

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICAS Y
QUIRÚRGICAS



TESIS DOCTORAL

**Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con
preservación valvular: Análisis de resultados
quirúrgicos precoces y a largo plazo, y estudio de
predictores de supervivencia, estabilidad de la
función valvular y reoperación**

AUTOR: María Elena Arnáiz García

DIRECTOR: Dr. D. Juan Francisco Nistal Herrera

Santander. 2016



Facultad de Medicina

Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas

Dr. Don Juan Francisco Nistal Herrera, profesor titular del Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Facultad de Medicina, de la Universidad de Cantabria, y Médico Adjunto del Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla de Santander,

CERTIFICA

Que Doña María Elena Arnáiz García, Licenciada en Medicina por la Universidad de Cantabria, ha realizado bajo su dirección el trabajo titulado “Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular: Análisis de resultados quirúrgicos precoces y a largo plazo, y estudio de predictores de supervivencia, estabilidad de la función valvular y reoperación”, y reúne todos los requisitos científicos y formales para su presentación como Tesis Doctoral al objeto de poder optar al grado de Doctor por la Universidad de Cantabria siendo presentada y defendida ante el Tribunal correspondiente.

Y para que así conste a todos los efectos, firmo el presente certificado en Santander, a 18 de Enero de dos mil dieciséis.

Prof. Dr. Juan Francisco Nistal Herrera

“El éxito no es la clave de la felicidad.

La felicidad es la clave del éxito.

Si amas lo que haces, triunfarás”.

Albert Schweitzer
(1875-1965)



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

A mis padres,

*Por su amor incondicional y dedicación absoluta. Por su educación y
paciencia infinitas. Por enseñarnos el verdadero valor del esfuerzo, el trabajo,
y la constancia, y por sacrificarlo todo dándonos la oportunidad de llegar hasta aquí.*

A mis hermanos, Ana y Javi,

*Por vuestra comprensión, complicidad y cariño constante.
Por vuestro apoyo incansable, y por haber sido y ser siempre un guía para mí.*

A mis abuelos,

*Porque el orgullo e ilusión que siempre demostrasteis por nuestros logros y estudios en
Medicina, fueron los más potentes motores y alicientes de superación.
Allá donde estéis, estoy segura que esto os llena de felicidad a vosotros también.*

Y a toda mi familia en realidad. Por ser el armazón de mi vida.

Porque sois todo para mí.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Agradecimientos



Agradecimientos

Al Dr. Nistal, tutor de esta Tesis Doctoral, por ser el impulsor y motor principal de este trabajo. Por su gran capacidad de trabajo y entusiasmo. Por despertar en mí el interés por la investigación. Por su constancia, paciencia, profesionalidad, y rigurosidad siempre, y por haber sido desde el principio un referente para mí en esta profesión. A la Dra. M^a Amor Hurlé por su estímulo, apoyo, orientación y por tan buenos consejos.

Al Dr. González Santos, por su infinita paciencia y comprensión. Por su dedicación y profesionalidad. Por su disponibilidad, inestimable ayuda y estímulo constante en la finalización de este trabajo. Por enseñarme tanto día a día, y transmitirme los valores más importantes de esta profesión. Y sobre todo y principalmente, por haber confiado en mí, dándome una oportunidad que realmente, lo cambió todo.

Al Dr. Revuelta, por su gran profesionalidad y entrega. Por el respeto y estima siempre demostrada. Por enseñarme desde los comienzos los principios y los valores de esta bonita profesión y porque siempre será un profundo honor para mí haber podido formar parte de su equipo y formarme bajo su dirección y enseñanzas.

Al Dr. Gutiérrez-Sánchez, por haberme enseñado y transmitido su conocimiento, entrega y pasión por esta profesión desde los inicios, y al Dr. Gutiérrez-Diez, por su capacidad de trabajo y templanza. Parte de este trabajo no hubiera sido posible sin el trabajo de ambos.

A mis adjuntos durante mi formación como residente en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Marqués de Valdecilla, y a todo el personal que integra este Servicio, Anestesiistas, gran equipo de Enfermería de quirófano y planta de hospitalización, etc., por enseñarme y apoyarme tanto en mis comienzos. Por esos cinco años inolvidables. Porque me habéis demostrado que más allá del trabajo, se puede ser amigos, y que esto puede perdurar a lo largo de los años y la distancia. Por vuestra complicidad, el cariño mutuo y las sonrisas infinitas. Y porque sin cada uno de vosotros, este trabajo no hubiera sido posible.

*Al Dr. López, por su constante y valiosa ayuda siempre, y al resto de compañeros del Servicio de Cirugía Cardíaca del Hospital Clínico de Salamanca, Dra. Dalmau, Dra. Bueno, Dr. Arévalo, Anestesiistas, Enfermeras, Perfusionistas y personal en quirófano y planta. A todos, por hacer que sea tan fácil el trabajo día a día y permitirme aprender a diario de todos y cada uno de vosotros. A M^a Luz, M^a José, Carmen, Nati, y Cristina, por todo el cariño y afecto demostrado a diario. Por las constantes palabras de ánimo y total disposición. Por vuestra
amistad.*



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Al Dr. Llorca por sus aportaciones estadísticas y su total disponibilidad. A Raquel García López, por su ayuda y valiosas indicaciones.

A la Dra. Carmen Diago, por su comprensión, cariño y por sus inagotables palabras de aliento y consideración. A Marian, por su apoyo incondicional, su cariño constante, sus incansables palabras de ánimo, y por haber estado y estar siempre a mi lado. A Amalia por su ayuda, cariño y disposición, y al resto de secretarías del Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Valdecilla. A Mariví por su complicidad, risas, y por tanto afecto y cariño compartido, y en realidad como representación de todas y todos a los que es imposible nombrar, que compartimos tanto tiempo y trabajo juntos, y a los que considero amigos.

Al Servicio de Cardiología, a la Unidad de Cuidados Postoperatorios y en especial a la Unidad de Ecocardiografía y todo el equipo del Dr. Martín Durán, por su disponibilidad, e imprescindible colaboración en el tratamiento y seguimiento de los pacientes analizados, que ha supuesto la realización de más de 600 ecocardiogramas a lo largo de estos años.

A mis compañeros durante la residencia, compañeros de Universidad y amigos que han estado y están a mi lado, en Santander y Salamanca, en especial, a Beatriz por su gran energía y positividad, a Sonia, Vanesa, Amparo, Luz y Bernardo por tanto cariño y tantos años de amistad, y a Elena, Alberto, Miguel, María y Teresa, por vuestro apoyo constante y tantas palabras de ánimo en la finalización de este trabajo.

A toda mi familia. Y a todos aquellos que no me es posible mencionar, pero que saben que han formado parte de esta aventura, poniendo su granito de arena para llegar hasta aquí.

Y por último, a todos y cada uno de los pacientes que han formado parte de este trabajo, quienes son siempre el fin último y el sentido de nuestra dedicación y entrega.

A todos.

Gracias por todo. Gracias por tanto,

Sin todos y cada uno de vosotros, nada hubiera sido posible.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Acrónimos:

AA/AAo: aorta ascendente.

AI/LA: Aurícula izquierda.

AP/PA: arteria pulmonar.

CEC: circulación extracorpórea.

DA: arteria coronaria descendente anterior.

DAo: aorta torácica descendente.

ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea/extracorporeal membrane oxygenation.

FE: fracción de eyección.

GAGs: glicosaminoglicanos.

HTA: hipertensión arterial.

IAo: insuficiencia aórtica.

IC: intervalo de confianza.

LCO: ostium de la arteria coronaria izquierda.

NYHA: New York Heart Association.

Sd.: síndrome.

SE: error estándar.

SV: senos de Valsalva.

RCO: ostium de la arteria coronaria derecha.

RIC: rango intercuartílico.

RMN: resonancia magnética nuclear.

ROC: Receiver Operating Characteristic.

TAC: tomografía axial computerizada.

TGFB: factor de crecimiento transformante beta.

TGFBR: receptor del factor de crecimiento transformante beta.

TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho.

TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo.

UST: unión sinotubular.

UVA: unión ventrículo arterial.

VAB: válvula aórtica bicúspide.

VECs: células endoteliales.

VD/RV: ventrículo derecho.

VI/LV: ventrículo izquierdo.

VICs: células intersticiales.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

INDICE



INDICE

Página

<i>Resumen</i>	23
<i>Abstract</i>	27
1. INTRODUCCIÓN.....	31
2. ANATOMÍA DE LA RAÍZ AÓRTICA.....	37
2.1. Anillo aórtico	40
2.2. Velos aórticos	46
2.3. Senos de Valsalva	52
2.4. Triángulos intercomisurales	53
2.5. Unión sinotubular	55
3. HISTOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DE LA VÁLVULA AÓRTICA.....	57
3.1. Histología	59
3.2. Comportamiento biomecánico	64
3.3. Fisiología de la raíz y válvula aórtica	68
3.4. Análisis macro y micromecánico de la válvula aórtica	74
4. FUNCIÓN Y COMPORTAMIENTO HEMODINÁMICO DE LA RAÍZ AÓRTICA. RESERVA FUNCIONAL.....	83
5. PATOLOGÍA DE LA RAÍZ AÓRTICA	93
5.1. Estenosis aórtica	95
5.2. Insuficiencia aórtica y/ dilatación Ao.Asc	97
5.3. Válvula aórtica bicúspide	102
5.4. Sd. Marfan	105
5.A. Dimensiones de la raíz aórtica	106
5.B. Papel de la Ecocardiografía en la patología aórtica	108
6. EVOLUCIÓN DE LA CIRUGÍA VALVULAR Y DE RAÍZ AÓRTICA. TÉCNICAS QUIRÚRGICAS.....	115
6.1. Conceptos generales	117
6.2. Evolución temporal de las técnicas quirúrgica	119



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

6.3. Principales técnicas de reparación valvular aórtica	123
6. 4. Evolución de las técnicas de reemplazamiento de raíz aórtica	126
6.5. Técnicas de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular..	131
6.6. Técnicas de anuloplastia aórtica	144
6.7. Injerto de Valsalva	149
6.8. Homoinjertos y autoinjertos	152
6.9. Operación de Ross	153
7. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TÉCNICAS DE REEMPLAZAMIENTO DE RAÍZ AÓRTICA CON PRESERVACIÓN VALVULAR.....	155
7.1. Técnica de remodelamiento de raíz aórtica/Técnica de Yacoub	158
7.2. Técnica de resuspensión valvular aórtica/Técnica de David	163
7.2.1. Cálculo del diámetro del injerto	176
7.2.2. Implicación de la medida del injerto	181
8. ELECCIÓN DE PACIENTES: INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES. COMPLICACIONES ASOCIADAS.....	183
8.1. Indicaciones generales	185
8.2. Contraindicaciones	196
8.3. Complicaciones asociadas	197
9. HIPÓTESIS.....	201
10. OBJETIVOS.....	205
11. MATERIAL Y MÉTODOS.....	209
11.1. Ámbito	211
11.2. Diseño del estudio.....	211
11.3. Factores asociados a la técnica quirúrgica	214
11.4. Definiciones	216
11.5. Métodos estadísticos	218
12. RESULTADOS	221
12.1. Análisis descriptivo	223
12.1.1. Aspectos demográficos	223



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

12.1.2. Características preoperatorias.....	225
12.1.2. Dimensiones aórticas /función ventricular	230
12.1.3. Factores quirúrgicos	231
12.2. Análisis de resultados quirúrgicos precoces y a largo plazo. Estudio de factores predictores de supervivencia, estabilidad y reoperación	236
12.3. Análisis univariante/multivariante	253
12.4. Análisis de regresión	257
12.4.1. Reparabilidad.....	257
12.4.2. Estabilidad de la función valvular	258
12.4.3. Necesidad de sustitución valvular aórtica	261
12.4.4. Supervivencia	263
12.5. Análisis por subgrupos	265
12.4.1. Subgrupo A Técnica de Yacoub).....	265
12.4.2. Subgrupo B (Síndrome de Marfan).....	267
13. DISCUSIÓN.....	269
14. LIMITACIONES	289
15. CONCLUSIONES	293
16. BIBLIOGRAFÍA	297



Resumen

Cirugía de reemplazamiento de la raíz aórtica con preservación valvular: Análisis de resultados quirúrgicos precoces y a largo plazo, y estudio de predictores de supervivencia, estabilidad de la función valvular y reoperación

Objetivos: Las técnicas de cirugía de sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular surgen a principios de los años 90 del pasado siglo, como una alternativa al tratamiento estándar de sustitución valvular y de aorta ascendente para aquellos pacientes con aneurismas de la raíz aórtica con o sin insuficiencia valvular aórtica asociada. El mantenimiento del aparato valvular evita el empleo de prótesis valvulares artificiales y de tratamiento anticoagulante permanente, lo que constituye una ventaja evidente, particularmente en pacientes jóvenes con expectativa vital larga y cuya calidad de vida se ve mermada significativamente por la anticoagulación. Estas ventajas justifican la mayor complejidad técnica que la cirugía de sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular lleva aparejada.

Existen fundamentalmente dos modalidades técnicas de sustitución de la raíz aórtica con conservación valvular: El remodelamiento de la raíz o técnica de Yacoub, y la reimplantación valvular o técnica de David. Ambos tipos, han mostrado unos resultados aceptables a corto, medio y largo plazo.

Material y métodos: En la presente Tesis, se realiza un análisis de la serie compuesta por 80 pacientes intervenidos con cirugía de sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular en cada una de sus técnicas quirúrgicas, en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Marqués de Valdecilla, en el periodo comprendido entre el 1 de Enero de 1994 y el 31 de Junio de 2015. Con un total de 20 años de seguimiento máximo, constituye la serie con un seguimiento más largo a nivel nacional en este tipo de cirugía. Durante todo el periodo de seguimiento se llevó a cabo un registro de datos prospectivo y protocolizado, a partir del cual se ha realizado un análisis descriptivo de la serie en términos de supervivencia, y resultados quirúrgicos precoces y a largo plazo,



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

además de un análisis de predictores de supervivencia, estabilidad valvular y reoperación que contribuyan a una mejor selección preoperatoria de los pacientes que pueden beneficiarse de estas técnicas y proporcionen información pronóstica fiable de su evolución postoperatoria.

Resultados: El seguimiento acumulativo fue de 637 paciente-años con un seguimiento medio de 12 ± 5.8 años. Ningún paciente fue perdido a seguimiento. El 79% de los pacientes eran varones, 10% diagnosticados de Síndrome de Marfan, 10% con válvulas bicúspides y 10% con una disección aórtica crónica tipo A. Un 53% se encontraba en clase funcional I previamente a la cirugía y el 59% presentaban insuficiencia aórtica en grados III o IV. En relación a la técnica quirúrgica, un 88% fueron sometidos a cirugía de reimplantación valvular según la técnica de David y sus variantes. En un 20% de casos se asoció cirugía reparadora de velos y en 20% otras técnicas asociadas. En el ecocardiograma intraoperatorio tras la reparación, 56% presentaban insuficiencia aórtica en grado menor de II (leve). Un 14% precisaron reconversión a sustitución valvular aórtica. Entre las complicaciones mayores detectadas: 14% fueron reintervenidos por sangrado postoperatorio, 13% presentaron bloqueo AV, 1,2% mediastinitis y un 0% fenómenos tromboembólicos. Al alta, 97% de los pacientes dados de alta con preservación valvular aórtica presentaban una insuficiencia aórtica leve o menor.

La mortalidad hospitalaria fue del 5,0% y la tardía 13,7%. La supervivencia actuarial global fue de 92% a los 5 años, 75%, a los 10 años y 68% a los 15 y 20 años, y en los que pudo llevarse a cabo la preservación valvular aórtica, se cifra en un 97% a los 5 años y 92% entre los 10 y los 20 años, respectivamente. En este grupo, la probabilidad de permanecer libre de insuficiencia aórtica en grado mayor de II al seguimiento, fue del 88% a los 5 años y 83% entre los 10 y los 20 años, respectivamente y de permanecer libre de reintervención por cualquier causa en se estimó en 93, 85, 81 y 67% a los 5, 10, 15 y 20 años. El tiempo medio de aparición de IAo (grado mayor a II) fue de $4,8 \pm 3,8$ años (media \pm DE). La probabilidad actuarial de estar libre de sustitución valvular fue del 94, 89, 84 y 67% a los 5, 10, 15 y 20 años, y la probabilidad actuarial de estar libre de eventos cardiológicos mayores fue del 80 y 54% a los 5 y 10 años y del 51% a partir de los 15 años, respectivamente.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Únicamente la técnica quirúrgica, la duración de la intervención y la presencia de insuficiencia valvular aórtica en el momento del alta se comportaron como predictores independientes de la aparición de eventos cardiológicos mayores en el análisis multivariante. Este análisis identificó únicamente el menor diámetro del injerto vascular como factor independiente de necesidad de reconversión, y no encontró factores estadísticamente significativos en cuanto a mortalidad global.

En el grupo de pacientes intervenidos exclusivamente con la técnica de David, el análisis de regresión logística identificó como factor predictor de reparabilidad (insuficiencia aórtica post-CEC menor o igual a grado I) la insuficiencia aórtica preoperatoria. Como predictores ominosos de estabilidad de la reparación a largo plazo, el análisis de Cox identificó el grado de IAo post-CEC y el grado de IAo al alta, siendo este último más informativo. La clase funcional preoperatoria, el grado de IAo al alta y el diagnóstico de enfermedad de Marfan se identificaron como factores predictores de sustitución valvular aórtica durante el seguimiento. La clase funcional preoperatoria constituyó un predictor significativo de supervivencia a largo plazo.

Conclusiones: La cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular, a pesar de implicar una mayor complejidad técnica, ofrece unos resultados aceptables a corto, medio y largo plazo, en términos de supervivencia, complicaciones cardiológicas mayores y/o estabilidad valvular, proporcionando ventajas evidentes para aquellos pacientes jóvenes o de edad media, desde el punto de vista hemodinámico, de la trombogenicidad, de complicaciones infecciosas y, sobre todo, evitando los indeseados efectos del tratamiento anticoagulante. El grado de severidad preoperatorio de la insuficiencia aórtica constituye un predictor negativo significativo de la reparabilidad de la función valvular, y la regurgitación residual intraoperatoria tras la reparación de la raíz aórtica proporciona información pronóstica significativa en cuanto a su progresión futura. La valoración ecocardiográfica al alta precisa aún más esta información, con una importante capacidad predictiva negativa durante la primera década postoperatoria. Estudios con mayor número de pacientes y con seguimientos más largos son necesarios en un futuro para delimitar con mayor precisión el valor y las indicaciones de este tipo de cirugía reparadora.



Abstract

Aortic valve-sparing root replacement: Early and long-term surgical outcomes, and study of predictors of survival, stability of valve function and reoperation.

Background: The surgical techniques of aortic valve-sparing root replacement emerge in the early 1990s, as an alternative to the standard treatment of combined prosthetic replacement of valve and ascending aorta for those patients with aortic root aneurysms with or without aortic valvular insufficiency. The valve preservation procedures, circumvent the use of valve prostheses and the associated permanent anticoagulant therapy, which is of particular importance for young patients with syndromic familial aortopathies. These advantages must be counterbalanced with a more complex surgical technique bearing its own steep learning curve but explain, nevertheless, its becoming a preferred surgical procedure to treat aortic root aneurysms in this subgroup of patients.

There are two main techniques of aortic valve-sparing operations: the remodeling of the aortic root or Yacoub technique, and the aortic valve reimplantation or David technique. Both have proven acceptable short and long-term results.

Objectives: To analyze, in retrospective fashion, the results of a cohort of patients operated during a 20 year time frame and in whom a valve sparing aortic root replacement was performed. The aim of the study is not restricted to the compilation of results concerning mortality, major cardiovascular adverse events or valve failure, but also to the elucidation of statistical predictors of reparability and long term stability of valve function that may help to refine the process of preoperative patient selection and inform on the long term fate of valve function after the repair.

Methods: Herein, we describe a series of 80 patients referred for aortic valve-sparing operations to the Cardiovascular Surgery Service of the University Hospital Marqués de Valdecilla, between January 1st, 1994 and June 31, 2015. This is a retrospective analysis of data collected in a prospective and protocolized manner during annual clinical and echocardiographic follow-up visits of the patients.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Results: The series features a total of 637 patient-years of cumulative follow up, with a mean monitoring of 12 ± 5.8 years. Follow-up was 100% complete. Male patients accounted for 79% of the cohort, 10% had a diagnosis of Marfan syndrome, 10% had bicuspid aortic valves and 10% a chronic aortic dissection type A. Prior to surgery, 53% of patients were in functional class I and 59% had a grade III and IV preoperative aortic insufficiency. Valve reimplantation according to David's technique was performed in 88% of patients. In 20% of cases, a leaflet repair was required and 20% had other associated techniques. In the intraoperative echocardiographic control 56% of patients had no or trivial aortic regurgitation and 14% required conversion to aortic valve replacement. Major postoperative complications included re-exploration for bleeding in 14%, AV block in 13%, mediastinitis in 1.2% and no thromboembolic events. In the echocardiographic control at discharge, 97% had no or minimal aortic regurgitation.

Hospital mortality was 5.0% and late mortality 13.7%. Overall actuarial survival was 92% at 5 years, 75% at 10 years and 68% at 15 and 20 years, and only for those where aortic valve was spared a 97% at 5 years and 92% between 10 and 20 years respectively. In this group, the actuarial estimate of remaining free from aortic regurgitation greater than II degree during follow up, was 88% at 5 years and 83% between 10 and 20 years, respectively and freedom from reoperation for any cause a 93, 85, 81 and 67% at 5, 10, 15 and 20 years. The average time to onset of significant AR (greater than grade II) was 4.8 ± 3.8 years (mean \pm SD). Actuarial probabilities of remaining free from valve replacement were 94, 89, 84 and 67% at 5, 10, 15 and 20, and the actuarial probabilities of remaining free from major cardiac events were 80 and 54% at 5 and 10 years and 51% at 15 years and thereafter, respectively.

The surgical technique, duration of the operation and the presence of aortic insufficiency at discharge were independent predictors of the occurrence of major cardiac events in the multivariate analysis for the overall series. This analysis identified only the smaller diameter vascular graft as an independent determinant of the need for conversion, but found no statistically significant determinants of overall mortality.

In the cohort of patients who had a reimplantation technique, logistic regression analysis disclosed the severity of preoperative aortic regurgitation as a negative predictor of reparability, defined as no or trivial aortic regurgitation in the intraoperative post-repair echo control. Both, intraoperative and discharge aortic



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

regurgitation levels, arose in the Cox regression analysis as independent and ominous predictors of long term stability of the repair, portending progression of the regurgitation, but the discharge echo provided information with a better negative predictive value. Preoperative functional class, the degree of aortic regurgitation at moment of discharge and Marfan diagnosis arose in the Cox analysis as predictors for aortic valve replacement during follow-up. Finally, Cox's model only identified the preoperative functional class as a predictor of long term survival.

Conclusions: Valve-sparing root replacement surgery, despite its greater technical complexity, provides acceptable results in the short, medium and, long term follow up in survival, major cardiac complications, reoperation and valvular stability. The technique is particularly advantageous for young or middle-aged patients from a hemodynamic point of view, thrombogenicity, and risk of infectious complications and spares them from permanent anticoagulant therapy and its undesired effects. The degree of preoperative severity of aortic regurgitation is a significant negative predictor of reparability that may help in the appropriate selection of surgical candidates. Further, intraoperative post-repair regurgitation provides significant prognostic information about the stability or future deterioration of valve repair. A thorough echocardiographic study at discharge has a significant negative predictive capacity on the fate of valve function during the first postoperative decade. Further studies with more numerous patient cohorts and longer follow-up are warranted to define more clearly the value and indications of this type of reconstructive surgery.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

1. INTRODUCCIÓN



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



1. INTRODUCCIÓN

Durante las primeras décadas de desarrollo de la cirugía cardíaca, las técnicas de reemplazamiento con prótesis de las válvulas cardíacas, gracias a su reproducibilidad y buenos resultados, captaron el interés de los principales grupos quirúrgicos. Sin embargo, la mejora en el conocimiento de la morfología y función valvulares acaecida en los años siguientes propició el desarrollo de técnicas quirúrgicas de reparación valvular orientadas a la normalización funcional pero conservando la estructura nativa, lo que evitaba el reemplazamiento valvular y todos los efectos indeseables asociados al mismo.

Como una continuación aparentemente natural de las reparaciones llevadas a cabo con técnicas cerradas en la era previa a la circulación extracorpórea, la cirugía conservadora mitral se desarrolló y popularizó en primer lugar en parte favorecida por la mayor prevalencia de enfermedad reumática en esas épocas. Las ventajas asociadas a la preservación valvular, su accesibilidad desde el punto de vista técnico y los buenos resultados a corto y largo plazo publicados hicieron que la reparación mitral se incorporara con rapidez al armamentario quirúrgico y que sus modalidades técnicas se diversificaran y sofisticaran adaptándolas a patologías valvulares concretas.

En el extremo opuesto, la cirugía conservadora de la válvula aórtica ha tenido una menor expansión a lo largo de todos estos años representando sólo un 2% de todos aquellos procedimientos llevados a cabo sobre la misma. La complejidad de este tipo de técnicas y los resultados inciertos a largo plazo han sido los principales factores determinantes que han limitado su realización y reproductibilidad.

Entre este tipo de procedimientos, las técnicas basadas en el reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular, particularmente en pacientes jóvenes con vida activa en los que su mayor expectativa vital hace particularmente relevantes las ventajas de esta cirugía, en comparación con la de reemplazamiento valvular, relativas a una menor exposición al riesgo de endocarditis o de complicaciones tromboembólicas y hemorrágica asociadas al tratamiento anticoagulante necesario tras el implante de la prótesis valvular. Por otro lado, un importante grupo formado por los pacientes afectos



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

por fibrilopatías, como el síndrome de Marfan, se benefician de estas técnicas, ya que presentan una valvulopatía aórtica funcional con velos esencialmente normales y dilatación de la raíz aórtica. Además, dada su patología asociada (presencia de aneurismas a nivel sistémico, alteraciones musculo esqueléticas, oftalmológicas, etc.), requieren múltiples intervenciones desde edad temprana. Por este motivo, evitar el tratamiento anticoagulante se convierte en un objetivo primordial, y la posibilidad de reparación y preservación valvular aórtica, son claros ejemplos de la indicación de este tipo de técnicas.

Si bien, a pesar de los numerosos beneficios evidentes a priori, este tipo de intervenciones se llevan a cabo en un limitado número de centros y Servicios de Cirugía Cardíaca en España, así como en un discreto número de pacientes. Las técnicas de sustitución de raíz aórtica, con preservación valvular son técnicas relativamente recientes en el campo de la cirugía cardíaca. El desarrollo de estas técnicas demanda un amplio conocimiento anatómico y funcional de la mecánica valvular para poder ser llevadas a cabo con éxito. Además, y dada su complejidad, su realización lleva implícita una curva de aprendizaje no despreciable, que debe tenerse en cuenta a la hora de su realización. A nivel mundial, se pusieron en marcha en los años noventa del pasado siglo, en los centros con mayor volumen de pacientes afectados de valvulopatía aórtica asociada a la afectación de raíz aórtica, donde era posible su avance y mejora técnica.

Desafortunadamente la alteración o disfunción de uno de los componentes que configuran el complejo compuesto por la válvula y la raíz aórtica, resulta en una disrupción del resto de estructuras del sistema, por ser estas interdependientes. Por este motivo, todos los procedimientos quirúrgicos que ignoran este hecho, tienen un potencial riesgo de fallo precoz, siendo este uno de los inconvenientes principales de este tipo de procedimientos. La complejidad de las relaciones anatómicas y funcionales del complejo que forman la válvula y la raíz aórticas confiere una gran dificultad técnica a este tipo de intervenciones, así como una comprometida estabilidad valvular y dudosos resultados a largo plazo en las series de casos publicados con anterioridad. Esto ha determinado que la realización de este tipo de técnicas de reemplazamiento de raíz aórtica con conservación de la válvula aórtica nativa se lleven a cabo sólo en una minoritaria proporción de pacientes de todos los potencialmente subsidiarios de la misma.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Aunque inicialmente se consideraban subsidiarios de este tipo de cirugía únicamente a los pacientes con válvula aórtica trivalva, y velos valvulares normales, posteriormente, a medida que se adquirió experiencia y confianza, las indicaciones se ampliaron, incluyendo también aquellos casos de válvulas aórticas bicúspides, con prolapsos o alteraciones a nivel de los velos, al comenzarse también a asociar las técnicas de reparación valvular a la técnica original.

En el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, se han llevado a cabo desde el 1 de Enero de 1994 al 31 de Junio de 2015, un total de 80 intervenciones de este tipo, constituyendo una de las series más numerosas y la de más largo seguimiento descritas en España hasta el momento.

Proponemos el análisis de esta serie integrada por todos los pacientes intervenidos con cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, y gracias a la experiencia acumulada de 20 años de seguimiento, definir aquellos factores predictores de estabilidad y función valvular, supervivencia y reoperación de estas técnicas a largo plazo en nuestro grupo.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

2. ANATOMÍA DE LA RAÍZ AÓRTICA



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



2. ANATOMÍA DE LA RAÍZ AÓRTICA

La raíz aórtica en el ser humano es una compleja estructura anatómica y funcional, definida como la porción del tracto de salida del ventrículo izquierdo que soporta el anclaje de los velos valvulares aórticos (1-4). Se localiza a nivel de la zona de unión delimitada entre la salida del ventrículo izquierdo y el inicio de la arteria aorta, y está formada por diferentes estructuras tales como el anillo aórtico basal correspondiente con la unión ventrículo arterial, la unión sinotubular, los velos aórticos, los senos de Valsalva, las comisuras valvulares y los triángulos intercomisurales.

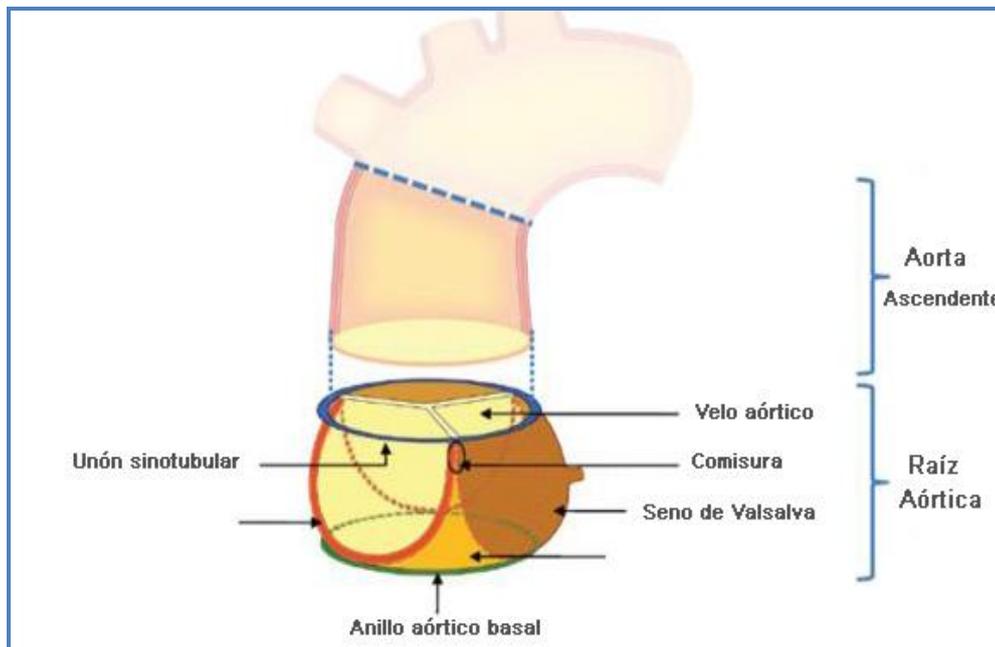


Figura 1: Componentes de la raíz aórtica (Sievers J. Thorac Cardiovasc Surg, 2007/ Charitos EI. Ann Cardiothorac Surg, 2013).

La descripción anatómica de la válvula aórtica normal es generalmente común en la mayoría de especies mamíferas, y parece corresponder con una función fisiológica común y principal, que consiste en dirigir el flujo sanguíneo desde el corazón hacia el resto del organismo a través de la arteria aorta, previniendo a su vez que durante la eyección de la sangre oxigenada desde el ventrículo izquierdo hacia la aorta exista flujo



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

retrógrado que retorne hacia el ventrículo izquierdo (3). El límite inferior de la raíz aórtica corresponde con el anillo aórtico basal o virtual y el límite superior de la misma, con la denominada unión sinotubular (2, 5-10). Cada uno de los componentes que conforman la raíz aórtica hacen que ésta esté configurada macroscópicamente y microscópicamente de una forma perfecta, conformando una arquitectura anatómica ideal que contribuye a la función principal de la raíz aórtica, dando paso a una gran cantidad de volumen, de forma intermitente y unidireccional, manteniendo un flujo laminar, y con capacidad de adaptación a las diferentes condiciones y demandas hemodinámicas del organismo, contribuyendo a una adecuada perfusión coronaria y favoreciendo la función ventricular izquierda (11, 12), todo ello, a expensas de una mínima resistencia al flujo, y causando el menor estrés y daño posible a los tejidos y estructuras que la componen (1, 13-15).

Bajo un punto de vista funcional, y en lo que se refiere a mecánica valvular, de entre todas las diferentes estructuras que conforman la raíz aórtica, es principalmente sobre tres de ellas donde recae un mayor interés: el denominado anillo aórtico funcional (integrado por la unión ventrículo arterial, el anillo aórtico basal virtual o anillo quirúrgico y la unión sinotubular), los velos valvulares aórticos o cúspides y en tercer lugar, los senos aórticos (dilataciones de la pared aórtica que corresponden con las cúspides aórticas) (16). Estos últimos, los senos aórticos o también llamados senos de Valsalva, si bien, no influyen directamente en la competencia valvular, sí tienen un papel fundamental en minimizar el estrés que soportan los velos aórticos durante el ciclo cardíaco en su movimiento de cierre y apertura como se comentará en detalle en capítulos posteriores (17, 18).

Estos serán los tres elementos fundamentales que influyen de forma directa e indirectamente en la competencia valvular y a los que se les ha atribuido ser responsables de los diferentes mecanismos de insuficiencia valvular aórtica cuando acontece alguna alteración o distorsión sobre los mismos (5, 6, 19, 20). A continuación definiremos más detalladamente cada uno de los componentes anatómicos descritos.

2.1. ANILLO AÓRTICO

El anillo aórtico es una estructura tridimensional, circular y fibrosa, localizada a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo, integrado por las inserciones de los



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

tres velos aórticos, tres estructuras semicirculares que se anclan a lo largo de un único plano a la pared aórtica (21, 22). Estructuralmente está constituido por tejido colágeno, que se distribuye en tres condensaciones con forma de arco semicircunferencial, cada una de las cuales se unen entre sí diseñando una estructura en forma de corona de tres puntas (11, 23-27).

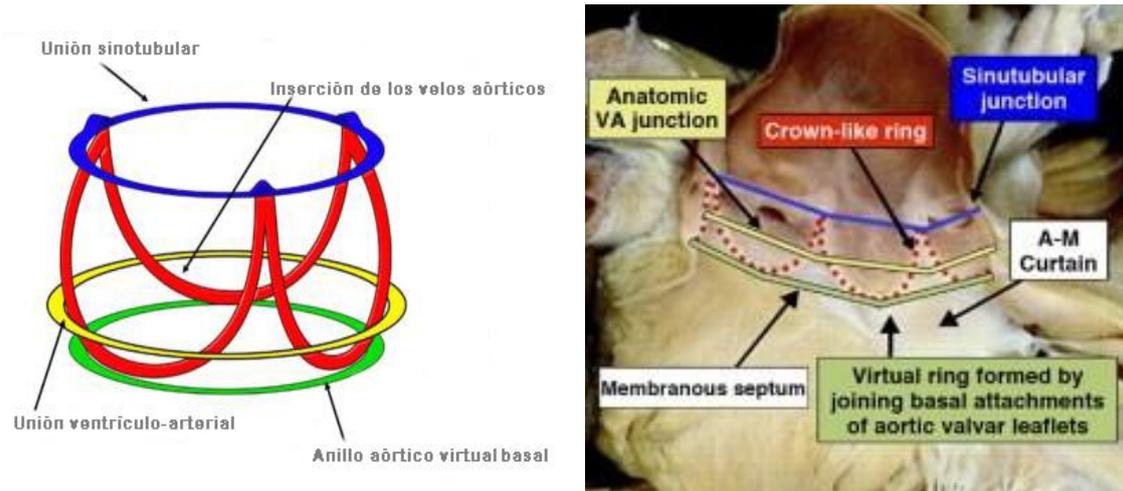


Figura 2: Estructura tridimensional de la raíz aórtica y sus diferentes componentes, y su correspondencia sobre una pieza anatómica post-mortem. (Piazza N. *Cir Cardiovasc Interv.* 2008/Bloomfield G. *JAAC Cardiovasc Imaging.* 2012).

Las puntas de la corona que recrean los arcos semicirculares, están dirigidas en sentido centrífugo, describiendo el sentido del flujo sanguíneo desde el ventrículo izquierdo a la aorta ascendente. En su extremo, se forma una trama fibrosa correspondiente a la región comisural entre velos aórticos adyacentes.

La región media basal de las hemicircunferencias creadas por las condensaciones fibrosas, presenta tejido colágeno engrosado en cantidad variable y en diferente medida dependiendo del seno aórtico del que se trate, y que corresponde con la porción anatómica denominada “nadir” del velo aórtico (25, 28, 29). Más concretamente, en el caso del seno no coronario, el grado de engrosamiento es máximo a dicho nivel. Sin embargo, el grado de engrosamiento será moderado en el caso del seno coronario izquierdo y mínimo a nivel del seno coronario derecho (4, 30).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

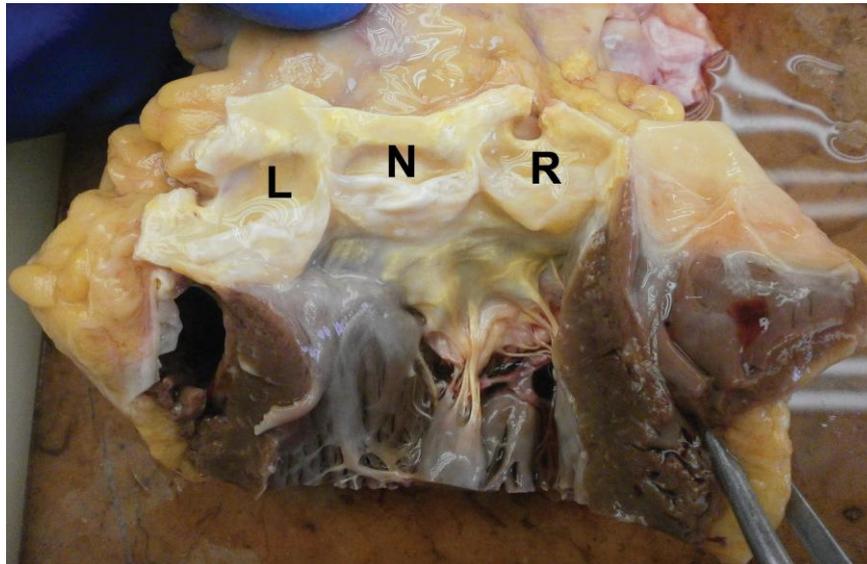


Figura 3: Pieza anatómica de raíz aórtica. L → Seno coronario izquierdo. N → Seno no coronario. R → Seno coronario derecho. (Ho, SY. Eur J Echocardiogr, 2009).

Teniendo en cuenta el normal sentido del flujo, el borde distal de cada arco del anillo aórtico, se continúa con la pared fibroelástica del seno aórtico que se inserta en él. La estructura general de este área, muestra un predominio del tejido colágeno a nivel de la zona más cercana al anillo, siendo gradualmente sustituido por tejido elástico a medida que nos alejamos del mismo, siendo también descrita la presencia de fibras miocárdicas entremezcladas con el tejido fibroelástico. El borde proximal de cada uno de los arcos que conforman el anillo aórtico, genera y actúa de inserción o anclaje a los velos o cúspides aórticas fundiéndose con la lámina fibrosa que será descrita posteriormente (11, 22, 31).

El anillo aórtico, se encuentra además unido al miocardio ventricular izquierdo (septo interventricular) en aproximadamente un 45% a lo largo de su circunferencia a través de bandas colágenas. Esta porción se encuentra bajo el seno coronario derecho y la mitad del seno coronario izquierdo (6). La cara antero-posterior de la raíz aórtica, sobretodo en la región del velo no coronario, está sustentada por tejido fibroso en aproximadamente el 55% de su circunferencia, tejido fibroso que está en continuidad con el septo membranoso y el velo anterior mitral, a través de la cortina aorto-mitral. Por debajo del septo membranoso, pasa una importante estructura anatómica con



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

repercusión en el sistema de conducción cardiaco, el denominado Haz de His (6, 32, 33).

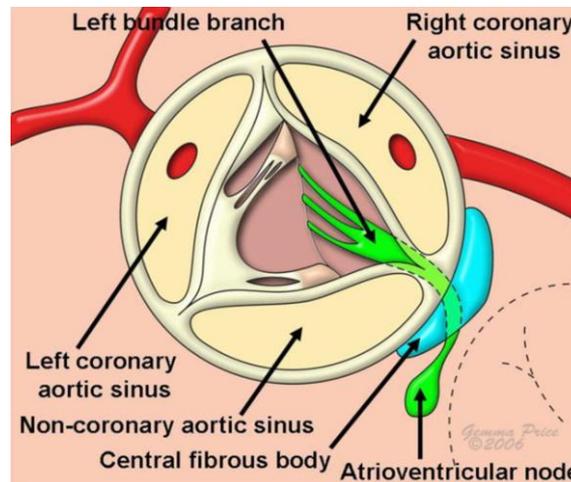


Figura 4: Relaciones anatómicas entre los diferentes componentes que forman la raíz aórtica. (Price G. Southwestern. Medical Center, 200).

Por otra parte, considerando el anillo fibroso en su conjunto, su porción proximal presenta tres áreas de forma triangular, denominadas expansiones subaórticas. Estas fueron mencionadas por Henle como *spatia intervalvular* (34) y ocupan el espacio que separa cada uno de los velos aórticos. El vértice de estas estructuras corresponde a la comisura entre dos velos, y está constituida por colágeno y una mezcla de tejido fibroelástico con fibras musculares miocárdicas intercaladas. La relevancia de estas expansiones subaórticas viene determinada por sus relaciones con el resto de componentes que conforman el anillo aórtico y de su localización. La expansión subaórtica formada entre el seno coronario derecho y seno coronario izquierdo, presenta una estructura fibroelástica que se continúa a lo largo del borde del seno coronario derecho, con el tendón del infundíbulo o ligamento del cono. La expansión entre el velo no coronario y el seno coronario derecho, se continúa con la superficie del trígono fibroso derecho y forma una lámina colágena que constituye la porción membranosa del septo interventricular o septo membranoso (33). De especial interés es la expansión que se encuentra entre el seno coronario izquierdo y el seno no coronario, que constituye la cortina subaórtica o cortina aorto-mitral, y que se continúa centralmente con el velo anterior mitral.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

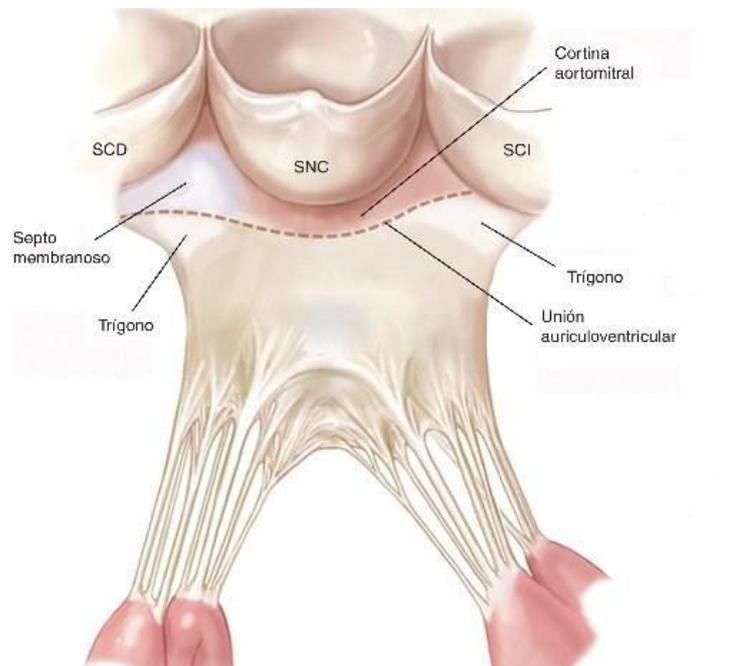


Figura 5: Esquema anatómico de la continuidad aorto-mitral. SCD: seno coronario derecho. SCI: seno coronario izquierdo. SNC: seno no coronario. (Castillo JG. Rev Esp Cardiol, 2011).

Sin embargo, y a pesar de todas las consideraciones anteriores realizadas acerca del anillo aórtico y las estructuras que lo integran, es importante señalar que aún a día de hoy, no existe consenso en lo que se refiere a la correcta definición del anillo aórtico, y que este sigue siendo tema de controversia para los principales expertos en los más importantes foros de discusión.

Por un lado, una gran parte de anatómicos identifican el anillo aórtico con la línea anatómica correspondiente con la unión ventrículo arterial. Esta línea se forma en la región en la que el tejido ventricular se continúa y da paso al tejido fibroelástico de las paredes aórticas, o dicho de otro modo, la zona de transición en la cual la raíz aórtica se inserta en el tejido miocárdico ventricular. Este es el anillo aórtico considerado como tal por los principales anatómicos, o lo que es lo mismo, el anillo aórtico anatómico (6).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Por el contrario, los cirujanos cardiacos en general, sitúan y definen el anillo aórtico basal como la línea de unión de las porciones más proximales de los velos aórticos, inmediatamente por debajo de su porción más declive o nadir (35). De esta forma, los anclajes de los velos aórticos a la raíz aórtica a nivel del seno coronario izquierdo y derecho, incluyen en su porción más basal una parte de pared ventricular izquierda (6, 29).

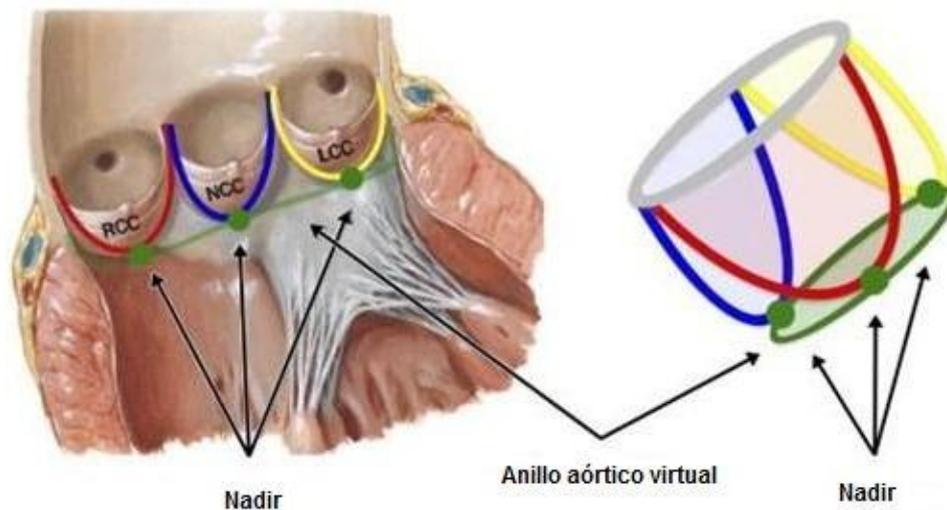


Figura 6: Anillo aórtico virtual basal, definido con la inserción basal de los velos aórticos. NCC: inserción del velo no coronario. LCC: inserción del velo coronario izquierdo. RCC: inserción del velo coronario derecho. (Kasel A. *J Am Coll Cardiol Img*, 2013).

De esta forma, podríamos diferenciar una estructura superior denominada anillo aórtico anatómico correspondiente con la unión ventrículo-arterial, y una segunda estructura situada a un nivel inferior, dos o tres milímetros por debajo del primero, denominado anillo aórtico basal o virtual, y que corresponde con la línea imaginaria que une la porción más basal de los tres velos aórticos, es decir, los nadires de los tres velos aórticos. El anillo basal virtual o quirúrgico, será el diámetro típicamente analizado en los estudios ecocardiográficos.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

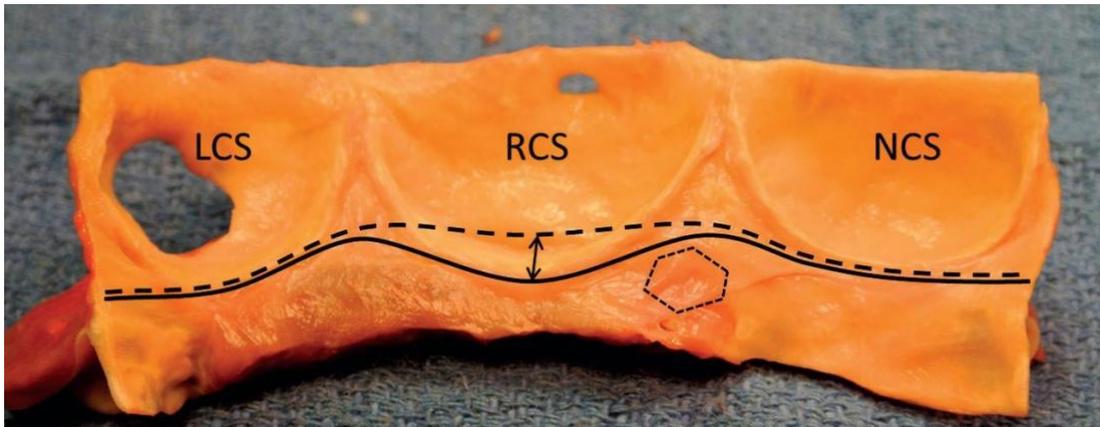


Figura 7: Vista intraluminal de una raíz aórtica humana seccionada longitudinalmente. LCS: seno coronario izquierdo. RCS: Seno coronario derecho. NSC: seno no coronario. Línea discontinua (unión ventrículo arterial o anillo aórtico anatómico). Línea continua (anillo aórtico basal virtual o anillo quirúrgico). (De Kerchove L. *Ann Thorac Surg*, 2013).

El relación al diámetro del anillo aórtico, este es variable. El diámetro correspondiente con la unión ventrículo arterial depende y se verá influenciada por la superficie corporal, la edad y la presión sanguínea presente. En presencia de válvula aórtica trivalva el diámetro es de aproximadamente 26 mm de diámetro, con una variación de 23-26 mm en el caso de mujeres o varones respectivamente. En presencia de válvula aórtica bicúspide, el diámetro aumenta ligeramente hasta 27-28 mm. Durante el ciclo cardiaco, estas dimensiones pueden variar hasta en un 10% (36, 37).

2.2. CÚSPIDES, VALVAS O VELOS AÓRTICOS

Las cúspides, valvas o velos aórticos, son unas estructuras con forma de semiluna, que conforman en su conjunto la válvula aórtica, y que fueron descritos ya el siglo XVI por Leonardo Da Vinci en sus bocetos recreando la válvula aórtica humana (38).

Los velos aórticos se encuentran anclados al anillo aórtico. Están formados por reduplicaciones del endocardio, con una lámina fibrosa central de estructura compleja y tamaño desigual en la gran mayoría de los casos (39).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

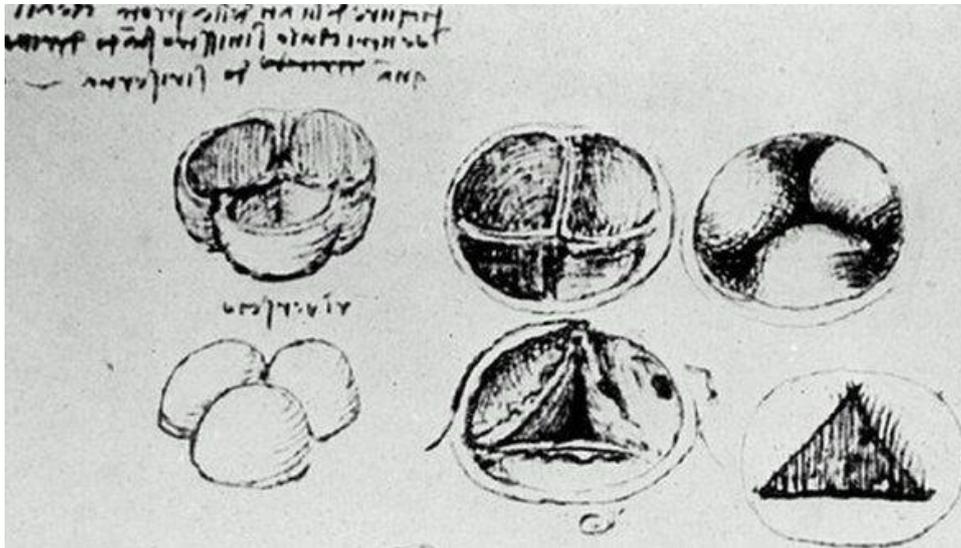


Figura 8: Bocetos pertenecientes a Leonardo Da Vinci, que recreaban la válvula aórtica y las tres cúspides aórticas ya en el siglo XV-XVI. Leonardo Da Vinci (1452-1519). "The aortic valve". Royal Collection. Royal Library of the Windsor Castle. Her Majesty Queen Elizabeth. <http://www.royalcollection.org.uk/collection/919082/the-aortic-valve>.

En número de velos aórticos puede ser variable. Si bien, la válvula aórtica estructuralmente normal es tricúspide, lo que quiere decir que está formada fundamentalmente por tres velos aórticos: derecho, izquierdo y velo no coronario. Este diseño representará formalmente y teóricamente la solución más adecuada anatómicamente para que exista la mínima resistencia al flujo (1).

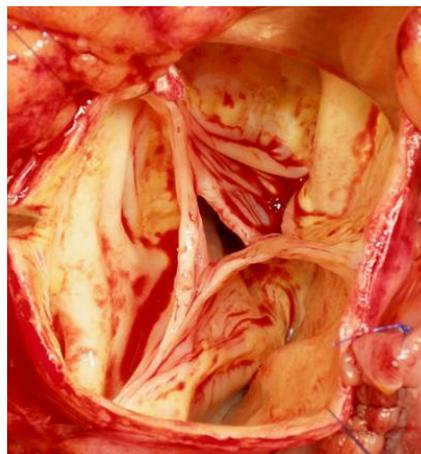


Figura 9: Imagen intraoperatoria de una válvula aórtica tricúspide estructuralmente normal. Dr. Nistal.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Sin embargo, existen variabilidades interpersonales amplias de origen congénito, en relación a la válvula aórtica y el número de cúspides que la conforman. De esta manera, existen válvulas monocúspides y válvulas bicúspides o cuatricúspides, cuando existen uno, dos o cuatro velos aórticos respectivamente.

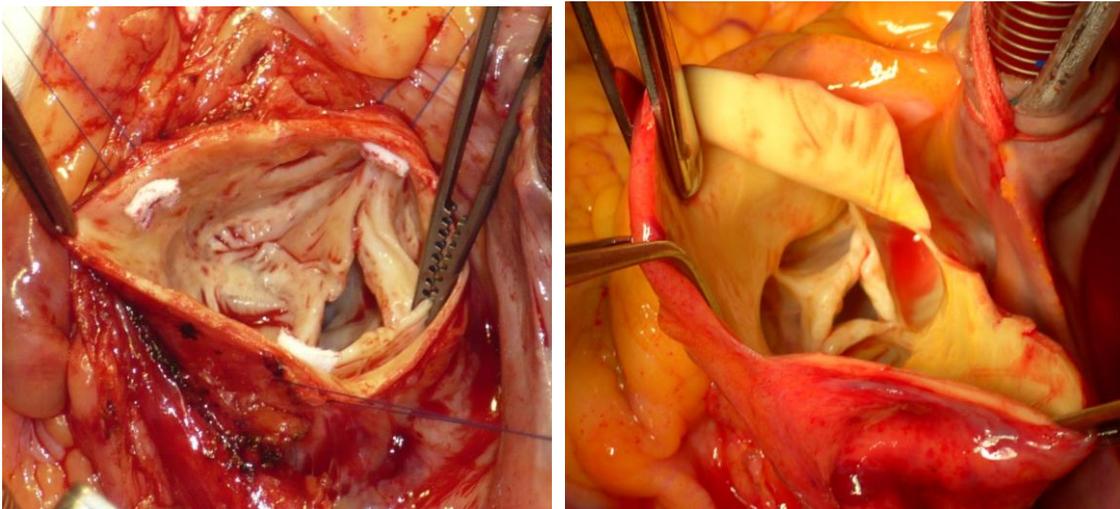


Figura 10: Imágenes intraoperatorias de una válvula aórtica bicúspide y una válvula aórtica cuatricúspide respectivamente.

Por otra parte, no solo existe variabilidad en cuanto al número de velos, sino que también existe variabilidad en el tamaño de los mismos, que difiere dentro de un mismo individuo (dependiendo fundamentalmente de la superficie corporal), como también existirán variaciones en relación con los demás individuos (36, 40, 41). A modo de generalidad, se ha observado como el velo aórtico no coronario es ligeramente mayor al velo aórtico derecho, siendo el velo aórtico izquierdo generalmente el de menor tamaño.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

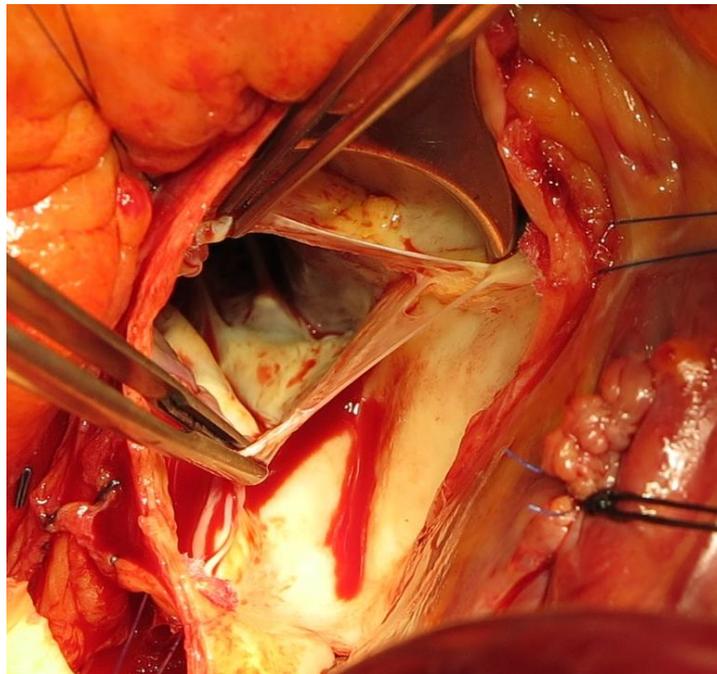


Figura 11: Imagen intraoperatoria que muestra con detalle los velos aórticos y el seno de Valsalva derecho. Dr. Nistal.

Si bien, dejando atrás las variaciones anatómicas y estructurales existentes, los velos aórticos se unirán entre ellos a un nivel determinado, las llamadas comisuras valvulares, donde conflúan los arcos fibrosos semicircunferenciales que constituían la corona inicial de tres puntos, y lo que constituye el punto más alto de unión de los mismos, justo por debajo de la unión sinotubular. Cada una de las mismas se encuentra separada entre sí aproximadamente 120° a lo largo de la circunferencia que define el anillo aórtico.

Debajo de las comisuras, se configuran unas estructuras denominadas los triángulos intercomisurales (4, 30), estructuras anatómicas de crucial importancia y que se comentarán con detalle posteriormente.

En relación a las medidas y dimensiones de los velos aórticos será también variable. La altura aproximada de los velos oscila entre 12-18mm, habiéndose estimado una altura media de 14,1 mm para el velo coronario derecho, 14, 2 mm para el velo coronario izquierdo y 14,1 mm para el velo no coronario. Así mismo, se ha estimado que la anchura media de los velos valvulares oscila entre los 25-27 mm, con 25,9 mm, 25



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

mm y 25,5 mm para cada uno de los velos respectivamente. Sólo en un 2,5% de los corazones examinados para el estudio (5 de los 200 analizados), se observó un tamaño de velos idéntico (36, 42).

Cada uno de los velos aórticos cubre un área equivalente a algo más de un cuarto de esfera o elipsoide en posición de semiapertura. Con el área cubierta por el seno aórtico correspondiente se completa aproximadamente una hemiesfera o hemielipsoide. El borde libre de los velos aórticos se extiende de comisura a comisura. La longitud de su borde libre es 1.5 veces menor a la longitud de su base de implantación semilunar. El borde libre de cada uno de los velos es prácticamente horizontal, y su borde adherente, a lo largo de su base de implantación de forma de semiluna, es cóncavo y engrosado.

A modo de generalidad, se ha estimado que el diámetro del anillo aórtico es menor a la longitud del borde libre (aproximadamente un tercio menor a esta longitud). Durante el movimiento de cierre valvular, el borde libre de los velos se superpone con los velos opuestos, equivalente a la zona de coaptación de los mismos.

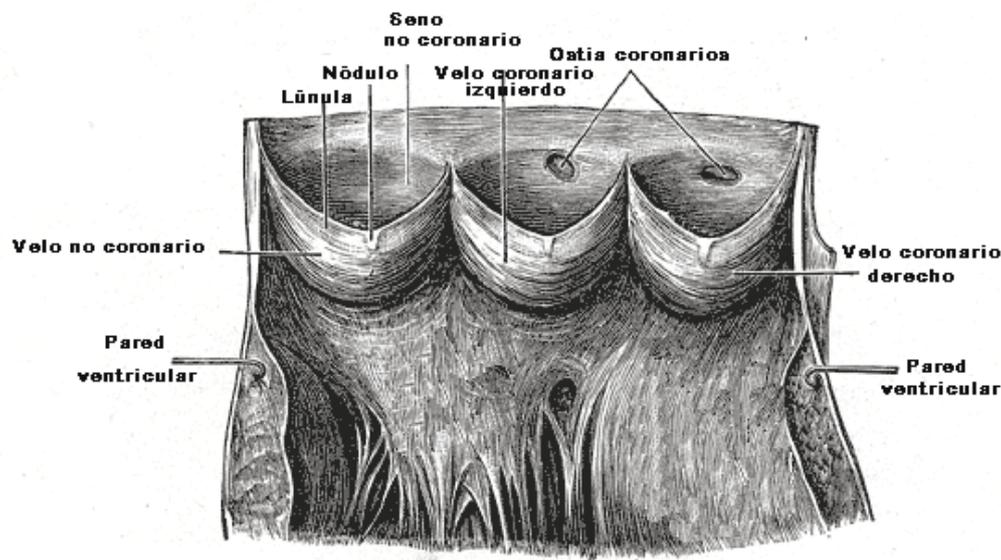


Figura 12: Aspecto macroscópico del velo valvular aórtico humano. Estructuras a destacar: nódulo de Arancio, áreas lunulares y zona central o de carga. (Gray H. *Anatomy of the Human Body*, 1918).

En la zona central del borde libre de cada uno de los velos aórticos, lo que corresponde con la zona de contacto entre ellos en el momento del cierre valvular, se encuentra una



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

agregación de tejido fibroso denominado Nódulo de Arancio, desde el que se irradian haces finos de colágeno que se dirigen hacia el borde adherente de cada uno de los velos aórticos. En esta región localizada a nivel de la base del velo aórtico, el engrosamiento fibroso se entremezcla con el arco del anillo fibroso correspondiente. En el extremo distal de las comisuras entre dos velos aórticos, algunas fibras colágenas aisladas pueden saltar de un velo a otro, aunque el mayor contingente se insertará en la rama ascendente del arco fibroso. En el velo aórtico, a excepción de la región del Nódulo de Arancio, el resto del borde libre es relativamente fino, sólo ligeramente más grueso que el tejido adyacente. A ambos lados del nódulo fibroso de Arancio y sus radiaciones colágenas, el tejido valvular es extremadamente fino, traslúcido. A cada uno de los lados de estos, existen unas excrescencias llamadas lúnulas, que pueden presentar ocasionalmente fenestraciones sobretodo en las zonas adyacentes a las comisuras valvares (43, 44) . Las comisuras valvulares, son definidas como aquellas regiones donde los anclajes de los velos a la pared aórtica discurren de forma paralela.



Figura 13: Lúnulas con fenestraciones variables a lo largo del borde libre de los velos aórticos. (Coats J. *Manual of pathology*, 1903).

Con la edad, los velos valvulares se engruesan y adquieren rigidez, fenómeno que sucede sobre todo en la zona del Nódulo de Arancio, siendo este descrito como uno de los primeros hallazgos de esclerocalcificación degenerativa de los velos valvulares aórticos (36, 42).



2.3. SENOS AÓRTICOS O SENOS DE VALSALVA:

Los senos aórticos o también llamados Senos de Valsalva (1740), fueron descritos por primera vez a principios del siglo XVI, por Leonardo da Vinci en 1513, descripción anatómica de la cual aún se conservan los primeros bocetos (45). Éste realizó una hipótesis inicial acerca de estas curiosas estructuras y la relación que estos mantenían en el mecanismo de cierre de la válvula aórtica y del flujo a su través, diseñando un modelo de raíz aórtica en vidrio (46). Posteriormente, fueron los senos aórticos fueron descritos con mayor detalle por el anatómico italiano Antonio Valsalva, recibiendo finalmente su nombre, y siendo denominados Senos de Valsalva.



Figura 14: Bocetos realizados por Leonardo da Vinci recreando y describiendo la raíz aórtica. Leonardo Da Vinci (1452-1519). "The aortic valve". Royal Collection. Royal Library of the Windsor Castle. En Shuman, H. Leonardo da Vinci on the Human Body (1952). Her Majesty Queen Elizabeth.

Los senos de Valsalva, son dilataciones de la pared aórtica que se forman por encima del borde adherente de cada uno de los velos valvulares aórticos. En este mismo nivel, el diámetro intraluminal medio de la raíz aórtica es casi el doble que el de su orificio de entrada a nivel de la unión ventrículo arterial (47). El borde distal de cada uno de los senos queda localizado por encima del nivel del borde libre de su correspondiente velo, y se encuentra limitado desde el aspecto intraluminal de la raíz aórtica por la cresta suprasinusal o supravalvular, estructura histológicamente bien diferenciada. De forma circunferencial, la pared aórtica a nivel de la cresta



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

supraaórtica es aproximadamente hasta 4 o 5 veces más gruesa que la pared aórtica a nivel del seno de Valsalva (47).

Histológicamente, la pared aórtica a nivel de los senos de Valsalva está constituida fundamentalmente por tejido colágeno a nivel de la zona proximal del anillo fibroso. El tejido colágeno irá disminuyendo progresivamente, siendo sustituido por tejido elástico a medida que ascendemos a un nivel más distal, desde los senos hacia la aorta ascendente.

A nivel de los senos aórticos, nacen las arterias coronarias, habitualmente por debajo del nivel de la unión sinotubular, si bien, no es extraño que los ostia coronarios no se encuentren exactamente en el medio de los mismos, sino parcialmente desplazados hacia niveles superiores, sobre todo en casos en que la raíz aórtica y/o la aorta ascendente se encuentran dilatadas.

Cada seno aórtico, adopta el nombre de la arteria coronaria que nace de él (48). El ostium de la arteria coronaria derecha nace del seno coronario derecho, localizándose a $13,2 \pm 2,64$ mm con respecto a la inserción basal del velo correspondiente. El ostium de la arteria coronaria izquierda, nace del seno coronario izquierdo, a $12,6 \pm 2,61$ mm de distancia a la inserción basal del velo coronario izquierdo. Las relaciones anatómicas de los Senos de Valsalva con el resto de estructuras cardíacas serán de vital importancia en el caso de patología que afecta a la raíz aórtica, como es el caso de un aneurisma. Su complicación podrá poner en comunicación el interior de la aorta con la aurícula izquierda o derecha en el caso del seno no coronario, con la aurícula izquierda en el caso del seno coronario izquierdo, y con la aurícula derecha y el tracto de salida del ventrículo derecho, en el caso de rotura del seno coronario derecho, complicación ésta última más frecuente (36, 49).

El papel de los senos de Valsalva ha sido estudiado de forma pormenorizada, si bien en la actualidad aún sigue siendo incierto (1, 12). Posteriormente describiremos los mecanismos y funciones atribuidas a los mismos.

2.4. TRIÁNGULOS SUBCOMISURALES

Los triángulos subcomisurales, también denominados triángulos intercomisurales, están estructuralmente formados por pared aórtica, y representan



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

extensiones del tracto de salida del ventrículo izquierdo las cuales alcanzan el nivel de la unión sinotubular en la zona de las comisuras. Dos de ellos, los relacionados con el velo no coronario, están formados por tejido fibroso, mientras el triángulo formado tras la unión del velo aórtico derecho e izquierdo, está formado por tejido muscular (3, 32). El triángulo formado entre los velos valvulares no coronario y coronario derecho se encuentra en continuidad con el septo membranoso, que contiene el haz de His.

El triángulo localizado entre el velo coronario izquierdo y no coronario, se continúa por la cortina aorto-mitral hacia el velo anterior mitral (1, 48).

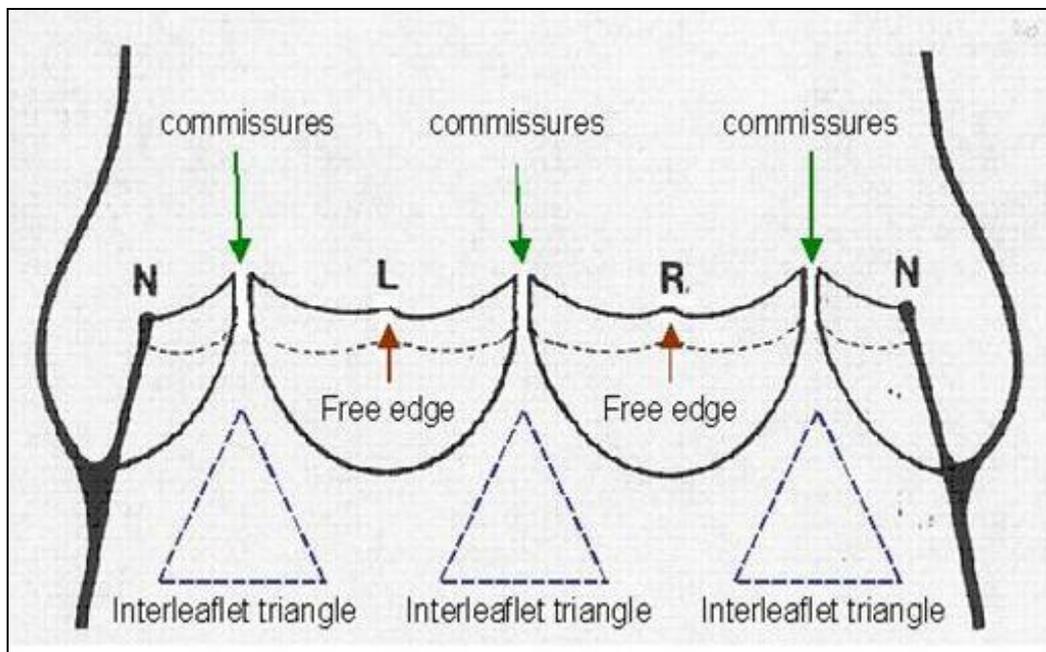


Figura 15: Apertura de la aorta ascendente a través del seno no coronario. La línea discontinua marca la zona de coaptación de los velos. (Tubrika MJ, *The aortic valve*. 1990).

A nivel de los triángulos intercomisurales, la pared aórtica fibrosa presenta menor cantidad de colágeno y por tanto, se encuentra más adelgazada en comparación con la pared a nivel de los senos de Valsalva. Estas zonas por lo tanto, serán potencialmente susceptibles de la formación de aneurismas o de comunicación con la cavidad pericárdica (48, 50).



2.5. UNIÓN SINOTUBULAR

La unión sinotubular, es una estructura de forma circular, con pared principalmente elástica, que soporta los anclajes periféricos de la válvula aórtica o comisuras, a nivel de las puntas de las semicircunferencias de conformaban la raíz aórtica, las cuales se encuentran inmediatamente por debajo de la misma.

En la raíz aórtica normal de individuos jóvenes, la unión sinotubular tiene un diámetro 15-20% menor al diámetro del anillo aórtico (47, 51), y se corresponde ecocardiográficamente con el 75% del diámetro máximo a nivel de los senos de Valsalva. Posteriormente, con el paso de los años, los diámetros se van equilibrando debido y el área luminal aórtico a nivel de la unión sinotubular aumenta con la edad y el peso del corazón, en respuesta a diversos factores como la pérdida de distensibilidad de la pared aórtica, y la sustitución del tejido elástico por tejido fibroso, que se produce con la edad, y la hipertensión arterial sistémica (36).

La unidad anatómica y funcional que forma la raíz aórtica acaba a nivel de la unión sinotubular, o dicho de otra forma, la unión sinotubular es la línea que separa la raíz aórtica de la aorta ascendente (7), la cual no discurre en un plano estrictamente paralelo, sino que presenta una angulación de aproximadamente 11° con la base de los seno de Valsalva (36).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

3. HISTOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DE LA VÁLVULA AÓRTICA



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



3. HISTOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DE LA VÁLVULA AÓRTICA

3.1. HISTOLOGÍA DE LA VÁLVULA AÓRTICA

3.1.1. Capa fibrosa, esponjosa y ventricularis. Capa arterialis.

Los primeros esquemas generales y nomenclatura utilizada acerca de la estructura valvular aórtica se remontan al año 1931, con la descripción realizada por Gross y Kugel (23). Estos autores, basándose en los especímenes de 1000 corazones humanos normales obtenidos de la realización de autopsias, simplificaron y pusieron en común toda la complicada terminología que existía hasta entonces, sistematizando la organización estructural de las cuatro válvulas cardíacas, entre ellas, la válvula aórtica.

El esquema general que describieron incluía dos capas tisulares bien diferenciadas a nivel de los velos aórticos. Una primera capa colágena, densa, de aproximadamente 0,30mm de grosor, que sirve de soporte estructural valvular y es denominada capa fibrosa. Una segunda capa, constituida por tejido más laxo, y dependiente de la anterior capa descrita previamente, denominada capa esponjosa, que en el caso de las válvulas sigmoideas (aórtica y pulmonar), se halla muy bien individualizada. Estos autores también describieron una estructura conectiva densa localizada en el anillo fibroso, que en el caso de las válvulas sigmoideas, representa una prolongación de la capa esponjosa del velo aórtico (52-54).

Cada una de las capas descritas, presenta una cantidad variable de fibras y proteínas, lo que confiere a cada una de las mismas unas características mecánicas diferentes, y obedeciendo a unas funciones para lo que cada una de las láminas o capas está específicamente diseñada(54). No se observaron diferencias en el grosor de cada una de las capas descritas, al ser sometidas a estrés a través de diferentes fuerzas tensiles tanto radiales como circunferenciales.

Gross y Kugel, en su detallada descripción de la válvula aórtica (53), apuntaron la presencia de una tercera capa estructural fibroelástica denominada capa



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

ventricularis. Años más tarde se pudo confirmar su existencia a través de estudios llevados a cabo posteriormente (55-59). Esta capa, la capa ventricularis, está presente a nivel del aspecto ventricular de los velos valvulares aórticos, es de aproximadamente 0,17 mm de grosor y de densidad variable (54).

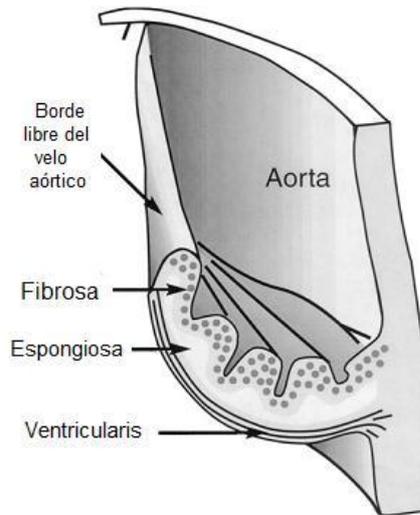


Figura 16: Corte sagital del velo valvular aórtico humano. Se aprecia la estructura histológica del velo valvular aórtico humano, diferenciándose la capa ventricularis, la capa esponjosa y la capa fibrosa. (Dweck MR. *J Am Coll Cardiol*, 2012/Vesely. *J Biomech*, 1998).

En el velo coronario izquierdo y no coronario, la capa ventricularis será la continuación de una capa similar localizada a nivel del velo anterior mitral. En el caso del velo coronario derecho, esta tercera capa ventricularis se continuará con el endocardio ventricular.

Histológicamente esta capa ventricularis se halla recubierta de una capa única de células endoteliales planas, y está formada por fibras de tejido conectivo, orientadas en sentido del flujo (en sentido radial), con finas láminas elásticas intercaladas que inicialmente se consideró tendían a confluir en la cara ventricular del velo, formando la ventricularis elástica. Sin embargo, unos años más tarde, Sauren en 1981, describió a través del examen de válvulas aórticas porcinas, la orientación arbitraria de estas fibras elásticas, sin seguir ningún patrón de distribución definido (60).

La cresta que se observa en el límite del área de coaptación de los velos, está formada por un engrosamiento brusco de la capa ventricularis, que presenta a este nivel fibras



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

de tejido conectivo (láminas de colágeno) muy concentradas, dirigidas en el sentido del flujo e intercaladas con fibras elásticas (52-54, 61).

La capa esponjosa, se encuentra en una posición inmediatamente distal a la zona ventricularis. A nivel del anillo, la esponjosa tiene un perfil triangular, limitando por encima con la fibrosa, por debajo con el anillo fibroso y hacia la superficie ventricular con la ventricularis. Formada por una capa de tejido conjuntivo muy laxo, se extiende desde el anillo aórtico hasta casi el borde libre del velo.

