



Revista argentina de cardiología

ISSN: 0034-7000

ISSN: 1850-3748

Sociedad Argentina de Cardiología

Fortunato, Germán A.; Misfeld, Martin; David, Tirone; Feindel, Christopher M.; Scha#Fers, Hans-Joachim; Borger, Michael A.; Coselli, Joseph; Marenchino, Ricardo G.; Kotowicz, Vadim

Encuesta multinacional y transversal sobre las controversias del reemplazo de la raíz aórtica con conservación valvular

Revista argentina de cardiología, vol. 91, núm. 2, 2023, Marzo-Abril, pp. 125-137

Sociedad Argentina de Cardiología

DOI: <https://doi.org/10.7775/rac.es.v91.i2.20612>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305377366005>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)

LUZEM 

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Encuesta multinacional y transversal sobre las controversias del reemplazo de la raíz aórtica con conservación valvular

Multinational and Cross-Sectional Survey on Valve-Sparing Aortic Replacement Controversies

GERMÁN A. FORTUNATO^{1,2,*}, MARTIN MISFELD^{3,B,C,D,E}, TIRONE DAVID², CHRISTOPHER M. FEINDEL², HANS-JOACHIM SCHÄFFERS⁴, MICHAEL A. BORGER^{3A}, JOSEPH COSELLI⁵, RICARDO G. MARENCHINO¹, VADIM KOTOWICZ¹

RESUMEN

Introducción: El reemplazo de la raíz aórtica con conservación valvular (valve-sparing aortic root replacement, VSAR) se ha consolidado como un procedimiento eficaz para el tratamiento del aneurisma de la raíz aórtica, la enfermedad de Marfan, la válvula bicúspide y la disección aórtica. Sin embargo, es necesario llegar a una opinión unánime sobre los aspectos clave del VSAR.

Material y métodos: Se realizó una revisión bibliográfica de los debates y controversias más frecuentes del VSAR. A partir de esta información se elaboró una encuesta en línea que se envió a cirujanos con experiencia comprobada en VSAR para conocer su opinión sobre los factores relacionados con los pacientes, los aspectos técnicos, la ecocardiografía, la investigación, la formación y el futuro del VSAR.

Resultados: Veinte cirujanos completaron la encuesta. Según 14 de cada 20 encuestados, la fracción de eyección grave se consideró una contraindicación para el llevar a cabo este procedimiento. El límite del diámetro del anillo aórtico para la remodelación fue heterogéneo entre los participantes. Todos ellos consideraron que el VSAR es un procedimiento seguro para los pacientes con síndrome de Marfan y válvula bicúspide. En el caso de disección de tipo A, 11 de cada 20 prefirieron este procedimiento solo para los pacientes jóvenes. En lo que respecta al tamaño del injerto, la altura del triángulo intervalvar (8/20) y el diámetro sinotubular (7/20) fueron los más frecuentes. Los cirujanos informaron una tasa de fracaso del 7% en la conversión al procedimiento de Bentall, y un cambio de estrategia intraoperatoria del 26%. No se consideró que un abordaje mínimamente invasivo mejorara los resultados. La mayoría de los cirujanos coincidieron en que el VSAR lo deben realizar cirujanos con mucha experiencia.

Conclusiones: El VSAR ha sido aceptado como una opción terapéutica para el aneurisma de la raíz aórtica, y, aunque todavía no es posible llegar a un consenso definitivo, se presenta la valiosa experiencia de los cirujanos más destacados en este campo.

Palabras clave: Insuficiencia de la Válvula Aórtica - Implantación de Prótesis de Válvulas Cardíacas - Estudios Transversales - Encuestas y Cuestionarios - Argentina

ABSTRACT

Background: The valve-sparing aortic root replacement (VSAR) has been established as a successful procedure for aortic root aneurysms, Marfan's, bicuspid valves, and aortic dissections. However, there is a need for a consensus opinion regarding key aspects of VSAR.

Methods: A literature review was performed regarding the most frequent debates and controversies in VSAR. An online survey was developed based on this information, and sent to surgeons with known expertise in VSAR regarding their opinion on patient-related factors, technical aspects, echocardiography, research, training, and the future of VSAR.

REV ARGENT CARDIOL 2023;91:125-137. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v91.i2.20612>

Recibido: 15/11/2022 - Aceptado: 04/02/2023

Autor para correspondencia: Germán A. Fortunato - Departamento de Cirugía Cardiovascular, Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina - (05411) 4959-0200 Fax: (54) 4959-5804

Departamento de Cirugía Cardíaca, Peter Munk Cardiac Centre, Toronto General Hospital, Toronto, Canadá. 416-341-313.

german.fortunato@hospitalitaliano.org.ar

german.fortunato@uhn.ca

*GF y MM comparten la autoría.

No se declaró ningún tipo de financiación.

¹ Departamento de Cirugía Cardiovascular, Hospital Italiano de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

² Departamento de Cirugía Cardíaca, Peter Munk Cardiac Centre, Toronto General Hospital, Toronto, Canadá

^{3a} Departamento Universitario de Cirugía Cardíaca, Heart Center, University of Leipzig, Leipzig, Alemania

^{3b} Departamento de Cirugía Cardiorrástica, Royal Prince Alfred Hospital, Sídney, Australia;

^{3c} Institute of Academic Surgery, RPAH, Sídney, Australia

^{3d} The Baird Institute of Applied Heart and Lung Surgical Research, Sídney, Australia

^{3e} Sydney Medical School, University of Sydney, Australia

⁴ Departamento de Cirugía Cardiovascular y Torácica, Saarland University Medical Center, Homburg/Saar, Alemania

⁵ División de Cirugía Cardiorrástica, Departamento de Cirugía de Michael E. DeBakey, Baylor College of Medicine, Houston, EE.UU.

Results: Twenty surgeons completed the survey. The reduction of left ventricular ejection fraction was considered a contraindication to VSAR when severe by 14/20 surveyed. The aortic annulus diameter cutoff point for the remodeling was heterogeneous among participants. All of them felt that VSAR is safe for the Marfan's syndrome population and bicuspid valves. For type A dissections, 11/20 preferred this procedure only in young patients. Regarding to graft sizing, the height of the interleaflet triangle (8/20) and the sino-tubular diameter (7/20) were the more frequent considered parameters. Surgeons reported a 7% of failure rate, leading to conversion to Bentall surgery, and a 26% change of strategy intraoperatively. A minimally invasive approach was not considered to improve results. Most of the surgeons agreed that VSAR should be performed by high-experienced surgeons.

Conclusions: The VSAR has been accepted as a treatment option for the aortic root's aneurysms, and even though there is still not possible to reach a final consensus, a valuable experience from the most relevant surgeons in the field is presented.

Key word: Aortic Valve Insufficiency - Heart Valve Prosthesis Implantation - Cross-Sectional Studies - Surveys and Questionnaires - Argentina

INTRODUCCIÓN

A partir de las primeras descripciones de Tirone David y Magdi Yacoub (1,2), el reemplazo de la raíz aórtica con conservación valvular (*valve-sparing aortic replacement*, VSAR) se ha establecido como un procedimiento eficaz para el tratamiento del aneurisma de la raíz aórtica.

