

Universidad de Granada

**Doctorado en Medicina Clínica y Salud
Pública**



**Diseño e implantación de un protocolo
multidisciplinar para reducir la
insuficiencia tricuspídea postoperatoria.**

**Predictores clínicos y ecocardiográficos de su
recurrencia**

Autor: Diego José Rodríguez Torres

Directora: Rocío García Orta

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: José Rodríguez Torres
ISBN: 978-84-1117-854-9
URI: <https://hdl.handle.net/10481/82068>

Yo sólo sé que no sé nada

Descartes

AGRADECIMIENTOS

A mis docentes, a quienes les debo mis conocimientos. Sus enseñanzas y sabiduría me acompañan en mi carrera profesional. Gracias por vuestra paciencia, dedicación y perseverancia.

A mi familia, porque este logro, también es suyo. Gracias por entender el sacrificio del trabajo y perdón por el tiempo robado. Porque a esta meta alcanzada no habría llegado sin vuestro apoyo incondicional.

A mis compañeros , especialmente a Eduardo, Diego y Lucía, cuyas horas de esfuerzo también forman parte de este trabajo. Porque hicisteis este proyecto más vuestro que mío. Gracias por el apoyo y la constancia.

A Rocío, porque creíste en este proyecto desde el inicio hasta el final, por tus consejos, tus correcciones o tus palabras de aliento. Por tu ayuda incondicional, tu paciencia y tu dedicación. Porque no es verdad que nadie sea imprescindible.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron posible culminar este trabajo.

ÍNDICE

I. Resumen	6
Introducción	6
Hipótesis y justificación	9
Objetivos	12
Metodología y resultados	13
Conclusiones	30
II. Introducción	31
La filogenia cardíaca: de Ichthyostega al homo sapiens sapiens	31
Epidemiología de la enfermedad tricúspide	32
Conceptos esenciales de embriología	32
Anatomía valvular	37
Etiología y mecanismos	38
Evaluación ecocardiográfica de la válvula tricúspide	40
Tratamiento	47
III. Objetivos	68
IV. Metodología	69
V. Resultados	76
Análisis descriptivo	76
Análisis de resultados	86
Otros análisis	91
Estudio de predictores	101

VI. Discusión	104
VII. Conclusiones	112
VII. Bibliografía	113
Anexo. Artículo	124

I. RESUMEN

Introducción

La insuficiencia tricuspídea (IT) es una enfermedad que se caracteriza por la imposibilidad del correcto cierre de la válvula tricúspide por alteración primaria de los distintos componentes de la estructura valvular o la disfunción valvular secundaria a patología pulmonar, las válvulas cardíacas izquierdas (sobre todo la válvula mitral) y/o las cámaras cardíacas. En la mayoría de estos pacientes el principal problema de la válvula tricúspide no es primario, sino secundario a una valvulopatía izquierda concomitante.

La prevalencia en la población es del 15%¹ aumentando considerablemente en pacientes con enfermedades que afectan al corazón izquierdo. El 35% de los pacientes con insuficiencia cardíaca tiene IT de un grado superior a 2 sobre 4, el 30% de los pacientes con insuficiencia mitral severa y el 50% de los pacientes intervenidos quirúrgicamente de la válvula mitral². La IT es por tanto la complicación más frecuente de la enfermedad valvular mitral. La etiología de la enfermedad mitral condiciona la prevalencia de la afectación: el 35% de los pacientes con valvulopatía mitral reumática tienen afectación tricuspídea, el 30% con regurgitación mitral isquémica y el 15% con prolapso valvular mitral³.

La IT y su grado son predictores independientes de mortalidad tras ajustarlo por el resto de variables: edad, fracción de eyección de ventrículo izquierdo, presión sistólica de la arteria pulmonar, tamaño o función de ventrículo derecho (VD) y dilatación de la vena cava inferior. La mortalidad se incrementa al aumentar su severidad y la persistencia de un grado 3-4/4 tras el recambio valvular mitral se asocia en el seguimiento a peor grado funcional de la New York Heart Association (NYHA), a mayor mortalidad por insuficiencia cardíaca y a mayor mortalidad por todas las causas³.

El incremento de la morbimortalidad es clínicamente muy relevante. En el seguimiento a 10 años más de la mitad de los pacientes con IT de grado avanzado desarrollarán clínica de insuficiencia cardíaca en estadio funcional III-IV/IV de la NYHA, describiéndose supervivencias del 65% en los pacientes con insuficiencia valvular tricuspídea severa frente a un 90% en aquellos sin insuficiencia.

Clásicamente pensábamos que con el tratamiento quirúrgico de la

valvulopatía izquierda mejoraría la valvulopatía tricuspídea y por tanto no había necesidad de intervención quirúrgica sobre la misma. Sin embargo, a lo largo de la última década se ha demostrado que puede no mejorar e incluso empeorar a pesar del tratamiento de la valvulopatía izquierda. Como ejemplo, sólo el 33% de la IT severa/moderada tras valvuloplastia mitral pasa a ser ligera⁴. A pesar de las importantes implicaciones clínicas y pronósticas, es muy limitada la evidencia acerca de cuál es el manejo diagnóstico preoperatorio adecuado y la actitud quirúrgica sobre esta válvula de forma aislada o asociada a otra cirugía cardíaca.

