se mantienen debates abiertos en el tipo de cirugía a realizar en la raíz y la válvula aórtica. Grupos como el de Leipzig han publicado excelentes resultados de la cirugía de reimplante valvular en la DA³¹. Por otro lado, el análisis realizado por parte del consorcio canadiense refleja la ausencia de diferencias en la supervivencia a 4 años entre pacientes que reciben prótesis aórticas mecánicas o biológicas³². Finalmente, la reciente publicación del registro japonés sobre cirugía en la DA tipo A, que incluyó 29.486 pacientes, muestra una mortalidad temprana del 11%, estable a lo largo de los años³³.

En relación con la cirugía electiva de la aorta, existe un gran interés por establecer los criterios que deben guiar la cirugía profiláctica. Por un lado, se han analizado los diámetros

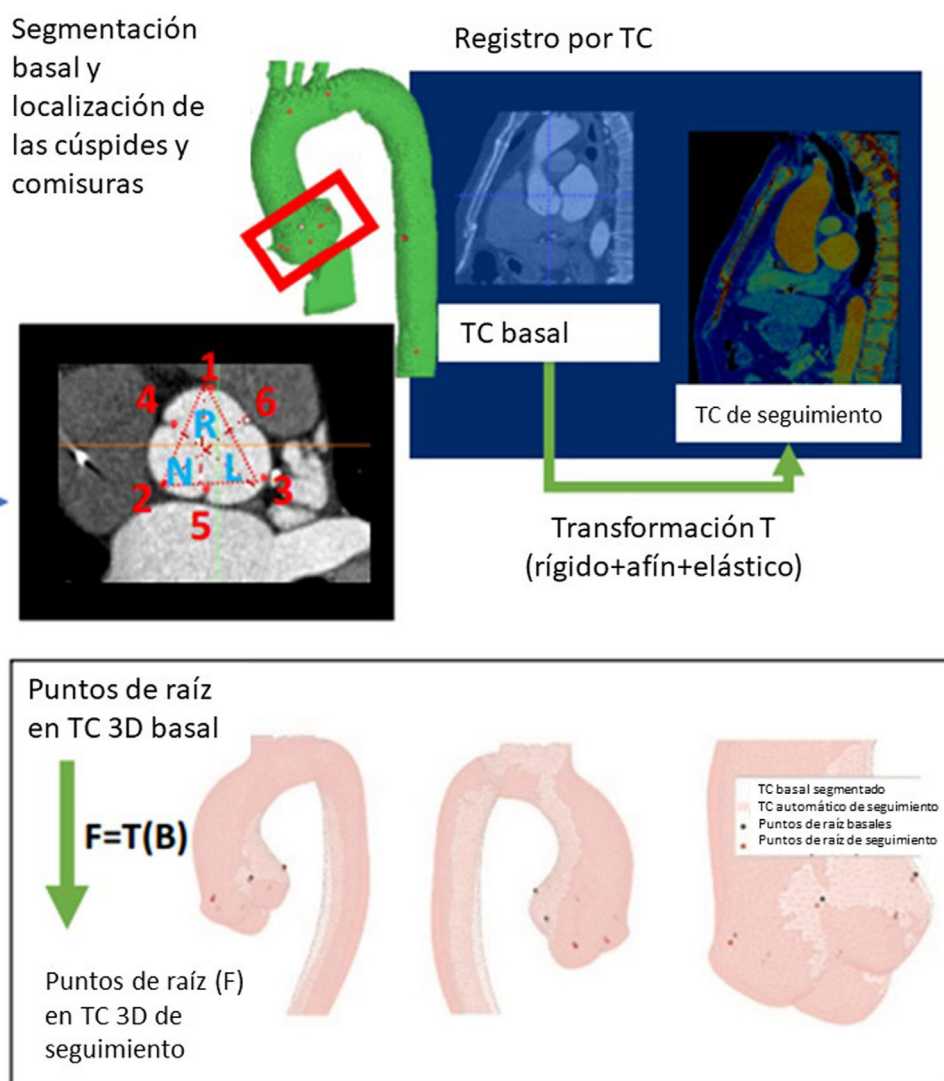


Figura 1 – Corregistro de diferentes estudios de tomografía computarizada (TC) en un mismo paciente; y obtención del mapa de deformación vascular con el fin de valorar las regiones con mayor crecimiento (zonas más claras).