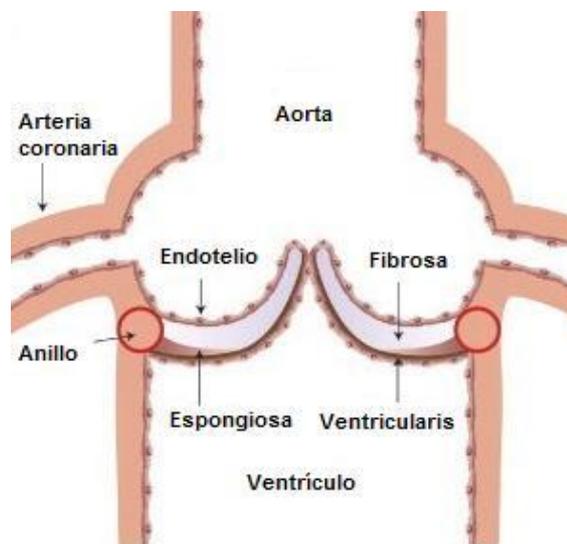


Figura 17: Esquema general representando las diferentes capas que integran la raíz aórtica y su localización a nivel de las diferentes estructuras que la forman.

Las células presentes en la capa esponjosa son escasas y principalmente intersticiales, encontrándose algunos fibroblastos y otras células mononucleares. Sin embargo, consta de una importante matriz extracelular formada por glicosaminoglicanos (59, 61, 62). Existen además en su interior cúmulos irregulares de fibras colágenas densas así como mallas de fibras elásticas, que se encuentran entremezcladas con el tejido conectivo laxo, continuándose proximalmente con las mallas de fibras elásticas de la capa ventricularis y distalmente con las escasas fibras elásticas intercaladas presentes en la capa fibrosa (55, 59, 61).

La capa fibrosa se origina en el anillo fibroso, a nivel del colágeno que se continúa hacia el velo valvular. La fibrosa está limitada hacia la cara arterial del velo



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

valvular aórtico con la capa arterialis, perteneciente a la pared aórtica. Las fibras colágenas, a nivel del anillo, están dispuestas en forma de espirales entrelazadas, y progresivamente adoptan una orientación transversa, al entrar en el velo y formar la capa fibrosa. Entre las fibras colágenas se disponen algunas fibrillas elásticas finas, y algunas células mononucleares de núcleo denso y redondeado con un citoplasma escaso. Estudios más recientes desarrollados por Nalini Rachamannan y Jane Leopold, han confirmado la arquitectura celular de las tres capas principales de los velos aórticos formulada años antes, en relación a sus componentes celulares y material intersticial (55, 59, 61).

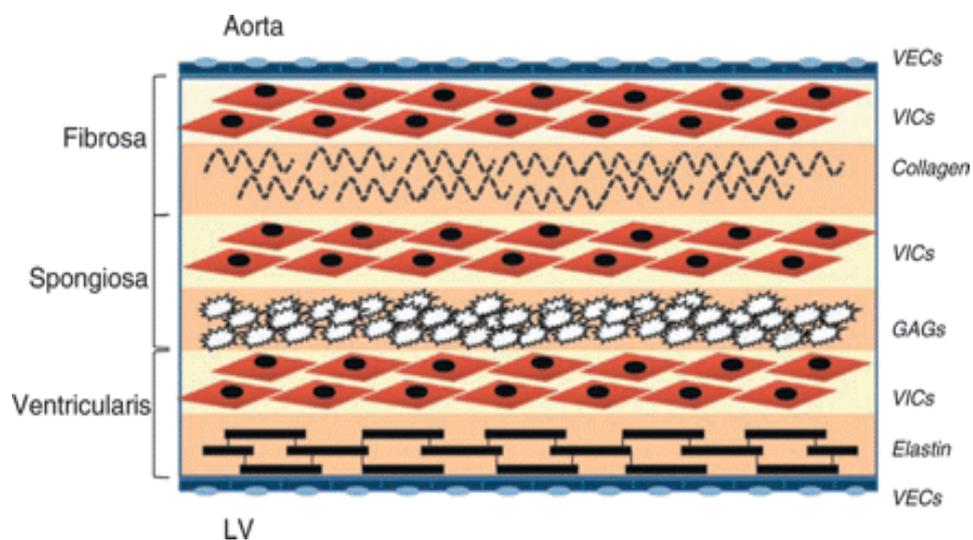


Figura 18: Arquitectura celular de la válvula aórtica normal. VECs: células endoteliales. VICs: células intersticiales. GAGs: glicosaminoglicanos. LV: ventrículo izquierdo. Leopold JA. *Cardiovascular interventions 2012.* /// *Arquitectura celular de un velo valvular aórtico a través de un corte sagital.* (Rajanamannan NM. *Circulation*, 2011).

Finalmente, la capa arterialis, de similar estructura a la ventricularis, pero mucho menor prominente, está formada por una fina capa de fibras elásticas que en la mayoría de ocasiones desaparece distalmente a nivel del tercio proximal del velo. En el seno de los velos aórticos porcinos, en su interior, se describió la presencia constante de células musculares lisas aisladas o agrupadas en pequeñas masas. Éstas se distribuían siguiendo una orientación paralela o perpendicular al borde libre del velo a lo largo de todo el endotelio (63).



3.1.2. Endotelio valvular.

El endotelio de recubrimiento de la válvula aórtica es probablemente la parte menos estudiada de la misma. Tradicionalmente se le había asignado el papel de mero aislante de las estructuras valvulares con el fin de protegerlas del contacto directo con la sangre, si bien, años posteriores su estudio se amplió hasta llegar a un mejor conocimiento del mismo.

Hurlé y cols., en 1985, examinaron con microscopía de barrido 36 válvulas aórticas humanas de sujetos de diferentes edades (64). Estructuralmente, describieron hallazgos similares a los descritos por Clark y Finke a nivel de la cara arterial de los velos, que consistía en una superficie rugosa con numerosas crestas y surcos orientados circunferencialmente (56). En la cara ventricular, estudiaron principalmente las lúnulas y el nódulo de Arancio. En sujetos mayores de 40 años, fueron descritas la presencia de fenestraciones mayores y más frecuentes en el área lunular. A nivel del nódulo de Arancio, describieron en sujetos por encima de 10 años, la presencia de llamativas excrecencias de aspecto veloso o lamelar, cuyo tamaño y abundancia parecían aumentar con la edad. Estas excrecencias también fueron observadas en la zona límite entre las lúnulas y área de carga de los velos, aunque en general, no parecían aumentar en frecuencia con la edad, si acaso lo contrario (56, 64).

En lo referente a la morfología celular del endotelio, fueron descritas fundamentalmente dos tipos de células en la cara ventricular: unas células poligonales con un relieve nuclear central, abundancia de microvilli, y escasos pliegues marginales poco marcados, así como otro tipo de células alargadas, con pliegues prominentes y ricas también en microvilli. En el nódulo de Arancio, las células eran poligonales, y de morfología irregular. En la base de las excrecencias que se observaron, existían surcos entre las células que las conforman. A nivel de las lúnulas, se describió la existencia de células de tipo alargado con su eje mayor orientado en dirección del flujo (64). Ambos tipos de células, tanto las células poligonales como las células alargadas, se encuentran en la zona de carga de los velos, pero con límites muy precisos entre distintas poblaciones celulares. Entre la superficie valvular y ventricular, predominaban las células alargadas, orientándose en el sentido del flujo. En el resto de células alargadas de la zona de carga, la tendencia era a la alineación en dirección con los haces colágenos subyacentes, de forma oblicua desde la parte media del velo hacia la comisura valvular.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Las observaciones de estos autores en relación al endotelio de la cara arterial, eran limitadas debido a que fueron realizadas en especímenes no fijados bajo carga, lo que hace que la cara arterial apareciese retraída. En los casos analizados, las células eran alargadas y orientadas radialmente. Hurlé y colaboradores, sugirieron que probablemente las excrecencias observadas en el nódulo de Arancio y las lúnulas, representaban un fenómeno de renovación del endotelio, limitado al romperse estas formaciones por su base. Estos autores propusieron que las diferentes orientaciones de las células endoteliales serían consecuencia por un lado de las características locales del flujo y por otro, debido a las tensiones mecánicas de la zona que puede modificar el alineamiento, de una manera no completamente aclarada (64).

3.2. COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DE LA VÁLVULA AÓRTICA

El comportamiento biomecánico de la válvula aórtica, perfectamente adaptado a su función, viene condicionado por su estructura, que presenta unas características de homogeneidad, ordenación multilaminar y anisotropía que le son peculiares (65). Inicialmente la válvula aórtica se describió como una membrana simple que presentaba un diferente comportamiento al ser sometida a fuerzas circunferenciales o radiales. Aunque estos estudios fueron pioneros, en lo referente al comportamiento biomecánico de la válvula aórtica, se ha demostrado posteriormente cómo la respuesta tensil de la válvula aórtica viene condicionada en función del comportamiento de los diferentes componentes que integran esta compleja estructura valvular y de las relaciones entre ellos en respuesta al estado de relajación o carga a las que son sometidos a lo largo del ciclo cardíaco (54, 66).

3.2.1 Velos aórticos:

Las fibras responsables de soportar la mayor carga mecánica, están en general orientadas en sentido transverso o circunferencial. Este grupo está integrado por los haces de colágeno gruesos de la capa fibrosa, la mayor parte de haces colágenos ondulados de la esponjosa y una capa de finas fibras colágenas entremezcladas con



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

fibras elásticas de la ventricularis elástica. En la ventricularis y la espongiosa es donde se encuentra la mayor concentración de fibras elásticas, con una orientación básicamente radial (en sentido del flujo), lo que difiere del estudio llevado a cabo por Broom y Christie en el que concluían que la capa ventricularis no disponía de fibras colágenas en sentido radial (67). En cuanto a la capacidad de extensibilidad, la capa fibrosa tiene la misma capacidad de ser extensible tanto en sentido radial como circunferencial. Sin embargo, la capa ventricularis tiene más del doble de capacidad de extensibilidad sometida a fuerzas tensiles en sentido radial, en comparación con la capa fibrosa.

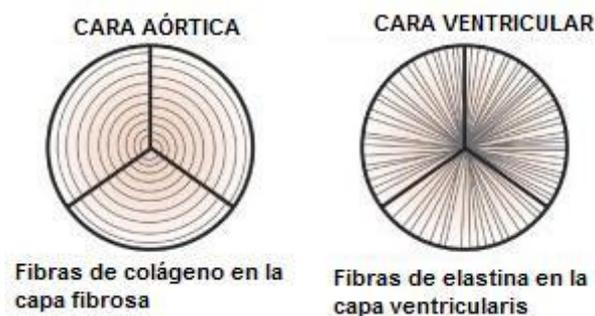


Figura 19: Modelos de distribución de las fibras de colágeno y elastina en las diferentes capas del velo aórtico, y su implicación en el comportamiento biomecánico del mismo.

En cuanto a la capacidad de relajación de las capas, la ventricularis se relaja de igual modo tanto en sentido circunferencial como radial. Sin embargo, la capa fibrosa se relaja más lentamente en sentido circunferencial.

En 1974, Clark y Finke, utilizando la microscopía óptica y electrónica de transmisión y de barrido, confirmaron los hallazgos obtenidos por Missirlis y Armeniades (65, 68). Valiéndose de la microscopía de barrido, y retirando la capa endotelial de los especímenes utilizados tras micromanipulación, describieron la orientación radial de las fibras en el estrato subendotelial ventricular, y la orientación transversa de las fibras del sustrato subendotelial arterial. A través de microscopía electrónica, estos hallazgos se vuelven a confirmar, realizando cortes en sentido transverso y radial, permitiendo además la identificación de los distintos tipos de fibras identificados con la microscopía de barrido (56, 65, 69, 70).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

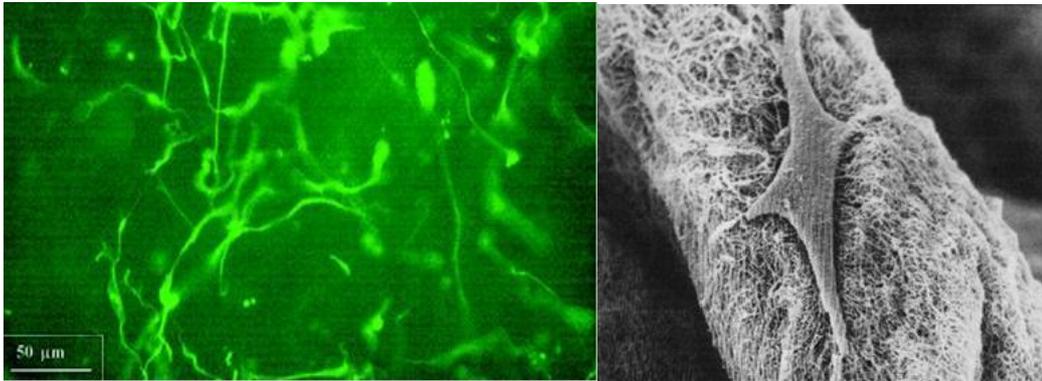


Figura 20: Microscopía electrónica y de barrido respectivamente mostrando las células intersticiales sobre las fibras colágenas, perteneciente a una válvula aórtica humana. (Taylor PM. *J Heart Valve Dis*, 2002/Yacoub MH. *Circulation*, 2004).

Otra característica fundamental en la estructura de los velos aórticos apuntada por Clark y Finke, fue la capacidad de adaptación y cambio en su organización en función de la carga que estos soportan (52). Una serie de diferencias fueron observadas a través de pruebas funcionales en las cuales se analizaban velos fijados sin carga alguna o sometidos a una carga de 80 mmHg. La reducción del 50% del espesor del velo, así como cambios en la superficie del mismo fueron constatados y descritos. En estado relajado, la superficie del velo era corrugada, rugosa, con similar aspecto por ambas caras del mismo, tanto en la cara arterial como ventricular. Sin embargo, esta situación cambiaba cuando el velo debía soportar carga, apareciendo perfectamente marcadas las fibras del estrato subyacente en cada cara del velo aórtico. Además, las células epiteliales aparecían orientadas en la dirección del flujo a nivel de ambas caras del velo. Años más tarde, Sauren (1981), estudiando válvulas aórticas porcinas fijadas bajo presión, observó una casi completa reducción de la esponjosa, lo que confirmaba y explicaba las variaciones estructurales producidas con la carga, descritas previamente (60).

En 1972, Mohri y colaboradores, expusieron la hipótesis de cómo la capa esponjosa permitía a las capas colágenas (la capa fibrosa fundamentalmente) deslizarse sobre las capas elásticas cumpliendo una función lubricante. Esto atribuía a la esponjosa la capacidad de ejercer como amortiguador de las cargas que debían soportar los velos, así como explicaba los fenómenos de adelgazamiento del velo y desaparición de esta capa con la carga. Swanson y Clark, dos años más tarde, apoyaron



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

esta hipótesis al observar también una reducción en el espesor del velo aórtico humano en relación con la carga (57, 71). Sin embargo, aparte del fenómeno de disminución del espesor del velo aórtico en función del movimiento de las capas y fibras que lo componen, la conformación espacial del velo también se vería alterada al ser sometido a fuerzas de carga. Sauren apuntó la pérdida de curvatura radial de la zona de carga en los velos fijados bajo presión, de manera que el velo aórtico adoptaba un perfil básicamente cilíndrico (60). Con la utilización de metodologías diferentes, estas observaciones habían sido apoyadas por Swanson y Clark en 1974, con la obtención de moldes de raíz aórtica presurizada, y posteriormente Thubrikar y cols (1981) con experimentos in vivo (57, 72). Mohri y cols en 1972 y años más tarde Sauren en 1981, describen en los velos fijados en estado relajado, no sometidos a carga alguna, una serie de pliegues paralelos y próximos al borde adherente de la porción media de los mismos (60, 71). Estos pliegues, en los que el velo aparece adelgazado, podrían encajar con las estriaciones descritas con microscopía de barrido años antes por Clark y Finke (1974), y que según estos autores podrían corresponder con los haces de colágenos subyacentes (56). Dada la peculiar orientación y posición de los pliegues, Sauren (1981) sugiere que estos podrían actuar a modo de charnela reduciendo la fatiga por flexión a este nivel, lo que estaría de acuerdo con el patrón de movimientos de los velos descrito por Mercer (1973) en el perro vivo (73), o en experimentos in vitro por Van Steenhoven (1979) (74, 75).

3.2.2. Anillo aórtico:

Trenkner y colaboradores (1976), muestran como el anillo fibroso aórtico tiene la capacidad de dilatarse tanto por su cara ventricular como arterial, al incrementarse la presión sobre la válvula cerrada (76). Thunbrikar y colaboradores, observaron una variación a lo largo del ciclo cardíaco del 12% en los diámetros del anillo aórtico, describiendo dos años más tarde, una dilatación anular aórtica previa al comienzo de la eyección ventricular, que coincidiría con la apertura de los velos (36, 77, 78). Esta dilatación anular en protosístole, producida por un mecanismo activo como sugiere Sauren en 1981, es lo que ayudaría a la apertura de la válvula, al separar las comisuras y tirar de los bordes libres de los velos (60). Las fibras miocárdicas se insertarían en la base de los arcos del anillo correspondiente a los velos izquierdo y derecho, generando



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

una tracción radial. Mientras, el arco fibroso correspondiente con el velo no coronario, permanece fijo al trígono fibroso derecho, con lo que el efecto final resultante sería el de la dilatación anular (79).

3.2.3. Senos de Valsalva:

Las paredes de los senos de Valsalva consisten en una malla de tejido elástico sin orientación específica de sus fibras entre las que se intercalan células musculares lisas ordenadas circunferencialmente. Muy poca cantidad de tejido elástico existe a este nivel (56, 60). Esta organización estructural a nivel de las paredes de los senos de Valsalva, se corresponde bien con las propiedades mecánicas que describiremos posteriormente.

3.3. FISIOLÓGÍA DE LA RAÍZ Y VÁLVULA AÓRTICA

Desde la introducción de las prótesis valvulares cardíacas, el conocimiento de los mecanismos que rigen el funcionamiento de las válvulas sigmoideas, y especialmente de la válvula aórtica ha experimentado un notable progreso. Anteriormente a la época de las bioprótesis, con los estudios realizados por Rushmer, Guyton y, Selkurt y Bullard (80-82) se consideraba que los velos valvulares se comportaban como elementos estructurales y funcionales básicos, que en respuesta pasiva a los gradientes de presión creados por el ciclo cardíaco, a nivel del ventrículo y la aorta, se abrían y cerraban (80-82). Sin embargo, años más tarde, se demostró que el movimiento valvular aórtico de cierre y apertura, corresponde a un mecanismo mucho más complejo.

La válvula aórtica debe soportar el estrés generado en su movimiento de cierre y apertura, que se realiza hasta 115000 veces al día, 40 millones al año, y aproximadamente 3-4 billones de ciclos cardíacos a lo largo de la vida. Para ello, los tejidos valvulares deben exhibir una baja rigidez a la flexión durante la apertura valvular, y además, mostrar una alta rigidez durante su cierre (83-85). Este comportamiento es altamente eficiente y alcanzable a través de una estructura jerárquica única en la que todos los elementos actúan al unísono para proporcionar y



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

hacer posible esta transición a lo largo del ciclo cardiaco. Las válvulas semilunares como la válvula aórtica, a diferencia de las válvulas aurículo-ventriculares, no se encuentran ancladas al miocardio ventricular, y por lo tanto, su dinámica obedecerá a mecanismos diferentes. Como fue demostrado posteriormente, a pesar de que los velos valvulares aórticos son la estructura más dinámica de la raíz aórtica, el movimiento coordinado de todos los demás componentes valvulares que integran la raíz aórtica adquiere un papel crucial (11, 52, 86). De hecho, la presencia de las dilataciones saculares presentes a nivel de la pared aórtica inmediatamente por encima de la válvula aórtica que corresponden con los senos de Valsalva, parecían ser determinantes en la función valvular global.

Henderson y Johnson, llevaron a cabo el primer estudio realizado con el fin de determinar el papel de los senos aórticos en el mecanismo de apertura y cierre valvular. Demostraron a través de modelos hidrodinámicos cómo el cierre valvular aórtico en el contexto de un flujo pulsátil, no se produce de una manera brusca al caer la presión en el ventrículo izquierdo, sino que esto ocurre de manera gradual, en respuesta a la deceleración del flujo producida (87). Estas determinaciones, fueron apoyadas por estudios posteriores llevados a cabo por Steenhoven, Peskin y Bellhouse (88-92). Bellhouse y Bellhouse (1968), fabricaron un modelo valvular, utilizando una válvula tricúspide con silicona y malla de nylon, montada en una raíz aórtica rígida de metacrilato (12). Comprobaron que la presencia de senos de Valsalva, reducía la fracción de regurgitación de la válvula recreada de un 23% a un 4%. Observaron además, la formación de vórtices de alta energía que persistían durante toda la fase de cierre de la válvula, y cuya fase de máxima velocidad aparecía inmediatamente después del pico sistólico alcanzando aproximadamente 2/3 de la velocidad del flujo aórtico (12). Postularon que la presencia de los senos, y por lo tanto los vórtices, facilitaba el mecanismo de cierre valvular. De esta manera, el cierre valvular se producía de una forma menos brusca disminuyendo por tanto la carga instantánea, y reduciendo así el volumen de regurgitación valvular. Además, de forma adicional, se produciría un efecto de lavado sobre los senos y cara arterial de los velos, lo que prevendría de un hipotético fenómeno de trombosis valvular.

Por otro lado, Padula y cols en 1968 se dirigieron hacia el estudio de la dinámica valvular valiéndose de la cinematografía aplicada sobre corazones caninos latiendo



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

espontáneamente a la vez que se activaba la válvula aórtica mediante una bomba mecánica. De esta forma, postularon el movimiento de los velos aórticos, desde la posición de cierre al final de la diástole, hasta alcanzar rápidamente la posición de apertura máxima en sístole (93). En esta fase, se observaba simultáneamente una contractura del anillo aórtico, apareciendo el orificio aórtico de forma redondeada. A continuación, tras la fase de máxima eyección, el orificio valvular aórtico adoptaba un contorno triangular, con los velos aórticos en posición intermedia, observándose mínimas vibraciones de los mismos. A medida que se aproximaba el final de la sístole y posterior comienzo de la diástole, los velos se movían hacia la posición de cierre a menor velocidad que durante la apertura. Sus principales conclusiones por tanto, se centraron en la ausencia de contractura del anillo aórtico durante la sístole, observando que el orificio de apertura máxima mantenía una forma triangular (no llegando a ser circular), apareciendo vibraciones de los velos a lo largo de toda la sístole.

Posteriormente, con angiografía convencional y con proyecciones especiales, utilizando corazones humanos con y sin patología a nivel del orificio valvular aórtico, Stein (1971) consiguió visualizar el orificio valvular aórtico que era por lo general de tamaño triangular, y en algunos casos circular (94).

Bellhouse y cols, utilizando un modelo in vitro con raíz aórtica rígida, realizaron observaciones y cálculos teóricos en los que el flujo aórtico alcanzaba un 40% del valor máximo de velocidad de flujo antes de la apertura aórtica (95, 96). Swanson y Clark a su vez, dedujeron que el flujo aórtico alcanzaba el 17% de su valor máximo antes de que los velos aórticos comenzaran a separarse. Este fenómeno es explicado por el desplazamiento producido en el interior de la aorta por los velos que son redundantes, antes de separarse(97).

El comportamiento de la válvula y raíz aórticas de perros montadas en un duplicador de pulso, fue estudiado por Brewer y colaboradores (1976) (11). Colocaron a nivel de las comisuras valvulares unos hilos de sutura conectados a transductores de desplazamiento lineal. Observaron como el orificio aórtico aparecía con un contorno triangular, y que se producía una variación del 16% en el diámetro de la raíz aórtica durante cada ciclo cardíaco. Posteriormente, se realizó un estudio histológico de la raíz aórtica, mostrando una estructura de los velos que les hacía poco extensibles en sentido circunferencial y una estructura muy elástica en las paredes de la raíz aórtica. Según



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Brewer, la conjunción de todos estos datos, vendría dada por una expansión de la raíz aórtica durante la sístole, lo que produciría una tracción de los velos desde las comisuras, estirándoles hasta formar un orificio triangular, si ser necesaria ninguna o mínima variación en la longitud circunferencial de los velos. En realidad, se produciría un desplazamiento radial del 16% de las comisuras. Este mecanismo mejoraría la durabilidad de los velos, ya que teóricamente ayudaría a mantener una carga más constante sobre los velos a lo largo del ciclo cardíaco (11).

Los hallazgos obtenidos por Brewer *in vitro*, fueron confirmados en estudios *in vivo*, realizados también por Brewer (1977), y Thubrikar y colaboradores (1977) (77, 98). Estos últimos utilizaron modelos animales de corazones en perro, en lo que implantaron unos marcadores radiopacos que colocaron debajo de cada comisura a la altura del área de coaptación, y en el punto medio del borde libre de dos velos. Utilizando fluoroscopia, se realizó la monitorización del movimiento de los marcadores con toma simultánea de la presión aórtica, lo que permitía correlacionar el movimiento de los velos, con las variaciones en la presión aórtica y el perímetro comisural. Observaron cómo se producía una expansión del 12% del perímetro de la raíz aórtica, expansión que comenzaba 20-40 milisegundos antes que la apertura de la válvula aórtica, previo a la eyección ventricular. Además comprobaron que la expansión aórtica producida, no se podía justificar únicamente por las variaciones de presión aórtica detectadas, mencionando la posible implicación de dos mecanismos: a) la dilatación de la base de la raíz aórtica provocada por la alta presión a este nivel en sístole, b) la tracción centrípeta que se genera en diástole al someter a tensión a los velos aórticos y que es liberada al comienzo de la sístole. Ambos mecanismos dependen de un gradiente de presión a través de los velos aórticos por lo que su comienzo tendría lugar en la fase isovolumétrica sistólica, lo que explicaba el adelanto temporal de la expansión aórtica respecto a la apertura y al flujo sistólico. De acuerdo con la Ley de La Place (tensión parietal= presión transmural x radio), la expansión sistólica de la raíz aórtica aumentaría el radio de los velos al separarse las comisuras, con lo que se aumentaría la tensión sobre los velos, haciéndola más parecida a la diastólica.

Brewer y cols (1977), años más tarde, ponen en marcha estudios *in vivo*, utilizando una metodología similar a la de su modelo *in vitro* anteriormente descrito, colocando sendas suturas conectadas a transductores de desplazamiento lineal en el



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

punto medio del borde libre del velo coronario derecho y en el área comisural, en la válvula aórtica de un perro mantenido en bypass derecho. Thubrikar y colaboradores, a través de sus investigaciones en este campo, encuentran una variación de la longitud del velo del $2 \pm 1\%$ a lo largo del ciclo cardíaco, lo que unido a una expansión del 12% del perímetro de la raíz aórtica descrita por ellos, atribuyendo la responsabilidad del mantenimiento de una carga continua sobre los velos a este último fenómeno. Estos resultados resultan complementarios a los descritos por Brewer (77, 98). Años más tarde, en estudios posteriores, estos mismos autores vuelven a estudiar in vivo los movimientos de los velos y de la pared aórtica a nivel del área de coaptación y de la base de la raíz aórtica, utilizando cineradiografía, y colocando marcadores radiopacos en lugares apropiados de los velos y raíz aórtica, registrando simultáneamente señal por electrocardiograma, presiones a nivel de aorta, ventricular izquierda y de velocidad del flujo aórtico. La principal dificultad del estudio, radicaba en la gran velocidad a la que se produce la apertura de la válvula aórtica en ciclos normales, por lo que estos autores se centraron en los ciclos anormales en los que las fases iniciales de apertura parecían congelarse. Demostraron en estas condiciones, que existía un desplazamiento de los velos en protosístole, hasta formarse un orificio de apertura en forma estrellada, en ausencia de flujo aórtico o incremento de presión, o incluso con flujo retrógrado. El desplazamiento de los velos sería producido por un aumento de la distancia intercomisural en el momento próximo a la igualación de presiones aórtica y ventricular izquierda. El resto de apertura sería dependiente del flujo, pasando el orificio valvular de la forma estrellada a la triangular, y finalmente a forma circular, alcanzándose velocidades de hasta 30 centímetros por segundo. Este mecanismo de apertura de la raíz aórtica por tracción, disminuye la fatiga por flexión del velo al no tener este que plegarse en cada sístole, además de homogeneizar las cargas sobre los velos a lo largo del ciclo cardíaco, por el mecanismo previamente explicado (78, 99). Además, se producen unos cambios dimensionales paralelos a los cambios de volumen y geometría observados por Thubrikar a nivel del ventrículo izquierdo y en relación con el perímetro de la base de la raíz aórtica (99). Este diámetro es máximo en protosístole coincidiendo con la fase de contracción isovolumétrica del ventrículo, disminuyendo posteriormente a lo largo de la sístole. Aumenta posteriormente después en la diástole, de forma paralela al llenado ventricular. Estos movimientos a nivel de la raíz aórtica están relacionados con las inserciones miocárdicas existentes a este nivel, como ya se



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

ha descrito en los apartados iniciales (60, 79), lo que facilita por un lado, la dilatación en protosístole de la raíz aórtica eliminando la redundancia de los velos al tensarlos, y por otro, promoviendo el cierre de la válvula en telesístole al aproximarse los velos por la contracción de la base. El mecanismo de funcionamiento de la válvula aórtica que más completamente explica los fenómenos observados in vivo, es el modelo desarrollado por Thubrikar, que aclara asimismo la etiología de varios de los problemas encontrados en las bioprótesis.

El hallazgo de la apertura aórtica previa al comienzo del flujo contrasta con los resultados de Swanson y Clark (1973), y de Bellhouse y Bellhouse (1969; 1972) (95-97). Sin embargo, los primeros autores a pesar de referir el fenómeno de la dilatación de la raíz aórtica durante la sístole, eliminan este dato para simplificar los cálculos, y los últimos, utilizan un modelo de raíz aórtica rígida, en el que la dilatación no tiene lugar. Bernuth y colaboradores, y posteriormente Thubrikar, observan la apertura de la válvula aórtica, con alguna pequeña regurgitación, en contracciones ventriculares anómalas en las que el incremento de la presión aórtica y el volumen latido se hallaban próximos a cero (100). Robel, en 1972, estudiando válvulas aórticas fijadas en posición abierta y Brewer utilizando un duplicador de pulso, con el que se conseguía eliminar los fenómenos activos que participan en la apertura valvular, como demostró Padula varios años antes, describen un orificio triangular de la válvula aórtica abierta, en contra del contorno circular descrito por Thubrikar (11, 93, 101). También Stein (1971), como ya se ha comentado con anterioridad, en algunos de los pacientes estudiados encontró un perfil triangular del orificio aórtico que podría hallarse en relación con un flujo aórtico bajo (en los estudios realizados por este autor no se registró medida del flujo aórtico), como apuntan Thubrikar y van Steenhoven posteriormente (78, 94, 102). En experimentos realizados en perros in vivo, tanto Thubrikar como Padula (1968) y van Steenhoven (1981; 1982a), encontraron orificios circulares aórticos (78, 93, 102-104).

En 1988, Van Renterghem y colaboradores, describieron en modelos caninos, utilizando marcadores y video fluoroscopia, el acortamiento de los segmentos basales de la raíz aórtica próximos al miocardio (correspondiente a la región no coronaria-derecha, y derecha-izquierda) y una expansión en la unión aorto-mitral (región izquierda-no coronaria). La movilidad del área aorto-mitral durante el ciclo cardiaco



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

sugiere el posible efecto negativo que puede presentar la fijación del anillo valvular mitral con la implantación de una prótesis rígida (105).

Dagum posteriormente, a través de marcadores de video-fluoroscopia en corazones de ovejas, estudió la correlación de la deformidad que se produce en la raíz aórtica durante la dinámica del ciclo cardiaco. Anatómica e histológicamente, la unión sinotubular es curvilínea, empezando próximo a las comisuras, y curvándose hacia la zona de las crestas supra aórticas. De hecho, la curvada unión sinotubular, es el límite superior de los senos de Valsalva. La dinámica a nivel de la unión sinotubular y a nivel de las comisuras sería diferente durante la fase de contracción isovolumétrica y al final de la diástole (106).

Sutton a través de sus estudios anatómicos, propuso que el anillo aórtico formado por tres triángulos intervalvares más que por la unión de inserción de los velos aórticos a la pared aórtica. Estos triángulos intervalvares o intercomisurales, los cuales tienen el vértice a nivel de las comisuras, y la base a nivel de la línea de inserción de los velos, y donde la pared aórtica es estructuralmente más delgada, parecen presentar un papel definitivo en la expansión de la raíz aórtica a través de dos mecanismos diferentes participantes de esta expansión aórtica: a nivel del miocardio y a nivel de la aorta (36, 48).

3.4. ANÁLISIS MACRO Y MICROMECAÍNICO DE LA VÁLVULA AÓRTICA

La generalidad de tejidos biológicos blandos valvulares se halla constituida por colágeno y fibras de elastina concentradas en su mayoría en la cara aórtica de los velos, fibras que a su vez se encuentran embebidas en una matriz de glicosaminoglicanos y células endoteliales (60, 107). Rajanamannan, una de las principales líderes mundiales en el campo del estudio de la válvula aórtica, realiza en uno de sus últimos artículos publicados una gráfica y detallada descripción de la composición y arquitectura celular de un velo valvular aórtico a través de un corte sagital.

El colágeno es el mayor componente a nivel de la válvula aórtica, encontrándose en un 43-55% (predominantemente colágeno Tipo I, pero también Tipo III), seguido de un 11% de elastina. La calidad, la cantidad y la arquitectura de la matriz extracelular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

valvular, particularmente colágeno, elastina y glicosaminoglicanos, son los mayores determinantes no solo de la función mecánica y cíclica del ciclo cardíaco, sino también de la durabilidad valvular. Las fibras de elastina y colágeno, son considerados como el armazón mecánico de estos tejidos.

El componente celular, a través de complejas relaciones con la matriz extracelular, adquirirá un papel crucial. Será el encargado de transmitir las fuerzas tensiles soportadas y recibidas, convirtiéndolas en cambios que median la función valvular y su patología (48, 108).

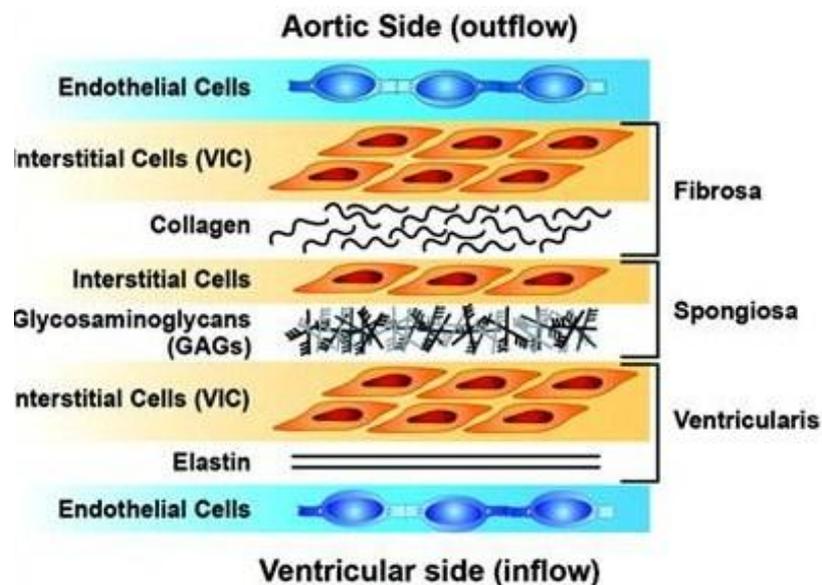


Figura 21: Arquitectura y composición celular de un velo valvular aórtico a través de un corte sagital. (Rajanamannan NM. *Circulation*, 2011).

Aunque los tres velos aórticos no son idénticos, se asume que son lo suficientemente similares como para existir una simetría de los velos (30). La relación entre los diferentes componentes de los velos aórticos y su comportamiento frente a la tensión y al estrés fue definida por Sauren en 1981 (60). Las propiedades en cuanto a relación carga-deformación, son completamente diferentes en el caso de las fibras elásticas en comparación con el mostrado por las fibras de colágeno. Según Rigby (1964), las fibras de colágeno, permiten deformaciones muy limitadas de hasta el 2-4% de su longitud original, mientras que las fibras elásticas permiten deformaciones de hasta el 100% de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

su longitud inicial sin daño irreversible en las mismas (109, 110). Por lo tanto, el perfil general de la curva carga-deformación de un tejido blando, obtenido mediante una prueba de resistencia tensil unidireccional, puede ser interpretado cualitativamente en relación con su estructura histológica.

Tres tipos de pruebas se han utilizado para el estudio de las propiedades mecánicas de los velos valvulares aórticos: la prueba de carga o deformación de un velo aislado, la presurización de la raíz aórtica completa, y los experimentos de carga unidireccional realizados sobre una tira de tejido. En la prueba de deformación de un velo aislado, un disco de tejido es sometido a una presión uniforme, estudiándose la deformación producida. De la Ley de Laplace y sus curvas de presión-volumen, se derivan las relaciones de tensión-elongación en este modelo. Gracias a este modelo, Mundth y su equipo, estudiaron el comportamiento de la pared aórtica y del velo valvular aórtico en corazones de perro, observando un perfil de la curva presión-volumen bifásica en el caso del velo valvular, y una curva casi lineal en el caso de la pared aórtica (111). En el caso del velo valvular, se observaba una fase inicial con aumentos de presión pequeños al aumentar el volumen. Esta fase vendría seguida de otra, de signo contrario, atribuible al colágeno. Pocos años más tarde, utilizando velos aórticos humanos, Wright observó un patrón de comportamiento elástico similar (112). En esta prueba de deformación de un velo único, la forma en la que el espécimen soporta la carga es similar a la de la situación fisiológica. Sin embargo, las condiciones de los bordes valvulares no son en absoluto fisiológicas, y además, no tiene en cuenta las características de inhomogeneidad y anisotropía del tejido, todo lo cual puede modificar el comportamiento global de la muestra.

Missirlis (1973), y Missirlis y Chong (1978), utilizaron el método de presurización de la raíz aórtica completa. Inicialmente utilizaban fotografías del aspecto ventricular de la válvula, en la cual se había trazado un patrón al azar de puntos de tinta. En función de la distancia entre puntos vecinos, se determinaban las tensiones. En un amplio rango de presiones, la distensión media de los velos humanos en sentido radial, era de 0.1, mientras que la distensión media de los velos en sentido circunferencial era menor de 0.02. Las dimensiones del anillo aórtico prácticamente no variaban a lo largo del experimento. Posteriormente, Missirlis y Chong (1978) utilizaron la estereofotogrametría, un método similar y más sofisticado. Valiéndose de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

este sistema, fue posible obtener las coordenadas espaciales de una malla de puntos en la superficie ventricular de los velos. En función de la presión ejercida, se podía obtener y derivar la información acerca de las tensiones locales en diferentes direcciones. Para un incremento de presión elevado, estos autores encontraron tensiones circunferenciales de 0.05 a 0.1, y tensiones en sentido radial de entre 0.1 a más de 1, analizando varias raíces aórticas. Para el mismo rango de presión, los cambios en el perímetro de la raíz aórtica no excedieron nunca de 0.1. Los resultados obtenidos en este tipo de experimentos y a través de estos métodos eran fiables, ya que las condiciones geométricas y de carga de la raíz aórtica, se aproximaban y recreaban en gran medida a las condiciones fisiológicas (68, 113).

Sin embargo, el método más frecuentemente utilizado, es el método de deformación unidireccional de tiras de tejido. En esta prueba el tejido valvular aórtico mostraba un comportamiento característico (60). En una primera fase, la fuerza es transmitida casi únicamente por las fibras de elastina (fase de elastina), por lo que el tejido opone una mínima resistencia a la deformación. Después existe una fase de transición, en la cual las fibras colágenas van alineándose y desenrollándose, provocando un aumento en la pendiente de la curva carga-elongación. La tercera fase, o también llamada fase de colágeno, la pendiente de la curva se hace más pronunciada y casi constante, ya que todas las fibras colágenas han sido reclutadas. En la última fase, la fase 4, se produce una reducción de la curva, y en ella un incremento suplementario de carga ocasionaría la rotura total del espécimen (60, 94).

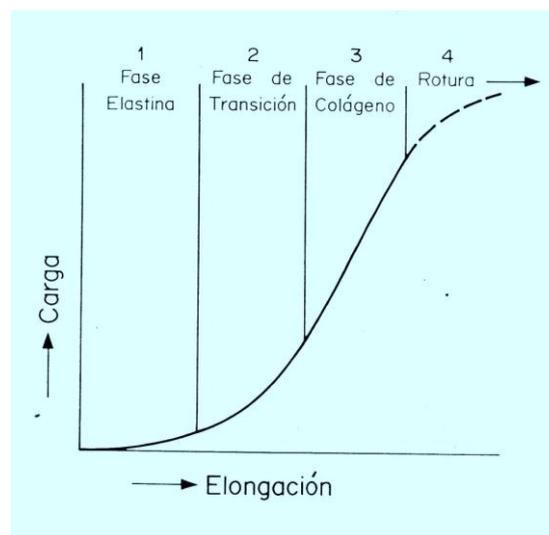


Figura 22: Curva característica tensión-elongación del velo valvular aórtico, dividido en cuatro fases sucesivas: fase de elastina, fase de transición, fase de colágeno y fase de rotura. (Sauren A. 1981).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La gran dispersión de resultados obtenidos con esta prueba, son causa de las diferencias fisiológicas inherentes a los tejidos biológicos de cada individuo. Además, la gran diversidad de variaciones en la aplicación de la prueba por diferentes autores y las limitaciones técnicas, hacen que los resultados obtenidos deban ser considerados aproximativos, y tomarse con reservas. Sin embargo, en términos generales, el conjunto de datos presentados en diversos trabajos acerca de la utilización de este método, y por diferentes autores como Clark y Butterworth, 1971; Clark, 1973; Missirlis, 1973; Missirlis y Chong, 1978; Thubrikar y cols, 1978; Thubrikar y cols, 1980b; Sauren, 1983, utilizando especímenes humanos, caninos y porcinos, muestran unas características claramente no lineales en las curvas de tensión-deformación de los velos valvulares (52, 56, 60, 68, 99, 113). El hallazgo de diferencias muy marcadas en los módulos de tensión de las muestras talladas en sentido circunferencial o radial, sugiere la existencia de una anisotropía elástica acusada en el tejido valvular aórtico. La distensibilidad o complianza del tejido del velo aórtico es mucho mayor en sentido radial que en sentido circunferencial o transversal, dato de análisis mecánico corroborado por la organización estructural del tejido de los velos, como se ha explicado anteriormente.

Estos hallazgos ya detectados anteriormente por otros autores fueron confirmados por Broom y Christie (1982) en experimentos de deformación unidireccional. Además han tratado de precisar la participación en las propiedades mecánicas del tejido de la ventricularis y la fibrosa (67). Para estos estudios han utilizado muestras de tejido intactas o muestras de tejido a la que se le ha resecado la fibrosa o ventricularis, y a partir de ello han construido curvas de carga-deformación. Tras la eliminación de cualquiera de las dos capas previamente citadas, se observa una pequeña variación de la curva, lo que confirma que ambas capas participan en el comportamiento mecánico del tejido intacto. Duplicando estos experimentos con tiras de tejido cortadas en sentido radial, observaron elongaciones superiores al 70% en el tejido intacto. Mientras se reseca la capa fibrosa, la curva carga-deformación obtenida es muy similar, pero al reseca la capa ventricularis, el aumento de la distensibilidad es marcado, llegando a alcanzar niveles muy superiores a los del tejido intacto. Por todos estos resultados, los autores concluyen que la capa ventricularis y no la fibrosa, es la capa que fundamentalmente soporta las cargas en sentido radial del velo.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

A través de un modelo computerizado de análisis de tensión de elementos finitos no lineales, Broom y Christie (1982), analizaron sobre los velos de válvulas sigmoideas tricúspides, el comportamiento de cargas, en función de la mayor o menor anisotropía elástica de su estructura. Concluyen con la idea de la construcción de un modelo valvular con velos elásticamente isotrópicos (cuyas características de complianza no tienen propiedades direccionales), los cuales no muestran al estar bajo carga, ninguna tendencia a desplazarse centrípetamente con lo que disminuye el área de coaptación entre los velos. De hecho, este tipo de velos tienden a desplazarse en forma centrífuga, disminuyendo el área de coaptación, y además, cuando se les expone a carga, estos velos se abomban y luxan hacia el ventrículo, concentrando las tensiones sobre las áreas comisurales. Por el contrario, en el caso de reducir progresivamente la distensibilidad o complianza de los velos en sentido circunferencial (aumentando su anisotropía elástica), y manteniendo constantes los demás parámetros, el área de coaptación de los velos aumentaba paralelamente, desaparecía el efecto de luxación de los velos bajo carga, y se reducían las tensiones en las zonas comisurales. En definitiva, todos estos estudios ponen de manifiesto, que la estructura de la válvula aórtica es teleológicamente perfecta, ya que se encuentra por todos los datos explicados anteriormente, perfectamente adaptada a su función (67). Se ha demostrado que las diferentes zonas de los velos aórticos expuestos a mayor estrés, durante el proceso de apertura y cierre de los mismos, expone a la válvula hacia la calcificación y una degeneración precoz (114). Además, la interacción de la sangre a su paso a través de la válvula aórtica influirá en la mecánica y hemodinámica de la válvula durante la sístole (115). A través de la recreación de modelos valvulares aórticos tridimensionales, de válvulas aórticas en el interior de una raíz aórtica rígida, diseñados a partir de los diámetros y dimensiones anatómicas de raíz aórticas humanas, se crearon válvulas en las cuales se reforzaron con fibras de colágeno las regiones de los velos donde ya originalmente se habían descrito bandas fibrosas circunferenciales, como las localizadas en la zona de las comisuras, así como en la zona media de los velos hacia la zona de anclaje a la aorta (60, 107).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

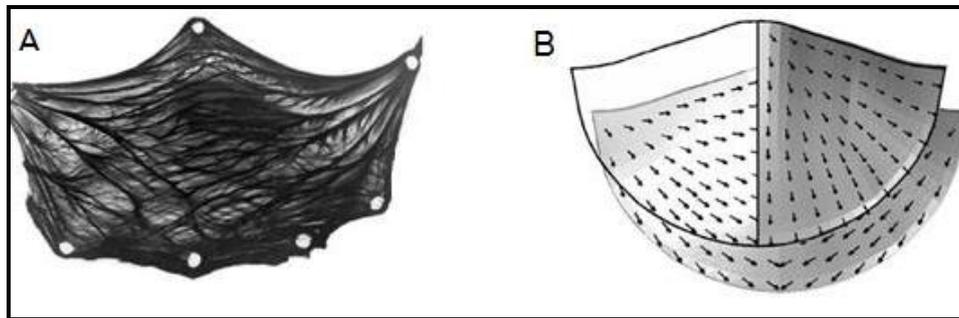


Figura 23: Distribución de las fibras colágenas a nivel del velo aórtico. A: Estructura a nivel de la válvula aórtica nativa. Sauren, 1981. B: Estructura de las fibras en el modelo numérico. (De Hart J. J Biomech, 2004).

Se demostró a través de estos modelos, que la presencia de fibras de colágeno en los velos nativos tiene un importante impacto en el estrés y mecánica de los velos, sin influir en la dinámica de fluidos, en lo referente a la presión y gradientes a través de la válvula (60). En comparación con los velos isotrópicos, el refuerzo de fibras colágenas en el modelo de velo aórtico, reduce la vibración del mismo en el movimiento de cierre pero influyen poco en la fase inicial de la apertura (107). Las fibras de colágeno estabilizan el cierre valvular, y no sólo reducen el estrés local durante la diástole, sino también, durante la sístole en una proporción similar (63%), lo que se traduce en una apertura y cierre valvular más suave (107, 115).

La observación morfológica de las estructuras de elastina presentes en las válvulas aórticas ha sugerido que la elastina se acopla mecánicamente al colágeno. Con anterioridad y dado que las válvulas aórticas contienen elastina en menor cantidad que fibras colágenas (los velos valvulares contienen un 50-55% de fibras colágenas y aproximadamente un 11-13% de fibras elásticas) se consideró que la elastina presentaba un papel secundario y poco relevante en la función valvular (108, 116). Sin embargo, estudios llevados a cabo por Vesely y colaboradores, consideraron que la elastina tenía un papel fundamental en el proceso por el cual las fibras colágenas recobraban su configuración durante el descanso, tras la carga soportada durante los ciclos cardiacos. Durante la diástole, los velos se extienden en un 50% de su longitud, y posteriormente recobran su posición inicial. Las fibras colágenas, aunque sí presentan una elevada movilidad, dado que los velos pueden experimentar deformaciones, no tienen una



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

elasticidad alta, y se ha formulado la hipótesis de que las estructuras tubulares de elastina presentes en la capa fibrosa son las responsables en realidad de esta capacidad, y del mecanismo por el cual las fibras colágenas se mueven pasivamente en la mayoría de su fase de elongación (66, 116, 117). Para dilucidar la relación mecánica entre las estructuras de elastina y de colágeno dentro de la válvula aórtica, y aislar elastina morfológicamente intacta, se sumergieron válvulas aórticas porcinas completas en una solución 0,1 N de hidróxido de sodio (NaOH) a una temperatura de 75°C durante 45 min. Las fibras de elastina presentes en la lámina fibrosa y ventricularis se testaron mecánicamente, y sus curvas de carga fueron comparadas con las curvas de carga obtenidas de los velos aórticos completos y originales sometidos al mismo análisis (66). Como conclusión, se observó que las estructuras de elastina generan fuerzas muy bajas, siendo significativamente importante la contribución de la elastina a la mecánica del tejido a tensiones bajas, y diferente para la capa fibrosa y la ventricularis.

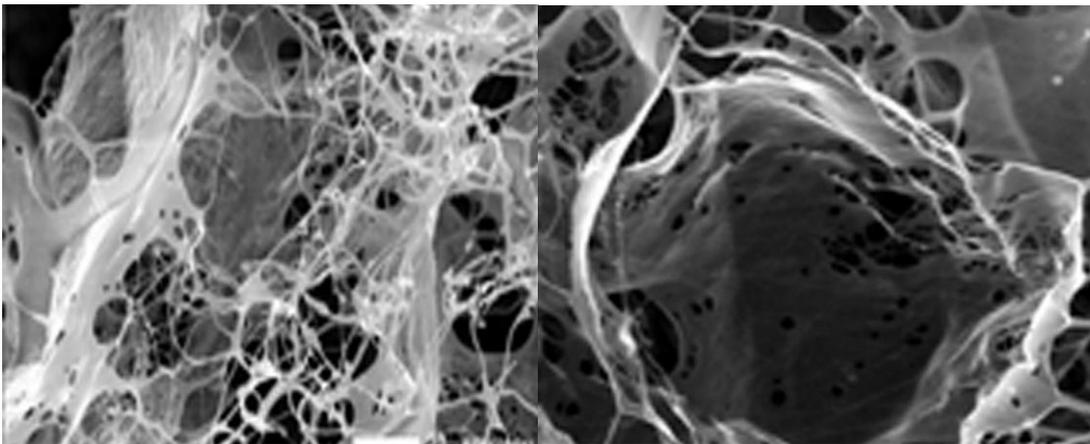


Figura 24: Imágenes de microscopio electrónico de barrido que muestran las finas fibras de elastina aisladas en el velo aórtico y las estructuras tubulares que existen a nivel del anclaje a la pared aórtica. (Vesely I. *J Biomech*, 1998).

De esta forma, la elastina tiende a dominar las curvas de distensibilidad radial de la capa ventricularis, y participa mínimamente en la de la capa fibrosa. En resumen, parece demostrado que el verdadero propósito de la elastina en los velos aórticos consiste en mantener la configuración de las fibras colágenas a lo largo de los sucesivos ciclos de carga y de devolver las mismas a este estado, una vez que las fuerzas externas dejan de actuar (66). De esta manera, parece confirmarse el papel crucial que tienen las fibras elásticas en la biomecánica valvular aórtica, y la importancia de recrear esta



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

relación entre fibras colágenas y elastina en los sustitutos biológicos diseñados para sustituir las válvulas aórticas nativas.

Por otro lado, mientras el conocimiento de la capa fibrosa y ventricularis ha sido ampliado progresivamente, poco conocimiento existe del componente medio de la pared aórtica, llamado capa esponjosa, con su alto contenido en glicosaminoglicanos. Se asumió con anterioridad que la capa esponjosa permite el deslizamiento entre la capa fibrosa y ventricularis durante la apertura y cierre valvular (30, 71, 117). A día de hoy, se conoce que existen unas bandas de colágeno transversas que interconectan las capas fibrosa y ventricularis, que funciona a su vez como un amortiguador a las fuerzas tensiles que flexionan el velo aórtico, y le hacen funcionar como una unidad homogénea a pesar de su heterogénea arquitectura. Sin embargo, las principales limitaciones de los estudios llevados a cabo, radican en ser modelos in vitro, por lo que pueden no ser representativos de la condición fisiológica, y que el estudio de las capas requiere su estudio aislado, cuando en realidad, los análisis debieran realizarse en conjunto.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

4. FUNCIÓN Y COMPORTAMIENTO HEMODINÁMICO DE LA RAÍZ AÓRTICA. RESERVA FUNCIONAL



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



4. FUNCIÓN Y COMPORTAMIENTO HEMODINÁMICO DE LA RAÍZ AÓRTICA. RESERVA FUNCIONAL

Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, en el pasado, se consideró que la raíz aórtica era una estructura totalmente pasiva, cuya apertura dependía de variaciones de la presión alcanzada en su interior a lo largo del ciclo cardiaco, dependiendo de que la presión a nivel del ventrículo izquierdo en sístole superase la presión presente en la aorta, para que se produjera la apertura de la válvula aórtica, y de manera inversa para que se produjera su cierre. Sin embargo, el funcionamiento valvular es un proceso mucho más complejo, en el que la estructura de la raíz aórtica al completo se comporta como una unidad hemodinámica individual, es decir, como una unidad global tanto anatómica como funcional.

Fue necesario un largo recorrido inicial hasta el conocimiento anatómico y estructural básico, lo que condujo al estudio funcional y dinámico posterior que finalmente posibilitó el desarrollo del sólido concepto fisiológico de que tanto la válvula aórtica como la raíz aórtica mantenían y mantienen una relación sinérgica. Parte de esta sinergia, es mantenida gracias a la configuración valvular aórtica, así como su relación con estructuras como la unión sinotubular, los ostia coronarios y los senos de Valsalva, diseñados y posicionados para facilitar el cierre valvular, asegurar el flujo coronario, y compartir el estrés y la carga generada con el ciclo cardiaco. La aparición de las técnicas de sonomicrometría digital en tres dimensiones, tuvo un papel importante en este avance, permitiendo obtener información del movimiento de la raíz y velos aórticos durante el ciclo cardiaco (91, 118). La porción distal de la raíz aórtica está expuesta a las presiones provenientes de la aorta ascendente, la cual se comporta como el resto de esta gran arteria, expandiéndose durante la sístole, y permitiendo que los velos valvulares fijos a la misma se retraigan para permitir la apertura valvular. Para ello, la presencia de los triángulos intercomisurales, juegan el papel de ser elementos cruciales en la distensibilidad de la raíz aórtica, y determinantes en el correcto funcionamiento valvular, permitiendo a los senos aórticos actuar de manera independiente, como ya hemos comentado anteriormente (48, 92, 118, 119).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

En sentido contrario, la parte más proximal de la raíz aórtica, se encuentra sometida a los cambios de presión del ventrículo izquierdo, por lo que se expande cuando el ventrículo izquierdo es llenado, y se contrae durante la contracción miocárdica en el pico de presión sistólica, lo que disminuye la distancia que los velos valvulares tienen que recorrer para su cierre. Esto facilitará y producirá el consiguiente cierre valvular. Fruto de esta sinergia e interdependencia entre los diferentes componentes de la raíz aórtica, así como las alteraciones en cada uno de los componentes que la integran, resultarán en una disfunción de la misma, lo que puede abocar y resultar en una insuficiencia valvular aórtica. Como ejemplo, la dilatación de la raíz aórtica y con ello, la dilatación de la unión sinotubular, que desplaza las comisuras valvulares hacia afuera, lo que produce que los velos no lleguen a coaptar en la diástole. De este mecanismo y de otros más existentes, se ha ido ampliando el conocimiento en las últimas décadas, más aún en los años más recientes, con la aparición de las técnicas de reparación valvular aórtica y/o de preservación valvular tras sustitución de raíz aórtica, lo que ha centralizando de forma indirecta gran parte del interés.

Sin embargo, a pesar de estas consideraciones y gracias a la experiencia acumulada en las últimas décadas, se ha llegado al conocimiento de que son los senos de Valsalva, unas estructuras inicialmente consideradas como secundarias, los que verdaderamente desarrollan un papel crucial y fundamental en el comportamiento hemodinámico y correcto funcionamiento de la raíz aórtica, sobre todo en lo referente a mecánica valvular. Ellos serán responsables en gran medida de la correcta hemodinámica generada nivel de la raíz aórtica, y sobre ellos recaerá una gran parte del interés generado en el estudio de la raíz aórtica acaecido mayoritariamente en los últimos años. Descritos por Leonardo Da Vinci (118, 120), es relativamente reciente el conocimiento que existe acerca de su verdadero y sofisticado papel en el control de la competencia valvular aórtica, demostrado posteriormente en estudios experimentales (12). Los senos de Valsalva están específicamente diseñados para su función. Por un lado conforman el espacio que queda por detrás de los velos aórticos al producirse la apertura valvular. Por otro lado, es del seno aórtico derecho e izquierdo de donde nacen los ostia coronarios. Este espacio detrás de los velos aórticos, facilita el movimiento de los velos aórticos, y el que los velos no ocluyan los ostia coronarios asegurando de este modo el correcto aporte de sangre a las arterias coronarias (92). Por otro lado, las turbulencias generadas a nivel local, actuarán como mecanismos de lavado que



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

finalmente tengan un efecto protector frente a la estasis de la sangre y los fenómenos de trombosis resultantes de la misma.

La superficie de los senos de Valsalva tiene una forma cilíndrica. El estrés que deben soportar los velos valvulares aórticos durante la diástole es casi 4 veces mayor a la que deben soportar los senos aórticos. En el supuesto caso de no repartir la presión entre ellos, los senos aórticos se torsionarían hacia dentro. Sin embargo, la pared aórtica de los mismos, presenta un mecanismo por el cual se produce un desplazamiento de la pared aórtica hacia afuera, lo que disminuye la presión a nivel de senos aórticos, presión que es asumida por los velos aórticos. La superficie de los senos, y por tanto su curvatura, es importante al considerar la función valvular aórtica, considerándose la distribución del estrés en los velos aórticos un factor determinante en la durabilidad de la válvula aórtica (10, 121, 122).

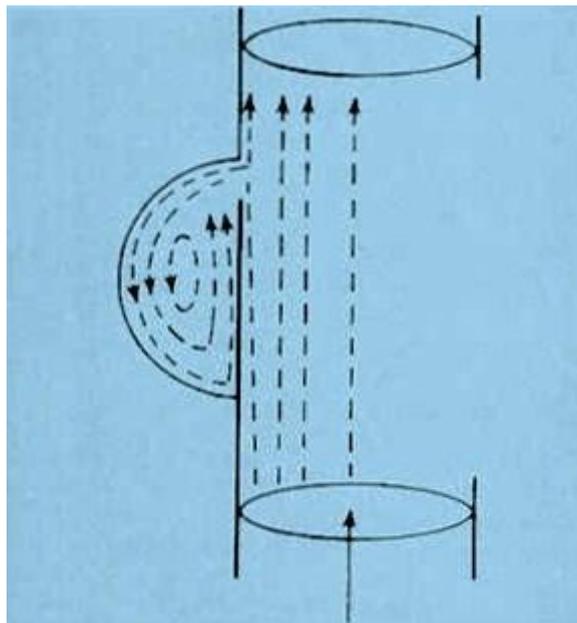


Figura 25: Esquema general del flujo a través de la raíz y senos de Valsalva. Dr. Nistal.

Un elemento más a tener en cuenta es su distensibilidad durante el ciclo cardiaco. Durante la contracción isovolumétrica del ventrículo izquierdo, la presión es transmitida a través del triángulo intercomisural. Esta presión se traduce en forma de distensibilidad o complianza hacia las comisuras. Esto permite el movimiento lateral de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

las mismas, lo que produce la apertura de los velos aórticos los cuales mantienen a su vez su superficie suave y lisa. De esta forma, al principio de la sístole, los velos aórticos se abren, y se mueven hacia la región de los senos aórticos. Estos espacios, favorecen el desarrollo de corrientes de flujo detrás de los velos aórticos mientras estos permanecen abiertos, describiendo remolinos que se forman al llegar la sangre a nivel de la unión sinotubular. Esta sangre se mueve al rededor de estas estructuras, y vuelve a incorporarse a la corriente de flujo principal, como se observan en las imágenes de resonancia magnética 4D obtenidas y publicadas por Schmidke y Charitos (1, 10).

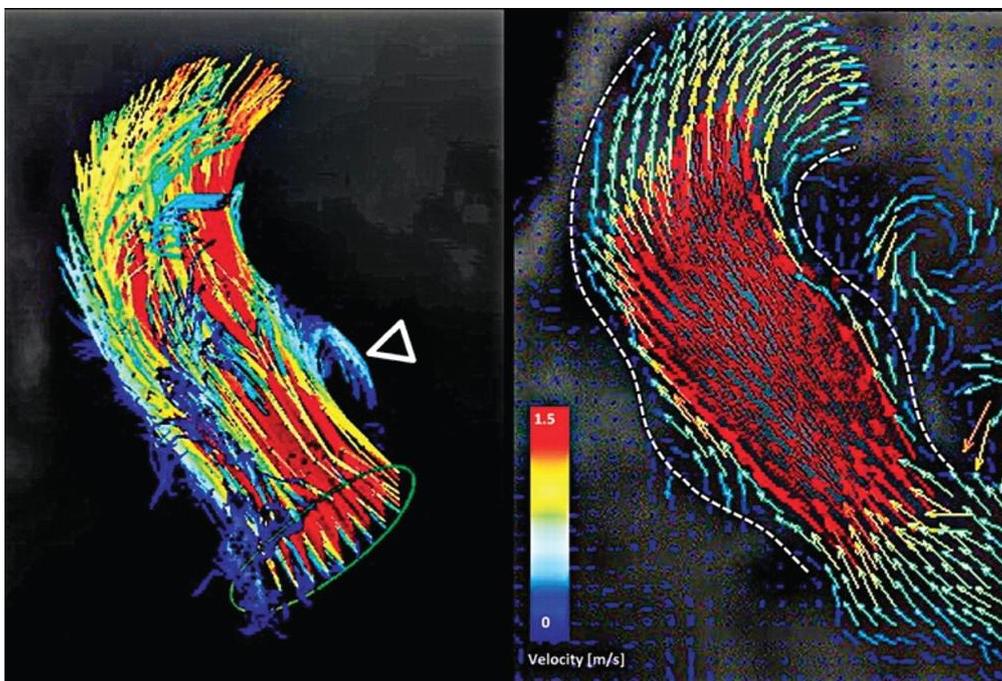


Figura 26: Imágenes de resonancia magnética 4D con determinación del flujo en tres direcciones. (Schmidke EI. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012/ Charitos C. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013).

De esta manera, los velos aórticos se mantienen lejos de la pared aórtica, evitando su contacto, y manteniendo a su vez una adecuada posición que favorezca el posterior cierre de los mismos. Una vez que el flujo de sangre ha pasado del ventrículo izquierdo hacia la aorta, después del pico de presión sistólica, la corriente de flujo generada a nivel de los senos aórticos fuerza a los velos a volver a su posición inicial hasta casi producirse la coaptación de todos los velos antes del final de la sístole. Este mecanismo, dependiente de la existencia de los senos aórticos, evita tanto el daño de los velos como



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

de la pared aórtica en su movimiento de apertura. Disminuye a su vez al mínimo el estrés generado a nivel de los mismos, con el fin de garantizar una larga durabilidad valvular.

Estudios posteriores demostraron sobre injertos sintéticos prediseñados, que en el momento en que la distensibilidad de los senos de Valsalva se pierde, o bien, el tejido nativo es sustituido por un injerto, la coordinación entre el mecanismo de apertura y cierre no se altera, pero sí la topografía de la superficie de los velos, la cual se hace menos lisa, con presencia de pliegues y arrugas. De estas observaciones, se postuló, que el papel de los senos aórticos es menos relevante en referencia al mecanismo de apertura y cierre valvular, pero sí en la distensibilidad y superficie de los mismos, lo que parece que incide más decisivamente en el estrés generado sobre los velos, y por lo tanto, en la durabilidad valvular (118, 121). Sin embargo, todas estas consideraciones han sido ampliamente debatidos a raíz de los resultados de experimentos in-vitro realizados recientemente (123, 124).

Para ello, se recrearon dos modelos de raíz aórtica, diseñados ambos con silicona y con la misma distensibilidad, pero con la diferencia de tener o no senos de Valsalva. A las raíces aórticas diseñadas, se les suturó una válvula aórtica biológica sin stent, siguiendo la técnica del remodelado aórtico.

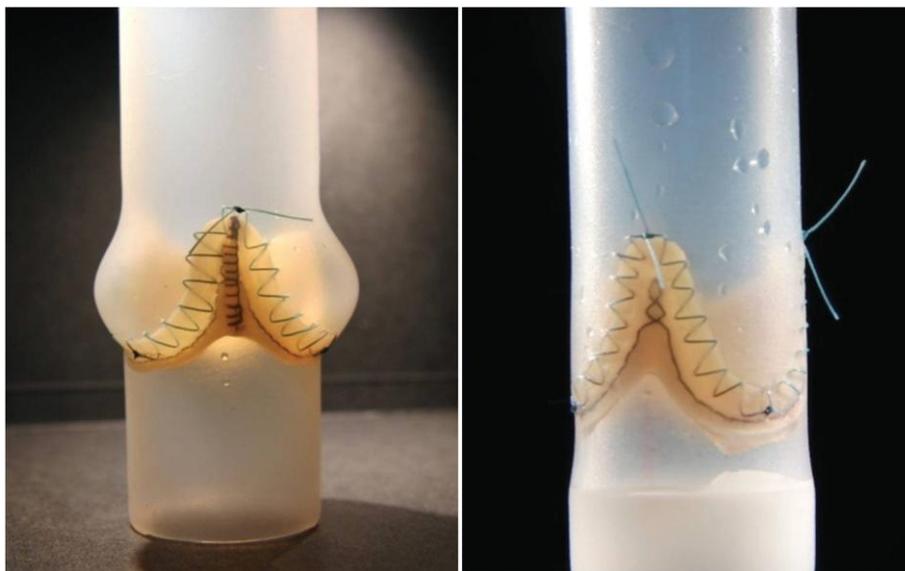


Figura 27: Dos modelos de raíz aórtica realizados con silicona, con y sin senos aórticos. En su interior se implantó una válvula biológica sin stent según la técnica del remodelado de raíz aórtica. (De Paulis R. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013/ Pisani G. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Posteriormente, se crearon otros dos tipos de raíz aórtica de forma similar, con y sin senos de Valsalva, pero creadas con un tubo de Dacron.

Todas fueron sometidas a la misma carga de volumen y presión, observándose en situaciones de alto volumen $>5\text{L}/\text{min}$, un aumento significativo en la presión soportada por la pared para todos los modelos de raíz aórtica sin senos aórticos (tanto el creado con silicona como con injerto de Dacron). De este resultado, se desprende que la distensibilidad de la raíz aórtica parece no tener un papel tan determinante como el pensado hasta ahora en la regulación de la presión a través de la válvula aórtica. De hecho, parece que es más relevante la forma de la misma, y la presencia o no de senos aórticos que permitiría una completa apertura valvular, no observada en ausencia de los mismos (119, 124).

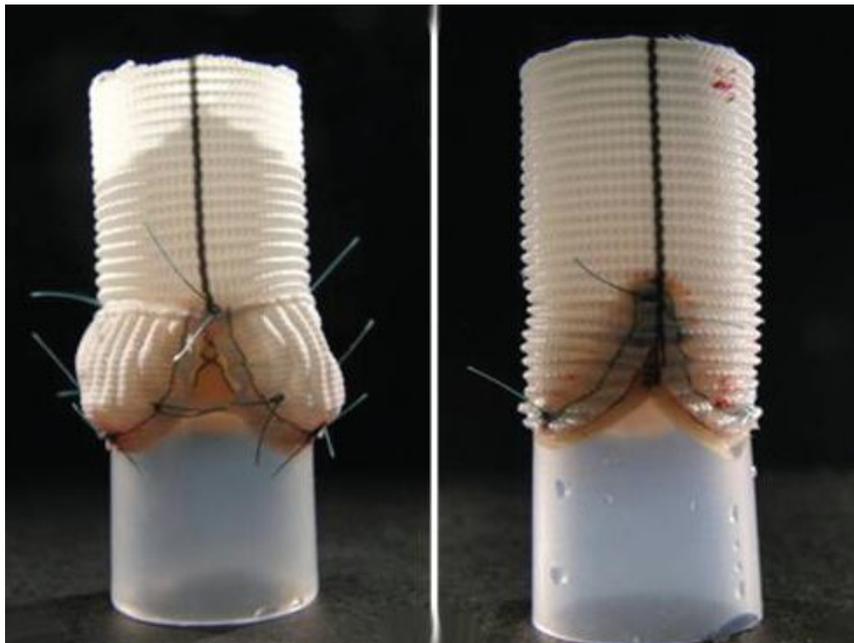


Figura 28: *Dos modelos de raíz aórtica realizados con injerto de Dacron, con y sin senos aórticos. En su interior se implantó una válvula biológica sin stent según la técnica del remodelado de raíz aórtica (De Paulis R. Ann Cardiothorac Surg, 2013/ Pisani G. J Thorac Cardiovasc Surg, 2012).*

Los mismos experimentos se han llevado a cabo en la actualidad con el fin de determinar la relación de presiones para los diferentes modelos de raíz aórtica, con y sin senos de Valsalva, y la influencia en ella en función de la presencia de flujo pulsátil o laminar y su reflejo en el funcionamiento hidrodinámico de la válvula aórtica (119).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

No se observaron diferencias significativas en términos de variación de presión y comportamiento hidrodinámico valvular, en presencia o no de senos de Valsalva para la recreación de raíz aórtica en condiciones de flujo laminar. Sin embargo, sí se detectaron diferencias significativas en la variación de presión a nivel de la raíz aórtica en presencia de flujo pulsátil, lo que ha contribuido a poder extrapolar, que la geometría de la raíz aórtica, con la presencia o no de senos de Valsalva juega un importante papel en la regulación de la presión a través de la válvula y su apertura, en condiciones similares a las presentes in vivo, con un flujo pulsátil. En ausencia de los senos aórticos, la turbulencia del flujo causaría una apertura sub-óptima de la válvula aórtica y de manera secundaria, una reducción del orificio aórtico efectivo. Esto se ha podido corroborar a través de la realización de las diferentes técnicas de reconstrucción de la raíz aórtica.

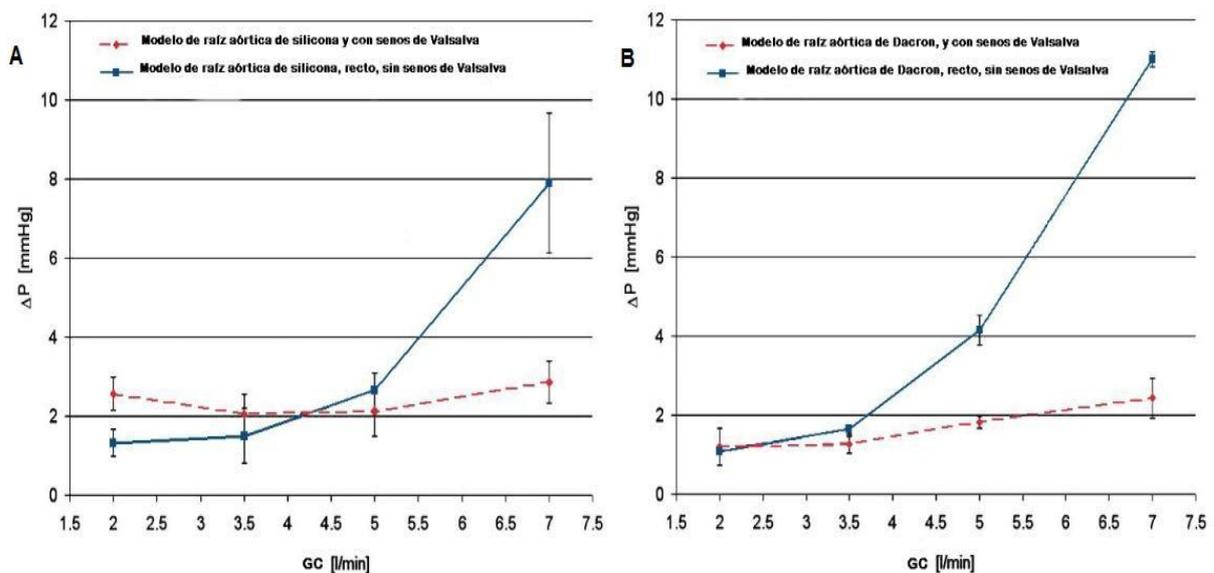


Figura 29: Caída de la presión en ambas raíces aórticas, con y sin senos de Valsalva, en injertos de silicona (A) o Dacron (B). La ausencia de senos de Valsalva incrementa la caída presión a nivel de la válvula aórtica. (De Paulis R. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013/ Pisani G. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012).

Por todo esto, los senos aórticos son considerados como la unidad básica estructural y funcional de la válvula aórtica. La ausencia de senos aórticos interfiere negativamente en los mecanismos de cierre valvular, y por tanto, reduce la durabilidad de la misma. La distorsión de los senos de Valsalva, incidirá por todo lo mencionado previamente, en la regulación y función de la válvula aórtica, sobre todo en situaciones de alto gasto



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

cardiaco, lo que refuerza la idea de que en pacientes jóvenes y deportistas, las técnicas basadas en la reconstrucción anatómica de la raíz aórtica tienen un papel crucial (17, 119, 125).

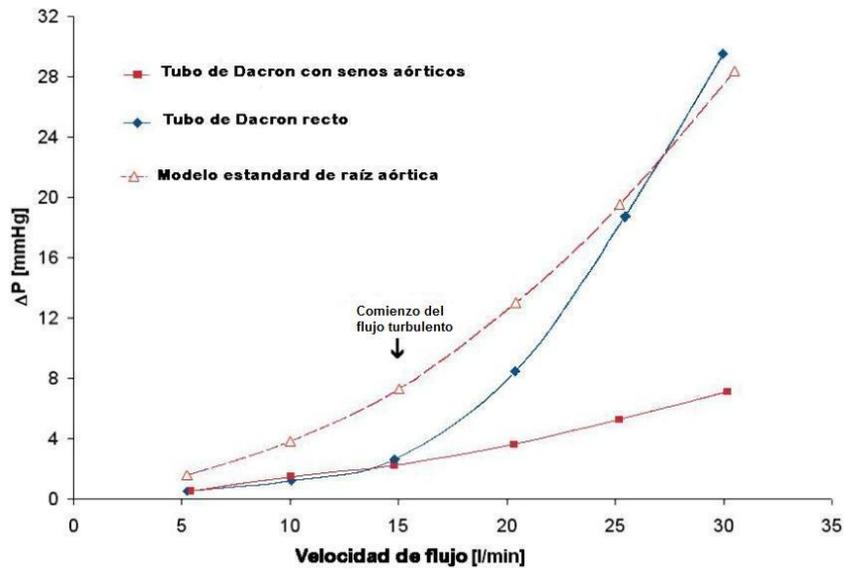


Figura 30: Caída de la presión para ambos modelos de raíz aórtica, con y sin senos de Valsalva, con respecto al modelo de raíz aórtica estándar. Se observa que en el momento en que el flujo se hace turbulento (flecha), la presencia de los senos ayuda a mantener una caída de presión baja a través de la válvula aórtica. (De Paulis R. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013/ Pisani G. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

5. PATOLOGÍA DE RAÍZ AÓRTICA



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



5. PATOLOGÍA DE RAÍZ AÓRTICA:

La raíz aórtica, y todos los elementos que la componen, pueden presentar lesiones a diferentes niveles: velos y anillo aórtico, senos de Valsalva, unión sinotubular y aorta ascendente. Por un lado, alteraciones a nivel tisular, como la degeneración aórtica de causa aterosclerótica, se observa en mayor grado en población de edad avanzada y en presencia de factores de riesgo cardiovascular (126, 127). Si bien, la degeneración quística de la capa media de la aorta, que se traduce histopatológicamente en una pérdida de células musculares lisas y degeneración de las fibras elásticas, es característica del Síndrome de Marfan, si bien, también puede observarse en pacientes con válvulas bicúspides, y pacientes libres de alteraciones colágenas de origen genético. Por otro lado, anomalías biomecánicas de la válvula aórtica constituyen un grupo de pacientes con una incidencia precoz de presentar estenosis, insuficiencia aórtica o ambas.

En función del grado de afectación valvular y sintomatología presente, existirán unas indicaciones que rigen la actitud e indicación del tratamiento quirúrgico. Por otro lado, la estimación de la hipertensión pulmonar, y la función ventricular derecha e izquierda, son también indicadores y marcadores preoperatorios y postoperatorios importantes, y necesarios, que influirán en la toma de decisiones médicas. El momento adecuado para llevar a cabo una determinada intervención, es específico de cada lesión valvular, y depende de los resultados a largo plazo que presenta cada una de las técnicas (14, 128).

5.1. ESTENOSIS AÓRTICA:

El proceso de calcificación degenerativa es un proceso inflamatorio activo similar al que ocurre en la aterosclerosis (129). La válvula aórtica con velos anatómicamente normales es susceptible con el paso del tiempo y la edad, de sufrir un deterioro progresivo sufriendo un proceso degenerativo calcífico, o lo que también es denominado proceso de calcificación senil o valvulopatía aórtica calcificada degenerativa (130, 131). Este proceso degenerativo afecta predominantemente a los



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

velos aórticos y anillo aórtico, a los que resta distensibilidad, y confiere rigidez y limitación de apertura. El factor etiológico más importante para la aparición de estas lesiones es la edad. Además niveles altos de lipoproteína A, se han relacionado con el endurecimiento de los velos valvulares aórticos, y la posterior esclerosis valvular (132). En pacientes con estenosis valvular aórtica, o tras la realización de un recambio valvular aórtico por una bioprótesis, los pacientes afectados de insuficiencia renal crónica, o pacientes con hiperlipemia familiar pueden ser pacientes especialmente susceptibles de presentar esclerosis valvular y calcificación valvular en el seguimiento (128). La anatomía patológica revelará a nivel histopatológico lesiones inflamatorias, calcificantes, depósito de lípidos y neo revascularización local (133, 134).