El estudio de Dreyfus y cols⁵ fue uno de los más representativos en este campo al mostrar que el tratamiento de la lesión izquierda primaria aislada no corregía la dilatación del anillo tricuspídeo ni mejoraba la función del ventrículo derecho, que son los principales determinantes en la progresión de la insuficiencia en el seguimiento. Éste y otros grupos quirúrgicos han intentado determinar los factores preoperatorios asociados a la progresión postoperatoria de la regurgitación y han fomentado por ello un tratamiento activo de la lesión tricuspídea. Entre los factores encontrados asociados a la progresión de la IT postoperatoria cabe destacar: características demográficas, factores mecánicos, remodelado de cavidades, fibrilación auricular y enfermedad orgánica oculta de la válvula tricúspide. Por otra parte, algunos de los factores considerados clásicamente muy determinantes como la hipertensión pulmonar no han sido confirmados en algunos estudios⁶. En general, se considera que la relación es compleja y probablemente dependiente de un conjunto de parámetros y de su interacción, algunos de ellos no totalmente establecidos en el momento actual.

En los últimos años se han añadido otros posibles factores como el implante de dispositivos (DAI y marcapasos), mostrando que un porcentaje de pacientes con IT ligera previo al implante desarrollan IT de grado avanzado en el seguimiento. Los mecanismos pueden ser debidos a que la posición de los electrodos interfiera con el movimiento de alguno de los velos de la tricúspide, a adherencias y fibrosis del cable, o a perforación de velos.

Otro tema controvertido es el tipo de intervención quirúrgica a realizar. La técnica de elección en su tratamiento es la reparación valvular. El abordaje más simple y extendido es el tratamiento exclusivo de la dilatación del anillo, que puede realizarse mediante anuloplastia con anillo protésico preferiblemente

rígido y que en la mayoría de las series ha objetivado beneficios respecto a técnicas de sutura, habiendo demostrado una regurgitación residual con anillo del 15% y sin anillo del 20-35%⁷. Cuando existe una deformidad muy significativa de la válvula tricúspide o un remodelado ventricular derecho adverso, la anuloplastia es insuficiente, asociándose a regurgitación residual y a la progresión de la misma tras la cirugía. Por tanto, se recomienda añadir otras técnicas reparadoras como la ampliación del velo anterior. En escasas ocasiones la válvula presenta otras alteraciones anatómicas (prolapso, perforación, etc) que son susceptibles de otras técnicas quirúrgicas específicas (implante de neocuerdas, decalcificación, comisuroplastia, etc). El reemplazo valvular por válvula biológica o mecánica es la técnica de última elección. Sin embargo, no están establecidos los parámetros anatómicos de la válvula o del ventrículo que aconsejarían una u otra técnica reparadora o la imposibilidad de ninguna de ellas.

Hablamos por tanto de una enfermedad de larga evolución con una importante repercusión y relevancia clínica que condiciona la clase funcional, la capacidad de ejercicio y la supervivencia de quienes la padecen.

Hipótesis y justificación

La selección de un conjunto de variables clínicas y ecocardiográficas preoperatorias (incluyendo estudios de deformación miocárdica) reducirá la prevalencia* de la insuficiencia tricuspídea.

*Prevalencia puntual medida al año tras la intervención quirúrgica.

Una vez comentada la relevancia clínica del problema nos planteamos cómo, cuándo y de qué forma actuar sobre la regurgitación tricuspídea. No hay un consenso sobre qué pacientes ni qué lesiones deben ser intervenidas, ni qué técnica quirúrgica es de elección, con discrepancias al respecto incluso en las recientes guías de práctica clínica de valvulopatías (guía europea del 2021 y americana del 2020). Éstas coinciden en la mayor parte de sus recomendaciones respecto al abordaje quirúrgico en caso de IT severa. Sin embargo, hay menor consenso e incluso variación en sus indicaciones y en los factores a valorar si el grado de IT es de moderado o inferior dada la escasez de evidencias al respecto (tabla 1).

	GUÍAS EUROPEAS	GUÍAS AMERICANAS
IC	IT severas primarias y funcionales con cirugía izquierda concomitante	IT severa e intervención izquierda concomitante
	Pacientes sintomáticos con IT severa primaria aislada sin disfunción severa de VD	
IIA	IT orgánica moderada y cirugía izquierda concomitante	IT progresiva con dilatación de anillo o clínica de insuficiencia cardíaca (IC) derecha y cirugía izquierda concomitante
	Pacientes asintomáticos o poco sintomáticos con IT severa primaria aislada y dilatación de VD	IT severa primaria aislada y síntomas de IC derecha
	IT secundaria ligera o moderada	IT severa funcional e IC derecha

	con dilatación de anillo y cirugía izquierda concomitante	que no respondan a tratamiento médico sin hipertensión pulmonar (HTP) o enfermedad izquierda
	IT severa con o sin cirugía izquierda si hay síntomas o dilatación de VD sin disfunción de VD ni VI ni HTP significativa	
IIB		IT primaria severa y dilatación o disfunción progresiva del VD
		Pacientes sintomáticos con IT severa intervenidos previamente de patología izquierda sino hay HTP o disfunción severa VD.

Tabla 1: indicaciones quirúrgicas de la IT según las guías de práctica clínica de valvulopatías europea y americana.

Respecto a los factores preoperatorios a tener en cuenta existe consenso mayoritario en la dilatación del anillo, pero no en otros factores seleccionados, tales como el hecho de que se trate de una valvulopatía primaria o no, la presencia de insuficiencia cardíaca derecha o de hipertensión pulmonar. En la literatura, distintos autores utilizan otros parámetros preoperatorios adicionales para tomar la decisión de si actuar o no sobre la válvula tricúspide como el volumen auricular, fibrilación auricular, valvulopatía mitral reumática, etc⁸.