que sientan la recomendación de cirugía, no solo en el SM y otras conectivopatías, sino también en pacientes sin enfermedades del tejido conectivo³⁴. Es interesante el estudio de Tozzi et al., donde analizaron retrospectivamente 102 pacientes sin conectivopatías con DA tipo A, y observaron que el 88% tenían diámetros de aorta menores a 45 mm³⁵. Este tipo de estudios refleja la necesidad de reevaluar las recomendaciones actuales de cirugía profiláctica sobre la aorta ascendente. Con respecto a la cirugía de preservación de la válvula aórtica en pacientes con aneurismas de raíz de aorta y conectivopatías, la serie de Forteza et al. obtiene excelentes resultados. En 157 pacientes, la ausencia de insuficiencia > grado II, reintervención y DA tipo B tras 15 años de seguimiento fue del 90, 96 y 87%, respectivamente³⁶.

En lo relativo al impacto de las comorbilidades sobre la cirugía, se evaluó el efecto de la edad en la cirugía de arco aórtico a partir de los datos del registro canadiense³⁷. Se observó que la mortalidad en el grupo mayor de 75 años es 3 veces mayor que en los menores de 65 años. El mismo grupo ha creado una

calculadora de riesgo para la cirugía de arco que podría ser de utilidad para establecer recomendaciones³⁸.

La cirugía del arco aórtico continúa siendo un reto técnico y con una tasa de complicaciones elevada. El estudio realizado por Hage et al.³⁹ comparó la técnica de *frozen elephant trunk* con la trompa convencional. Los resultados revelaron una menor mortalidad hospitalaria en el grupo de *frozen elephant trunk*, con similares tasas de eventos neurológicos y paraplejía. Estos estudios hacen que se planteen la creación de nuevas y mejores prótesis para el *frozen elephant trunk*, como la desarrollada por el grupo de Viena, con una rama para la arteria subclavia izquierda⁴⁰.

Tratamiento quirúrgico y endovascular del cayado y la aorta descendente

En lo referente al tratamiento endovascular del arco aórtico existe un continuo desarrollo tecnológico. Recientemente se

Algoritmo para la toma de decisiones sobre la realización de angioTC en base al perfil de riesgo

Considerar los factores de riesgo en el Primer paso: Se asigna 1 punto si el paciente presenta al menos un elemento en alguna de las categorías

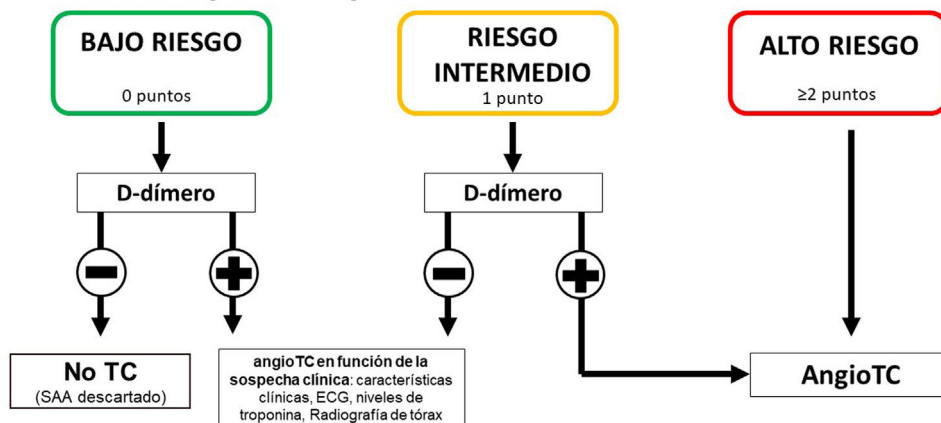


Figura 2 – Algoritmo para la toma de decisiones y la realización de tomografía computarizada en pacientes con sospecha de síndrome aórtico agudo. ECG: electrocardiograma; SAA: síndrome aórtico agudo; TC: tomografía computarizada. Reproducido con permiso de Ferrera et al.²⁶.