El VSAR ofrece ventajas específicas en comparación con el reemplazo convencional de la raíz aórtica con conducto valvular, entre las que se incluyen la disminución de la posibilidad de trombosis valvular, tromboembolia, hemorragias asociadas con la anticoagulación, deterioro estructural de la válvula y endocarditis. (3,4) La conservación de la válvula aórtica nativa se ha convertido en una opción atractiva para evitar estos eventos indeseables.

Fundamentalmente existen dos tipos de técnicas de VSAR: el reimplante y la remodelación. En ambas se extirpa la raíz aórtica y se conserva la válvula nativa, pero hay diferencias en cuanto a los aspectos técnicos. En el reimplante, el injerto de dacrón se fija a la altura del anillo aórtico, lo que otorga soporte a esta estructura. En la remodelación, el injerto se sutura a la altura de los senos aórticos. Esta última técnica requiere menos tiempo y es más sencilla, pero se pierde el soporte del anillo aórtico, lo que aumenta la tasa de insuficiencia aórtica durante el seguimiento. La adición de soporte externo para el anillo (es decir, anillo protésico, sutura, etc.) puede resolver este inconveniente.

La técnica quirúrgica de VSAR ha sido aceptada para los pacientes con síndrome de Marfan y otras enfermedades del tejido conectivo, así como para los pacientes con disección aórtica. También se utiliza cada vez más en los pacientes con válvula aórtica bicúspide. (5-9)

A lo largo de los años se han propuesto varias modificaciones de esta técnica, y las opiniones en cuanto a los aspectos técnicos, las indicaciones y el futuro del VSAR difieren entre los cirujanos.

Creemos que es necesario llegar a una opinión unánime sobre los aspectos clave del VSAR y sobre las competencias necesarias para que un cirujano pueda realizarlo con seguridad y eficacia.

En esta encuesta realizada a cirujanos con experiencia comprobada en operaciones de VSAR se ofrece un resumen de sus opiniones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los debates y controversias más frecuentes en el VSAR. Los expertos elaboraron una lista de preguntas pertinentes y las evaluaron. Se identificó a los autores con experiencia comprobada en operaciones de VSAR y se les pidió que participaran en el proyecto. Se elaboró una encuesta, y los autores (GF, MM, TD, CF, EL, RM) revisaron y eligieron las preguntas. Los criterios de inclusión exigieron que los cirujanos hubieran realizado un mínimo de 25 VSAR con técnicas de reimplante o remodelación.

Se identificó y seleccionó a 25 cirujanos con experiencia comprobada en este campo, procedentes de 10 países y 15 instituciones diferentes. Se estableció contacto con ellos por correo electrónico y se les pidió que participaran voluntariamente en la encuesta. En total, se excluyeron las respuestas de 5 participantes por estar incompletas o ser incoherentes. Se desarrolló una plataforma en línea con 46 preguntas de opción múltiple. Las preguntas se centraron en lo siguiente:

1. *Indicaciones y factores relacionados con el paciente*
2. *Aspectos técnicos y relacionados con la anatomía*
3. *Hallazgos ecocardiográficos*
4. *Investigación, formación y futuro*

RESULTADOS

De los 20 encuestados, 13 (65%) habían realizado ≥ 100 VSAR, 3 (15%) más de 50, y 4 (20%) entre 25 y 50. Todos aceptaron participar voluntariamente en este proyecto que no recibió financiación.

Indicaciones y factores relacionados con el paciente (Tabla 1) (Fig. 1)

(P. 4) La disfunción ventricular izquierda grave constituyó una contraindicación para el VSAR: 14/20 de los encuestados.

(P. 5) El límite del diámetro del anillo aórtico para llevar a cabo el procedimiento de remodelación fue heterogéneo entre las opciones: 8/20 creyeron que no había límite para una técnica de remodelación, sin embargo, 3/20 prefirieron ese método para los anillos pequeños (20-22 mm), 4/20 consideraron un límite de 24-26 mm y 5/20 un límite de ≥ 28 mm.

(P. 6) La gravedad de la insuficiencia aórtica (IA) no se consideró una limitación para el VSAR.

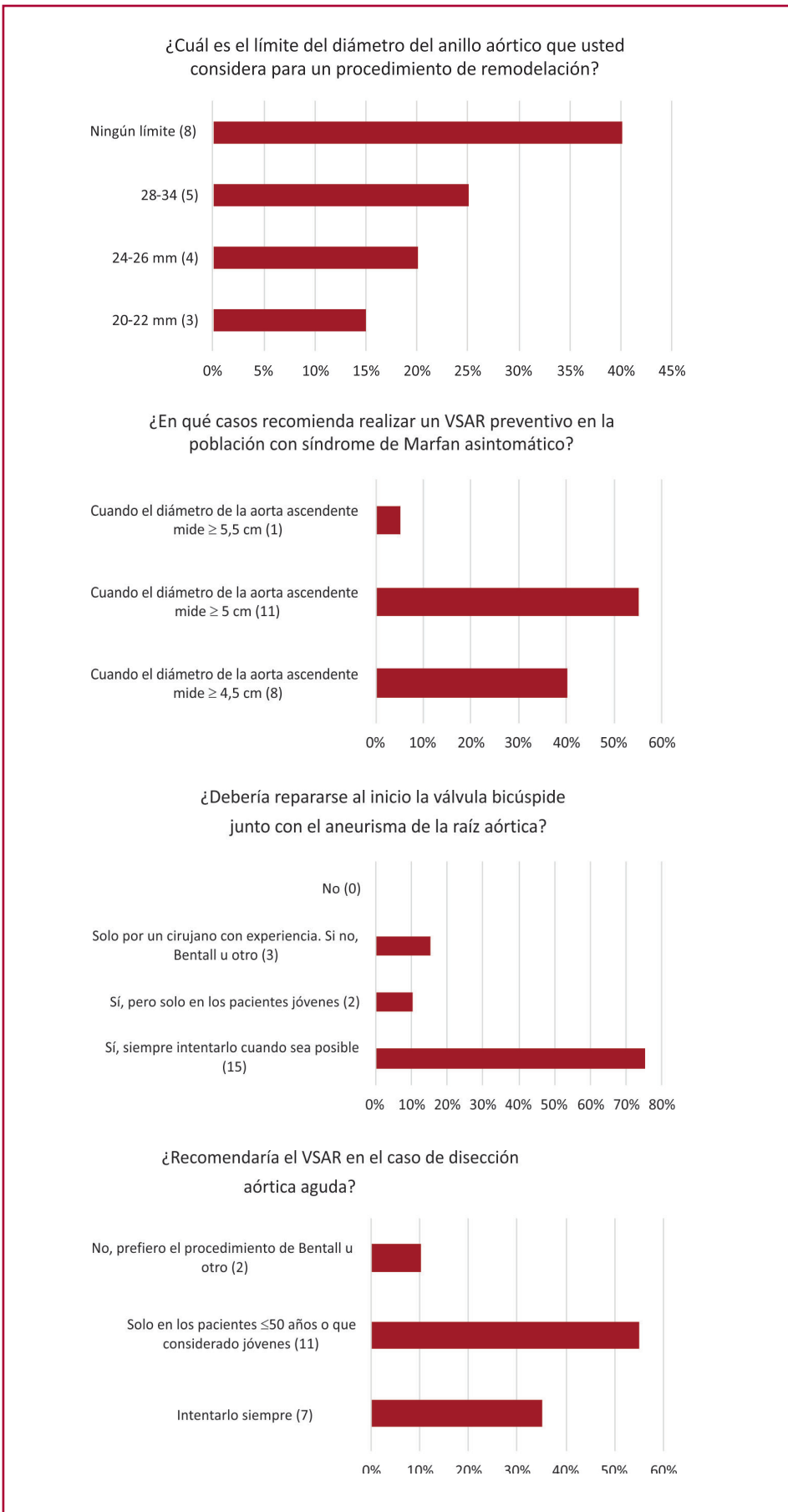
(P. 7-8) En total, 11/20 (55%) encuestados decidieron realizar el VSAR de forma preventiva en el grupo de pacientes con síndrome de Marfan cuando la aorta me-