Por tanto, las evidencias acerca de las indicaciones de cirugía son insuficientes, así como los factores preoperatorios a considerar para tomar dicha decisión. Ello genera diferencias en las recomendaciones actuales, así como una variabilidad entre los centros e incluso dentro de un mismo centro quedando bajo el criterio del facultativo que atiende a los pacientes la decisión de intervenir quirúrgicamente o no la válvula, qué tipo de intervención realizará o qué factores preoperatorios condicionarán su decisión.

Además, las técnicas reparadoras distintas a la anuloplastia están mucho menos extendidas en la válvula tricúspide que en la válvula mitral, presentando más complejidad y siendo pocos los centros con experiencia en las mismas. Por todo lo anterior, también el tipo de cirugía a emplear es variable entre centros y entre cirujanos, dependiendo de preferencias y de la experiencia reparadora.

El estudio detallado de la anatomía valvular tricuspídea y del resto de parámetros anatómicos y funcionales asociados (valvulopatía izquierda, remodelado de ambos

ventrículos, presión pulmonar, etc) con los métodos clásicos así como con las nuevas tecnologías ecocardiográficas (ecocardiografía tridimensional para el análisis morfofuncional de la válvula y del ventrículo derecho y speckle tracking para la valoración funcional del ventrículo derecho) podría mejorar sustancialmente la decisión del tipo de reparación valvular más adecuado en cada individuo⁹. La resonancia magnética nuclear cardíaca podría aportar parámetros de morfología valvular y ventricular derecha, así como de función ventricular que ayudaran en este sentido.

La evidencia en este campo es muy escasa y no hay claras indicaciones respecto a la información que las variables preoperatorias y las técnicas de imagen deben aportar al cirujano que se enfrenta al tratamiento de la IT. Son necesarios estudios preoperatorios que correlacionen variables clínicas y de imagen con los hallazgos quirúrgicos y la técnica quirúrgica empleada, así como con el comportamiento de la valvulopatía en un seguimiento a medio y largo plazo.

Objetivos

Principal:

Diseñar una estrategia de selección de pacientes para el tratamiento quirúrgico de la insuficiencia tricúspide que se asocie a una disminución de la aparición o progresión de la misma tras la cirugía cardiaca.

Secundarios:

1. Evaluar el comportamiento de los parámetros de tamaño y función de ventrículo derecho durante el primer año de seguimiento tras la cirugía, incluidos métodos avanzados de evaluación ecocardiográfica como el strain longitudinal.
2. Evaluar las diferencias en la evolución, conocer los predictores y las características ecocardiográficas de los pacientes con reparación valvular frente al implante de prótesis.
3. Conocer la evolución del tamaño y función ventricular izquierda durante el primer año tras la cirugía.
4. Conocer y describir los parámetros clínicos y ecocardiográficos que determinan la indicación quirúrgica y el tipo de reparación/implante protésico.
5. Conocer y describir los predictores clínicos y ecocardiográficos de la recurrencia de IT.
6. Conocer y describir los predictores clínicos y ecocardiográficos de la mortalidad precoz y tardía.
7. Evaluar las técnicas quirúrgicas de reparación avanzada.

Metodología

➤ Población de estudio:

La población diana son pacientes con insuficiencia tricúspide de grado al menos ligero que son intervenidos de cirugía cardíaca con criterios para actuación quirúrgica sobre la válvula tricúspide.

➤ Criterios de inclusión:

- Pacientes con insuficiencia tricúspide orgánica o funcional de grado ligero o superior asociada a cirugía valvular mitral.
- Pacientes con insuficiencia tricúspide orgánica o funcional de grado moderado o superior asociado a cirugía aórtica / cirugía de revascularización.
- Pacientes con insuficiencia tricúspide severa aislada con indicación quirúrgica.
- Aceptación por escrito del consentimiento informado.

➤ Criterios de exclusión:

- Comorbilidad asociada que confiere una expectativa de vida aproximada inferior a dos años.
- Edad > 80 años.

➤ Diseño del estudio:

Se trata de estudio observacional, unicéntrico, de inclusión prospectiva que se desarrolló desde febrero 2018 hasta febrero de 2022. Las variables analizadas son:

- Variables socio-demográficas, clínicas y analíticas preoperatorias. Como por ejemplo edad, índice de masa corporal, enfermedades concomitantes tales como hipertensión arterial o valores analíticos de función renal o hemoglobina.
- Variables ecocardiográficas que incluyen estudio avanzado anatómico y técnicas de deformación miocárdica.

-Variables quirúrgicas que describen el estado de la válvula previo a la intervención (calcificación, engrosamiento, etc), detallando las técnicas quirúrgicas empleadas en función de sus hallazgos y las incidencias en la intervención quirúrgica.

Durante el seguimiento a los 3 y 12 meses se recogieron las mismas variables (a excepción de las quirúrgicas) y las incidencias que el paciente presentó.