Existen condiciones particulares, como la presencia de una válvula aórtica monocúspide (anomalía congénita muy infrecuente, que causa principalmente estenosis aórtica y que suele asociarse a anomalías del corazón izquierdo) o la presencia de válvula aórtica bicúspide (la anomalía congénita más frecuente, presente en un 1-2% de la población y que puede ser causa tanto de estenosis aórtica por degeneración valvular, como de insuficiencia valvular aórtica, sobretodo en asociación con dilatación de raíz aórtica) (36, 135, 136) que predisponen hacia una mayor y más precoz degeneración valvular. La presencia de una válvula aórtica bicúspide, supone la segunda causa de estenosis aórtica en la edad adulta, a través de un proceso de esclerosis prematura y calcificación progresiva, que suele conducir a una estenosis valvular temprana (137).

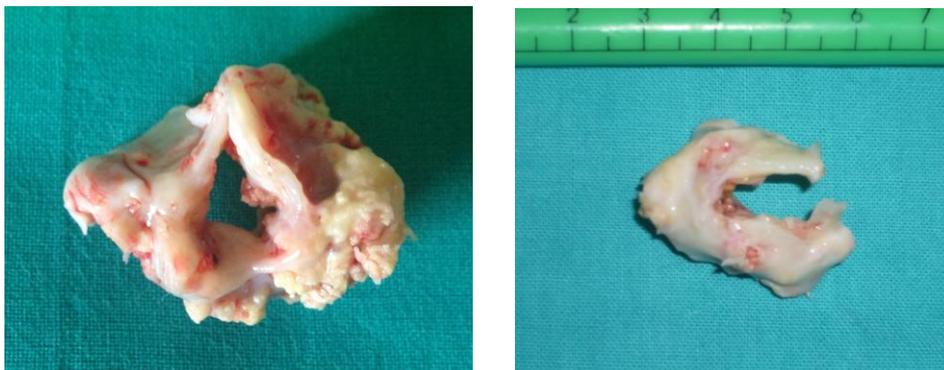


Figura 31: A. Estenosis aórtica por degeneración calcífica de válvula aórtica trivalva. B. Válvula aórtica calcificada bicúspide.



5.2. INSUFICIENCIA AÓRTICA ASOCIADA O NO A DILATACIÓN DE RAÍZ Y/O AORTA ASCENDENTE:

La insuficiencia valvular aórtica es resultado no sólo de anomalías localizadas a nivel de los velos aórticos (enfermedad reumática, endocarditis, anomalías congénitas como por ejemplo la fusión comisural, válvula bicúspide, cuatricúspide), sino también puede ser secundaria a anomalías localizadas a nivel de los diferentes componentes que forman el complejo estructural y funcional de la raíz aórtica: las comisuras valvulares, el anillo aórtico, la unión sinotubular, o en la mayoría de ocasiones, por una combinación de todos estos factores a diferentes niveles (106, 138).

Sus síntomas y presentación clínica, se encuentran directamente relacionadas con la velocidad de instauración. La instauración crónica de la insuficiencia aórtica, permite que el paciente se mantenga asintomático durante un largo periodo de tiempo, tiempo en el que el ventrículo izquierdo compensa la insuficiencia valvular inicial. Sin embargo, progresivamente el ventrículo izquierdo comenzará a dilatarse progresando hacia una disfunción ventricular izquierda, lo que determinará la aparición de la sintomatología en forma de insuficiencia cardíaca principalmente.

La insuficiencia valvular aórtica, resultado de la afectación de los velos aórticos y la estructura valvular aórtica en sí, ocurre en la enfermedad valvular reumática causando fibrosis, adelgazamiento, fusiones comisurales y contracturas en los velos aórticos y finalmente calcificación en los mismos.

Situaciones de infección valvular o endocarditis pueden ser también mecanismos de fallo valvular aórtico. Otra anomalía causante de insuficiencia aórtica, menos frecuente que las anteriores, es la presencia de una comunicación interventricular. Esta comunicación anómala entre las dos cámaras ventriculares, origina una distorsión del anillo aórtico, produciendo una elongación del velo aórtico derecho, que puede llegar a producir un prolapso, y causar una regurgitación valvular aórtica.

La fentermina, fenfluramina o desfenfluramina, son sustancias supresoras del apetito que pueden también ser causantes de insuficiencia aórtica (139, 140).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

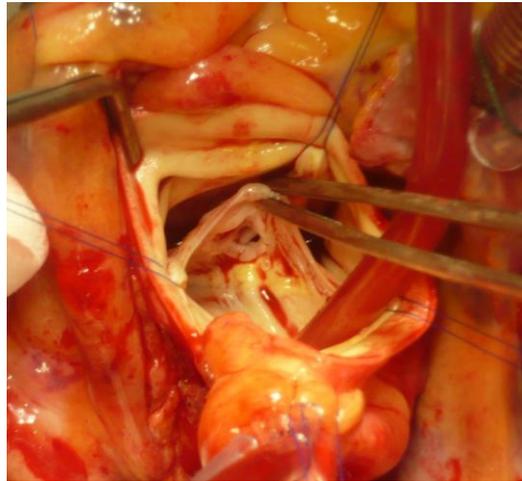


Figura 32: Insuficiencia aórtica secundaria a perforación de velo coronario izquierdo por endocarditis. Imagen intraoperatoria.

La presencia de válvula aórtica cuatricúspide es otra anomalía congénita que produce insuficiencia aórtica, en la cual en términos generales, suelen encontrarse tres velos de características y tamaño similar, mientras el velo restante no está desarrollado en su totalidad.

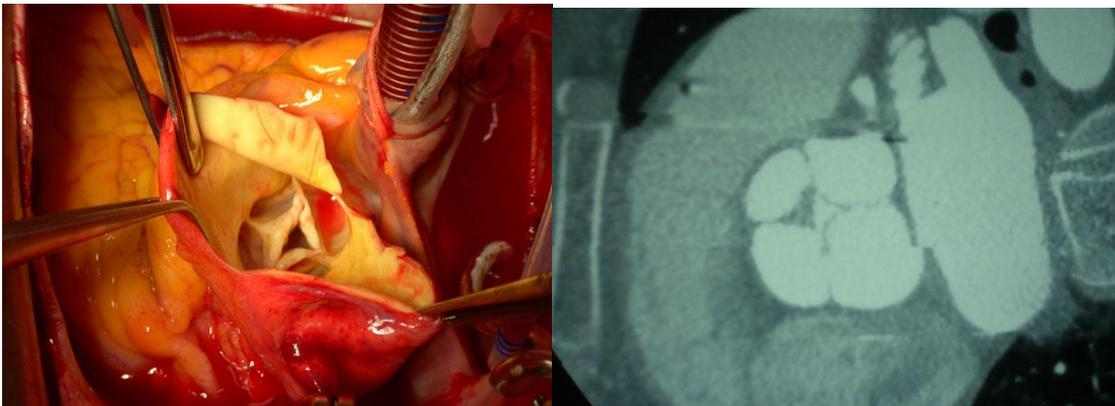


Figura 33: Imagen intraoperatoria de una válvula aórtica cuatricúspide, y su correspondencia radiológica en imagen por tomografía axial computerizada. Imagen intraoperatoria.

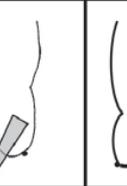
Fruto de la disparidad de mecanismos potencialmente causales de insuficiencia aórtica se han propuesto diferentes clasificaciones, de las cuales, la clasificación funcional de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Carpentier adaptada por El Khoury propone para cada mecanismo causal la técnica de reparación indicada para ser solventada (20, 141).

Tabla 1: Clasificación funcional de los mecanismos de insuficiencia valvular aórtica.

Insuficiencia aórtica clasificación	Tipo I Velo con normal movilidad con dilatación anillo aórtico o perforación velo				Tipo II Prolapso velo	Tipo III Restricción velo
	1a	1b	1c	1d		
Mecanismo						
Técnica Reparación (primaria)	UST remodelado Prótesis vascular aorta ascendente	David O Yacoub sin anuloplastia subcomisural	Anuloplastia subcomisural	Parche autólogo o pericardio bovino	Reparación del prolapso plicatura resección triangular suspensión borde parche ampliación	Reparación del velo afeitado decalcificación parche ampliación
(secundaria)	Anuloplastia subcomisural		Anuloplastia de la UST	Anuloplastia subcomisural	Anuloplastia subcomisural	Anuloplastia subcomisural

Clasificación propuesta por Carpentier y relacionada con su correspondiente alternativa quirúrgica descrita y adaptada por El Khoury. (El Khoury G. Curr Opin Cardiol, 2005/ Hornero F. Cir Cardiovasc, 2015).

Por otro lado, las anomalías causantes de insuficiencia valvular aórtica, se encuentran frecuentemente asociadas con la degeneración de la capa media de la raíz aórtica y de la aorta ascendente. Su presencia incrementa el riesgo de dilatación aneurismática de aorta ascendente y disección aórtica tipo A. En la literatura previa, existen descripciones muy antiguas de este hecho. Corrigan describió en 1832 las causas primarias de insuficiencia aórtica, consistentes en la dilatación de la raíz aórtica, aorta ascendente, anillo aórtico o unión sinotubular, sin presentar anomalías estructurales a nivel de los velos, anillo o senos de Valsalva (142). La dilatación de estos componentes resulta en la distensión de la válvula aórtica. La progresiva dilatación de los senos aórticos, y en ocasiones la dilatación o distorsión del anillo aórtico, aumenta la distancia entre las comisuras aórticas, produciendo una reducción de la coaptación de los velos. Esto conduce como resultado final la producción de una insuficiencia valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

aórtica central y regurgitación durante la diástole (143, 144). Sin embargo esta relación en particular que asocia la dilatación de la unión sinotubular como causa de insuficiencia valvular aórtica, no había sido suficientemente probada al no disponer entonces de técnicas de imagen adecuadas para este fin, afirmación a día de hoy, totalmente aceptada y comprobada. Hubo que esperar un siglo más tarde, cuando numerosos estudios demostraron esta hipótesis. Gracias al desarrollo tecnológico y los estudios llevados a cabo por Frater y David, que propusieron que esta insuficiencia aórtica descrita con anterioridad, se producía y era el resultado de la dilatación de aorta ascendente (145, 146). Posteriormente, Furukawa y cols. a través de modelos experimentales en perros y a corazón latiendo, mediante sistemas de imagen endoscópica aórtica, relacionaron la insuficiencia valvular aórtica producida por la dilatación de la unión sinotubular, como consecuencia de la desviación radial de las comisuras valvulares (144). Otras alteraciones a nivel de pared arterial presentes en enfermedades con alteraciones del colágeno, pueden ser causantes de insuficiencia aórtica. La insuficiencia aórtica secundaria a dilatación de aorta ascendente, está ampliamente descrita. Hoy en día conocemos que los aneurismas de aorta ascendente son causados en su mayoría por alteraciones o degeneraciones estructurales, así como por enfermedades de tejido conectivo, a menudo de causa genética. Estas anomalías en ocasiones, no se manifiestan a la vez, ni de forma aislada. Por lo general, se encuentran formando parte de síndromes con afectación multiorgánica, y no suelen manifestarse desde el nacimiento, siendo diagnosticadas más tarde. De esta manera, conocemos, como la dilatación de la raíz aórtica, y la anuloectasia aórtica, es un hallazgo frecuente en pacientes con alteraciones en la formación del colágeno, como el Sd. Marfan o el Sd. de Loeys-Dietz. En los casos tratados por insuficiencia valvular aórtica por disfunción del anillo aórtico (disección o anuloectasia aórtica), generalmente la estructura valvular y los velos aórticos presentan una superficie de características normales y adecuado funcionamiento.

En general, la presentación clínica o los síntomas que presentan los pacientes con dilatación de raíz y/o aorta ascendente son escasos, en ausencia de otras valvulopatías o disfunción ventricular. Únicamente síntomas como el dolor torácico inespecífico, o palpitations pueden ser referidos por los pacientes afectados, pero por lo general, los pacientes permanecen asintomáticos, hasta que se manifiestan de manera aguda y dramática, con una ruptura o con una disección aórtica aguda. La etiología de los



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

aneurismas de aorta torácica y disecciones es compleja y heterogénea. La degeneración de la pared aórtica relacionada con los principales factores de riesgo cardiovascular como la hipertensión arterial o la dislipemia, es la principal causa de esta entidad en pacientes mayores. En pacientes jóvenes, sin factores de riesgo, las causas genéticas deben ser consideradas. Los aneurismas de aorta torácica de origen genético, pueden clasificarse en tres grupos principales (147-150):

- I. *Síndromes familiares (<5%)* como el Sd. Marfan, Síndrome de Loeys-Dietz o el Síndrome aneurisma-osteoartritis. En la tabla a continuación, se muestran las formas sindrómicas de afectación de aorta torácica, con su correlación genética y expresión clínica.

Tabla 2: Clasificación de las formas sindrómicas de dilatación aórtica.

SÍNDROMES ASOCIADOS A LA DILATACIÓN DE AORTA ASCENDENTE	GEN o GENES IMPLICADOS	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS CARDIOVASCULARES	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS ADICIONALES
Sd. Marfan	FBN1	Aneurismas de raíz aórtica, disección de aorta, prolapso valvular mitral, dilatación de arteria pulmonar, disfunción ventricular izquierda	Luxación de cristalino, aracnodactilia, deformidad torácica, dolicocefalia, luxaciones articulares
Sd. Ehlers-Danlos tipo IV	COL3A1 COL1A2	Rotura o disección aórtica sin aneurisma o dilatación aórtica previa. Insuficiencia valvular grave	Piel fina y transparente, cicatrices distróficas, cara alargada, dedos alargados, hiperlaxitud articular
Sd. Loeys-Dietz	TGFBR1/2	Aneurisma de raíz aórtica, disección aórtica, tortuosidad arterial, prolapso valvular mitral, anomalías cardíacas congénitas asociadas	Osteoartritis, piel frágil, escoliosis, hipertelorismo, deformidad torácica, hernias recidivantes
Sd. Aneurisma-osteoartritis	SMAD3	Aneurisma de raíz aórtica, disección aórtica, tortuosidad arterial, prolapso valvular mitral, anomalías cardíacas congénitas asociadas	Osteoartritis, piel frágil, escoliosis, hipertelorismo, deformidad torácica, hernias recidivantes

- II. *Formas familiares (20%) de aneurismas de aorta torácica o disecciones*, que incluyen pacientes con familiares de primer grado afectados, y evidencia de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

una transmisión autosómica dominante. Estos pacientes suelen asociarse a la presencia de válvula aórtica bicúspide, ductus arteriovenoso permeable o enfermedad cardiovascular.

III. *Formas esporádicas o casos aislados* de pacientes afectados de patología de aorta ascendente, sin historia familiar previa ni características sindrómicas.

Tabla 3: Clasificación de las formas de dilatación de aorta ascendente no sindrómicas.

FORMAS DE DILATACIÓN DE AORTA ASCENDENTE NO SINDRÓMICAS	GEN o GENES IMPLICADOS	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS CARDIOVASCULARES	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS ADICIONALES
Sd. familiar de aneurisma de aorta torácica	TGFBR1/2 (3-5%) ACTA2 (10-14%) MLCK SMAD3 (2%)	Dilatación y disección aórtica. Aneurismas cerebrovasculares. Enfermedad coronaria	Falta de características sindrómicas o de características marfanoides. Alteraciones gastrointestinales
Sd. familiar de aneurisma de aorta torácica con válvula aórtica bicúspide	ACTA2 NOTCH1	Válvula aórtica muy calcificada	Falta de características sindrómicas o de características marfanoides
Sd. familiar de aneurisma de aorta torácica con ductus permeable		Ductus permeable	Falta de características sindrómicas o de características marfanoides

La estrategia terapéutica dependerá de la edad, y el perfil de riesgo cardiovascular y genético, basándonos en una correcta medición de los diámetros aórticos, y correlacionándolo adecuadamente en función de la edad del paciente, género, y superficie corporal (150, 151).

5.3. VÁLVULA AÓRTICA BICÚSPIDE:

La presencia de válvula aórtica bicúspide (VAB), es la anomalía congénita más frecuente presente en un 0.5-2% de la población general, con una incidencia tres veces mayor en los varones que en las mujeres (41, 152).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La etiología de la VAB no está a día de hoy totalmente determinada. Se han definido factores embriológicos, moleculares, y genéticos, dada la predisposición familiar de esta anomalía en pacientes con familiares afectados. Se ha estimado una incidencia del 9% en pacientes con un familiar afecto, porcentaje que asciende al 24% en presencia de más de un familiar afecto de VAB (153, 154).

La presencia de VAB no consiste sólo en una anomalía valvular que afecta al número de velos aórticos, sino que representa una alteración anatómica que coexiste con una compleja enfermedad genética de la aorta y del desarrollo cardiaco. La morfología de la válvula aórtica bicúspide es muy variable. Sus diferentes variantes y frecuencia fueron descritas por Sievers en la clasificación que se muestra a continuación (9, 155). En la mayoría de los pacientes con válvula aórtica bicúspide, suele encontrarse una válvula compuesta por dos velos, uno de ellos de mayor tamaño, con un rafe medio que marca la zona central. La configuración más frecuente suele ser la antero posterior (70%), en la cual, el seno de Valsalva anterior contiene ambas arterias coronarias así como el falso rafe, relacionándose esta variante en mayor frecuencia con la coartación de aorta.

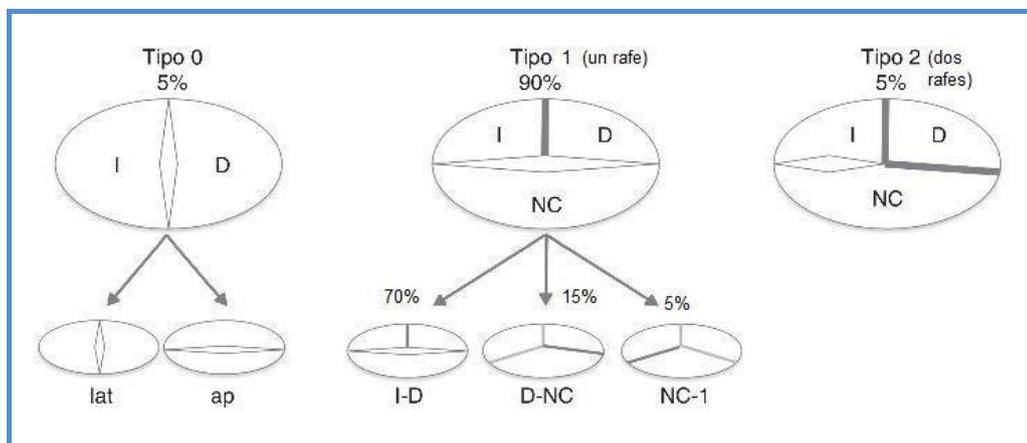


Figura 34: Clasificación de Sievers para las válvulas bicúspides. (Sievers HH. *J Thorac Cardiovasc Sur*, 2007/ Hernández CE. *Cir Cardiovasc* 2015).

El rafe, se suele extender desde el anillo aórtico, hasta la mitad del velo aórtico, con una inserción en el anillo más baja que el resto de las otras dos comisuras. Además suelen



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

encontrarse tres senos aórticos. Los casos de válvula aórtica bicúspide pura en los que no existe rafe o únicamente existen dos senos aórticos, no son frecuentes.

En el caso de válvulas aórticas bicúspides, la mayoría de pacientes permanecen asintomáticos en edades tempranas. La tensión radial se localiza en la región de las comisuras y puede observarse un acortamiento del borde libre en ambos velos, en los cuales la altura es idéntica al aplicar tensión radial en ambas comisuras. La existencia de una válvula aórtica bicúspide suele ser la causa subyacente a una futura disfunción valvular aórtica que degenerará muy posiblemente hacia una estenosis aórtica precoz, o hacia una insuficiencia valvular aórtica, asociándose a otras potenciales anomalías cardíacas congénitas (153). Por otra parte, esta entidad alcanza una gran relevancia clínica y quirúrgica por su fuerte asociación con la enfermedad aneurismática de la aorta ascendente, que se encuentra afectada hasta en un 35%-60% de los casos, y con la grave complicación en forma de disección (se estima un riesgo de aproximadamente el 9% con respecto al estimado para la población con válvula aórtica trivalva) que pueden derivarse de esta patología con consiguiente mortalidad asociada (152, 153, 156-158).

La dilatación de raíz aórtica y de aorta ascendente se ha documentado ampliamente en niños con VAB, en pacientes con VAB pero sin disfunción valvular asociada, o incluso tras la realización de una sustitución valvular aórtica en estos pacientes, lo que sugiere que el proceso de afectación de aorta ascendente acontece desde la infancia, y que la pared aórtica en sí presenta alteraciones intrínsecas que favorecen esta dilatación. Si bien, por otro lado, otros factores hemodinámicos parecen influir dado que el grado de disfunción valvular no determina de forma directa el grado de afectación de aorta ascendente. Histológicamente parece que se ha confirmado una degeneración prematura y acelerada de la capa media aórtica (153). La disrupción de la matriz, una disminución de la cantidad de colágeno y elastina presente debido en parte a la mayor concentración de metaloproteasas, la fragmentación de la elastina y un mayor número de apoptosis celulares de las células musculares lisas son algunas de las alteraciones a nivel histológico encontradas, hallazgos por otra parte, similares a los encontrados en fragmentos de aorta ascendente no dilatadas obtenidos de pacientes con VAB o en pacientes afectados de Síndrome de Marfan. Niveles menores de fibrilina-1 a nivel extracelular, proteína que tienen un papel importante en la captación de matriz extracelular por parte del factor de crecimiento tisular B (TGF-B) y que su déficit por



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

tanto se asocia a una alteración en la activación y señalización del mismo, conduciendo a la apoptosis celular (159, 160). Si bien, aparte de los cambios presentes a nivel tisular, una afectación de la elasticidad aórtica independientemente del diámetro de la aorta se ha sugerido también dada la asociación de ambas patologías.

5.4. SÍNDROME DE MARFAN:

El Sd. Marfan es una alteración genética autosómica dominante con penetrancia variable. Se caracteriza por una mutación en el gen *FBN1* localizado en el brazo largo del cromosoma 15, y que codifica para una proteína denominada fibrilina, que es una glicoproteína esencial en la formación de fibras elásticas del tejido conectivo. Esta puede ser identificada con técnicas que utilizan anticuerpos monoclonales en cultivos de piel y fibroblastos aórticos, participando en el mantenimiento de la integridad estructural del mismo, componente de estructuras como la pared aórtica y los velos valvulares aórticos. Histológicamente, el déficit de fibrilina 1 y el incremento de la metaloproteínasa-2 en la matriz aórtica, son dos de los principales hallazgos detectados a nivel de la aorta ascendente de los pacientes afectados (148). A nivel de los velos valvulares se ha demostrado la deficiencia de fibras de fibrilina así como una fragmentación de la misma, hallazgo que conduce a una importante degeneración valvular en pacientes con la enfermedad de Marfan desarrollada (148, 153). Resultado de la mutación descrita, las fibras elásticas formadas son defectuosas, de ahí que al afectarse la producción de tejido conectivo, se afecten también estructuras musculoesqueléticas, del sistema cardiovascular, pulmones, corazón, ojos, etc. estructuras en las cuales el tejido conectivo tiene un importante papel (148, 161). La dilatación de grandes vasos, como raíz y aorta ascendente, que origina regurgitación aórtica, así como un alto riesgo de disección, son patologías frecuentes en estos pacientes. Missirlis y colaboradores, mostraron que las válvulas aórticas en pacientes con Síndrome de Marfan, presentaban una distensibilidad de mayor magnitud a nivel de los velos aórticos, en comparación con los pacientes no afectados por el síndrome. Tanto los velos valvulares aórticos como los mitrales se encuentran afectados por el déficit y fragmentación de la fibrilina-1, al igual que la pared aórtica (162-165). Todas las alteraciones detectadas, se han observado que son más severas en los pacientes afectados con Sd. Marfan y mayores de 20 años de edad (162).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

El principal mecanismo de producción de insuficiencia aórtica en los pacientes con Sd. Marfan, es la anuloectasia aórtica o dilatación de los senos de Valsalva. La implicación de estas alteraciones a nivel estructural, puede afectar a la estabilidad y durabilidad de la reconstrucción valvular (164). Si bien, el Sd. de Marfan es un síndrome complejo, al existir múltiples grados de mutaciones o errores genéticos, y por lo tanto, diferentes patrones de presentación de la enfermedad. Desde su descubrimiento, se ha ampliado progresivamente el conocimiento de la enfermedad, con la descripción de afectaciones oculares, osteomusculares, cardiovasculares, pulmonares y cutáneas que definen la enfermedad y conforman los criterios diagnósticos de Gante para el Síndrome de Marfan (166).

Tabla 4: Criterios de Gante clásicos.

Sistema afecto	Requisito clasificatorio de sistema afectado cumpliendo criterio mayor de afectación	Requisito clasificatorio para considerar el sistema afectado
Sistema esquelético	Al menos 4 de los siguientes: 1. Pectum carinatum 2. Pectum excavatum quirúrgico 3. Asimetría segmentos corporales y brazos (brazada >1,05) 4. Signos de Wrist y Thumb+ 5. Escoliosis >20° 6. Extensión reducida codos (<170°) 7. Desplazamiento maléolo medial 8. Profusión acetabular	Al menos 2 criterios mayores o uno mayor y dos menores de los siguientes: 1. Pectum excavatum moderado 2. Hipermovilidad articular 3. Paladar arqueado/dientes apiñados 4. Características faciales típicas (dolicocefalia, hipoplasia malar, enoftalmos, retrognatia, fisura palpebral inclinada hacia abajo)
Sistema ocular	Luxación del cristalino	Al menos dos de las siguientes: 1. Anormalidades de los compartimentos corneales 2. Aumento longitud axial del globo ocular 3. Iris hipoplásico o hipoplasia de los músculos ciliares con disminución de la miosis
Sistema cardiovascular	Al menos uno de los siguientes: 1. Dilatación de la aorta ascendente con afectación de los senos de Valsalva 2. Disección de la aorta ascendente	Al menos uno de los siguientes criterios menores: 1. Prolapso de válvula mitral con o sin regurgitación. 2. Dilatación de las arterias pulmonares <40 años sin causa valvular conocida. 3. Calcificación anillo mitral <40 años. 4. Dilatación o disección de la aorta descendente o abdominal < 50 años.
Sistema pulmonar	Ninguno	Al menos uno de los criterios menores: 1. Neumotorax espontáneo 2. Bullas apicales
Piel y tegumentos	Ninguno	Al menos uno de los criterios menores: 1. Estrías marcadas sin causa aparente 2. Hernias recurrentes o eventraciones
Duramadre	Ectasia dural	

Sánchez Martínez R. Semin Fund Esp Reumatol, 2011.

5.A. DIMENSIONES DE LA RAÍZ AÓRTICA:

El tamaño de la aorta se relaciona fuertemente con la superficie corporal de cada individuo así como la edad y el sexo (167). Diversos estudios han demostrado, que las dimensiones de todas las estructuras que conforman la raíz aórtica se ven influenciadas por la edad, ocurriendo en este sentido y en mayor grado a niveles por encima de la



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

unión sinotubular. En contraposición, las dimensiones del anillo aórtico parecen permanecer estables con el paso de los años, si bien existe claramente una relación lineal entre la edad y las dimensiones de la aorta para ambos sexos. Por otro lado, se ha determinado que las dimensiones de la aorta con respecto a la superficie corporal se correlacionan más en edades tempranas, y menos conforme la edad aumenta. El género influye sobre los diámetros aórticos a todos los niveles, siendo mayor en varones a todos los niveles aórticos. Sin embargo, indexando el tamaño aórtico por superficie corporal, los valores son similares para ambos sexos, tanto en los valores de los senos de Valsalva como la unión sinotubular, excepto las dimensiones del anillo aórtico y aorta ascendente, en las que existe una tendencia a ser mayor en mujeres (35, 167-169).

La ecocardiografía transtorácica representa la herramienta ideal para evaluar la morfología y dimensiones aórticas, por su disponibilidad, seguridad y coste-efectividad. Ésta permite realizar medidas precisas y reproducibles del diámetro de la raíz aórtica y en mayor grado, de las partes más proximales de la aorta ascendente. La ecocardiografía transesofágica será de elección a la hora de estimar las medidas del cayado aórtico y la aorta descendente (35, 167). Las mediciones estándar de la aorta se han establecido de pared a pared aórtica al final de la diástole. En una aorta normal, el diámetro a nivel de los senos de Valsalva es el mayor, seguido del de la unión sinotubular, y el anillo aórtico. El estudio de la aorta estandarizado incluye la medida del diámetro a nivel del anillo aórtico, de los senos de Valsalva, de la unión sinotubular y la aorta ascendente. El anillo aórtico se mide a nivel del origen de los velos aórticos, en el eje largo paraesternal izquierdo, durante la sístole, mostrando el diámetro mayor del anillo aórtico.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

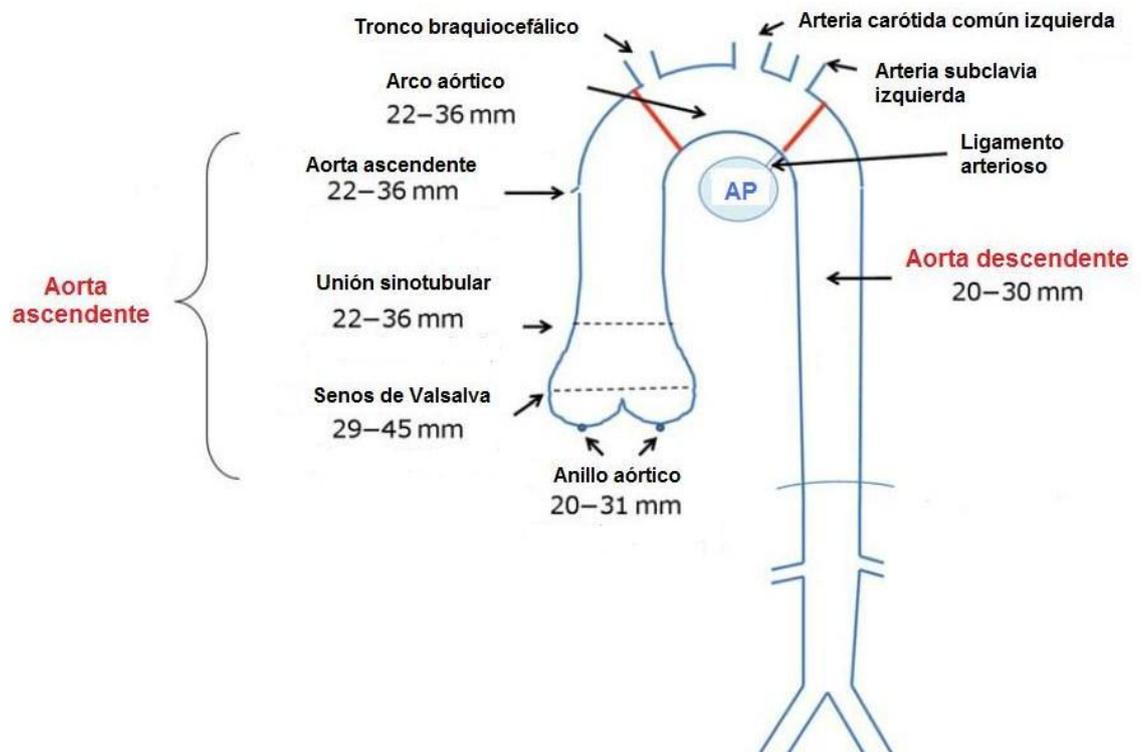


Figura 35: Dimensiones normales de la raíz aórtica, aorta ascendente, cayado u aorta descendente. (Evanaelista A. Eur J Echocardiography. 2010).

5.B: PAPEL DE LA ECOCARDIOGRAFÍA EN LA PATOLOGÍA AÓRTICA:

La patología aórtica, excepto en los casos de patología aguda grave como la ruptura aórtica o la disección aguda, es mayoritariamente asintomática, y no muestra claras anomalías a la exploración física. Por este motivo, el diagnóstico y el seguimiento dependerán exclusivamente de las pruebas de imagen. La ecocardiografía juega un importante papel en el diagnóstico y seguimiento de la patología que afecta a la aorta, siendo este el motivo por el cual, su exploración se incluye dentro del protocolo exploratorio en una ecocardiografía estándar de rutina (170, 171).

La ecocardiografía transtorácica permite la evaluación adecuada de la mayoría de segmentos aórticos, particularmente la raíz y segmentos más proximales, así como de la válvula aórtica, visualizándose a la derecha e izquierda del eje paraesternal largo. De forma general, la aorta ascendente se hará visible principalmente en el eje apical



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

largo. El arco aórtico y los troncos supraaórticos lo serán mayoritariamente en la proyección supraesternal.

La ecocardiografía transtorácica tendrá un importante papel en el estudio de la patología valvular aórtica y sus mecanismos de lesión, así como en determinados grupos de pacientes, como los pacientes afectados de dilatación de aorta ascendente, pacientes con anuloectasia aórtica, síndrome de Marfan o válvula aórtica bicúspide. Identificar la presencia de dilataciones, calcificación, trombosis o disección es posible si la calidad de la imagen es suficientemente buena. Ésta será indispensable para confirmar la presencia de insuficiencia aórtica, la severidad de la regurgitación, determinar su etiología y valorar la repercusión hemodinámica. Adicionalmente, aportará información en relación a la estrategia quirúrgica para poder resolverla quirúrgicamente (171, 172).

Las técnicas en modo M y bidimensional aportan datos sobre la anatomía valvular y etiología de la insuficiencia aórtica. Por medio de la ecocardiografía doppler es posible establecer el diagnóstico de insuficiencia aórtica al detectar flujo diastólico retrógrado en el tracto de salida del ventrículo izquierdo, si bien su severidad puede verse influenciada por diversos factores tales como la orientación del jet o las condiciones hemodinámicas que le restan precisión cuantitativa. El doppler color aporta mayor precisión a la hora de la cuantificación del grado de regurgitación aórtica (172).

Tabla 5: Evaluación de la severidad de la insuficiencia aórtica por Doppler color.

	Insuficiencia aórtica LEVE	Insuficiencia aórtica MODERADA	Insuficiencia aórtica LEVE-MODERADA	Insuficiencia aórtica LEVE-MODERADA
Jet regurgitante	<25%	25-46% moderada	47-64%	>65%
Área de jet en ventrículo izquierdo	<2 cm ²	2-5 cm ²	5-10 cm ²	>10 cm ²
Tamaño del jet en su inicio (vena contracta)				>8mm

Serra V. Monocardio 2000.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Adicionalmente, existen métodos útiles a través de los cuales puede hacerse una mejor cuantificación del grado de insuficiencia aórtica, como son el volumen regurgitante, el orificio regurgitante y fracción regurgitante (171). Si bien, ante la sospecha de patología aórtica en presencia de imágenes subóptimas, debería estar indicada una prueba de imagen complementaria para optimizar el estudio diagnóstico.

Tabla 6: Parámetros ecocardiográficos para la estimación del grado de insuficiencia aórtica.

Variable	Insuficiencia áortica LEVE	Insuficiencia áortica MODERADA	Insuficiencia áortica SEVERA
Ancho de vena contracta (mm)	3	3-5.9	>6
Área jet/área TSVI	<30	30-59	>60
Volumen regurgitante (ml/min)	<30	30-59	>60
Fracción regurgitante (%)	<30	30-49	>50
Orificio efectivo de regurgitación (cm ²)	<0,10	0.10-0.29	>0.30

Hershson A. Rev Arg Cardiol, 2006.

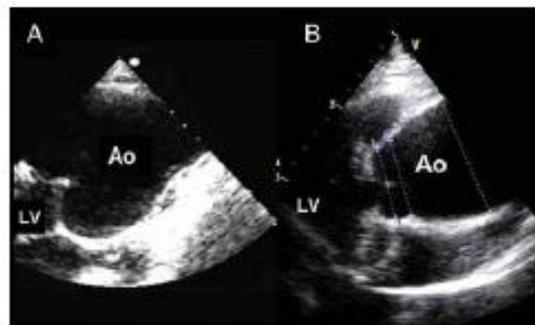


Figura 36: Ecocardiografía transtorácica: Eje paraesternal largo. A: Anuloectasia aórtica. B: aneurisma de aorta ascendente que afecta a la unión sinotubular. LV: ventrículo izquierdo. Ao: aorta ascendente. (Evangelista A. Eur J Echocardiography, 2010).

La ecocardiografía transesofágica es una técnica complementaria a la ecocardiografía transtorácica, que permite una adecuada evaluación de los segmentos más distales como el cayado y la aorta descendente, si bien, con una adecuada proyección puede visualizarse con detalle la válvula aórtica, raíz y aorta ascendente, como es el eje largo a



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

120°-150°, y un eje corto a 30°-60°. La aorta descendente se visualizará preferiblemente en el eje corto a 0° y el eje largo a 90°. Únicamente una pequeña porción de la aorta ascendente distal, cercana a la arteria innominada quedará fuera del alcance de visión a través del ecocardiograma transesofágico por interposición de la tráquea y el bronquio principal derecho (170, 172).

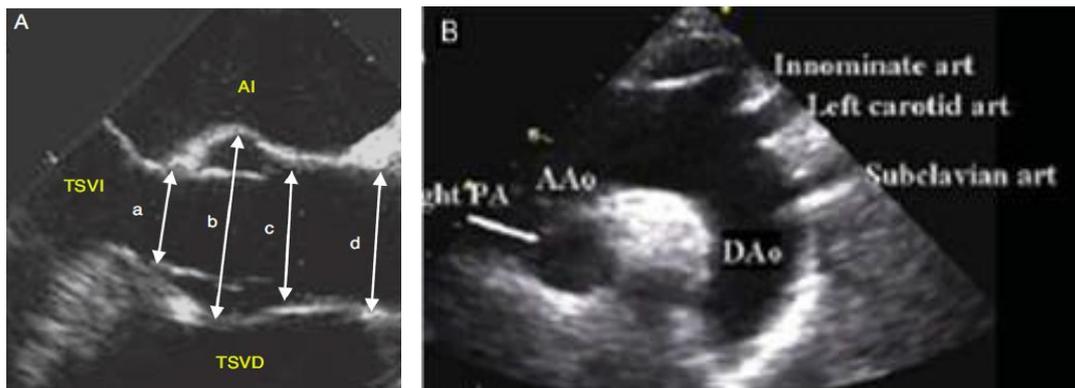


Figura 37: A. Ecocardiografía transesofágica: Eje paraesternal largo. a. Diámetro del anillo aórtico. b. Diámetro a nivel de los senos de Valsalva. c. Diámetro a nivel de la unión sinotubular. d. Diámetro de la aorta ascendente. B: proyección supraesternal para visualizar cayado aórtico y troncos supraaórticos. LA/AI: aurícula izquierda. LV: ventrículo izquierdo. RV: ventrículo derecho. PA: arteria pulmonar. TSVD: tracto salida de ventrículo izquierdo. AAo: aorta ascendente. DAo: aorta descendente. (Hornero F. *Cir Cardiovasc*, 2015/ Evangelista A. *Eur J Echocardiography*, 2010).

Mientras la ecocardiografía transesofágica es la técnica de elección para el diagnóstico de la disección de aorta, la ecocardiografía transtorácica debe realizarse, con el fin de estimar la presencia del flap intimal en la aorta ascendente, descartar la presencia de derrame pericárdico y la función del ventrículo izquierdo. Otras técnicas complementarias y más complejas existen en la actualidad, como la tomografía axial computerizada y la resonancia magnética, técnicas a día de hoy cada vez más disponibles y con mayor rendimiento diagnóstico (170).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

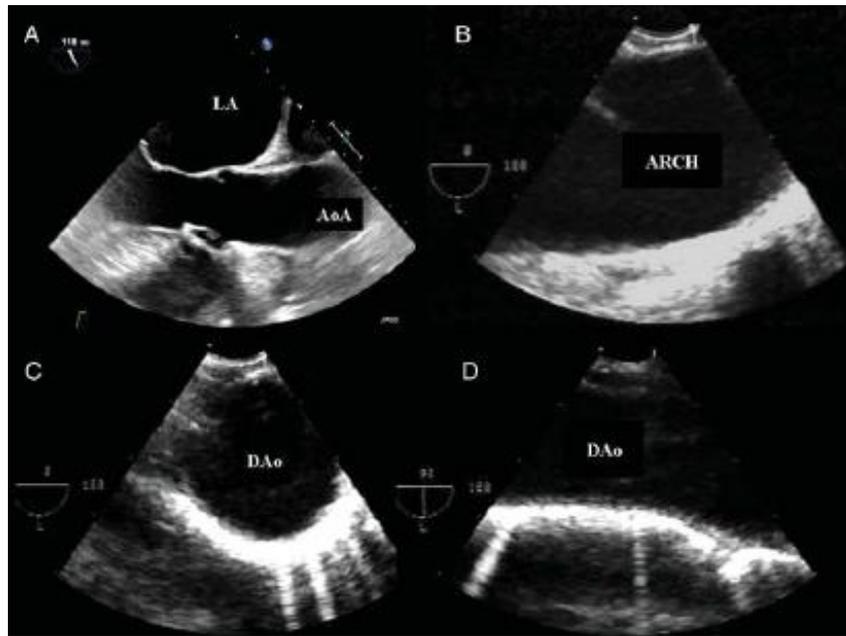


Figura 38: Ecocardiografía transesofágica: Eje largo a 120°. B-C: Eje transverso. D: Eje longitudinal. LA: aurícula izquierda. AoA: aorta ascendente. Arch: arco aórtico. DAo: aorta descendente. (Evangelista A. Eur J Echocardiography, 2010).

La ecocardiografía transesofágica intraoperatoria tendrá un papel crucial en el campo de la cirugía de reemplazamiento de la raíz aórtica con preservación valvular.

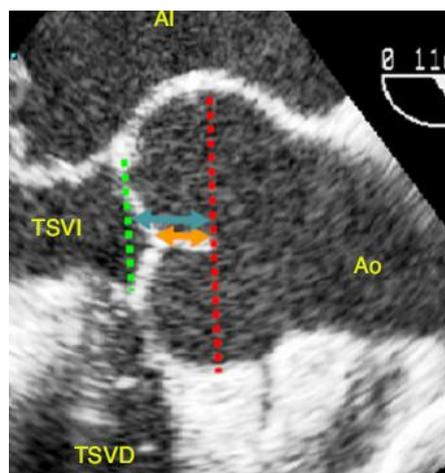


Figura 39: Ecocardiografía transesofágica: eje largo medioesofágico. Ao: aorta ascendente. AI: aurícula izquierda. TSVI: tracto de salida del VI. TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho. Línea roja: diámetro a nivel de senos de Valsalva. Línea verde: diámetro anular. Flecha azul: altura efectiva de los velos aórticos. Flecha naranja: longitud de coaptación. (Hornero F. Cir Cardiovasc, 2015).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

El conocimiento de las dimensiones de la raíz aórtica, la presencia y/o severidad de la insuficiencia aórtica y su mecanismo responsable permitirá elegir la técnica quirúrgica más adecuada y así como de la elección del injerto a utilizar, reparar o sustituir la válvula aórtica, y contribuir de esta manera a procedimientos más seguros y exitosos, y a una detección precoz de potenciales complicaciones. Conocer la altura efectiva de los velos aórticos, la presencia o no de insuficiencia valvular aórtica postoperatoria, su mecanismo.

La combinación de la información funcional aportada por el ecocardiograma unido a la inspección anatómica intraoperatoria será crucial para poder decidir si la válvula aórtica es reparable o no, y por tanto, si esta puede ser preservada o no.

Tabla 7: *Proyecciones ecocardiográficas para la evaluación de la aorta.*

PROYECCIÓN	SEGMENTO AÓRTICO
Ecocardiografía TRANSTORÁCICA	
Eje paraesternal largo y corto	Aorta ascendente y descendente
Cuatro cámaras apical	Aorta descendente
Dos cámaras apical/eje largo	Aorta descendente
Supraesternal	Arco aórtico, aorta ascendente y descendente
Subcostal	Aorta ascendente y abdominal
Ecocardiografía TRANSESOFÁGICA	
Eje largo y corto superior esofágico	Aorta ascendente
Eje largo aórtico	Arco aórtico y aorta torácica descendente

Evangelista A. Eur J Echocardiography, 2010



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

6.EVOLUCIÓN DE LA CIRUGÍA VALVULAR Y DE RAÍZ AÓRTICA. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN VALVULAR Y REEMPLAZAMIENTO AÓRTICO



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



6. EVOLUCIÓN DE LA CIRUGÍA VALVULAR Y DE RAÍZ AÓRTICA. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN VALVULAR Y REEMPLAZAMIENTO AÓRTICO

6.1. CONCEPTOS GENERALES:

La válvula aórtica, como ya se ha detallado anteriormente, es una estructura extremadamente sofisticada, con una dinámica y comportamiento específico, diseñada para mantener una determinada estabilidad hemodinámica, una óptima función ventricular izquierda, un gasto cardiaco determinado y una adecuada y suficiente perfusión coronaria, bajo múltiples situaciones y condiciones (fisiológicas o patológicas). Al mismo tiempo, independientemente del funcionamiento valvular en sí, de apertura y cierre de la misma, en el proceso de conservación y preservación valvular, lograr una óptima reducción de la carga es de vital importancia para garantizar la durabilidad de la válvula y por lo tanto, del éxito de la técnica realizada. El desarrollo de técnicas de preservación valvular aórtica ha venido determinado por el conocimiento detallado a nivel anatómico, fisiopatológico y dinámico de esta región tan compleja como la raíz aórtica, la válvula aórtica y los mecanismos fisiopatológicos que la rigen, y pueden llegar a generar una insuficiencia valvular aórtica, así como de las técnicas que permiten repararlo.

Por un lado, las intervenciones de reparación valvular aórtica aislada son intervenciones complejas en sí mismas. En el caso de las intervenciones de preservación valvular aórtica y sustitución de aorta ascendente, la dificultad es aún mayor. Requieren un amplio conocimiento de la anatomía funcional de la válvula y raíz aórtica, habilidad para reconocer anomalías a nivel de sus componentes, capacidad para escoger la técnica quirúrgica más adecuada, y habilidad técnica para llevarlo a cabo. Para tal fin, todas las técnicas diseñadas en este sentido, deben perseguir un objetivo común, que consiste en reducir el estrés mecánico generado a nivel del anillo aórtico, y de las cúspides o velos aórticos, ya que como ya se ha comentado previamente, resultado de los múltiples estudios realizados con anterioridad, se deduce que una inadecuada dinámica valvular puede derivar en un deterioro prematuro de la estructura valvular aórtica (36, 48, 173, 174).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Pero, no solo la técnica quirúrgica es importante. La elección de los pacientes para cada uno de los procedimientos descritos es un factor de vital importancia. Seleccionar la técnica más adecuada, seleccionar los casos susceptibles o subsidiarios de un determinado procedimiento, conocer tanto las indicaciones del procedimiento como sus contraindicaciones, así como el momento más idóneo para su realización, previo a la degeneración valvular, previo al deterioro funcional ventricular izquierdo y considerando las posibles complicaciones que pueden surgir en el caso de que la cirugía no sea exitosa y se requiera una sustitución valvular aórtica por una prótesis, serán factores que determinarán el éxito del procedimiento. Por tanto, es importante definir el objetivo de la cirugía, que principalmente es conseguir recuperar la funcionalidad valvular y que ésta sea duradera, lograr el alivio de los síntomas y recuperar tanto la capacidad funcional como su calidad de vida (126, 174, 175).

Para obtener un resultado satisfactorio, o lo que es lo mismo, una válvula aórtica competente, debe existir un adecuado ajuste entre los diámetros y dimensiones de la raíz aórtica (175, 176). La preservación o recreación de las relaciones en condiciones normales entre los diferentes componentes de la válvula aórtica nativa, es determinante para el éxito a corto y largo plazo de las intervenciones de conservación valvular aórtica, por ello la mayor complejidad en la realización de las mismas (177). El diámetro del anillo aórtico, el tamaño y la superficie de los velos aórticos, son medidas necesarias para calcular el diámetro del injerto necesario para reconstruir la raíz aórtica. El nivel de coaptación de los velos aórticos, constituye un importante factor que influye en la durabilidad de estas intervenciones. El diámetro de la unión sinotubular es también importante para conseguir una correcta función valvular.

Sin embargo, aparte de todas estas consideraciones, se ha sugerido la existencia de un mecanismo compensador, una adaptación de los diferentes elementos estructurales aórticos en respuesta a la dilatación de los diámetros de la misma. De esta forma, en los casos en que la unión sinotubular o el anillo aórtico tienden a dilatarse, los velos aórticos aumentan su altura. Por otro lado, la longitud del borde libre de los velos aórticos tiende a ir en paralelo con el aumento en la distancia entre las comisuras, todo dirigido a un mecanismo compensador para conseguir una adecuada coaptación de los velos. Dicho de otro modo, la dilatación de la raíz aórtica parece incrementar la altura del velo y longitud del borde libre de los mismos (15, 176, 178). Las señales que pueden



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

desencadenar estos mecanismos, parecen estar en relación con el flujo aórtico regurgitante, y la existencia de sensores nerviosos cuyas terminaciones tienen receptores químicos. Adicionalmente, los velos aórticos humanos presentan una capacidad contráctil mantenida por un amplio rango de factores vasoactivos, por lo que parece posible que exista una posible adaptación de los mismos, para compensar o reducir la insuficiencia aórtica (15, 176, 178).

6.2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS TÉCNICAS QUIRÚRGICAS:

El fin principal tras una intervención reparadora, es conseguir la correcta funcionalidad valvular de la válvula reparada, y que además, la reparación sea duradera, manteniéndose estable con el paso del tiempo. Los primeros intentos de tratamiento de la enfermedad valvular cardíaca, siguiendo la tendencia inicial marcada por la cirugía cardíaca en sus inicios, y ante la ausencia de materiales valvulares protésicos sustitutivos, se dirigieron hacia el campo de la reparación, siendo éste, en realidad, el punto de partida de la cirugía cardíaca en sus orígenes. A lo largo de los años, se han ido desarrollado numerosas técnicas en este sentido destinadas a la reparación tanto de la válvula mitral, la válvula tricúspide y la válvula aórtica. Sin embargo, para que las técnicas desarrolladas cumplan la función para la que han sido diseñadas, es necesario que la técnica de reparación persiga y cumpla unas premisas fundamentales, como ser una corrección valvular lo más anatómica posible, y que actúe sobre todas las lesiones causantes de la disfunción, siempre que esto sea posible (179). Las primeras técnicas descritas se centraron en la válvula mitral y su patología. Los tratamientos quirúrgicos iniciales fueron encaminados más concretamente hacia la reparación de la estenosis mitral, a principios de 1920 (180-182). A continuación, las técnicas desarrolladas se centraron en el campo de la insuficiencia mitral, y su reparación a través de la realización de una anuloplastia abierta (181).

Posteriormente, el grado de dificultad se incrementó, apareciendo técnicas de mayor complejidad destinadas a la reparación de lesiones valvulares más complejas. El desarrollo de la circulación extracorpórea a partir de 1957 permitió la apertura de las cavidades cardíacas y la visualización directa de las válvulas cardíacas, consiguiendo realizar la reparación de una manera completa, lo que abre las puertas a correcciones e



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

intervenciones más complejas y estables en el tiempo. El mayor grado de dificultad y por tanto, de reparación, radicaba en los diferentes mecanismos de lesión implicados, como era el caso de la insuficiencia mitral por rotura de cuerdas tendinosas. Fue entonces cuando se introdujo, la resección cuadrangular de velo mitral, y técnicas similares con el mismo fin (183).

En lo referente a las técnicas de reparación de la válvula tricúspide, a pesar de las diferencias anatómicas existentes entre ambas válvulas, la mayoría de sus técnicas reparadoras se basaron en los principios de las técnicas empleadas para la reparación valvular mitral (184).

En el campo de la cirugía valvular aórtica, las técnicas reparadoras aparecieron más tardíamente. Las técnicas quirúrgicas descritas y destinadas para tal fin, se han desarrollado a expensas de los avances que se han ido introduciendo en las técnicas de protección miocárdica y cerebral que han hecho esto posible. Su desarrollo ha discurrido por detrás del desarrollo de técnicas reparadoras en el resto de válvulas cardiacas, como por ejemplo, la válvula mitral. Los motivos en que radica este retraso han sido varios. Por un lado, el concepto que se tenía de la irreversibilidad de las lesiones calcificantes que asentaban a nivel valvular, así como del fenómeno de retracción de los velos en el caso de la insuficiencia valvular aórtica. Por otro lado, la fragilidad de los tejidos a reparar, el importante estrés que debe soportar la estructura valvular aórtica, el reducido tamaño del tracto de salida del ventrículo izquierdo, las interacciones existentes entre los diferentes componentes de la raíz aórtica y la relativa pequeña superficie de coaptación de los velos (185, 186). Todos estos motivos han sido sugeridos como causantes del retraso en la aparición de estas técnicas de conservación de la válvula aórtica nativa, y los discretos resultados iniciales obtenidos con las mismas.

Sin embargo, tras los primeros años de auge y desarrollo de las técnicas reparadoras de las válvulas cardiacas, a principios de los años 60, con la introducción de las prótesis valvulares mecánicas por cirujanos como Starr, Harken, etc., y la introducción de las prótesis biológicas y homoinjertos (D. Ross, Barratt-Boyes) se produjo un cambio radical en la tendencia quirúrgica. Las técnicas de reemplazamiento valvular captaron el principal interés, y fue hacia donde se dirigieron todos los esfuerzos y avances llevados a cabo en los años posteriores. Los motivos de este cambio fueron varios.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Principalmente la aparente facilidad y reproducibilidad de este tipo de intervenciones en comparación con las técnicas de reparación realizadas anteriormente, así como la buena evolución y los óptimos resultados iniciales que presentaban estas técnicas entonces novedosas. Pero las ventajas no sólo quedaban ahí. La menor curva de aprendizaje que exigían estos procedimientos, promovía el que la cirugía valvular aórtica ampliara irremediablemente su campo de acción. Todo esto, unido al gran desarrollo tecnológico de dispositivos protésicos acontecido en aquella época, permitió el que se mantuviera esta tendencia hacia el reemplazamiento valvular con prótesis (mecánicas o biológicas) y el empleo de injertos tubulares valvulados como técnica de elección en el caso del tratamiento de aneurismas de raíz aórtica con afectación valvular, en los años posteriores a la década de los 70 y 80.

Sin embargo, esto no duraría siempre. En la década de los 90, se produjo un retorno hacia la cirugía conservadora y técnicas de reparación y preservación valvular, tratando de reproducir la sofisticada estructura y funcionalidad de las válvulas nativas, con la finalidad de conservarlas y evitar la implantación de una prótesis. Los motivos por los cuales se retomó esta tendencia inicial y el creciente interés en el campo de la cirugía reparadora, fueron diversos. Por un lado la realidad que suponía la ausencia de tejidos biológicos sintéticos disponibles capaces de sustituir al 100% el tejido nativo valvular aórtico bajo un punto de vista anatómico y funcional, y por otro lado, la aparición de numerosas publicaciones y series de pacientes, que avalaban la reparación y preservación de la válvula nativa, mostrando su superioridad frente a la sustitución valvular, al presentar una menor tasa de complicaciones, mortalidad tanto precoz como tardía, y menor tasa de reoperaciones (187-199). Mientras todas estas técnicas se desarrollaban y se llevaban a cabo, en un segundo plano y gracias al desarrollo tecnológico emergente, se diseñaban y perfeccionaban sustitutos valvulares con el objetivo de mejorar el perfil hemodinámico de los dispositivos, y la búsqueda de una menor tasa de complicaciones asociadas a los mismos.

En el caso concreto de la válvula aórtica, todos los estudios funcionales en dinámica valvular desarrollados a lo largo de los últimos años, apoyaron el cambio hacia técnicas de preservación valvular, mostrando cómo la realización de un recambio valvular aórtico y/o de raíz aórtica con dispositivos rígidos protésicos, destruía el mecanismo fisiológico de movimiento valvular (187, 200). A pesar de los intentos para perfeccionar los tejidos utilizados, el problema de la trombogenicidad con los



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

materiales protésicos, y la degeneración tisular, han sido problemas constantes en el desarrollo y diseño de tejidos. Los injertos sintéticos utilizados generalmente son realizados con material de Dacron, que es el material de elección utilizado en la gran mayoría de intervenciones en las cuales es preciso reconstruir la raíz aórtica. Las principales desventajas de este material son la tendencia a genera trombos, la falta de elasticidad y con ello, la menor recreación de la geometría natural de los senos aórticos originales. Su superficie rugosa además, dificulta la sutura sobre todo cuando es preciso diseñar estructuras complejas como los neosenos (201, 202). Si bien, existieron altas expectativas con la aparición de los xenoinjertos o los homoinjertos, pero pronto se observó cómo su degeneración estructural limitaba su durabilidad a largo plazo (203, 204).

Finalmente, el desarrollo de técnicas de diagnóstico e imagen, y la importante información que proporcionaban, al ser capaces de reproducir, y describir la anatomía regional con detalle, así como de detectar y estimar la presencia de calcificaciones o anomalías a nivel valvular, además de monitorizar el seguimiento postoperatorio, incidirían y serían de crucial importancia para determinar la evolución de las cirugías de preservación valvular aórtica. Principalmente, la ecocardiografía transtorácica y transesofágica preoperatoria son las técnicas utilizadas para establecer las condiciones anatómicas y fisiológicas previas a la intervención, así como la indicación quirúrgica. En este tipo de cirugías, es fundamental realizar un control ecocardiográfico transesofágico intraoperatorio que evalúe la competencia valvular aórtica, tras finalizar la circulación extracorpórea y bajo unas condiciones de presión arterial lo más cercano a las condiciones fisiológicas (205). El uso de tomografía axial computerizada o resonancia magnética se ha utilizado en los últimos años, como alternativa a la ecocardiografía convencional, si bien su disponibilidad continúa siendo aún limitada. Suponen una nueva expansión en las técnicas que proporcionan precisión en las medidas y dimensiones de la raíz aórtica, y sobre todo, permiten realizar seguimiento tanto preoperatorio como postoperatorio de los pacientes afectados de patología aórtica. Además, aunque no se han estandarizado, se han sugerido técnicas de control de imagen por endoscopia, a través de la cual, podría realizarse una visión directa intraoperatoria, con la ventaja de hacerlo sobre un corazón latiendo y sometido a presiones de llenado. De esta manera, tras el clampaje aórtico y a través de la aortotomía, se reproducen las condiciones de presión de perfusión con la infusión de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

cardiooplejia en la raíz. Es entonces cuando podría realizarse una inspección directa valvular por endoscopia, lo que ayudaría en la valoración y decisión acerca de la posibilidad de conservar la válvula, así como en la evaluación de la válvula preservada, antes de salir de bypass, permitiendo realizar ajustes que aseguren una correcta coaptación de los velos, o la necesidad de reconvertir la intervención y realizar un recambio valvular (206). Este campo propone unas perspectivas futuras muy prometedoras, que a día de hoy precisan ser aún desarrolladas y perfeccionadas.

6.3. PRINCIPALES TÉCNICAS DE REPARACIÓN VALVULAR AÓRTICA.

Los tipos de reparación desarrollados en las últimas tres décadas, han sido diversos, dependiendo de la alteración valvular presente, tanto estenosis como insuficiencia aórtica. El objetivo principal de las técnicas de reparación valvular aórtica, persigue la conservación de la válvula aórtica preservando la funcionalidad y comportamiento hemodinámico de los velos aórticos nativos, lo que proporcione una válvula aórtica competente, y una reparación duradera y estable en el tiempo (207, 208). Dentro de la patología aislada, primaria o intrínseca de los velos causante de insuficiencia aórtica, se incluye el mecanismo II (exceso de movilidad o prolapso de velos) y III (movimiento restrictivo de velos por fibrosis y/o calcificación) de la clasificación de El Khoury, así como la patología secundaria generada por alteraciones de la raíz aórtica (anillo, senos de Valsalva, unión sinotubular) causante de insuficiencia aórtica por mecanismo tipo I de la clasificación anterior, o una asociación de ambas (20, 174).

A pesar de que la mayoría de estas técnicas fueron descritas para la generalidad de pacientes afectos de valvulopatía aórtica susceptible de reparación, éstas se iniciaron, desarrollaron y posteriormente pusieron en práctica en gran medida, dentro de la población infantil, población en la que los beneficios obtenidos de la no utilización de prótesis valvulares sintéticas y medicación anticoagulante posterior eran obvios. Es por ello que inicialmente, los principales beneficiarios fueran aquellos pacientes en edad pediátrica que presentaban anomalías tipo estenosis aórtica severa, los cuales presentaban una válvula aórtica desorganizada, con fusión de velos y ausencia de una o



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

varias comisuras. Se formularon técnicas paliativas como la valvuloplastia percutánea, o valvuloplastia abierta, con buenos resultados iniciales, las cuales permitían el crecimiento de los niños hasta una edad en la que fuera posible la realización de una técnica definitiva. También los pacientes pediátricos afectados de insuficiencia aórtica, los cuales presentan válvulas con velos finos, y redundantes.

En 1913, Tuffier describió la primera comisurotomía valvular aórtica para el tratamiento de la estenosis aórtica severa (209). En 1956, Lewis presentó la técnica de valvulotomía aórtica (210). Dos años más tarde, Harken, propone las técnicas de decalcificación y reparación de los velos valvulares aórticos dirigido a la estenosis aórtica. Aquellos pacientes en que la válvula aórtica presentaban lesiones calcificadas en grado moderado, con pequeños depósitos de calcio muy localizados y limitados a pequeñas porciones valvulares, o cuando la válvula no se encontraba desestructurada, una decalcificación manual o desbridamiento era posible, llevándola a cabo tanto a nivel del anillo, para mejorar su capacidad de deformación, como a nivel de los velos, y con ello lograr una mayor movilidad de los mismos. Sin embargo, escasos años más tarde, pobres resultados a corto y medio plazo fueron advertidos asociados a estas técnicas (211) y también a aquellas que trataban de realizar una decalcificación valvular aórtica con otros métodos, como los ultrasonidos. Estos procedimientos pronto se abandonaron por causar retracción de los velos aórticos, escasos meses después de su realización (212).

Para reparación aórtica destinada a la insuficiencia aórtica por prolapso o retracción de velos aórticos, existen técnicas destinadas al acortamiento por resección triangular de los velos redundantes, plicatura de la unión sinotubular y resuspensión de las comisuras, resección de los velos adelgazados o cierre parcial de las comisuras, reparación de los velos perforados, extensión-ampliación parcial o completa para incremento de la superficie de coaptación, etc. Cabrol, Duran y posteriormente Carpentier, describieron técnicas de reparación valvular aórtica las cuales a largo plazo mostraron elevadas tasas de recidiva en la insuficiencia valvular (213-215). Éstas fueron técnicas destinada a válvula bicúspide, liberando el anclaje mural del rafe displásico, la conversión de una válvula aórtica tricúspide e insuficiente, en una válvula aórtica bicúspide y competente descrita por Starzl en 1959 (212), o la conversión de una válvula monocúspide en bicúspide a través de la formación de un neo velo con parche



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

de pericardio bovino o autólogo. Esta técnica de elongación de los velos aórticos, con parches de pericardio bovino, se ha llevado a cabo con buenos resultados iniciales. Sin embargo, en el seguimiento a largo plazo, autores como Aitizaz-Uddin, han reportado resultados no tan favorables (216). Por el contrario, la técnica consistente en la extensión de los velos aórticos retraídos causantes de la insuficiencia aórtica utilizando parches de pericardio autólogo tratados con glutaraldehído se ha considerado que proporciona unas correctas dimensiones a los velos aórticos susceptibles de reparación, lo que permite preservar la válvula aórtica nativa, con unos resultados aceptables (216, 217).

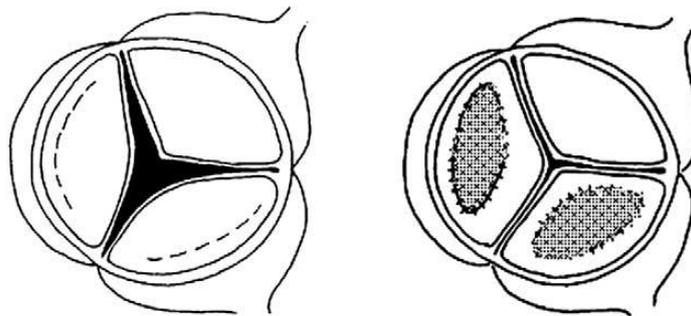


Figura 40: Reparación por extensión de velos valvulares aórticos con parches de pericardio. A: válvula aórtica previa a la reparación de los velos aórticos. B: Válvula aórtica con la extensión de los velos utilizando parches de pericardio. (Bozbuga N. *Ann Thorac Surg*, 2004).

En la realización de una operación de preservación valvular, no sólo es necesario corregir la dilatación de la raíz aórtica, sino que también, puede ser preciso, la corrección del borde libre del velo aórtico para asegurar una competencia valvular (137, 176). En el caso de los pacientes afectados con Sd. Marfan especialmente, las comisuras tienen mayor altura (218). En ocasiones es preciso realizar un acortamiento del margen libre de los velos, para corregir el prolapso de alguno de los velos aórticos, conseguir el cierre valvular en un mismo plano con una línea de coaptación mínima de 5mm o en situaciones en las cuales, la implantación del injerto tubular, reduce el anillo aórtico, y produce como consecuencia un prolapso de alguno de los velos aórticos (habitualmente el velo coronario derecho, o el velo no coronario). Las técnicas de reparación o resuspensión del borde libre de los velos aórticos con una sutura de PTFE 6/0 a lo largo del borde libre del mismo, ha sido una de las más utilizadas, asociándose a las técnicas de sustitución de raíz. En contra de sus detractores, se comprobó cómo este



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

procedimiento no reducía la movilidad de los velos a corto y largo plazo, lo que fue comprobado ecocardiográficamente (22, 137). A pesar de que existen resultados contrapuestos, en series de casos analizadas posteriormente, se ha concluido que la reparación de los velos valvulares asociada a la técnica de preservación valvular, no tiene efectos en el desarrollo de una insuficiencia aórtica futura, complicaciones tromboembólicas o endocarditis infecciosas (22, 137).

En conclusión, el conocimiento y la habilidad por parte de los cirujanos cardiacos para llevar a cabo todas estas técnicas en las que se consigue reparar y preservar la válvula aórtica nativa, supone en una gran parte de los casos, una opción y alternativa quirúrgica precoz, previo al deterioro de la función ventricular izquierda. A pesar de haber sido publicados buenos resultados con las diferentes técnicas de reparación aórtica ya comentadas, se ha detectado hasta un 47% de tasa de fallo en la población pediátrica. Las causas han sido diversas: adelgazamiento, ruptura, perforación de los velos aórticos, degeneración, calcificación, etc. Por ellos, se ha postulado por diversos autores que uno de los más importantes factores que determinan el éxito de la reparación valvular aórtica, radica en el estado inicial de los velos aórticos nativos. Debe existir suficiente tejido valvular, de adecuada calidad, que permita una reparación sobre la misma y con ello una adecuada coaptación de los velos (219).

6.4. EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE REEMPLAZAMIENTO DE RAÍZ AÓRTICA.

El objetivo terapéutico ante la presencia de un aneurisma de raíz aórtica, es la intervención previa a la ruptura, disección aórtica o instauración de una insuficiencia aórtica severa. Existen diversas técnicas para el tratamiento de los pacientes afectados de aneurisma de raíz aórtica con o sin insuficiencia aórtica asociada.

En 1958, Taylor describe una técnica dirigida al tratamiento de la regurgitación aórtica en los casos de dilatación de raíz aórtica, la cual podía realizarse sin apoyo de circulación extracorpórea, y que consistía en la sutura circunferencial del anillo aórtico, con el fin de reducir el tamaño de la aorta aneurismática (220). Dos años más tarde, Hurwitt y Murphy en 1960, describieron diferentes técnicas de plicatura aórtica para la insuficiencia aórtica, que podían realizarse igualmente sin circulación extracorpórea (221). También en 1958, Garamella describe el concepto de re-suspensión valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

aórtica en los casos de regurgitación valvular aórtica asociada a comunicación interventricular subaórtica (222).

Sin embargo, fue en 1968, cuando Bentall y De Bono, describen su exitosa y renombrada intervención que fue realizada a un paciente con una disección aórtica en el contexto de un aneurisma de aorta ascendente.

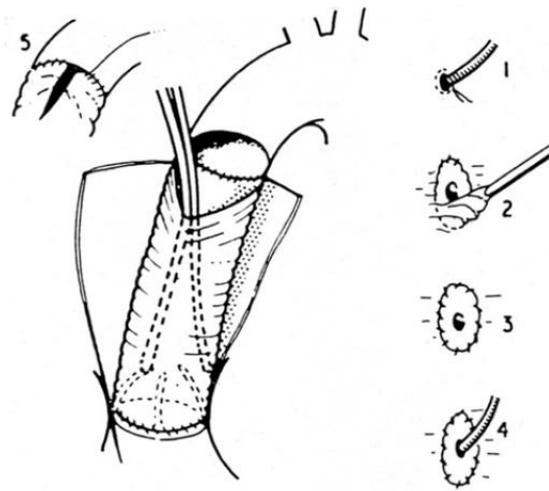


Figura 41: Técnica de sustitución de raíz aórtica con injerto valvulado. Implante directo de las arterias coronarias al injerto de Dacron, y posterior recubrimiento del injerto con el remanente de aorta excluida en el aneurisma. (Bentall H. Thorax, 1968).

Bentall y De Bono llevaron a cabo una sustitución de válvula aórtica, raíz aórtica y aorta ascendente utilizando un injerto tubular de Dacron valvulado (con prótesis valvular aórtica mecánica), y con posterior implante directo de los ostia coronarios al mismo. Finalmente, se recubría el injerto de Dacron con el remanente de aorta dilatada y excluida con la cirugía, con el fin de optimizar la hemostasia (223, 224).

Tras su puesta en práctica y gran expansión, con el paso de los años, numerosas modificaciones surgieron a partir de la técnica original de Bentall y De Bono.

Particularmente, Nicholas Kouchoukos en 1981, diseñó una de las variantes más significativas a la misma, con la introducción del implante abierto, con sutura continua de los ostia o botones coronarios al injerto de Dacron, sin recubrimiento o wrapping posterior de la aorta residual al mismo. Cabrol posteriormente, en 1986, propone una modificación por la cual se anastomosaban las arterias coronarias al injerto valvulado



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

de Dacron a través de otro injerto tubular de menor diámetro interpuesto entre ambos, lo que pudiera ser de especial interés sobre todo, en los casos de reintervenciones, en los que las adherencias creadas dan una extremada complejidad a la disección de los ostia coronarios (224, 225).

Si bien, en la práctica clínica y en gran parte de la literatura científica al respecto, la variante descrita por Kouchoukos es la que se ha llevado a cabo en su gran mayoría por los principales grupos quirúrgicos, recibiendo con frecuencia el nombre de la técnica original de Bentall y De Bono dadas sus semejanzas a la misma, sin ser exactamente la misma (224, 226).

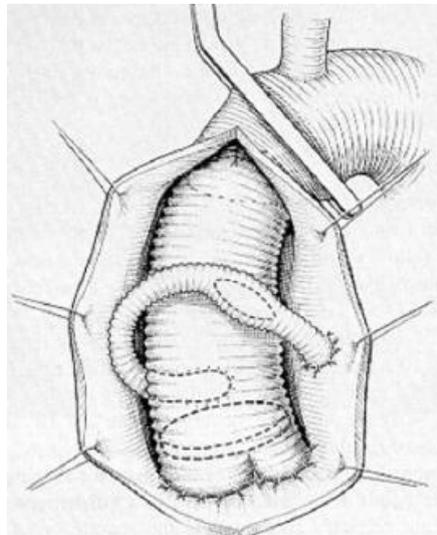


Figura 42: Técnica de Cabrol, con implante de las arterias coronarias al injerto valvulado de Dacron a través de otro injerto tubular implantado al mismo. (Cabrol C. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1986).

Lejos de estas disquisiciones, la técnica de Kouchoukos, pronto se convirtió en la intervención quirúrgica de elección en los pacientes con insuficiencia valvular aórtica asociada a una dilatación del anillo aórtico o anuloectasia aórtica por dilatación de raíz aórtica (223). Este procedimiento mostró ser un método eficaz, seguro, y duradero en el tratamiento de la patología compleja a nivel de la raíz aórtica, con bajas tasas de mortalidad y morbilidad a largo plazo sobre todo en los casos en los que se presenta un aneurisma de raíz, con insuficiencia aórtica multifactorial, con una válvula desestructurada o con múltiples lesiones, en la cual la reparación y preservación, no era posible (227-230). Además, desde que se comenzaron a describir los primeros casos



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

de fallo precoz valvular aórtico tras las operaciones de preservación valvular aórtica, las intervenciones de reemplazamiento de raíz y válvula aórtica con injerto tubular valvulado se convirtieron en una alternativa rutinaria con menos riesgo (231). A medida que se fue expandiendo a los diferentes grupos, la técnica de Bentall-De Bono o Kouchoukos (207, 223), fue mostrando mejores resultados en cuanto a durabilidad, y años libres de reoperación, en un 96% frente a 63% en 5 años de evolución (232), datos previamente confirmados en series anteriores (233, 234). Sin embargo, a pesar de su gran éxito y aceptación, aunque se siguieron llevando a cabo en la mayoría de centros, a la vez, se fueron proponiendo nuevas técnicas alternativas a la misma. En series más actuales, la mortalidad asociada a esta técnica es realmente baja y la supervivencia a largo plazo prolongada (en torno a 83-85% a los 24 años), incluso llevándose a cabo en pacientes con Síndrome de Marfan, con un índice de complicaciones asociadas tales como eventos cardioembólicos (2-6%), sangrados (4-12%) o complicaciones infecciosas en forma de endocarditis (5%) ciertamente asumibles (230, 235-240).

Por otra parte, surgió la posibilidad de realizar un recambio valvular aórtico aislado con sustitución de aorta ascendente supra coronaria utilizando un injerto de Dacron o también denominada Operación de Wheat. Se trataba de un procedimiento menos demandante técnicamente, que no requiere desbridamiento amplio de la raíz aórtica, ni reimplante de las arterias coronarias, por lo que los tiempos quirúrgicos eran menores. Sin embargo a pesar de estas aparentes ventajas, también es un procedimiento con ciertas limitaciones. En los pacientes afectados de Sd. Marfan no es recomendable la realización de un recambio valvular aórtico con sustitución de aorta ascendente supra valvular. Un alto riesgo de disección aórtica o ruptura, y una alta tasa de reintervención, contraindican esta opción quirúrgica al conservar tejido aórtico nativo y por tanto enfermo a nivel de la raíz aórtica (234).

Sin embargo, lo que a priori suponía una ventaja, al aumentar la facilidad, estabilidad y reproducibilidad de la técnica, seguía siendo a su vez una desventaja. Uno de los principales inconvenientes de estas dos últimas técnicas comentadas (Operación de Bentall-De Bono y Operación de Wheat), así como de otras similares propuestas, consistía en que se llevase a cabo la sustitución de la válvula aórtica, en ocasiones, no muy patológica o afectada, por una prótesis.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

A pesar de los importantes avances llevados a cabo en los últimos años en el campo del diseño y desarrollo de tejidos y prótesis, así como las mejoras en el control y manejo de la terapia anticoagulante, el empleo de prótesis mecánicas se sigue encontrando a día de hoy asociado a complicaciones, riesgos y pérdida importante de calidad de vida del paciente (228). Por otra parte, este tipo de patología, en la gran mayoría de los casos, se presenta en pacientes a edades relativamente tempranas (bien por dilataciones de aorta ascendente en pacientes afectos de síndrome de Marfan, enfermedades del colágeno, o bien por disecciones aórticas tipo A, etc.), este aspecto es de vital importancia, ya que supone el someter a estos pacientes a tratamiento y controles de terapia anticoagulante de por vida, con las consiguientes complicaciones relacionadas con este tipo de tratamiento a largo plazo, riesgo de tromboembolismos, accidentes cerebrovasculares, endocarditis principalmente y su importante impacto en la calidad de vida de los pacientes afectos, a pesar de que se han publicado series con anterioridad que han encontrado baja incidencia de efectos tromboembólicos (4%) o cerebrovasculares, así como de endocarditis (1%), con un 82% libre de eventos tromboembólicos a 12 años y larga supervivencia (207, 231, 232, 236).

Por otra parte, se comprobó cómo en muchas de las intervenciones en las que se tomó la decisión de realizar una sustitución completa de raíz aórtica, la válvula aórtica fue sustituida estando sus velos intactos o con mínimas lesiones, es decir, siendo una válvula aórtica anatómicamente normal (241). Este hecho, fue uno de los principales factores precursores del cambio. Plantear la posibilidad de conservar esa válvula aórtica nativa, con sus propiedades anatómicas y funcionales posteriormente conocidas, y de esta manera evitar los principales inconvenientes que presentaban las técnicas de reemplazamiento valvular, que radicaban precisamente en el hecho de la implantación de material protésico. Por todo ello, se convirtió en un objetivo primordial el desarrollo de técnicas para reparación de este tipo de patologías, que permitiesen la conservación de la válvula aórtica nativa, y evitase las principales complicaciones de la técnica descrita por Bentall-De Bono o la sustitución valvular aórtica. Estas técnicas han sido, las técnicas de preservación valvular a las que se ha asociado la sustitución de raíz aórtica.



6.5. TÉCNICAS DE REEMPLAZAMIENTO O SUSTITUCIÓN DE RAÍZ AÓRTICA CON PRESERVACIÓN VALVULAR

Las técnicas de reparación y preservación valvular propuestas a lo largo de las dos últimas décadas, han necesitado para su aprobación y puesta en práctica, haber demostrado su seguridad, así como su efectividad y reproducibilidad. Estos han sido los motivos, por los que el desarrollo de las técnicas reparadoras aórticas ha sido más lento y tardío. Por ello, los diferentes procedimientos propuestos, deben ser definidos y descritos detalladamente. La pregunta principal no radica en la posibilidad o no de preservar la válvula aórtica, sino, si la válvula que se preserva, preservará su adecuada función en el futuro, y de los factores de lo que esto depende. A pesar de todo, la experiencia a lo largo de los años, ha enseñando que las técnicas de preservación valvular aórtica tienen claras ventajas. En el campo de la preservación valvular aórtica se han ido realizando modificaciones en las técnicas descritas originalmente, a medida que el conocimiento de las estructuras y dinámica valvular ha sido mayor.