Tabla 1. Indicaciones y factores relacionados con el paciente

Número de pregunta	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D
1. Seleccione la región de su lugar de trabajo	Norteamérica: 6 (30%)	Latinoamérica: 4 (20%)	Europa: 9 (45%)	Asia: 1 (5%)
2. ¿Cuántos VSAR ha practicado durante su experiencia profesional?	≥25-50: 4 (20%)	50-100: 3 (15%)	100-200: 5 (25%)	>200 8 (40%)
3. Se trata de un proyecto no financiado y no existen conflictos de intereses. ¿Está dispuesto a participar voluntariamente en este proyecto?	Sí: 20 (100%)	No: 0 (0%)		
4. ¿Considera que la gravedad de la disfunción es una contraindicación para el VSAR?	Sí, con FEVI leve: 0 (0%)	Sí, con FEVI moderada: 0 (0%)	Sí, con FEVI importante: 14 (70%)	No: 6 (30%)
5. ¿Cuál es el límite del diámetro del anillo aórtico que usted considera para un procedimiento de remodelación?	20-22mm: 3 (15%)	24-26mm: 4 (20%)	28-34mm: 5 (25%)	Ningún límite: 8 (40%)
6. ¿Qué grado de IA prequirúrgica lo haría dudar respecto de conservar la válvula?	IA 1+: 0 (0%)	IA 2+: 0 (0%)	IA 3+: 1 (5%)	La IA no es una limitación: 19 (95%)
7. ¿En qué casos recomienda realizar un VSAR preventivo en la población con síndrome de Marfan asintomático?	Cuando el diámetro de la aorta ascendente mide ≥4,5 cm: 8 (40%)	Cuando el diámetro de la aorta ascendente mide ≥5 cm: 11 (55%)	Cuando el diámetro de la aorta ascendente mide ≥5,5 cm: 1 (5%)	
8. Algunos autores plantean que en el grupo de pacientes con síndrome de Marfan la indicación es reemplazar el conducto compuesto debido a que la deficiencia de fibrilina afecta las valvas. ¿Considera que el VSAR es un procedimiento seguro en esta población?	Sí: 20 (100%)	No, prefiero el procedimiento de Bentall u otro: 0 (0%)		
9. ¿Debería repararse al inicio la válvula bicúspide junto con el aneurisma de la raíz aórtica?	Sí, siempre intentarlo cuando sea posible: 15 (75%)	Sí, pero solo en los pacientes jóvenes: 2 (10%)	Solo por un cirujano con experiencia. Si no, Bentall u otro: 3 (15%)	No: 0 (0%)
10. ¿Cree que la anatomía de las valvas en la válvula bicúspide (tipo 0 vs. 1) predice la recurrencia de IA?	Sí: 13 (65%)	No: 7 (35%)		
11. En la lesión de tipo III, ¿considera realizar o indicar un VSAR al inicio?	Sí, y al mismo tiempo tratar de descalcificar, rasurar o extender el parche: 3 (15%)	No, los resultados del VSAR en las lesiones de tipo III no son satisfactorios: 17 (85%)		
12. ¿Recomendaría el VSAR en el caso de disección aórtica aguda?	Intentarlo siempre: 7 (35%)	Solo en los pacientes ≤50 años o que considero jóvenes: 11 (55%)	No, prefiero el procedimiento de Bentall u otro: 2 (10%)	

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IA: insuficiencia aórtica; VSAR: reemplazo de la raíz aórtica con conservación valvular

Fig. 1. Indicaciones y factores relacionados con el paciente.



día ≥ 5 cm, y 8/20 cuando medía $\geq 4,5$ cm; además, todos (100%) consideraron que el VSAR era una operación segura en esta población.

(P. 9-10) Doce de cada veinte (12/20) encuestados estaban dispuestos a reparar una válvula bicúspide, sobre todo si el cirujano tenía experiencia en el campo; además 14/20 consideraron que la anatomía de las valvas (tipo 0 vs. 1) era un factor predictivo de recurrencia de la IA.

(P. 11-12) Hubo una tendencia marcada a evitar el VSAR en las lesiones de tipo III (17/20). En las disecciones aórticas agudas, más de la mitad (11/20) prefirieron realizar el VSAR únicamente en los pacientes más jóvenes o menores de 50 años; sin embargo, 18/20 aceptaron este procedimiento en caso de ser viable, incluso en dicho escenario.

Aspectos técnicos y factores relacionados con la anatomía (Tabla 2) (Fig. 2)

(P.13-16) De los cirujanos encuestados, 9/20 creen que la falta de neosenos en la técnica de reimplante añade tensión a las valvas, pero no incide en los resultados generales. Es interesante señalar que la mitad de los encuestados cree que sería útil estandarizar un anillo externo en la técnica de remodelación, y la mayoría utiliza el dilatador Hegar para conservar el tamaño del anillo.

(P. 17-18) La mayoría (13/20) cree que la altura mínima de las valvas para que el procedimiento resulte eficaz debe ser > 8 mm. Cuando se les preguntó si la ectasia anuloaórtica es una contraindicación para la remodelación, 14 respondieron que preferían hacer un reimplante, sin embargo, 7 de ellos seguían prefiriendo la remodelación con estabilización externa.

(P. 19-22) Cabe destacar que casi la mitad de los encuestados aseguró que un injerto de dacrón no disensible aumenta el riesgo de ruptura aórtica distal, y 11 de 20 indicaron que preferían un injerto de dacrón a uno de injerto de Valsalva. Más de la mitad (65%) utilizaban plicatura de la valva media en caso de prolapso valvular excesivo.

(P. 23) Para medir el tamaño del injerto, las opciones más elegidas fueron la altura del triángulo intervalvar como base para el tamaño del injerto (8/20) y la medición de la unión sinotubular con un dilatador Hegar (7/20).

(P. 24) En cuanto a la estabilización del anillo aórtico en la técnica de remodelación, solo el grupo de cirujanos que realiza esta técnica respondió a esta pregunta, y 7/20 dijeron que utilizan un anillo extraaórtico para la estabilización.

(P. 25-27) Cuando hay más de 2 valvas con fenestración, el 80% dijo que no intentaría conservar la válvula, y de los que aceptaron reparar la válvula calcificada, la mayoría solo lo haría si es leve.