A continuación, se detallan los criterios para la valoración de la severidad de la insuficiencia tricuspídea (tabla 2):

Parámetros	Leve	Moderada	Severa
Cualitativos			
Morfología valvular	Normal/anormal	Normal/anormal	Anormal/flail/gran defecto de coaptación
Flujo color del jet de IT	Pequeña, central	Intermedia	Jet central muy grande o excéntrico junto a la pared
Señal Doppler continuo del jet de IT	Débil/parabólica	Densa/parabólica	Densa/triangular con pico temprano
Semicuantitativos			
Ancho de vena contracta en milímetros	No definido	Menor a 7	Mayor a 7
Radio PISA (área de isovelocidad proximal) en milímetros	Menor a 5	5-9	Mayor a 9
Flujo venoso hepático	Dominancia de la onda sistólica	Reducción de la onda sistólica	Inversión de la onda sistólica
Flujo tricuspídeo	Normal	Normal	Dominancia onda E mayor de 1 metro/segundo.
Cualitativos			
Orificio de regurgitación efectivo en cm ²	No definido	No definido	40
Volumen regurgitante en mililitros	No definido	No definido	45

Tabla 2: parámetros ecocardiográficos en la evaluación de la IT.

➤ Tamaño de la muestra:

En este proyecto se incluyó una cohorte de pacientes con afectación valvular tricuspídea que acudieron a intervenir en el Hospital Virgen de las Nieves, con un área de referencia quirúrgica de 1,660,631 habitantes.

El tamaño muestral se calculó como estimación de una proporción frente a un valor

teórico. Por publicaciones previas se sabe que el porcentaje de recurrencias tras cirugía de la válvula tricúspide está en torno al 20%, el artículo de referencia bibliográfico se consideró Dreyfus et cols⁵ que coincidió con las recurrencias de nuestro centro hospitalario (Hospital Universitario Virgen de las Nieves) el año anterior al inicio del protocolo. Considerando que tras la aplicación del protocolo en estudio este porcentaje se reduciría aproximadamente a la mitad, un 10%, se estimó necesario incluir 108 sujetos en el estudio para obtener un 80% de potencia estadística y detectar diferencias entre ambos valores con una prueba bilateral y un nivel de significación del 5%.

➤ Análisis de los datos:

Las imágenes ecocardiográficas fueron almacenadas en formato digital en un servidor para transferencia a una estación de trabajo dedicada al análisis centralizado de las mismas. Las variables clínicas preoperatorias, la valoración ecocardiográfica y quirúrgica perioperatorias de la morfología valvular y los parámetros de seguimiento fueron almacenados en una base de datos del programa IBM SPSS Statistics 19 para su posterior análisis estadístico.

Se realizó un análisis descriptivo, en el que las variables cuantitativas se describieron como media \pm desviación estándar, mediana y rango en aquellas que no se ajustan a la normalidad. Las cualitativas como número y porcentaje. Posteriormente se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov y si procedía la corrección de Lilliefors para comprobar si las variables se ajustaban a una distribución normal.

Para evaluar la eficacia de la reparación se utilizó una variable objetivo binaria con las alternativas evolución favorable o evolución desfavorable del resultado de la técnica quirúrgica empleada. La evolución favorable se definió como regurgitación residual igual o menor que ligera. Se realizó un análisis bivalente para estudiar qué variables se relacionaban con la evolución favorable. Para las variables numéricas se empleó el test t de Student para muestras independientes o Mann-Whitney en caso de no normalidad. Para las categóricas, el test chi-cuadrado de Pearson o Fisher según correspondía. También se calculó para cada variable la odds ratio y su intervalo de confianza al 95%. Finalmente, se realizó un análisis de correlación rho de Spearman para analizar las correlaciones entre TAPSE, strain longitudinal, onda S y fracción de acortamiento a los tres meses y al año.

Se probó la capacidad predictiva de las variables preoperatorias ecocardiográficas y quirúrgicas sobre dicha regurgitación residual mediante un análisis de regresión logística multivariante. Para construir dicho modelo, se utilizó el método de selección de variables

por pasos hacia adelante. Se utilizaron las variables con significación estadística en el análisis bivariante, además de aquellas consideradas de relevancia clínica. El criterio de entrada fue una $p < 0.05$ y el de salida $p > 0.10$. Para todos los contrastes se consideró un nivel de significación estadística del 5% ($p < 0.05$).

➤ Planificación temporal:

La duración total del estudio fue de 4 años (2 años de inclusión, 1,5 años de seguimiento y 0.5 años de análisis de resultados). Constó de 4 fases:

Fase 1: Reclutamiento de pacientes

Se identificaron aquellos pacientes que cumplieron todos los criterios de inclusión y no presentaron ningún criterio de exclusión. Se realizaron las siguientes pruebas tras el reclutamiento:

- Valoración clínica completa.
- Estudio ecocardiográfico avanzado.

Fase 2: Cirugía

La decisión de intervención quirúrgica se realizó según el siguiente protocolo (figura 1):

- IT grado III ó IV siempre.

- IT grado I (si cirugía mitral) o II/IV (si otra cirugía) + 1 criterio de:
 - Anillo > 39 mm (21mm/m²)
 - Fibrilación auricular permanente
 - Valvulopatía reumática mitral
 - Insuficiencia derecha previa

- IT grado I (si cirugía mitral) o II/IV (si otra cirugía) + 2 de:
 - Dilatación auricular severa derecha o izquierda
 - Cardiopatía isquémica
 - Remodelado/disfunción de ventrículo derecho o distorsión de la válvula tricúspide
 - Hipertensión pulmonar significativa

Se realizó reparación valvular avanzada y si no fue posible sustitución valvular cuando se cumplían los siguientes criterios:

- Distorsión severa de la anatomía valvular (Área “*tethering*” > 1.0 cm² y distancia de “*tethering*” > 8 mm)
- Dilatación o disfunción severa de VD (FE visual o TAPSE < 13).
- Calcificación/engrosamiento/fibrosis significativa de velos o anillo.