Wolfe, en 1983 presenta una serie de 48 pacientes intervenidos por disección aguda de aorta ascendente tratados con resuspensión valvular aórtica, de los cuales 34 pacientes presentaba un correcto resultado postquirúrgico a largo plazo (242, 243). Esta técnica, consistía en la resuspensión de las comisuras en el injerto de Dacron, resección y reemplazamiento del seno no coronario si fuera preciso, y aplicación de cola biológica para reforzar la pared proximal aórtica. El reimplante de los botones coronarios, en este caso no era necesario al realizarse una sustitución de aorta ascendente por encima del nacimiento de las mismas. Años más tarde, la técnica de la resuspensión valvular aórtica se extiende en el manejo de las disecciones agudas de aorta que afectaban a segmentos distales por encima de la unión sinotubular o que afectan al seno no coronario, pero en las cuales el seno coronario derecho e izquierdo son respetados.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

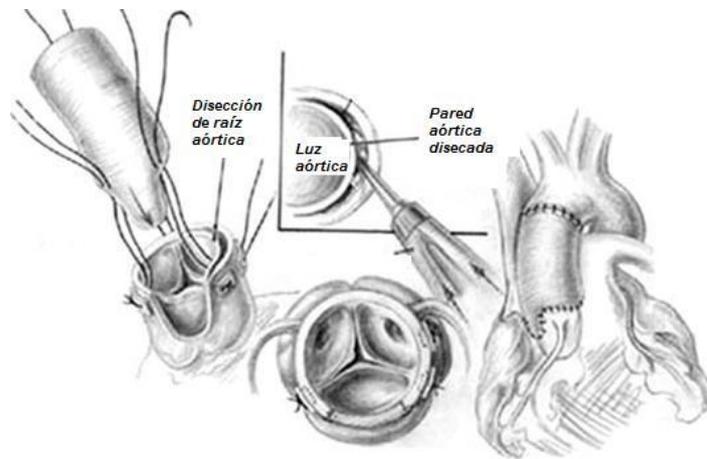


Figura 43: Técnica de resuspensión valvular aórtica descrita por Wolfe: resección del seno no coronario y reemplazamiento del mismo con una lengüeta del injerto de Dacron que sustituye la aorta ascendente. Las comisuras valvulares son resuspendidas en el interior del injerto de Dacron, y la pared aórtica disecada a nivel distal, se refuerza si es preciso con cola biológica (Wolfe WG. Ann Surg, 1983).

Sin embargo, a lo largo de la historia de la cirugía cardíaca como ya se ha comentado en capítulos anteriores, el estudio detallado de la raíz aórtica, ha podido concluir el importante papel de los senos aórticos en la dinámica valvular. Como se ha comentado anteriormente, ha sido probado en experimentación animal (91, 244), como los senos de Valsalva generan una turbulencia de flujo en su interior al comienzo de la sístole, a modo de remolino, que evita el contacto entre el velo valvular aórtico y la pared aórtica. Thubrikar demostró la importancia de la curvatura de los senos de Valsalva, en la distribución de la carga con los velos aórticos (122), y por consiguiente, en el estrés que deben soportar los velos aórticos, influyendo en la posterior degeneración de los mismos. Además, de la creación de los senos de Valsalva se ha propuesto que depende la velocidad de la apertura valvular y cierre al final de la sístole, como consecuencia de esta corriente de flujo generada en el interior de los senos aórticos. Ambos movimientos de apertura y cierre, se producen a una menor velocidad, y por lo tanto, con menos brusquedad. Por todo ello, a medida que se han conocido sus propiedades y funciones a lo largo del movimiento de la válvula, los esfuerzos de las técnicas postuladas han ido dirigidos al terreno del diseño y creación de los neosenos aórticos, así como a la reducción del estrés a nivel de los velos aórticos.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

En 1992, David y Feindel, publican una serie de 10 pacientes tratados por insuficiencia valvular aórtica y aneurisma de aorta ascendente, con la técnica de preservación valvular que habían descrito, y que se convierte en la técnica original, tomando el nombre de Técnica de David I. Este procedimiento consistía en la sustitución de raíz y aorta ascendente, con reimplantación de la válvula aórtica a través de la resuspensión de las comisuras valvulares en el interior de un injerto tubular de Dacron recto, que era fijado al esqueleto fibroso en la base de la raíz aórtica y el posterior reimplante de los botones coronarios. Una de las principales ventajas que formulaba, además de sustituir la raíz aórtica, era la estabilización del anillo aórtico, talón de Aquiles de las anteriores técnicas quirúrgicas descritas. Por ello, se destinó y aplicó principalmente a pacientes con anuloectasia aórtica, dilatación del seno de Valsalva y de la unión sino-tubular (125). Además, en los pacientes afectados de Sd. Marfan, la resección de la mayor cantidad de pared aórtica afecta, reducía la incidencia de redisección aórtica, formación de pseudoaneurismas y necesidad de reoperación. La técnica de resuspensión valvular consigue este objetivo.

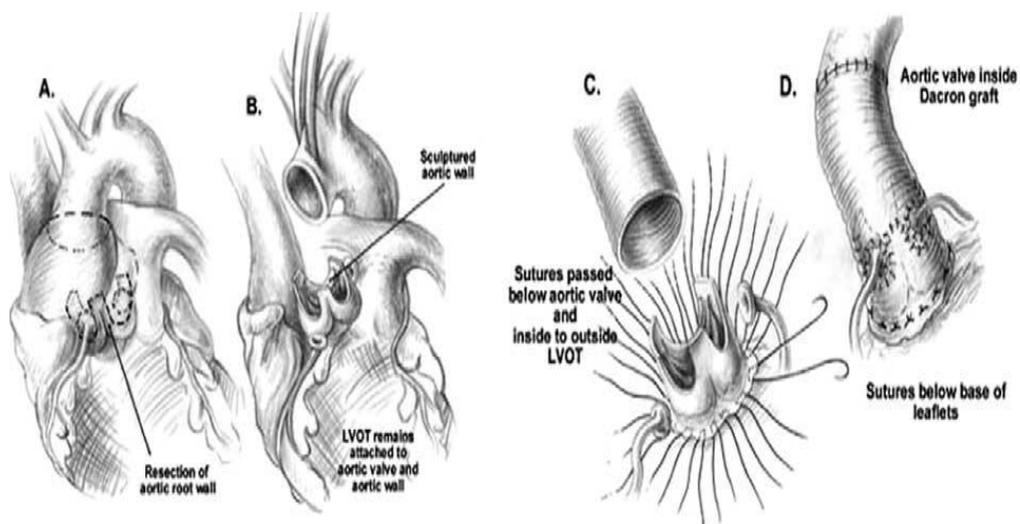


Figura 44: Técnica de reimplante valvular aórtico o Técnica de David I. (David TE. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1992).

Un año más tarde, Sarsam y Yacoub (1993), publican una serie de 10 pacientes, tratados con la técnica descrita por ellos mismos, la técnica del remodelado de raíz aórtica. Ésta consistía en el reemplazo de los tres senos de Valsalva, utilizando un



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

injerto tallado con tres lengüetas en su extremo proximal, y el posterior reimplante de los botones coronarios. La técnica del remodelado de raíz aórtica se convertiría en un método más sencillo que aseguraba la resuspensión valvular (245), con una altura de las comisuras valvulares incrementada al tallar el injerto en su borde proximal. Sin embargo, este procedimiento, más sencillo técnicamente que la reimplantación valvular aórtica, no proporcionaba estabilización del anillo aórtico, ni estrechamiento de la unión sinotubular, lo que se convertiría en el principal talón de Aquiles de esta técnica a lo largo de su evolución y años de puesta en práctica.

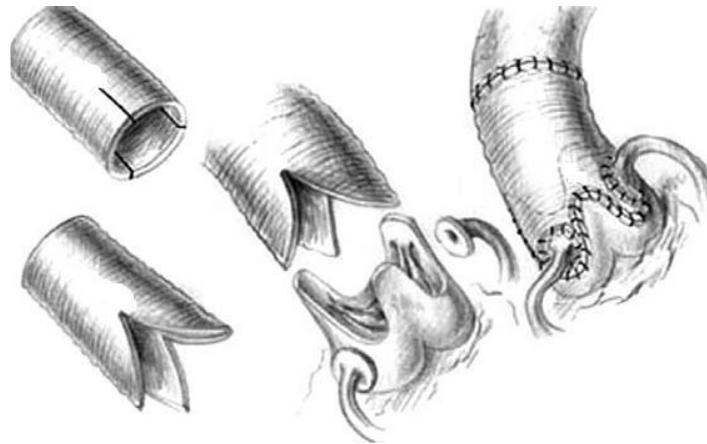


Figura 45: Técnica del remodelado de raíz aórtica o técnica de Sarsam y Yacoub. (Sarsam MA. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1993).

Sólo tres años más tarde, en 1995, surge un nuevo paso adelante dentro de las técnicas de reimplante valvular aórtico. La técnica de David II, descrita por David, Feindel y Boss, presentada como una técnica de remodelado aórtico, que debía aplicarse en pacientes sin dilatación del anillo aórtico, con dilatación de alguno de los senos aórticos o que precisaban corrección de la unión sinotubular. Esta técnica consistía en el reemplazo de los tres senos de Valsalva por un injerto recto previamente tallado con posterior reimplante del origen de las arterias coronarias al mismo (185).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

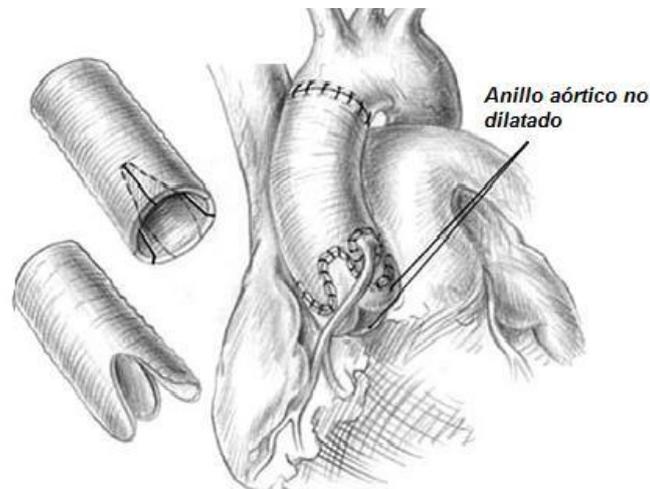


Figura 46: Técnica de David II o técnica del remodelado aórtico. Dirigido a pacientes que no presentan dilatación del anillo aórtico. (David TE. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1995).

El inconveniente principal de la técnica, consistía en la ausencia de reproducción anatómica con respecto a la raíz aórtica nativa, al utilizar un injerto recto, y no reconstruir o crear unos neosenos de Valsalva cuyo papel en la dinámica valvular ya era conocido, y por lo que tras todo lo comentado previamente, sería de especial relevancia en la posterior viabilidad de la válvula aórtica. Al no reconstruir los senos de Valsalva, los velos valvulares de la válvula aórtica resuspendida podrían entrar en contacto con la pared del injerto de Dacron recto en su movimiento de apertura, lo que con el paso del tiempo y el contacto repetitivo, podría ser causa del deterioro de los mismo, y por consecuencia de la degeneración valvular (51). Además esta técnica, podía equipararse a la técnica de remodelado aórtico, en el sentido en que ésta tampoco estabilizaba el anillo aórtico.

Por este motivo, los intentos de conseguir una técnica ideal no cesaron, y las continuas variaciones y modificaciones a las técnicas originalmente descritas surgieron de forma imparable año tras año, todas ellas persiguiendo un fin común, que consistía en lograr recrear una nueva raíz aórtica que fuera lo más parecido a la raíz y válvula aórtica nativas, diseñando unos neosenos de Valsalva y que se pudiera garantizar de esta manera, la durabilidad a largo plazo de la válvula aórtica.

Una muestra de ello, fue cuando Cochran y sus colaboradores, en 1995, describen una variante de la técnica descrita por David en 1992 (David I), denominándola la “Técnica de Seattle”, a medio camino entre la técnica David I y David



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

II o técnica de Yacoub, y cuya principal característica consistía en la reconstrucción de unos nuevos senos aórticos. Con esta técnica, los tres senos de Valsalva son reemplazados, utilizando un injerto de Dacron tubular, al cual se le tallaban en su extremo proximal tres indentaciones, con una profundidad máxima de 5-7 mm aproximadamente (en función del diámetro del conducto tubular) con el fin de mejorar la adaptación y asentamiento del injerto a la base de la raíz aórtica a nivel proximal, permitiendo la creación de los nuevos pseudosenos. Posteriormente el injerto era fijado a través de las suturas horizontales que sustentaban la válvula y velos aórticos, de igual forma a la sutura proximal propuesta en la Técnica de David I. Esto produciría un abultamiento del injerto a nivel de la pared aórtica que correspondería con los nuevos senos aórticos.

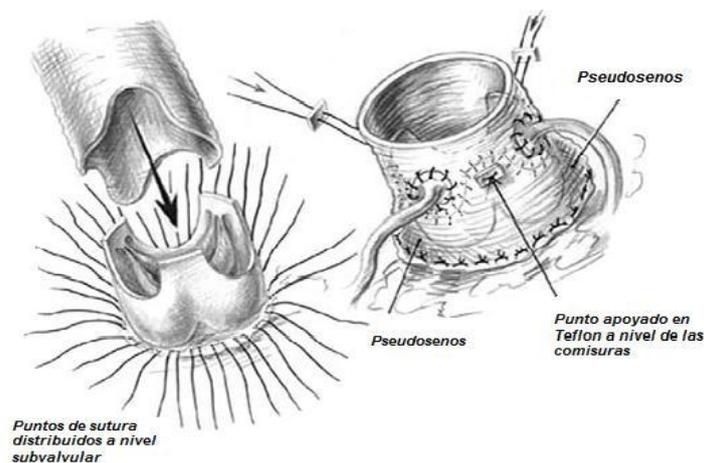


Figura 47: Técnica de Seattle: técnica de reimplante de raíz aórtica con reconstrucción y creación de los neo senos aórticos. (Cochran RP. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1995).

La válvula aórtica es reimplantada y los botones coronarios se insertaban de manera convencional a las técnicas descritas anteriormente. La sutura distal, por encima del nivel valvular, ayudaba a mejorar la fijación valvular y el reimplante valvular aórtico. Esta técnica por una parte estabilizaba el anillo aórtico a nivel de la base de la raíz aórtica y la creación de los pseudosenos de Valsalva conseguida, trataba de evitar el contacto de los velos valvulares aórticos preservados en su movimiento valvular de apertura y cierre con el injerto de Dacron implantado, reduciendo de esta manera el estrés generado sobre los mismos e incidiendo de forma directa en la durabilidad a



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

largo plazo de la válvula aórtica. El seguimiento postoperatorio mostró unos buenos resultados, con nula mortalidad, y ausencia de insuficiencia valvular residual en la serie descrita (138).

En el año 1996, sólo un año más tarde, se describe también por David, una nueva variación en su técnica original, el siguiente escalón dentro de su serie de técnicas descritas en el campo de la preservación valvular aórtica: la técnica de remodelado de raíz aórtica David III (146). Constituye una variante en la técnica de remodelado aórtico definida previamente como David II o la técnica de Yacoub, pero dirigida en este caso a pacientes afectos de anuloectasia aórtica (una de las principales contraindicaciones a estas).

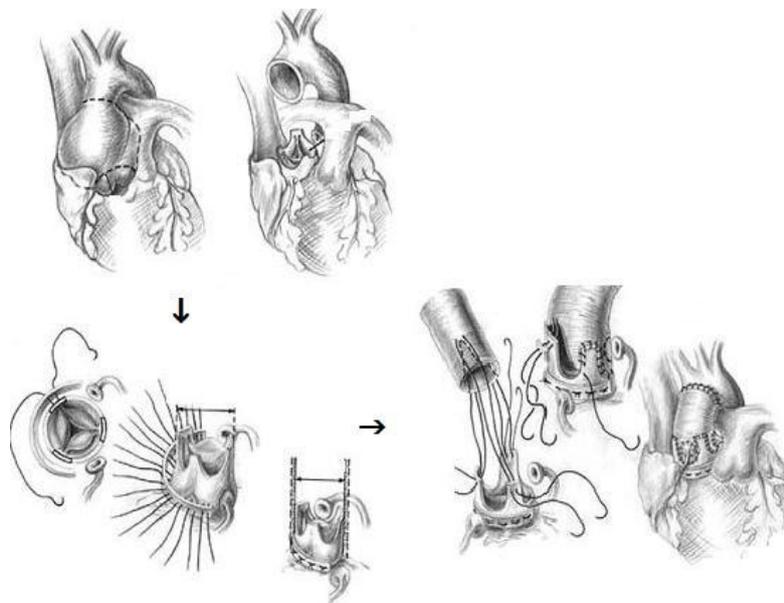


Figura 48: Técnica de David III (remodelado de raíz aórtica con estabilización del anillo aórtico). (David TE. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1995).

En esta técnica, se reseca igualmente la porción de raíz aórtica y aorta ascendente patológica, y se realiza una sección a nivel de la unión sinotubular. Al igual que en la técnica de David II, los tres senos de Valsalva son reemplazados con el injerto de Dacron y precisa igualmente reimplante de los botones coronarios. El diámetro del injerto tubular, es una estimación de la medida externa del anillo aórtico. En definitiva, la variación que proponía, consistía en el refuerzo del anillo aórtico con una banda de Teflon, lo que contribuía a estabilizar la base de la raíz aórtica. Facilitaba además la



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

resuspensión valvular, de manera similar a la propuesta por la técnica de Sarsam y Yacoub.

Escasos años después, El Khoury y colaboradores, proponen una técnica similar, con variaciones como que el reemplazo de los senos aórticos es selectivo y se realiza solo en los que se encuentran dilatados o disecados, no sustituyendo los senos aórticos intactos y realizando el refuerzo de la base aortica solo en los casos en que se considera que el anillo se encuentra dilatado (246).

En 1999, Van Son (247) propone una técnica híbrida, de reimplante y reconstrucción de los senos aórticos, dirigida a pacientes con dilatación de la raíz aortica e insuficiencia aórtica asociada, consistente en la reducción del calibre de raíz aórtica con la resección selectiva de los senos aórticos dilatados, y posterior reimplante de la raíz aórtica reconstruida dentro de un injerto tubular de Dacron, con posterior reimplante de las arterias coronarias al injerto. Esta técnica además de conservar los velos aórticos no dilatados, permitía reconstruir los senos aórticos reemplazados, evitando el contacto de los velos aórticos con el injerto de Dacron en su movimiento de apertura, al estar recubierto el injerto de Dacron por la pared aórtica incluida en su interior.

Esta técnica permitía por otro lado un mayor control de la unión sinotubular, pero sin embargo, no conseguía cumplir con uno de los principales objetivos buscados y perseguidos en la evolución de las principales técnicas de preservación valvular aórtica, la importante y crucial estabilización de la región del anillo aórtico tan cuestionada en aquellas técnicas que no la llevaban a cabo (234, 247, 248).

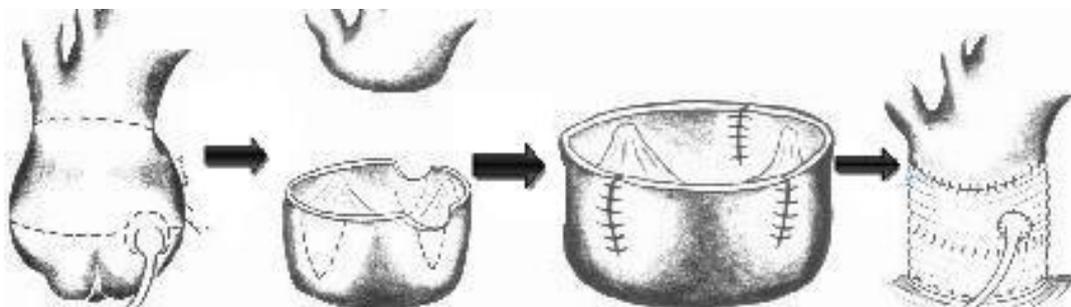


Figura 49: Reconstrucción de raíz aórtica según la técnica propuesta por Van Son. (Van Son JM. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

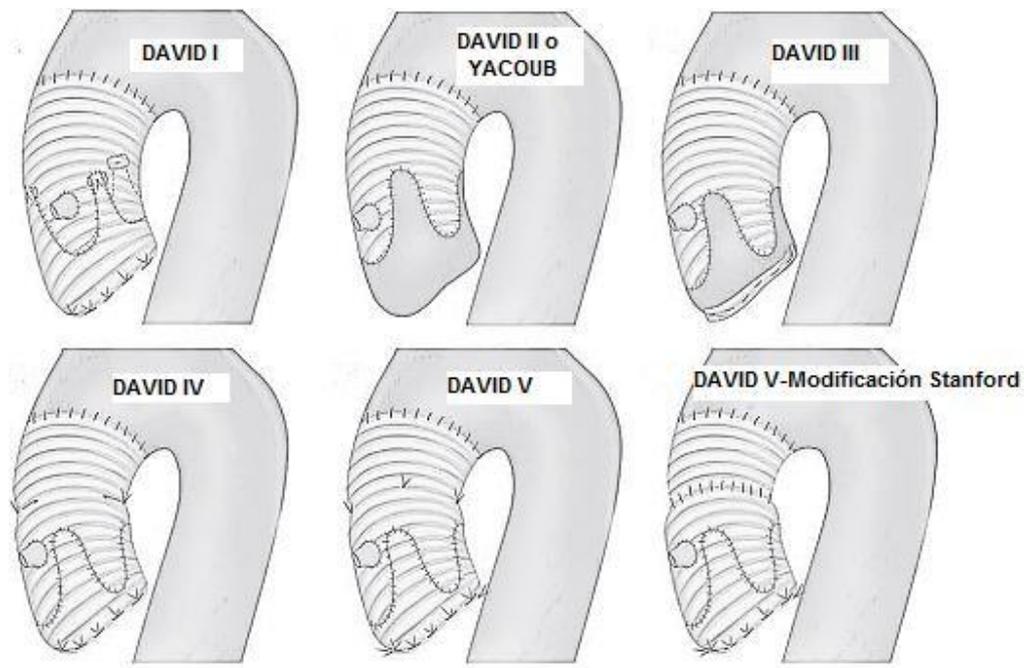
Un paso más adelante en el campo de las técnicas de preservación valvular aórtica, fue determinado por la puesta de atención en la unión sinotubular, y en los casos en que esta se encontraba dilatada, ya que a menudo, era la causante de la posterior regurgitación valvular aórtica postoperatoria, mientras los velos aórticos, anillo aórtico y senos de Valsalva se encontraban intactos. Cráter ya en 1986, describe la anatomía y dinámica funcional de la unión sinotubular, determinando cómo la corrección de la dilatación de la unión sinotubular, podía resultar un procedimiento reparador suficiente en esta circunstancia. Por este motivo, se propone una técnica de sustitución de aorta ascendente, con reconstrucción de la unión sinotubular, reduciendo su calibre, y asegurando una adecuada coaptación de los velos valvulares aórticos, y con ello asegurando su función. Este procedimiento por lo tanto, está limitado a los casos en que existe únicamente dilatación de la unión sinotubular, pero no puede ser dirigida a casos con dilatación de los senos aórticos o con anuloectasia aórtica, ya que no permite estabilizar la base de la raíz aórtica (145).

Diez años más tarde a la descripción de la técnica original de David, en el año 2003 Miller propone una variación en la técnica de reimplante valvular aórtico, considerada la Técnica de David IV. Consiste en la selección del injerto tubular de Dacron con una estimación 4 mm superior al diámetro calculado, con el fin de realizar una plicatura circunferencial del mismo a la altura de la nueva unión sinotubular. De forma consecutiva, surge la técnica de David V o Técnica Miller I, consistente igualmente en una técnica de reimplante valvular aórtico, también con reconstrucción de la unión sinotubular asociada, utilizando un injerto sobreestimado de 8 mm, que tras su plicatura, consigue unos senos aórticos más voluminosos que la técnica previa de David IV (249, 250). En el año 2002, el grupo de Stanford con Craig Miller, desarrolla una modificación en la técnica de David, denominada “Técnica de David V- Modificación de Stanford”, en la cual se incluía la utilización de dos tubos de diferentes diámetros, uno de mayor diámetro dirigido a sustituir la raíz aórtica o extremo proximal de la aorta (en el cual se realizaba la resuspensión valvular), y otro de menor calibre, anastomosado en el extremo distal, destinado a la sustitución del resto de aorta ascendente hasta el cayado o hemiarco (218). Para adecuar el tamaño del injerto al diámetro del anillo valvular, y conseguir la competencia valvular, en ocasiones es preciso realizar unas plicaturas del injerto, teniendo en cuenta que deben marcar el diámetro exterior del anillo aórtico, y no el interior. Sin embargo, esta última variante de la técnica, no



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

describe indicaciones referentes al estrechamiento de la región de la unión sinotubular (174, 218).



EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA DE REIMPLANTE o TÉCNICA DE DAVID

Figura 50: Evolución de la Técnica de David desde la técnica original a sus modificaciones. (Adaptación del esquema de: Hornero F. *Cir Cardiovasc*, 2015).

La variación en la utilización de dos injertos anastomosados entre sí, se asemeja al injerto ya diseñado por De Paulis y que describiremos posteriormente (251). Su particularidad radica en la versatilidad que permite, al poder realizar variaciones en todas las dimensiones (diámetro anular, diámetro sinusal, diámetro a nivel de la unión sinotubular, altura de las comisuras, etc.), y de esta manera individualizar la técnica, sin estar sometidos a la poca flexibilidad y disponibilidad de injertos ya preformados como el propuesto por De Paulis. Además, con esta variación, se consigue la creación en el injerto de Dacron, de unos pseudosenos redondeados, cilíndricos y de adecuado tamaño, permitiendo una recreación más real, de la geometría tridimensional de los senos aórticos naturales y la línea de cierre valvular. Simula de una manera más real, el patrón de flujo fisiológico, y disminuye la velocidad del mismo sobre todo a nivel de aorta ascendente, reduciendo el estrés a nivel del arco aórtico y aorta torácica proximal.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La Técnica de David V-Modificación de Stanford, además de sus ventajas desde el punto de vista de dinámica y funcionalidad valvular, permite recortar el injerto proximal por encima de las comisuras valvulares, lo que facilita la sutura de la válvula aórtica dentro del tubo (resuspensión) en comparación con la técnica de David I, en que la sutura debía realizarse desde el interior del único injerto utilizado y por tanto, un injerto de mayor longitud que dificultaba en gran medida su manejo. Adicionalmente, proporciona una mejor adaptabilidad de tamaños a nivel de la anastomosis entre el tubo proximal con el distal. Permite también una estabilización más firme del anillo aórtico (plicaturas del injerto a nivel proximal), lo que asegura un mejor anclaje del anillo aórtico al injerto. Proporciona además al cirujano, flexibilidad en la realización y diseño en las dimensiones del anillo aórtico, el diámetro y proporciones de los senos aórticos, el diámetro de la unión sinotubular y en el tamaño del injerto aórtico distal (218).

Albes en 2003, propone una técnica alternativa para aneurismas aórticos con insuficiencia aórtica asociada y velos intactos. En ella se consigue preservar la válvula aórtica, aportando como ventajas frente a las dos principales técnicas de Yacoub y David, su menor complejidad técnica, ya que no es preciso realizar una sección aórtica completa ni movilizar los ostia coronarios, sino simplemente realizar una sección de la aorta 5 mm aproximadamente por encima de la inserción valvular y los ostia coronarios, y realizar una plicatura y exclusión de la pared aórtica redundante a nivel de los senos aórticos dilatados (realizando una plicatura en forma de “J” en aquellos senos con configuración asimétrica, y una plicatura en forma de “U”, en los senos simétricos), y posteriormente sustituir el resto de raíz aórtica y aorta ascendente con un injerto tubular de Dacron posicionado a nivel supracomisural.

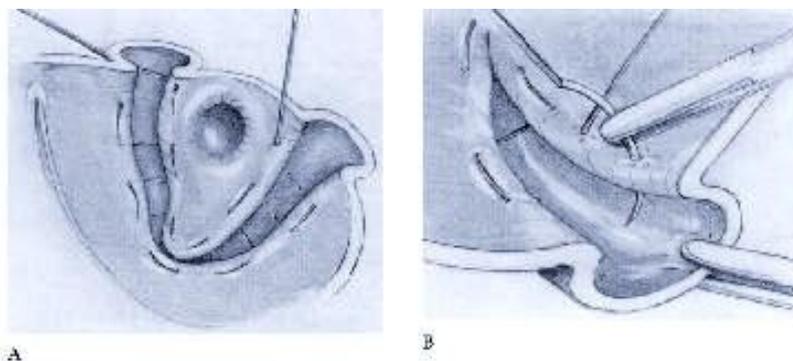


Figura 51: “Jenna” Technique: técnica de conservación valvular aórtica con plastia de reducción aórtica para aneurismas de raíz aórtica. Plicatura y exclusión de la pared aórtica redundante a nivel de los senos aórticos. LCO: ostia coronario izquierdo// RCO: ostia coronario derecho. (Albes JM. Ann Thorac Surg, 2003).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Esta técnica además, tenía la ventaja de que los velos aórticos en su movimiento de apertura no contactaban con una estructura sintética, como podría ser el injerto de Dacron, sino que el contacto se realizaba sobre la pared aórtica nativa, conservando la capacidad de distensión y dinámica del tejido aórtico nativo (252).

En contrapartida, esta técnica presentaba una contraindicación, para los pacientes de colagenopatías u otros defectos estructurales de la pared aórtica, como son los pacientes con Sd. Marfan, o aquellos pacientes afectados de disección aórtica. Mientras en los pacientes con aneurisma de aorta ascendente no afectados por esta alteración, el riesgo de degeneración estructural de estas porciones de pared aórtica nativa residual es moderado con esta técnica (253), varios estudios han demostrado daños o degeneraciones estructurales considerables en los pacientes afectados por disecciones aórtica o Sd. de Marfan (254, 255). La explicación radicaba en que la resección incompleta de la pared aórtica aneurismática, lo que predisponía a la dilatación futura de estas paredes y del anillo aórtico en el seguimiento a medio-largo plazo (252).

Posteriormente Urbanski describe una técnica que puede considerarse una modificación en la técnica de remodelado aórtica descrita por Yacoub.

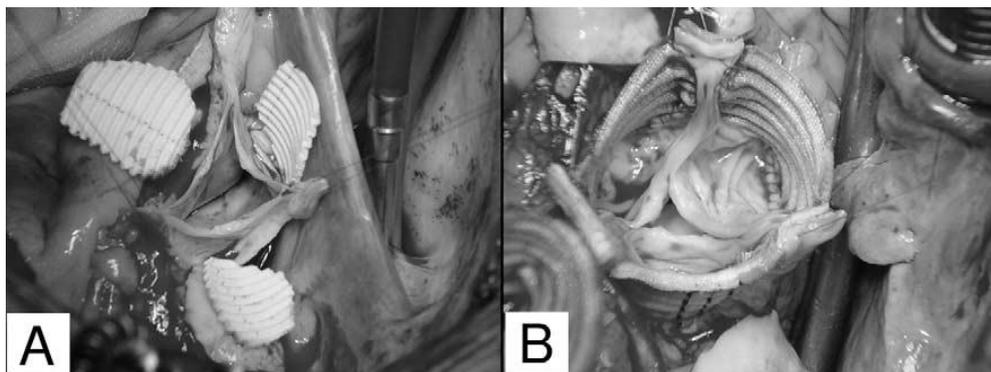


Figura 52: A: Resección de los senos de Valsalva aneurismáticos. Presentación inicial de cada uno de los parches en cada uno de los senos de Valsalva. B: Sutura de los parches al borde libre de pared aórtica superior a la inserción valvular. (Urbanski PP. *Ann Thorac Surg*, 2005).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Consistente en la reconstrucción individual de los senos de Valsalva con parches de Dacron, en función de la presencia de uno, dos o tres senos aórticos aneurismáticos, la cual es una extensión de la técnica de los tres parches para la reconstrucción de la raíz aórtica en el caso de la corrección de la estenosis aórtica supra-avalvular descrita por Brom y Hazekamp (256, 257). El diámetro del tubo se escogía en función del diámetro del anillo aórtico, y la línea de sutura entre el tubo y la raíz reconstruída con los parches, creando una nueva unión sinotubular (258).

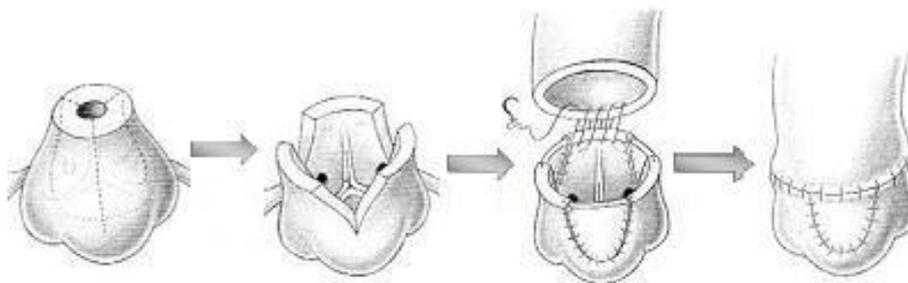


Figura 53: Técnica de los tres parches o Técnica de Brom. Destinada a la reparación de la estenosis aórtica supra-avalvular. (Hazekamp MG. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999).

Esta técnica de remodelado parcial de la raíz aórtica, en la cual se preservan los senos aórticos intactos, también ha sido llevada a cabo años más tarde en una pequeña serie de casos (259), presentando unos resultados iniciales y a medio plazo aceptables. Las ventajas principales, son el que reduce la complejidad de la intervención, al no ser necesario tallar el injerto de Dacron, y a la vez, reduce el tiempo de clampaje aórtico, y duración de la intervención, aspecto importante sobre todo en los casos emergentes como la disección aguda tipo A (260, 261). Por otro lado, uno de los inconvenientes o complicaciones detectadas con esta técnica, ha sido una vez más, la no estabilización del anillo aórtico y la progresiva dilatación de la unión sinotubular y de los senos aórticos, en comparación con los pacientes intervenidos con el remodelado total de la raíz, pudiendo estar en relación con el aumento del estrés en las estructuras nativas por la presencia de material no distensible (259).

Para dar solución a algunas de estas cuestiones, Giambuzzi describió una técnica en la cual se realizaba una resección de la pared aórtica aneurismática, con



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

posterior fijación del anillo aórtico, rodeándolo y reforzándolo por una estructura circular realizada con tres tiras de Teflon, para prevenir una futura dilatación anular. Además con esta técnica, no sería necesario por tanto realizar ni implantación de los ostia coronarios ni la colocación de puntos sub-anulares (262), lo que contribuiría a simplificar en gran medida el procedimiento, y con ello, los tiempos quirúrgicos, y complicaciones derivadas.

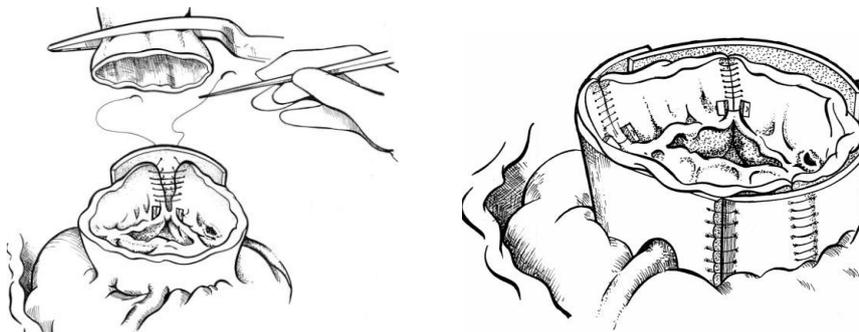


Figura 54: Reconstrucción de raíz aórtica con refuerzo del anillo con bandas de Teflon. (Giambuzzi M. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1998).

6.6. PAPEL DE LA ANULOPLASTIA AÓRTICA:

El conocimiento del hecho en que la presencia de un anillo aórtico normal en el momento de la cirugía no era garantía de que éste no se pudiera dilatar en un futuro, unido al hecho de que una de las más frecuentes complicaciones postoperatorias detectadas en los pacientes intervenidos con la técnica de Yacoub, consistía en la insuficiencia valvular postoperatoria por dilatación del anillo aórtico al no ser estabilizado en la intervención, parecía hacer adecuada y necesaria la asociación de una anuloplastia aórtica en aquellos pacientes afectados además de aneurisma de aorta ascendente, y por ello, la anuloplastia aórtica en los últimos años, al igual que sucedió con la válvula mitral, ha ido ganando aceptación en asociación a las técnicas de preservación valvular aórtica.

La anuloplastia aórtica ideal debería reunir unos requisitos básicos, tales como conseguir una buena función hemodinámica del anillo aórtico y conseguir una duradera estabilidad anular, sin interferir con el sistema de conducción o los velos aórticos. Por ello, parece que la realización de una anuloplastia aórtica en asociación a



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

una técnica de resuspensión de la válvula aórtica con una altura efectiva de las cúspides adecuada (mayor a 9mm) son los pasos claves para que este tipo de técnicas se realicen con éxito y sean duraderas (175, 263, 264). Dependiendo del fenotipo de aorta ascendente, la técnica a utilizar sería diferente, en función de la dilatación y porción aórtica afectada, sin embargo, la indicación de anuloplastia aórtica asociada a una técnica de remodelado aórtico se realizaría en aquellos casos con un diámetro anular aórtico igual o superior a 25 mm (263-266).

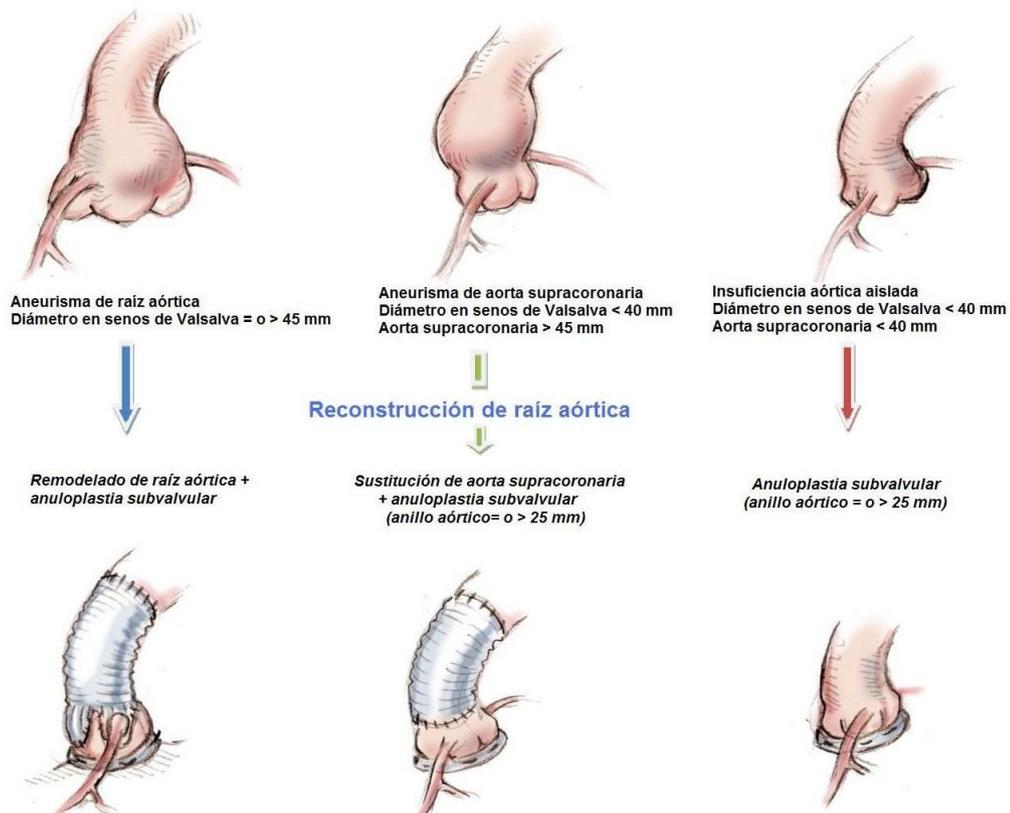


Figura 55: Técnicas de reconstrucción de la raíz aórtica según el mecanismo de afectación de la misma. (Lansac, Ann Cardiothorac Surg ,2013).

La primera técnica dirigida en este sentido, consiguiendo la reducción del diámetro de la raíz aórtica a nivel del anillo, se describió en 1958, por Taylor y colaboradores, que llevaron a cabo una anuloplastia subvalvular con una sutura externa circunferencial alrededor de la base del anillo aórtico (220).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Posteriormente fue descrita la anuloplastia con doble anillo (anuloplastia supravalvular y subvalvular), que llevaba a cabo una plicatura de las comisuras a través de puntos de sutura localizados a este nivel. Ésta estaba indicada únicamente en aquellos pacientes en los que sólo existía dilatación del anillo aórtico, siendo el resto de raíz aórtica de dimensiones normales. La elección del diámetro de los anillos se realizaba, con la medición del diámetro interno del anillo a través de los dilatadores de Hegar, o en el caso de las insuficiencias valvulares aórticas mayores de grado dos, reduciendo el diámetro estimado. Sin embargo, esta técnica descrita por Cabrol, realizaba una anuloplastia incompleta, plicando también los triángulos intercomisurales, lo que dificultaría la dinámica valvular.

Años más tarde, Lansac describe un procedimiento dirigido a la corrección de la insuficiencia aórtica por dilatación del anillo aórtico y la unión sinotubular, el cual consiste en la implantación a nivel subvalvular de un anillo aórtico expandible, asociado a la técnica de remodelado de raíz aórtica. La principal característica de esta nueva técnica, era la utilización de un anillo (265, 267) que se implantaba externamente a la aorta. Para ello es necesario llevar a cabo un amplio desbridamiento de la raíz aórtica. Se sutura el anillo con suturas en U por debajo de los velos aórticos, aproximadamente a 2 mm del nadir de los mismos desde el interior hacia afuera. Se evitaría así la interposición de suturas a nivel del triángulo intercomisural entre el velo coronario derecho y no coronario, para evitar el daño del fascículo de His. El anillo de esta manera, proporciona una anuloplastia completa, preservando la expansividad de la raíz aórtica.

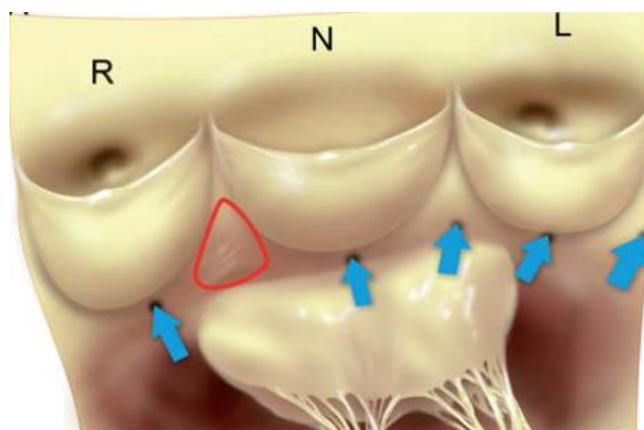


Figura 56: Posición del anillo auto expandible y extra aórtico de Lansac, respetando el triángulo intercomisural entre el velo no coronario y coronario derecho, evitando lesionar el fascículo de His. (Vojacek J. Eur J Cardiothorac Surg, 2013).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

El anillo expandible, construido con una estructura interna elástica de silicona, permite una expansión de 5-15% durante el ciclo cardiaco. Externamente, se encuentra cubierto por tejido de poliéster, material escogido por sus características mecánicas, y capacidad de soportar un apropiado grado de invasión tisular. El anillo se inserta a nivel subvalvular, reduciendo el diámetro de la raíz aórtica a nivel del anillo aórtico y la unión sinotubular en diástole, incrementando la altura de coaptación de los velos aórticos, mientras se mantiene la expansibilidad sistólica de la raíz aórtica. La evaluación con ecocardiografía intracardiaca en el seguimiento a corto plazo, confirmó el incremento en la altura de coaptación de los velos aórticos, y la preservación de la dinámica de la raíz aórtica. El anillo es implantado externamente a la raíz aórtica, por lo que se previenen las posibles complicaciones derivadas de la tensión a nivel de los puntos de fijación del mismo, así como evita los problemas de trombogenicidad o hemolíticos. Además, Las ventajas del anillo expandible externo propuesto por Lansac, son varias: es flexible y auto expandible. Preserva la expansión sistólica que se produce en la raíz aórtica a nivel de los triángulos intercomisurales. Proporciona mayor movilidad con reducción del estrés en el resto de estructuras de la raíz aórtica durante el ciclo cardiaco (anillo mitral, tejido el tracto de salida del ventrículo izquierdo), aproximándose al movimiento fisiológico de la raíz aórtica nativa (265).

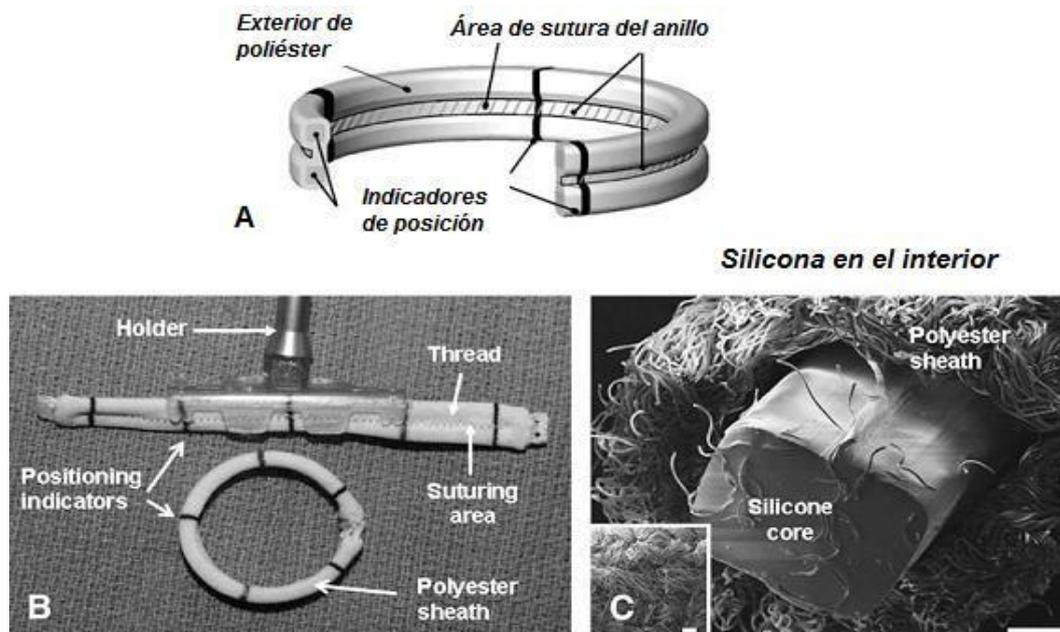


Figura 57: A-B: Anillo expandible diseñado por Lansac y sus componentes. C: El anillo de silicona es cubierto por una capa de poliéster (imagen por microscopía electrónica) y montado en un soporte. (Lansac E. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Además del anillo de Lansac, previamente se habían utilizado suturas circulares, tiras de pericardio fijado en glutaraldehído, Teflon o bandas de Gore-Tex (W.L. Gore & Associates, Inc, Newark, Del) (268). También anillos internos a nivel de la unión sinotubular, con una tira alrededor del anillo fibroso o bandas externas de nylon (269-271).

Por otro lado, la posibilidad de implantar anillos aórticos internos tridimensionales se ha llevado a cabo recientemente a nivel experimental por Rankin. El anillo hemiesférico propuesto e implantado en terneros (“HAART-Hemispherical Aortic Annuloplasty Ring Technology”), a pesar de haber mostrado ser una técnica segura, que potencialmente devuelve la geometría y dimensiones al anillo aórtico dilatado, reforzándolo y actuando efectivamente a modo de anuloplastia aórtica en pacientes con insuficiencia valvular aórtica, no ha logrado dar el paso hacia su aplicación en humanos, quedando reducida a ser una técnica a día de hoy aún en fase experimental (272).

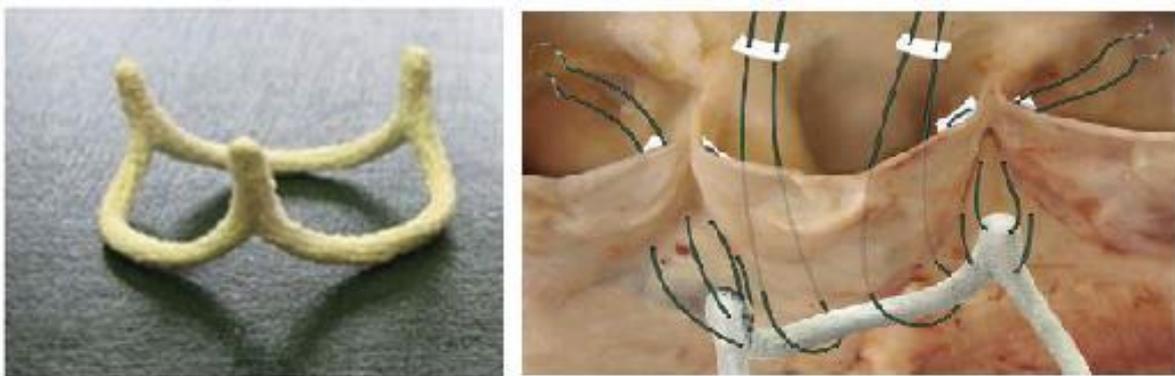


Figura 58: A-B: Anillo aórtico tridimensional interno de uso experimental diseñado por Rankin, y su forma de implantación a nivel subvalvular. (Rankin JS. EurJ Cardiothoracic Surg, 2012).

Otra alternativa sería la plicatura del anillo es una técnica más rápida y más sencilla, sin embargo, consigue reducir en menor grado el diámetro anular aórtico, con lo cual corrige parcialmente el defecto anular (263, 264, 273).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Aparte de la indicación o no en sí de realizar la anuloplastia aórtica, que a priori la gran mayoría de series publicadas apoyan su realización (263-266), a día de hoy, continúa siendo motivo de controversia el que ésta se realice externa o interna al anillo aórtico, aunque las evidencias parecen posicionarse a favor de la anuloplastia externa en contraposición a la interna o endovascular. La posibilidad que existe de que la realización de ésta por dentro de la aorta pueda interferir con el movimiento de los velos aórticos, e incrementa el riesgo de anemia hemolítica o trastornos tromboembólicos no es baja (264). Por otro lado, la anuloplastia aórtica externa, con un anillo externo expandible, evitaría estas potenciales complicaciones, a la vez que disminuiría la distorsión de la raíz creada por las suturas internas de fijación del anillo en el movimiento expansivo aórtico (263, 264).

6.7. INJERTO DE VALSALVA

Generalmente para la realización de las técnicas de preservación de raíz aórtica, se veía utilizando un injerto convencional recto de Dacron. Sin embargo, un nuevo diseño de injerto fue propuesto por De Paulis (274).

Este injerto llamado el injerto de Valsalva - Gelweave™ Vascutek® Valsalva (Vascutek Ltd. Terumo company, Renfrewshire, Scotland), estaba compuesto de Dacron, y permitiría una mejor reconstrucción de los senos de Valsalva, sin necesidad de modificar las técnicas quirúrgicas habituales, ya que con este tipo de injerto podrían llevarse a cabo tanto intervenciones para remodelación como resuspensión valvular aórtica. La particularidad de este injerto de Dacron, radicaba en que en él se diferencian tres partes fundamentales: un injerto de Dacron recto distal, una porción de Dacron la cual presenta la corrugación en ángulo de 90° con respecto al resto del injerto (esta porción tiene una altura igual al diámetro del injerto tubular), y finalmente una pequeña porción final proximal, tejido en sentido del tubo original (corrugación horizontal), la cual va insertada a nivel del anillo aórtico, y es necesaria para proporcionar estabilidad anular en los casos de reimplantación valvular aórtica o intervención de David I, y en aquellos casos de reintervención en la que sea preciso implantar una válvula protésica (125). Las ventajas que presenta es que la porción central, confiere una capacidad de distensibilidad en el plano horizontal o



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

circunferencial del 25%, además los senos de Valsalva que recrea son mayores y redondeados, con mayor similitud a los de la raíz aórtica nativa. Permite una mayor apertura de los velos, y libertad de movimiento, así como unas turbulencias del flujo en el interior de los senos, que se traducen en un cierre más amortiguado de la válvula. La línea de sutura entre tubos, marca la unión sinotubular, y es donde deben suturarse las comisuras valvulares (274).

Este injerto puede adaptarse a las intervenciones clásicas de preservación valvular aórtica y sustitución de aorta ascendente. En el caso de la aplicación de este tubo en la realización de intervenciones de remodelado de raíz, o técnica de Yacoub, las lengüetas talladas en el injerto deben tener la altura de la válvula, a diferencia de la manera convencional con un injerto de Dacron recto, en el cual, las lengüetas talladas deben tener mayor profundidad. Además, la capacidad de expansión circunferencial que proporciona el injerto diseñado por De Paulis es menor. Existe menor posibilidad de sangrado posterior (suturas con menor recorrido), así como proporciona menor distorsión de la geometría valvular.

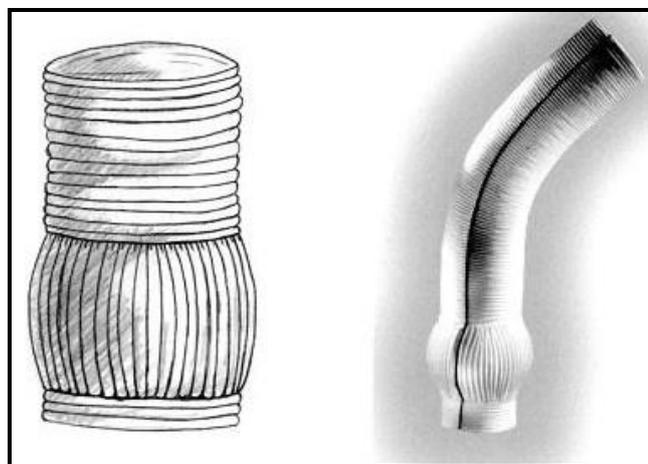


Figura 59: *Tubo de Valsalva diseñado por De Paulis, formado por las tres porciones de Dacron en posiciones opuestas. (De Paulis R. Ann Thorac Surg. 2001).*

Di Bartolomeo publicó una serie de 63 pacientes intervenidos con el tubo de Valsalva diseñado por De Paulis. Los pacientes intervenidos incluían casos afectados por síndrome de Marfan, válvulas aórticas bicúspides, y disección de aorta aguda tipo A. La elección del diámetro del injerto se realizaba a través de la medición del anillo aórtico,



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

sobredimensionando en 5mm. En los casos en que existía una anuloectasia aórtica, la medida de referencia tomada era la unión sinotubular. Añadía además a la técnica de resuspensión o remodelado un a anuloplastia subcomisural utilizando una sutura de Ethibond a nivel del triangulo infracomisural. El seguimiento de esta serie de pacientes, mostró un elevado porcentaje de casos libres del desarrollo de insuficiencia valvular aórtica severa así como de reoperación para recambio valvular aórtico (275).

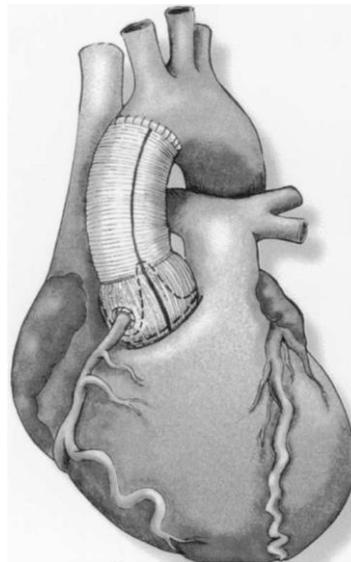


Figura 60: Injerto de Valsalva utilizado en la técnica de reimplante valvular. Las comisuras alcanzan el nivel de la nueva unión suprasinusal (De Paulis R. *Ann Thorac Surg*, 2002).

La clave en la implantación del injerto de Valsalva, radica principalmente en la resuspensión de las comisuras valvulares a nivel de la unión de entre las dos porciones de componen el extremo proximal del injerto, lo que correspondería con la teórica unión sinotubular aórtica. De esta manera, se evitaría el desplazamiento lateral de las mismas y la posibilidad de originar una insuficiencia valvular aórtica. Por otra parte, otra de las ventajas propuestas por esta injerto prediseñado, consistiría en que la presencia de los neosenos, permite la sutura de los botones coronarios al injerto, con mayor facilidad, y con menor tensión a nivel de las suturas, hecho que puede ser de vital importancia en el caso de las reoperaciones, en las que los ostia coronarios pueden ser difícilmente movilizados, dadas las adherencias consecuencia de la cirugía previa (251, 275).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Sin embargo, y a pesar de los buenos resultados obtenidos con el injerto de Valsalva, este tipo de injertos ha sido cuestionado posteriormente. David, no considera que sea adecuada la utilización del mismo, ya que altera la anatomía de la unión aortoventricular. Por un lado, en la práctica habitual, la altura de las comisuras es variable, y con la utilización de este injerto, no es posible adaptar adecuadamente estas diferencias de altura a un injerto que presenta una altura de unión sinotubular predeterminada. Además los senos aórticos preformados con este injerto son esféricos, lo que modifica la geometría del anillo. Sin embargo, De Paulis propuso una técnica con la cual poder adaptar el injerto de Valsalva a casos en que la altura de las comisuras valvulares aórticas fueran mayores a la altura de la unión sinotubular predeterminada en el injerto. Posteriormente, Mazzola, propuso un sencillo método para adaptar el injerto de Valsalva, a aquellos pacientes con una altura de senos aórticos y comisuras menor en relación con la altura de la unión sinotubular del injerto sintético (173, 274, 276).

Por este motivo, sigue siendo en la actualidad, la utilización de injertos rectos de Dacron (Gelweave™ Vascutek® (Vascutek Ltd. Terumo company, Renfrewshire, Scotland), la opción elegida por el grupo de David, creador original de la técnica de reimplante valvular aórtico, a la cual, se le han añadido las modificaciones ya comentadas, como la plicatura de espacios inter-comisurales, con el fin de recrear neosenos aórticos, o la variante David V-Modificación de Stanford (31).

8.5. HOMOINJERTOS Y AUTOINJERTOS

Una alternativa a las técnicas de preservación valvular con sustitución de aorta ascendente, consiste en utilizar homoinjertos criopreservados. Los homoinjertos aórticos, son la copia más cercana a la raíz aórtica nativa. Implantado en su posición correcta, proporciona una función normal, y patrón de flujo más natural. A pesar de la falta de viabilidad celular y pérdida de elasticidad, sus propiedades dinámicas se mantienen durante años. Además, la ausencia de trombogenicidad, evita la necesidad de tratamiento antiplaquetario (201, 202). En la población infantil y adultos jóvenes, la ausencia de tratamiento anticoagulante en comparación con los procedimientos de reemplazo valvular por injerto valvulado, es una de sus principales ventajas. Sin



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

embargo, presentan una rápida degeneración principalmente en pacientes jóvenes y una calcificación prematura, que obliga a reoperaciones frecuentes en el seguimiento para reemplazo del mismo, con los riesgos y complejidad que estas operaciones entrañan. Por este motivo, y a pesar de la importante acogida que tuvieron en los primeros años en que se desarrollaron las técnicas de sustitución de raíz aórtica, se han vuelto a limitar las indicaciones de los mismos, proponiéndose como única indicación el implante en pacientes jóvenes, con un diámetro aórtico menor de 18mm, aquellos que no son adecuados para técnicas de preservación valvular (277).

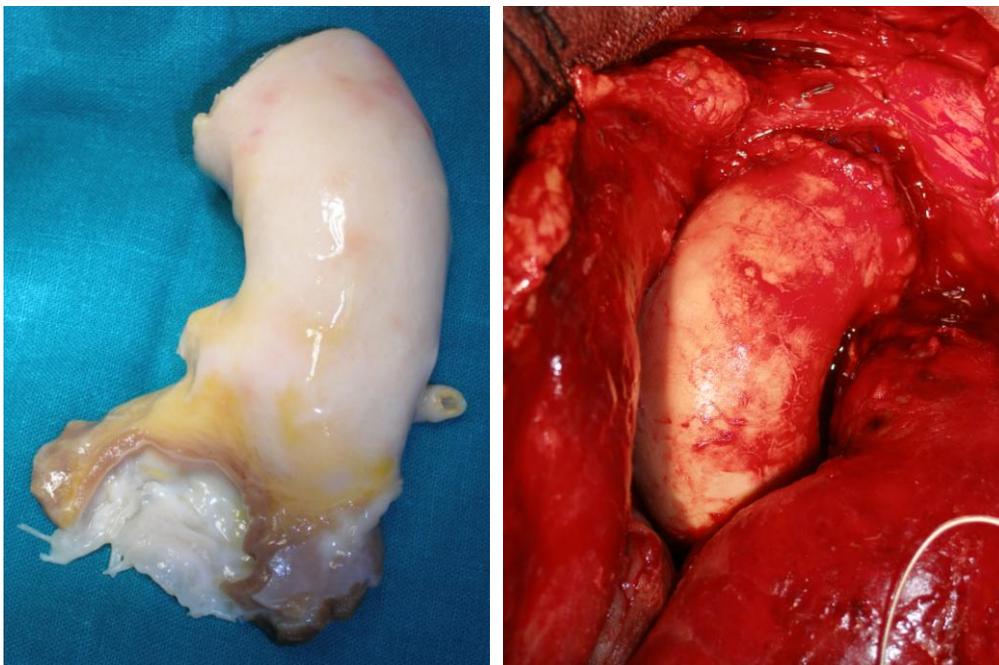


Figura 61: Homoinjerto aórtico criopreservado, y su correspondiente imagen tras su implante en el caso de una endocarditis sobre válvula aórtica nativa, con absceso paravalvular asociado. Dr. Nistal.

6.9. OPERACIÓN DE ROSS

La operación de Ross consiste en la sustitución de la raíz aórtica utilizando un autoinjerto de arteria pulmonar con el fin de sustituir a la aorta ascendente, anastomosando un injerto de Dacron distalmente por encima de la válvula pulmonar implantada. El autoinjerto de arteria pulmonar, tiene la ventaja de permitir un



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

crecimiento potencial, y no precisar tratamiento anticoagulante en aquellos pacientes en que se lleva a cabo(277). Sin embargo, la sustitución de la raíz aórtica con un autoinjerto pulmonar no es la opción ideal y ha sido cuestionada desde sus inicios. Aunque estas cuestiones quedan lejos del objetivo de este trabajo, cabe comentar que la progresiva dilatación de la neoaorta, y degeneración valvular prematura de la válvula pulmonar en posición aórtica con la creación de una posterior regurgitación aórtica, son inconvenientes claros para llevarla a cabo sobre todo en niños (277, 278).

Además, esta opción en los pacientes con dilatación del anillo ha sido cuestionada. Su realización puede ser difícil de llevar a cabo, por la desproporción de tamaños y diámetros, siendo por tanto, una técnica mayoritariamente descartada como opción de tratamiento en los pacientes con Sd. Marfan (234, 278, 279).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

7. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TÉCNICAS DE REEMPLAZAMIENTO DE RAÍZ AÓRTICA CON PRESERVACIÓN VALVULAR



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



7. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TÉCNICAS DE SUSTITUCIÓN DE RAÍZ AÓRTICA CON PRESERVACIÓN VALVULAR.

La dilatación de la aorta ascendente se ha propuesto como uno de los principales mecanismos causales de la regurgitación aórtica (175, 280, 281). Como ya se ha comentado, existen diversas técnicas quirúrgicas, dirigidas a pacientes con insuficiencia valvular aórtica con dilatación de la aorta. Todas las técnicas descritas están destinadas a un mismo objetivo: sustituir la raíz aórtica, preservando la válvula aórtica nativa en pacientes con aneurismas de aorta ascendente con o sin insuficiencia valvular aórtica, en ausencia de lesión significativa de la válvula aórtica.

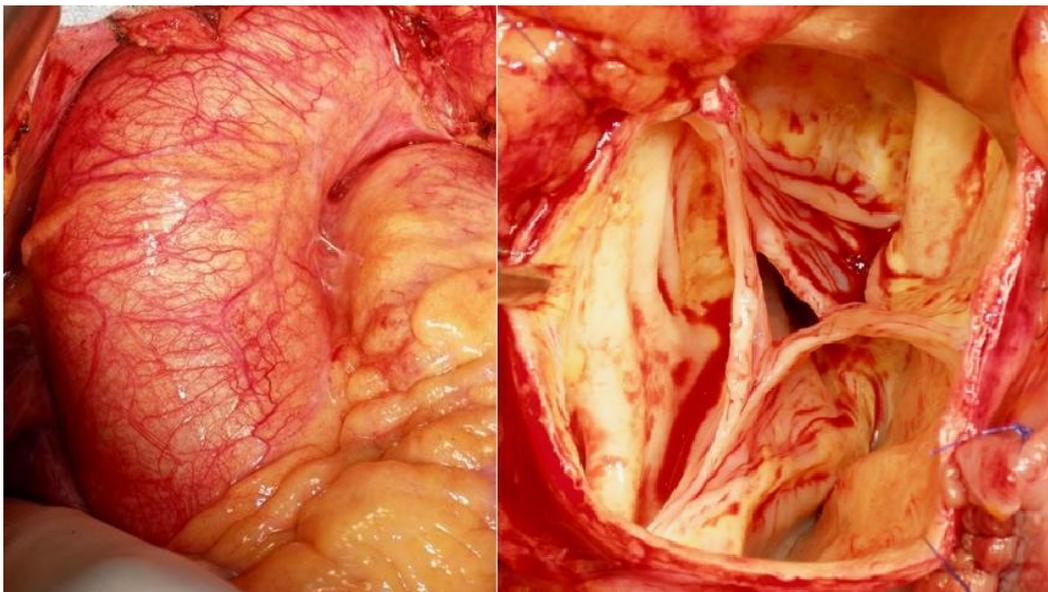


Figura 62: Dilatación de aorta ascendente, y válvula aórtica trivalva. Imagen intraoperatoria. Dr. Nistal.

Existen dos procedimientos quirúrgicos principales en el ámbito de la cirugía de preservación valvular aórtica, y que se desarrollarán a continuación: 1. El remodelado de raíz aórtica, técnica primeramente descrita por Sarsam y Yacoub (245). 2. La técnica del reimplante valvular aórtico, técnica propuesta por David y Feindel originalmente (146).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Ambas técnicas se expandieron a lo largo de los primeros años, mostrando resultados dispares entre una y otra. A continuación describimos con detalle ambas técnicas.

7.1. TÉCNICA DAVID II O YACOUB / TÉCNICA DEL REMODELAMIENTO DE RAÍZ AÓRTICA:

Técnica consistente en la recreación de los tres senos de Valsalva y la unión sinotubular, lo que permite el correcto funcionamiento valvular tanto del anillo aórtico como de los velos aórticos (22).

La realización de la técnica de Yacoub o técnica de remodelado de raíz aórtica, precisa en primer lugar una correcta exposición y desbridamiento de la raíz aórtica, pero no tan exhaustiva como en las técnicas del reimplante valvular. Se procede a la apertura de la aorta y se reseca la pared aórtica correspondiente con los senos de Valsalva y región suprasinusal dejando un reborde de pared aórtica entre 5 mm por encima de las líneas de inserción de los velos aórticos, aplicando puntos de popipropileno en cada una de las comisuras para facilitar la exposición y evaluación de la válvula. La presencia de calcificación de velos, retracción, fenestraciones o prolapso pueden ser factores que comprometan la posibilidad de preservación de la válvula.

Los botones coronarios son tallados y movilizados para permitir realizar la anastomosis proximal del injerto. La elección del adecuado diámetro del injerto tubular, es un tema controvertido. Algunos grupos, proponen que el diámetro del injerto tubular es escogido en función del tamaño del paciente, y la geometría y altura de las comisuras. En la mayoría de casos, el diámetro escogido será de 26 mm. En el caso de que sea un paciente de pequeño tamaño o con escasa altura de comisuras, el tamaño adecuado sería de 24 mm (175). En otros grupos, se determina el diámetro del injerto estimando el diámetro de la unión sinotubular (18, 22). Los casos en los que se realizan y se indican las técnicas de remodelado, no presentan dilatación de la unión ventrículo-arterial, por lo que de las mediciones obtenidas previamente por ecocardiografía, o con la medición directa intraoperatoria de la unión ventrículo-arterial, nos guiaremos en la elección del diámetro del injerto de Dacron. Algunos grupos hacen un cálculo a través de la medición del diámetro de la unión ventrículo-arterial, al que restan 1-2 mm (14).

El injerto recto de Dacron es posteriormente tallado en forma de tres lengüetas que recrearán los futuros senos de Valsalva y tendrán un tamaño proporcional a los que



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

sustituyen. Para ello, en el extremo del injerto tubular que se implantará a nivel proximal, deben realizarse tres marcas que serán las incisiones que se realicen en el mismo en una longitud aproximada de $2/3$ el diámetro del tubo utilizado. Aproximadamente un 20% menos que la altura aproximada de las comisuras. Es preferible realizar una incisión corta, y posteriormente ampliarla, para evitar incisiones demasiado largas que dificulten la sutura en las mismas. El diseño de unas lengüetas demasiado profundas, puede conducir a una dilatación de la raíz a largo plazo (282). Otra forma de realizar las medidas y estimar la altura de las incisiones que dan origen a las lengüetas, donde se suturarán las comisuras, consiste en traccionar y suspender la válvula desde las comisuras utilizando los puntos de sostén de polipropileno previamente anclados a las comisuras, y medir su altura. La longitud de las incisiones en el injerto será escasamente mayor a la que correspondería, para conseguir recrear los neosenos. El injerto es suturado a la banda de pared aórtica remanente de cada uno de los senos aórticos, por encima del nivel valvular. Se realiza una sutura continua que parte de la zona media y más declive correspondiente con el nadir, con una separación entre puntos de aproximadamente 2-3 mm. Se continúa circunferencialmente desde la zona media en sentido ascendente hacia cada una de las respectivas comisuras, separando los puntos 4-5 mm, con el objetivo de proporcionar más injerto a los neosenos, lo que permitirá a las comisuras expandirse cuando la raíz aórtica se presurice, un efecto crucial para la configuración valvular. La sutura se continúa por el resto de senos, y posteriormente es anudado. Habitualmente se comienza suturando el seno coronario izquierdo, posteriormente el derecho, y finalmente el seno no coronario.

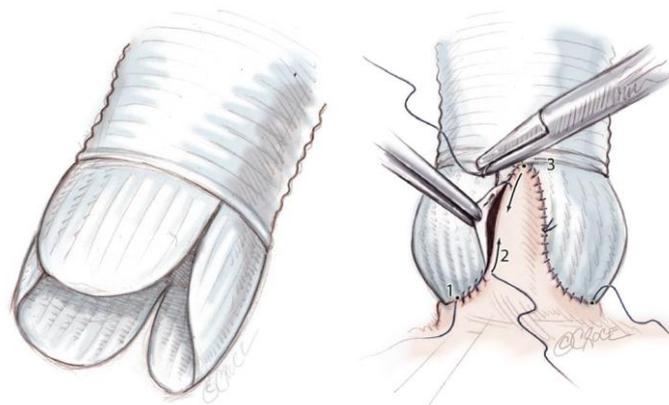


Figura 63: Tallado del tubo de Dacron con las tres lengüetas que serán los futuros senos de Valsalva y sutura del mismo a la raíz aórtica con sutura continua. (Lansac. *Ann Thorac Surg*, 2013).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La evaluación exhaustiva de la válvula aórtica es un punto crucial en estas intervenciones. Para ello, se secciona el injerto tubular 1-2 mm por encima de las comisuras. Prestando especial atención al mantenimiento de la orientación original de las comisuras, se tracciona de ellas utilizando las suturas de polipropileno previamente insertadas a su nivel. De este modo, se puede estimar la funcionalidad y configuración de los velos aórticos. El margen libre de todos los velos aórticos deberá encontrarse a un mismo nivel, y presentar una altura efectiva equivalente entre cada uno de ellos.

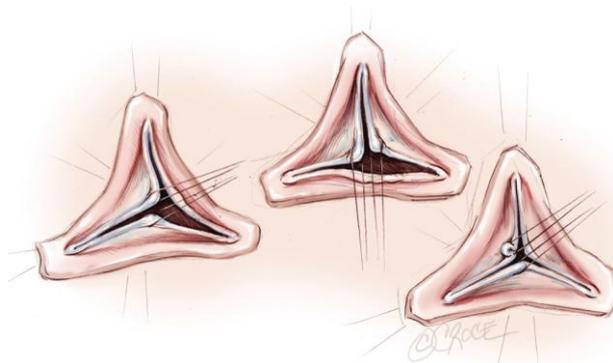


Figura 64: Método de comprobación de la competencia valvular a través de puntos de tracción de polipropileno aplicados a nivel medio de las cúspides aórticas (Lansac E. *Ann Thorac Surg*, 2013).

Posteriormente, los botones coronarios son suturados a la raíz aórtica según la técnica habitual y el injerto de Dacron anastomosado a la aorta ascendente distal. Esta técnica puede adaptarse a válvulas aórticas bicúspides o incluso unicúspides, o aquellos pacientes con asimetría de la raíz aórtica, tallando el injerto adecuadamente (283). Dado que todos los casos intervenidos, no presentan dilatación de los tres senos de Valsalva, en aquellos casos en que alguno de los senos, no se encuentre dilatado, el injerto se tallará, con dos lengüetas o una, dependiendo del caso y los senos aórticos dilatados(175).

El control ecocardiográfico transesofágico intraoperatorio tras la cirugía es fundamental. Schäfers propone una nueva re-exploración valvular en el caso de la existencia de insuficiencia aórtica moderada y sobre todo, si el jet de regurgitación es excéntrico (175).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Según Yacoub y Sarsam, los autores que describieron la técnica original, ésta ofrece desde el punto de vista fisiológico, un procedimiento más sólido que el reimplante valvular. La mayor ventaja de esta intervención, consiste en que conserva la distensibilidad de la raíz aórtica. Además, preserva mejor la función dinámica de la raíz aórtica y de esta manera, permite una aproximación más cercana al movimiento normal de los velos valvulares aórticos durante el ciclo cardiaco, y en definitiva, al comportamiento de la válvula aórtica nativa (comparado con la observada con la técnica del reimplante), demostrándolo por Leyh con estudios ecocardiográficos, y lo que se traduciría en un aumento de la durabilidad valvular (18, 245).

Mientras la técnica de remodelado de raíz aórtica, permite la reconstrucción de los senos de Valsalva, la técnica de reimplante valvular aórtica original, no contempla la creación de los mismos (22, 202, 218). El implante valvular aórtico en el interior de un injerto tubular recto de Dacron, planteó cuestiones acerca de la posibilidad de que los velos aórticos tomaran contacto con el injerto de Dacron en su movimiento de apertura, y con ello pudieran ser dañados. Además, dada la ausencia de distensibilidad que queda a nivel de la raíz aórtica al incluir la válvula en un injerto de Dacron, y la ausencia de senos de Valsalva, se pensó en la posibilidad de que esto pudiera distorsionar y alterar la dinámica valvular. Los estudios en dinámica valvular han estado limitados, por la gran variabilidad en los parámetros hemodinámicos, y la dificultad para ser reproducidos. A través de estudios animales experimentales y modelos diseñados in vitro, Fries determinó un patrón de movimiento de estructuras menos brusco en la técnica de remodelado de raíz de aorta en comparación con la técnica de reimplante. Los velos aórticos se abren y cierran más suavemente, lo que minimiza el estrés en los mismos. Se determinó como posibles causas de este fenómeno, la disminución de distensibilidad a nivel de la raíz tras la realización de la técnica de David, así como la ausencia de neosenos. Esto aumenta la carga a nivel de los velos, produciendo una apertura más rápida, y un cierre más rápido, lo que interfiere en el movimiento natural de la válvula reimplantada. Sin embargo, el hecho de que la apertura y cierre valvular se produzca de una manera más suave, y con ello, repercuta en la durabilidad valvular a largo plazo, como ya se ha comentado previamente, aun no está aclarado en su totalidad (284).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Sin embargo, la durabilidad de este tipo de intervenciones ha sido cuestionada posteriormente y motivo aún a día de hoy de controversia. Si bien, el grupo de Schäfers no han observado en su serie una dilatación significativa del anillo aórtico con la técnica estándar del remodelado de de raíz aórtica, un gran número de pacientes potencialmente beneficiarios de este tipo de intervención, más concretamente, aquellos pacientes afectos por síndrome de Marfan, presentan dilatación de la raíz aórtica asociada a dilatación de la unión sinotubular, y habitualmente anuloectasia aórtica e insuficiencia valvular aórtica (250, 285). Tras la realización de la técnica de remodelado de raíz aórtica, el anillo aórtico no es estabilizado, por lo que en estos pacientes, la unión aortoventricular puede seguirse dilatando en el seguimiento postoperatorio, lo que conduce a una potencial insuficiencia aórtica futura (31, 250).