(P. 28) Once de cada veinte dijeron que no utilizan el picómetro de forma habitual.

(P. 29-31) La mayoría de los encuestados respondieron que coinciden en que es razonable realizar una tricúspidización de las válvulas bicúspides solo si la comisura presenta una orientación cercana a 120° , y el rasurado es la técnica más frecuente utilizada para el rafe. (14/20) Además, 15 de cada 20 afirmaron estar convencidos de que el parche pericárdico utilizado para la restauración de las valvas tras la resección del rafe no es aconsejable.

(P. 32) La estrategia quirúrgica decidida antes de la operación cambió debido a los hallazgos intraoperatorios en un promedio del 29%.

(P. 33) La tasa de fracaso estimada del VSAR con conversión a un procedimiento de Bentall fue casi del 7%.

(P. 34) Sesenta de los encuestados considerarían la posibilidad de cambiar a un procedimiento de Bentall cuando fuera indicado en función de los hallazgos de la ecocardiografía posterior al VSAR.

(P. 35) En la reintervención en caso de fracaso del VSAR, una minoría (3/20) de los encuestados dijeron que estaban dispuestos a volver a reparar la válvula, pero la mayoría prefería el reemplazo de la válvula aórtica/Bentall.

¿Cuál es su actitud frente al prolapso valvular excesivo?

- Sutura a lo largo del borde libre de la valva (4)
- Resección triangular (1)
- Plicatura de la valva media (13)
- Implante de comisura alta (2)
- Sutura en forma de ocho (0)

Medición del tamaño del injerto: ¿qué prefieren?

- Correlación con el IMC (7)
- Medir la UST con un dilatador Hegar (+ 4 mm añadidos en el reimplante) (3)
- Altura de cada valva de la válvula aórtica, calcular el promedio y multiplicarlo por dos (1)
- Distancia entre los postes comisurales y elección de un injerto un 15% mayor que la distancia media entre los postes comisurales (1)
- Altura del triángulo intervalvar correspondiente al diámetro externo de la UST (8)

En promedio, ¿cuántas veces cambió antes de la operación la estrategia quirúrgica decidida debido a los hallazgos intraoperatorios? (p. ej., %)

En promedio, ¿cuál es la tasa estimada de fracaso del VSAR con conversión a un procedimiento de Bentall? (p. ej., %)

Tabla 2. Aspectos técnicos y relacionados con la anatomía

Número de pregunta	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Opción E
13. ¿Qué cardioplejía cree que es más prudencial utilizar en el VSAR?	Bretschneider: 2 (10%)	Sangre fría: 10 (50%)	Del Nido: 6 (30%)	Otros: 2 (10%)	
14. En la técnica de reimplante, ¿la falta de neosenos añade tensión a las valvas?	Sí, por eso prefiero la técnica de remodelación: 4 (20%)	No: 7 (35%)	Sí, pero el resultado general y el seguimiento no se ven afectados: 9 (45%)		
15. ¿Cree que es útil estandarizar el uso de un anillo externo en la técnica de remodelación?	Sí: 11 (55%)	No: 9 (45%)			
16. ¿Utiliza el dilatador Hegar dentro del anillo aórtico durante el procedimiento?	Sí, es obligatorio para mantener el tamaño anular y el TSVI adecuado: 12 (60%)	No: 8 (40%)			
17. ¿Cuál es su altura mínima de las valvas para que la intervención resulte eficaz?	6-8 mm: 5 (25%)	8-10 mm: 12 (60%)	≥10 mm: 3 (15%)		
18. La ectasia anuloaórtica, ¿es una contraindicación para realizar la remodelación?	Sí, se debe utilizar siempre una técnica de reimplante: 13 (65%)	No, prefiero una técnica de remodelación con estabilización externa del anillo aórtico: 7 (35%)			
19. ¿Un injerto rígido de dacrón no distensible aumenta el riesgo de ruptura de la aorta distal?	Sí: 9 (45%)	No, no hay evidencia: 11 (55%)			
20. ¿Cuál es su actitud frente al prolapso valvular excesivo?	Sutura en forma de ocho: 0 (0%)	Sutura a lo largo del borde libre de la valva: 4 (20%)	Implante de comisura alta: 2 (10%)	Plicatura de la valva media: 13 (65%)	Resección triangular: 1 (5%)
21. ¿Qué tipo de prótesis prefiere o utiliza habitualmente?	Injerto de dacrón recto: 11 (55%)	Injerto de Valsalva: 9 (45%)	Otros injertos: 0 (0%)		
22. ¿Cree que el injerto de Valsalva combinó lo mejor del reimplante y la remodelación?	Sí: 7 (35%)	No: 13 (65%)			
23. Medición del tamaño del injerto: ¿qué prefiere o utiliza habitualmente?	Altura del triángulo intervalvar correspondiente al diámetro externo de la UST: 8 (40%)	Distancia entre los postes comisurales y elección de un injerto un 15% mayor que la distancia media entre los postes comisurales: 1 (5%)	Altura de cada valva de la válvula aórtica, calcular el promedio y multiplicarlo por dos: 1 (5%)	Medir la UST con un dilatador Hegar (+ 4 mm añadidos en el reimplante): 3 (15%)	Correlación con el IMC: 7 (35%)
24. ¿Qué prefiere para estabilizar el anillo aórtico en la técnica de remodelación?	Anillo extraaórtico: 7 (35%)	Sutura con PTFE : 4 (20%)	Sutura con fieltro de teflón: 2 (10%)	No estabilizo el anillo: 0 (0%)	
25. ¿Contraindicaría el VSAR en presencia de fenestraciones de las valvas?	Sí, siempre: 1 (5%)	Con 2 valvas afectadas: 3 (15%)	Con 3 valvas afectadas: 13 (65%)	Reparar siempre, independientemente del número: 3 (15%)	No realizo la técnica de remodelación: 7 (35%)

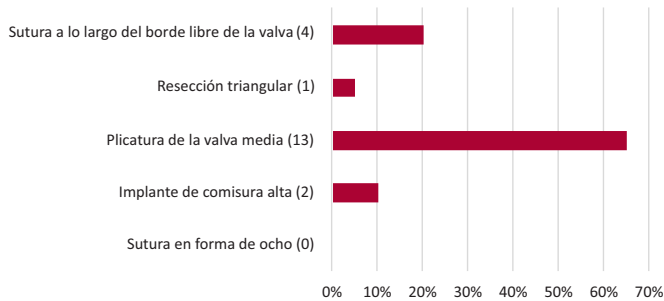
(continúa)

(continuación)