Se describieron los hallazgos quirúrgicos y se realizó una evaluación clínica y la recogida de variables intrahospitalarias.

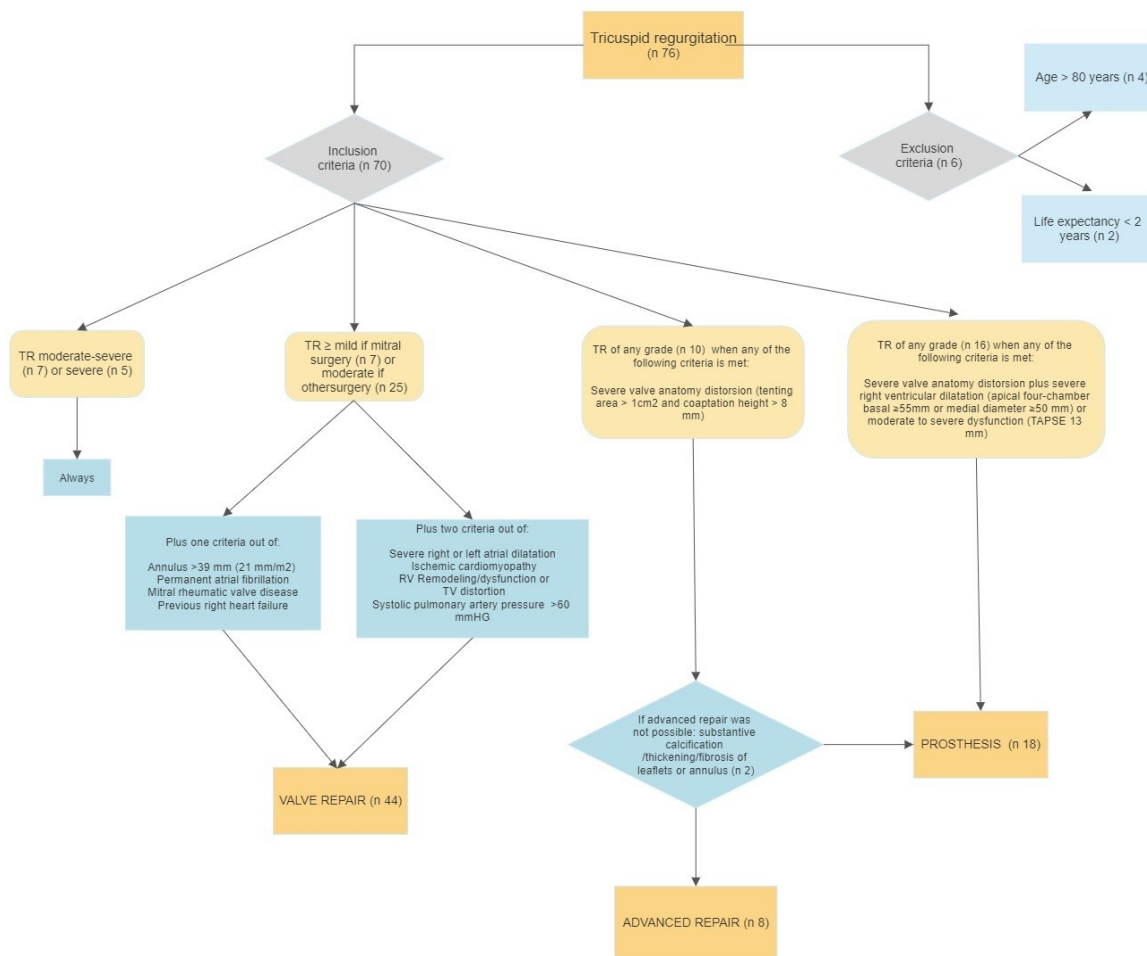


Figura 1: algoritmo de intervención quirúrgica valvular tricuspídea.

Fase 3: Seguimiento

- Seguimiento a los tres meses con valoración clínica y ecocardiografía avanzada.
- Seguimiento anual con valoración clínica y ecocardiografía avanzada.

Fase 4: Análisis de los datos y comunicación de resultados

- Análisis de las imágenes ecocardiográficas por ecocardiografistas expertos y

acreditados en imagen cardíaca. Análisis de resultados.

➤ Medios y financiación:

No se contó con un presupuesto específico para personal ni para sufragar el coste de las pruebas. La recogida y análisis de datos se hizo por los propios participantes en el proyecto. No existieron conflictos de intereses.

Resultados

● Análisis descriptivo

Nuestra población presentó una edad promedio de 65,47 +/- 10,3 años, un peso de 71,82 kg +/- 11,46 kg, una talla de 160,50 cm +/-8,09 cm, un índice de masa corporal de 28,06 kg/m² +/- 4,17 kg/m² y una superficie corporal de 1,75 +/- 0,16 m².

El 75,7 % de nuestros pacientes eran mujeres. El 56,2 % de todos los pacientes presentaron hipertensión arterial, el 43,8 % dislipemia, el 17,4 % enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el 12,3 % diabetes mellitus, el 8,6 % tenía antecedentes de cardiopatía isquémica, el 12,8 % accidentes cerebrovasculares o vasculares previos y el 46,4 % clínica previa de insuficiencia cardíaca derecha. El 4,1 % de los pacientes tenían historia clínica de fibrilación auricular paroxística, el 1,4 % de persistente y el 74 % de permanente. La función renal previa a la cirugía evidenciaba una disminución ligera del filtrado glomerular con un promedio de 72,81 ml/min/m² +/- 18,45 ml/min/m².