Por estos motivos, se han ido introducido cambios y modificaciones con el fin de mejorar los resultados a largo plazo de estas técnicas, como por ejemplo, la utilización de injertos de 2mm de diámetro menor al previamente calculado, la creación de unas lengüetas de mayor longitud, para recrear la curvatura natural de los senos aórticos (14) o la utilización de bandas de refuerzo a nivel del anillo aórtico, o la realización de una anuloplastia para mejorar la competencia valvular (175, 286). Por un lado, se han utilizado bandas de Dacron para fijar el anillo aórtico y el tejido fibroso circundante, con el fin de evitar la dilatación del anillo aórtico (250), si bien, esta técnica no ha logrado este fin especialmente en los pacientes afectos por síndrome de Marfan, asociándose con fallo a largo plazo y regurgitación aortica (250). Aicher defiende la anuloplastia aórtica utilizando una sutura de PTFE situada a nivel del anillo basal aórtico, y un dilatador de Hegar (25mm) insertado a través del injerto de Dacron (26mm) y el tracto de salida del ventrículo izquierdo. Posteriormente la sutura de PTFE se tensa y se anuda tomando como referencia el dilatador de Hegar (286).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

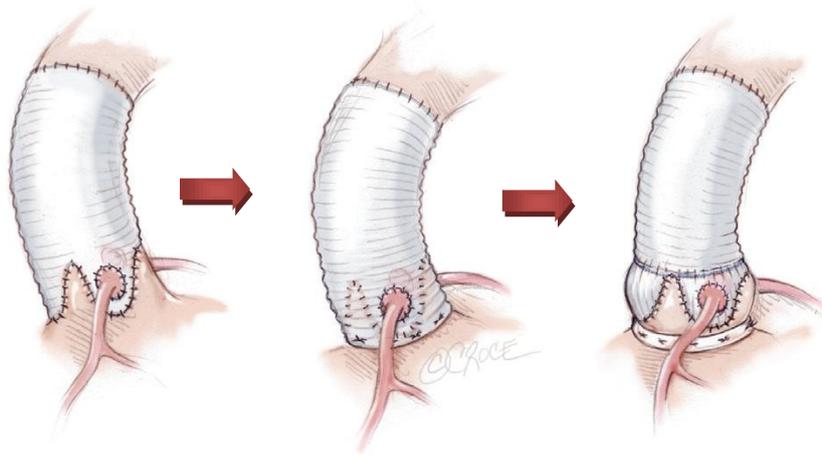


Figura 65: Evolución de las técnicas de reemplazamiento de raíz: Técnica de Yacoub, Técnica de David y técnica de Yacoub con anuloplastia aórtica.

Lo que sí parece demostrado por el grupo de Schäfer, uno de los que acumula mayor experiencia a nivel mundial, es que aplicando los principios por los cuales, se combina la reparación de raíz aórtica con la reparación de velos aórticos, la técnica de remodelado consigue normalizar la configuración de la raíz aórtica, y la de la válvula aórtica con resultados estables a largo plazo. De hecho, han conseguido en una de las series más amplias descritas con esta técnica, tras una experiencia acumulada de 700 pacientes intervenidos, una estabilidad valvular en torno al 90-95% de los pacientes a los 10 años de seguimiento (287). Se ha descrito un 1% de complicaciones relacionadas con la válvula por paciente y año, inferiores a los descritos para la técnica sustitución valvular aórtica con tubo valvulado o técnica de Bentall-Bono (175, 223).

A pesar de todas estas consideraciones, el futuro determinará si estas modificaciones especialmente dirigidas a la estabilización del anillo aórtico mejoran a largo plazo los resultados en relación a la estabilidad valvular.

7.2. TÉCNICA DE DAVID I O TÉCNICA DE RESUSPENSIÓN VALVULAR AÓRTICA:

El principal concepto de la técnica de reimplante valvular aórtico reside en restaurar la anatomía funcional de la válvula y raíz aórticas, respetando la anatomía



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

cardiaca. Diversos aspectos técnicos serán clave a la hora de asegurar un resultado exitoso de la misma. Desde la adecuada disección de la raíz aórtica, a la estabilización del anillo aórtico, la creación de los neo senos de Valsalva, la comprobación de la competencia valvular y la necesidad de reparación de los velos aórticos o no, así como el correcto manejo de los botones aórticos. Cada uno de los pasos que deben seguirse persigue conseguir una técnica estándar que sea reproducible, y que cuando se aplique de forma sistemática consiga unos resultados consistentes y con una adecuada estabilidad y éxito a largo plazo (288, 289). Esta técnica fue descrita en sus inicios por David y Feindel (125), consistente en la resuspensión valvular aórtica en el interior de un injerto tubular recto de Dacron. Es una técnica compleja, en la cual el anillo aórtico y los triángulos intercomisurales son suturados en el interior de un injerto tubular de Dacron.

Los pasos en la técnica del reimplante valvular aórtico se describen a continuación: 1. Exposición de la válvula aórtica. 2. Desbridamiento y disección proximal de la raíz aórtica. 3. Medida del injerto tubular. 4. Línea de sutura proximal. 5. Preparación y fijación del injerto proximal. 6. Reimplante o resuspensión de la válvula aórtica. 7. Comprobación de la funcionalidad de la válvula aórtica y/o reparación valvular de los velos aórticos si es preciso. 8. Implante de los ostia coronarios. 9 Sutura distal del injerto a la aorta ascendente (289).

1. Exposición de la válvula aórtica: Bajo circulación extracorpórea, y clampaje aórtico, se procede a realizar la aortotomía transversal 1 cm por encima de la unión sinotubular, prestando especial atención para evitar lesionar el origen de la arteria coronaria, que con frecuencia se encuentra desplazado en el caso de los aneurismas de raíz aórtica o en presencia de válvula aórtica bicúspide. Se realiza tracción de las comisuras aórticas a través de puntos de polipropileno.

Estos puntos permitirán posteriormente examinar la coaptación de los velos aórticos y traccionar de la raíz aórtica a la vez que se disecciona de los tejidos circundantes proximalmente. La tracción mantenida en los puntos comisurales permitirá evaluar la competencia valvular, examinando detenidamente los velos aórticos en busca de fenestraciones, o prolapso de velos, con el fin de determinar si la preservación valvular es posible.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

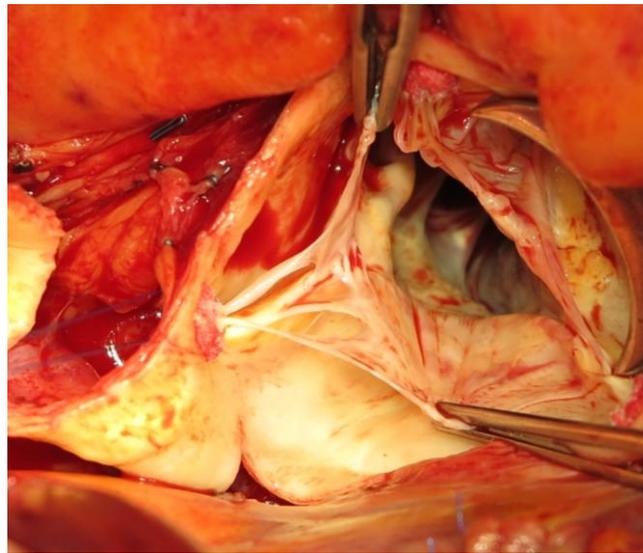


Figura 66: Fenestración a nivel de velo coronario derecho e izquierdo. Imagen intraoperatoria. Dr. Nistal.

Si se confirma la presencia de prolapso de alguno de los velos aórticos, se reparará tras el reimplante de la válvula aórtica.



Figura 67: Aortotomía, y exposición de la válvula aórtica, a través de puntos de tracción situados a nivel de las comisuras aórticas. (De Kerchov L. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013).

2. Disección y desbridamiento de la raíz aórtica: Por lo general, un amplio desbridamiento de la raíz aórtica lo más proximal posible es necesario, realizando una correcta individualización de la raíz de la aorta de aquellas estructuras de las que está



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

rodeada, como son la arteria pulmonar, infundíbulo o tracto de salida del ventrículo derecho y techo de la aurícula izquierda, hasta la visualización del tracto de salida del ventrículo izquierdo, la unión ventrículo-arterial y el esqueleto fibroso valvular aórtico. Es importante la colocación de puntos de retracción en los tejidos y estructuras circundantes, con el fin de optimizar la exposición y facilitar en gran medida la realización de la técnica de preservación valvular aórtica. La correcta tensión de los mismos, y dirección irá variando en función del paso de la intervención en que nos encontremos.

El límite de la disección proximal desde el interior de la aorta a nivel del seno no coronario y seno coronario izquierdo, lo marcará la línea que indica el nadir en la inserción de los velos a la pared aórtica. El límite de disección externo a la aorta será el límite que determina el techo de la aurícula izquierda.

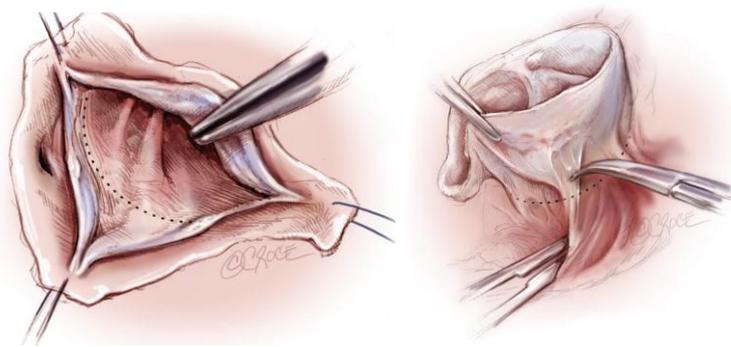


Figura 68: *Disección de la raíz aórtica a nivel del velo coronario izquierdo. Externamente se debe alcanzar el techo de la aurícula izquierda, línea que correspondería al nadir del velo internamente. (De Kerchove L. Ann Cardiothorac Surg, 2013).*

La disección aórtica a nivel del seno coronario derecho y no coronario, puede ser en ocasiones técnicamente más difícil. El límite anatómico a la disección viene determinado internamente por el septo muscular en relación al seno coronario derecho y el septo membranoso en relación a la unión del seno no coronario y seno coronario derecho. A nivel externo, la disección que hará posible la implantación profunda del injerto tubular y la resuspensión valvular, estará limitada por el músculo ventricular derecho sin llegar al punto marcado por el nadir del seno coronario derecho.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

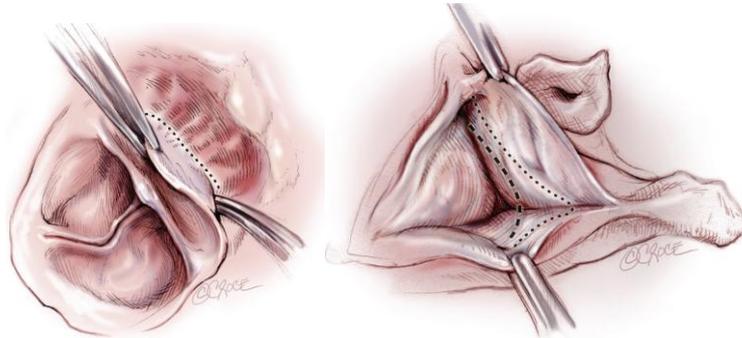


Figura 69: Disección externa de la raíz aórtica hasta el septo muscular y membranoso (línea de puntos). La línea no llega a alcanzar la línea imaginaria que pasa a través del nadir de los velos (línea discontinua). (De Kerchove L. Ann Cardiothorac Surg, 2013).

Finalmente, el límite anatómico de disección de la raíz aórtica en la zona de inserción del velo coronario izquierdo con el velo coronario derecho, viene determinado por el techo de la aurícula izquierda en relación con el seno coronario izquierdo y el septo muscular para el seno coronario derecho. A nivel del velo aórtico izquierdo, el plano lo marca el nadir en la inserción del velo a la aorta, pero este plano estará ligeramente más elevado sin pasar por el nadir en el caso de la inserción del seno coronario derecho.

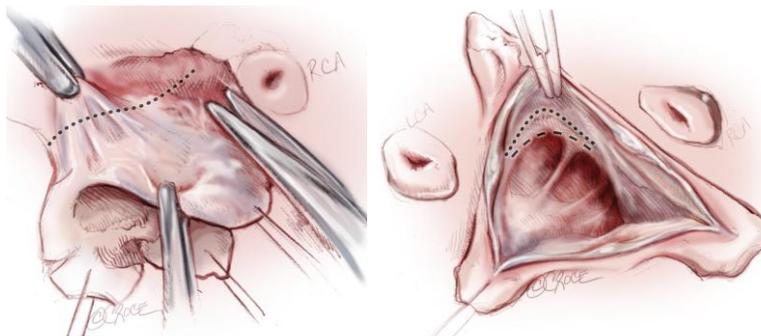


Figura 70: Disección de la raíz aórtica hasta el techo de la aurícula izquierda en el caso del ostium coronario izquierdo, el septo muscular en la zona del ostium coronario derecho, y la zona del septo membranoso para el velo no coronario. (De Kerchove L. Ann Cardiothorac Surg, 2013).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Los senos aórticos o de Valsalva son resecados, dejando aproximadamente 5-8 mm de pared aórtica desde la base o borde adherente de los velos aórticos.

Los ostia o botones coronarios derecho e izquierdo serán tallados dejando un margen de 6-8 mm de pared aórtica de forma circunferencial, realizando a su vez un desbridamiento de los tejidos circundantes, hasta alcanzar la zona por debajo de la inserción de los velos valvulares aórticos a nivel de la pared aórtica. De este modo, se permitirá y facilitará una movilización adecuada de los tejidos y ostia coronarios, lo que facilite la posterior implantación de los mismos. Por ellos, y de forma opcional en función del método de protección miocárdica durante el tiempo de isquémica, podrá canalizarse un catéter para el paso de cardioplejia anterógrada intermitentemente.

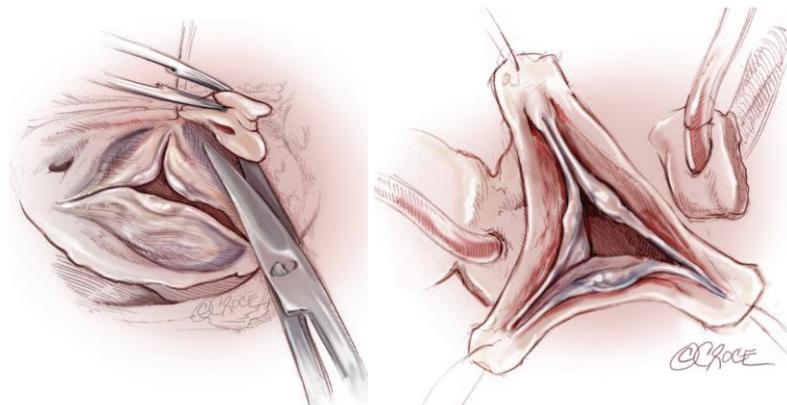


Figura 71: Tallado de los ostia coronarios, y perfusión selectiva de la cardioplejia. (De Kerchove L. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013).

3. Medida del injerto: Tras la inspección valvular, se realiza una medida de la unión sinotubular, del anillo aórtico y de la altura de las comisuras aórticas, partiendo del principio por el cual en una válvula aórtica normofuncionante la altura de las comisuras (medido desde la base de los triángulos intercomisurales hasta el punto más alto de la comisura) es igual o ligeramente menor al diámetro de la unión sinotubular. Aunque varios componentes de la raíz aórtica y el anillo aórtico funcional pueden dilatarse en el caso de aneurismas de raíz aórtica, la altura de las comisuras permanece en la mayoría de los casos estable. Se traza una línea a nivel del nadir de cada una de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

las cúspides, y se mide la distancia desde esta línea al punto más alto de la comisura. Esta medida promediada corresponderá con el tamaño del injerto de Dacron necesario para reemplazar la válvula aórtica. En casos en los que la medida obtenida no corresponda con un tamaño de injerto existente, se elegirá el injerto inmediatamente mayor a la medida obtenida. Esta técnica de medición puede aplicarse para los diferentes tipos de injerto de Dacron existentes, si bien, este principio es mayormente reforzado cuando se utiliza el injerto de Valsalva (Gelweave™ Vascutek® Valsalva (Vascutek Ltd. Terumo company, Renfrewshire, Scotland), en el cual la altura de la porción destinada a los senos aórticos, es igual al diámetro.

4.Línea de sutura proximal: Con el fin de no producir distorsiones comisurales, es preciso marcar el injerto tubular de acuerdo con la distribución comisural de la válvula nativa. El injerto, es implantado en su posición definitiva, a través de una corona de puntos simples de Tycron en forma de U apoyados en parches de 2x2 mm de Teflon, y en número variable (12-14 suturas aproximadamente), colocados en posición subvalvular y dirección centrífuga, es decir, situadas a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo, inmediatamente por debajo de la inserción de los velos valvulares.

En la región situada entre el velo coronario izquierdo y el derecho, la sutura sigue la unión ventrículo-arterial. Especial atención debe prestarse para que los pledgets de Teflon utilizados en el apoyo de los puntos no interfiera con los velos aórticos, por ello, se estima una distancia de seguridad de aproximadamente 2 mm entre los mismos.

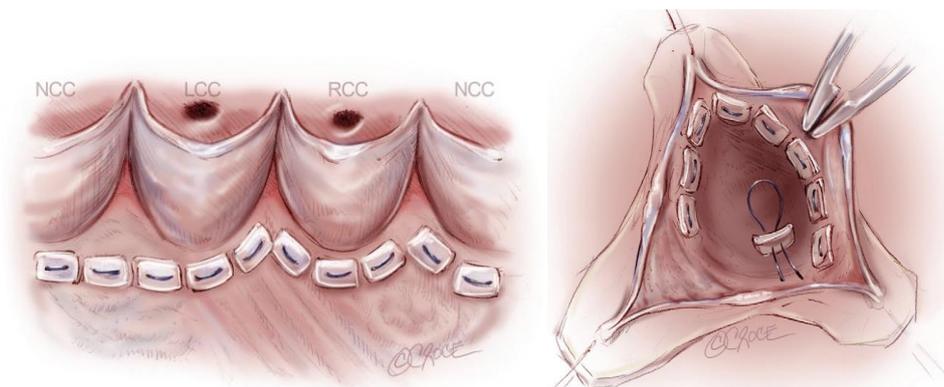


Figura 72: Distribución de los puntos apoyados en Teflon a nivel subvalvular y en forma de "U" (De Kerchove L. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

5. Preparación y fijación del injerto proximal: Todos los puntos que se distribuyen a lo largo de la línea de sutura proximal subvalvular se pasan por el injerto. Dado que anatómicamente la base de la raíz aórtica no es una línea recta, el injerto deberá ser tallado en consecuencia. Los puntos deben ser distribuidos dejando la distancia adecuada en cada uno de ellos, dependiendo de la anchura de los pledgets utilizados, y siguiendo la línea curvilínea que describe la línea de sutura proximal siguiendo la zona de fijación de los velos aórticos. Todos los puntos se anudan con la suficiente tensión que permita que el injerto quede anclado proximalmente.
6. Reimplante valvular: Una vez realizada la anastomosis proximal del tubo a la raíz aórtica, es preciso realizar la resuspensión valvular, valiéndonos de las suturas de sostén comisural colocadas previamente. Esta es una maniobra de vital importancia, ya que de la alineación y tensión correcta de las mismas así como de la altura a la que se implantan, dependerá la correcta coaptación de los velos valvulares aórticos, y futuro pronóstico de la intervención.

Las comisuras se fijan al injerto tubular, a través de puntos de popipropileno apoyados en parches de Teflon. La altura de las comisuras deberá alcanzar el mismo nivel que corresponderá con la nueva unión sinotubular en el injerto recto o de Valsalva utilizado. A continuación, y con el fin de asegurar una correcta hemostasia, se realiza una sutura continua, de dentro a fuera del injerto, entre el remanente de pared aórtica suprasinusal y el injerto.

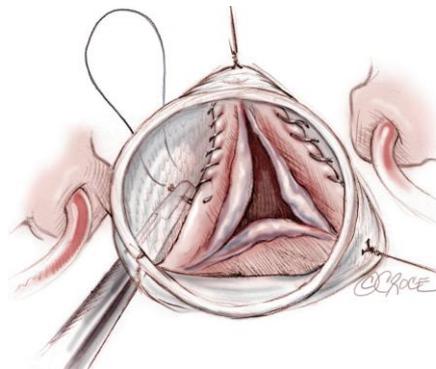


Figura 73: Reimplante de la válvula aórtica al injerto tubular. (De Kerchoue L. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Con esta sutura continua, se tratará de distribuir el exceso de pared aórtica para que esta permanezca bien aplicada contra la pared del injerto, y así conseguir que sea una sutura aún más hemostática. En ocasiones, la banda de pared aórtica suprasinusal es redundante dentro del injerto tubular, debido a la dilatación de los senos aórticos, por lo que es preciso plicar el tejido y distribuirlo a lo largo de la sutura en mayor medida para lograr una correcta adaptación al diámetro tubular.

7. Comprobación de la funcionalidad de la válvula aórtica y/o reparación valvular de los velos aórticos si es preciso: Tras haber finalizado el reimplante valvular dentro del tubo, re suspendiendo las comisuras al nivel adecuado, se reevalúa de nuevo el resultado inicial, con especial atención a la correcta coaptación de los velos, observando la simetría entre los velos, la altura y profundidad de las comisuras así como la presencia o no de prolapsos valvulares. Se comprueba con suero salino la competencia valvular.

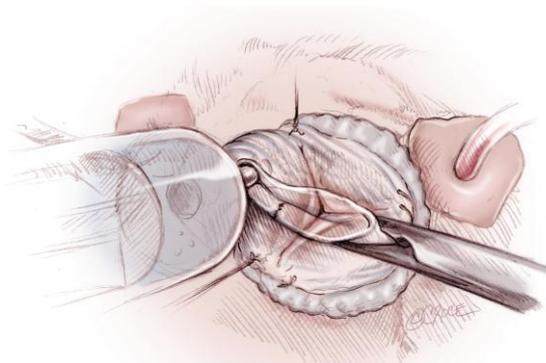


Figura 74: Comprobación de la competencia valvular aórtica, previo a la realización de la anastomosis distal del injerto, con inyección de suero directamente sobre la raíz aórtica. (De Kerchoue L. *Ann Cardiothorac Surg* ,2013).

El prolapso ha sido definido como diferencia en la altura central del borde libre de los velos en relación al resto de los velos de 2mm o más (290). En el caso de que exista el prolapso de un velo, este deberá ser corregido tomando como referencia el velo o velos normales. En el caso de que los tres velos valvulares



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

aórticos muestren un punto bajo de coaptación, los tres deberán ser reparados tomando como referencia la altura media de los senos de Valsalva. El prolapso valvular es un hallazgo no infrecuente tras la cirugía de remodelado de raíz aórtica, independientemente de la presencia o ausencia del mismo preoperatoriamente. La presencia de insuficiencia valvular aórtica o moderada preoperatoriamente en la mayoría de los casos conlleva asociado el prolapso de uno o más velos aórticos (175). De hecho, la propia normalización de las dimensiones de la raíz aórtica puede conducir a un prolapso de velos, al incrementar el tamaño de los mismos (176).

La medida de la altura efectiva de cada uno de los velos (la diferencia entre el margen libre del mismo y su margen de inserción a nivel de la pared aórtica) puede ser un indicador de prolapso valvular. La altura efectiva óptima de los velos aórticos se encuentra entre los 9-10 mm, sin embargo, se ha comprobado que debe estar al menos entre 4-8 mm para que la válvula sea competente. En pacientes con insuficiencia aórtica, esta altura es menor de 4mm, por lo que una altura menor a 9 mm, es un indicador de prolapso, que debería corregirse (175, 291), y considerando adecuada una coaptación del 30-50% del área del velo puede ser necesaria en el caso de que alguno de los velos presente prolapso, la realización de una plastia de acortamiento del mismo (292, 293).

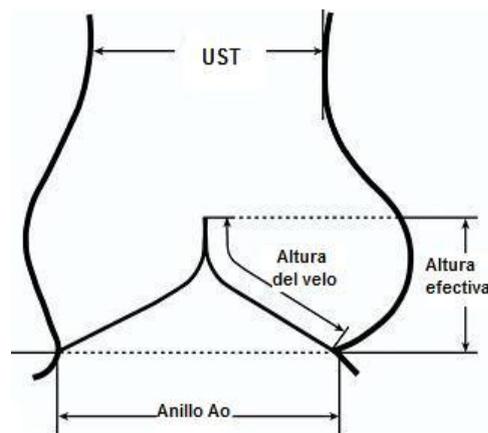


Figura 75: Medida de la altura efectiva de los velos aórticos (Schäfers HJ. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Schäfers defiende la utilización de una herramienta destinada a medir la altura efectiva de los velos valvulares aórticos, específicamente diseñado para este fin y denominado “caliper” (MSS-1, Fehling Instruments, Karlstein Germany). Schäfer lo propone como una estrategia de reproducibilidad de la técnica con el fin de conseguir una válvula competente y con una configuración normal (291).

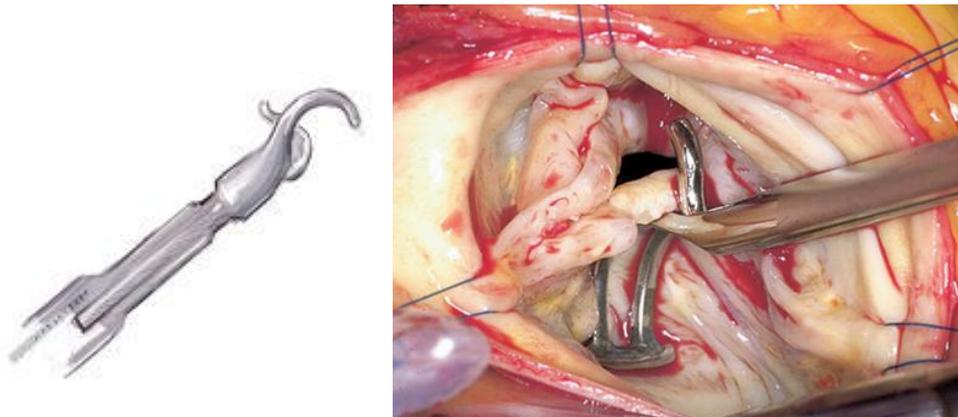


Figura 76: Medidas a nivel de la raíz aórtica. Estimación de la altura de los velos con medidor tipo “Caliper”(Fehling Instruments, Karlstein, Germany) diseñado por Schäfers. (Lansac E. *Ann Thorac Surg*, 2013/ Schäfers HJ. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006).

Como variante al medidor propuesto por el Dr. Schäfers, el Dr. Nistal diseña y propone un nuevo elemento medidor de la altura efectiva de los velos. Este elemento ha sido utilizado en los últimos casos llevados a cabo en la serie analizada en esta Tesis Doctoral, y se muestra en la figura adjunta.

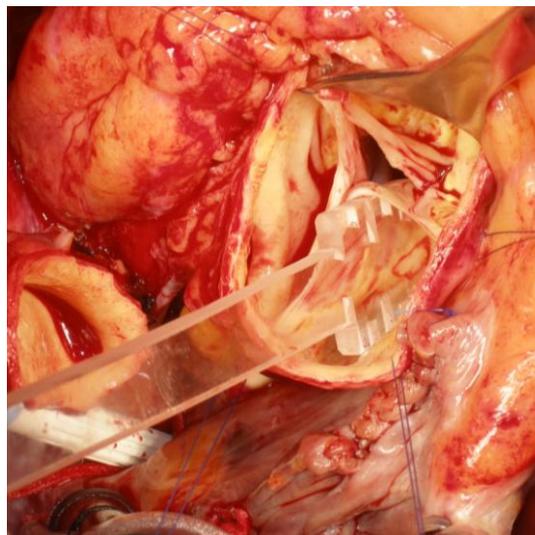


Figura 77: Medida de la altura efectiva de los velos aórticos con un elemento novedoso diseñado por el Dr. Nistal. Imagen intraoperatoria.



8. Reimplante de los ostia coronarios: una de las principales complicaciones en este paso, consiste en el acodamiento del ostium coronario, que puede derivar en una oclusión del mismo. Además, una inadecuada sutura del mismo, puede derivar en un sangrado muy difícil de controlar posteriormente dada la localización y estructuras que implica. Por ello, este paso será de crucial importancia.

El botón coronario izquierdo con un remanente de pared aórtica alrededor de 6-8 mm se implanta inicialmente, con una sutura continua de 5-0 de polipropileno al injerto, comenzando por la zona inferior del botón aórtico. Inicialmente la sutura se pasa cercana al orificio de apertura del ostium coronario, y a medida que se va ascendiendo con la sutura a lo largo de la circunferencia que describe, la sutura se va alejando del orificio de entrada al mismo (289, 294).

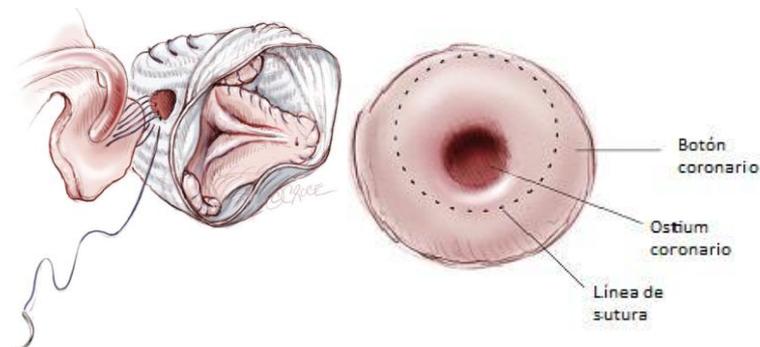


Figura 78: Técnica de reimplante de los ostia coronarios al injerto de Dacron. (De Kerchoue L. *Ann Cardiothorac Surg*, 2012).

El uso de bandas de Teflon o de pericardio autólogo alrededor de los botones coronarios con el fin de reforzar la sutura y prevenir sangrados serán opcionales, pero sí recomendados, sobre todo en los casos en que la técnica se realiza en el seno de una disección aórtica. A continuación, se reimplanta el botón coronario derecho, aunque este puede realizarse también posterior a la sutura distal del injerto en la aorta ascendente. Los botones coronarios, y se realiza la anastomosis distal del injerto tubular.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Figura 79: Reimplante de los ostia coronarios a través de sutura continua (De Kerchov. *Ann Cardiothorac Surg*, 2013).

9. Sutura distal del injerto a la aorta ascendente: Finalmente, la anastomosis distal del injerto se lleva a cabo con una sutura continua de polipropileno (Prolene®-Ethicon) 4/0 desde la pared posterior hacia la anterior. El empleo de tiras de Teflon para reforzar la pared aórtica distal y optimizar la hemostasia serán opcionales y estarán indicadas en caso de fragilidad aórtica, como ocurre en la disección aórtica.

Diferentes modificaciones se han descrito tratando de mejorar y optimizar la técnica inicialmente descrita por David, dirigidas principalmente a la creación de los neosenos de Valsalva que recreen una aorta lo más anatómica y funcional posible (18, 295). En el año 2002, es descrita por Miller, la “Técnica de David V- Modificación de Stanford”, en la cual se utilizan dos tubos de Dacron de distintos diámetros. El de mayor calibre, sustituye la raíz aórtica, y en su interior se reimplanta la válvula aórtica. El tubo de Dacron de menor diámetro, se sutura a nivel distal, y sustituirá la porción de aorta ascendente. Esta variación consigue la creación de neosenos aórticos cilíndricos, facilita la realización del procedimiento, consigue mejora adaptabilidad de tamaños y reproduce de una manera más aproximada la geometría tridimensional de la raíz aórtica.

Las técnicas reparadoras asociadas son diversas. En general, en el caso de válvulas aórticas tricúspides, se realiza una plicatura del velo a nivel del nódulo de Arancio con una sutura de polipropileno 7/0, estimando la longitud del margen libre del velo con respecto al resto de los velos restantes. Si la longitud del margen libre del velo es excesivamente largo (>3 mm), se reduce con el acortamiento del margen libre



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

cercano a las comisuras con sutura de polipropileno 5/0 (296). Más tarde, estas suturas se aplicaron en la parte central del margen libre, hasta lograr una longitud idéntica con la del resto de velos no prolapsantes. En el caso de la presencia de calcificación de velos, la plicatura de los mismos puede ser dificultosa, por la dificultad de suturar los mismos, con el alto riesgo posterior de dehiscencia de la sutura. Por este motivo en series como la de Langer o Schäfer se ha evitado su realización (297).

En definitiva, y tras las diferentes modificaciones, se ha comprobado que la técnica de reimplante valvular aórtica o Técnica de David en comparación con la técnica de remodelado, proporciona mayor estabilidad anular, mejor soporte de la pared aórtica y en definitiva, menos posibilidad de insuficiencia valvular aórtica en el postoperatorio. Además, permite realizar una reconstrucción de los senos de Valsalva, permitiendo reducir el estrés mecánico valvular minimizando el riesgo que supone el contacto de los velos valvulares aórticos con la pared del injerto tubular (22, 202).

7.2.1. Cálculo del diámetro del injerto para la Técnica de David.

La determinación del diámetro del injerto necesario es probablemente uno de los pasos más importantes en las operaciones de preservación valvular, y motivo de controversia desde la aparición de las mismas. Para ello, se deben tener en cuenta cuatro principios fundamentales tanto anatómicos y funcionales relativos a la raíz aórtica.

1. Por un lado, el concepto de anillo aórtico funcional o unión sinotubular y por otra, la de unión ventrículo-arterial. Ambas estructuras proporcionan soporte a los velos aórticos, y una distorsión de los mismos, puede conducir al prolapso o retracción de las cúspides, conduciendo a una insuficiencia aórtica residual.
2. En la raíz aórtica sana, ambas estructuras anatómicas, la unión sinotubular y la unión ventrículo arterial guardan una relación dimensional proporcional, por la cual la unión sinotubular es aproximadamente un 10-15% más pequeña que la unión ventrículo arterial. Sin embargo, estas proporciones se ven alteradas en pacientes con raíz aórtica patológica, dilatándose uno o ambos componentes (51, 298).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

3. A medida que los componentes de la raíz aórtica se van dilatando, las cúspides aórticas van sufriendo un fenómeno de remodelado, tratando de adaptarse y compensar para prevenir el que se genere una insuficiencia valvular. Esta es la principal razón por la cual, existen pacientes con una dilatación significativa de la unión sinotubular o el anillo aórtico, sin presentar insuficiencia valvular significativa. Esto obedece a que los velos aórticos se adelgazan y elongan, e incluso sufren fenestraciones.
4. Finalmente, la diferencia existente entre las técnicas de remodelado, la cual afecta principalmente a la región de la unión sinotubular, sin lograr estabilizar la unión ventrículo arterial, a diferencia de la técnica del reimplante valvular aórtico, que involucra tanto a la unión ventrículo arterial como a la unión sinotubular.

Realizar una correcta estimación de los diámetros tanto del anillo aórtico como de la unión sinotubular para poder estimar el diámetro correcto del injerto tubular, permanece siendo un asunto complejo. Ha sido un tema de estudio y discusión frecuente por parte de los distintos equipos quirúrgicos, desde la aparición de estas técnicas, hasta la actualidad, realizándose modificaciones a lo largo de todos estos años.

David y colaboradores (1992) propusieron un algoritmo basado en la relación de proporciones dimensionales fisiológicas de la raíz aórtica (en los casos en que el anillo aórtico no se encuentra dilatado), el cual permitía a través de un sencillo cálculo, estimar el diámetro del injerto adecuado para cada intervención (125).

La altura de los velos aórticos, es la medida más valorada a la hora de estimar el diámetro ideal del anillo aórtico en pacientes con aneurisma de raíz aórtica, ya que mientras la pendiente de la curva en la base y longitud del borde libre de los velos puede ser modificada durante la técnica de resuspensión valvular aórtica, no ocurre lo mismo con la altura de los mismos, que no puede ser alterada con las maniobras quirúrgicas. Dos tercios de la altura correspondiente a los velos valvulares aórticos es la correspondiente con la zona de carga en diástole de la válvula aórtica en condiciones normales. La zona de coaptación entre los velos corresponde con el tercio restante. Por tanto, en una raíz aórtica ideal, el diámetro interno del anillo aórtico en el área ventrículo-arterial sería aproximadamente $4/3$ de la altura promedio de los velos. En la



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

fórmula descrita por David, se aplica un suplemento convencional de 5mm con el fin de compensar de una manera aproximada el espesor de la pared aórtica (2.5 mm de grosor de pared aórtica por cada uno de los lados) (125).

$$\text{Diámetro del injerto tubular} = [4/3 \times \text{altura media de los velos aórticos (mm)}] + 5 \text{ mm}$$

Otra técnica propuesta por David posteriormente, propone medir la altura de cada uno de los velos aórticos, hacer la media de la suma de los mismos, y multiplicar el resultado por dos. El número resultante será el diámetro del injerto tubular de Dacron necesario (22, 298)

$$\text{Diámetro del injerto tubular} = \text{Altura media de los velos aórticos (mm)} \times 2$$

Gleason y Aybek, utilizan un algoritmo distinto al descrito por David, para estimar el diámetro de injerto necesario (299, 300).

$$\text{Diámetro del injerto tubular} = 2 \times \text{h (altura media en mm de los velos aórticos)} \times 2$$

Boodhwani formuló otro método de medición surgido a raíz de la observación del comportamiento de los velos aórticos con la tracción de las comisuras en las prótesis valvulares biológicas



Figura 80: Alteración de los velos aórticos dependiente de la tracción de las comisuras en una bioprótesis. (Boodhwani M. *Ann Thorac Surg*, 2013).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Consiste en traccionar a través de suturas de tracción de las comisuras valvulares y aproximarlas hasta conseguir que las cúspides aórticas presenten una adecuada coaptación. Con un medidor de Hegar, podremos determinar el diámetro del injerto a utilizar (298).



Figura 81: Tracción necesaria a nivel de las comisuras valvulares para conseguir realizar una medición correcta de la unión sinotubular, y con ello una correcta elección del diámetro del injerto de Dacron a utilizar. (Boodhwani M. *Ann Thorac Surg*, 2013).

Otra forma sugerida, se basa en la distancia existente entre las comisuras valvulares. Considera las comisuras como parte de un triángulo equilátero, por lo que el diámetro del injerto resultará escogiendo un diámetro 15% mayor que la media de la distancia entre comisuras (298, 301).

Sin embargo, todas estas técnicas descritas anteriormente son válidas para las válvulas tricúspides, pero de difícil aplicabilidad para las válvulas bicúspides. Una técnica simple, reproducible, y aplicable tanto a válvulas bicúspides como tricúspides fue descrita también por Boodhwani (298). El método se basa en la medida de la altura de los triángulos intercomisurales. Se realiza trazando una línea horizontal a la altura del velo no coronario y coronario izquierdo, y otra línea horizontal que uno la porción más basal de los mismos. La distancia entre ambas, corresponde con la altura de los triángulos intercomisurales, y esto corresponderá con el diámetro externo de la unión



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

sinotubular de una raíz con válvula aórtica competente. Si esta medida no corresponde con una diámetro concreto de injerto, se escogerá el diámetro inmediatamente superior a esta medida (298, 302).

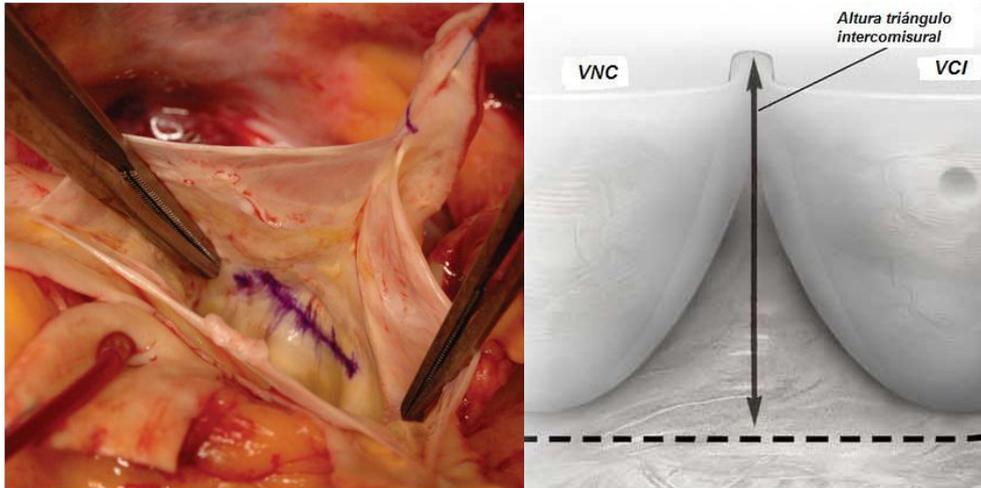


Figura 82: Línea subvalvular a partir de la cual se mide la altura de los triángulos intervalvares, y la medida de la altura del triángulo intervalvar. (Boodhwani M. *Ann Thorac Surg*, 2013).

Otra forma de calcular el diámetro del injerto en los casos en que el anillo aórtico se encuentra dilatado, consiste en realizar una medida de la longitud del borde libre de todos los velos valvulares, realizar una media entre los mismos a partir de la cual, un injerto de diámetro 10% menor a la medida obtenida será el utilizado. Sin embargo, del amplio conocimiento anatómico de la raíz aórtica y su estudio, años más tarde, se postula una ecuación matemática propuesta por David y Feindel, que permite calcular el diámetro del injerto necesario para la realización de la Operación de David V-Miller I o Modificación de Stanford (en la cual se utilizan dos tubos rectos de Dacron de diferente diámetro) (218). En este caso, la medida obtenida gracias a esta ecuación, correspondería al diámetro del injerto proximal:

$$\text{Diámetro del injerto} = \left[\left[H \text{ (altura media de los tres velos aórticos)} \times 2 \right] \times 0,67 \right] + 2 \times \text{Ao} \text{ (grosor de la pared aórtica en mm)}$$



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

También se ha sugerido la utilización de injertos con un diámetro dos veces la media de altura de los velos aórticos, ligeramente sobreestimado. De esta forma la unión sinotubular resulta mayor a la necesaria, por lo que es posible recrear neo-senos aórticos, a través de la plicatura del injerto a nivel de los espacios que quedan entre las comisuras, y no encima de las mismas para prevenir distorsión del anillo aórtico. La estimación del tamaño se realiza tomando la media de la altura de los velos aórticos por duplicado (218, 298). El diámetro del injerto tubular de Dacron implantado a nivel distal, es calculado en función del diámetro estimado de la nueva unión sinotubular, que se aproxima al diámetro habitual de la aorta distal en el lugar donde se realiza la anastomosis (125, 218).

7.2.2. Implicaciones de la medida del injerto tubular.

Tanto en el caso de los injertos rectos de Dacron, o los injertos de Valsalva con neosenos, el diámetro del injerto tubular determinará el diámetro de la unión sinotubular y la unión ventrículo arterial. Los diámetros de Dacron disponibles oscilan entre 26-36 mm, siendo los más utilizados los diámetros entre 28-32 mm. Pequeñas oscilaciones en el diámetro del injerto seleccionado, inducirán potencialmente pequeñas distorsiones valvulares que podrán ser corregidas o no, en función de su severidad (298).

- A. Si el diámetro del injerto elegido es demasiado pequeño, la coaptación de los velos valvulares aórticos se realizará a un nivel menor, lo que conducirá a un prolapso de los mismos y a una insuficiencia valvular. La presencia de un anillo aórtico reducido, debería conducir teóricamente a una estenosis aórtica, aunque en la realidad esto sea raramente observado.
- B. Si el diámetro del injerto es demasiado grande, las consecuencias serán menos graves. Dado que el injerto tubular es flexible, intraoperatoriamente podrá tratarse de reducir el diámetro a nivel de la unión ventrículo arterial al realizar mayor tracción en la sutura proximal. La sutura supra- valvular también podrá ir adaptándose y acomodando el exceso de injerto. Sin embargo, una unión sinotubular demasiado grande, puede plantear un problema que conduzca a una insuficiencia valvular aórtica central, por mala



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

coaptación de los velos aórticos. De ahí, el que pueda solucionarse suturando un injerto de menor diámetro a dicho nivel, como ocurre en la técnica David V-Miller, con la creación de los neosenos de Valsalva (218).

De estas consideraciones, pueden obtenerse varias conclusiones fruto del análisis y la experiencia de los grupos más entrenados en este tipo de intervenciones. Ante la duda de elección entre un injerto mayor o menor, la elección del injerto de mayor tamaño, a priori, planteará menor problemas con la función valvular. Por otro lado, el conocimiento anatómico de la raíz aórtica, de las implicaciones del tamaño del injerto y de las técnicas de reparación valvular aórtica pueden permitir corregir pequeños errores en la medida del mismo, o pequeñas distorsiones resultantes en la válvula a través de la realización de correcciones más complejas, como puede ser, la elección de un injerto de menor tamaño de forma deliberada, para conseguir una mejor coaptación de los velos en el caso de una válvula aórtica con restricción de los mismos.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

**8. ELECCIÓN DE PACIENTES:
INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES
DE LAS TÉCNICAS DE REEMPLAZAMIENTO DE
RAÍZ AÓRTICA CON PRESERVACIÓN VALVULAR.
COMPLICACIONES ASOCIADAS**



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



8. ELECCIÓN DE PACIENTES: PRINCIPALES INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES DE LAS TÉCNICAS DE REEMPLAZAMIENTO DE RAÍZ AÓRTICA CON PRESERVACIÓN VALVULAR. COMPLICACIONES ASOCIADAS

8.1. INDICACIONES GENERALES:

A medida que los procedimientos de sustitución de raíz aórtica con preservación valvular se han ido realizando y extendiendo en los distintos grupos, y con ello, mejorando los resultados de los mismos, se han ido ampliando las indicaciones de este tipo de técnicas. Especial interés adquieren estas técnicas en determinados grupos de pacientes, por las ventajas que proporcionan.

Las principales indicaciones para la realización de las técnicas de reemplazamiento aórtico con preservación valvular aórtica son:

-Dilatación o aneurisma de aorta ascendente con afectación de raíz, con o sin insuficiencia aórtica asociada, y con velos aórticos intactos o con lesiones valvulares aórticas en grado leve o moderado (estenosis aórtica, insuficiencia aórtica y válvula bicúspide), susceptibles de reparación (303, 304).

-Dilatación o aneurisma de aorta ascendente con afectación de raíz, con o sin insuficiencia aórtica asociada, en pacientes con válvula aórtica bicúspide o afectos de alteraciones estructurales a nivel de pared aórtica como el Sd. Marfan, Síndrome Loeys-Dietz, etc.

-Dissección de aorta ascendente aguda o crónica con afectación de raíz aórtica.

- Aneurisma de aorta ascendente con afectación de raíz, con o sin insuficiencia aórtica asociada, en pacientes que no descartan la maternidad, o que por sus circunstancias personales o profesionales desean tener un estilo de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

vida en el cual el empleo de tratamiento anticoagulante sería una limitación (234, 303).

A. Aneurisma o dilatación de raíz aórtica

Entre las causas de los aneurismas de aorta torácica, encontramos fundamentalmente la degenerativa (causa principal de los aneurismas de raíz y aorta ascendente) y la aterosclerosis (etiología más frecuentemente encontrada en los aneurismas de aorta torácica descendente y cayado aórtico). Otras causas menos frecuentes de aneurisma de aorta serán la disección aórtica, la arteritis, los traumatismos o las infecciones como la sífilis o los aneurismas micóticos (305, 306).

Desde el punto de vista histológico, en los aneurismas de etiología degenerativa, suele encontrarse cambios degenerativos de las fibras elásticas y el colágeno de la capa media de la pared aórtica, además de una pérdida de celularidad y un depósito excesivo de material mucoide, todos ellos cambios definidos como la necrosis quística de la media. Sin embargo, este hallazgo se ha asociado también con diversas entidades clínicas como el Síndrome de Marfan, síndrome de Loeys-Dietz, o el Síndrome de Ehlers-Danlos tipo IV familiar o esporádico. Casos de válvula aórtica bicúspide congénita y otros síndromes familiares de aneurismas de aorta torácica y otros síndromes como el Síndrome de Turner o Noonan, se han asociado además a la patología aneurismática degenerativa (306).

No ha habido un consenso claro en las diferentes guías clínicas y sociedades internacionales en cuanto a las dimensiones límite y la indicación quirúrgica. Fue publicada con anterioridad una serie del grupo de Toronto, la cual observaba que la mayoría de válvulas aórticas con raíces por debajo de 50 mm de diámetro, aparentemente eran normales. Un 50% de las válvulas son de apariencia normal cuando el aneurisma a nivel de la raíz aórtica tiene unas dimensiones comprendidas entre 50-60 mm. En los casos en que este diámetro es mayor a 60 mm, la mayoría de válvulas aórticas tiene anomalías aparentes, con lo cual, se indicaría una técnica de reconstrucción de raíz aórtica con injerto valvulado (250). Inicialmente, y en población general se había establecido una medida igual o superior a 55 mm de diámetro aórtico en aneurismas de etiología aterosclerótica, para tomar la decisión quirúrgica. Sin embargo para aneurismas de causa degenerativa, se observó que hasta un 35% de las



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

disecciones o roturas se producían con diámetros iguales o menores al dado inicialmente, por lo que la cifra límite debe descender a los 5 cm para el Síndrome de Marfan o incluso a los 44-46 mm para el Síndrome de Loeys-Dietz (306). Los mayores predictores independientes de rotura o disección fueron el diámetro aórtico mayor a 50 mm, el sexo femenino, la presencia de Síndrome de Marfan y la presencia de dolor relacionado con el aneurisma. La tasa de crecimiento anual global se ha estimado en un 0,1 cm/año, siendo menor en la aorta ascendente comparado con la descendente (0,07 vs 0,19 cm/año, respectivamente). El riesgo de rotura de los aneurismas de aorta torácica guarda una clara relación con el diámetro transversal máximo y con la presencia de clínica relacionada. Para diámetros inferiores a 5 cm, el riesgo estimado es del 2% al año, del 3% entre 5-5,9 cm, pero si el diámetro es mayor o igual a 6 cm, el riesgo asciende a un 7% (306).

En aquellos casos en que la dilatación de raíz aórtica es diagnosticada, evitar el reemplazamiento valvular aórtico con tubo valvulado, o el empleo de válvulas porcinas sin stent, supone un beneficio potencial para los pacientes. En estos casos, las técnicas de plicatura de la unión pueden ser válidas, así como las técnicas de sustitución de raíz aórtica con preservación valvular (307, 308). Los motivos por los que se toma la decisión de intervenir pacientes asintomáticos con dilatación de aorta ascendente, radica en prevenir el riesgo que existe de disección aórtica, especialmente alto en pacientes con alteraciones estructurales de la pared aórtica. La existencia de válvula bicúspide o el prolapso valvular aórtico, no son a día de hoy circunstancias que contraindiquen la preservación valvular aórtica a priori. Será preciso examinar los velos valvulares aórticos y el mecanismo de producción del prolapso, para poder estimar la posibilidad de preservación valvular. Salvo en los casos de calcificación y desestructuración severa, en los que la reparación no es viable, los demás grados, pueden ser subsidiarios de técnicas de reparación valvular (decalcificación, etcétera) asociada, lo que permita conservar la válvula aórtica nativa. Las indicaciones de las intervenciones en las que se preserva la válvula aórtica, se han ampliado en los pacientes con historia familiar previa de disección aórtica, o en pacientes afectados de Sd. Marfan portadores de válvulas bicúspides, y con dilataciones de raíz aórtica. En éstos, dado que la dilatación del anillo aórtico y de la unión sinotubular, aumenta el estrés mecánico a nivel de los velos aórticos, David, creador de la técnica de reimplante



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

valvular, considera que esta técnica debe llevarse a cabo cuando el diámetro de la raíz aórtica alcance los 50 mm de diámetro o de 45 mm si existen factores de riesgo (31).

Las guías clínicas más recientes publicadas por la Sociedad Europea de Cirugía Cardio-Torácica y Cardiología (ESC) incluyeron la indicación de cirugía en pacientes con enfermedad de raíz aórtica (independientemente de la severidad de la insuficiencia aórtica asociada) para (306, 309):

-Pacientes con diámetros de aorta ascendente mayor o igual a 55 mm.

-Pacientes con Síndrome de Marfan y diámetro máximo de aorta ascendente mayor a 50 mm o de 45 mm si coexisten factores de riesgo (tales como historia familiar de disección aórtica, tasa de crecimiento aórtico mayor de 2 mm/año, insuficiencia aórtica o mitral severas o embarazo).

-Pacientes con válvula aórtica bicúspide y factores de riesgo (tales como historia familiar de disección aórtica, tasa de crecimiento mayor de 2 mm/año, presencia de hipertensión arterial o coartación de aorta), con diámetro mayor o igual a 50 mm.

Las indicaciones dadas por las Sociedades Americanas (American Heart Association/American College of Cardiology Foundation), indican (310):

-Indicación Clase I:

-Pacientes asintomáticos con aneurismas de aorta degenerativos, hematomas intramurales, disección crónica, aneurismas micóticos o pseudoaneurismas, con diámetros iguales o mayores a 55 mm.

-Pacientes asintomáticos con Síndrome de Marfan u otras colagenopatías, a diámetros mayores de 4 o 5 cm dependiendo de condiciones adicionales al paciente.

-Pacientes con rápido crecimiento de la aorta (0,5 cm/anuales) por debajo de los 5.5 cm.

-Pacientes sometidos a cirugía valvular aórtica con diámetro de aorta superior a 4.5 cm.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

-Indicación Clase IIa:

-Pacientes con Sd. Marfan, válvula bicúspide u otra aortopatía familiar, en que la ratio entre el área (Πr^2) de aorta ascendente o la raíz aórtica (cm^2) dividido por la altura del paciente en metros, excede de 10.

Tabla 8: Resumen de las principales recomendaciones de cirugía de aorta ascendente recogidas en las Guías Clínicas más recientes.

Situación clínica	Diámetro aórtico límite	Grado de recomendación	Grado de recomendación	Guía clínica	Año
Dilatación de raíz aórtica	≥ 55 mm	c	IIa	Guías ESC Enfs. Aorta	2014
Válvula aórtica bicúspide con indicación quirúrgica	> 45 mm	c	I	Guías ESC Enfs. Aorta	2014
Válvula aórtica bicúspide sin factores de riesgo	> 55 mm	a c	I I	AHA/ACC valvulopatías ESC Aorta	2014
Válvula aórtica bicúspide con factores de riesgo	> 50 mm	c c	IIa I	AHA/ACC valvulopatías ESC Aorta	2014
Sd. Marfan sin factores de riesgo	≥ 50 mm	c	I	Guías ESC Enfs. Aorta	2014
Sd. Marfan sin factores de riesgo	≥ 45 mm	c	IIa	Guías ESC Enfs. Aorta	2014

B. Aneurisma o dilatación de raíz aórtica con o sin valvulopatía aórtica asociada:

B1. Estenosis aórtica:

Los casos en que la válvula aórtica presenta lesiones calcificadas en grado ligero o moderado, con pequeños depósitos de calcio muy localizados y limitados a pequeñas porciones valvulares, o cuando la válvula no se encuentra desestructurada, una decalcificación manual o desbridamiento puede ser posible, llevándola a cabo tanto a



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

nivel del anillo, para mejorar su capacidad de deformación, como a nivel de los velos valvulares, y con ello lograr una mayor movilidad de los velos aórticos (311). En los casos de válvulas aórticas bicúspides, cuando los velos son finos, móviles, y con superficie lisa, y buenos márgenes de coaptación, las posibilidades de reparación valvular y por tanto de preservación son altas. Además, la técnica puede parecer a priori más fácil de llevar a cabo, ya que solo existe una línea de coaptación entre velos, en lugar de las 3 presentes en las válvulas tricúspides (11, 297). Si bien, en el caso de las lesiones más severas, o con válvulas aórticas más desestructuradas, quizás sea necesario plantear un recambio valvular aórtico.

B2. Insuficiencia aórtica:

La mayoría de pacientes que presentan una insuficiencia valvular aórtica, son candidatos a una intervención para reparación de la válvula aórtica. Las técnicas de conservación valvular aórtica han ganado progresiva aceptación con el paso del tiempo como ya se ha comentado anteriormente. Esto ha venido reforzado por el hecho de que en las diferentes series publicadas con posterioridad, en las cuales a las técnicas de preservación valvular aórtica se han asociado técnicas de reparación valvular a nivel de los velos aórticos, no han resultado en un incremento de la mortalidad y morbilidad a corto y largo plazo (297).

Por otro lado, la insuficiencia aórtica es relativamente bien tolerada, y la mortalidad asociada a la insuficiencia aórtica crónica, en pacientes asintomáticos y con función ventricular conservada, es muy baja, manteniéndose estable hasta en un 75% a los 7 años de seguimiento, y un 58% a los 11 años, requiriendo sólo un 4-5% al año, someterse a cirugía valvular, por presencia de sintomatología o disfunción de la función ventricular (312). La insuficiencia aórtica crónica, en la mayoría de casos, se mantiene estable en un largo periodo de seguimiento, no estando indicado la cirugía de reemplazamiento valvular de forma profiláctica con el fin de evitar la disfunción ventricular futura (312, 313) .

Previo a la realización de estos procedimientos, es preciso diagnosticar, filiar e identificar las causas de la regurgitación aórtica para valorar las posibilidades quirúrgicas que existen, estimar las posibilidades de éxito de la misma y realizar la



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

elección correcta del procedimiento. Por estos motivos, se debe examinar los diferentes componentes que constituyen la válvula aórtica, con especial interés en los velos aórticos, ya que del estado y lesiones en los mismos, dependerá el que se pueda o no conservar la válvula aórtica. La ecocardiografía transesofágica es uno de los métodos de elección para el examen valvular previo a la intervención y en el periodo postoperatorio (170, 174, 313). A través de las imágenes que proporciona la ecocardiografía transesofágica podemos obtener la información necesaria para tomar la decisión de reparar o sustituir la válvula. Por un lado, la valoración del anillo aórtico, la unión sinotubular, los senos de Valsalva y la aorta ascendente. Por otra parte, el número de velos aórticos, su grosor y superficie, la línea de inserción y su borde libre, el movimiento del velo a lo largo del ciclo cardiaco, la interacción entre los diferentes velos aórticos, su línea de coaptación, así como estudios dinámicos, para valoración y cuantificación del jet de regurgitación así como su dirección (170, 174).

C. Sd. Marfan

En cuanto a las enfermedades que afectan a la formación del tejido conectivo, que representa un número relativamente amplio de los pacientes afectos por patología de raíz, no ha existido un claro consenso. A lo largo de los años, ha existido gran controversia en relación a la indicación de estas técnicas de preservación valvular aórtica en los pacientes afectos por este síndrome. Como ya se comentó previamente, en el origen de estas técnicas, no sólo los pacientes afectos por este tipo de intervenciones no eran tributarios de las mismas, sino que constituían una contraindicación. Sin embargo, a pesar de la evidencia de alteraciones estructurales demostradas a nivel de los velos aórticos en los pacientes afectos con Sd. Marfan (alteraciones similares a las encontradas a nivel de la pared aórtica), la presencia de Sd. Marfan no es en la actualidad una contraindicación para llevar a cabo una intervención de preservación valvular aórtica con sustitución de raíz, de hecho, podríamos decir que el grupo de pacientes afectos por Sd. Marfan o enfermedades relacionadas, son uno de los grupos, a los que estas técnicas van dirigidas (174, 239, 306, 310, 314). Eludir el tratamiento anticoagulante de por vida pacientes en pacientes afectos por alteraciones del colágeno, como el Sd. de Marfan, supone un mayor beneficio ya que debido a su enfermedad y afectación de pared arterial, presentan formación de aneurismas a nivel sistémico, en otros territorios arteriales, y por ello se exponen a mayor número de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

intervenciones a edades tempranas. Presentan una alta probabilidad de precisar también intervenciones quirúrgicas a otros niveles por patología relacionada con la propia enfermedad (oftalmológicas, musculoesqueléticas, etc.), un alto riesgo de disección aórtica y por lo tanto, necesidad de una segunda o tercera reoperación posterior, con el difícil manejo pre y postoperatorio que supone el estar bajo tratamiento anticoagulante continuo. Por este motivo, evitar el tratamiento anticoagulante se convierte en un objetivo primordial (163, 315).

Los excelentes resultados de la misma comprobados a medio y largo plazo, así lo han demostrado (316-318). Razones como la posibilidad de realizar un resección mayor de tejido aórtico aneurismático (una de las premisas necesarias en estos pacientes con el fin de eliminar la mayor cantidad de tejido aórtico afecto, y con ello disminuir las probabilidades de su dilatación), así como la importante ventaja de evitar los efectos derivados del tratamiento anticoagulante en los pacientes intervenidos (por lo general pacientes de edades jóvenes), han postulado que esta técnica tiene mejores resultados que la sustitución combinada de raíz aórtica y válvula con injerto valvulado (237).

El principal mecanismo de producción de insuficiencia aórtica en los pacientes con Sd. Marfan, es la anuloectasia aórtica o dilatación de los senos de Valsalva (319). En los pacientes con Sd. Marfan, se ha observado que los velos valvulares aórticos son de características normales, cuando se interviene a los pacientes a edades tempranas, siendo esta, la principal forma de evitar el deterioro de los mismos. Con diámetros aórticos mayores de 55 mm, se ha comprobado que los velos aórticos se ya encuentran adelgazados, y elongados, por lo que la reparación es más dificultosa y con resultados más dudosos (239, 314, 320). A día de hoy, no existe un consenso en cuanto a las recomendaciones en pacientes afectados de Sd. Marfan. Los criterios de inclusión varían de una serie a otra. Mientras en unas series el límite se sitúa en 50 mm de diámetro a nivel de raíz aórtica, o lo que es lo mismo, 1.5 veces el tamaño normal del arco aórtico, etc. (321), hasta un 15% de los pacientes seguían presentando disecciones con diámetros inferiores, por lo que en pacientes con válvulas bicúspides y en pacientes con Sd. Marfan, la pérdida del tejido elástico en la pared aórtica parece ser la clave de este fenómeno. En otras series, se ha propuesto como límite, el diámetro aórtico a nivel de los senos de Valsalva mayor a 45 mm, o los pacientes en los que el aumento del diámetro de raíz aórtico sea mayor a 2 mm por año, siendo el resto de raíz aórtica



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

favorable para la preservación valvular (velos aórticos de aspecto normal, sin prolapso, sin retracciones y simétricos) (306, 310, 314).

El definitiva, el análisis de las diferentes series, ha descrito unos resultados favorables en cuanto a supervivencia y estabilidad valvular de las técnicas de preservación en pacientes con Sd. Marfan (18, 177), con exclusión de los pacientes con un diámetro de raíz aórtica mayor a 60 mm o una insuficiencia preoperatoria severa, ya que la probabilidad de presentar insuficiencia aórtica postoperatoria es mayor (177, 322).

D. Síndrome de Loeys-Dietz:

Los avances llevados a cabo en el campo de la genómica, y mapeo genético, ha permitido identificar un nuevo síndrome relacionado con la aparición de aneurismas aórticos a edades muy tempranas, así como aneurismas en otros territorios vasculares. Esta entidad, ha recibido el nombre de Síndrome de Loeys-Dietz, y puede considerarse una variante más agresiva del síndrome de Marfan. Este síndrome es causado por una mutación a nivel del gen que codifica para el receptor del factor de crecimiento transformante beta (TGFBR1 y TGFBR2). Entre sus manifestaciones clínicas, además de los conocidos aneurismas aórticos y aneurismas cerebrales, se encuentran alteraciones musculo esqueléticas como escoliosis, aracnodactilia, pectus excavatum, así como alteraciones cráneo-faciales, como hipertelorismo y úvula bífida. Su descubrimiento ha confirmado el importante papel que tiene el TGF en la enfermedad aórtica aneurismática.

Estos pacientes presentan un alto riesgo de disección aórtica, con diámetros menores a los observados en el Sd. Marfan. De hecho, existen casos de rotura o disección aortica con diámetros cercanos a 40 mm de diámetro (323). Su diagnóstico se basa en los hallazgos clínicos, la historia familiar y el estudio genético. Dada la agresividad de la enfermedad a nivel vascular, es necesario seguir al paciente de manera periódica, con estudios ecocardiográficos y TAC o RMN. El empleo de RMN y la ausencia de radiación, es una de las técnicas de elección, dada la importante cantidad de exploraciones que es preciso realizar, y la poca edad de los pacientes (324). Dada la agresividad de este síndrome, y las graves consecuencias, el tratamiento quirúrgico debe plantearse de manera precoz. Las técnicas de preservación valvular y sustitución de raíz aórtica, al



igual que con el síndrome de Marfan, serán las indicadas en estos casos (306, 309, 310).

E. Disección aórtica:

La disección aórtica se caracteriza por la creación de una falsa luz en la capa media de la pared aórtica. Se considera aguda, si el cuadro clínico presenta menos de 14 días de evolución, y crónica si es mayor a este periodo. De acuerdo a su localización, se clasifican en diferentes grados o tipos, en función de la clasificación de De Bakey o la clasificación de Stanford (325, 326).

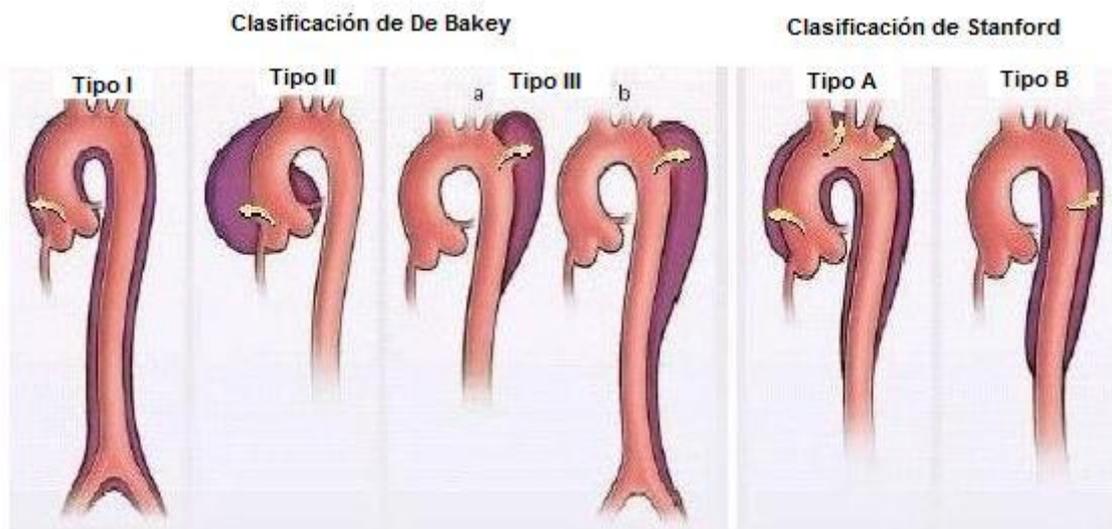


Figura 83: Clasificación de la disección aórtica en función de su localización. (Kouchoucos. NEJM. 1997).

Los casos de disección aórtica aguda tipo A, la indicación quirúrgica es independiente de la presencia de insuficiencia aórtica o no, ya que la cirugía emergente es necesaria para evitar la alta mortalidad de esta entidad. Para aquellos casos de disección aórtica crónica, pueden tratarse como dilataciones o aneurismas de aórtica estables, al no presentar la fragilidad tisular aórtica ni el grado de emergencia en cuanto a morbi-mortalidad tal como el que representa una disección aguda. El empleo de técnicas de preservación valvular es posible aunque reducido en la práctica habitual. Se ha llevado a cabo, aportando los beneficios comunes al resto de patología que afecta a la raíz aórtica, y además en estos casos, en los que se evitaría el empleo de anticoagulación, aporta el beneficio adicional de favorecer la trombosis de la falsa luz, y con ello la



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

reducción del riesgo de dilatación aneurismática futura (327, 328). A pesar de estas consideraciones, en realidad, la decisión final de preservar la válvula aórtica se realiza por el cirujano y generalmente de manera intraoperatoria, después de la inspección de los velos aórticos y la geometría de la raíz aórtica, y teniendo en cuenta la situación clínica del paciente, así como la confianza y experiencia quirúrgica del cirujano en ese momento (164). Series previas han mostrado unos resultados desfavorables en cuanto a morbi-mortalidad, por lo que se han limitado las indicaciones. Las razones por las cuales este tipo de intervenciones pueden no obtener los buenos resultados esperables, son principalmente: inexperiencia de los centros y cirujanos que lo llevan a cabo, insuficiente conocimiento de las características anatómicas y anatomopatológicas y sus implicaciones en la fisiología valvular, así como la falta de conocimiento profundo de estas técnicas quirúrgicas (329, 330).

En relación al riesgo de disección aórtica en función del diámetro aórtico alcanzado ha sido tratado con anterioridad. Svensson y colaboradores, determinaron que el riesgo de disección aórtica en las válvulas bicúspides no era muy diferente al riesgo presente en los pacientes con Sd. Marfan. El punto en común se encuentra en la alteración de las fibras elásticas. El 15% de pacientes con Sd. Marfan, presentan disección aórtica con un diámetro aórtico de 50mm o menor. En el caso de pacientes con válvulas aórticas bicúspides, la cifra es ligeramente menor, con 12,5%. Tras la integración de resultados de tomografías axiales computerizadas, resonancia magnética y estudios ecocardiográficos revisados para determinar el tamaño de la aorta previo a la intervención, se ha estimado un índice ratio, resultado del dividir el área aórtica (Πr^2 expresada en cm^2) con la altura del paciente (expresada en metros) (310, 321, 331, 332).

$$\text{Índice Ratio} = \Pi r^2 (\text{cm}^2) / \text{altura paciente (m)}$$

Esta correlación entre la sección de la aorta y la altura del paciente, tiene en cuenta el probable mayor riesgo de disección en pacientes con talla menor en comparación con los de mayor talla, y además tiene en cuenta el potencial riesgo de disección que aumenta exponencialmente, relacionado con el incremento progresivo del tamaño aórtico al ser utilizado el radio al cuadrado en lugar del diámetro. r: diámetro aórtico. Height: altura del paciente. Se recomienda por tanto, la intervención electiva en



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

pacientes con un ratio mayor de 10, en pacientes con dilatación de raíz aórtica y válvula bicúspide sintomática.

8.2 CONTRAINDICACIONES:

Frente a las técnicas de preservación valvular aórtica aparecidas, se han postulado diversas condiciones en las que no está indicada la realización de las mismas. Factores dependientes exclusivamente de la válvula aórtica y sus componentes, factores dependientes de la raíz aórtica, y factores dependientes del propio paciente han sido las principales razones expuestas, y que se describen a continuación.

8.2.1. Factores dependientes de la válvula y componentes:

En relación a los factores intrínsecos dependientes de la válvula y velos aórticos, inicialmente se propusieron como posibles contraindicaciones a la técnica, los pacientes con válvula aórtica bicúspide o la presencia de velos aórticos deformados o elongados, ya que estas alteraciones no eran reparadas con las mismas. Además, en los casos en que los velos aórticos estaban calcificados o fibróticos, la presencia de fenestraciones de velos o lesiones degenerativas, independientemente de su severidad, han hecho considerar a la válvula aórtica no reparable por algunos grupos, estando por tanto indicado el reemplazamiento valvular aórtico (175, 287, 303, 333, 334). Por otro lado, y en relación a las alteraciones estructurales a nivel de la raíz aórtica, no estaba justificada su realización ante aneurismas localizados a nivel de la aorta ascendente, que respetan la raíz aórtica y su límite inferior se localiza distal a la unión sinotubular. La plicatura de la unión sinotubular reduce la insuficiencia valvular como causa de la dilatación de la misma, y este procedimiento es indicado en pacientes en los que no se evidencie elongación del borde libre valvular (por ejemplo, aquellos casos en los que la dilatación de la unión sinotubular se ha producido de una forma rápida) (175, 303).

8.2.2. Factores dependientes del paciente:

En relación a los factores relacionados con la situación, comorbilidad y la edad del paciente las técnicas de preservación valvular han sido un tema controvertido (335).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Contraindicaciones en cuanto a la morbilidad asociada también han sido formuladas. Una serie publicada por Kallenbach, en un paciente con enfermedad inflamatoria, como la enfermedad de Wegener, en el cual se evidenció adelgazamiento y signos claros de una reacción inflamatoria de los velos, lo que puede influir en la necesidad de una reoperación precoz por degeneración valvular, lo que ha llevado a excluir de este tipo de intervenciones a pacientes con enfermedades inflamatorias (164).

En relación a la edad se han sugerido argumentos contrapuestos. Se ha expuesto como en pacientes mayores de 75 años, afectos de una dilatación de raíz aórtica, la opción de una reconstrucción de raíz, con un injerto tubular valvulado como la Operación de Bentall-De Bono, sería una opción más sencilla y rápida. Por otra parte, la preservación valvular aórtica, ha mostrado estar asociada con una baja incidencia de endocarditis, y la ausencia de tratamiento anticoagulante, los cuales son argumentos a favor de la realización de esta técnica en pacientes de edades avanzadas (335).

8.2.3. Factores dependientes de la propia técnica:

El desconocimiento y una más exigente curva de aprendizaje necesaria a la hora de llevar a cabo la técnica de preservación valvular(336). Por otro lado, lo anteriormente expuesto sumado a la mayor complejidad técnica con respecto a las técnicas de sustitución de raíz aórtica por un conducto valvulado, podría implicar unos tiempos quirúrgicos de circulación extracorpórea e isquemia miocárdica más prolongados y de forma secundaria una mayor incidencia de fallo ventricular postoperatorio (337).

8.3. COMPLICACIONES ASOCIADAS A LAS INTERVENCIONES DE PRESERVACIÓN VALVULAR AÓRTICA:

La superioridad de las técnicas de preservación valvular, no sólo radica en la estabilización del anillo, sino que en comparación con otras técnicas se han observado menores gradientes aórticos en comparación con la técnica aislada de anuloplastia subcomisural. Estos resultados son fruto del aumento en la movilidad de los velos aórticos por el remodelado de raíz, y la estabilización del anillo aórtico funcional y de la válvula durante la resuspensión de la misma (338).



Dentro de las posibles complicaciones asociadas a estas técnicas, se incluyen:

Insuficiencia valvular aórtica residual:

La insuficiencia valvular aórtica residual puede darse por prolapso de velos, porque la altura de coaptación de los velos aórticos sea demasiado corta o se realice a un nivel demasiado bajo en el interior del tubo protésico, lo que conducirá a la creación de una insuficiencia aórtica que a corto o medio plazo requerirá reintervención. Por otra parte, la progresión de la fibrosis y/o calcificación a nivel de los velos aórticos, puede incrementarse en el seguimiento y conducir al fallo valvular.

De forma general, en la mayoría de ocasiones, la presencia de una insuficiencia aórtica residual mayor a grado II, indicaría la necesidad de una nueva entrada en circulación extracorpórea e intentar una nueva reparación valvular aórtica. De hecho, la gran mayoría de casos, serían susceptibles de ello. Sin bien, en la práctica, la adversidad de precisar una nueva segunda entrada en circulación extracorpórea, hace que la opción de sustituir la válvula por una prótesis sea la opción más elegida. El temor a un nuevo fallo en la reparación, conllevaría unos tiempos de circulación extracorpórea y quirúrgicos excesivos, con todos los riesgos derivados de la misma, lo que explicaría esta tendencia.

Endocarditis:

Las complicaciones infecciosas en forma de afectación valvular se han reportado en un mínimo número de pacientes (<0,2%) tras la reparación valvular aórtica (316, 317, 338), favorecido principalmente por preservar el tejido valvular nativo evitando el implante de prótesis valvulares.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

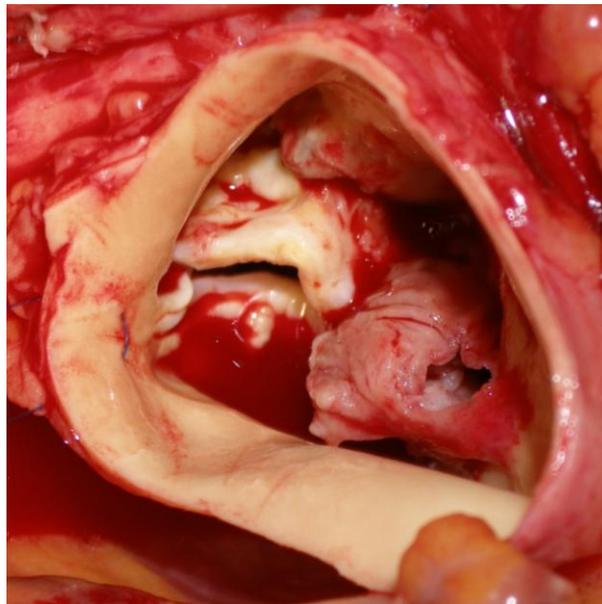


Figura 84: *Endocarditis sobre válvula aórtica nativa. Imagen intraoperatoria. Dr. Nistal.*

Fenómenos tromboembólicos y sangrados:

Otras de las posibles complicaciones que pueden asociarse a este tipo de técnicas, son por un lado las complicaciones tromboembólicas, y por otra, el sangrado postoperatorio. Si bien como es el caso de los accidentes cerebrovasculares están ausentes (126), o bien, presentan una frecuencia es muy baja para ambas entidades en la mayoría de series publicadas (<0,3%) (314, 316, 317).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

9. HIPÓTESIS



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



9. HIPÓTESIS:

En los pacientes con anuloectasia aórtica, las características preoperatorias clínicas y morfo-funcionales de la raíz aórtica condicionan los resultados inmediatos y a largo plazo de la cirugía de sustitución de la raíz aórtica preservando la válvula. El conocimiento de los factores predictores de supervivencia, estabilidad de la función valvular, reoperación y complicaciones a largo plazo para estos procedimientos ayudará a optimizar la selección de los pacientes tributarios de las mismas y, en último término, a mejorar sus resultados.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

10. OBJETIVOS



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



10. OBJETIVOS

1. Describir las características demográficas, clínicas y anatómicas de los pacientes sometidos a sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular a lo largo de las dos últimas décadas, en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.
2. Analizar la morbi-mortalidad precoz y los resultados clínicos a largo plazo en cuanto a supervivencia, incidencia de complicaciones mayores, función de la válvula aórtica y necesidad de reoperación a lo largo de un seguimiento de hasta 20 años.
3. Definir aquellos factores que se relacionan de manera independiente con la supervivencia, la estabilidad de la función valvular y la incidencia combinada de eventos adversos relacionados con el procedimiento después de la cirugía.

Se ha puesto especial interés en el análisis de la persistencia o recurrencia de disfunción valvular aórtica, ya que este aspecto constituye el talón de Aquiles de las técnicas de reparación valvular en general y más concretamente de las que implican la conservación de la válvula aórtica. Con ello se pretende optimizar la selección de los pacientes y la elección de la técnica para poder mejorar los resultados clínicos.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

11. MATERIAL Y MÉTODOS



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



11. MATERIAL Y MÉTODOS:

11.1. AMBITO

El análisis objeto de esta Tesis Doctoral, se llevó a cabo en el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, en Santander (Cantabria), el cual es un hospital de nivel terciario perteneciente al Servicio Cántabro de Salud y, con una capacidad de 900 camas. El Hospital Universitario Marqués de Valdecilla es en la actualidad centro hospitalario de referencia de la comunidad autónoma de Cantabria, dando cobertura a una población aproximada de unos 527.000 habitantes. Para la especialidad de Cirugía Cardiovascular es además el centro de referencia de la comunidad Autónoma de La Rioja y en algunos casos, se remiten pacientes desde otros puntos de la geografía española para su valoración y tratamiento, con lo cual abarca una población de referencia de 2.500.000 habitantes. Si bien, en la década de los años 90, periodo en que empieza el análisis de esta serie, este Servicio era centro al que se derivaban pacientes desde Galicia, País Vasco, La Rioja y Castilla y León.