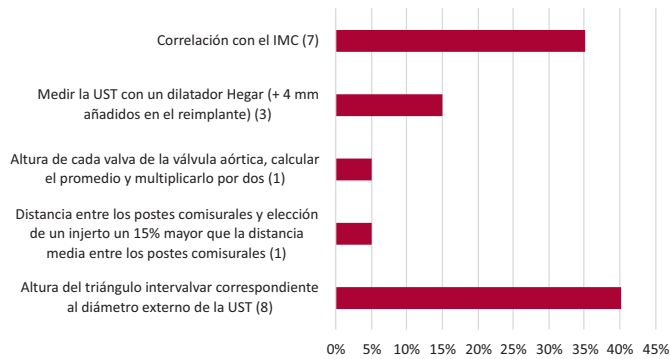
Número de pregunta	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Opción E
26. ¿Cuál es el límite aceptado para reparar una válvula calcificada?	Nunca, prefiero realizar el procedimiento de Bentall u otro procedimiento: 5 (25%)	Calcificación leve (pequeñas manchas): 12 (60%)	Calcificación moderada (múltiples manchas grandes): 3 (15%)	Muy calcificada: 0 (0%)	
27. ¿Qué tipo de reparación prefiere para las fenestraciones?	Solo sutura: 5 (25%)	Sutura y parche: 8 (40%)	Ninguna: 7 (35%)		
28. ¿Utiliza habitualmente el plicómetro en el VSAR?	Sí: 9 (45%)	No: 11 (55%)			
29. En válvulas bicúspides, ¿realiza tricuspización?	Sí, siempre intento hacerlo: 1(5%)	El VSAR no es un buen procedimiento para las válvulas bicúspides: 0 (0%)	Solo si las comisuras presentan orientación cercana a los 120°: 19 (95%)		
30. En las válvulas bicúspides, ¿qué técnica utiliza con más frecuencia para el rafe?	Rasurado: 14 (70%)	Resección con reproximación directa: 4 (20%)	Resección con parche pericárdico: 2 (10%)		
31. ¿Se debe utilizar el parche pericárdico para la restauración de la valva tras la resección del rafe?	Sí, cuando sea necesario: 5 (25%)	No, los resultados no son buenos en el seguimiento: 15 (75%)			
32. En promedio, ¿cuántas veces cambió antes de la operación la estrategia quirúrgica decidida debido a los hallazgos intraoperatorios? (p. ej., %)	26,00%				
33. En promedio, ¿cuál es la tasa estimada de fracaso del VSAR con conversión a un procedimiento de Bentall? (p. ej., %)	7,00%				
34. Después del VSAR, la ecocardiografía transesofágica (ETE) intraoperatoria muestra IA. ¿Qué gravedad considera necesaria para realizar un procedimiento de Bentall?	Independientemente de la gravedad, intentar una nueva reparación o reparación valvar: 8 (40%)	Leve: 1 (5%)	Moderada: 11 (55%)		
35. En su experiencia con reintervenciones en VSAR que fracasaron, ¿qué procedimiento ha realizado con más frecuencia para resolver este problema?	RVA: 10 (50%)	Bentall: 7 (35%)	Ross: 0 (0%)	Nueva reparación: 3 (15%)	

Fig. 2. Aspectos técnicos y relacionados con la anatomía.

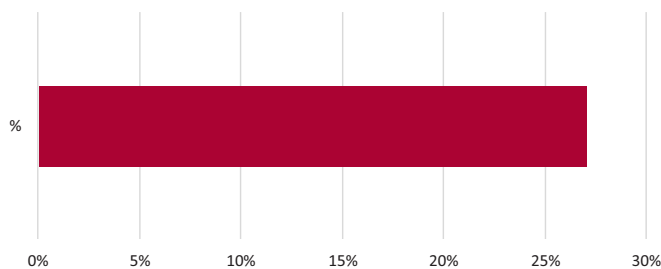
¿Cuál es su actitud frente al prolapso valvular excesivo?



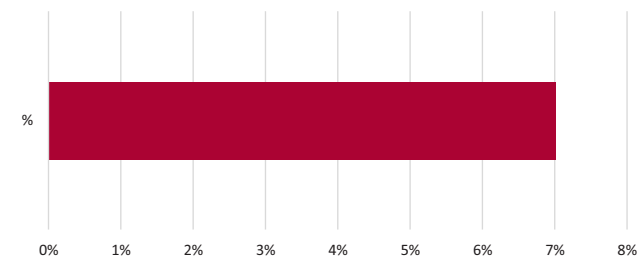
Medición del tamaño del injerto: ¿qué prefiere?



En promedio, ¿cuántas veces cambió antes de la operación la estrategia quirúrgica decidida debido a los hallazgos intraoperatorios? (p. ej., %)



En promedio, ¿cuál es la tasa estimada de fracaso del VSAR con conversión a un procedimiento de Bentall? (p. ej., %)



Hallazgos ecocardiográficos (Tabla 3) (Fig. 3)

(P. 36-38) La mayoría de los participantes (16/20) cree que la ecocardiografía ofrece una evaluación precisa de la anatomía y predice la posibilidad de reparación valvular; sin embargo, consideran necesario realizar una nueva verificación intraoperatoria para decidir de forma definitiva la manera de proceder. Además, para quince de los encuestados, los hallazgos ecocardiográficos se correlacionan con los resultados intraoperatorios.

(P. 39-40) En cuanto a los factores predictivos de IA, la mayoría de los participantes han elegido la altura eficaz, la longitud de coaptación y la IA residual inmediata posterior al VSAR como los factores más importantes.

Investigación, formación y futuro (Tabla 3) (Fig. 3)

(P. 41) La mayoría de los cirujanos consideraron que realizar este procedimiento con un residente no afecta los resultados.

(P. 42) Es interesante señalar que casi todos los encuestados (19/20) afirmaron que un abordaje mínimamente invasivo (cardiocirugía mínimamente invasiva, CCMI) no mejora los resultados postoperatorios o incluso no marca ninguna diferencia.

(P. 43) La mayoría de los cirujanos aseguraron que el VSAR solo se debe realizar en centros de elevado volumen asistencial o por cirujanos con experiencia.

(P. 44-46) El 75% de los encuestados consideraron que la impresión en 3D podría ser útil en algunos casos o incluso en el futuro para la toma de decisiones quirúrgicas, y 16 de cada 20 consideraron que la intención de reparar la válvula aórtica debería ser el criterio de referencia aplicable en todos los pacientes aptos para un VSAR.

DISCUSIÓN

Se ha demostrado que las técnicas de reimplante y remodelación conservan adecuadamente la función de la válvula aórtica en los pacientes con aneurisma de la raíz aórtica, síndrome de Marfan y disección aórtica de tipo A. (2,9-12)

En esta encuesta se reflejan las controversias existentes en relación con las indicaciones, los aspectos técnicos, el uso de la ecocardiografía y el futuro.

A pesar de que en este cuestionario han participado varios cirujanos con experiencia de todo el mundo, sigue siendo difícil alcanzar un consenso definitivo sobre algunos aspectos clave de las intervenciones de VSAR; sin embargo, consideramos que la opinión fundamentada en la experiencia clínica de los cirujanos internacionales más expertos en el tema tiene un valor fundamental. La gran variedad de resultados refleja los diferentes criterios específicos de cada cirujano a la hora de realizar un VSAR.

Se ha demostrado que la dilatación del anillo aórtico es un factor de riesgo de fracaso temprano y tardío. (13) Hanke *et al.* demostraron que los pacientes sometidos a la técnica de remodelación con un anillo aórtico que medía más de 28-30 mm presentaron peores resultados

en el seguimiento que aquellos sometidos a un reimplante. (14) Es de destacar que 8 de cada 20 encuestados (40%) indicaron que procederían con una técnica de remodelación independientemente del diámetro del anillo aórtico, sin duda, debido a la preferencia personal de una técnica sobre la otra, pero, sobre todo, porque los cirujanos que prefieren la técnica de remodelación han realizado la “remodelación modificada”, que incluye el soporte externo del anillo aórtico con el objetivo de evitar la IA durante el seguimiento. La falta de este soporte anular constituyó el talón de Aquiles en los casos de anillo aórtico mayor de 28 mm.