La función ventricular izquierda que presentaban antes de la cirugía era normal en el 80 % de los pacientes, ligeramente deprimida en el 14,2 %, moderadamente deprimida en el 4,2% y severamente deprimida en el 1,4 %. La función ventricular derecha que presentaban antes de la cirugía era normal en el 81,4 % de los pacientes, ligeramente deprimida en el 14,2 % y moderadamente deprimida en el 4,2%.

La etiología valvular izquierda era reumática en 40% de los pacientes, degeneración fibroelástica en el 10,7% y en menor porcentaje mixoide, miocardiopatía, prótesis previas, etc. El 71,2% no había sido intervenido de cirugía cardíaca previa, el 12,3 % tenía implantada una prótesis mitral, el 1,4 % una prótesis aórtica, el 9,6 % tenía doble prótesis (aórtica y mitral) y el 5,5 % presentaba otro tipo de cirugía cardíaca previa.

Respecto a la válvula tricúspide el 69,9 % de los pacientes presentaba una insuficiencia de etiología funcional, el 20,5 % reumática, el 2,7 % mixomatosa, el 1,4 % mediada por marcapasos y el 1,4 % por radiación. Al 4,1 % restante no se pudo definir con exactitud su etiología. El grado de insuficiencia tricuspídea preoperatorio que presentaban los pacientes fue ligero en el 10%, moderado en el 35,7%, moderado-severo en el 10% y severo en el 44,28% de los pacientes; y al año fue ligero en el 45,2 %, moderado en el 4,8 %, moderado-severo en el 3,2% y severo en el 1,6% de los pacientes. El 45,2 % no presentaba regurgitación tricúspide o era menor a ligera al año.

El riesgo quirúrgico que presentaban los pacientes previo a la cirugía lo evaluaba un equipo multidisciplinar compuesto por cardiólogos, cirujanos cardíacos y médicos intensivistas que entre otras herramientas utilizaba la escala EuroSCORE con una media de 5 +/- 3,66. Durante la intervención quirúrgica la media del tiempo de cirugía extracorpórea fue de 112 +/- 39,3 y el promedio del tiempo de clampaje fue de 83,42 minutos +/- 46,71 minutos.

Al 35,7 % de los pacientes se les realizó anuloplastia con anillo, al 27,1 % anuloplastia de Vega, al 11,4 % se le hicieron técnicas de reparación ampliada (ampliación de velo anterior, implante de neocuerdas, etc) y al 25,7 % se les implantó una prótesis tricuspídea.

Al 94,5% de los pacientes se les realizó cirugía solamente valvular y al resto se combinó con coronaria u otro tipo de cirugía cardíaca no valvular. El tipo de cirugía valvular que se realizó junto a la tricuspídea fue mitral en el 42,5 % de los pacientes, aórtica en el 2,7%, trivalvular (aórtica, mitral y tricuspídea) en el 20,5 %, tricúspide aislada en el 24,7% y otro tipo de cirugía en el 9 %.

En el postoperatorio precoz (durante el ingreso hospitalario) nuestros pacientes presentaron las siguientes características:

El 39,7 % de los pacientes presentó insuficiencia renal precoz, el 8,2 % fibrilación auricular de novo, el 4,4 % infarto agudo de miocardio perioperatorio, el 4,4 % ictus isquémico, el 13,7 % clínica de insuficiencia cardíaca aguda y el 9,6 % derrame pericárdico significativo. Respecto a los eventos hemorrágicos el 16,4 % presentó sangrado leve y el 11 % sangrado significativo que requirió transfusión.

Cuatro pacientes fallecieron durante el ingreso hospitalario (el 5,7 % de los pacientes). Uno de ellos tuvo una complicación aórtica previa al clampaje, otro de ellos presentó un ictus y otros dos pacientes presentaron shock multiorgánico. En uno de los casos, se programó reparación ampliada tricuspídea, pero fue inefectiva y se realizó recambio protésico con un considerable aumento de los tiempos quirúrgicos.

Durante el primer año de seguimiento tras el alta hospitalaria los pacientes presentaron las siguientes complicaciones:

El 4 % de los pacientes presentó fibrilación auricular de novo, el 1,4 % infarto agudo de miocardio, el 6,5 % derrame pericárdico significativo, el 17,8 % insuficiencia cardíaca, el

8,2 % insuficiencia renal, el 1,4% ictus y el 13,7 % de los pacientes precisó implante de marcapasos.

Cinco pacientes fallecieron durante el tiempo estimado entre el alta y el primer año de seguimiento (el 7,5 % de los pacientes). Las causas del fallecimiento fueron: en uno de los pacientes una endocarditis mitral, en otro cáncer de próstata, en otro de los pacientes progresó la valvulopatía nativa mitral como regurgitación mitral severa que no presentaba al inicio del protocolo y falleció por insuficiencia cardíaca al desestimarse para intervención quirúrgica, en otro paciente insuficiencia cardíaca y anemia dos meses tras el alta (en este paciente se intentó realizar anuloplastia ampliada pero fue inefectiva y se realizó reemplazo por prótesis biológica en el mismo acto quirúrgico) y un caso falleció de forma súbita en el domicilio pocos días tras el alta que había ocurrido sin incidencias y sin autopsia posterior.

A continuación, se resumen las principales medias de los parámetros ecocardiográficos antes de la cirugía, a los 3 meses y al año tras la misma (tablas 3,4,5).