11.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

En este estudio se han analizado los datos clínicos de todos los pacientes sometidos a cirugía de reemplazamiento de la raíz aórtica con preservación valvular en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, en el periodo de tiempo comprendido entre el 1 de Enero de 1994 y el 31 Junio de 2015, ambos inclusive. A lo largo del periodo de tiempo definido, se han llevado a cabo un total de 80 procedimientos de las características antes descritas, casuística que constituye la totalidad de la experiencia del equipo quirúrgico en este tipo de cirugía.

Se trata de un estudio observacional. La recogida de la información se ha realizado de forma prospectiva y protocolizada. El protocolo de seguimiento ha sido estandarizado, mediante la valoración anual en la Consulta Externa del Servicio y la realización de un ecocardiograma transtorácico de control con periodicidad anual a lo largo de todo el postoperatorio.



Criterios de inclusión:

Las indicaciones para la realización de este tipo de procedimientos han sido la presencia de un aneurisma de la raíz aórtica (dilatación de anillo aórtico, senos de Valsalva y unión sinotubular), con o sin afectación de la aorta ascendente o el cayado aórtico, o la presencia de disección aórtica crónica, en pacientes cuya válvula aórtica tenía los velos valvulares íntegros o con mínimas lesiones, y con independencia de la presencia o no de insuficiencia de la válvula. La decisión final de conservar la válvula aórtica la tomó en cada caso el cirujano responsable en la misma intervención, después de inspeccionar exhaustivamente los velos valvulares y la anatomía y geometría de la raíz aórtica.

En aquellos pacientes en los que no se sustituyó la raíz, la indicación de la plastia subcomisural se hizo en presencia de un aneurisma de la aorta ascendente sin afectación, o poca, de la raíz, pero que se asociaba a insuficiencia aórtica funcional por dilatación de la unión sino-tubular.

Criterios de exclusión:

- No se incluyeron en el estudio aquellos pacientes con patología de la raíz aórtica en los que únicamente se realizaron procedimientos sobre algún seno de Valsalva.
- Aquellos casos en los que en presencia de dilatación de raíz y/o aorta ascendente, dadas las características de la válvula aórtica o el paciente, se desestimó intraoperatoriamente la preservación valvular aórtica. Estos pacientes fueron sometidos en su mayoría a procedimientos de sustitución de raíz aórtica y válvula aórtica en bloque con la operación de Kouchoukos o Bentall, sustitución valvular aórtica y de aorta ascendente a nivel supracoronario (Operación de Wheat), o a la sustitución valvular aórtica asociada a plastia reductora o wrapping de la aorta ascendente.

Seguimiento y recogida de información

De los 80 pacientes incluidos en el análisis de forma prospectiva, no se ha perdido ningún paciente a lo largo de los más de 20 años de seguimiento. La serie presenta un



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

seguimiento acumulativo total de 637 paciente-años, y un seguimiento medio de 12 ± 5.8 años.

La distribución de las intervenciones a lo largo de todo el periodo de estudio se muestra en la Figura 85. El año en que se realizaron mayor número de intervenciones fue el año 2006, con 8 pacientes intervenidos (12%), seguido del año 1994 (primer año en el que se comenzaron a realizar estos procedimientos), el año 2000 y 2002 con 7 pacientes (10,6%) intervenidos en cada uno de estos años. Posteriormente, desde el año 2006 hasta el 2010, la tendencia fue decreciente, con un ligero incremento del número de intervenciones en el 2012 y 2014, aunque sin llegar a alcanzar el número de casos realizados los años iniciales.

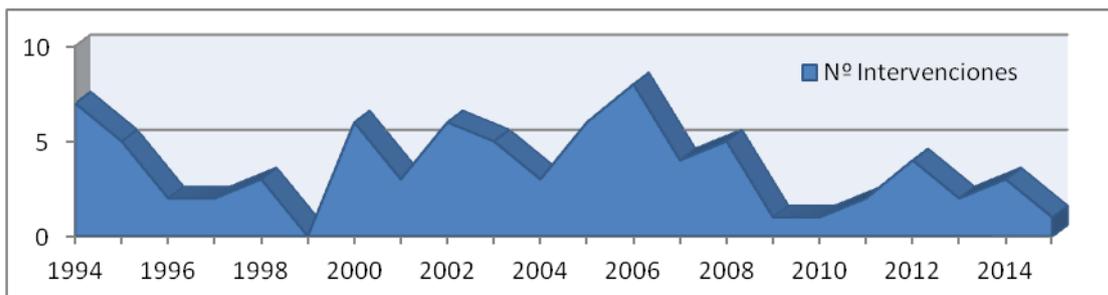


Figura 85: Distribución temporal de las intervenciones de preservación valvular con reemplazamiento de raíz, a lo largo de los 20 años de seguimiento de la serie.

El estudio descriptivo preoperatorio y postoperatorio de la serie incluyó:

- **Factores preoperatorios:** edad, sexo, dimensiones corporales, HTA, Síndrome de Marfan, valvulopatía bicúspide, disección aórtica, clase funcional preoperatoria e insuficiencia aórtica preoperatoria. Dimensiones aórticas y función ventricular preoperatorias.
- **Factores quirúrgicos:** técnica realizada, diámetro del injerto utilizado, tiempos de cirugía y número de reconversiones, técnicas asociadas.
- **Factores postoperatorios:** bloqueo AV completo, reintervención por sangrado, bajo gasto postoperatorio, complicaciones tromboembólicas y/o infecciosas,



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

insuficiencia aórtica post-CEC, insuficiencia aórtica al alta, estancias hospitalarias y resultados anatomopatológicos.

11.3. FACTORES ASOCIADOS A LA TÉCNICA QUIRÚRGICA

Las técnicas utilizadas en esta experiencia han sido varias e incluyen la práctica totalidad de las variantes descritas a lo largo del amplio intervalo temporal del estudio a medida que éstas fueron diseñadas. Así, se utilizaron tanto las técnicas de reimplantación de la válvula aórtica (técnica de David I, David IV, David V, David V con la modificación de Miller o Stanford), como la de remodelado de raíz aórtica o Técnica de Yacoub, siguiendo en todos los casos, la descripción de las técnicas originales, con ligeras variaciones o particularidades que describimos a continuación. Además, se incluyen 3 pacientes con aneurisma de la aorta ascendente e insuficiencia aórtica funcional en los que no fue necesario sustituir la raíz aórtica y la cirugía consistió en la sustitución de la aorta ascendente y la reducción de la circunferencia de la raíz mediante una plicatura subcomisural según técnica de Cabrol.

La sutura proximal del injerto al anillo aórtico, se realizó inicialmente con puntos de poliéster trenzado Ethibond Excel 2/0 (Ethicon) o TiCron 2/0 (Covidien Medline Industries, Inc) apoyados en Teflon grande. Inicialmente se aplicaban 12 puntos de fijación distribuidos a lo largo del anillo aórtico, pero en los últimos intervenidos, el número de puntos se redujo a 6 puntos (tres puntos bajo las comisuras y tres bajo los nadires de cada uno de los velos aórticos), siguiendo la descripción de David en sus últimas variantes.

La sutura distal, se realizó con sutura de Polipropileno 4/0 de aguja pequeña inicialmente y posteriormente de mayor longitud. Se utilizaron tres suturas desde el nadir hacia cada una de las comisuras valvulares. La sutura entre injertos para el caso del David V, se realizó con Polipropileno 4/0, alineando la misma a los nadires de la válvula. La sutura entre el injerto y la aorta distal, se realizó igualmente con sutura Polipropileno 4/0, apoyada y reforzada externamente a la aorta por una banda de Teflon de 5-8 mm de ancho aproximadamente.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La medida del injerto utilizado, se realizó siguiendo la fórmula de David inicial. Posteriormente, esta medida se ha simplificado, utilizando el diámetro de la unión ventrículo-arterial medido por ecocardiograma, a lo que se ha sumado 5 mm (lo que correspondería con 2.5 mm de grosor de pared aórtica por cada uno de los lados). La plicatura del injerto se ha realizado utilizando el dilatador de Hegar con un diámetro 2 mm mayor a la unión ventrículo arterial, sobre el que se han ajustado los puntos y plicado el injerto a la medida deseada. En el caso de los pacientes en que se realizó técnica de David V, se eligió un injerto proximal mayor en 8-10 mm que la medida estimada, con el fin de crear neosenos aórticos.

Los injertos tubulares protésicos utilizados fueron injertos rectos de Vascutek® Gelweave™ (Vascutek Ltd. Terumo company, Renfrewshire, Scotland). Su utilización responde a criterios de mayor flexibilidad del tejido y el injerto con el fin de facilitar la sutura y por tanto la técnica a realizar.

El cálculo de la medida a la cual se suturan las comisuras al injerto, se ha realizado generando tracción suficiente del injerto tubular hasta la mitad del recorrido del corrugado del mismo. Como método evaluador de la altura efectiva de los velos, y como alternativa al propuesto por el Dr. Schäfers, el Dr. Nistal diseña y propone un nuevo elemento medidor. Este elemento ha sido utilizado en los últimos casos llevados a cabo en la serie analizada en esta Tesis Doctoral, y se muestra en la figura adjunta.



Figura 86: Medida de la altura efectiva de los velos aórticos con un elemento novedoso diseñado por el Dr. Nistal. Imagen intraoperatoria.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Los pacientes en los que se pudo llevar a cabo de forma exitosa la cirugía de sustitución de raíz aórtica con preservación valvular, se asoció al alta tratamiento anticoagulante oral con acenocumarol durante los tres meses posteriores a la intervención.

11.4. DEFINICIONES

La clase funcional de cada paciente se determinó siguiendo la Clasificación de la New York Heart Association (NYHA), definida en 1964 (339), por la que se establecen cuatro clases funcionales (tabla 9).

Tabla 9:

	Clasificación funcional NYHA
Clase I	<i>No limitación de la actividad física. La actividad ordinaria no ocasiona excesiva fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.</i>
Clase II	<i>Ligera limitación de la actividad física. Confortables en reposo. La actividad ordinaria ocasiona fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.</i>
Clase III	<i>Marcada limitación de la actividad física. Confortables en reposo. Actividad física menor que la ordinaria ocasiona fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.</i>
Clase IV	<i>Incapacidad para llevar a cabo cualquier actividad física sin discomfort. Los síntomas de insuficiencia cardíaca o de síndrome anginoso pueden estar presentes incluso en reposo. Si se realiza cualquier actividad física, el discomfort aumenta.</i>

The Criteria Committee for the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Disease, 1964.

El bajo gasto cardíaco vino definido por la necesidad de apoyo inotrópico y/o vasoactivo en perfusión endovenosa durante las primeras horas-días tras la cirugía.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La estimación del grado de insuficiencia aórtica preoperatoria, se realizó a través de ecocardiografía transtorácica protocolizada, llevada a cabo por los diferentes cardiólogos pertenecientes a la Unidad de Ecocardiografía del Hospital Marqués de Valdecilla. La monitorización y estimación del grado de insuficiencia aórtica a la salida de CEC se realizó a través de ecocardiografía transesofágica en quirófano y fue llevada a cabo por Cardiólogos especializados en ecocardiografía.

La determinación del grado de insuficiencia aórtica al alta, y a lo largo de los sucesivos seguimientos anuales, se realizó por ecocardiografía transtorácica protocolizada (modo M, bidimensional, doppler y doppler color) por parte de los cardiólogos pertenecientes a la Unidad de Ecocardiografía del Servicio de Cardiología. Convencionalmente, el criterio para considerar la presencia de insuficiencia aórtica como indicador de fallo de la técnica, fue la presencia de insuficiencia aórtica mayor a grado II (mayor que leve) en al menos dos ecocardiogramas realizados anualmente a lo largo del seguimiento.

El grado de insuficiencia aórtica fue clasificado ecocardiográficamente, a través de imágenes en modo M, bidimensional, doppler y doppler color, en cuatro grados según los siguientes parámetros (171, 172, 340):

Tabla 10: Evaluación de la severidad de la insuficiencia aórtica por Doppler color.

	Insuficiencia aórtica LEVE	Insuficiencia aórtica MODERADA	Insuficiencia aórtica LEVE-MODERADA	Insuficiencia aórtica LEVE-MODERADA
Jet regurgitante	<25%	25-46%	47-64%	>65%
Área de jet en ventrículo izquierdo	<2 cm ²	2-5 cm ²	5-10 cm ²	>10 cm ²
Tamaño del jet en su inicio (vena contracta)				>8 mm

Serra V. Monocardio 2000.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Las dimensiones del anillo aórtico así como de raíz aórtica fueron así mismo, estimadas preoperatoriamente mediante ecocardiografía transtorácica. Las dimensiones de la aorta ascendente se analizaron mediante ecocardiografía transtorácica y tomografía axial computerizada preoperatoria.

Los casos incluídos en la serie, fueron intervenidos en el contexto de una disección crónica tipo A de acuerdo a la clasificación de Stanford, en la cual, se encuentra afectada la aorta ascendente (325, 326).

Como complicaciones o eventos cardiovasculares mayores incluimos aquellos eventos adversos mayores que pueden producirse a lo largo del seguimiento y que reflejan la seguridad y efectividad del procedimiento. En este análisis se incluye: insuficiencia aórtica mayor a grado 2 en el seguimiento, reoperación por cualquier causa, sustitución valvular aórtica, endocarditis, evento tromboembólico y éxitus.

11.5. MÉTODOS ESTADÍSTICOS:

Los datos de los pacientes se recogieron en una tabla de Excel de Microsoft Office (versión X.X). El análisis estadístico se llevó a cabo con los paquetes estadísticos JMP 12.0. del S.A.S Institute, GraphPad Prism 5.01 (GraphPad Inc., CA, USA) y STATA 10 (StataCorp LP).

Se ha realizado un análisis descriptivo, presentando las variables cuantitativas como la media \pm desviación estándar o error estándar (especificado para cada momento), en aquellos casos en que las variables seguían una distribución normal, así como la mediana y el rango intercuartílico (RIC), si no seguían una distribución gaussiana. Para ellos se utilizó el test de bondad de ajuste de Saphiro-Wilk. Las variables cualitativas se presentan como el número de casos y el porcentaje.

Se consideró estadísticamente significativo un valor umbral de p (α o probabilidad de cometer error estadístico tipo I) menor de 0,05.

El registro e informe de complicaciones se realizó siguiendo la Guía de consenso para el registro de mortalidad y morbilidad tras cirugía cardiaca valvular publicada en 2008 (341).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Se llevó a cabo un análisis actuarial de la incidencia de eventos clínicamente relevantes durante el seguimiento (muerte, recidiva de insuficiencia aórtica mayor a grado II en el postoperatorio, reintervención por cualquier casusa, reoperación para sustitución valvular aórtica, complicaciones o eventos cardíacos mayores y la combinación de ellos) mediante curvas de Kaplan-Meier. El análisis actuarial de la incidencia de eventos tardíos se ha hecho considerando el grupo total de pacientes sometidos a las técnicas de reemplazamiento aórtico con preservación valvular, como el grupo de aquellos sometidos exclusivamente a la técnica de reimplante aórtico. Para el cálculo de la incidencia de reintervenciones relacionadas con la patología aórtica acontecidas durante el seguimiento, evento cuyo riesgo se mantiene constante en el tiempo, se calculó la tasa linearizada de eventos \pm intervalo de confianza (n° eventos/paciente-año x 100).

Se investigó la posible presencia de factores relacionados con cada uno de los eventos relevantes en el seguimiento, mediante análisis univariante y multivariante utilizando test paramétricos y no paramétricos. Para la comparación de proporciones, se utilizó el análisis univariante. Tras este análisis, aquellos factores que resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) o cercanos a la significación estadística con el Índice de Pearson, Chi cuadrado o Test exacto de Fisher, fueron sometidos al análisis multivariante. La comparación de las variables cuantitativas se hizo utilizando test no paramétricos (Kruskal-Wallis) y la de aquellas cualitativas con el test del chi cuadrado y la modificación de Fischer cuando estaba indicada. El análisis multivariante se realizó mediante técnicas de regresión logística, y el poder o capacidad de discriminación se expresó gráficamente con el área bajo la curva ROC (“Receiver Operating Characteristic”), donde 1 representa un valor diagnóstico o discriminatorio perfecto, y 0,5 la ausencia de capacidad discriminatoria. Para evaluar la bondad de ajuste del test tras el análisis de regresión logística en el caso de la insuficiencia aórtica post-CEC, se realizó el Test de Hosmer-Lemeshow, considerándose estadísticamente significativa una $p < 0.05$.

Para la identificación de factores predictores de supervivencia, reparabilidad, insuficiencia aórtica y reoperación en el grupo de pacientes intervenidos con la técnica de David (en cualquiera de sus variantes), se realizó un análisis de regresión logística y



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

análisis de riesgos proporcionales de Cox. Además, se realizó una reevaluación del análisis de regresión con el método de bootstrapping, sobre 1000 iteraciones.

Para la comparación de dos variables ordinales, en este caso, el grado de insuficiencia aórtica preoperatoria y el periodo en que fueron intervenidos los pacientes de la serie (considerando tres periodos de 7 años consecutivos), se ha utilizado el Test Gamma de Goodman-Kruskal, donde gamma próxima a 0, indica que no hay tendencia, gamma próxima a +1, indica que al aumentar el periodo aumenta la insuficiencia y donde gamma cercana a -1, indica que al aumentar el periodo disminuye la insuficiencia.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

12. RESULTADOS:



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



12.RESULTADOS:

12.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO:

A continuación se detallan los datos preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios más importantes de los pacientes incluidos en el estudio.

12.1.1. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.

Edad y sexo:

La mediana de edad fue de 58 años, con un RIC de 47-66 años. La distribución de los pacientes por grupos de edad se muestra en la siguiente Figura 87.

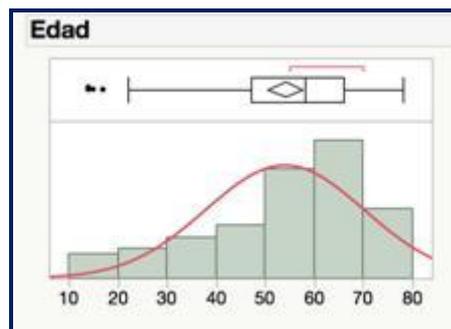


Figura 87: Distribución de los pacientes incluidos por grupos de edad.

La mayoría de los pacientes, 63 (78,8 %), eran varones y solo 17 (21,2%) mujeres, con una relación entre varones y mujeres de 3,7:1. La distribución por sexos se refleja en la Figura 88.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

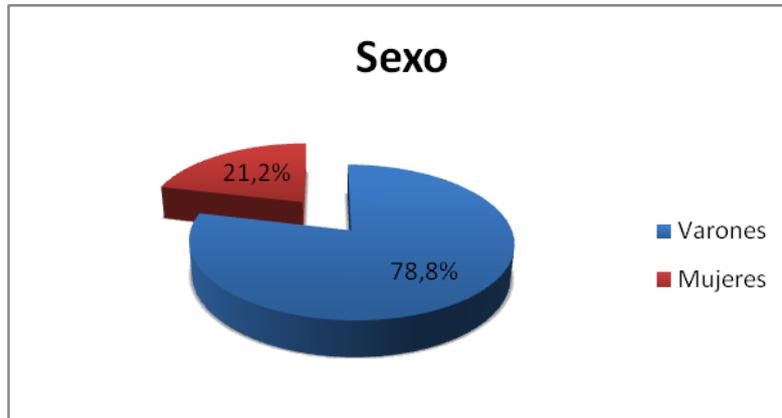
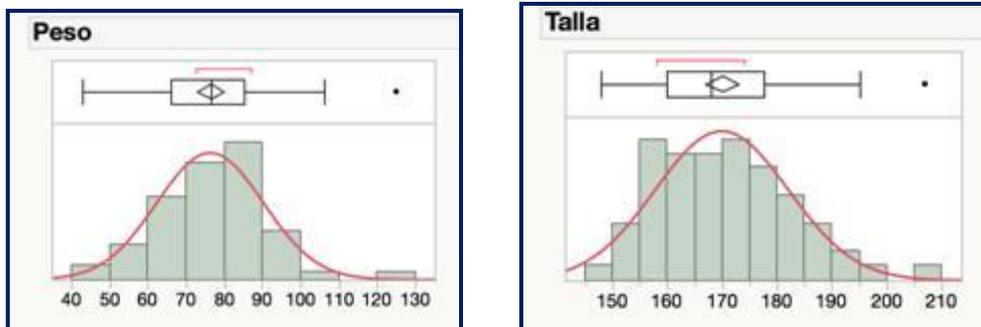


Figura 88: Distribución por sexo.

Dimensiones corporales:

El peso medio fue de $76,3 \pm 13,9$ Kg, con un rango entre 43 y 125 kg. La talla media fue de $169 \pm 12,1$ cm, con un rango comprendido entre 148 y 207 cm. La distribución de estas variables se muestra en las Figuras 89 y 90.



Figuras 89 y 90: Distribución de las variables peso y talla.

La superficie corporal media fue de $1,85 \pm 0,2$ m², con un rango entre 1,37 y los 2,4 m². La distribución de esta variable se muestra en la Figura 91.

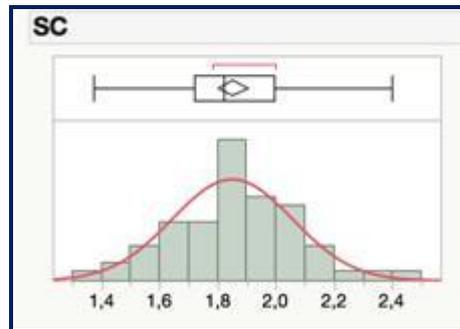


Figura 91: Distribución de la variable superficie corporal.

12.1.2. CARACTERÍSTICAS PREOPERATORIAS:

Hipertensión

Dentro de las características de la población y los factores de riesgo cardiovascular analizados, el más frecuentemente encontrado, fue la hipertensión arterial, presente en 36 de los 80 pacientes intervenidos (45%).

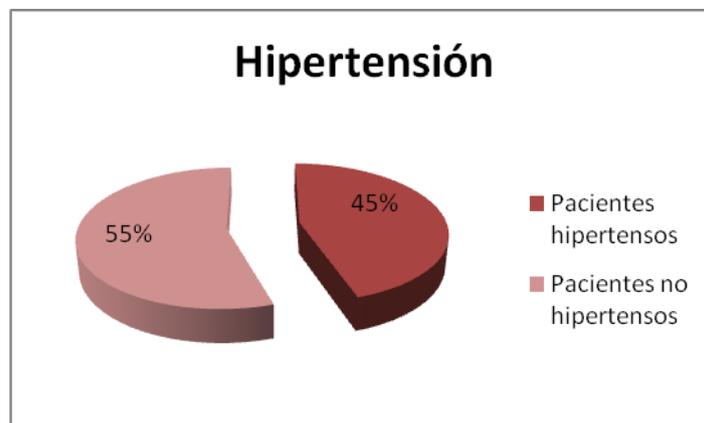


Figura 92: Incidencia de la hipertensión en la población analizada.

Síndrome de Marfan

Del total de pacientes intervenidos, únicamente 8 presentaban un Sd Marfan clásico (10%), de acuerdo a los criterios diagnósticos de Gante (166).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

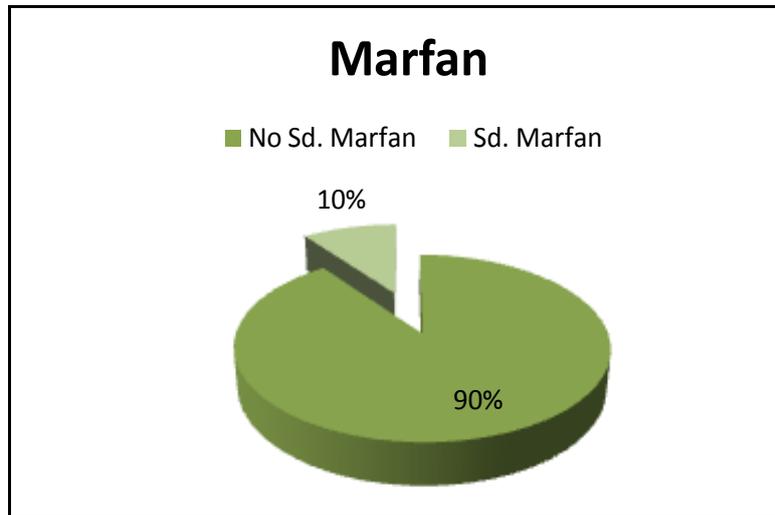


Figura 93: Distribución de pacientes afectados de Sd. Marfan.

Válvula aórtica bicúspide

Otros 8 pacientes (10%) eran portadores de una válvula aórtica bicúspide, no considerándose contraindicación para la realización de la técnica. En 5 de estos pacientes se llevó a cabo una intervención de David V, en dos pacientes una operación de David I, y en otro paciente una operación de Yacoub.

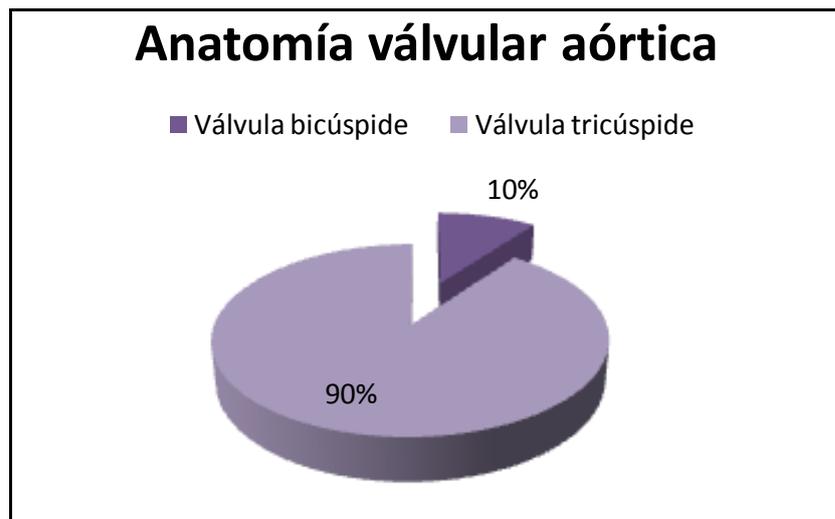


Figura 94: Distribución de los pacientes portadores de válvula aórtica bicúspide.



Dissección aórtica

Entre todas las intervenciones que se realizaron, 8 fueron llevadas a cabo, en el contexto de una dissección crónica de aorta ascendente tipo A de Stanford (10%), en las cuales no existía descolgamiento de comisuras valvulares.



Figura 95: Distribución de pacientes intervenidos con dissección de aorta.

Clase funcional preoperatoria

Basándonos en la clasificación de la New York Heart Association (339) la clase funcional en la que se encontraban los pacientes antes de la intervención era mayor de grado II en 44 de los intervenidos (55%). La distribución en las diferentes clases funcionales se muestra en la Figura 96. Se encontraban en clase funcional I 42 de los pacientes (53,4%), 19 estaban en clase funcional II (23,8%), 17 en clase funcional III (21,3%) y 2 en clase funcional IV (2,5%).

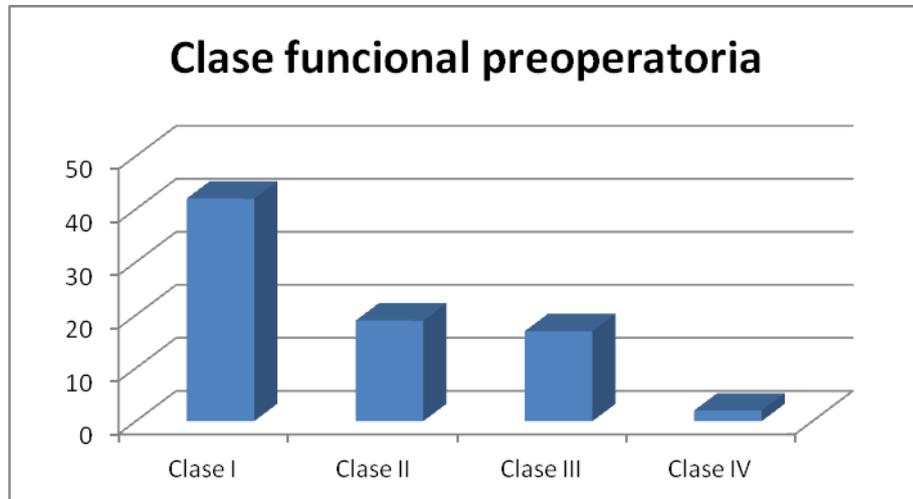


Figura 96: Distribución de pacientes en función de su clase funcional preoperatoria.

Insuficiencia aórtica preoperatoria

Más de la mitad de los pacientes, 44 (55%) presentaban una insuficiencia valvular aórtica preoperatoria mayor que moderada y en 36 pacientes (45%), se encontraban en un grado de insuficiencia aórtica menor al grado II preoperatoriamente. Los pacientes se distribuyeron de la siguiente manera (Figura 97): La regurgitación aórtica era prácticamente nula o leve en 32 pacientes (40%), moderada en 18 pacientes (22,5%) y severa en 30 (37,5%).

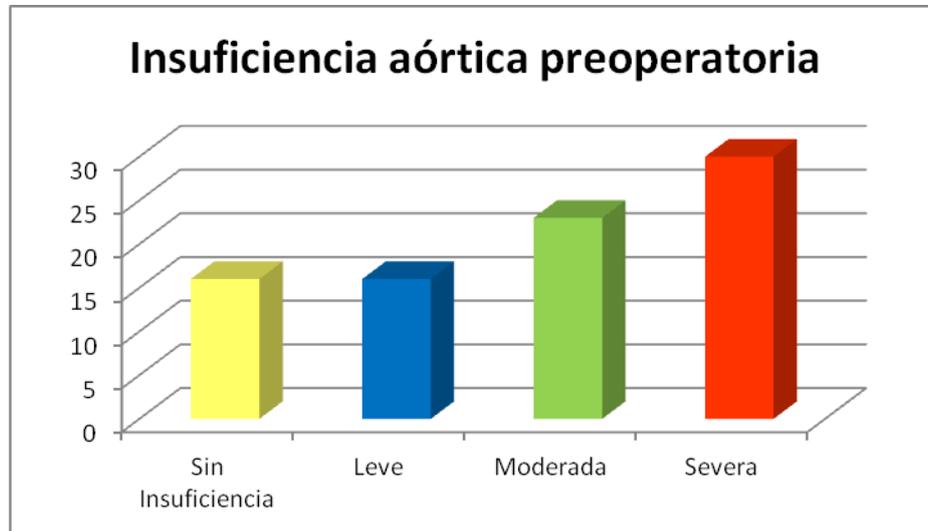


Figura 97: Distribución de los pacientes incluidos en función del grado de insuficiencia aórtica preoperatoria.

El grado de insuficiencia aórtica de los pacientes aceptados para cirugía de sustitución de la raíz con conservación valvular fue variando con el aumento de la experiencia del equipo quirúrgico. Este hecho se visualiza claramente cuando se comparan las distribuciones de severidad de la regurgitación en tres periodos consecutivos de 7 años cada uno (Figura 98; $p < 0.000003$ para la tendencia, test de Goodman-Kruskal). El fenómeno refleja una tendencia progresiva a intervenir pacientes en fases menos evolucionadas de la enfermedad en las que la factibilidad y la durabilidad de la reparación sean mayores.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

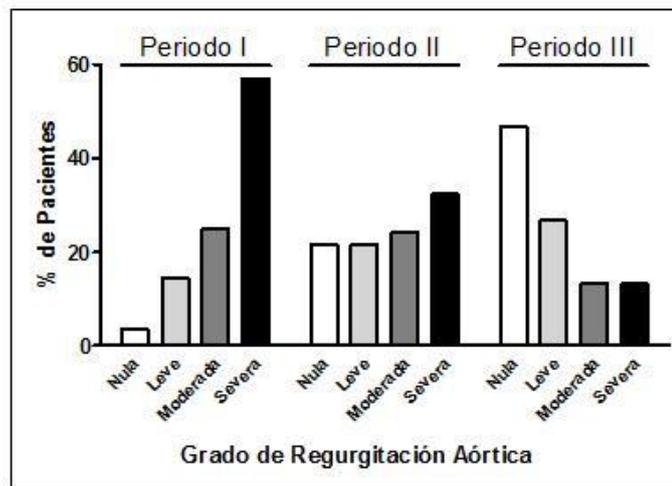


Figura 98: Variación con la acumulación de experiencia del equipo quirúrgico en el grado de regurgitación aórtica de los pacientes aceptados para cirugía de sustitución de la raíz aórtica con conservación valvular.

12.1.3. DIMENSIONES AÓRTICAS Y FUNCIÓN VENTRICULAR PREOPERATORIA:

Dimensiones de la aorta ascendente

La media en el diámetro del anillo aórtico basal fue de $26,6 \pm 5$ mm, con un intervalo entre 18-50 mm. El valor medio del diámetro a nivel de los senos aórticos era de $50,3 \pm 10,4$ mm, con un intervalo entre 27-71 mm. El diámetro medio a nivel de la unión sinotubular fue de 48 ± 10 mm, con un intervalo entre 30-69 mm. El diámetro a nivel de la aorta ascendente fue de $54 \pm 12,5$ mm, con un intervalo entre 21-84 mm. El diámetro a nivel del arco aórtico o cayado era de 33 ± 7 mm, con un intervalo entre 20-62 mm.

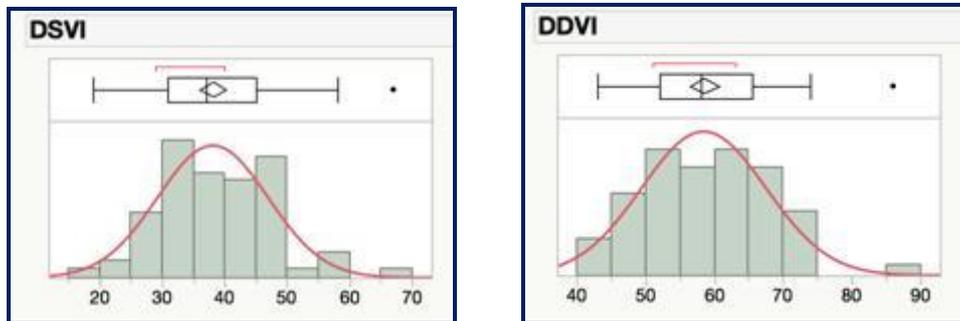
Función ventricular izquierda preoperatoria

La función sistólica ventricular izquierda era normal o se encontraba dentro de los límites bajos de la normalidad en la gran mayoría de los casos con un valor medio de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (VI) de $56,7 \pm 10,8\%$. El VI presentaba un diámetro sistólico medio de 38 ± 9 mm, con un intervalo entre los 19-67 mm, y un



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

diámetro diastólico de 58 ± 9 mm, con un intervalo entre los 43-86 mm. La representación gráfica de estos parámetros se muestra en las Figuras 99 y 100.



Figuras 99 y 100: Distribución de los diámetros sistólico y diastólico de VI.

12.1.4. FACTORES QUIRÚRGICOS:

Tipo de cirugía

Del total de 80 pacientes incluidos en la serie, en 71 (88%) se utilizó la técnica de reimplantación valvular descrita por David o alguna de sus variantes. De los 9 pacientes restantes, en 6 pacientes se utilizó la técnica de remodelado de Yacoub y en 3 pacientes se llevó a cabo una cirugía de preservación valvular y de raíz aórtica mediante plicatura subcomisural (Figura 101).

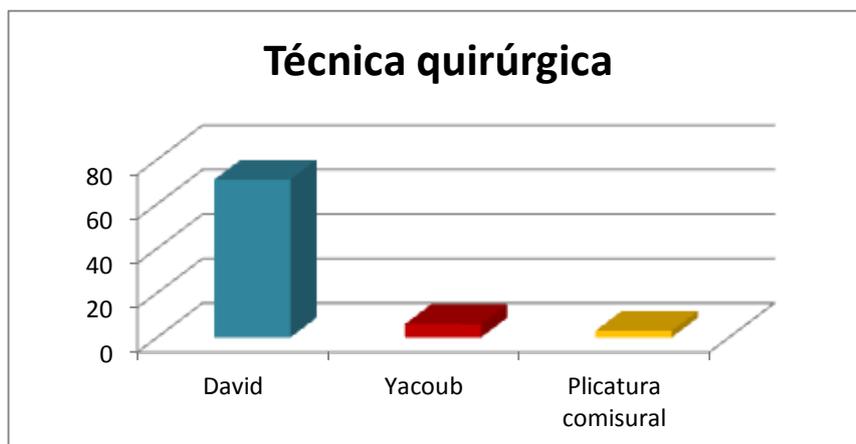


Figura 101: Distribución de las técnicas quirúrgicas.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Dentro del grupo de pacientes sometidos a la técnica de David o técnica de reimplante valvular, 38 (47%), fueron sometidos a la técnica originalmente descrita como David I, 3 pacientes fueron sometidos a la técnica de David IV, 5 pacientes a la técnica de David V, y en 25 (31%) se utilizó la modificación de esta última técnica descrita por Craig Miller. La distribución de los pacientes de acuerdo a las variantes técnicas utilizadas se muestra en la Figura 102.

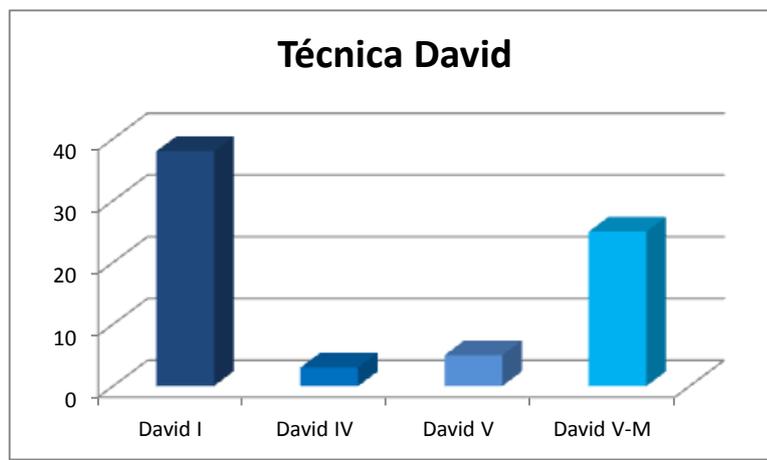


Figura 102: Distribución del número de casos intervenidos en función de la variante David realizada.

Diámetro del injerto

Los diámetros de los injertos utilizados fueron, en su mayoría (más del 70%) de 32 y 34 mm. No obstante, el rango del calibre de la prótesis fue muy variable y osciló de 24 mm a 38 mm en función de la anatomía del paciente. En aquellos pacientes (25 en total) sometidos a la variante de David V-Miller, técnica cuya principal característica radica en la utilización de dos injertos de diferente diámetro, el diámetro del injerto considerado en el análisis, fue el empleado para reemplazar la raíz aórtica, correspondiente con el diámetro de mayor tamaño de los dos. La distribución de los pacientes de acuerdo al diámetro del injerto vascular utilizado se muestra en la Figura 103.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

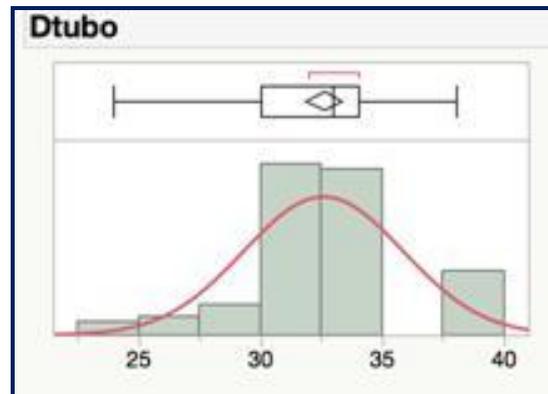


Figura 103: Distribución de los diámetros de los injertos utilizados.

Tiempos de cirugía y reconversiones:

El valor medio de la duración total de la intervención, desde el inicio de la esternotomía, hasta el cerclaje esternal (cierre de la incisión), fue de $374 \pm 106,6$ minutos, con un rango entre los 165 y 770 minutos (Figura 104).

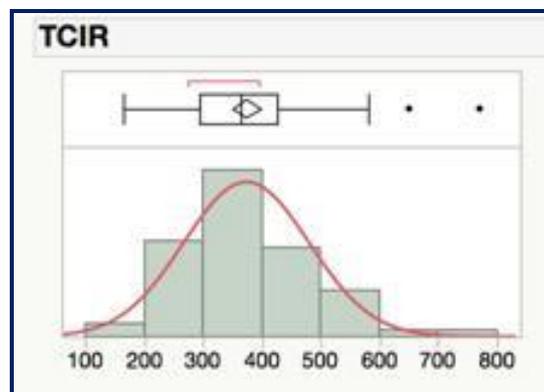
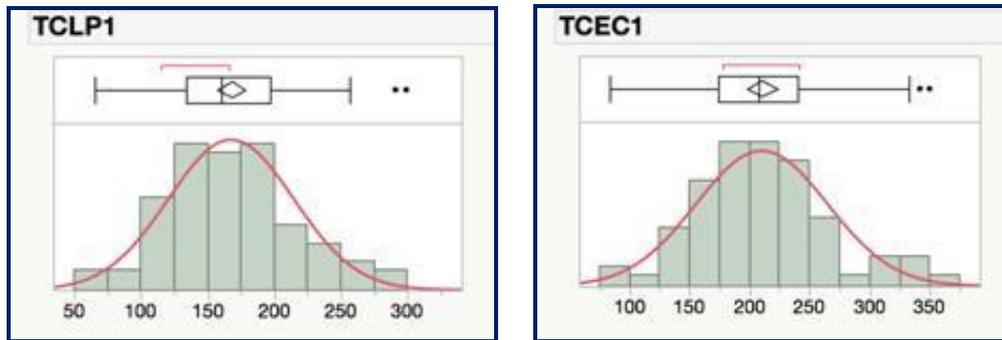


Figura 104: Distribución de los tiempos de cirugía.

El tiempo medio de clampaje aórtico fue de 168 ± 47 minutos (Figura 105) y el de circulación extracorpórea de 210 ± 55 minutos (Figura 106).

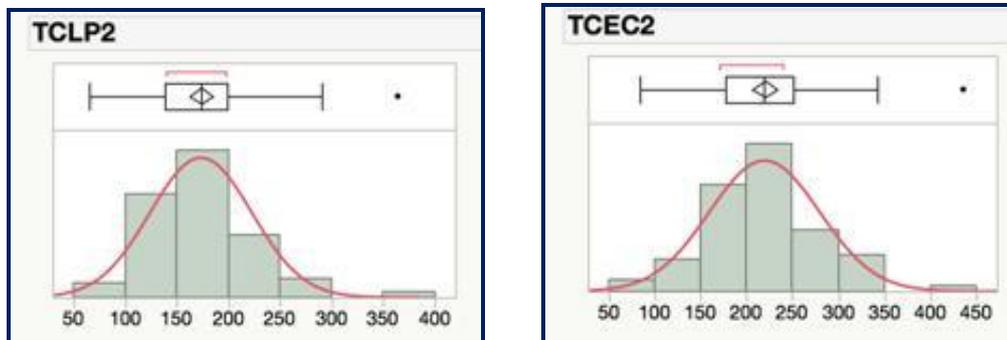


Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Figuras 105 y 106: Distribución de los tiempos de pinzamiento aórtico y de circulación extracorpórea.

Sin embargo, en 11 pacientes (13%) de los 80 incluidos en la serie fue necesario un segundo periodo de CEC y pinzamiento aórtico para sustituir la válvula aórtica al detectarse una insuficiencia aórtica grave residual. Considerando este hecho, el tiempo medio de clampaje aórtico se incrementó a $173,6 \pm 49,2$ minutos y el de circulación extracorpórea de $219,6 \pm 60,1$ minutos (Figura 107 y 108).



Figuras 107 y 108: Distribución de los tiempos incluyendo los casos en que fue preciso un segundo periodo de CEC y pinzamiento aórtico.

Cirugía sobre los velos aórticos asociadas - técnicas de reparación aórtica.

En 16 pacientes de los 80 pacientes (20%) se asoció alguna maniobra de reparación sobre los velos de la válvula aórtica, principalmente plicatura de velos y resuspensión, plastias de acortamiento, cierre de fenestraciones y decalcificación.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Figura 109: Distribución de las cirugías en función si precisaron o no de cirugía sobre los velos aórticos.

Técnicas asociadas

Por otra parte, en 19 pacientes (23%), además de la cirugía sobre la aorta ascendente, raíz aórtica y válvula aórtica se asociaron técnicas para el tratamiento de otra patología concomitante, tanto valvular, como aórtica, coronaria, tumoral, congénita o arritmias.

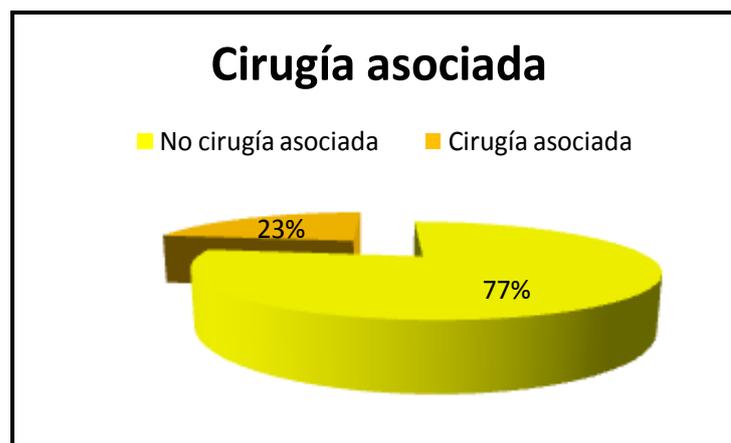


Figura 110: Procedimientos asociados a la técnica de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

De forma detallada, entre los pacientes en los que se llevó a cabo cirugía valvular asociada, 5 incluyeron procedimientos sobre la válvula mitral (una sustitución valvular y cuatro reparaciones valvulares, realizándose anuloplastia aislada en uno de los casos, anuloplastia y técnica de Alfieri en otro, anuloplastia y cierre de cleft mitral en otro, y una anuloplastia con implante de neocuerdas artificiales de PTFE en otro de los casos). Por lo que respecta a la cirugía concomitante de la aorta, en cuatro casos se asoció la sustitución parcial de cayado aórtico. En uno de los pacientes se realizó una resección de un mixoma auricular izquierdo. En relación a la cirugía de patología congénita, se cerró una comunicación interauricular tipo ostium secundum y dos foramen oval permeables. También se realizó crioablación de las venas pulmonares en uno de los pacientes sometidos a cierre de foramen oval permeable. Dentro de la cirugía coronaria, se realizaron 5 intervenciones de bypass coronario múltiple. Finalmente, en dos pacientes jóvenes, afectados por Síndrome de Marfan, se realizaron dos reconstrucciones torácicas tipo esternotoracoplastia por pectus excavatum.

12.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS QUIRÚRGICOS PRECOCES Y A LARGO PLAZO, ESTUDIO DE PREDICTORES DE SUPERVIVENCIA, ESTABILIDAD DE LA FUNCIÓN VALVULAR Y REOPERACIÓN

12.2.1. MORBI-MORTALIDAD PRECOZ

La mortalidad hospitalaria fue del 5.0%. Un paciente desarrolló un infarto de miocardio masivo perioperatorio sin posibilidad de implante de asistencia ventricular o dispositivo de soporte hemodinámico. En otro caso se produjo una dehiscencia de la sutura distal del injerto causante de taponamiento cardiaco letal en el sexto día del postoperatorio. Un paciente desarrolló un hematoma subdural en el tercer día del postoperatorio por el que falleció y otro lo hizo por sepsis y fallo multiórgano cuatro días tras ser sometido a un trasplante cardiaco por un fracaso ventricular masivo perioperatorio.



12.2.1.1. Re-exploraciones quirúrgicas por sangrado

El sangrado total medio por paciente en el postoperatorio fue de 1149 ± 148 ml (media \pm error estándar), con un valor mínimo de 210 ml y un máximo de 6510 ml. Once pacientes (13.7%) precisaron ser reintervenidos por sangrado excesivo en las primeras horas del postoperatorio.

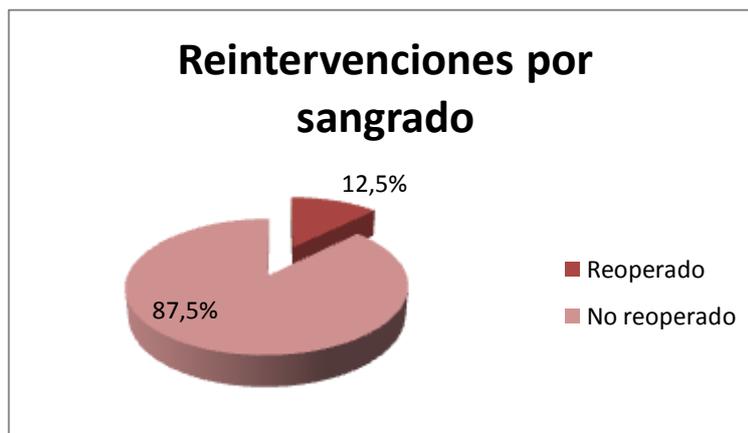


Figura 111: Reintervenciones por sangrado postoperatorio excesivo.

12.2.1.2. Bloqueo aurículo-ventricular postoperatorio

En 10 casos (12,5%) fue necesario la implantación de un marcapasos definitivo por la existencia de bloqueo AV completo persistente postoperatorio.

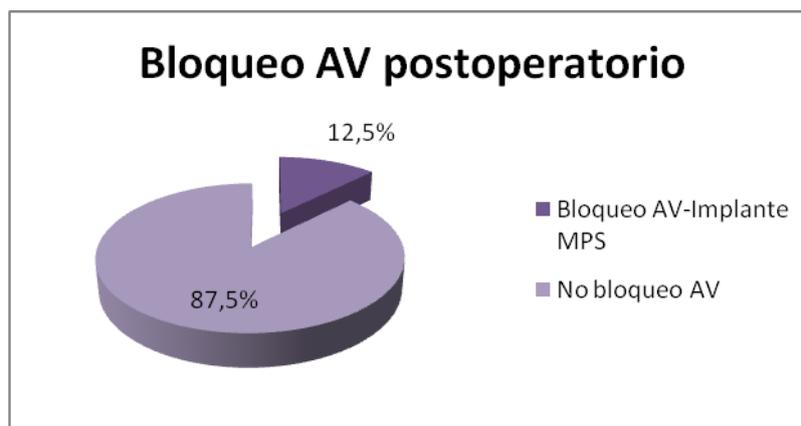


Figura 112: Necesidad de implante de MPS postoperatorio.



12.2.1.3. Bajo gasto cardiaco postoperatorio / Fallo ventricular agudo postoperatorio

En 15 pacientes (18,8%), se objetivaron datos de bajo gasto cardiaco y/o requirieron fármacos inotrópicos durante las primeras horas-días tras la cirugía.

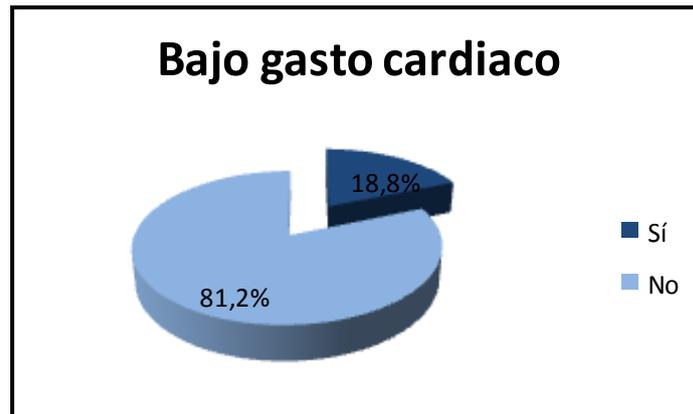


Figura 113: Incidencia de bajo gasto postoperatorio.

Cuatro de estos pacientes presentaron fallo ventricular. En tres de ellos se trató de un fallo ventricular izquierdo postoperatorio grave y requirieron el implante de una asistencia ventricular izquierda y la realización de un trasplante cardiaco en dos. Uno de ellos sobrevivió a la cirugía, pero otro paciente falleció cuatro días tras el trasplante por sepsis y fallo multiórgano. En el tercero de los casos, que presentó un fracaso biventricular tras un tiempo de circulación extracorpórea prolongado, se decidió el implante de un balón de contrapulsación intraaórtico y de un sistema de asistencia cardiorespiratoria tipo ECMO veno-arterial con resultado favorable. En un cuarto paciente fue preciso el uso de un sistema de soporte vital ECMO veno-venosa por fallo ventricular derecho postoperatorio. En los dos últimos casos, la cirugía se prolongó debido a la necesidad de realizar un recambio valvular aórtico tras detectarse una insuficiencia aórtica grave residual tras la reparación inicial.

12.2.1.4. Complicaciones tromboembólicas/infecciosas:

No se registraron fenómenos tromboembólicos ni trombosis valvulares, precoces ni tardíos, en ninguno de los pacientes intervenidos que forman la serie analizada. Respecto a la presencia de infecciones graves en el postoperatorio o a lo largo de los 20 años de seguimiento, sólo se detectó un caso de infección profunda de la herida



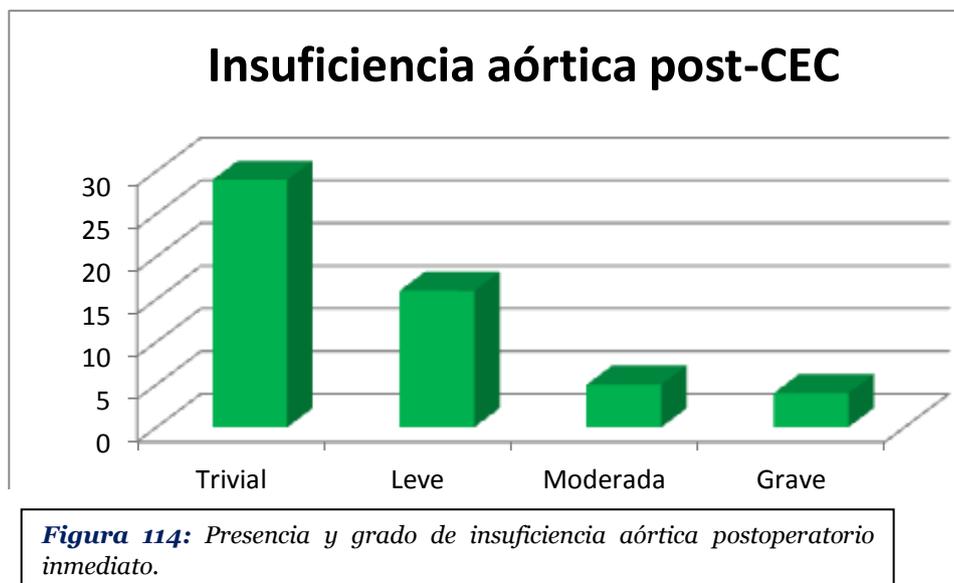
Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

quirúrgica con mediastinitis (1,2%), que requirió reintervención para limpieza y recerclaje esternal en el postoperatorio precoz y un caso de endocarditis infecciosa de la válvula aórtica reparada tras la realización de implantes dentales múltiples trece años tras la cirugía.

12.2.1.5. Insuficiencia aórtica post-CEC:

La regurgitación aórtica residual tras la reparación fue evaluada mediante ecocardiografía transesofágica a la salida de circulación extracorpórea con unas cifras de presión arterial fisiológicas. En 26 de los 80 pacientes intervenidos (32,5%), se detectó insuficiencia aórtica de alguna significación (leve, moderada o grave). En los 54 pacientes restantes (67,5%) la insuficiencia aórtica residual fue trivial o nula.

Como puede apreciarse en la Figura 113, 29 pacientes (36,2%) presentaban una insuficiencia trivial, 16 (20,0%) una insuficiencia leve, 6 (7,0%) una insuficiencia moderada y 4 (5,0%) una insuficiencia grave. En ninguno de los pacientes en los que se detectó una insuficiencia moderada o grave tras la reparación inicial se intentó una segunda reparación y en todos se fue directamente a la sustitución valvular.





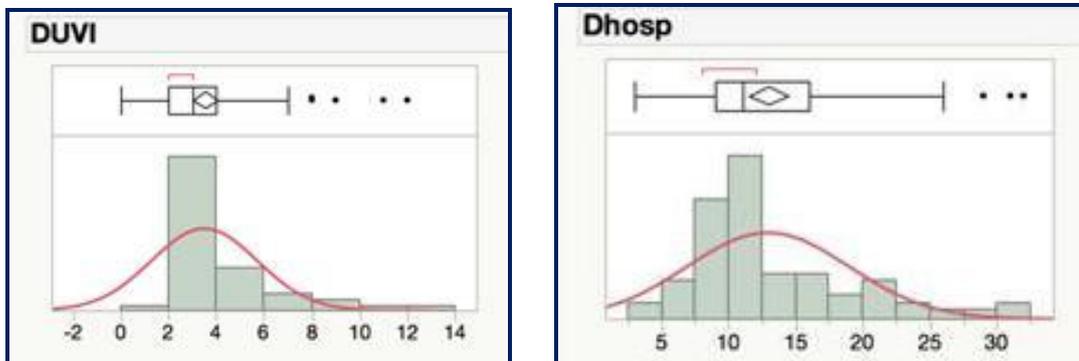
Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

En un único paciente tras la resuspensión valvular se detectó una válvula aórtica con gradientes elevados lo que sugirió la generación de una estenosis de la misma, por lo que fue preciso volver a entrar en CEC y nuevo pinzamiento aórtico para sustituir la válvula.

Cuando se analizó la necesidad de reconversión para cada una de las diferentes técnicas quirúrgicas utilizadas, encontramos que en el 50% de los pacientes en los que se realizó la técnica del remodelado de raíz aórtico o técnica de Yacoub, esta fracasó, precisando la sustitución valvular aórtica intraoperatoria. La necesidad de reconversión fue mucho menos frecuente cuando se utilizó alguna de las variantes de la técnica de David (porcentaje) salvo para la técnica de David I, precisándose reconversión en 7 de los 38 pacientes (18,4%) en los que se utilizó esta técnica necesitaron reconversión.

12.2.1.6. Estancias:

La estancia media en la unidad de cuidados intensivos fue de $3,5 \pm 2,2$ días, y la hospitalaria de 13 ± 6 días (Figuras 115 y 116).



Figuras 115 y 116: Distribución de las estancias en UVI y hospitalaria.

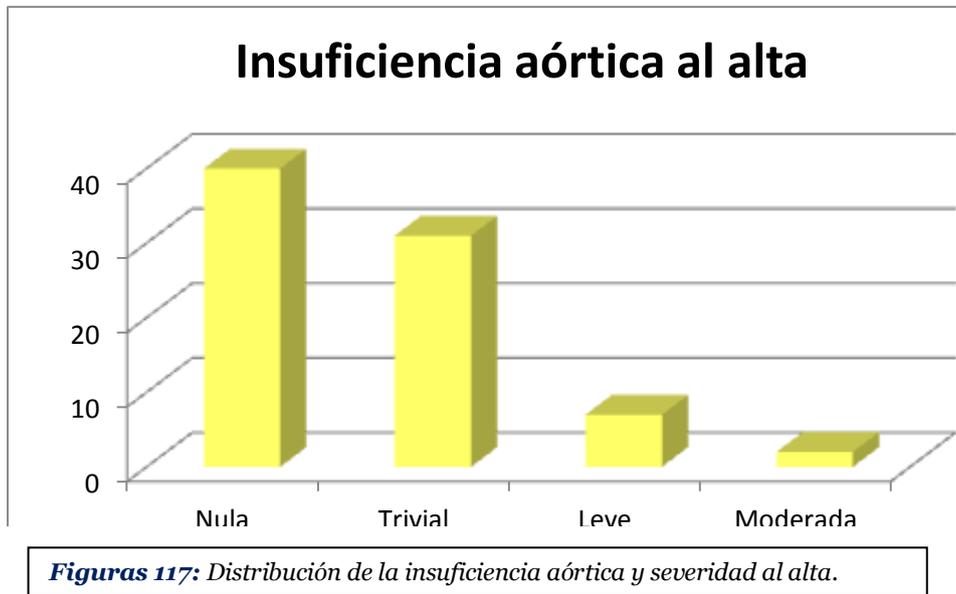
12.2.1.7. Insuficiencia aórtica al alta

La regurgitación aórtica al alta, fue evaluada en todos los pacientes mediante ecocardiografía transtorácica. En 9 de los 80 pacientes intervenidos (11,2%), se detectó insuficiencia aórtica en algún grado (leve en 8,7% o moderada en 2,5%). Ningún



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

paciente presentó insuficiencia aórtica grave en el momento del alta hospitalaria. En 31 pacientes la insuficiencia aórtica se estimó trivial (38,7%) y en el resto (50%), fue nula.



12.2.1.8. Resultado anatomopatológico

De todos los pacientes analizados, se envió una muestra de la arteria aorta para su estudio anatomopatológico. En 58 pacientes (72,6%) se detectó una degeneración quística de la capa media aórtica. En 4 de los 16 casos restantes se diagnosticó una peri aortitis, y en el resto una afectación aterosclerótica de la pared aórtica.

12.2.2. RESULTADOS A LARGO PLAZO

12.2.2.1. Complicaciones tromboembólicas/infecciosas:

No se registraron complicaciones tromboembólicas centrales ni periféricas durante el seguimiento de toda la cohorte. Un paciente sufrió un accidente cerebrovascular hemorrágico fatal tres meses tras la intervención, estando aún bajo tratamiento con anticoagulación oral.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

En un único caso se detectó una infección grave tipo endocarditis a los 12 años de la cirugía inicial (incidencia del 1,2%), cuyo origen fue la infección de una pieza dental tras la realización de implantes dentarios repetidos. Este paciente fue sometido a cirugía de sustitución valvular aórtica aislada por una bioprótesis.

12.2.2.2. Supervivencia absoluta/relacionada:

A lo largo del seguimiento se registraron 15 éxitos de los 80 pacientes intervenidos (18,7%). La mortalidad hospitalaria fue de cuatro pacientes (5,0%) y la tardía de 11 (13,7%).

En cuanto a la etiología de la mortalidad tardía, 7 eventos tuvieron relación con la patología aórtica y/o cardiológica o procedimiento quirúrgico:

- Tres meses tras la cirugía por un ictus hemorrágico estando bajo anticoagulación oral.
- Durante el 5º mes postoperatorio por neumonía subsiguiente a un episodio de broncoaspiración en un paciente con secuelas por un accidente cerebrovascular antiguo y muy mal estado general.
- Un año tras la cirugía, por shock séptico secundario a neumonía bilateral, en el postoperatorio de una intervención a la que el paciente fue sometido para reparación de un aneurisma toracoabdominal.
- En la evolución tardía post-trasplante cardíaco en un paciente que desarrolló disfunción ventricular grave e insuficiencia cardíaca 5 años tras la cirugía inicial por lo que hubo de ser reoperado.
- Durante el 18º año postoperatorio, tras sufrir un episodio de oclusión intestinal con perforación y sepsis secundaria, en un paciente afectado de demencia tipo Alzheimer.
- Durante el 20º año postoperatorio por un episodio de insuficiencia respiratoria.
- Muerte súbita domiciliaria a los 7 meses de ser reoperado, 9 años tras la cirugía inicial, por dilatación aneurismática del parche de Carrel de los troncos



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

supraaórticos en un paciente al que se había realizado una sustitución completa del arco aórtico en la cirugía original.

- Muertes por procesos oncológicos:
 - Adenocarcinoma gástrico 4 años tras la cirugía aórtica.
 - Adenocarcinoma de colon que requirió intervención quirúrgica 9 años después de la cirugía cardiaca.
 - Hepatocarcinoma secundario a una hepatitis C crónica 10 años tras la cirugía inicial.
 - Reacción leucemioide en una mujer 15 años tras la cirugía aórtica.

En un único caso de los 9 pacientes fallecidos a lo largo del seguimiento no se pudo conocer la causa exacta de la muerte.

La supervivencia actuarial global para el grupo total de 80 pacientes que componen la serie, todos aquellos sometidos a cirugía de sustitución de raíz aórtica con preservación valvular aórtica, independientemente de si finalmente pudo conservarse o no ésta, se estima en un 87% a los 5 años, 74% a los 10 años, 71% a los 15 años, y 64% a los 20 años, respectivamente (Figura 118).

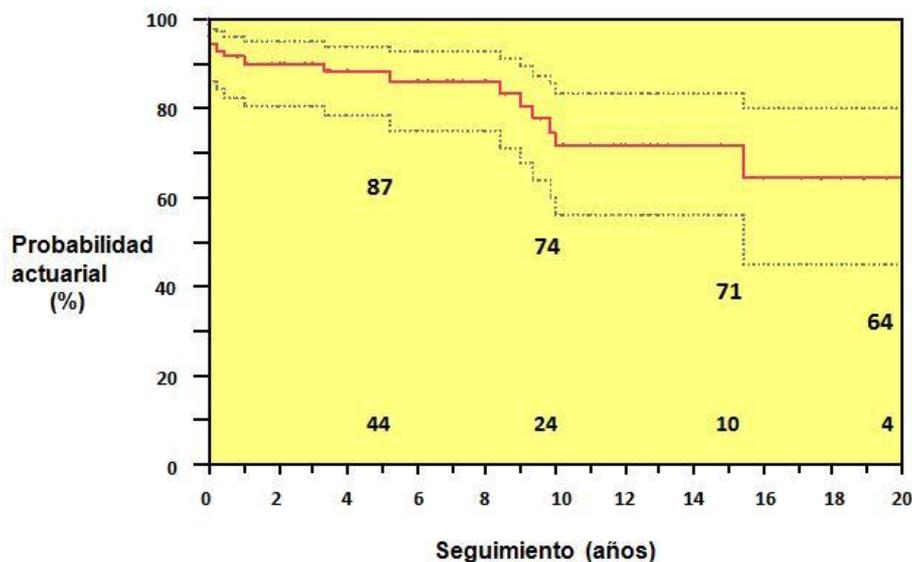


Figura 118: Supervivencia actuarial global en el grupo total de pacientes. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La supervivencia actuarial para los pacientes dados de alta hospitalaria, se estima en un 92% y 75% a los 5, 10 años, y en torno al 70% a los 15 y 20 años. (Figura 119).

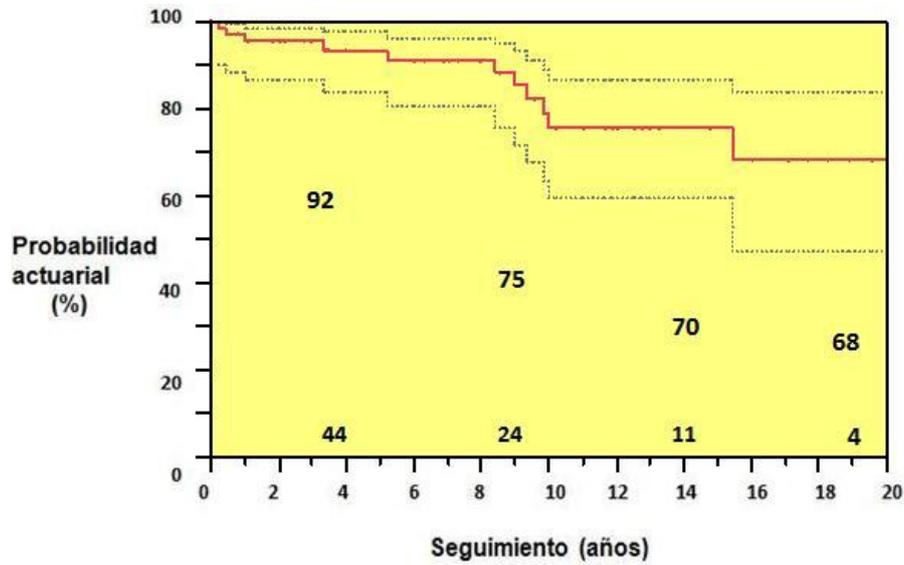


Figura 119: Supervivencia actuarial en el grupo de pacientes vivos en el momento del alta hospitalaria.

La supervivencia actuarial de los pacientes vivos al alta hospitalaria en los que específicamente se preservó la válvula aórtica, se cifra en un 92% a los 5 años, 75%, a los 10 años y 68% a los 15 y 20 años, respectivamente (Figura 120).

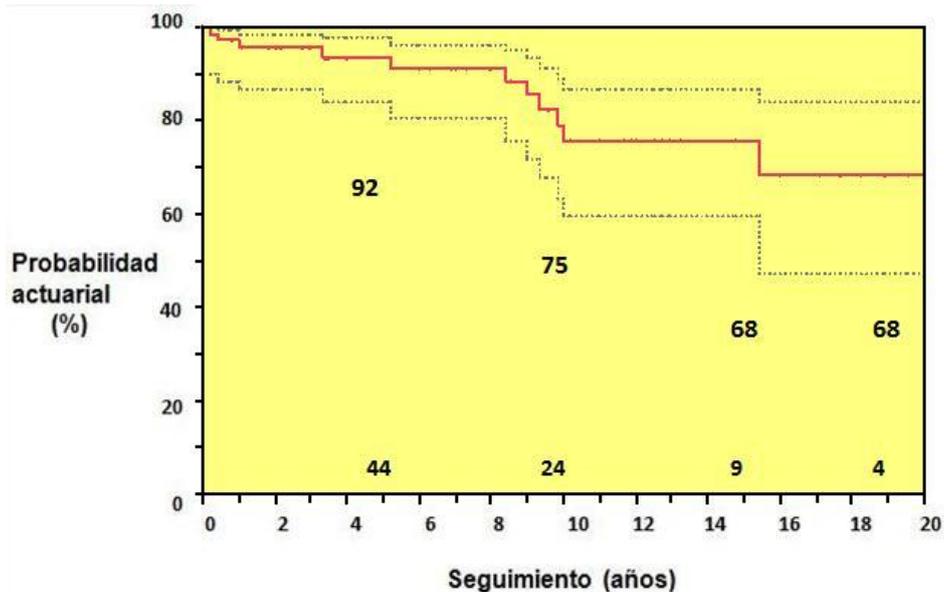


Figura 120: Probabilidad actuarial de supervivencia en pacientes vivos al alta tras cirugía de sustitución de raíz con preservación valvular aórtica.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

La supervivencia relacionada, es decir, excluyendo aquellos fallecimientos por causas no cardíacas, del total de 80 pacientes, se estimó en un 91% a los 5 años, y 87% desde los 10 a los 20 años, respectivamente (Figura 121).

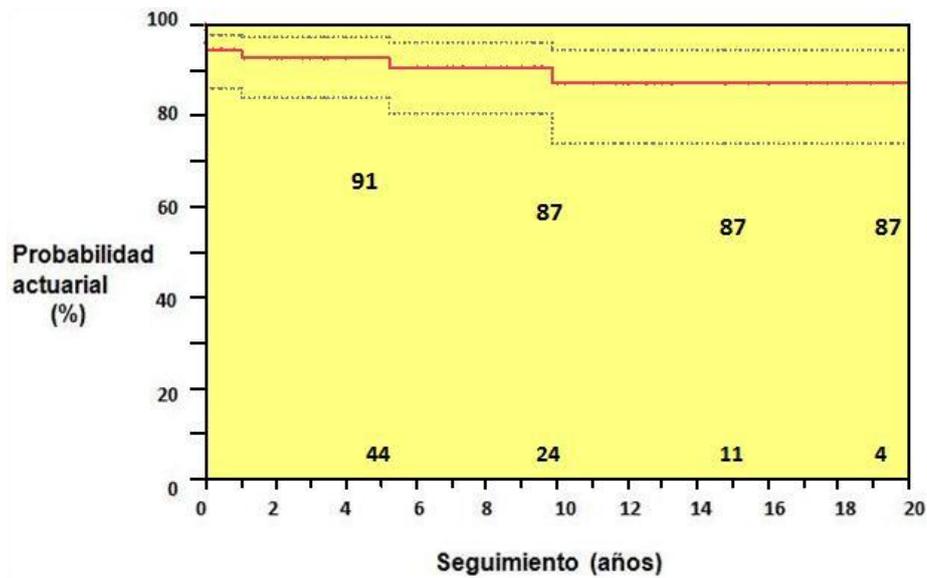


Figura 121: Probabilidad actuarial de supervivencia relacionada en el grupo total de pacientes. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.

La supervivencia actuarial relacionada, excluyendo los muertos por causas no cardíacas, del grupo de supervivientes al alta, se cifra en un 97% a los 5 años y 92% desde los 10 a los 20 años, respectivamente (Figura 122).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

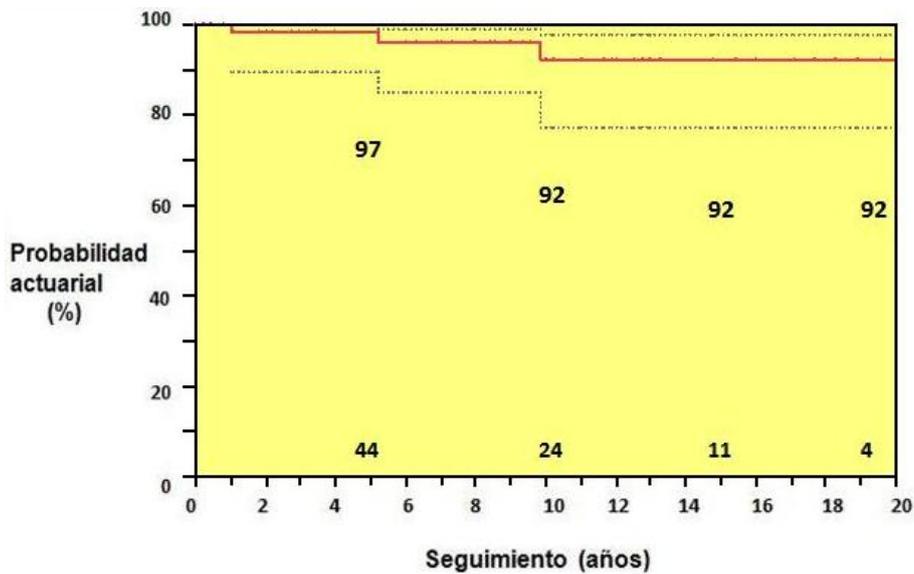


Figura 122: Probabilidad actuarial de supervivencia en los supervivientes hospitalarios.

La probabilidad actuarial de supervivencia relacionada con la reparación de la raíz aórtica, es decir, excluyendo los fallecimientos por causas no cardíacas, de pacientes vivos al alta y en los que pudo realizarse la preservación valvular aórtica, se cifra en un 97% a los 5 años y 92% entre los 10 y los 20 años, respectivamente (Figura 123).

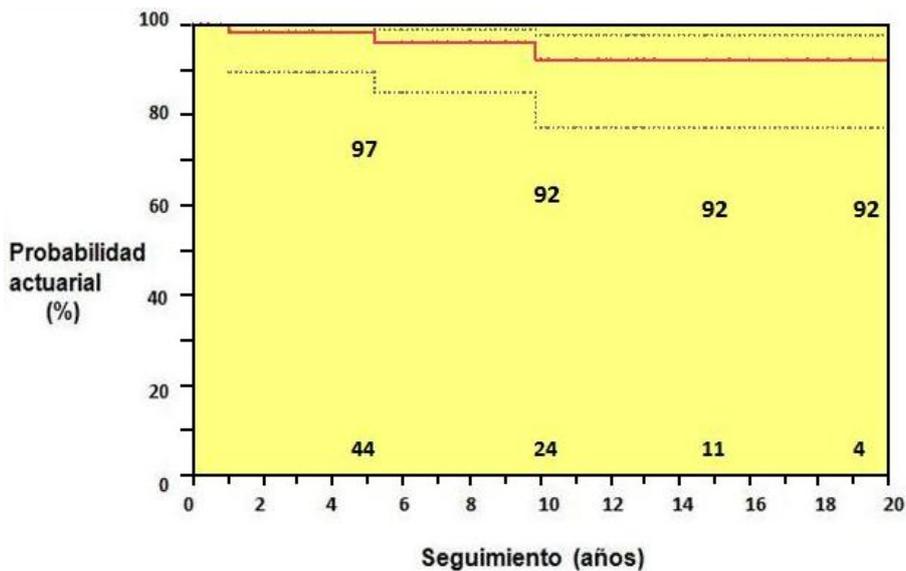


Figura 123: Probabilidad actuarial de permanecer libre de muerte de causa relacionada con la cirugía de preservación valvular aórtica.



12.2.2.3. Probabilidad de presentar insuficiencia aórtica mayor de grado II en el postoperatorio:

La persistencia o recurrencia de insuficiencia aórtica significativa se valoró mediante el análisis de la probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica en grado mayor de II (al menos leve-moderada) intraoperatoria, obligando a reconversión, o durante el seguimiento. Se obtuvieron estimaciones del 77% a los 5 años y 73% entre los 10 y los 20 años respectivamente (Figura 124).

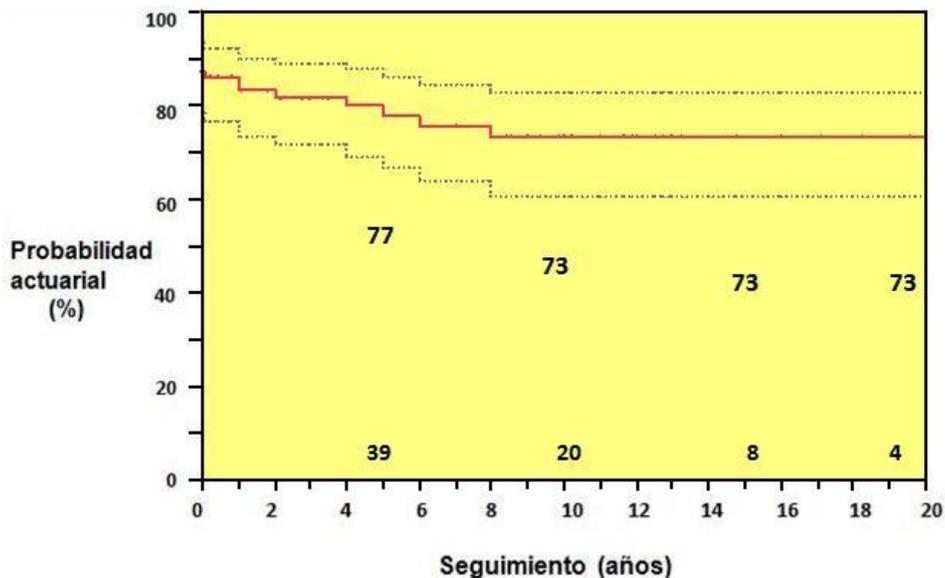


Figura 124: Probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica residual intra o postoperatoria mayor de grado II en el grupo total de pacientes. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.