Aunque más del 90% no considera que la IA quirúrgica constituye una limitación, David y colegas indicaron que los pacientes con IA grave quirúrgica no son aptos para el procedimiento, ya que suelen tener las valvas dañadas. (10)

Al contrario de lo que pensaban los cirujanos hace décadas, en la actualidad, la mayoría opina (el 100% en esta encuesta) que el VSAR es un procedimiento seguro para la población con síndrome de Marfan. Existe discrepancia entre las guías europeas y estadounidenses respecto de cuándo tratar a la población con síndrome de Marfan. En las guías de la European Society of Cardiology (ESC) de 2014 se considera tratar a estos pacientes cuando la aorta mide ≥ 5 cm (Ic) y cuando mide 4,5 cm y el paciente tiene factores de riesgo (IIa), mientras que en las guías de la American Association for Thoracic Surgery (AATS) de 2018 se recomienda tratar a estos pacientes cuando la aorta mide 5 cm y tienen factores de riesgo (IIa). En esta encuesta, la elección de esas opciones ha sido prácticamente en partes iguales (50% y 50%), y es probable que se relacione con el lugar donde cada cirujano realiza su práctica clínica. (15,16)

La totalidad de los participantes considera que se debe tratar la raíz aórtica cuando se opera la válvula bicúspide, siempre que sea posible. Boodhwani y colaboradores (17) indicaron que no fue necesario volver a operar la válvula aórtica en un 94% de los casos de reparación de la válvula bicúspide a los 5 años y en un 83% de los casos a los 8 años. En las guías del American College of Cardiology (ACC) y de la American Heart Association (AHA) de 2020 se estableció por primera vez la técnica de reparación valvular con o sin reimplante (IIb) en el caso de válvula aórtica bicúspide y en centros con experiencia. (18)

Es interesante destacar que el 15% adoptaría un abordaje intensivo para las lesiones de tipo III o al menos consideraría la posibilidad de tratarlas inicialmente. Consideramos que es un escenario difícil y que solo debe ser realizado por cirujanos con mucha experiencia.

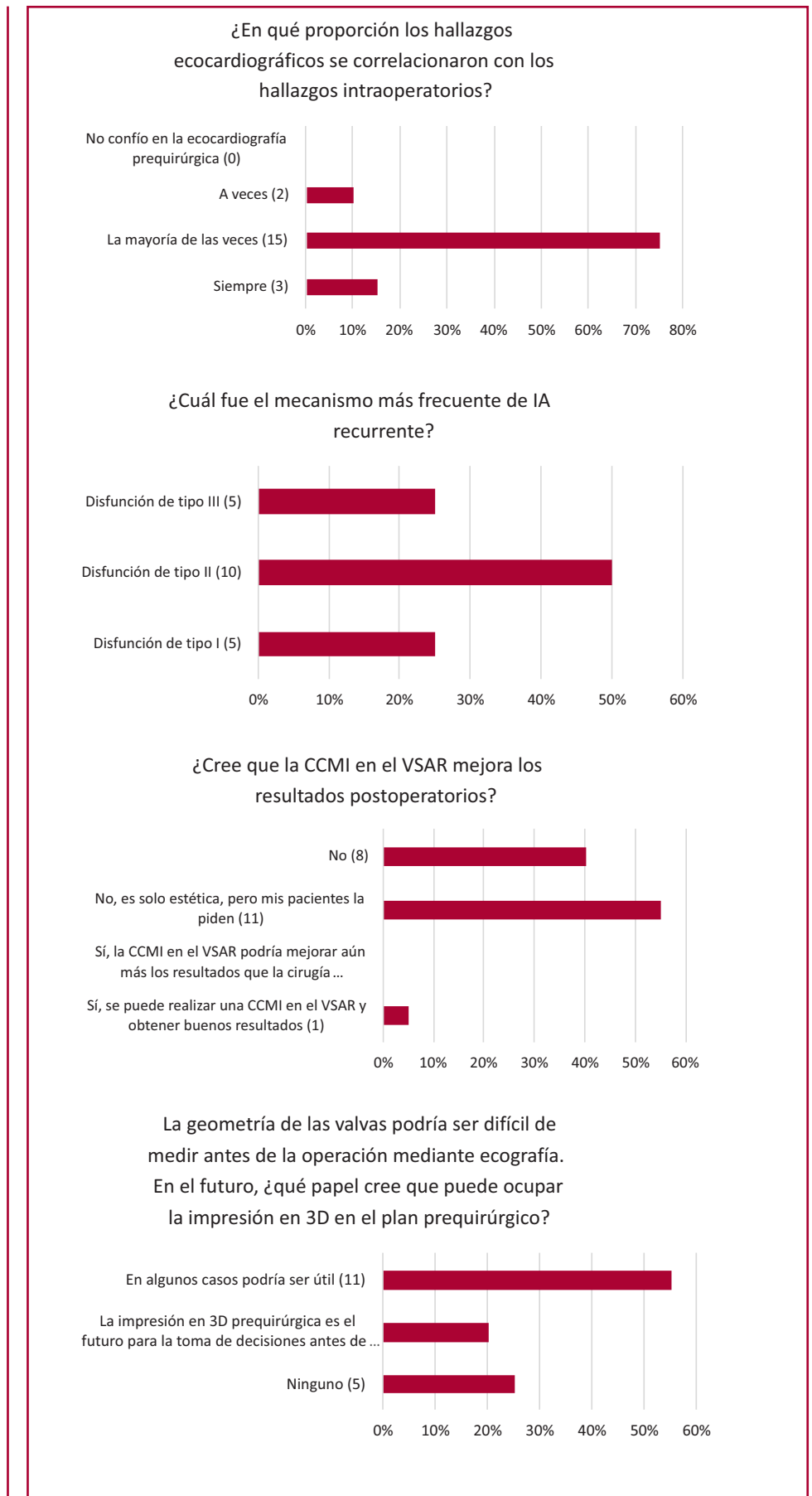
En cuanto al VSAR en las disecciones agudas de tipo A (*acute type A dissections*, ADAT), la mayoría (55%) prefiere realizar este procedimiento solo en los pacientes jóvenes, y el 35% lo intentaría siempre que sea posible. Esto demuestra que los cirujanos han ganado confianza con esta técnica, incluso en situaciones indeseables, como la ATAD. Khachatryan y el grupo