➤ Tabla 3: Parámetros de ventrículo izquierdo y aurícula izquierda.

	PRECIRUGÍA	TRES MESES	UN AÑO
Diámetro de ventrículo izquierdo	49,92 mm +/- 7,07 mm	49,12mm +/- 5,42 mm	49,77mm +/- 6,13 mm
Volumen telediastólico ventrículo izquierdo	100,42 ml +/- 37,02 ml	105,34 ml +/- 28,78 ml	100,47 ml +/- 37,37ml
Función ventricular (Simpson biplano)	59,07% +/- 8,89 %	56,31% +/- 6,41 %,	54,52% +/- 8,01 %
Velocidad sistólica lateral anillo	0,076 m/s +/- 0,023 m/s	0,05 m/s +/- 0,014 m/s	0,06 m/s +/-0,017 m/s
Velocidad sistólica medial anillo	0,057 m/s +/- 0,016 m/seg	0,065 m/s +/- 0,017 m/seg	0,05 m/s +/- 0,018 m/seg
Diámetro longitudinal aurícula izquierda	52,85 mm +/- 8,58 mm	51,28 mm +/- 8,23 mm	54,30 mm +/- 15,39 mm
Volumen biplano aurícula izquierda	81,26 ml/m ² +/- 42,76 ml	69,39 ml/m ² +/- 43,11 ml	69,58 ml/m ² +/- 40,31 ml

➤ Tabla 4: Parámetros de ventrículo derecho y aurícula derecha.

	PRECIRUGÍA	TRES MESES	UN AÑO
Diámetro basal VD	49,13mm+/-7,83mm	40,84 mm +/- 4,40 mm	39,92mm+/-5,24mm
Diámetro medio VD	38,06mm+/-8,66mm	32,76 mm +/- 5,13 mm	32,6mm+/-5,49mm
Área telesistólica VD	20,34cm ² +/- 13,53cm ²	14,38 cm ² +/- 4,23 cm ²	14cm ² +/-5,21cm ²
Diámetro anillo tricuspídeo	41,77mm+/-7,41mm	33,78 mm +/- 5,07 mm	35,66mm+/-6,95mm
Excursión sistólica del anillo lateral	19,08mm/-4,49mm	14,38 mm +/- 4,23mm	16,7mm+/-3mm
Fracción acortamiento	39,84mm+/-13,67mm;	38,02 mm +/- 12,60 mm	39,49mm+/-11,16mm
Velocidad sistólica lateral VD	0,11m/s+/-0,31m/s	0,08 m/s +/- 0,020 m/s	0,09m/s+/-0,029m/s
Strain longitudinal lateral VD	-19,83%+/-4,72%	-17,92 % +/- 4,79%	-17,7%+/- 5,14%
Diámetro longitudinal aurícula derecha	71,6mm+/-13,71mm	54,94 mm +/- 9,46 mm	53,34mm+/-11,59mm
Diámetro transverso aurícula derecha	53,11mm+/-13,17	43,55 mm +/- 7,44 mm	44,34mm+/-10,41mm
Volumen biplano indexado aurícula derecha	673,9ml/m ² +/- 48,51ml/m ²	41,57 ml/m ² +/- 19,89 ml/m ²	45,78ml/m ² +/- 24,59ml/m ²

➤ Tabla 5: Otras características ecocardiográficas.

	PRECIRUGÍA	UN AÑO
Área de tenting	1,67 cm ² +/- 1,22 cm ²	0,54 cm ² +/- 1,55 cm ²

Distancia de tenting	7,63 mm +/- 3,48 mm	0,91 mm +/- 2,10 mm
Radio de superficie de isovelocidad proximal	7,64 mm +/-3,08 mm	0,97 mm +/- 1,95 mm
Vena contracta	8,09 mm +/- 3,63 mm	1,78 mm +/- 2,26 mm
Orificio regurgitante	0,75 cm ² +/- 0,47 cm ²	0,09 cm ² +/- 0,14 cm ²
Volumen regurgitante	44,82 ml +/- 26,98 ml	8,73 ml +/- 17,14ml
Presión sistólica de arteria pulmonar	51,56 mmhg +/- 13,79 mmhg	41,82 mmhg +/- 11,60 mmhg
Vena cava inferior	23,09 mm +/- 6,8 mm	18,14 mm +/- 4,8 mm
Gradiente ventrículo y aurícula derecha	36,77 mmhg +/- 13,66 mmhg	30,73 mmhg +/- 10,95 mmhg
Presión de aurícula derecha	12,90 mmhg +/- 3,01 mmhg	11,47 mmhg +/- 3,80 mmhg

- **Análisis inferencial y subanálisis:**

A continuación se resumen los principales análisis estadísticos:

1) Analisis de la eficacia del protocolo:

Por publicaciones previas se sabe que el porcentaje de recurrencias tras cirugía de la válvula tricúspide está en torno al 20%. El artículo de referencia bibliográfico se consideró Dreyfus et cols⁵, que coincidió con las recurrencias en el Hospital Virgen de las Nieves. Se planteó el siguiente contraste de hipótesis:

Ho: la proporción de pacientes con regurgitación tricúspide residual es igual o mayor al 20% tras la selección estricta de los pacientes antes de la cirugía, o lo que es lo mismo no difiere tras nuestra intervención.

H1: la proporción de pacientes con regurgitación tricúspide residual es menor del 20 % tras la selección estricta de los pacientes antes de la cirugía, o lo que es lo mismo disminuye tras nuestra intervención.