Cuando se considera únicamente al grupo de pacientes en los que se preservó la válvula aórtica y que estaban vivos en el momento del alta, la probabilidad de permanecer libre de insuficiencia aórtica en grado mayor de 2 al seguimiento fue del 88% a los 5 años y 83% entre los 10 y los 20 años, respectivamente (Figura 125).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

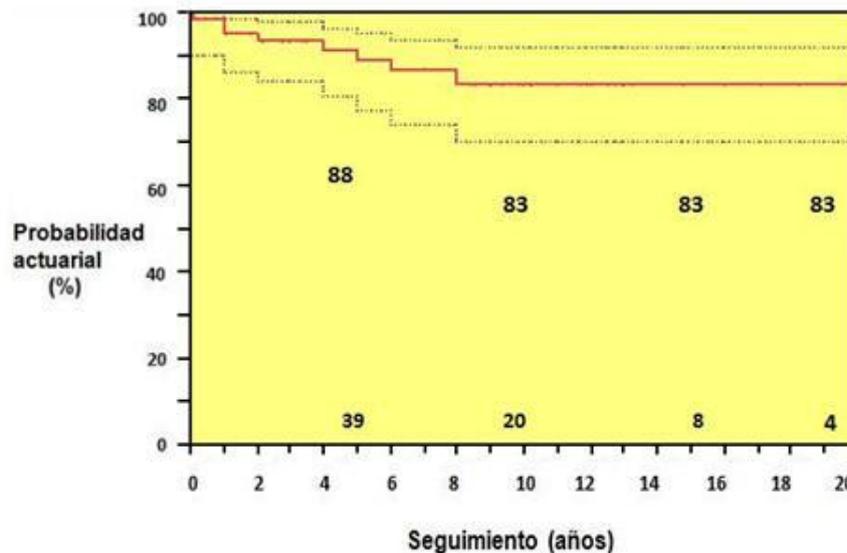


Figura 125: Probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica residual mayor de grado II en el grupo de pacientes supervivientes a la cirugía de sustitución de raíz con preservación valvular aórtica.

12.2.2.4. Probabilidad de reoperación por cualquier causa:

En 11 pacientes (13,75%) fue necesario reconvertir el procedimiento conservador y realizar sustitución de la válvula aórtica por mala competencia valvular intraoperatoria. Otros 9 pacientes precisaron sustitución valvular aórtica en diferentes momentos del seguimiento. La causa fue en todos los casos la presencia de una insuficiencia aórtica significativa.

Dos pacientes recibieron un trasplante cardíaco como consecuencia de una disfunción ventricular precoz irreversible.

Un paciente fue reintervenido a los 20 años de la cirugía inicial, en la que se le había realizado una sustitución completa del arco aórtico, por un aneurisma del parche de Carrel de los troncos supra-aórticos. En la reoperación se sustituyó el parche de Carrel por un parche de dacron con tres ramas (Vascutek Plexus®) que se anastomosaron de forma independiente a cada tronco.

Un paciente de 70 años al que se realizó una intervención de Yacoub y sustitución completa del arco aórtico con trompa de elefante precisó reintervención para sustitución de la aorta toracoabdominal un año tras la cirugía inicial.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Dos pacientes más requirieron reprocimientos por progresión distal de la aortopatía. En ambos la primera complicación fue una disección aórtica tipo B que fue tratada, en ambos, con técnica endovascular y que también en ambos requirió una nueva reintervención con técnica abierta:

- El primer caso es el de una mujer que durante el 18^o año postoperatorio y en relación con un traumatismo desarrolló una disección aórtica aguda tipo B que se trató con éxito con técnica endovascular. En el estudio de imagen de control un año tras este procedimiento se evidenció una endofuga tipo Ia de la endoprótesis, a nivel del arco aórtico, no subsidiaria de reparación endovascular. La paciente fue reoperada con éxito y se practicó sustitución del arco aórtico con anastomosis proximal al injerto de aorta ascendente y distal al conjunto endoprótesis-aorta descendente.
- En el segundo caso, un varón de 26 años con enfermedad de Marfan sufrió una disección aórtica aguda tipo B cinco meses tras la realización de una operación de David V. Dada la grave situación clínica del paciente, con isquemia importante renal y en extremidad inferior izquierda, se decidió realizar tratamiento endovascular (dos endoprótesis en aorta torácica descendente y un stent en aorta toracoabdominal) para resolver con rapidez la malperfusión visceral. El problema agudo se resolvió satisfactoriamente pero en el estudio de control al año se evidenció una progresión significativa de la dilatación aórtica por lo que el paciente fue reoperado. Se le realizó con éxito la retirada del stent aórtico y una sustitución completa de la aorta toracoabdominal con un injerto de dacron con ramas múltiples (Vascutek Gelweave Coselli®).

La tasa linearizada de reoperación por progresión de la aortopatía en la cohorte completa fue de 0,94 (IC 95%: 0,35-2,05) eventos/100 paciente-años.

La probabilidad actuarial de permanecer libre de reintervención por cualquier causa en el grupo de pacientes dados de alta con preservación valvular aórtica se estimó en 93, 85, 81 y 67% a los 5, 10, 15 y 20 años, respectivamente (Figura 126).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

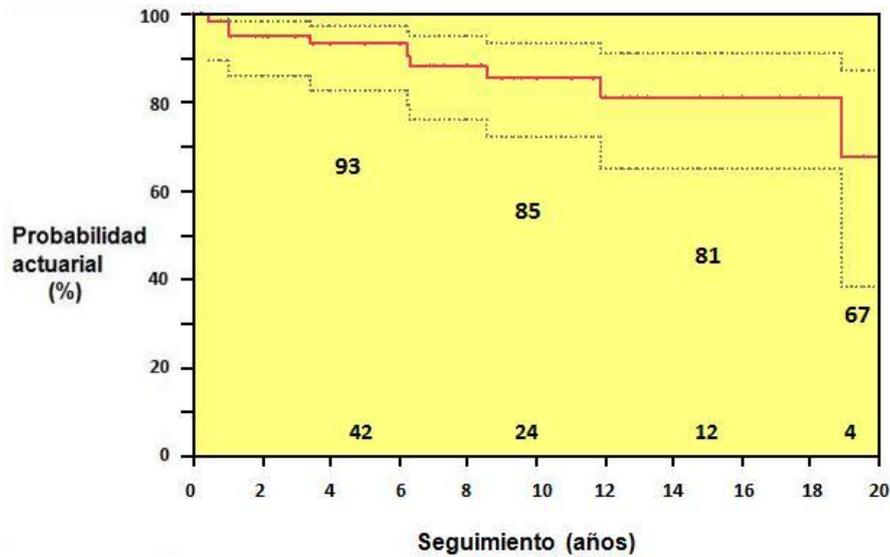


Figura 126: Probabilidad actuarial de permanecer libre de reintervención por cualquier causa en el grupo de pacientes supervivientes a la cirugía de preservación valvular aórtica. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.

12.2.2.5. Probabilidad de reintervención para sustitución valvular aórtica

La probabilidad actuarial de no precisar sustitución valvular aórtica durante el seguimiento, para el grupo total de pacientes es del 81, 77, 72 y 58% a los 5, 10, 15 y 20 años respectivamente (Figura 127).

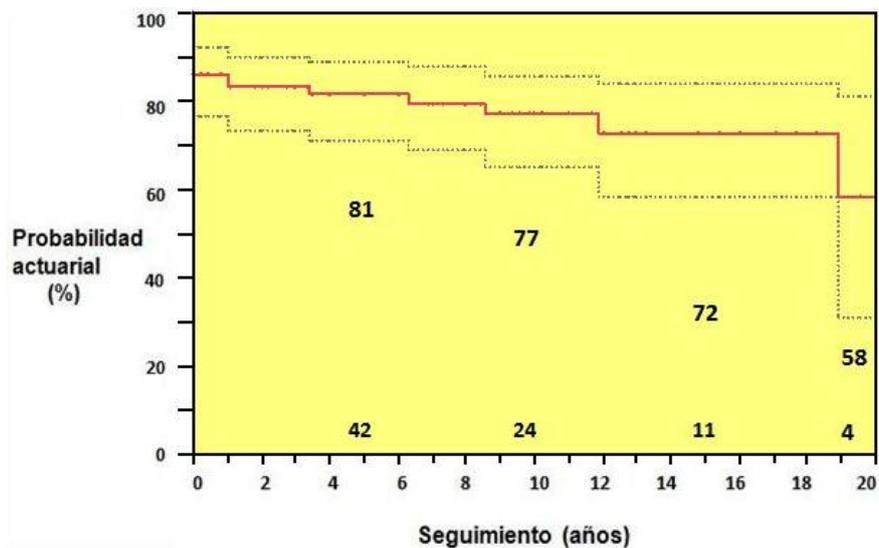


Figura 127: Probabilidad actuarial de no precisar sustitución valvular aórtica en el grupo total de pacientes a estudio. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Al realizar el mismo análisis en el subgrupo de pacientes a los que se pudo preservar la válvula aórtica, la probabilidad actuarial de no precisar sustitución valvular es del 94, 89, 84 y 67% a los 5, 10, 15 y 20 años, respectivamente (Figura 128).

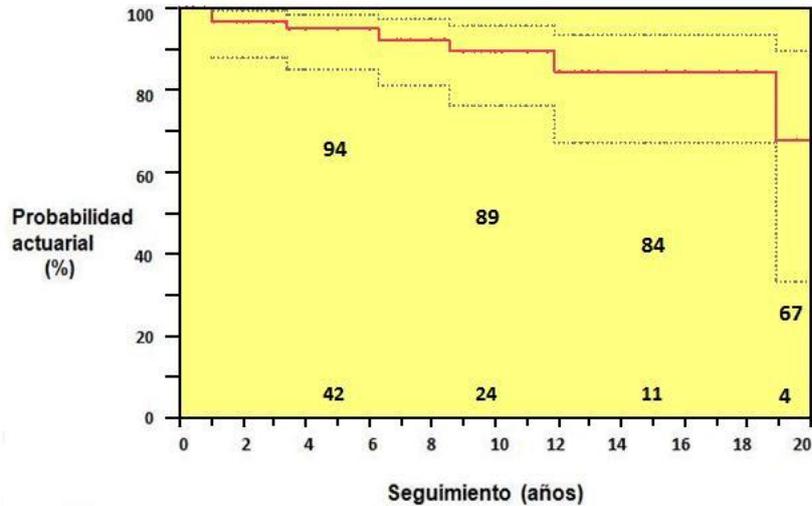


Figura 128: Probabilidad actuarial de no precisar sustitución valvular aórtica en el grupo de pacientes supervivientes a la cirugía de preservación valvular aórtica. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.

12.2.2.6. Probabilidad actuarial de presentar complicaciones mayores

La probabilidad actuarial de permanecer libre de eventos o complicaciones cardiológicas mayores para el grupo total de pacientes es del 67 y 45% a los 5, y 10 años y 42% a partir de los 15 años, respectivamente (Figura 129).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

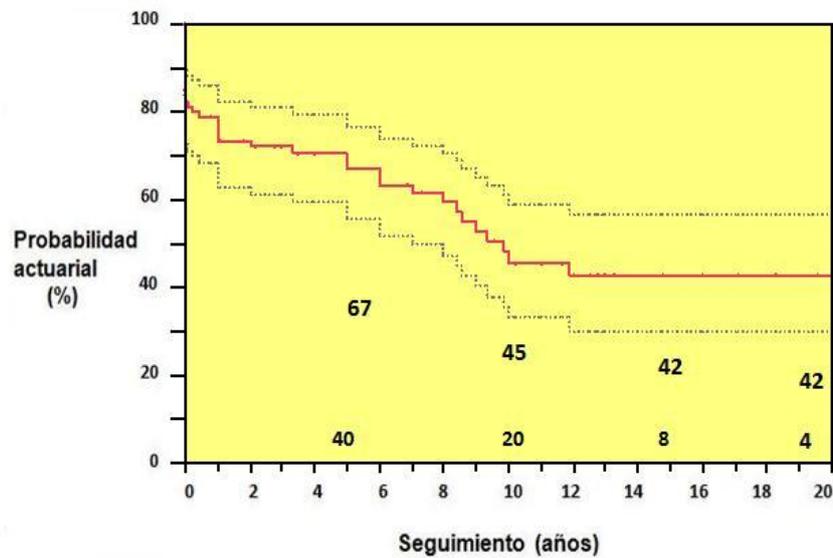


Figura 129: Probabilidad actuarial de permanecer libre de eventos cardiológicos mayores en el seguimiento para el grupo completo. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.

Cuando se realiza la misma estimación en los pacientes en los que se consiguió preservar la válvula aórtica, la probabilidad actuarial de estar libre de eventos cardiológicos mayores es del 70, y 48% a los 5 y 10 años y 45% a partir de los 15 años, respectivamente (Figura 130).

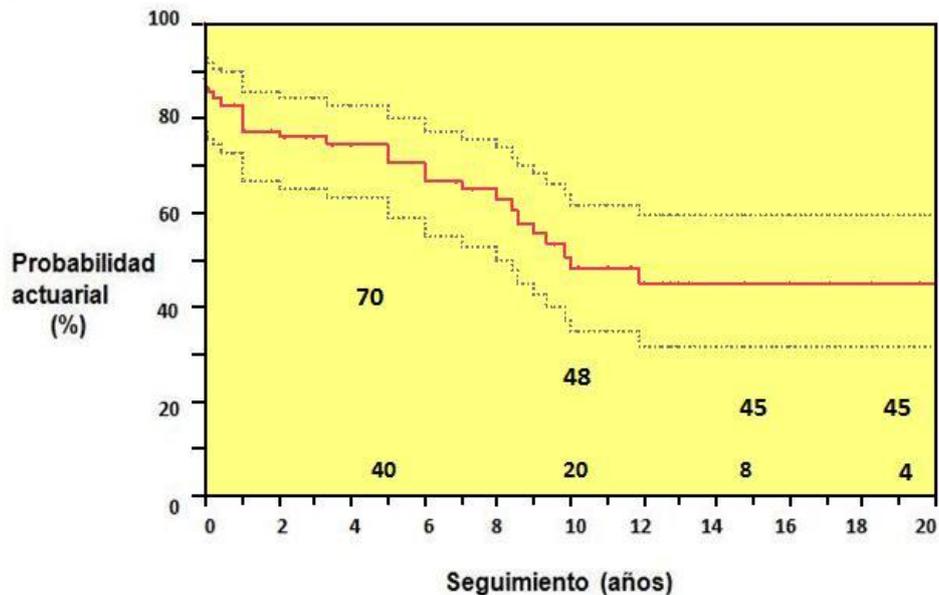


Figura 130: Probabilidad actuarial de permanecer libre de eventos cardiológicos mayores durante el seguimiento para los pacientes supervivientes hospitalarios. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

En los pacientes supervivientes hospitalarios, la estimación actuarial de permanecer libre de eventos cardiológicos mayores es del 80 y 54% a los 5 y 10 años y del 51% a partir de los 15 años, respectivamente (Figura 131).

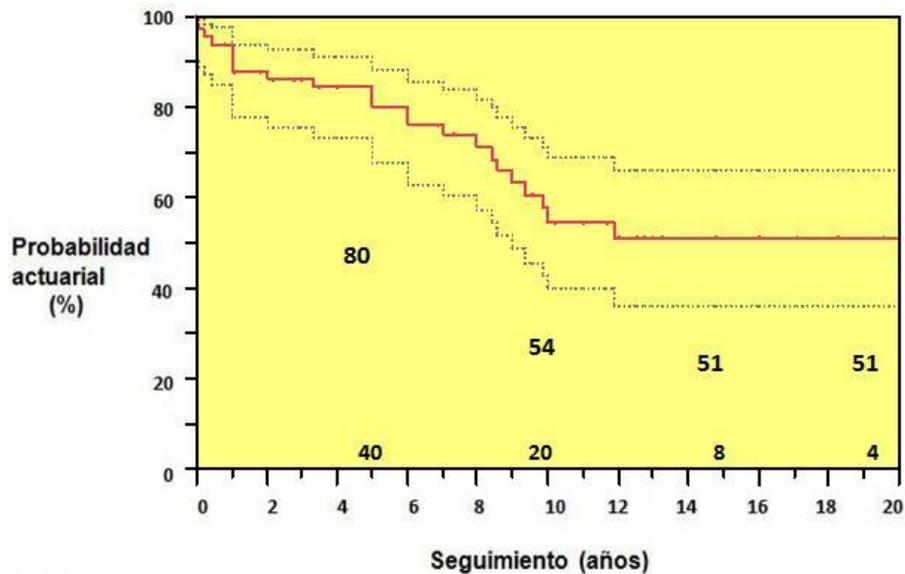


Figura 131: Probabilidad actuarial de permanecer libre de eventos cardiológicos mayores en los pacientes supervivientes a la cirugía de preservación valvular. Sobre el eje de abscisas: pacientes al seguimiento / Líneas azules: intervalos de confianza.

12.3. ANÁLISIS UNIVARIANTE/MULTIVARIANTE

12.3.1. Determinantes de Mortalidad/Éxito hospitalario:

En el análisis univariante se encontró una relación estadísticamente significativa, o próxima a la significación, entre el éxito hospitalario y las siguientes variables: el grado funcional preoperatorio, el tamaño de la aorta (indicado por el diámetro de la aorta ascendente a nivel de los senos de Valsalva, unión sino-tubular y aorta ascendente), la técnica quirúrgica, la necesidad de reconversión y el tiempo de circulación extracorpórea (Tabla 11). Ninguna de estas variables pudo ser identificada como un determinante independiente de la mortalidad precoz en el análisis multivariante.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Tabla 11: Análisis multivariante para los determinantes de éxitus.

MORTALIDAD					
		VIVOS	EXITUS	P- Univariante	P- Multivariante
Clase Funcional	I	95,12	4,9	0,0240	NS
	II	100	0		
	III	94,12	5,9		
	IV	50	5		
Sen. Valsalva		50(42-54,5)	69 (50-70)	0,0779	NS
Unión ST		49,5(39,8-53)	65,5(62-69)	0,0269	NS
Ao. Asc.		55(49,4-60)	65,5(60,5-80,25)	0,0172	NS
Técnica	David	97,18	2,82	0,0041	NS
	Pl. Com	100	0		
	Yacoub	66,67	33,33		
Reconversión	No	97,10	2,90	0,0890	NS
	Si	81,82	18,18		
Tiempo CEC2		218(174-246)	278,5(228-296)	0,0601	NS

12.3.2. Determinantes de reconversión a sustitución valvular aórtica:

En el análisis univariante global, únicamente se encontró una relación significativa entre la necesidad de reconversión y dos variables operatorias: 1) la técnica quirúrgica, tanto analizada en sus tres tipos principales como cuando se incluyeron todas las variantes de la técnica de David, y 2) el diámetro del injerto vascular utilizado para sustituir la raíz aórtica (Tabla 12).

Tabla 12: Análisis multivariante para los determinantes de reconversión.

RECONVERSIÓN A SUSTITUCIÓN VALVULAR					
		VIVOS	EXITUS	P- Univariante	P- Multivariante
Técnica	David	88,72	11,27	0,0236	NS
	Plic. Comisural	100	0		
	Yacoub	50	50		
Técnica 2	David-I	81,58	18,42	0,0493	NS
	David-IV	100	0		
	David-V	100	0		
	David-V Miller	96	4		
	Plic. Comisural	100	0		
Diam. Tubo	Yacoub	50	50		
		34(32-34)	30(28-34)	0,0306	0,0617



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

El análisis multivariante identificó únicamente al menor diámetro del injerto vascular como factor determinante independiente de la necesidad de reconversión. La elaboración de un modelo con estas dos variables, diámetro del injerto vascular y técnica quirúrgica, para discriminar a los pacientes en los que es necesario reconvertir el procedimiento demostró una capacidad aceptable, con un área bajo la curva ROC de 0,733.

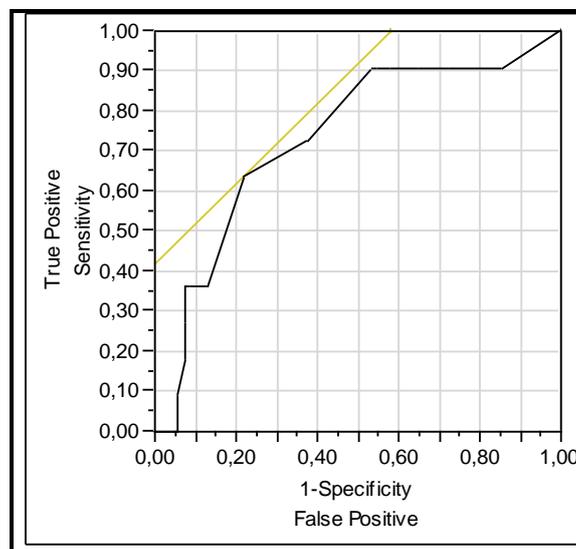


Figura 132: Capacidad de discriminación expresada en área bajo la curva ROC para los determinantes independientes de reconversión. AUC: 0,73386.

12.3.3. Determinantes de complicaciones cardiológicas mayores

Mediante análisis univariante, se identificó una relación significativa o casi significativa entre la incidencia de complicaciones y las siguientes variables: la época en la que los pacientes fueron intervenidos, la clase funcional, la presencia de HTA, la presencia de insuficiencia aórtica preoperatoria mayor a grado II, el diámetro de la raíz aórtica, el de la unión sinotubular, el del cayado aórtico, las dimensiones del ventrículo izquierdo (diámetros telediastólico y telesistólico), la técnica quirúrgica, la necesidad de reconversión, el tiempo de CEC y de cirugía, la presencia de insuficiencia valvular aórtica inmediatamente después de la corrección y presencia de insuficiencia aórtica en el momento del alta (Tabla 13).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Tabla 13: Análisis multivariante para los determinantes de complicaciones cardiológicas mayores.

Complicaciones Cardiológicas Mayores					
		SI	NO	P Univariante	P Multivariante
Época	A	55	45	0,0762	NS
	B	55	45		
	C	50	50		
	D	20	80		
HTA	No	54,55	45,45	0,0727	NS
	Si	66,67	33,33		
Clase Funcional	I	24,39	75,61	0,0002	NS
	II	52,63	47,37		
	III	82,35	17,65		
	IV	100	0		
IAo preop>2	No	33,33	66,67	0,0727	NS
	Si	54,55	45,45		
Sen. Valsalva		52(45-60)	49(41,5-55,5)	0,0867	NS
	Unión ST	50(42,75-58,5)	44(38-51,5)	0,0454	NS
Diam Cayado		33 (30-39,25)	30 (28-36,5)	0,0572	NS
	D. Diast. VI	62(51,5-68,5)	56(52-61,75)	0,0616	NS
D. Sist. VI		40(31-47)	35(31-41,75)	0,1125	NS
	Técnica				
Técnica 2	David	43,66	56,34	0,0062	0,0020
	Plicatura Comis.	0	100		
	Yacoub	83,33	16,67		
	David-I	60,53	39,47		
	David-IV	33,33	66,67		
	David-V	40	60		
	David-V Miller	20	80		
Plicatura Comis.	0	100			
Reconversión	Yacoub				
	No	36,23	63,77	<0,0001	NS
Tº CEC2	Si	100	0		
		234,5(193,25-268,5)	205(162,25-233,25)	0,0145	NS
Tº Cirugía		342,5(278,75-393,75)	395(351,5-477,5)	0,0044	0,0139
	IAo postCEC				
IAo postCEC(3G)	No	31,48	68,52	0,0007	NS
	Si	73,08	26,92		
	No	68,52	31,48		
	Leve	43,75	56,25		
IAo PostCEC(4G)	Moderada	0	100		
	Severa	0	100		
	No	72	28	0,0017	NS
	Trivial	65,52	34,48		
IAo alta	Leve	43,75	56,25		
	Moderada	0	100		
	Severa	0	100		
	No	56,41	43,59	0,1994	NS
IAo alta (3G)	Si	0	100		
	No	61,97	38,03	0,0020	0,0397
IAo alta >2	Leve	0	100		
	Moderada	0	100		
	No	56,41	43,59	0,1994	NS
	Si	0	100		



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

De todas estas variables, únicamente la técnica quirúrgica, la duración de la intervención y la presencia de insuficiencia valvular aórtica en el momento del alta se comportaron como predictores independientes de la aparición de complicaciones cardiológicas mayores.

12.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN PARA PREDICCIÓN DE FACTORES DE REPARABILIDAD, ESTABILIDAD Y COMPLICACIONES

12.4.1. Reparabilidad

Entre los posibles factores predictores de reparabilidad, cuya variable dependiente es la presencia de insuficiencia aórtica post-CEC menor o igual a grado I (leve), la regresión logística identifica al grado de insuficiencia aórtica preoperatoria en escala ordinal entre 0 y 4. El análisis de regresión logística es validado por el método de bootstrapping realizado post hoc.

Tabla 14: *Análisis de regresión logística para la determinación de factores predictores de reparabilidad (IAo \leq 1 en el control intraoperatorio).*

	B	Sesgo	Error estándar	Sig. (bilat)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
IAo preop.	0,754	0,081	0,368	0,006	0,298	1,792

Tabla 15: *Booststrapping en el análisis de predictores de insuficiencia aórtica post-CEC \leq 1.*

			BOOTSTRAPPING			
	B	Sesgo	Error estándar	Sig. (bilat)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
IAo preop.	0,754	0,081	0,368	0,006	0,296	1,792



12.4.2. Estabilidad funcional de la reparación (insuficiencia aórtica significativa residual):

Se analizaron los determinantes de insuficiencia aórtica significativa para el grupo de pacientes intervenidos con cirugía de David, considerando como variable dependiente la presencia de insuficiencia aórtica significativa residual (convencionalmente definida como la presencia de al menos dos ecocardiogramas con insuficiencia aórtica mayor a leve, en el seguimiento). El tiempo medio de aparición de IAo (grado mayor a II) fue de $4,8 \pm 3,8$ años (media \pm DE).

La curva actuarial refleja la probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica significativa en el seguimiento (Figura 133).

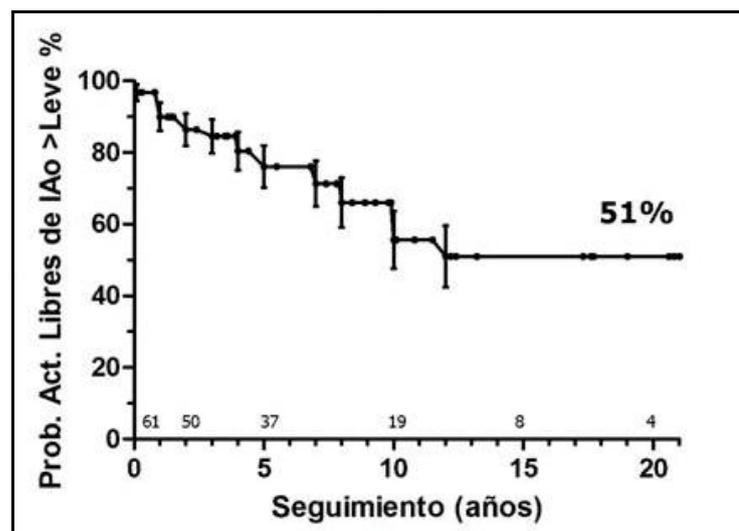


Figura 133: Probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica mayor a grado I (leve). Números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.

El análisis de los factores predictores de estabilidad de la reparación mediante el test de riesgos proporcionales de Cox, asignando como variable dependiente de convención la presencia de insuficiencia aórtica mayor que leve en dos ecocardiogramas a lo largo del seguimiento, identificó como predictores negativos



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

significativos el grado de IAo post-CEC así como el grado de IAo al alta. Se confirmó posteriormente con el análisis de bootstrapping (Tabla 16 y 17).

Tabla 16: Análisis de Cox para el estudio de determinantes de insuficiencia aórtica significativa en el seguimiento.

	B	Error Estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
IAo post-CEC	1,081	0,380	8,094	1	0,004	2,947	1,400	6,206
IAo alta	0,930	0,402	5,053	1	0,025	2,467	1,123	5,422

Tabla 17: Bootstrapping en el análisis de factores predictores de insuficiencia aórtica significativa en el seguimiento.

BOOTSTRAPPING						
	B	Sesgo	Error estándar	Sig. (bilat)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
IAo post-CEC	1,081	0,073	0,416	0,003	0,430	2,054
IAo alta	0,930	0,048	0,511	0,040	0,065	2,214

Estos resultados se reflejan en las correspondientes curvas actuariales en las que se observa que la presencia de regurgitación residual mayor de grado I en el control intraoperatorio segrega un subgrupo de pronóstico significativamente peor en cuanto a la estabilidad de la función valvular. Sin embargo, entre los pacientes con IAo intraoperatoria de grado 0 o I también se produce deterioro funcional, aunque menor (Figura 134). Con los datos del ecocardiograma previo al alta la información pronóstica es aún más precisa pues los pacientes con regurgitación de grado 0 o I apenas presentan deterioro de la función valvular durante la primera década postoperatoria (Figura 135).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

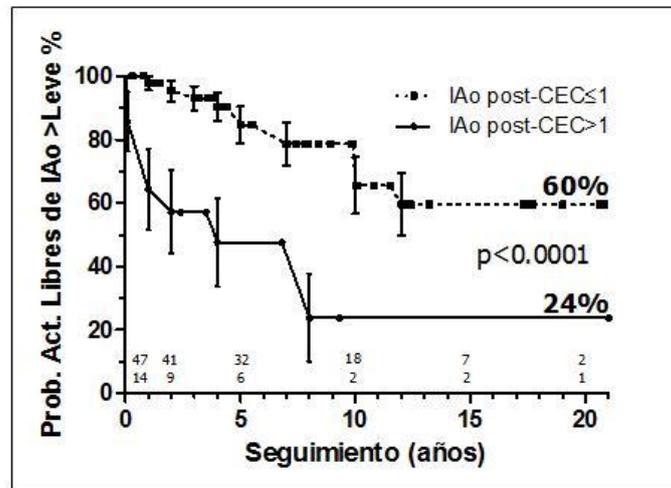


Figura 134: Probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica mayor a grado I (leve) en el seguimiento, en función del grado de insuficiencia aórtica detectada a la salida de CEC. Números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.

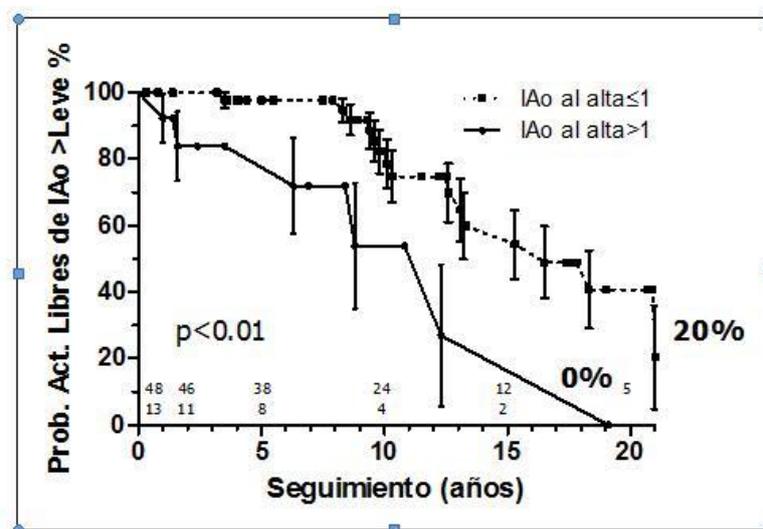


Figura 135: Probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica mayor a grado I (leve) en el seguimiento en función del grado de insuficiencia aórtica al alta. Números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.



12.4.3. Necesidad de sustitución valvular aórtica.

Entre los factores predictores de sustitución valvular aórtica durante el seguimiento, se identifican la clase funcional preoperatoria, el grado de IAo al alta y el diagnóstico de Enfermedad de Marfan. En el análisis actuarial (Figuras 135, 136 y 137) se observa el comportamiento de los diferentes subgrupos cuando se divide la cohorte global atendiendo a estos parámetros. Se observa una diferencia significativa cuando se comparan los grupos en función de la regurgitación residual al alta (Figura 137).

Tabla 18: Análisis de Cox para la determinación de factores predictores de sustitución valvular aórtica.

	B	Error estándar	Wald	Sig.	Exp(B)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
Clase Func.	1,663	0,746	4,971	0,026	5,277	1,223	22,775
Marfan	3,928	1,645	5,703	0,017	50,827	2,022	1277,331
IAo alta	1,328	,584	5,169	0,023	3,772	1,201	11,850

Tabla 19: Método de bootstrapping que confirma los factores predictores identificados previamente por el análisis de Cox.

	BOOTSTRAPPING					
	B	Sesgo	Error estándar	Sig. (bilat)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
Clase Func.	1,663	0,748	2,664	0,018	0,168	11,539
Marfan	3,928	0,481	7,989	0,008	-10,716	26,406
IAo alta	1,328	0,453	1,841	0,009	0,006	8,609



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

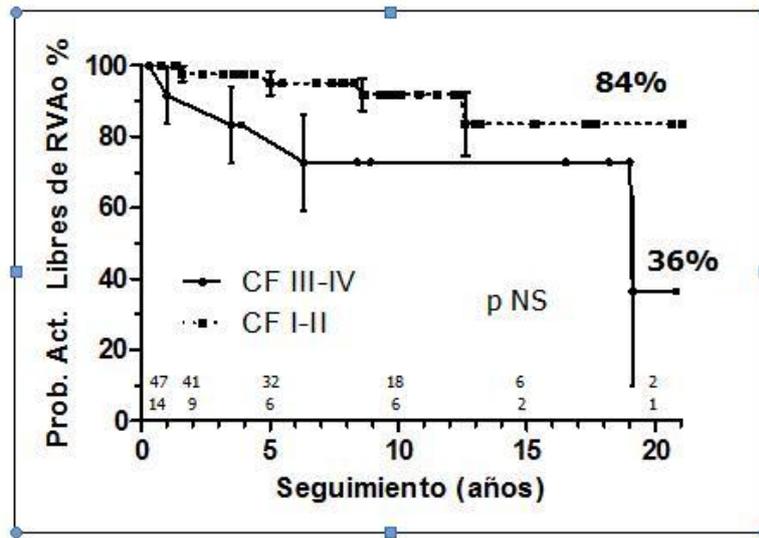


Figura 136: Probabilidad actuarial de permanecer libre de sustitución valvular aórtica en el seguimiento, en función de la clase funcional preoperatoria. Los números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.

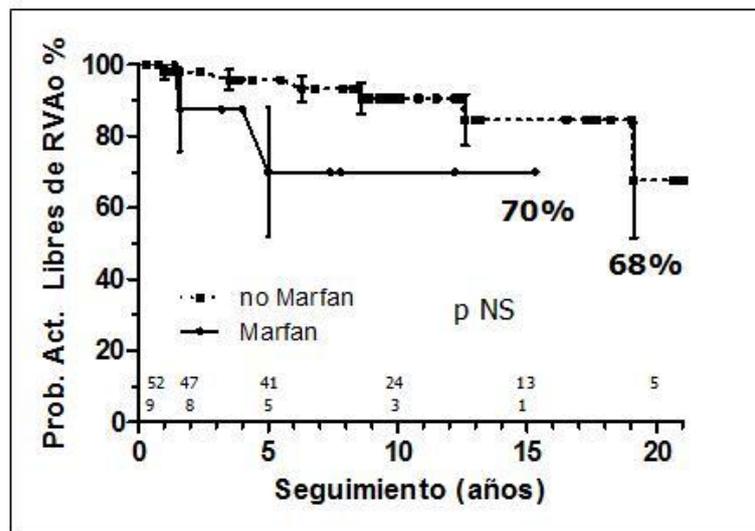


Figura 137: Probabilidad actuarial de permanecer libre de sustitución valvular aórtica en el seguimiento, en función del diagnóstico de Enfermedad de Marfan. Números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

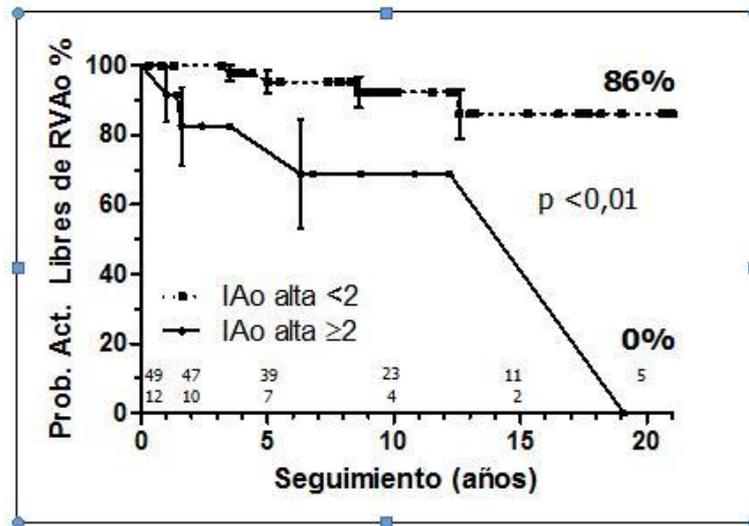


Figura 138: Probabilidad actuarial de permanecer libre de sustitución valvular aórtica en el seguimiento, en función del grado de insuficiencia aórtica al alta. Los números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.

12.4.4. Supervivencia

La probabilidad actuarial de permanecer vivo en el seguimiento para el grupo de pacientes intervenidos con técnica de David se refleja en la Figura 139.

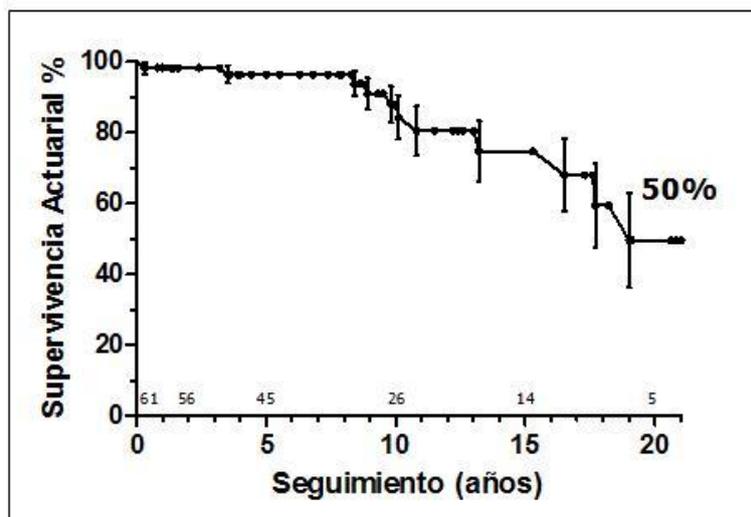


Figura 139: Probabilidad actuarial de supervivencia para el grupo intervenido exclusivamente con Técnica de David. Los números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

En la identificación de factores predictores de supervivencia en el grupo de pacientes intervenidos con la técnica de David, siendo la variable dependiente la muerte del paciente, se identifica como factor preoperatorio negativo y significativo la clase funcional NYHA (Tabla 20 y 21).

Tabla 20: Análisis de Cox para la identificación de factores predictores de supervivencia para los determinantes de reconversión.

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
Clase Func.	0,908	0,391	5,390	1	0,020	2,480	1,152	5,339

Tabla 21: Bootstrapping confirma los hallazgos previos del análisis de Cox.

BOOTSTRAPPING						
	B	Sesgo	Error estándar	Sig. (bilat)	95% IC (inf)	95% IC (sup)
Clase Funcional	0,908	0,086	0,555	0,009	0,221	2,086

La curva actuarial muestra una probabilidad de supervivencia a los 10 años del 95% para los pacientes en clase funcional preoperatoria menor o igual a grado II, y de un 50% para los pacientes en clase funcional preoperatoria mayor a grado II (Figura 140).

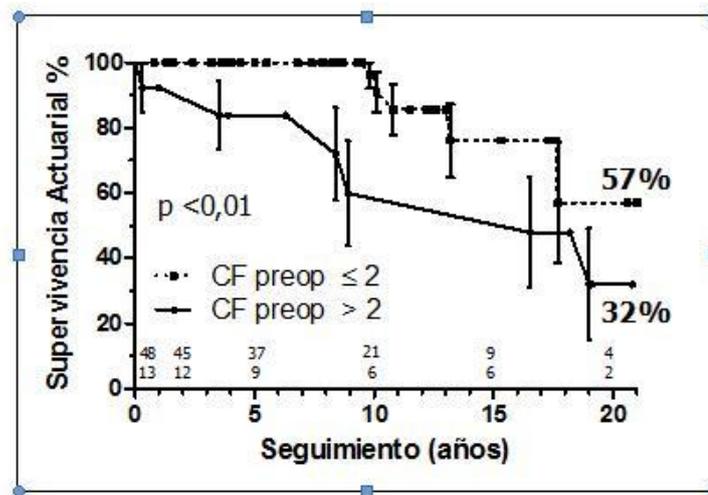


Figura 140: Probabilidad actuarial de supervivencia en función de la clase funcional preoperatoria. Los números sobre el eje de abscisas reflejan el número de sujetos a riesgo para cada grupo, en los correspondientes puntos temporales.

12.5. ANÁLISIS POR SUBGRUPOS:

12.5.1. Subgrupo A: Pacientes intervenidos con la técnica de remodelamiento de raíz aórtica o técnica de Yacoub

De la serie completa que se presenta compuesta por 80 pacientes, 6 pacientes fueron intervenidos con la técnica de Yacoub (5 varones y una mujer). La media de edad de este subgrupo es de 64 años, con un rango de edad entre 47-73 años. Ninguno de ellos estaba afecto de Sd. Marfan, uno de ellos presentaba una válvula aórtica bicúspide y otro fue intervenido en el contexto de una disección aórtica crónica.

El grado funcional preoperatorio, se encontraba en fases avanzadas en el 50% de los pacientes, en clase funcional III-IV de la clasificación NYHA en tres de los pacientes considerados y clase funcional I-II en los tres pacientes restantes. Los diámetros aórticos medios medidos preoperatoriamente fueron los siguientes: a nivel del anillo aórtico de 23,3 mm, a nivel de los senos aórticos 48,5 mm, a nivel de la unión sinotubular 54,66 mm, a nivel de aorta ascendente de 56 mm, y a nivel del arco aórtico de 35 mm. Los tiempos de la intervención medios fueron: tiempo de clampaje aórtico de 167,5 minutos. Si bien, en tres de los pacientes fue preciso un segundo periodo de clampaje aórtico ascendiendo a 242,33 min el tiempo de clampaje total medio. Las



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

muestras de raíz aórtica enviadas para examen anatomopatológico, reveló en tres de los casos necrosis quística de la media. En el resto de pacientes la histología reveló la presencia de aneurismas de raíz y aorta ascendente de origen aterosclerótico.

El diámetro medio de los injertos de Dacron utilizados, fue de 28 mm con una distribución de 24-32 mm. En ninguno de los pacientes se realizó cirugía reparadora asociada a la válvula aórtica, y sólo en dos, se asoció otra técnica quirúrgica (cirugía de revascularización coronaria con doble bypass coronario y sustitución parcial de cayado aórtico, y en otro una anuloplastia mitral con creación de neocuerdas mitrales). El sangrado postoperatorio medio fue de 1943 ml.

La insuficiencia aórtica preoperatoria se encontraba en rango severo sólo en uno de los pacientes incluidos, siendo moderada en otro paciente, y en rango ligero en los restantes. Si bien, los resultados postoperatorios por ecocardiografía transesofágica mostraron la presencia de una insuficiencia aórtica postoperatoria grave en 3 de los pacientes a los que hubo que reconvertir y sustituir la válvula aórtica. Un paciente de los incluidos precisó el implante de un sistema de ECMO arterio-venoso por fallo biventricular postcardiotomía, presentando posteriormente una evolución favorable. Ninguno de los pacientes presentó complicaciones como bloqueo aurículo-ventricular, fenómenos tromboembólicos, endocarditis u otras infecciones graves a otros niveles.

En el seguimiento: Dos pacientes fallecieron en el periodo perioperatorio, uno por un hematoma subdural al tercer día de postoperatorio, y otro súbitamente al 6º día postoperatorio (taponamiento cardíaco por dehiscencia de suturas entre el tubo de Dacron y aorta distal), ambos pertenecientes al grupo de tres que fue preciso reconvertir a sustitución valvular aórtica por fallo de la técnica.

Dos pacientes más fallecieron en el seguimiento a largo plazo: Uno de los pacientes intervenidos, falleció escasos meses después de la operación, por un episodio de insuficiencia respiratoria y neumonía por broncoaspiración. Otro paciente al que se le asoció un pontaje coronario a DA y marginal obtusa, y sustitución parcial de cayado aórtico, estaba afecto de un aneurisma aórtico toracoabdominal y falleció en el postoperatorio de esta última cirugía que se realizó un año más tarde, por shock séptico secundario a una bronconeumonía bilateral.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Sólo un paciente de los seis intervenidos con técnica de Yacoub, ha sobrevivido a la intervención y es seguido anualmente por control ecocardiográfico y cardiológico tras 13 años de la cirugía. La paciente se encuentra asintomática, sin insuficiencia aórtica y con válvula bicúspide normofuncionante, con conservación de la función ventricular en rangos normales, y diámetro aórtico a nivel de los senos de Valsalva de 35 mm.

12.5.2. Subgrupo B: Pacientes afectados de síndrome de Marfan.

En la serie completa de 80 pacientes que presentamos, existían pacientes afectados de síndrome de Marfan, diagnosticados siguiendo los criterios clásicos de Gante. Procedemos a realizar un análisis descriptivo de este subgrupo.

El subgrupo lo componen 8 pacientes, 7 varones y una mujer. La edad media del grupo en el momento en que se llevó a cabo la intervención fue de 21,25 años, con una distribución de 14 a 33 años. Todos se encontraban asintomáticos, en clase funcional I de la NYHA. Uno de los pacientes presentaba una insuficiencia aórtica moderada, y otro una insuficiencia aórtica ligera. Los seis pacientes restantes presentaban una válvula aórtica normofuncionante, sin regurgitación aórtica. Los diámetros a nivel de la raíz aórtica eran los siguientes: a nivel del anillo aórtico 29,5 mm, a nivel de los senos aórticos de 50,8 mm, a nivel de la unión sinotubular 38,9 mm, en aorta ascendente 31,25 mm, y a nivel del arco aórtico de 24,62 mm. Los diámetros del tubo utilizados fueron en 5 casos, un injerto de 34 mm, en dos casos de 38 mm y en el caso restante de 32 mm.

En dos de los pacientes se realizaron técnicas asociadas de reparación valvular aórtica sobre los velos y en dos de los pacientes se realizó cirugía valvular mitral asociada (una sustitución valvular y una reparación valvular respectivamente). La ecocardiografía transesofágica intraoperatoria de control, mostró una insuficiencia aórtica moderada en uno de los casos. En el resto de los casos, la insuficiencia aórtica post-CEC era leve o inexistente.

Los exámenes anatomopatológicos de los fragmentos de aorta resecados, presentaron degeneración quística de la capa media de la aorta en siete de los 8 casos incluidos. No se detectó ningún evento postoperatorio mayor como bloqueo aurículo-ventricular,



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

infecciones, complicaciones tromboembólicas o muerte. En el momento del alta, solo uno de los pacientes presentaba una insuficiencia aórtica moderada en igual grado a la detectada postoperatoriamente.

En el seguimiento, un paciente precisó ser sometido en el seguimiento a una sustitución valvular aórtica (el paciente con una insuficiencia moderada al alta al cual se había asociado una plastia de acortamiento de velo coronario derecho) y otro de los pacientes falleció tardíamente tras la realización de un trasplante cardiaco realizado a los 5 años por disfunción biventricular grave (en este paciente se asoció al David I, una plastia mitral según la técnica de Alfieri y un anillo mitral flexible).

El resto de pacientes ha presentado una buena evolución y en el seguimiento mantienen una aceptable competencia valvular en grados leves, con insuficiencia aórtica moderada mayor de grado 2 únicamente en un paciente.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

13. DISCUSIÓN



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



13. DISCUSIÓN

La cirugía de preservación valvular aórtica con sustitución de la raíz es una clara alternativa a la tradicional sustitución valvular y de la aorta ascendente con un injerto valvulado descrita originalmente por Bentall y De Bono hace casi 50 años y modificada por Kouchoukos (223, 226). La cirugía de preservación valvular aórtica incluye aquellos procedimientos destinados a tratar pacientes afectados de aneurisma de raíz aórtica con o sin insuficiencia valvular aórtica, en los cuales se preserva la válvula aórtica nativa del paciente, evitando de esta forma la cirugía convencional de esta patología, que implica el empleo de injertos valvulados y con ello, la interposición de una prótesis valvular (146, 177). La alternativa conservadora evita, por una parte, la necesidad de recibir tratamiento anticoagulante, sobre todo en pacientes jóvenes que suelen someterse a estas técnicas, así como todos los riesgos y complicaciones (acumulativos a lo largo del tiempo) derivados del mismo (31, 175, 314). Proporciona una mejor calidad de vida del paciente joven al evitar la dependencia de una medicación anticoagulante de por vida y las complicaciones tromboembólicas y sangrados derivadas de la misma y facilita el manejo en aquellos casos de mujeres en edad fértil que desean ser madres, y en las cuales una prótesis valvular mecánica dificultaría en gran manera este fin (126, 230, 240). Además, en pacientes jóvenes cuya elección sea el implante de una prótesis biológica con la finalidad de evitar tiempo de exposición a la terapia anticoagulante, y ganar años y calidad de vida, incluso de forma temporal, se minimiza el riesgo de degeneración estructural asociado al implante de una válvula biológica en este grupo de edad (303, 304, 334).

Hemos comentado en el repaso al estado actual de esta cirugía que existen básicamente dos tipos principales de procedimientos de preservación valvular aórtica: la técnica del remodelado de la raíz aórtica o técnica de Yacoub, y la técnica de reimplantación valvular o técnica de David (146, 245). Ambos tipos, tanto la técnica de Yacoub como la técnica de David, son eficaces en la restauración de la competencia valvular aunque con algunas peculiaridades (22, 125, 304). El remodelado de raíz aórtica se ha defendido como funcionalmente superior a la técnica de la reimplantación, al ser una técnica que preserva, al menos parcialmente, el movimiento fisiológico del anillo aórtico a lo largo



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

del ciclo cardíaco. Los pacientes mayores afectados de aneurismas de aorta ascendente pueden ser tratados satisfactoriamente con la técnica de Yacoub (177). En los ellos, como resultado del proceso degenerativo de la pared aórtica la dilatación se extiende desde la aorta ascendente hacia la unión sinotubular o los senos de Valsalva, creando una insuficiencia valvular aórtica secundaria, pero el anillo ventrículo-arterial presenta unas dimensiones normales. Sin embargo, la ventaja teórica de esta técnica de menor interferencia con las variaciones dimensionales de la raíz aórtica a lo largo del ciclo cardíaco se convierte en inconveniente cuando se utiliza en pacientes jóvenes, afectados de aneurismas de raíz aórtica por aortopatías familiares sindrómicas, en los cuales existe dilatación de la unión ventrículo arterial con potencial para progresar tras la cirugía (304). En estos pacientes, la técnica de reimplantación valvular estabiliza el segmento basal del anillo aórtico a través de su inclusión dentro de un injerto tubular de Dacron (22, 127, 314). Por otra parte, la técnica de David implica una mayor complejidad técnica, ya que interactúa con la geometría de todos los componentes de la raíz aórtica, por lo que presenta posibilidades variadas de distorsión así como sobre- o subcorrección que llevan aparejado un mal resultado de la reparación. Además, la mayor complejidad implica una mayor duración del procedimiento y, por tanto, de los tiempos de pinzado aórtico y de circulación extracorpórea (146).

La mortalidad y morbilidad asociadas son factores importantes de decisión para comparar técnicas quirúrgicas. Sin embargo, cuando se valoran técnicas de cirugía valvular conservadora, la factibilidad o reproducibilidad de la reparación, así como la robustez o estabilidad funcional a medio y largo plazo, incluyendo la necesidad de realizar un reemplazamiento valvular diferido, reflejan la aplicabilidad y el rendimiento clínico en el mundo real de estas técnicas y permiten su indicación con una base racional (126). En este sentido, la identificación de variables clínicas preoperatorias predictoras de factibilidad y estabilidad de los procedimientos reparadores resulta de gran ayuda para una adecuada selección de pacientes que pueden beneficiarse de los mismos. La adecuada selección de los pacientes es un factor crítico para la obtención de resultados que puedan superar a los obtenidos con la operación de Bentall.

En el análisis de nuestra serie, analizamos punto por punto estas cuestiones.



Factores predictores de supervivencia-éxitus:

Una gran parte de los pacientes a los que se realiza sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular están afectados de otras enfermedades en la esfera cardiovascular, disecciones de aorta, síndromes y alteraciones genéticas con afectación sistémica, etc. Como consecuencia, su expectativa de vida tras la cirugía no llega a alcanzar la de la población sana. Cuanto más jóvenes sean los pacientes intervenidos, más posibilidades existen de que a lo largo del seguimiento el paciente presente recurrencia de la insuficiencia aórtica y/o necesite ser reintervenido y mayor es su tiempo de supervivencia normal, por lo que la normalización de la expectativa vital es un objetivo que se antoja tanto más ambicioso cuanto más joven es el paciente. Sin embargo, los resultados comunicados son positivos y favorables a la realización de este tipo de técnicas, incluso en pacientes jóvenes con enfermedad de Marfan aunque la información con la que contamos en la actualidad no permite aún afirmar que vayan a normalizar la expectativa vital de este grupo de pacientes. Por otra parte, la preservación valvular evita la pérdida de calidad de vida y complicaciones del tratamiento anticoagulante y esta es una ventaja que favorece durante más tiempo a los pacientes jóvenes, con mayor esperanza vital, pero cualitativamente más a los pacientes mayores por su mayor tendencia hemorrágica y trombótica (342, 343).

Las intervenciones tanto para preservación valvular aórtica como para reconstrucción de raíz aórtica con injerto valvulado tienen una mortalidad precoz baja si se realizan de manera electiva, en ausencia de síntomas de insuficiencia cardíaca, y menor morbimortalidad en comparación con su realización en situaciones de emergencia. La mortalidad precoz en pacientes intervenidos electivamente se estimó en 1,5% de los casos, frente a un 11,7 % de mortalidad en pacientes intervenidos en situación de emergencia (232, 255). Se han publicado diversas series de pacientes intervenidos con la técnica de David y en las cuales la mortalidad ha llegado a ser nula. Patel, con un grupo de 140 pacientes, Kallenbach, con 59 pacientes afectados de síndrome de Marfan, y Settepani (241, 344, 345). En la serie publicada por el propio David, se observa una supervivencia a 10 años de hasta un 92% de los pacientes sometidos a esta técnica. Svensson publica su serie menos numerosa, pero con una supervivencia a 5 años del 99% (346).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Una de los principales estudios prospectivos publicados, incluye la serie con los primeros 371 pacientes intervenidos por el grupo de Toronto (David) desde 1988 a 2010, con una mayor prevalencia varones, con una edad media de 47 años, y un 47% de pacientes afectados de insuficiencia aórtica mayor de grado 2 preoperatoriamente y un 35,5% de pacientes afectados de Síndrome de Marfan. Un total de 296 pacientes fueron sometidos a la técnica del reimplante valvular aórtico, y 75 a la de remodelado de la raíz. En un 37% de pacientes se asoció una plastia de los velos a la técnica sobre la raíz. El seguimiento medio fue de 8.9 ± 5.2 años. Se estimó una supervivencia del 77% a 18 años y, en el análisis multivariante, se identificaron como determinantes de mortalidad la edad, la presencia de disección aórtica tipo A y variables ecocardiográficas preoperatorias como la disfunción sistólica ventricular izquierda y la severidad de la insuficiencia aórtica. Las técnicas de preservación valvular aórtica han demostrado por lo tanto unos resultados favorables, con un deterioro lento de la función valvular a largo plazo. En la última serie publicada por este mismo grupo, para 146 pacientes intervenidos con Síndrome de Marfan, con una media de edad de $35,7 \pm 11.4$ años, la supervivencia estimada a 15 años fue del 93,2% (347).

En la presente serie, la mortalidad precoz global fue de un 5% y una mortalidad acumulada de un 13,7% a lo largo de todo el seguimiento de 20 años, si bien, considerando únicamente la mortalidad relacionada, la cifra desciende hasta un 8,7%. Las curvas actuariales muestran una supervivencia global (incluyendo mortalidad relacionada y no relacionada) a los 5 años del 92% en aquellos pacientes en los que se realizó la sustitución de raíz con preservación valvular, la cual desciende al 75 % a los 10 años, y posteriormente a un 68% a los 15 y 20 años. Al considerar la mortalidad relacionada, es decir, aquella únicamente de causa cardiológica, en el grupo total de pacientes vivos al alta, así como para el grupo en el que se pudo realizar la técnica indicada preservando la válvula aórtica, la supervivencia es del 97% a los 5 años, con un leve descenso al 92% a los 10 años, que se estabiliza y mantiene a lo largo de todo el seguimiento posterior.

La presente serie presenta unos resultados en cuanto a la mortalidad algo inferiores a los mejores de la literatura, pero hay que considerar varios factores que probablemente han debido influir en estas cifras: 1) La edad media de los pacientes es significativamente más alta que la mayoría de las series publicadas; 2) nuestra



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

experiencia incluye las curvas de aprendizaje de tres cirujanos; 3) la referencia limitada de pacientes que ha prolongado los periodos de adiestramiento en las técnicas; y 4) su heterogeneidad en cuanto a procedimientos y tipo de pacientes. A pesar de que en el análisis univariante se identificaron una serie de parámetros asociados significativamente con la mortalidad hospitalaria, en el análisis multivariante todos ellos pierden la significación estadística, por lo que nuestra cohorte no nos permite señalar ningún factor pre- o intraoperatorio predictivo de mortalidad precoz.

Factores predictores de insuficiencia aórtica en el postoperatorio y/o de reintervención

A pesar de que la existencia de insuficiencia aórtica postoperatoria moderada es un factor de riesgo asociado a la progresión de la misma y al fallo de la técnica, la reparación suele permanecer funcionalmente estable en la mayoría de pacientes al menos durante los primeros 5 años tras la cirugía a pesar de su presencia. Por otro lado, la mortalidad asociada a la insuficiencia aórtica crónica, en pacientes asintomáticos y con función ventricular conservada, es muy baja, manteniéndose estable hasta en un 75% a los 7 años de seguimiento, y un 58% a los 11 años, requiriendo sólo un 4-5% al año, someterse a cirugía valvular, por presencia de sintomatología o disfunción de la función ventricular (312, 313). Por tanto, la insuficiencia aórtica crónica, en la mayoría de casos, se mantiene estable en un largo periodo de seguimiento, no estando indicado la cirugía de reemplazamiento valvular de forma profiláctica con el fin de evitar la disfunción ventricular futura (312). Además, el grado preoperatorio de insuficiencia aórtica y el hecho de haberse asociado una técnica de reparación de los velos se relacionan con el hallazgo de regurgitación aórtica precoz en el postoperatorio. Esta relación parece ser más fuerte en el caso de la presencia de insuficiencia aórtica moderada-grave preoperatoria (303, 336).

La dilatación progresiva del anillo aórtico, una de las principales complicaciones que puede asociarse a la técnica del remodelado, no ha sido sin embargo observada a largo plazo por una de las series más numerosas descritas por Schäfers. Se ha propuesto, no obstante, que el diámetro preoperatorio de la unión ventrículo arterial mayor de 28 mm, constituye un factor de riesgo de dilatación futura (348). Quizás la dilatación del



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

anillo per sé no determina el riesgo, pero sí es un indicador de la deformación de la raíz aórtica, y explicaría una mayor tendencia de los velos al prolapso al tratar de normalizar la geometría de la raíz (175, 287). Un factor de riesgo a largo plazo de fallo de la función valvular en la cirugía de la raíz aórtica, no solo para los procedimientos que incluyen sustitución de la misma sino para técnicas más limitadas (sobre velos, comisuras, anuloplastias, etc.) que no asocian sustitución, es la dilatación preoperatoria del anillo aórtico basal por encima de 25-28 mm (253, 273, 287, 336, 349).

El grado de insuficiencia aórtica preoperatoria, la dilatación de la raíz aórtica o la presencia de disección aguda de aorta ascendente se han identificado como predictores de insuficiencia aórtica postoperatoria (175, 253, 350, 351). En la serie que se describe, y tras el análisis univariante, se identificaron además de los citados (presencia de insuficiencia aórtica preoperatoria mayor a grado II, así como el diámetro de la aorta a nivel de los senos de Valsalva) otros como la clase funcional, la función ventricular, los diámetros ventriculares y la insuficiencia aórtica presente al alta, como potenciales predictores de insuficiencia valvular aórtica postoperatoria. Sin embargo, únicamente la insuficiencia valvular aórtica preoperatoria así como el grado funcional preoperatorio aparecen cercanos a la significación estadística en la serie descrita, y por tanto, pueden proponerse como factores predictores independientes de insuficiencia aórtica postoperatoria significativa. En la representación gráfica de estos resultados, el área bajo la curva ROC es cercano a 1, por lo que tiene un alto poder predictivo.

En la serie de Toronto descrita por David, con un total de 371 pacientes intervenidos con técnica de reemplazamiento de raíz y preservación valvular aórtica, un 94,8% de pacientes se encontraban libres de reoperación a los 18 años (337). En el análisis univariante, la presencia de válvula aórtica bicúspide, la insuficiencia aórtica preoperatoria mayor a grado 2, y la técnica de remodelado se identificó como un factor de riesgo de reintervención, si bien este aspecto no pudo corroborar en el análisis multivariante posterior. La probabilidad actuarial de mantenerse libre de insuficiencia valvular aórtica mayor de grado 2 en el seguimiento a 18 años, se estimó en un 78% (336, 337).

El análisis de los resultados de las series más numerosas de cirugía conservadora valvular aórtica muestra unas tasas de reoperación valvular relativamente bajas. Es importante reseñar no obstante que, dado que la insuficiencia valvular aórtica crónica,



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

incluso en grado severo, puede ser bien tolerada clínicamente, las tasas de reoperación pueden infraestimar el fallo valvular tras la reconstrucción de raíz aórtica con preservación valvular (22).

Papel del grado de la insuficiencia aórtica preoperatoria:

En la experiencia de Burkhart y cols., el grado preoperatorio de insuficiencia aórtica y la realización de gestos quirúrgicos sobre los velos predicen la recurrencia postoperatoria de la regurgitación (288, 350, 352, 353). El número de pacientes y duración del seguimiento limitados en los estudios y el también limitado número de grupos que realizan esta exigente cirugía explican la falta de datos concluyentes sobre esta cuestión. La insuficiencia aórtica severa preoperatoria se ha señalado como factor significativo de riesgo de deterioro valvular así como de reoperación. Sin embargo, otras series descartan su asociación con el desarrollo de una insuficiencia valvular grave en el postoperatorio (352, 354). En lo que parecen coincidir la mayoría de las series publicadas, es en que aquellas válvulas en apariencia difíciles de reparar, o que necesitan la utilización de varias técnicas de reparación, pueden no obtener un beneficio funcional duradero por lo que puede conseguirse una mejor evolución para el paciente con una sustitución valvular.

Kallenbach y cols. estudian una serie de 158 pacientes (83 pacientes con reimplantación) con insuficiencia aórtica grave preoperatoria y comunican una mortalidad hospitalaria del 3.8% y una baja tasa reoperación a 3 años (293, 355). En una serie 158 pacientes, 40 (44%) de los cuales con insuficiencia aórtica grave preoperatoria, Badiu y cols. observan una supervivencia del $97\pm 3\%$ a 5 años y una libertad de reoperación del $83\pm 8\%$ a 5 años. Cuando estos autores comparan la recurrencia postoperatoria de la regurgitación, encuentran que en el grupo con insuficiencia preoperatoria grave la probabilidad actuarial a los 5 años de permanecer libre de IAo significativa es del $50\pm 16\%$ en comparación con el grupo con menor IAo preoperatoria que presentaba un $88\pm 7\%$ (355). En la experiencia de Stanford se utilizó un criterio más restrictivo con los pacientes con insuficiencia aórtica grave, si bien cuando los velos aórticos tenían una apariencia y calidad adecuada, con mínima calcificación, se realizó la reimplantación valvular (303). Son necesarias series de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

pacientes más numerosas y con seguimientos más largos para poder llegar a conclusiones y estimar el manejo óptimo de los pacientes con insuficiencia aórtica severa preoperatoria.

Papel de la insuficiencia aórtica postoperatoria y dilatación anular:

Uno de los factores más importantes predictores del fallo de la técnica y necesidad de reintervención, descritos a lo largo de los estudios realizados en las principales series de pacientes intervenidos, es la presencia y grado de la insuficiencia aórtica postoperatoria. La presencia o no de insuficiencia aórtica postoperatoria, y el grado de la misma, determinan su propia retroalimentación a lo largo del postoperatorio, así como la necesidad de reintervención futura (303, 356).

Los mecanismos responsables de la insuficiencia aórtica que progresiva y lentamente se desarrolla tras la cirugía de sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular continúan siendo motivo de investigación y análisis. Factores como la realización de procedimientos adicionales de cirugía sobre los velos valvulares, la altura de coaptación insuficiente de los velos aórticos o que el nivel de coaptación de los mismos se encuentre por debajo de la unión ventrículo arterial se han relacionado con el desarrollo de insuficiencia aórtica recidivante, así como los procesos inflamatorios locales tras una cirugía que involucra la válvula y la raíz aórtica (303, 334). Las dinámicas anormales de apertura y cierre de los velos durante el ciclo cardíaco, la disipación insuficiente del estrés generado en los velos aórticos, la reducida distensibilidad de la raíz sustituida por un injerto artificial, y la eliminación de la deformación fásica tridimensional del anillo aórtico añadida a la alteración de la geometría de los velos, pueden contribuir a una distorsión y degeneración valvular aórtica a lo largo del seguimiento postoperatorio (303, 357). La infraestimación del diámetro del injerto también se ha relacionado, y estudiado experimentalmente como factores predisponentes al fallo valvular, debido al prolapso de los velos y la turbulencia al flujo (303, 358). En el caso de las válvulas bicúspides, a pesar de que se haya corregido la hemodinámica valvular anormal, existen procesos de inflamación y calcificación local intrínsecos que pueden conducir a un fallo de la válvula durante el seguimiento (359, 360). La dilatación anular progresiva, con la consiguiente



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

disminución de la altura de coaptación de los velos aórticos, observada en los pacientes afectos de Síndrome de Marfan, ha conducido al abandono de la técnica de remodelado de la raíz aórtica en esta patología.

En resumen, conseguir una óptima restauración y estabilización del anillo valvular aórtico, minimizar y prestar especial cuidado en las técnicas de reparación de los velos asegurando una correcta geometría, que garantice una altura adecuada de las cúspides dentro del injerto, son todas maniobras que conducen a minimizar la posibilidad de una insuficiencia aórtica postoperatoria (303).

En la serie de pacientes que describe David, concluyen que ni la presencia de insuficiencia valvular aórtica mayor de grado II, ni la asociación de técnicas de reparación valvular aórtica a la técnica, afectan a la estabilidad de la técnica. Los pacientes con anillo aórtico no dilatado presentan una evolución favorable independientemente de la técnica elegida, pero, en los que muestran anuloectasia asociada, la técnica de reimplantación obtiene mejores resultados a largo plazo (336). Si bien, en esta serie todos los casos fueron intervenidos por dos cirujanos expertos en cirugía de raíz aórtica, y la mayoría de casos incluidos, presentaban velos valvulares normales, lo cual seguramente ha tenido su influencia en los resultados obtenidos (336, 337).

Los buenos resultados en cuanto a estabilidad obtenidos con la técnica de David de reemplazamiento de la raíz aórtica con reimplantación valvular se deben presumiblemente al control permanente que ejerce sobre todas las estructuras de la raíz aórtica (unión ventrículo arterial, senos de Valsalva y unión sinotubular). La técnica de remodelado de Yacoub proporciona buenos resultados en pacientes con anillo basal no dilatado y es de ejecución más rápida que la reimplantación, pues requiere una única línea de sutura proximal. Sin embargo, seis años tras su descripción, ya existía constancia de una mayor tasa de reintervención y de insuficiencia aórtica residual a medio y largo plazo, en los pacientes intervenidos con esta técnica, como se puso en evidencia en un meta-análisis realizado por Birks (320). Desde entonces, numerosas publicaciones han avalado este dato. La acumulación de mayores tiempos de seguimiento en las series publicadas no ha hecho sino aumentar las dudas en relación a la técnica del remodelado de raíz aórtica y las complicaciones intra y postoperatorias que han sido advertidas tras la misma. Se considera una técnica con



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

mayor probabilidad de fallo a medio y largo plazo, debido a que no estabiliza el anillo aórtico, lo que conduce a la dilatación del mismo, y a la indeseada insuficiencia aórtica secundaria, con tasas actuariales de normofunción valvular a los 10 años del 75%, frente al 94% formulado por la técnica de David. La necesidad de reoperación es mayor, generalmente por dilatación progresiva del anillo aórtico que conduce a una mayor incidencia de insuficiencia valvular postoperatoria, como observa Miller (329). Por todo ello, en la última década, se ha producido una reducción sustancial en los casos en los que se ha llevado a cabo el procedimiento de remodelado de raíz aórtica con la técnica de Yacoub, sobre todo en los pacientes afectados de Síndrome de Marfan. Además se ha descrito una mayor incidencia de sangrado postoperatorio con esta técnica frente a la técnica de David (202, 249, 250, 329).

La técnica de David ofrecería mejor estabilización del anillo aórtico y por lo tanto, una reparación más estable a largo plazo y un menor sangrado postoperatorio (202, 250). La supervivencia global a largo plazo y la supervivencia libre de complicaciones relacionadas con la válvula son excelentes (125). La serie del mismo grupo, muestra una supervivencia del 92% a los 10 años y una probabilidad actuarial del 94-95% de normofunción valvular, lo que se traduce en una incidencia muy baja de reoperaciones por este motivo (125). La última serie de pacientes más recientemente publicada por el grupo de Stanford, revela un incidencia del 7% de insuficiencia aórtica al seguimiento a 15 años (347). Kallenbach publica una incidencia del 5% de reoperaciones, y un 96% de pacientes en clase funcional I-II. Estas publicaciones ponen de manifiesto la gran mejora en los resultados en escasos años desde que se formularon originalmente (236, 250, 320).

En la serie que motiva la presente Tesis, la libertad de insuficiencia aórtica tanto para el grupo total de pacientes como para los que fueron dados de alta, se estimó en un 77% y 79% respectivamente en el periodo más inicial, reduciéndose a un 73%-74% que se mantiene estable a lo largo de todo el seguimiento desde los 5, 10, 15 y 20 años. Si se consideran sólo los pacientes en los que se llevó a cabo la cirugía prevista para preservación de la válvula aórtica, se registra una estimación del 88% de normofunción valvular inicial que desciende hasta el 83% a lo largo de todo el seguimiento.

En los pacientes a los que se realizó una técnica de reimplantación valvular, se observa una atrición constante de la probabilidad de normofunción valvular, de forma que ésta



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

se mantiene 12 años tras la cirugía en torno al 50%. Un aspecto importante a este respecto es el de disponer de parámetros fiables que permitan en el preoperatorio hacer una elección adecuada en cuanto a la técnica quirúrgica, o que, durante la cirugía y en función de los datos del control ecocardiográfico tras la reparación, sean útiles con respecto a la decisión de reconversión. Nuestros datos prueban una relación significativa e independiente entre el grado preoperatorio de regurgitación aórtica (en escala ordinal de 0 a 4) y la probabilidad de conseguir un buen grado de competencia valvular intraoperatoria. Esta información es útil a la hora de decidir la conveniencia a priori de adoptar una estrategia quirúrgica conservadora. Por otra parte, en nuestra cohorte el grado de regurgitación tras la reparación, tanto en la valoración intraoperatoria como al alta, son predictores del destino funcional de la válvula. Desgraciadamente, la capacidad predictiva es más precisa en el ecocardiograma previo al alta que en el intraoperatorio. En este último sería muy de agradecer un parámetro predictor de gran fiabilidad para asistir al cirujano en la decisión de sustituir eventualmente la válvula. Las condiciones en las que se realiza esta exploración, inmediatamente tras salir de un periodo de isquemia miocárdica y de circulación extracorpórea, con cierto grado de edema tisular, con el tórax abierto y bajo ventilación mecánica, pueden explicar la falta de precisión pronóstica de esta variable que, si bien divide a la población en dos subgrupos significativamente diferentes desde el punto de vista pronóstico, carece de suficiente valor pronóstico negativo en los pacientes con mejor resultado de la reparación. Esta limitación se reduce considerablemente en el estudio previo al alta cuyos resultados proporcionan información pronóstica bastante robusta, al menos durante una década, respecto al destino funcional de la válvula. La explicación de la mayor utilidad pronóstica de esta exploración sería complementaria a la del ecocardiograma intraoperatorio: En este caso, las condiciones más fisiológicas del paciente durante la exploración permiten la obtención de datos más realistas e informativos con respecto al futuro funcional de la válvula reparada.

El tamaño del anillo ha mostrado ser un factor predictor de necesidad de reoperación, aunque no existe consenso en cuanto a medidas concretas. Según la serie publicada por el grupo de la Clínica Mayo, el diámetro superior a 25 mm previo a la reconstrucción es un factor predictor de reintervención por insuficiencia aórtica recurrente en el seguimiento (232). Casselman y cols. en raíces aórticas bicúspides, encuentran un valor de corte de 27 mm y explican la relación entre el diámetro de la raíz y el riesgo de



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

reoperación por el aumento del estrés en los velos valvulares asociado con la dilatación de sus bordes libres (361). Este factor es importante, ya que en aquellas series en las que fueron incluidos pacientes con válvulas bicúspides y que no presentaban dilatación anular como la descrita por Aicher, perteneciente al grupo de Homburg, la probabilidad actuarial de permanecer libre de reoperación era del 92% a los 10 años (286)

En el otro extremo, la presencia de un diámetro anular aórtico de pequeñas dimensiones se ha identificado como un factor de riesgo de reoperación en pacientes sometidos a una técnica de David. El aumento en la turbulencia del flujo parece ser uno de los factores causales. Sin embargo, la presencia de una dilatación del anillo aórtico se ha asociado también con el fallo de la reparación valvular, en el caso de la técnica de remodelado. Por otro lado, la sobre estimación y utilización de injertos mayores al deseado, compromete la competencia valvular.(273, 287, 304).

En nuestra serie, únicamente el diámetro aórtico a nivel de los senos de Valsalva fue sugerido como un factor determinante de insuficiencia aórtica postoperatoria mayor a grado II, y no de reoperación, aunque en el análisis multivariante, no pudo ser confirmado, si bien, el reducido número de pacientes puede haber limitado la potencia estadística.

Papel de la asociación de técnicas de reparación valvular aórtica

Un elemento crucial para conseguir que la preservación valvular aórtica tenga éxito, es lograr una adecuada coaptación de velos (303, 354, 362). El grado y la altura de coaptación entre 5-9 mm dentro del injerto tubular de Dacron son importantes determinantes de la durabilidad a largo plazo. Inicialmente, estas técnicas se practicaron en casos que reunían unas determinadas características: válvulas tricúspides, con velos normales, insuficiencia aórtica mínima o nula y sin dilatación anular (20, 303, 346, 354, 359). Sin embargo, el progresivo conocimiento de los mecanismos causales de la insuficiencia aórtica, formulados en la clasificación de El Khoury (20, 303) ha conducido a una mayor aproximación al mecanismo de lesión así como al manejo de la misma con mejores resultados.

La presencia de lesiones a nivel valvular aórtico también se ha sugerido, y propuesto por la mayoría de grupos quirúrgicos como factores limitantes y predictores de fallo posterior, sin embargo, ninguno de ellos ha propuesto un mecanismo claro que



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

conduzca al fallo valvular, o si el fallo valvular es per sé inducido por la propia cirugía (175).

Varios investigadores han observado que la realización de plastias de los velos en el contexto de las técnicas de reimplante valvular, no son un factor de riesgo de reoperación posterior (288, 352, 359). Sin embargo, series como la de Hanke, Pacini y Oka muestran que la reparación de los velos aórticos se asocia a peores resultados a largo plazo (304, 333, 334). En estas condiciones es difícil predecir en qué pacientes se debe intentar preservar la válvula o en cuales por el contrario, es mejor optar por la sustitución valvular (303). David y colaboradores (352), con una de las mayores experiencias, concluyen que la válvula aórtica susceptible de preservación es aquella que presenta una adecuada integridad de los velos. En la serie de Stanford, los gestos quirúrgicos sobre los velos no son predictores de reoperación o de progresión a medio plazo de la insuficiencia aórtica hacia grados moderados-severos, en el seguimiento a largo plazo (10 años) (303, 354, 359). En la serie que se analiza, en un número no despreciable de pacientes, se asoció una técnica de reparación valvular (20%). Si bien, el hecho de haberlo asociado, no se identificó como un factor independiente predictor de fallo futuro de la técnica en términos de insuficiencia aórtica postoperatoria significativa o necesidad de reintervención.