ha publicado una revisión por parte de Brown et al.⁴¹ acerca de los resultados de las diferentes alternativas endovasculares en el tratamiento del arco aórtico. Se recogen cifras de éxito técnico del 84,4-100%, con una mortalidad operatoria del 13,2% y cifras de ictus de hasta el 20%. Tenorio et al.⁴² publicaron los resultados de un estudio multicéntrico acerca de la aplicabilidad y la seguridad de la terapia endovascular empleando dispositivos «a medida» con 3 ramas internas (Cook Medical, Estados Unidos) para el tratamiento de aneurismas tanto degenerativos como posdissección. Incluyeron de forma retrospectiva a 39 pacientes de alto riesgo para cirugía abierta. El éxito técnico fue del 100% y el evento combinado de muerte o ictus ocurrió en un 8% de los casos. Los resultados iniciales de los dispositivos que más se emplean en la actualidad Nexus (Endospan, Israel) y RelayBranch (Terumo Aortic, Reino Unido), muestran cifras de mortalidad del 7-9%, con tasas variables de ictus del 3,6 al 19%^{43,44}.

Con respecto a la aorta torácica descendente, la terapia endovascular se ha consolidado como la primera elección cuando se requiere una intervención sobre este segmento de la aorta. En este sentido se ha desarrollado un documento de consenso conjunto impulsado por la Sociedad Europea de Cardiología y la European Association for Cardio-Thoracic Surgery en el que se detallan las recomendaciones, indicaciones y contraindicaciones de la reparación endovascular en la patología aórtica aguda y crónica⁴⁵.

En los pacientes con SAA tipo B, la reparación endovascular debe individualizarse de acuerdo con las características del paciente, la presencia de complicaciones y la extensión de la lesión. Se han publicado recientemente los resultados a 5 años de un ensayo clínico en el que se compara la estrategia de TEVAR frente a TEVAR con prolongación mediante stent metálico. Esta última estrategia se asoció con una mayor supervivencia a largo plazo, y más trombosis de la falsa luz⁴⁶.

Conclusiones

Existe un gran interés por el estudio y tratamiento de la patología aórtica. Las técnicas de imagen son una pieza fundamental y su desarrollo tecnológico nos permite un diagnóstico más preciso y una mejor anticipación de las complicaciones. El tratamiento de la patología aórtica requiere de un gran esfuerzo interdisciplinar para mejorar los resultados. La centralización de los pacientes con SAA en hospitales de alto volumen con experiencia en patología aórtica es esencial para mejorar el pronóstico de los pacientes con SAA.

Financiación

El artículo no ha recibido financiación alguna

Contribución de los autores

Todos los autores han contribuido significativamente en la concepción y organización del manuscrito. Todos los autores han contribuido significativamente en la redacción del manuscrito en su versión inicial y correcciones posteriores. Todos los autores han revisado el manuscrito en su contenido completo y han aprobado la versión final del mismo. Todos los autores están de acuerdo con el contenido del artículo y garantizan la veracidad y precisión de cualquier parte del trabajo. Los autores se declaran responsables del contenido del presente trabajo.