Tabla 3. Hallazgos ecocardiográficos e investigación, formación y futuro

Número de pregunta	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Opción E
36. ¿Cree usted que la ETT prequirúrgica ofrece una evaluación anatómica sumamente precisa y es un buen indicador de la posibilidad de reparación valvular y del éxito postoperatorio?	Sí: 17 (85%)	No, confío sobre todo en lo que veo intraoperatoriamente: 3 (15%)			
37. ¿Cree que la clasificación funcional que proporciona la ecografía es útil para tomar decisiones prequirúrgicas?	Sí, es un factor predictivo sólido del resultado o de la posibilidad de reparación: 7 (35%)	A veces: 9 (45%)	No es necesario, lo más importante es lo que veo intraoperatoriamente: 4 (20%)		
38. ¿En qué proporción los hallazgos ecocardiográficos se correlacionaron con los hallazgos intraoperatorios?	Siempre: 3 (15%)	La mayoría de las veces: 15 (75%)	A veces: 2 (10%)	No confío en la ecocardiografía prequirúrgica: 0 (0%)	
39. En su experiencia, ¿cuál fue el factor predictivo más frecuente de IA? Se puede elegir más de 1 opción	Altura eficaz: 8	Diámetro del anillo aórtico y de la UST: 2	Longitud de coaptación: 8	Grado de ondulación de las valvas: 1	IA residual inmediata posterior al VSAR: 11
40. ¿Cuál fue el mecanismo más frecuente de IA recurrente?	Disfunción de tipo I: 5 (25%)	Disfunción de tipo II: 10 (50%)	Disfunción de tipo III: 5 (25%)	No: 8 (40%)	
41. ¿Cree que la realización de este procedimiento con un residente como primer asistente podría perjudicar el resultado?	Sí: 2 (10%)	No: 18 (90%)			
42. ¿Cree que la CCMI en el VSAR mejora los resultados postoperatorios?	Sí, se puede realizar una CCMI en el VSAR y obtener buenos resultados: 1 (5%)	Sí, la CCMI en el VSAR podría mejorar aún más los resultados que la cirugía convencional: 0 (0%)	No, es solo estética, pero mis pacientes la piden: 11 (55%)		
43. Existen algunas diferencias en cuanto a los resultados entre los centros de elevado volumen asistencial y los de bajo volumen. ¿Cree que el VSAR se debe realizar SOLO en centros de alto volumen asistencial?	Sí: 10 (50%)	No: 5 (25%)	En los centros de bajo volumen asistencial se pueden realizar estos procedimientos, PERO solo con la intervención de cirujanos con experiencia: 5 (25%)		
44. La geometría de las valvas podría ser difícil de medir antes de la operación mediante ecografía. En el futuro, ¿qué papel cree que puede ocupar la impresión en 3D en el plan prequirúrgico?	Ninguno: 5 (25%)	La impresión en 3D prequirúrgica es el futuro para la toma de decisiones antes de la operación: 4 (20%)	En algunos casos podría ser útil: 11 (55%)		
45. La reparación de la válvula mitral es el procedimiento habitual en la degeneración mixomatosa. ¿Considera que debería ser igual para el VSAR?	Sí: 16 (80%)	No: 4 (20%)			
46. ¿Cree que es necesario crear bases de datos multiinstitucionales y cursos estandarizados de tutoría quirúrgica?	Sí, el procedimiento requiere formación a largo plazo e investigación continua (100%)	No, no marcaría ninguna diferencia (0%)			

CCMI: cardiocirugía mínimamente invasiva; ETT: ecocardiografía transtorácica; IA: insuficiencia aórtica; ; UST: unión sinotubular

Fig. 3. Hallazgos ecocardiográficos, investigación, capacitación y futuro.



de Leipzig han demostrado excelentes resultados con la técnica de David en ATAD, en la que la mortalidad intrahospitalaria y a los 30 días fue del 4% y del 9%, respectivamente. (19) Mosbahi *et al.* (20) también demostraron que el procedimiento de David era superior a la técnica de Bentall en la población con ATAD después de analizar 27 estudios con 3058 pacientes en total. El procedimiento de David fue superior en términos de mortalidad intrahospitalaria (2% frente al 8%), supervivencia a mediano plazo (99% frente al 81%), accidente cerebrovascular postoperatorio inmediato (2,7% frente al 5,1%) y eventos tromboembólicos (0,5% frente al 4,9%).

La asociación de la plicatura valvular en el prolapso ya diagnosticado refleja la combinación de lesiones habitualmente observadas (ectasia anuloaórtica, dilatación sinusal y valvulopatía propiamente dicha; lesiones de tipo 1 y 2 según la clasificación de Carpentier). (21)

La minoría de los cirujanos utiliza habitualmente el injerto de Valsalva; sin embargo, algunos autores (22) han demostrado en un estudio de elementos limitados que la recreación de los senos reduce la tensión de las valvas durante el cierre valvular y, en consecuencia, mejora la durabilidad de las valvas a largo plazo.

Cabe mencionar la importancia de la altura eficaz y del área de coaptación para garantizar buenos resultados posquirúrgicos.

Se considera normal una altura eficaz de entre 7 mm y 12 mm en los adultos. (23)

Bierbach y colaboradores (24) han demostrado que el 96% de todos los pacientes con IA moderada o más grave tenían una altura eficaz inferior a 9 mm.

Uno de los aspectos más importantes de esta técnica es la medición del tamaño del injerto. A partir del método original basado en la fórmula de Feindel-David (2), se han propuesto varios métodos diferentes, y los cirujanos tienden a utilizar el que consideran más fiable, como podemos ver en esta encuesta.

La mayoría de estas fórmulas se basan en proporciones relativas de la raíz aórtica normal, pero los pacientes que necesitan un VSAR carecen de una anatomía radicular normal, de modo que elegir el tamaño del injerto únicamente en función de las dimensiones fijas de la válvula aórtica normal puede generar errores.

Una de las respuestas más importantes obtenidas en este estudio se relaciona con la tasa de fracaso del VSAR con conversión a Bentall (7%) y el cambio de estrategia intraoperatorio (26%), sobre todo porque los cirujanos se pueden sentir incómodos al preguntar por los resultados.

Aunque el 7% no es una cifra insignificante (sin duda sesgada por la experiencia de los cirujanos), el VSAR ha demostrado tantas ventajas que confirma ser una intervención quirúrgica excelente en el caso de aneurisma de la raíz aórtica. (3,10,20).

Algunos autores, como Lansac (21), han propuesto una clasificación útil de las lesiones mediante eco-

cardiografía para estandarizar la planificación y el tratamiento quirúrgicos. En general, casi todos los encuestados aceptan la importancia de la evaluación ecocardiográfica antes y durante la operación; sin embargo, hay aspectos que se deben tener en cuenta. Por ejemplo, es posible que mediante la ecocardiografía la lesión no siempre se aprecie claramente o que sea imprecisa (p. ej., la medida de la altura eficaz), y el plicómetro podría ser útil en ese caso; por lo tanto, estas herramientas permiten estandarizar aún más la reparación valvular ya que ayudan a que el cirujano pueda evaluar el prolapso de la valva. Además, en estos casos es imprescindible contar con un ecografista con amplia experiencia en afecciones de la válvula aórtica y de la raíz aórtica.

Es interesante señalar que no se consideró en absoluto que la CCMI mejorara los resultados o incluso marcara alguna diferencia, sin embargo, más de la mitad de los cirujanos confesaron que los pacientes la piden. ¿Por qué no ha prosperado? Podría ser que en la actualidad los cirujanos no deseen adoptar la técnica de CCMI porque es más compleja, lleva más tiempo y se carece de datos que demuestren beneficios reales de este procedimiento sobre el de David.