Influencia de la válvula aórtica bicúspide:

La cirugía de preservación valvular aórtica inicialmente fue utilizada inicialmente en pacientes con válvula aórtica trivalva. Con posterioridad se amplió la indicación de estas técnicas a pacientes con válvula aórtica bicúspide que presentaban una mínima calcificación o fibrosis de los velos (352). En el seguimiento a corto y medio plazo, no se han observado diferencias significativas en cuanto a mortalidad o reoperación entre los pacientes con válvula bicúspide o tricúspide (359) o en cuanto a tasas postoperatorias de recidiva de la regurgitación (304). David y cols. en su serie de 220 pacientes intervenidos con la técnica de reimplantación valvular aórtica, 7% de los cuales portadores de válvula aórtica bicúspide, comunican una supervivencia a 10 años del 88%, una libertad de reoperación del 95% y una libertad de insuficiencia aórtica moderada o severa del 94% a 10 años. En un grupo de 11 pacientes operados con



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

válvula bicúspide de una cohorte total de 102 con seguimiento postoperatorio de 5 años, se ha observado supervivencia completa, ausencia de reoperación y un 57% de probabilidad actuarial de permanecer libre de insuficiencia aórtica significativa (355). En un estudio similar con un subgrupo de 14 pacientes, de una cohorte de 84 pacientes, con seguimiento postoperatorio de 5 años, se registró una supervivencia del 95% y libertad de insuficiencia aórtica grave del 91% y 77% a 1 y 5 años (363).

El grupo de Homburg cuenta con la mayor experiencia mundial en la reparación de la válvula aórtica bicúspide. En su serie de 316 pacientes, obtienen una supervivencia a 10 años del 92%, libertad de reoperación del 88% y 91% a 5 y 10 años y libertad de reoperación por sustitución valvular aórtica del 95 y 84%, respectivamente (348). Schäfers publica una serie con 173 pacientes con válvula bicúspide, en 78 de los cuales, se asociaba patología de raíz aórtica y fueron intervenidos con la técnica del remodelado de raíz. La libertad de reoperación a 5 años fue del 97% y de ausencia de insuficiencia aórtica mayor a moderada fue del 95,5% (22, 355, 364). A largo plazo, las válvulas bicúspides sufren mayoritariamente un proceso degenerativo que suele traducirse en estenosis valvular fibrocalcífica (365).

En la serie descrita en este trabajo, hubo un 10% de pacientes intervenidos portadores de válvulas bicúspides. En el posterior análisis de regresión, este factor no resultó estadísticamente significativo como predictor de insuficiencia valvular postoperatoria o de reintervención a lo largo del seguimiento. Tampoco resultó predictor de eventos cardiológicos mayores o aumento la mortalidad. Los pacientes con válvula bicúspide que son sometidos a tratamiento quirúrgico, suelen ser generalmente más jóvenes, y por tanto, los beneficios de esta cirugía son mayores. La presente serie y la mayor parte de las publicadas en la literatura tienen dos limitaciones: el número reducido de casos y el escaso seguimiento a largo plazo, que es el que puede determinar los beneficios de preservar la válvula bicúspide frente a la sustitución de la misma por una prótesis biológica con los riesgos de deterioro prematuro que conlleva o mecánica, con las complicaciones asociadas inherentes a la medicación anticoagulante. Además, la actitud con estos pacientes se ve influenciada por la experiencia de cada institución. Así, en la casuística de la Universidad de Toronto, uno de los grupos quirúrgicos más experimentados, se preservan válvulas bicúspides incluso con fibrosis o calcificación significativa (352, 362). Persiste, pues, la incertidumbre con respecto a los resultados a



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

muy largo plazo en esta patología pero con la información disponible puede afirmarse que la cirugía de preservación valvular aórtica puede llevarse a cabo en pacientes jóvenes, con válvulas bicúspides estructuralmente aceptables (303), con un bajo riesgo quirúrgico, una baja incidencia de reoperación a medio plazo y excelente supervivencia (355).

Conectivopatías.

El uso de las técnicas de preservación valvular aórtica en pacientes con conectivopatías y Síndrome de Marfan continúa siendo un tema controvertido. Décadas atrás, la introducción de la técnica de Bentall, con tasas relativamente bajas de mortalidad y morbilidad en los pacientes jóvenes con Marfan u otras enfermedades del colágeno (249, 303, 366), supuso una modificación histórica de la esperanza vital de la enfermedad. En estas condiciones y frente a un *patrón oro* bastante eficaz, el margen para proponer una técnica quirúrgica competitiva para estos pacientes parecía relativamente estrecho. Sin embargo, las ventajas de evitar el tratamiento anticoagulante y sus complicaciones han motivado su popularización en las últimas décadas pasando a ser una opción terapéutica incluso solicitada por los pacientes. Si bien, el éxito a largo plazo (mayor a 10 años de seguimiento) de este tipo de procedimientos sigue siendo aún desconocido. En la serie de Hanke y cols. (304), el diagnóstico de Marfan era un factor de riesgo de progresión postoperatoria de la insuficiencia aórtica con este tipo de técnicas. Birks muestra una mortalidad precoz del 4,9%, con una supervivencia al seguimiento del 92,3%, 87,3% y 84,3% al año, 5 y 10 años respectivamente (320). En las series del grupo de Stanford, de Sherestha, y de David, no se ha mostrado mayor necesidad de reoperación e incluso en esta última el diagnóstico de Marfan resultaba un factor protector de mortalidad, seguramente debido a la menor edad de este grupo de pacientes (352, 354, 359). En la última serie publicada por el grupo de Stanford, David describe una mortalidad del 93.2% a 15 años, en una serie integrada por 146 pacientes intervenidos y afectados con Síndrome de Marfan, con una media de edad de 35,7±11,4 años, 121 de ellos sometidos a cirugía de reimplante valvular aórtico (347). El grupo de Homburg sugiere que entre los pacientes operados por aortopatías familiares, los diagnosticados de Marfan presentan mejor evolución que los afectados por otras patologías (367).



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Por todo ello, se realiza actualmente un análisis de las técnicas de sustitución de aorta ascendente con preservación valvular en pacientes con aortopatías familiares sindrómicas reclutados en 19 centros, 15 de ellos norteamericanos, para registrar el resultado a largo plazo (seguimiento a más de 10 años) de estos procedimientos (303, 368). En la serie analizada en esta tesis doctoral, la presencia de síndrome de Marfan (10%), no aparece como predictor de éxito, fallo de la técnica, insuficiencia valvular recurrente, o eventos cardiológicos mayores en el seguimiento. De hecho, en el subgrupo de pacientes intervenidos con síndrome de Marfan, los resultados en comparación con el resto, han sido favorables en todos estos aspectos. Si bien, han sido pacientes jóvenes, con grados bajos de insuficiencia aórtica preoperatoria, y diámetros aórticos poco dilatados, lo que ha podido influir en estos resultados.

Complicaciones cardiológicas mayores

Tanto en la presente serie como en la experiencia recogida en la literatura, la incidencia de eventos tromboembólicos y de infecciones tanto precoces como durante el seguimiento es anecdótica. Evitar el empleo de prótesis valvulares aórticas, con los consiguientes riesgos de infección y trombogenicidad, son los principales factores que explican este hecho (126, 314, 316, 338). En nuestra serie registramos una tasa linearizada de 0,17% paciente-años de complicaciones infecciosas así como un 0% de complicaciones tromboembólicas precoces y tardías.

Respecto a la probabilidad actuarial de permanecer libre de eventos tromboembólicos o infecciones graves en el seguimiento, los datos coinciden. Badiu estima un 94% en el seguimiento a 5 años para los fenómenos tromboembólicos. En la incidencia de endocarditis, igualmente, mayoritariamente existe 100% de probabilidad de estar libre de la misma a los 5 y 10 años, disminuyendo al 94% a los 15 y 20 años. Los datos son similares en las series más significativas. Para el grupo de Stanford, los resultados más recientemente publicados indican una incidencia casi del 1.3% de complicaciones mayores infecciosas como endocarditis (126, 316, 347, 355).

En el análisis univariante, se identificaron como determinantes predictores de complicaciones mayores diversos factores como la época en que los pacientes fueron intervenidos, la clase funcional preoperatoria, la presencia de HTA, la insuficiencia



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

aórtica preoperatoria, los diámetros aórticos y ventriculares, la técnica quirúrgica, la necesidad de reconversión, los tiempos quirúrgicos, la presencia de insuficiencia aórtica post-CEC así como la presencia de insuficiencia aórtica postoperatoria al alta. Sin embargo, ninguno de estos factores resultó estadísticamente significativo en el posterior análisis multivariante. En realidad, todos los factores formulados, se relacionan entre sí (la insuficiencia aórtica preoperatoria, los diámetros ventriculares, aórticos determinan una mayor dificultad técnica, y por tanto, tiempos prolongados de cirugía, mayor probabilidad de precisar reconversión, mayor insuficiencia aórtica postoperatoria y al alta). La solución de este fenómeno de colinearidad requeriría un mayor número de pacientes para poder estimar cuáles son las variables realmente predictoras de complicaciones mayores cardiológicas en el seguimiento.

En resumen, la cirugía de sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular, a pesar de presentar una mayor complejidad técnica en comparación con las alternativas quirúrgicas no conservadoras, ofrece unos resultados aceptables a corto, medio y largo plazo en términos de supervivencia, complicaciones cardiológicas mayores y estabilidad de la función valvular.

Se trata de una cirugía compleja para cuyo adiestramiento se requiere una curva de aprendizaje pronunciada y una casuística mínima mantenida en el tiempo. Estas características y la relativamente escasa prevalencia de patologías subsidiarias de conservación valvular aórtica hacen aconsejable la concentración de los pacientes en centros quirúrgicos especializados de referencia.

La conservación valvular proporciona ventajas evidentes, particularmente en pacientes jóvenes o de edad media, desde el punto de vista hemodinámico, de la trombogenicidad, el riesgo de complicaciones infecciosas y, sobre todo, permite evitar el tratamiento anticoagulante con sus efectos indeseados.

El estándar contra el que este tipo de cirugía debe compararse es la sustitución combinada valvular y de la raíz aórtica según la técnica modificada de Bentall y de Bono. Esta opción quirúrgica proporciona buenos resultados precoces y unas tasas de complicación aceptables, por lo que debe ser de elección en los casos en los que la



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

reparabilidad o durabilidad de la reparación sean cuestionables o para aquellos equipos quirúrgicos con menor experiencia en cirugía conservadora de la raíz aórtica.

Son necesarios estudios en series con mayor número de pacientes y con seguimiento a más largo plazo para delimitar con mayor precisión el valor y las indicaciones de este tipo de cirugía reparadora.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

14. LIMITACIONES



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



14. LIMITACIONES:

- El presente no es un estudio aleatorizado, al igual que no lo son la gran mayoría de estudios publicados en este campo, dada la dificultad que entrañaría su diseño en estas circunstancias en las que las cirugías y sus indicaciones divergen. Por otra parte, el soporte científico con el que la cirugía de reemplazamiento de la raíz aórtica con conservación valvular cuenta en la actualidad en ciertos subgrupos de pacientes haría éticamente inaceptable la aleatorización del tratamiento quirúrgico para esos pacientes.
- El limitado número de pacientes que integran la serie analizada así como el sesgo de elección de los candidatos potenciales para este tipo de cirugía. El número bajo de pacientes, particularmente en los subgrupos con seguimiento superior a 10 años, limita las inferencias que se pueden obtener respecto a los resultados a largo plazo. Por otra parte, los pacientes con seguimiento más prolongado pertenecen a la curva de aprendizaje del equipo quirúrgico, por lo que podrían no ser completamente representativos de los resultados obtenidos en pacientes operados con posterioridad.
- Los casos incluidos han sido intervenidos por tres cirujanos diferentes con sus correspondientes curvas de aprendizaje lo que ha podido influir en los resultados.
- La variabilidad inter e intraobservador existente a la hora de cuantificar mediante ecocardiografía el grado de insuficiencia aórtica ha podido influir en los resultados obtenidos y por tanto en el análisis global de la serie. El ingente número de exploraciones acumuladas en el seguimiento de la cohorte, la imposibilidad práctica para concentrar la realización de los ecocardiogramas en un número reducido de cardiólogos y la ausencia de un laboratorio externo de validación constituyen limitaciones adicionales.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

15. CONCLUSIONES



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



15. CONCLUSIONES

1. La cirugía de sustitución de la raíz aórtica con preservación valvular, a pesar de presentar una mayor complejidad técnica en comparación con las alternativas quirúrgicas no conservadoras, ofrece unos resultados aceptables a corto, medio y largo plazo en términos de supervivencia, complicaciones cardiológicas mayores y estabilidad de la función valvular.
2. Se trata de una cirugía compleja para cuyo adiestramiento se requiere una curva de aprendizaje pronunciada y una casuística mínima mantenida en el tiempo. Estas características y la relativamente escasa prevalencia de patologías subsidiarias de conservación valvular aórtica hacen aconsejable la concentración de los pacientes en centros quirúrgicos especializados de referencia.
3. La conservación valvular proporciona ventajas evidentes, particularmente en pacientes jóvenes o de edad media, desde el punto de vista hemodinámico, de la trombogenicidad, el riesgo de complicaciones infecciosas y, sobre todo, permite evitar el tratamiento anticoagulante con sus efectos indeseados.
4. El grado de severidad preoperatorio de la insuficiencia aórtica constituye un predictor negativo significativo de la reparabilidad de la función valvular que debe considerarse a la hora de decidir utilizar este tipo de técnicas.
5. La regurgitación residual intraoperatoria tras la reparación de la raíz aórtica proporciona información pronóstica significativa en cuanto a su progresión futura. La valoración ecocardiográfica al alta precisa aún más esta información, con una importante capacidad predictiva negativa durante la primera década postoperatoria.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

6. El estándar contra el que este tipo de cirugía debe compararse es la sustitución combinada valvular y de la raíz aórtica según la técnica modificada de Bentall y de Bono. Esta opción quirúrgica proporciona buenos resultados precoces y unas tasas de complicación aceptables, por lo que debe ser de elección en los casos en los que la reparabilidad o durabilidad de la reparación sean cuestionables o para aquellos equipos quirúrgicos con menor experiencia en cirugía conservadora de la raíz aórtica.
7. Son necesarios estudios en series con mayor número de pacientes y con seguimiento a más largo plazo para delimitar con mayor precisión el valor y las indicaciones de este tipo de cirugía reparadora.
8. Los avances en la ciencia de materiales pueden en el futuro proporcionar nuevos injertos para la sustitución de la raíz aórtica que respeten mejor la fisiología valvular, faciliten una transferencia más eficiente de la carga de los velos a la neoraíz, limiten menos la reserva de área de apertura efectiva con el esfuerzo y, en último término, proporcionen una mayor durabilidad de la reparación.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

16. BIBLIOGRAFÍA



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular



16. BIBLIOGRAFÍA

1. Charitos EI, Sievers HH. Anatomy of the aortic root: implications for valve sparing surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):53-6.
2. Gray H. *Angiology: The Heart.* 36 ed: Churchill Livingstone; 1980.
3. Alexander RW, Schilant RC, Fuster V. *Hurst's The Heart Arteries and Veins.* 9 ed. New York: McGraw-Hill; 1998.
4. Huang HYS. *Micromechanical simulations of heart valve tissues.* School of Engineering: University of Pittsburgh; 2004.
5. Furukawa K, Ohteki H, Cao ZL, Doi K, Narita Y, Minato N, et al. Does dilatation of the sinotubular junction cause aortic regurgitation? *Ann Thorac Surg.* 1999;68:953-4.
6. Kerchove L, El Khoury G. Anatomy and pathophysiology of the ventriculo-aortic junction: implication in aortic valve repair surgery. *Am Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):57-64.
7. Sievers HH, Hemmer W, Beyersdorf F, Moritz A, Moosdorf R, Lichtenberg A, et al. The everyday used nomenclature of the aortic root components: the tower of Babel? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(478-82).
8. RH. A. Clinical anatomy of the aortic root. *Heart.* 2000;84:670-3.
9. Sievers HH, Schmidtke C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133(5):1226-33.
10. Schmidtke C, Sievers HH, Frydrychowicz A, Petersen M, Scharfschwerdt M, Karluss A, et al. First clinical results with the new sinus prosthesis used for valve sparing aortic root replacement. *43.* 2012;3:585-90.
11. Brewer RJ, Deck JD, Capati B, Nolan SP. The dynamic aortic root. Its role in aortic valve function. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1976;72(3):413-17.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

12. Bellhouse BJ, Bellhouse FH. Mechanism of closure of the aortic valve. *Nature*. 1968;217:86-7.
13. Misfield M, Sievers HH. Heart valve macro-and microstructure. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2007;362:1421-36.
14. Yacoub MH, L C. Novel Approaches to cardiac valve repair. From structure to function: part II. *Circulation*. 2004;109:1064-72.
15. Yacoub MH, Kilner PJ, Birks EJ, Misfeld M. The aortic outflow and root: a tale of dynamism and crosstalk. *Ann Thorac Surg*. 1999;68:S37-43.
16. H. G. *Angiology: The Heart*. rev.ed t, editor: Churchill Livingstone; 1980.
17. Grande-Allen KJ, Cochran RP, Reinhall 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.
18. Leyh RG, Schmidtke C, Sievers HH, Yacoub MH. Opening and closing characteristics of the aortic valve after different types of valve-preserving surgery. *Circulation*. 1999;100(21):2153-60.
19. Boodhwani M, de Kerchove L, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Astarci P, et al. Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;137(2):286-94.
20. El Khoury G, Glineur D, Rubay J, Verhelst R, d'Acoz YD, Poncelet A, et al. Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. *Curr Opin Cardiol*. 2005;20(2):115-21.
21. TE. D. Preservación de la válvula aórtica en aneurismas de la raíz aórtica de pacientes con síndrome de Marfan. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60(5):461-3.
22. David TE, Feindel CM, Webb GD, Colman JM, Armstrong S, Maganti M. Long-term results of valve-sparing operations for aortic root aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;132:347-54.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

23. Gross L, Kugel MA. Topographic anatomy and histology of the valves in the human heart. *Am J Pathol* 1931;7:445-73.
24. Zimmerman J. The functional and surgical anatomy of the aortic valve. *Am J Med Sci.* 1969;5:862-6.
25. Leipsic J, Gurvitch R, LaBounty TM, Min JK, Wood D, Johnson M, et al. Multidetector computed tomography in transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol Img.* 2011;4(4):416-29.
26. Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, Becker AE, Serruys PW, Anderson RH. Anatomy of the aortic valvular complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv.* 2008;1:74-81.
27. Bloomfield GS, Gillam LD, Hahn RT, Kapadia S, Leipsic J, Lerakis S, et al. A practical guide to multimodality imaging of transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2012;5(4):441-55.
28. Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, Amaki M, Hahn RT, Kastrati A, et al. Standardized imaging for aortic annular sizing. Implications for transcatheter valve selection. *J Am Coll Cardiol Img.* 2013;6(6):249-62.
29. Ho SY. Structure and anatomy of the aortic root. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10(1):i3-10.
30. Thubrikar M. *The Aortic Valve.* CRC Press: Boca Ratón, Florida 1990.
31. David TE. Preservación de la válvula aórtica en aneurismas de la raíz aórtica de pacientes con síndrome de Marfan. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60(5):461-3.
32. Sutton JP 3rd, Ho SY, Anderson RH. The forgotten interleaflet triangles: a review of the surgical anatomy of the aortic valve. *Ann Thorac Surg* 1995;59(2):419-27.
33. Castillo JG, Solís J, González-Pinto A, Adams DH. Ecocardiografía quirúrgica de la válvula mitral. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:1169-81.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

34. Henle J. Gray's Anatomy. London: Churchill Livingstone; 1980.
35. Roman MJ, Devereux RB, Kramer-Fox R, O'Loughlin J. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *Am J Cardiol.* 1989;64(8):507-12.
36. Azzalini L. Validación anatómica y utilidad clínica de la tomografía computerizada multidetector para optimizar el tratamiento percutáneo de la estenosis aórtica severa mediante prótesis biológica transcatóter. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona; 2015.
37. de Kerchove L, El Khoury G. Anatomy and pathophysiology of the ventrículo-aortic junction: implication in aortic valve repair surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2:57-64.
38. Shuman H. Leonardo da Vinci on the Human Body 1952.
39. Silver MA, Roberts WC. Detailed anatomy of the normally functioning aortic valve in hearts of normal and increased weight. *Am J Cardiol* 1985;55:454-61.
40. Roberts WC. The structure of the aortic valve in clinically isolated aortic stenosis: an autopsy study of 162 patients over 15 years of age. *Circulation.* 1970;42:91-7.
41. Roberts WC. The congenitally bicuspid aortic valve. A study of 85 autopsy cases. *Am J Cardiol.* 1970;26:72-83.
42. Sahasakul Y, Edwards WD, Naessens JM, Tajlk AJ. Age-related changes in aortic and mitral valve thickness: implications for two-dimensional echocardiography based on an autopsy study of 200 normal human hearts. *Am J Cardiol.* 1988;62:424-30.
43. Gray H. Anatomy of the human body. In: Febiger L, editor. Philadelphia and New York: Lea & Febiger; 1918.
44. Coats J, Sutherland LK. A manual of pathology. In: 5th, editor. London.: Longmans; 1903.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

45. Schuman. H. Leonardo daVinci on the Human Body. New York, NY: Schuman.; 1952.
46. Henry Shuman. Leonardo da Vinci on the Human Body 1952.
47. Reid K. The anatomy of the sinus of Valsalva. *Thorax*. 1970;25:79-85.
48. Tilea I, Suciú H, Tilea B, Tatar CM, Ispas M, Serban RC. Anatomy and function of normal aortic valvular complex.
49. Feldman DN, Roman MJ. Aneurysms of the sinuses of Valsalva. *Cardiology*. 2006;106:73-81.
50. McAlpine WA. Heart and coronary arteries. Springer-Verlag, editor. Berlin: Springer-Verlag; 1975.
51. Kunzelman KS, Grande KJ, David TE, Cochran RP, Verrier ED. Aortic root and valve relationships. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1994;107(1):162-70.
52. Clark RE. Stress-strain characteristics of fresh and frozen human aortic and mitral leaflets and chordae tendinae implications for clinical use. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1973;66:202-8.
53. Gross L, Kugel MA. Topographic anatomy and histology of the valves in the human heart. *Am J Path*. 1931;7:445-56.
54. Vesely I, Noseworthy R. Micromechanics of the fibrosa and the ventricularis in aortic valve leaflets. *J Biomech*. 1992;25(1):101-13.
55. Rajamannan NM, Evans FJ, Aikawa E, Grande-Allen KJ, Demer LL, Heistad DD, et al. Calcific aortic valve disease: not simply a degenerative process. *Circulation*. 2011;124(16):1783-91.
56. Clark RE, Finke EH. Scanning and light microscopy of human aortic leaflets in stressed and relaxed states. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1974;67:792-804.
57. Swanson WM, Clark RE. Dimensions and geometric relationships of the human aortic valve as a function of pressure. *Circulation Research* 1974;35(6):871-82.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

58. Mercer JJ, Benedicty M, Bahnson AT. The geometry and construction of the aortic leaflet. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1973;65:511-8.
59. Dweck MR, Boon NA, Newby DE. Calcific aortic stenosis. A disease of the valve and the myocardium. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(19):1854-63.
60. Sauren AAHJ. The mechanical behaviour of the aortic valve. Eindhoven. The Netherlands.: Eindhoven University of Technology; 1981.
61. Leopold JA. Cellular mechanisms of aortic valve calcification. *Cardiovascular Interventions.* 2012;5:605-14.
62. Murata K. Acidic glycosaminoglycans in human heart valves. *J Mol Cell Cardiol.* 1981;13:281-92.
63. Bairati A, De Biasi S, Pilotto F. Smooth muscle cells in the cusp of the aortic valve of pigs. *Experientia* 1978(34):1636-7.
64. Hurlé JM, Colvee E, Fernández-Terán MA. The surface anatomy of the human aortic valve as revealed by scanning electron microscopy. *Anat Embryol.* 1985;172:61-7.
65. Missirlis YF, Armeniades CD. Ultrastructure of the human aortic valve. *Acta Anat* 1977;98:199-205.
66. Vesely I. The role of elastin in aortic valve mechanics. *J Biomech.* 1998;31(2):115-23.
67. Broom ND, Christie GW. The structure/function relationship of fresh and glutaraldehyde-fixed aortic valve leaflets. In: *Cardiac Bioprostheses* CL, Gallucci V, editor. Proceedings of the Second International Symposium on Cardiac Bioprostheses. Roma: Yorke Medical Books; 1982. p. 476-91.
68. Missirlis YF, Armeniades CD. In vitro studies of human aortic valve mechanics. Texas: Rice University; 1973.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

69. Taylor PM, Allen SP, Dreger SA, Yacoub MH. Human cardiac valve interstitial cells in collagen sponge: a biological three-dimensional matrix for tissue engineering. *J Heart Valve Dis.* 2002;11(3):298-306.
70. Yacoub MH, Cohn LH. Novel approaches to cardiac valve repair: from structure to function: Part I. *Circulation.* 2004;109:942-50.
71. Mohri H, Reichenbach DD, Merendino AK. Biology of homologous and heterologous aortic valves In: Ionescu MI RD, Wooler GH, editor. *Biological tissue in heart valve replacement.* London: Butterwoths; 1972. p. 137-42.
72. Thubrikar M, Piepgrass WC, Schaner TW, Nolan SP. The design of the normal aortic valve. *Am J Physiol* 1981;241(6):795-801.
73. Mercer JL. The movements of the dog's aortic valve studied by high speed cine-angiography. *Brit J Radiol.* 1973;46:344-9.
74. Steenthoven AA van. The closing behavior of the aortic valve. Eindhoven. The Netherlands: Eindhoven University of Technology; 1979.
75. Steenthoven AA van DMv. Model studies of the closing behaviour of the aortic valve. *J Fluid Mech.* 1979;90:21-32.
76. Trenkner M, Raczynski S, Guthowski R. Optimal diameter of the stent for aortic valvular grafts. I. Studies on valve function and geometry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1976;72:613-7.
77. Thubrikar M, Harry R, Nolan SP. Normal aortic valve function in dogs *Am J Cardiol* 1977;40:563-8.
78. Thubrikar M, Boshier LP, Nolan SP. The mechanism of opening of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1979;77:863-70.
79. Macías Rodríguez D. Disposición de las fibras miocárdicas a nivel de la unión ventrículo-arterial del corazón humano. Badajoz: Universidad de Extremadura. Facultad de Medicina de Badajoz.; 1985.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

80. Rushmer RF, editor. Cardiovascular dynamics Philadelphia: WB Saunders Company; 1961.
81. Guyton AC, editor. Textbook of medical physiology. Philadelphia: WB Saunders Company; 1966.
82. Selkurt EE, Bullard RW, editors. El corazón como bomba: correlaciones mecánicas de la actividad cardíaca. El Ateneo. Buenos Aires: EE Selkurt 1971.
83. Buchanan RM, Sacks MS. Interlayer micromechanics of the aortic heart valve leaflet. *Biomech Model Mechanobiol.* 2014;13:813-26.
84. Sacks MS, Yoganathan AP. Heart valve function: a biomechanical perspective. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2007;362:1369–139.
85. Stella JA, Sacks MS. On the biaxial mechanical properties of the layers of the aortic valve leaflet. *J Biomech Eng.* 2007;129(5):757-66.
86. DeBoer DA, Robbins RC, Maron BJ, McIntosh CL, Clark RE. Late results of aortic valvotomy for congenital valvar aortic stenosis. *Ann Thorac Surg* 1990;50:69-73.
87. Henderson Y, Johnson FE. Two models of closure of heart valves. *Heart* 1912;4:69-82.
88. Steenhoven AA van DMv. Model studies of the closing behaviour of the aortic valve. *J Fluid Mech* 1979;90:21-32.
89. Steenhoven AA van DMv. The role of the trapped sinus vortex in aortic valve closure. *Biofluid Mech* 1980;92:317-31.
90. Peskin CS. Flow patterns around heart valves: a numerical method. *J Comput Phys* 1972;10:252.
91. Bellhouse BJ. Velocity and pressure distribution in the aortic valve. *J Fluid Mech* 1969;37:587-600.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

92. Bellhouse BJ, Bellhouse F, Abbot JA, Talbot L. Mechanism of valvular incompetence in aortic sinus dilatation. *Cardiovasc Res* 1973;7:490-4.
93. Padula RT, Cowan GS, Camishion RC. Photographic analysis of the active and passive components of cardiac valvular action. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1968;56(6):790-8.
94. Stein PD. Roentgenographic method for measurement of the cross-sectional area of the aortic valve. *Am Heart J* 1971;81:622-34.
95. Bellhouse BJ, Bellhouse FH. Fluid mechanics of model normal and stenosed aortic valves. *Circ Res* 1969;25:693-704.
96. Bellhouse BJ, editor. *The fluid mechanics of the aortic and mitral valves*. New York: Crane, Russack, and Company; 1972.
97. Swanson WM, Clark RE. Aortic valve leaflet motion during sístole. Numerical-graphical determination *Circ Res* 1973;32:42-8.
98. Brewer RJ, Mentzer RM, Deck JD, Ritter RC, Trefil JS, Nolan SP. An in vivo study of the dimensional changes of the aortic valve leaflets during the cardiac cycle. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;74:645-50.
99. Thubrikar M, Nolan SP, Bosher LP, Deck JD. The cyclic changes and structure of the base of the aortic valve. *Am Heart J*. 1980;99(217-224).
100. Bernuth GV, Tsakiris AG, Wood EH. Effects of variations of the strength of the ventricular contraction on aortic valve closure in the dog. *Circ Res*. 1971;28:705-16.
101. Robel SB. Structural mechanism of aortic valve. In: Sauvage L, editor. *Prosthetic Replacement of the Aortic Valve*. Springfield. Illinois: Charles C Thomas; 1972. p. 3-37.
102. Steenhoven AA van VC, Veenstra PC, Reneman RS. An in vivo cinematography analysis of the behaviour of the aortic valve. *Am J Physiol* 1981;240:286-92.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

103. Steenhoven AA van VP, Reneman RS,. The effect of some hemodynamic factor on the behaviour of the aortic valve. *J Biomech* 1982;15:941-50.
104. Steenhoven AA van DT, Cauwenberg JWG, van Renterghem RJ,. In vitro closing behavior of Björk-Shiley, St Jude and Hancock heart valve prostheses in relation to the in vivo redorded aortic valve closure. *J Biomech* 1982;15:841-8.
105. Renterghem RJ van SAV, Arts T. Deformation of the dog aortic valve ring during the cardiac cycle. *Pflugers Arch* 1988;412:647-53.
106. Sutton JP HS, Anderson RH,. The forgotten interleaflet triangles: a review of the surgical anatomy of the aortic valve. 1995;59:419-27.
107. De Hart J, Peters GW, Schreurs PJ, Baaijens FP. Collagen fibers reduce stresses and stabilize motion of aortic valve leaflets during systole. *J Biomech.* 2004;37(3):303-11.
108. Bashey RI, Torii S, Angrist A. Age-related collagen and elastin content of human heart valves. *Journal of Gerontology.* 1967;20:203-8.
109. Rigby BJ. Effect of cyclic extensión on the physical properties of tendón collagen and its posible relation to biological ageing of collagen. *Nature.* 1964;202:1072-4.
110. Carton RW, Dainauskas J, Clark JW. Elastic properties of single elastic fibres. *J Appl Physiol* 1962;17:547-51.
111. Mundth ED, Wright JEC, Austen WG. Development of a method for stress-strain analysis of cardiac valvular tissue. *Curr Topics Surg Res* 1971;3:67-72.
112. Wright JEC NY. 1974. *Cardiovasc Res* Elasticity of human aortic valve cusps;8:384-90.
113. Missirlis YF, Chong M. Aortic valve mechanics, part I: Material properties of natural porcine aortic valves. *J Bioeng* 1978;2:287-300.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

114. Wheatly DJ FJ, Reece IJ, Spyt T, Breeze P. Primary tissue failure in pericardial heart valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1987;94:367-74.
115. De Hart J, Cacciola G, Schreurs PJG, Peters GWM. A three-dimensional analysis of a fibre-reinforced aortic valve prosthesis. *Journal of Biomechanics.* 1998;31(7):629-38.
116. Scott MJ, Vesely I. Morphology of porcine aortic valve cusp elastin. *J Heart Valve Dis.* 1996;5(5):464-71.
117. Vesely I, Boughner DR. Analysis of the bending behaviour of porcine xenograft leaflets and of natural aortic valve material: bending stiffness, neutral axis and shear measurements. *Journal of Biomechanics.* 1989;22(6-7):655-71.
118. Robicsek F. Leonardo Da Vinci and the sinuses of Valsalva. *Ann Thorac Surg* 1991;52:328-35.
119. De Paulis R, Salica A, Pisani G, Morbiducci U, Wertert L, Maselli D. Hemodynamics of the aortic valve and root: implications for surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):40-3.
120. Morea M, de Paulis R. Il buso (the orifice). How much did Leonardo know of the aortic valve? *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2007;8:399-403.
121. Thubrikar MJ, Robicsek F, Gong GG, Fowler BL. A new aortic root prosthesis with compliant sinuses for valve-sparing operations. *Ann Thorac Surg* 2001;71:318-22.
122. Thubrikar MJ, Nolan SP, Aouad J, Deck JD. Stress sharing between the sinus and leaflets of canine aortic valve. *Ann Thorac Surg.* 1986;42:434-40.
123. Higashidate M, Tamiya K, Beppu T, Imai Y. Regulation of the aortic valve opening. In vivo dynamic measurement of aortic valve orifice area. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;110(2):496-503.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

124. Pisani G, Scaffa R, Ieropoli O, Dell'Amico EM, Maselli D, Morbiducci U, et al. Role of the sinuses of Valsalva on the opening of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;145(4):999-1003.
125. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patient with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103(4):617-21.
126. Forteza A, Centeno J, Bellot R, López-Gude MJ, Pérez de la Sota E, Sánchez V, et al. Aortic valve sparing in 120 patients with aortic root aneurysms. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64(6):470-5.
127. David TE. Surgical treatment of ascending aorta and aortic root aneurysms. *Prog Cardiovasc Dis.* 2010;52:438-44.
128. Deutscher S, Rockette HE, Krishnaswami V. Diabetes and hypercholesterolemia among patients with calcific stenosis. *J Chronic Dis* 1994;37:407-15.
129. Gotoh T, Kuroda T, Yarmasawa M, Nishinaga M, Mitsuhashi T, Seino Y, et al. Correlation between lipoprotein (a) and aortic valve sclerosis assessed by echocardiography: the JMS Cardiac Echo and Cohort Study
Am J Cardiol 1995;76(12):928-32.
130. Iung B BG, Butchart EG, Delahaye F, Gohlke-Bärwolf C, Levang OW,, Tornos P VJ, Vermeer F, Boersma E, Ravaud P, Vahanian, A. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2003;24:1231-43.
131. Eweborn GW, Schirmer H, Heggelund G, Lunde P, Rasmussen K. The evolving epidemiology of valvular aortic stenosis. The Tromsø Study. *Heart.* 2013;99:396-400.
132. Agmon Y KB, Jamil Tajik A, Seward JB, Sicks JD, Fought AJ, O'Fallon WM, Smith TF, Wiebers DO, Meissner I. Inflammation, infection, and aortic valve



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

sclerosis Insights from the Olmsted County (Minnesota) population. *Atherosclerosis*. 2004;174(174):337-42.

133. Otto CM, Kuusisto J, Reichenbach DD, Gown AM, O'Brien KD. Characterization of the early lesion of "degenerative" valvular aortic stenosis: histological and immunohistochemical studies. *Circulation*. 1994;90(2):844-53.

134. Warren BA, Hong JL. Calcification of the aortic valve: its progression and grading. *Pathology*. 1997;29:360.

135. Nistri S, Sorbo MD, Marin M, Palisi M, Scognamiglio R, Thiene G. Aortic root dilation in young men with normally functioning bicuspid aortic valves. *Heart*. 1999;82(1):19-22.

136. Cecconi M, Manfrin M, Moraca A, Zanolli R, Colonna PL, Bettuzzi MG, et al. Aortic dimensions in patients with bicuspid aortic valve without significant valve dysfunction. *Am J Cardiol*. 2005;95(2):292-4.

137. David TE. Surgery of the aortic valve. *Curr Probl Surg* 1999;36:421-504.

138. Cochran RP, Kunzelman KS, Eddy AC, Hofer BO, Verrier ED. Modified conduit preparation creates a pseudosinus in an aortic valve-sparing procedure for aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;109:1049-58.

139. Volmar KE, Hutchins GM. Aortic and mitral fenfluramine-phentermine valvulopathy in 64 patients treated with anorectic agents. *Arch Pathol Lab Med* 2001;125(12):1555-61.

140. Melero JM, Rodríguez I, Such M, Porrás C, Olalla E, Espinosa JS. Regurgitación valvular causada por fármacos anorexígenos. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:1667-70.

141. Porrás C, Rodríguez I, Sánchez G. Aortic valve repair: when and in what type of patient? *Cardiacore*. 2010;45(2):65-7.

142. Corrigan DJ. Permanent patency of the mouth of the aorta. *Edinburgh Med Surg*. 1832;37:111.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

143. Kunzelman KS, Grande KJ, David TE, Cochran RP, Verrier ED. Aortic root and valve relationships. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994;107(1):162-70.
144. Furukawa K, Ohteki H, Cao ZL, Doi K, Narita Y, Minato N, et al. Does dilatation of the sinotubular junction cause aortic regurgitation? *Ann Thorac Surg* 1999;68(3):949-54.
145. Frater RW. Aortic valve insufficiency due to aortic dilatación: correction by sinus rim adjustment. *Circulation.* 1986;74:136-42.
146. David TE, Feindel CM, Bos J. Repair of the aortic valve in patients with aortic insufficiency and aortic root aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109:345-52.
147. Van der Linde D, van de Laar IM, Bertoli-Avella AM, Oldenburg RA, Bekkers JA, Mattace-Raso FU, et al. Aggressive cardiovascular phenotype of aneurysms-osteoarthritis syndrome caused by pathogenic SMAD3 variants. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(5):397-403.
148. Judge DP, Dietz HC. Marfan's syndrome. *Lancet.* 2005;366:1965-76.
149. Loeys BL, Schwarze U, Holm T, Callewaert BL, Thomas GH, Pannu H, et al. Aneurysm syndromes caused by mutations in the TGF-beta receptor. *N Engl J Med.* 2006;355(8):788-98.
150. De Backer J, Campens L, De Paepe A. Genes in thoracic aortic aneurysm/dissections-do they matter? *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):73-82.
151. Devereux RB, de Simone G, Arnett DK, Best LG, Boerwinkle E, Howard BV, et al. Normal limits in relation to age, body size and gender of two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in persons ≥ 15 years of age. 2012;110(8):1189-94.
152. Larson EW, Edwards WD. Risk factors for aortic dissection: a necropsy study of 161 cases. *Am J Cardiol.* 1984;53:849-55.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

153. Limmer KK, Sundt TM. The surgical implications of bicuspid aortopathy. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):91-9.
154. Cripe L, Andelfinger G, Martin LJ, Shooner K, Benson DW. Bicuspid aortic valve is heritable. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44(138-143).
155. Hernández C.E, Valera FJ, Doñate L, Schuler M, Berdel A, Bel AM. La morfología y la lesión predominante de la válvula aórtica bicúspide determinan el patrón de aortopatía. *Cir Cardiov.* 2015.
156. Davies RR, Kaple RK, Mandapati D, Gallo A, Botta DMJ, Elefteriades JA, et al. Natural history of ascending aortic aneurysms in the setting of an unreplaced bicuspid aortic valve. *Ann Thorac Surg.* 2007;83:1338-44.
157. Roberts CS, Roberts WC. Dissection of the aorta associated with congenital malformation of the aortic valve. *J Am Coll Cardiol.* 1991;17:712-6.
158. Michelena HI, Khanna AD, Mahoney D, Margaryan E, Topilsky Y, Suri RM, et al. Incidence of aortic complications in patients with bicuspid aortic valves. *JAMA.* 2011;306:1104-12.
159. Fedak PW, Sa MP, Verma S, Nili N, Kazemian P, Butany J, et al. Vascular matrix remodeling in patients with bicuspid aortic valve malformations: implications for aortic dilatation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126(3):797-806.
160. Freestone T, Turner RJ, Coady A, Higman DJ, Greenhalgh RM, Powell JT. Inflammation and matrix metalloproteinases in the enlarging abdominal aortic aneurysm. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1995;15(8):1145-51.
161. Loeyls BL, Dietz HC, Braverman AC, Callewaert BL, De Backer J, Devereux RB, et al. The revised Ghent nosology for the Marfan syndrome. *J Med Genet.* 2010;47(7):476-85.
162. Missirlis YF, Armeniades DC, Kennedy JH. Mechanical and histological study of aortic valve tissue from a patient with Marfan's disease *Atherosclerosis* 1976;24:335-8.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

163. Fleischer KJ, Nousari HC, Anhalt GJ, Stone CD, Laschinger JC. Immunohistochemical abnormalities of fibrillin in cardiovascular tissues in Marfan's syndrome. *Ann Thorac Surg.* 1997;63(4):1012-7.
164. Kallenbach K, Hagl C, Walles T, Leyh RG, Pethig K, Haverich A, et al. Results of valve-sparing aortic root reconstruction in 158 consecutive patients. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(6):2026-33.
165. Hagl C SJ, Spielvogel D, Galla JD, Lansman SL, Squitieri R, Bodian CA, Griep RB,. Is the Bentall procedure for ascending aorta or aortic valve replacement the best approach for long-term event-free survival? . *Ann Thorac Surg.* 2003;76(3):698-703.
166. Sánchez-Martínez R. Enfermedad de Marfan: revisión clinicoterapéutica y guías de seguimiento. *Semin Fund Esp Reumatol.* 2011;12(4):112-22.
167. Vríz O, Aboyans V, D`Andrea A, Ferrara F, Acri E, Limongelli G, et al. Normal values of aortic root dimensions in healthy adults. *Am J Cardiol.* 2014;114:921-7.
168. Vríz O, Driussi C, Bettio M, Ferrara D, D`Andrea A, Bossone E. Aortic root dimensions and stiffness in healthy subjects. *Am J Cardiol.* 2013;112:1224-9.
169. Vasan RS, Larson MG, Levy D. Determinants of echocardiographic aortic root size. The Framingham Heart Study. *Circulation.* 1995;91(734-740).
170. Evangelista A, Flachskampf F, Erbel R, Antonini-Canterin F, Vlachopoulos C, Sicari R, et al. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice. *Eur H Echocardiography.* 2010;11:645-58.
171. Hershson A. Consenso de Valvulopatías. *Rev Argent Cardiol.* 2006;75(4):304-23.
172. Serra-Tomás V, Albuquerque-Sacristán C, Pérez-Casar F. Insuficiencia aórtica. *Monocardio.* 2000;4(2):258-64.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

173. De Paulis R, De Matteis GM, Nardi P, Scaffa R, Bassano C, Chiariello L. Analysis of valve motion after the reimplantation type of valve-sparing procedure (David I) with a new aortic root conduit. *Ann Thorac Surg.* 2002;74:53-7.
174. Hornero F. Técnicas de preservación valvular aórtica. *Cir Cardio.* 2015;22(4):200-7.
175. Schäfers HJ, Aicher D. Root remodeling for aortic root dilatation. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):113-6.
176. Thubrikar MJ, Labrosse MR, Zehr KJ, Robicsek F, Gong GG, Fowler BL. Aortic root dilatation may alter the dimensions of the valve leaflets. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;28:850-5.
177. Yacoub MH, Gehle P, Chandrasekaran V, Birks EJ, Child A, Radley-Smith R. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;115(5):1080-90.
178. Chester A, Misfeld M, Yacoub MH. Receptor-mediated contraction of aortic valve leaflets. *J Heart Valve Dis* 2000;9:250-5.
179. Durán C. Estado actual de la cirugía mitral reconstructiva. . *Rev Esp Cardiol* 2004;57(Supl.1):39-46.
180. Cutler EE, Levine SA, Beck CS. The surgical treatment of mitral stenosis: experimental and clinical studies. . *Arch Surg.* 1924;9:689-821.
181. Lillehei CW, Gott VI, DeWall RA, Varco RL. Surgical correction of pure mitral insufficiency by annuloplasty under direct vision. *Lancet.* 1957;77:446-9.
182. HS. S. The surgical diagnosis of mitral stenosis. . *Brit Med J.* 1925;2:605.
183. DC. M. Repair of mitral insufficiency due to ruptures chordae tendineae. . *J Thorac Cardiovasc Surg* 1960;39(357-362).
184. Duran CMG. Estado actual de la cirugía mitral reconstructiva. . *Rev Esp Cardiol* 2004;57(Supl.1):39-46.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

185. David TE, Feindel CM, Bos J. Repair of the aortic valve in patients with aortic insufficiency and aortic root aneurysm. . *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;109:345-51.
186. Yacoub MH, Gehle P, Chandrasekaran V, Birks EJ, Child A, Radley-Smith R. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;115(6).
187. Carpentier A, Chauvaud S, Fabiani JN, Deloche A, Relland J, Lessana A, et al. Reconstructive surgery of mitral valve incompetence: ten-year appraisal. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1980;79:338-48.
188. Craver JM, Cohen C, Weintraub WS. Case-matched comparison of mitral valve reconstruction with mitral valve replacement: intermediate-term results. . *Ann Thorac Surg.* 1990;49:964-9.
189. Sand ME, Naftel DC, Blackstone EH, Kirklin JW, Karp RB. A comparison of repair and replacement for mitral valve incompetence. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1987;94:208-19.
190. Cohn LH, Kowalker W, Bhatia S, DiSesa VJ, St John-Sutton M, Shemin RJ, et al. Comparative morbidity of mitral valve repair versus replacement for mitral valve regurgitation with or without coronary artery disease. . *Ann Thorac Surg* 1988;45:284-90.
191. Galloway AC, Colvin SB, Baumann FG. A comparison of mitral valve reconstruction with mitral valve replacement: Intermediate-term results. *Ann Thorac Surg.* 1989;47:655-62.
192. Cohn LH, Rizzo RJ, Adams DH, Couper GS, Sullivan TE, Collins JJJ, et al. The effect of pathophysiology on the surgical treatment of ischemic mitral regurgitation: operative and late risks of repair versus replacement. . *Eur J Cardiothorac Surg* 1995;9(10):568-74.
193. Loop FD, Cosgrove DM, Steward WJ. Mitral valve repair for mitral insufficiency. *Eur Heart J.* 1991;12:30-3.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

194. Corin WJ, Sutsch G, Murakami T, Krogmann ON, Turina M, Hess OM. Left ventricular function in chronic mitral regurgitation: preoperative and postoperative comparison. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25:113-21.
195. Enriquez-Sarano M, Schaff HV, Orszulak TA, Tajik AJ, Bailey KR, Frye RL. Valve repair improves the outcome of surgery for mitral regurgitation. A multivariate analysis. *Circulation.* 1995;91:1022-8.
196. Sintek CF, Pfeffer TA, Kochamba G, Fletcher A, Khonsari S. Preservation of normal left ventricular geometry during mitral valve replacement. *J Heart Valve Dis.* 1995;4:471-6.
197. Bolling SF, Deeb GM, Bach DS. Mitral valve reconstruction in elderly ischemic patients. *Chest.* 1996;109:35-40.
198. Ren JF, Aksut S, Lighty GW, Vigilante GJ. Mitral valve repair is superior to valve replacement for the early preservation of cardiac function: relation of ventricular geometry to function. *Am Heart J.* 1996;131:974-6.
199. David TE, Komeda M, Pollick C, Burns RJ. Mitral valve annuloplasty: the effect of the type on left ventricular function. *Ann Thorac Surg.* 1989;47:524-8.
200. Lansac E, Lim HS, Shomura Y, Lim KH, Rice NT, Goetz W, et al. A four-dimensional study of the aortic root dynamics *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22(4):497-503.
201. Schoof PH, Tjien AT, Lam J, Kuipers I, Ottenkamp J, Hazekamp M, et al. Valve-sparing aortic root reconstruction with a valveless aortic allograft. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126(1):282-3.
202. David T, Armstrong S, Ivanov J, Feindel C, Omran A, Webb G. Results of aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:39-46.
203. Burdon TA, Miller DC, Oyer PE, Mitchell RS, Stinson EB, Starnes VA, et al. Durability of porcine valves at 15 years in a representative North American patient population. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103:238-51.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

204. Kirklin JK, Smith D, Novick W, Naftel DC, Kirklin JW, Pacifico AD, et al. Long-term function of cryopreserved aortic homografts. A ten-year study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;106(1):154-66.
205. Kamohara K, Itoh T, Natsuaki M, Norita H, Naito K. Early valve failures after aortic valve-sparing root reconstruction. *Ann Thorac Surg* 1999;68:257-9.
206. Ohtsubo S, Itoh T, Natsuaki M, Furukawa K, Yoshikai M, Suda H, et al. Successful valve-sparing in aortic root reconstruction under endoscopic guidance. *Eur J Cardiovasc Thorac Surg* 2000;17:420-5.
207. Kouchoukos NT, Wareing TH, Murphy SF, Perrillo JB. Sixteen-year experience with aortic root replacement. Result of 172 operations. *Ann Surg.* 1991;214:308-18.
208. Hopkins RA. Aortic valve leaflet sparing and salvage surgery: evolution of techniques for aortic root reconstruction. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;24:886-97.
209. T. T. *État Actuel de la Chirurgie Intrathoracique In Surgery.* Congress Med London 1913. p. 247-327.
210. Lewis F, Shumway NE, Niazi SA, Benjamin RB. Aortic valvotomy under direct vision during hypothermia. *J Thoracic Surg* 1956;32:481-99.
211. Harken D. The surgical treatment of acquired valvular disease. *Circulation.* 1958;4:128-30.
212. Starzl TC, Cruzat EP, Walker FB, Lewis FJ. A technique for bicuspidization of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1959;38:262-70.
213. Carpentier A CS, Fabiani JN, Deloche A, Relland J, Lessana A, et al. . Reconstructive surgery of mitral valve incompetence: ten-year appraisal. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1980;79:338-48.
214. Duran C. Reconstructive techniques for rheumatic aortic valve disease. *J Card Surg.* 1988;3:23-8.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

215. Duran C. Present status of reconstructive surgery for rheumatic aortic valve disease. *J Card Surg.* 1993;8:443-52.
216. Aitizaz-Uddin S BA, Bukhari AE, Al Fagih MR. Aortic valve repair in children: to the editor. *Ann Thorac Surg.* 1997;64:1223.
217. Bozbuga N, Erentug V, Kirali K, Akinci E, Isik O, Yakut C. Midterm results of aortic valve repair with the pericardial cusp extension technique in rheumatic valve disease. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:1272-6.
218. Demers P, Miller DC. Simple modification of “T.David-V” valve-sparing aortic root replacement to create graft pseudoinus. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:1479-81.
219. Hasaniya N, Gundry SR, Razzouk AJ, Mulla N, Bailey LL. Outcome of aortic valve repair in children with congenital aortic valve insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;127:970-4.
220. Taylor WJ, Thrower WB, Black H, Harken ED. The surgical correction of aortic insufficiency by circumclusion. *J Thorac Surg* 1958;35(2):192-205.
221. Murphy JP. The surgical correction of syphilitic aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1960;40:524-8.
222. Garamella JJ. A new concept in surgical treatment of aortic insufficiency. *Minnesota Med.* 1958;41:260-2.
223. Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax.* 1968;23:338-9.
224. Turina M. Composite graft replacement of the aortic root: button technique. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2003.
225. Cabrol C, Pavie A, Mesnildrey P, Gandjbakhch I, Laughlin L, Bors V, et al. Long-term results with total replacement of the ascending aorta and reimplantation of the coronary arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986;91:17-25.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

226. Kouchoukos N KR. Resection of the ascending aortic aneurysm and replacement of aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1981;1:142-3.
227. Urbanski PP, Wagner M, Zacher M, Hacker RW. Aortic root replacement versus aortic valve replacement: a case-match study. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:28-32.
228. Pacini D, Ranocchi F, Angeli E, Settepani F, Pagliaro M, Martín-Suarez S, et al. Aortic root replacement with composite valve graft. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:90-8.
229. Dossche KM, Schepens MA, Morshuis WJ, de la Riviere AB, Knaepe PJ, Vermeulen FE. A 23-year experience with composite valve graft replacement of the aortic root. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1070-7.
230. Hagl C, Strauch JT, Spielvogel D, Galla JD, Lansman SL, Squitieri R, et al. Is the Bentall procedure for ascending aorta or aortic valve replacement the best approach for long-term event-free survival? . *Ann Thorac Surg.* 2003;76:698-703.
231. Gott VL, Gillinov M, Pyeritz RE, D.E. C, Reitz BA, Greene PS, et al. Aortic root replacement: risk factor analysis of a seventeen-year experience with 270 patients. . *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109:536-44.
232. 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(11):1364-71.
233. Lewis CT, Cooley DA, Murphy MC, Talledo O, Vega D. Surgical repair of aortic root aneurysms in 280 patients. *Ann Thorac Surg.* 1992;53:38-45.
234. Svensson LG, Longoria J, Kimmel WA, Nadolny E. Management of aortic valve disease during aortic surgery *Ann Thorac Surg.* 2000;69(3):778-83.
235. Sioris T, David TE, Ivanov J, Armstrong S, Feindel CM. Clinical outcomes after separate and composite replacement of the aortic valve and ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;128:260-5.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

236. Gott VL, Cameron DE, Alejo DE, Greene PS, Shake JG, Caparrelli DJ, et al. Aortic root replacement in 271 Marfan patients: a 24-year experience. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(2):438-43.

237. Kallenbach K PK, Schwarz M, Milz A, Haverich A, Harringer W. Valve-sparing aortic root reconstruction versus composite replacement-perioperative course and early complications. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20(1):77-81.

238. Edmund H. Thrombotic and bleeding complications of prosthesis heart valves. *Ann Thorac Surg.* 1987;44:430-45.

239. Cameron DE, Gott V. Surgical management of the Marfan patient at the John Hopkins Hospital. *Marfan Syndrome: a primer for clinicians and Scientists.* Landes Biosci. 2004;5:70-80.

240. Kvidal P, Bergstrom R, Malm T, Stable E. Long-term follow up of morbidity and mortality after aortic valve replacement with a mechanical prosthesis. *Eur Heart J.* 2000;21:1099-111.

241. Settepani F, Ornaghi D, Barbone A, Citterio E, Eusebio A, Manasse E, et al. Aortic valve-sparing operations in patients with aneurysms of the aortic root or ascending aorta: preliminary results *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2005;4:137-9.

242. Wolfe WG. Acute ascending aortic dissection. *Ann Surg.* 1980;658-66.

243. Wolfe WG, Oldham HN, Rankin JS, Moran JF. Surgical treatment of acute ascending aortic dissection. *Ann Surg.* 1983:738-42.

244. Bellhouse BJ. The fluid mechanics of the aortic valve. Ionescu ML RD, Woller GH, eds, editor: Butterworth-Heinemann 1972.

245. Sarsam LAJ YM. Remodeling of the aortic valve annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;105(3):435-8.

246. El Khoury GA, Underwood MJ, Glineur D, Derouck D, Dion RA. Reconstruction of the ascending aorta and aortic root: experience in 45 consecutive patients. *Ann Thorac Surg.* 2000;70:1246-50.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

247. Van Son JAM BR, Mierzwa M, Walther T, Autschback R, Mohr FW. Aortic root reconstruction with preservation of the native aortic valve and sinuses in aortic root dilatation with aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;117:1151-6.
248. Gelsomino S, Frassani R, Porreca L, Livi U. Aortic repair in Marfan's syndrome; prevention of mechanical leaflets damage. *Cardiovasc Surg.* 2001;9:299-301.
249. Miller DC. Valve-sparing aortic root replacement in patients with Marfan syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;125:773-8.
250. 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 Surg.* 2003;125:789-96.
251. De Paulis R, De Matteis GM, Bardi P, Scaffa R, Colella D, Chiariello L. A new aortic Dacron conduit for surgical treatment of aortic root pathology. *Ital Heart J.* 2000;1:457-63.
252. Albes JM, Wahlers T. Valve-sparing root reduction plasty in aortic aneurysm: The "Jena" Technique. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(3):1031-3.
253. Luciani GB, Casali G, Tomezzoli A, Mazzucco A. Recurrence of aortic insufficiency after aortic root remodeling with valve preservation. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:1849-52.
254. Moon MR, Sundt TMr, Pasque MK, Barner HB, Huddleston CB, Damiano RJJ, et al. Does the extent of proximal or distal resection influence outcome for type A dissections? *Ann Thorac Surg.* 2001;71(4):1244-9.
255. Gott VL, Greene PS, Alejo DE, Cameron DE, Naftel DC, Miller DC, et al. Replacement of the aortic root in patients with Marfan's syndrome. *N England J Med.* 1999;340(17):1307-13.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

256. Hazekamp MG, Kappetein AP, Schoof PH, Ottenkamp J, Witsenburg M, Huysmans HA, et al. Brom's three-patch technique for repair of supra-avalvular aortic stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;118(2):252-8.
257. Arnáiz E, Koolbergen D, Adsuar A, Hazekamp MG. Surgery for supra-avalvular aortic stenosis - the three-patch technique. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2008;915.
258. Urbanski PP. Valve-sparing aortic root repair with patch technique. *Ann Thorac Surg*. 2005;80:839-43.
259. Charitos EI, Stierle U, Sievers HH, Misfeld M. Valve-sparing aortic root remodeling with partial preservation of the intact native aortic sinuses. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;36:589-91.
260. Cerillo AG, Farneti PA, Mariani M, Gasbarri T, Solinas M, Glauber M. Valve-sparing replacement of the noncoronary sinus of Valsalva in patients with a bicuspid aortic valve. *Ann Thorac Surg*. 2007;84:1774-6.
261. Gerosa G, Pontarollo S, Iliceto S, di Marco F. An alternative technique for aortic root remodeling in patients with a bicuspid aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;133:249-50.
262. Giambuzzi M, Spagnolo S, Dottori V, Parodi E, De Gaetano G. Aortic valve reconstruction associated to ascending aorta tubular graft replacement in aortic incompetence by annuloaortic ectasia. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1998;14:148-51.
263. Schäfers HJ. Aortic annuloplasty: a new aspect of aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;41:1124-5.
264. Lansac E, Di Centa I, Vojacek J, Nijs J, Hlubocky J, Mecozzi G, et al. Valve sparing root replacement: the remodeling technique with external ring annuloplasty. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2(1):117-23.
265. Lansac E, Di Centa I, Raoux F, Bulman-Fleming N, Ranga A, Abed A, et al. An expandible aortic ring for a physiological approach to conservative aortic valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;138(3):718-24.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

266. Lansac E, Di Centa I, Bonnet N, Leprince P, Rama A, Acar C, et al. Aortic prosthetic ring annuloplasty: a useful adjunct to a standardized aortic valve-sparing procedure? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;29(4):537-44.

267. Vojacek J, Spatenka J, Holubec T, Zacek P. Coroné extra-aortic annuloplasty ring could stabilize even the pulmonary autograft annulus in a Ross operation. *Eur J Cardiothoracic Surg.* 2013;43:431-3.

268. Izumoto H, Kawazoe K, Kawase T, Kim H. Subvalvular circular annuloplasty as a component of aortic valve repair. *J Heart Valve Dis.* 2002;11(3):383-5.

269. Duran CM, Gallo R, Prabhakar G, Kumar N, Hainau B. New prosthetic ring for aortic valve annuloplasty. *Cardiovasc Surg.* 1993;1:166-71.

270. Gogbashian A, Ghanta RK, Umakanthan R, Rangaraj AT, Laurence RG, Fox JA, et al. Correction of aortic insufficiency with an external adjustable prosthetic aortic ring. *Ann Thorac Surg.* 2007;84(3):1001-5.

271. Reimold SC, Aranki SF, Caguioa ES, Solomon SD, Birjiniuk V, Cohn LH, et al. An external aortic root device for decreasing aortic regurgitation: in vitro and in vivo animal studies. *J Card Surg.* 1994;9(3):304-13.

272. Rankin JS, Conger JL, Tuzun E, Winkler JA, Harms KM, Beavan LA, et al. In vivo testing of an intra-annular aortic valve annuloplasty ring in a chronic calf model. *Eur J Cardiothor Surg.* 2012;42:149-54.

273. Aicher D, Kuniyama T, Abou Issa O, Brittner B, Graber S, Schafers HJ. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation [serial on the Internet].* 2011; 123.

274. De Paulis R, De Matteis GM, Nardi P, Scaffa R, Buratta MM, Chiariello L. Opening and closing characteristics of the aortic valve after valve-sparing procedures using a new aortic root conduit. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:487-94.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

275. Di Bartolomeo R, Pacini D, Martín-Suarez S, Loforte A, Dell'Amore A, Ferlito M, et al. Valsalva prosthesis in aortic valve-sparing operations. *Interact Cardio Vasc Thorac Surg.* 2006;5:294-8.
276. Mazzola A, Gregorini R, Villani C, Giancola R. A simple method to adapt the height of the sinotubular junction of the De Paulis Valsalva graft to the height of the patient's sinuses in David reimplantation procedure. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27(5):925-6.
277. Cattaneo SM, Bethea BT, Alejo DE, Spevak PJ, Clauss SB, Dietz HC, et al. Surgery for aortic root aneurysm in children: a 21-year experience in 50 patients. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:168-76.
278. Kouchoukos NT, Davila-Roman VG, Spray TL, Murphy SF, Perrillo JB. Replacement of the aortic root with a Pulmonary autograft in children and Young adults with aortic-valve disease. *N Engl J Med.* 1994;330:1-6.
279. Elkins RC, Knott-Craig CJ, Howell CE. Pulmonary autografts in patients with aortic annulus displasia. *Ann Thorac Surg.* 1996;61:1141-5.
280. Grande KJ, Cochran RP, Reinhall PG, Kunzelman KS. Mechanisms of aortic valve incompetence: finite element modeling of aortic root dilatation. *Ann Thorac Surg.* 2000;69:1851-7.
281. Roman MJ, Devereux RB, Niles NW, Hochreiter C, Kligfield P, Sato N, et al. Aortic root dilatation as a cause of isolated, severe aortic regurgitation. Prevalence, clinical and echocardiographic patterns, and relation to left ventricular hypertrophy and function. *Ann Intern Med.* 1987;106(800-807).
282. Lausberg HF, Schäfers HJ. Valve sparing aortic replacement - root remodeling. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2006;1110:mmcts.2006.001982.
283. Aicher D, Langer F, Kissinger A, Lausberg H, Fries R, Schäfers HJ. Valve-sparing aortic root replacement in bicuspid aortic valves: a reasonable option? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;128(5):662-8.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

284. Fries R, Graeter T, Aicher D, Reul H, Schmitz C, Böhm M, et al. In vitro comparison of aortic valve movement after valve-preserving aortic replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132:32-7.

285. Bethea BT, Fitton TP, Alejo DE, Barreiro CJ, Cattaneo SM, Dietz HC, et al. Results of aortic valve-sparing operations: experience with remodeling and reimplantation procedures in 65 patients. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(3):767-72.

286. Aicher D, Schneider U, Schmied W, Kunihara T, Tochii M, Schäfers HJ. Early results with annular support in reconstruction of the bicuspid aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145:S30-4.

287. Kunihara T, Aicher D, Rodionychева S, Groesdonk HV, Langer F, Sata F, et al. Preoperative aortic root geometry and postoperative cusp configuration primarily determine long-term outcome after valve-preserving aortic root repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(6):1389-95.

288. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Poncelet A, Verhelst R, Astarci P, et al. Effects of preoperative aortic insufficiency on outcome after aortic valve-sparing surgery. *Circulation.* 2009;120(11):S120-6.

289. de Kerchove L, Mosala NZ, Boodhwani M, El Khoury G. How to perform valve sparing reimplantation in a tricuspid aortic valve. *Ann Cardiothorac Surg* 2012;2(1):105-12.

290. Aicher D, Langer F, Adam O, Tscholl D, Lausberg H, Schäfers HJ. Cusp repair in aortic valve reconstruction: Does the technique affect stability? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(6):1533-9.

291. Schäfers HJ, Bierbach B, Aicher D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132(2):436-8.

292. Harringer W, Pheting K, Hagl C, Meyer GP, Haverich A. Ascending aortic replacement with aortic valve reimplantation. *Circulation.* 1999;100(19):II24-II8.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

293. Kallenbach K, Leyh RG, Karch M, Hagl C, Walles T, Harringer W, et al. Valve-sparing aortic root reconstruction in patients with significant aortic insufficiency. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1765-S8.
294. Kouchoukos NT, Marshall WCJ, Wedige-Stecher TA. Eleven-year experience with composite graft replacement of the ascending aorta and aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986;92(4):691-705.
295. Gallo R, Jumar N, al Halees Z, Duran C. Early failure of aortic valve conservation in aortic root aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109(5):1011-2.
296. Trusler GA, Moses CA, Kidd BS. Repair of ventricular septal defect with aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1973;66(3):394-403.
297. Langer F, Graeter T, Nikoloudakis N, Aicher D, Wendler O, Schäfers HJ. Valve-preserving aortic replacement: does the additional repair of leaflet prolapsed adversely affect the result? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;122(2):270-7.
298. Boodhwani M, El Khoury G, de Kerchove L. Graft sizing for aortic valve sparing surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):140-3.
299. Aybek T, Sotiriou M, Wöhleke T, Miskovic A, Simon A, Doss M, et al. Valve opening and closing dynamics after different aortic valve-sparing operations. *J Heart Valve Dis.* 2005;14(1):114-20.
300. Gleason TG. New graft formulation and modification of the David reimplantation technique. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130(2):601-3.
301. Morishita K, Abe T, Fukada J, Sato H, Shiiku C. A surgical method for selecting appropriate size of graft in aortic root remodeling. *Ann Thorac Surg.* 1998;65(6):1795-6.
302. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Noirhomme P, El Khoury G. A new simple and objective method for graft sizing in valve-sparing root replacement using the reimplantation technique. *Ann Thorac Surg.* 2011;92(2):749-51.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

303. Stephens EH, Liang DH, Escobar-Kvitting JP, Kari FA, Fischbein MP, Mitchell RS, et al. Incidence and progression of mild aortic regurgitation after Tirone David reimplantation valve-sparing aortic root replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(1):169-78.

304. 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(2):314-9.

305. Isselbacher EM. Thoracic and abdominal aortic aneurysms. *Circulation.* 2005;111(8):816-828.

306. García-Fuster R. Aneurismas de aorta ascendente: tratamiento quirúrgico. *Cir Cardiovasc.* 2015;22(4):195-9.

307. Siebenmann RP. Implantation of the Toronto SPV stentless porcine bioprosthesis in dilated ascending aorta. *Ann Thorac Surg.* 1997;64(4):1197-200.

308. Bhatnagar G, Christakis GT, Murphy PM, Oxorn D, Goldman BS. Technique for reconstruction of the sinotubular junction. *Ann Thorac Surg.* 1997;53(2):559-60.

309. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, Antunes MJ, Barón-Esquivias G, Baumgartner H. Guidelines of the management of valvular heart disease aortic disease (version 2012). The Joint Task Force on the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J.* 2012;33:2451-96.

310. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DEJ, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease: executive summary. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(10):E43-86.

311. McBride LR, Nauheim KD, Fiore AC, Harris HH, Willman VL, Kaiser GC, et al. Aortic valve decalcification. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990;100(1):36-42.

312. Bonow RO, Rosing DR, McIntosh C, L, Jones M, Maron BJ, Lan KK, et al. The natural history of asymptomatic patients with aortic regurgitation and normal left ventricular function. *Circulation.* 1983;68(3):509-17.

313. Bonow RO, Lakatos E, Maron BJ, Epstein SE. Serial long-term assessment of the natural history of asymptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular systolic function. *Circulation.* 1991;84(4):1625-35.

314. Forteza A, Cortina JM, Sánchez V, Centeno J, López MJ, Pérez de la Sota E, et al. Experiencia inicial con la preservación de la válvula aórtica en el síndrome de Marfan. *Rev Esp Cardiol* 2007;60(5):471-5.

315. Crawford ES, Coselli JS. Cardiovascular considerations in Marfan syndrome. In: Bergan JJ, Yao JST, editors. *Aortic surgery.* Philadelphia: WB Saunders; 1989. p. 217-38.

316. David TE, Ivanov J, Amstrong S, Feindel C, Webb G. Aortic Valve Sparing Operations in patients with aneurysms of the aortic root or ascending aorta. *Ann Thorac Surg.* 2002;74:S1758-61.

317. Leyh RG, Kallenbach K, Karck M, Hagl C, Fisher S, Haverich A. Impact of preoperative aortic root diameter on long-term aortic valve function after valve sparing aortic root reimplantation. *Circulation.* 2003;118:II285-90.

318. Nistal JF. Reconstrucción valvular en la cirugía de la aorta. In: Revuelta J, editor. *Avances en cirugía de la aorta Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.* Barcelona: J Uriach y Compañía SA.; 2004. p. 123-34.

319. ASS. Aortic Surgery Symposium VIII. Discussion: section 1: ascending aorta. *Ann Thorac Surg.* 2002;74:147-51.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

320. Birks EJ, Webb C, Child A, Radley-Smith R, Yacoub MH. Early and long-term results of a valve-sparing operation for Marfan syndrome. *Circulation*. 1999;100(19):II29-35.
321. Svensson LG, L K. Aortic cross-sectional area/height ratio timing of aortic surgery in asymptomatic patients with Marfan syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;123(2):360-1.
322. David TE. Aortic root aneurysms: remodeling or composite replacement? . *Ann Thorac Surg*. 1997;64(5):1564-8.
323. Van Hemelrijk C, Renard M, Loeys B. The Loeys-Dietz syndrome: an update for the clinician. *Curr Opin Cardiol*. 2010;25(6):546-51.
324. Loeys BL, Dietz HC. Loeys-Dietz syndrome. In: Pagon RA BT, Dolan CR, Stephens K, editor. *Gene Reviews*. University of Washington. Seattle (WA)1993.
325. Kouchoukos NT, Dougenis D. Surgery of the thoracic aorta. *N Engl J Med*. 1997;336(26):1876-88.
326. Daily PO, Trueblood HW, Stinson EB, Wuerflein RD, Shumway NE. Management of acute aortic dissections. 1970;10(3):237-47.
327. Erasmi AW, Stierle U, Bechtel M, Schmidtke C, Sievers H, Kraatz EG. Up to 7 years' experience with valve-sparing aortic root remodeling/reimplantation for acute type A dissection. *Ann Thorac Surg*. 2003;76(1):99-104.
328. Ergin MA, Phillips RA, Galla JD, Lansman SL, Mendelson DS, Quintana CS, et al. Significance of distal false lumen after type A dissection repair. *Ann Thorac Surg*. 1994;57(4):820-4.
329. Miller C. Valve-sparing aortic root replacement: current state of the art and where are we headed? *Ann Thorac Surg*. 2007;83(2):736-9.
330. Hess PJ Jr KC, Beaver TM, Martin TD. The Florida Sleeve: a new technique for aortic root remodeling with preservation of the aortic valve and sinuses. *Ann Thorac Surg*. 2005;80(2):748-50.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

331. Smith JA, Fann JI, Miller DC, Moore KA, DeAnda A, Mitchell RS, et al. Surgical measurement of aortic dissection in patients with Marfan syndrome. *Circulation*. 1994;90(5):235-42.
332. Svensson LG, Kim KH, Lytle BW, Cosgrove DM. Relationship of aortic cross-sectional area to height ratio and the risk of aortic dissection in patients with bicuspid aortic valves. *J Thorac Surg*. 2003;126(3):892-3.
333. Pacini D, Settepani F, De Paulis R, Loforte A, Nardella S, Ornaghi D, et al. Early results of valve-sparing reimplantation procedure using the Valsalva conduit: a multicenter study. *Ann Thorac Surg*. 2006;82(3):865-72. Discussion 71-72.
334. Oka T, Okita Y, Matsumori M, Okada K, Minami H, Munakata H, et al. Aortic regurgitation after valve-sparing aortic root replacement: modes of failure. *Ann Thorac Surg*. 2011;92(5):1639-44.
335. Langer F, Aicher D, Kissinger A, Wendler O, Lausberg H, Fries R, et al. Aortic valve repair using a differentiated surgical strategy. *Circulation*. 2004;110(11):II67-73.
336. David T.E. Current readings: aortic valve-sparing operations. *Semin Thoracic Surg*. 2014;26:231-8.
337. David T.E, Feindel CM, David CM, Manlhiot C. A quarter of century of experience with aortic valve sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148:872-80.
338. Van Dyck M, Glineur D, de Kerchove L, El Khoury G. Complications after aortic valve repair and valve-sparing procedures. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2(1):130-9.
339. Company. LBa. The Criteria Committee for the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Disease. Sixth Edition. 1964.
340. Perry GJ, Helmcke FR, Nanda NC, Byard C, Soto B. Evaluation of aortic insufficiency by doppler color flow mapping. *J Am Coll Cardiol*. 1987;9:952-9.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

341. Akins C.W, Miller C, Turina MI, Kouchoukos NT, Blackstone EH, Grunkemeier GL, et al. Guidelines for reporting mortality and morbidity after cardiac valve interventions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;135:732-8.
342. Lip GY, Nieuwlaat R, Pisters R, Lane D, Crijns HJ. Refining clinical risk stratification for predicting stroke and thromboembolism in atrial fibrillation using a novel risk factor-based approach: the Euro Heart Survey on atrial fibrillation. *Chest.* 2010;137:263-72.
343. Kruse-Jarres R. Acquired bleeding disorders in the elderly. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program.* 2015;1:231-6.
344. Patel ND, Weiss ES, Alejo DE, Nwakanma LU, Williams JA, Dietz HC, et al. Aortic root operations for Marfan syndrome: a comparison of the Bentall and valve-sparing procedures. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(6):2003-11.
345. Kallenbach K, Baraki H, Khaladj N, Kamiya H, Hagl C, Haverich A, et al. Aortic valve-sparing operation in Marfan syndrome: what do we know after a decade? *Ann Thorac Surg.* 2007;83(2):S764-8.
346. Svensson LG, Batizy LH, Blackstone EH, Gillinov AM, Moon MC, D'Agostino RS, et al. Results of matching valve and root repair to aortic valve and root pathology. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(6):1491-8.
347. David TE, David CM, Manlhiot C, Colman J, Crean AM, Bradley T. Outcomes of aortic valve-sparing operations in Marfan Syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(13):1445-53.
348. Aicher D, Kuniyama T, Abou Issa O, Brittner B, Gräber S, Schäfers HJ. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation.* 2011;123(2):178-85.
349. Marom G, Halevi R, 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;145:406-11.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

350. Burkhart HM, Zehr KJ, Schaff HV, Daly RC, Dearani JA, Orszulak TA. Valve-preserving aortic root reconstruction: a comparison of techniques. *J Heart Valve Dis.* 2003;12(1):62-7.
351. Leyh RG, Fischer S, Kallenbach K, Kofidis T, Pethig K, Harringer W, et al. High failure rate after valve-sparing aortic root replacement using the “remodeling technique” in acute type A aortic dissection. *Circulation.* 2002;106(I229-233).
352. David TE, Armstrong S, Manlhiot C, McCrindle BW, Feindel CM. Long-term results of aortic root repair using the reimplantation technique. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145:S22-5.
353. Leshnower BG, Guyton RA, Myung RJ, Puskas JD, Kilgo PD, McPherson L, et al. Expanding the indications for the David v aortic root replacement:early results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(4):879-84.
354. Shrestha M, Baraki H, Maeding I, Fitzner S, Sarikouch S, Khaladj N, et al. Long-term results after aortic valve-sparing operation (David I). *Eur J Cardiothor Surg.* 2012;41(1):56-61. Discussion -2.
355. Badiu CC, Eichinger W, Bleiziffer S, Hermes G, Hettich I, Krane M, et al. Should root replacement with aortic valve-sparing be offered to patients with bicuspid valves or severe aortic regurgitation? *Eur J Cardiothor Surg.* 2010;38(5):515-22.
356. Tanaka H, Ogino H, Matsuda H, Minatoya K, Sasaki H, Iba Y. Midterm outcome of valve-sparing aortic root replacement in inherited connective tissue disorders. *Ann Thorac Surg.* 2011;92(5):1646-9. Discussion 9-50.
357. Robicsek F, Thubrikar MJ, Fokin AA. Cause of degenerative disease of the trileaflet aortic valve: review of subject and presentation of a new theory. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:1346-54.
358. Babin-Ebell J, Freiherr Grote H, Sievers HH, Scharfschwerdt M. Impact of graft size and commissural resuspension height on aortic valve competence in valve-sparing aortic replacement under physiological pressures. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;57(7):399-402.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

359. Kvitting JP KF, Fischbein MP, Liang DH, Beraud AS, Stephens EH, et al. David valve-sparing aortic root replacement: equivalent mid-term outcome for different valve types with or without connective tissue disorder. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;145:117-26.

360. Kari FA, Liang DH, Kvitting JP, Stephens EH, Mitchell RS, Fischbein MP, et al. Tirone David valve-sparing aortic root replacement and cusp repair for bicuspid aortic valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* [serial on the Internet]. 2013; 145(3 Suppl).

361. Casselman FP, Gillinov AM, Akhrass R, Kasirajan V, Blackstone EH, Cosgrove DM. Intermediate-term durability of bicuspid aortic valve repair for prolapsing leaflet. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999;15(3):302-8.

362. David TE, Maganti M, Armstrong S. Aortic root aneurysm: principles of repair and long-term follow-up. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140:S14-9. Discussion S45-51.

363. Sareyyupoglu B, Suri RM, Schaff HV, Dearani JA, Daly RC, Orszulak TA, et al. Survival and reoperation risk following bicuspid aortic valve-sparing root replacement. *J Heart Valve Dis.* 2009;18(1):1-8.

364. Schäfers HJ, Aicher D, Langer F, Lausberg HF. Preservation of the bicuspid aortic valve. *Ann Thorac Surg.* 2007;83(2):740-5.

365. Mordi I, Tzemos N. Bicuspid aortic valve disease: a comprehensive review. *Cardiol Res Pract.* 2012.

366. 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.

367. Bernhardt AM, Treede H, Rybczynski M, Sheikzadeh S, Kersten JF, Meinertz T, et al. Comparison of aortic root replacement in patients with Marfan syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40(5):1052-7.



Cirugía de reemplazamiento de raíz aórtica con preservación valvular

368. Volguina IV, Miller DC, LeMaire SA, Palmero LC, Connolly HM, Sundt TMr, et al. Valve-sparing and valve-replacing techniques for aortic root replacement in patients with Marfan syndrome: analysis of early outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(5):1124-32.