Conflicto de intereses

Ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arnaud P, Milleron O, Hanna N, et al. Clinical relevance of genotype-phenotype correlations beyond vascular events in a cohort study of 1500 Marfan syndrome patients with FBN1 pathogenic variants. *Genet Med*. 2021;23:1296–1304.
2. Lopez-Sainz A, Mila L, Rodriguez-Palomares J, et al. Aortic branch aneurysms and vascular risk in patients with Marfan syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 2021;77:3005–3012.
3. Martín CE, Evangelista A, Teixidó G, et al. Aortic events in pregnant patients with Marfan syndrome. Lessons from a multicenter study. *Rev Esp Cardiol*. 2022;75:552–558.
4. Pitcher A, Spata E, Emberson J, et al., Marfan Treatment Trialists' Collaboration. Angiotensin receptor blockers and β blockers in Marfan syndrome: An individual patient data meta-analysis of randomised trials. *Lancet*. 2022;400:822–831.
5. Ruiz-Muñoz A, Guala A, Rodriguez-Palomares J, et al. Aortic flow dynamics and stiffness in Loeys-Dietz syndrome patients: A comparison with healthy volunteers and Marfan syndrome patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23:641–649.
6. Van de Laar IMBH, Baas AF, de Backer J, et al. Surveillance and monitoring in vascular Ehlers-Danlos syndrome in European Reference Network For Rare Vascular Diseases (VASCERN). *Eur J Med Genet*. 2022;65:104557.
7. Obel LM, Diederichsen AC, Steffensen FH, et al. Population-based risk factors for ascending, arch, descending, and abdominal aortic dilations for 60–74-year-old individuals. *J Am Coll Cardiol*. 2021;78:201–211.
8. Gaudry M, Barral PA, Blanchard A, et al. Prevalence of thoracic aortic aneurysms in patients with degenerative abdominal aortic aneurysms: Results from the Prospective ACTA Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2021;61:930–937.
9. Sharples L, Sastry P, Freeman C, et al. Aneurysm growth, survival, and quality of life in untreated thoracic aortic aneurysms: The effective treatments for thoracic aortic aneurysms study. *Eur Heart J*. 2022;43:2356–2369.
10. Kalogerakos PD, Zafar MA, Li Y, et al. Root dilatation is more malignant than ascending aortic dilation. *J Am Heart Assoc*. 2021;10:e020645, <http://dx.doi.org/10.1161/JAHA.120.020645>.
11. Burris NS, Bian Z, Dominic J, et al. Vascular deformation mapping for CT surveillance of thoracic aortic aneurysm growth. *Radiology*. 2022;302:218–225.
12. Dux-Santoy L, Rodríguez-Palomares JE, Teixidó-Turà G, et al. Registration-based semi-automatic assessment of aortic diameter growth rate from contrast-enhanced computed tomography outperforms manual quantification. *Eur Radiol*. 2022;32:1997–2009.
13. Fletcher AJ, Lembo M, Kwiecinski J, et al. Quantifying microcalcification activity in the thoracic aorta. *J Nucl Cardiol*. 2022;29:1372–1385.
14. Fletcher AJ, Tew YY, Tzolos E, et al. Thoracic aortic 18F-sodium fluoride activity and ischemic stroke in patients with established cardiovascular disease. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15:1274–1288.
15. Franco P, Sotelo J, Guala A, et al. Identification of hemodynamic biomarkers for bicuspid aortic valve induced aortic dilation using machine learning. *Comput Biol Med*. 2022;141:105147.
16. Garrido-Oliver J, Aviles J, Córdova MM, et al. Machine learning for the automatic assessment of aortic rotational flow and wall shear stress from 4D flow cardiac magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*. 2022;32:7117–7127.
17. Sotelo J, Franco P, Guala A, et al. Fully three-dimensional hemodynamic characterization of altered blood flow in bicuspid aortic valve patients with respect to aortic dilatation: A finite element approach. *Front Cardiovasc Med*. 2022, <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2022.885338>.
18. Guala A, Dux-Santoy L, Teixido-Tura G, et al. Wall shear stress predicts aortic dilation in patients with bicuspid aortic valve. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15:46–56.
19. Minderhoud SCS, Roos-Hesselink JW, Chelu RG, et al. Wall shear stress angle is associated with aortic growth in bicuspid aortic valve patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022, <http://dx.doi.org/10.1093/ehjci/jeab290>.
20. Soulat G, Scott MB, Allen BD, et al. Association of regional wall shear stress and progressive ascending aorta dilation in bicuspid aortic valve. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15:33–42.
21. Syed MBJ, Fletcher AJ, Debono S, et al. 18F-sodium fluoride positron emission tomography and computed tomography in acute aortic syndrome. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15:1291–1304.
22. Evangelista A, Pineda V, Guala A, et al. False lumen flow assessment by magnetic resonance imaging and long-term outcomes in uncomplicated aortic dissection. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79:2415–2427.
23. Burris NS, Nordsletten DA, Sotelo JA, et al. False lumen ejection fraction predicts growth in type B aortic dissection: Preliminary results. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020;57:896–903.
24. Ruiz-Muñoz A, Guala A, Dux-Santoy L, et al. False lumen rotational flow and aortic stiffness are associated with aortic growth rate in patients with chronic aortic dissection of the descending aorta: A 4D flow cardiovascular magnetic resonance study. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2022;24:20.
25. Vilacosta I, San Román JA, di Bartolomeo R, et al. Acute aortic syndrome revisited: JACC State-of-the-Art review. *J Am Coll Cardiol*. 2021;78:2106–2125.
26. Ferrera C, Martínez I, Ramos I, et al. Acute aortic syndrome: Current perspectives and future directions. *J Vasc Surg*. 2022;10:464.
27. Steinbrecher KL, Marquis KM, Bhalla S, Mellnick VM, Ohman JW, Raptis CA. CT of the difficult acute aortic syndrome. *Radiographics*. 2022;42:69–86.
28. Evangelista Masip A, López-Sainz Á, Barros Membrilla AJ, et al. Spanish Registry of Acute Aortic Syndrome (RESA). Changes in therapeutic management and lower mortality in acute aortic syndrome. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2022;75:816–824.
29. Ferrera C, Vilacosta I, Busca P, Martín Martínez A, Serrano FJ, Maroto Castellanos LC. Aorta Code: a pilot study of a health care network for patients with acute aortic syndrome. *Rev Esp Cardiol*. 2022;75:95–98.
30. Malaisrie SC, Szeto WY, Halas M, et al. 2021 The American Association for Thoracic Surgery expert consensus document: Surgical treatment of acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;162:735–758.e2.
31. Khachatryan Z, Herajärvi J, Leontyev S, Borger MA. Valve-sparing aortic root replacement can be done safely and effectively in acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;164:814–819.
32. Loo G, Gleason TG, Myrmel T, et al. Effect of aortic valve type on patients who undergo type A aortic dissection repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;34:479–487.
33. Okita Y, Kumamaru H, Motomura N, Miyata H, Takamoto S. Current status of open surgery for acute type A aortic dissection in Japan. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;164:785–794.e1.
34. Martín C, Evangelista A, Serrano-Fiz S, et al. Aortic complications in Marfan syndrome: Should we anticipate preventive aortic root surgery? *Ann Thorac Surg*. 2020;109:1850–1857.
35. Tozzi P, Gunga Z, Niclauss L, et al. Type A aortic dissection in aneurysms having modelled pre-dissection maximum diameter below 45mm: Should we implement current