Por último, una curva de aprendizaje prolongada y experiencia quirúrgica avanzada suponen ciertas desventajas para el VSAR. Por estos motivos, se debe realizar en centros especializados que cuenten con suficiente experiencia en el tema.

Todavía hay grupos que se inclinan por una variante frente a la otra, no obstante, creemos que se debe adaptar a cada caso en particular sin dejar de cuidar el aspecto técnico y los detalles mínimos.

Por último, hasta la fecha, en el análisis a largo plazo más exhaustivo realizado por Ouzounian *et al.* (25) sobre el tratamiento quirúrgico de la dilatación de la raíz aórtica se ha demostrado la superioridad del procedimiento de VSAR frente a los procedimientos de Bentall-tisular o Bentall-mecánico en el seguimiento a largo plazo (15 años) en cuanto a los eventos adversos mayores relacionados con la válvula (18,9% frente a 38,5% frente a 35%, $p < 0,001$) y hemorragia relacionada con la anticoagulación (6,3% frente a 2,4% frente a 11,6 %, $p < 0,001$). Asimismo, se ha demostrado un riesgo de reintervención similar entre los procedimientos de VSAR y Bentall-tisular, pero inferior con el procedimiento de Bentall-mecánico (4,6% frente a 20%, $p < 0,001$). El procedimiento de VSAR se asoció con una reducción de la mortalidad cardiovascular y de eventos mórbidos relacionados con la válvula en comparación con los procedimientos de Bentall-tisular o Bentall-mecánico a los 15 años (15,8% frente a 23,7% frente a 25,3%, $p = 0,04$).

Estas estimaciones de la ausencia de complicaciones relacionadas con la válvula a lo largo del tiempo son claramente superiores a las obtenidas con las válvulas bioprotésicas o mecánicas.

CONCLUSIÓN

Según estos datos, el VSAR, independientemente de sus variantes, se ha aceptado como una opción terapéutica para el aneurisma de la raíz aórtica cuando es posible conservar la válvula aórtica, y se han obtenido resultados extraordinarios. Aunque todavía no existe un consenso definitivo, en esta encuesta se demostró que los aspectos técnicos son los factores más decisivos para obtener resultados extraordinarios. No obstante, la preferencia personal del cirujano basada en su propia experiencia también determinará qué técnica utilizar.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los colegas que contribuyeron a la encuesta.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Sarsam MA, Yacoub M. Remodeling of the aortic valve annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993;105:435-38. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)34225-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)34225-4)
- David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;103:617-21. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)34942-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)34942-6)
- Zehr KJ, Orszulak TA, Mullany CJ, Matloobi A, Daly RC, Dearani JA, et al. Surgery for Aneurysms of the Aortic Root: A 30-Year Experience. *Circulation* 2004;110:1364-71. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000141593.05085.87>
- Aicher D, Fries R, Rodionychewa S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ, et al. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;37:127-32. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.06.021>
- Cameron DE, Alejo DE, Patel ND, Nwakanma LU, Weiss ES, Vricella LA, et al. Aortic Root Replacement in 372 Marfan Patients: Evolution of Operative Repair Over 30 Years. *Ann Thorac Surg* 2009;87:1344-50. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.01.073>
- Bentall HH, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* 1968;23:338-9. <https://doi.org/10.1136/thx.23.4.338>
- Crawford ES, Kirklin JW, Naftel DC, Svensson LG, Coselli JS, Safi HJ, et al. Surgery for acute dissection of ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;104:46-59. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)34835-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)34835-4)
- Gott VL, Laschinger JC, Cameron DE, Dietz HC, Greene PS, Gillinov AM, et al. Marfan syndrome and the cardiovascular surgeon. *Eur J Cardiothorac Surg* 1996;10:149-58. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(96\)80289-2](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(96)80289-2)
- Aicher D, Kunihara T, Abou Issa O, Brittner B, Gräber S, Schäfers HJ, et al. Valve Configuration Determines Long-Term Results After Repair of the Bicuspid Aortic Valve. *Circulation* 2011;123:178-85. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.934679>
- David TE, Feindel CM, Webb GD, Colman JM, Armstrong S, Maganti M. Long-term results of aortic valve-sparing operations for aortic root aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;132:347-54. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.03.053>
- Graeter TP, Langer F, Nikoloudakis N, Aicher D, Schäfers HJ. Valve preserving operation in acute aortic dissection type A. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1460-5. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(00\)01980-9](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(00)01980-9)
- de Oliveira NC, David TE, Ivanov J, Armstrong S, Eriksson MJ, Rakowski H, et al. Results of surgery for aortic root aneurysm in patients with Marfan syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:789-96. <https://doi.org/10.1067/mtc.2003.57>
- Lansac E, Di Centa I, Sleilaty G, Crozat EA, Bouchot O, Hacini R, et al. An aortic ring: from physiologic reconstruction of the root to a standardized approach for aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;140(Suppl. 6):S28-35; discussion S45-51.
- Hanke T, Charitos EI, Stierle U, Robinson D, Gorski A, Sievers HH, et al. Factors associated with the development of aortic valve regurgitation over time after two different techniques of valve-sparing aortic root surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:314-9. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.08.006>
- Borger MA, Fedak PWM, Stephens EH, Gleason TG, Girdauskas E, Ikonomidis JS, et al. The American Association for Thoracic Surgery consensus guidelines on bicuspid aortic valve-related aortopathy: Full online-only version. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;156:e41-e74. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.02.115>
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo RD, Eggebrecht H, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2014;35:2873-926. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>
- Boodhwani M, de Kerchove L, Glineur D, Rubay J, Vanoverschelde JL, Noirhomme P, et al. Repair of regurgitant bicuspid aortic valves: a systematic approach. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;140:276-84. e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.11.058>
- Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2021;143:e35-e71. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000932>
- 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;164:814-9. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2021.02.101>
- Mosbahi S, Stak D, Gravestock I, Burgstaller JM, Steurer J, Eckstein F, et al. A systemic review and meta-analysis: Bentall versus David procedure in acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2019;55:201-9. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy266>
- Lansac E, Di Centa I, Raoux F, Al Attar N, Acar C, Joudinaud T, et al. A lesional classification to standardize surgical management of aortic insufficiency towards valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33:872-8. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.033>
- Grande-Allen KJ, Cochran RP, Reinhal PG, Kunzelman KS. Re-creation of sinuses is important for sparing the aortic valve: a finite element study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119:753-63. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(00\)70011-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70011-0)
- Marom G, Haj-Ali R, Rosenfeld M, Schäfers HJ, Raanani E. Aortic root numeric model: annulus diameter prediction of effective height and coaptation in post-aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:406-411. e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.01.080>
- Bierbach BO, Aicher D, Issa OA, Bomberg H, Gräber S, Glombitza P, et al. Aortic root and cusp configuration determine aortic valve function. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;38:400-6. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.01.060>
- Ouzounian M, Rao V, Manlihot C, Abraham N, David C, Feindel CM, et al. Valve-Sparing Root Replacement Compared With Composite Valve Graft Procedures in Patients With Aortic Root Dilatation. *J Am Coll Cardiol* 2016;68:1838-47. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.07.767>