- guidelines to improve the survival benefit of prophylactic surgery? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2021;5:473–478.
36. Forteza Gil A, Martinez-Lopez D, Centeno J, et al. Aortic valve reimplantation in patients with connective tissue syndromes: A 15-year follow-up. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2022, <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezac149>.
 37. Chung J, Stevens LM, Chu MWA, et al., Canadian Thoracic Aortic Collaborative (CTAC). The impact of age on patients undergoing aortic arch surgery: Evidence from a multicenter national registry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;162:759–766.e1.
 38. Guo MH, Stevens LM, Chu MWA, et al. Risk score for arch reconstruction under circulatory arrest with hypothermia: The ARCH score. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2022.02.042>.
 39. Hage A, Hage F, Dagenais F, et al. Frozen elephant trunk for aortic arch reconstruction is associated with reduced mortality as compared to conventional techniques. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2022;34:386–392.
 40. Grabenwöger M, Mach M, Mächler H, et al. Taking the frozen elephant trunk technique to the next level by a stented side branch for a left subclavian artery connection: a feasibility study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2021;59:1247–1254.
 41. Brown JA, Arnaoutakis GJ, Szeto WY, Serna-Gallegos D, Sultan I. Endovascular repair of the aortic arch: State of the art. *J Card Surg.* 2021;36:4292–4300.
 42. Tenorio ER, Oderich GS, Kölbel T, et al. Multicenter global early feasibility study to evaluate total endovascular arch repair using three-vessel inner branch stent-grafts for aneurysms and dissections. *J Vasc Surg.* 2021;74:1055–1065.e4.
 43. Planer D, Elbaz-Greener G, Mangialardi N, et al. NEXUS Arch: A multicenter study evaluating the initial experience with a novel aortic arch stent graft system. *Ann Surg.* 2021. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004843>.
 44. Czerny M, Berger T, Kondov S, et al. Results of endovascular aortic arch repair using the Relay Branch system. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2021;60:662–668.
 45. Czerny M, Pacini D, Aboyans V, et al. Current options and recommendations for the use of thoracic endovascular aortic repair in acute and chronic thoracic aortic disease: An expert consensus document of the European Society for Cardiology (ESC) Working Group of Cardiovascular Surgery, the ESC Working Group on Aorta and Peripheral Vascular Diseases, the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) of the ESC and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2021;59:65–73.
 46. Lin Y, Dong S, Luo J, et al. Satisfactory long-term outcomes of thoracic endovascular aortic repair with a bare stent for acute complicated type B aortic dissections. *J Endovasc Ther.* 2021;28:275–282.