Se consideró IT residual significativa como IT residual \geq moderada.

Se realizó un contraste de hipótesis para una muestra cualitativa dicotómica. 5 pacientes (8,19% de la muestra) presentaron al año IT residual significativa (\geq moderada), de ellos sólo el 3,3 % fue severa. Se realizó el test exacto binomial definiendo grupo 1 como evolución desfavorable (\geq moderada) y grupo 2 como favorable, obteniendo un estadístico X^2 de 4,129 y una significación exacta unilateral de 0,024, por lo que aceptamos la hipótesis alternativa, esto es que la regurgitación tricuspídea residual disminuyó tras nuestra intervención.

2) Estudio de los parámetros de función y tamaño de VD durante el primer año tras la cirugía.

Los parámetros de tamaño medidos fueron el diámetro basal, medio y área telesistólica y los parámetros de función medidos fueron fracción de acortamiento, TAPSE, velocidad sistólica de anillo tricuspídeo y strain longitudinal de la pared lateral.

Los parámetros de tamaño disminuyeron tras la cirugía (medido a los 3 meses) y se mantuvieron sin cambios hasta el año. El área telesistólica de VD mostró un comportamiento en su media similar aunque no alcanzó significación estadística.

Los parámetros de función de VD (TAPSE y velocidad sistólica de anillo tricuspídeo) empeoraron tras la cirugía (medido a los 3 meses) y mejoraron durante el primer año, aunque no alcanzaron niveles previos a la cirugía. La fracción de acortamiento y el strain longitudinal de la pared libre no mostraron cambios estadísticamente significativos. Este comportamiento podría ser porque TAPSE y onda S estén sobreestimados antes de la cirugía por la sobrecarga de volumen que la regurgitación tricúspide genera o bien por un daño miocárdico debido a la propia intervención quirúrgica.

- Análisis precirugía-1 año:

- El diámetro basal de ventrículo derecho antes de la cirugía es mayor que al año de la misma (puntuación t 0,956; grados de libertad 60; $p < 0,000$).

- El diámetro medio de ventrículo derecho antes de la cirugía es mayor que al año de la misma (puntuación t 0,532; grados de libertad 60; $p < 0,000$).

- El área telesistólica de ventrículo derecho antes de la cirugía no es significativamente mayor que al año de la misma (puntuación t 1,85; grados de libertad 55; p 0,07).
- La fracción de acortamiento de ventrículo antes de la cirugía y un año después de la misma es similar (puntuación t 0,191, grados de libertad 58; p 0,849).
- TAPSE antes de la cirugía es mayor que al año de la misma (puntuación t 3,70; grados de libertad 59; p < 0,000).
- La velocidad sistólica del anillo tricuspídeo antes de la cirugía es mayor que al año de la misma (puntuación t -5,70; grados de libertad 49; p < 0,000).
- El strain longitudinal de pared lateral antes de la cirugía y un año después es similar (puntuación t -1,46 ; grados de libertad 27; p 0,172)

- Análisis precirugía-3 meses:

- El diámetro basal de ventrículo derecho antes de la cirugía es mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t 7,43; grados de libertad 49; p < 0,000).
- El diámetro medio de ventrículo derecho antes de la cirugía es mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t 5,32; grados de libertad 60; p < 0,000).
- El área telesistólica de ventrículo derecho antes de la cirugía no es significativamente mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t 1,17; grados de libertad 38; p 0,125).
- La fracción de acortamiento de ventrículo derecho antes de la cirugía no es significativamente mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t 0,76, grados de libertad 41; p 0,226).
- TAPSE antes de la cirugía es mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t 5,13; grados de libertad 50; p < 0,000).
- La velocidad sistólica del anillo tricuspídeo antes de la cirugía es mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t 8,04; grados de libertad 47; p < 0,000).
- El strain longitudinal de pared lateral antes de la cirugía no es significativamente mayor que 3 meses después de la misma (puntuación t -1,53; grados de libertad 24; p 0,07).

Análisis 3 meses-1 año:

- El diámetro basal de ventrículo derecho 3 meses y 1 año después de la cirugía es similar (puntuación t 0,941; grados de libertad 50; p 0,351).
- El diámetro medio de ventrículo derecho 3 meses y 1 año después de la cirugía es similar (puntuación t -0,714; grados de libertad 49; p 0,478).
- El área telesistólica de ventrículo derecho 3 meses y 1 año después de la cirugía es similar (puntuación t 0,112; grados de libertad 38; p 0,911).
- La fracción de acortamiento de ventrículo derecho 3 meses y 1 año después de la cirugía es similar (puntuación t -1,251, grados de libertad 41; p 0,218).
- TAPSE a los 3 meses de la cirugía es menor que al año de la misma (puntuación t -2,35; grados de libertad 51; p 0,023).
- La velocidad sistólica del anillo tricuspídeo a los 3 meses de la cirugía es menor que al año de la misma (puntuación t -2,68; grados de libertad 42; p 0,010).
- El strain longitudinal de pared lateral 3 meses y un año después de la cirugía es similar (puntuación t -1,42; grados de libertad 19; p 0,172).

3) Asociación entre el tipo de intervención (reparación versus prótesis) y los parámetros de ventrículo derecho a los tres meses y al año.

Los parámetros de tamaño (diámetro basal, medio y área telesistólica de ventrículo derecho) fueron menores en pacientes con reparación respecto a los pacientes con prótesis. Sin embargo, estas diferencias ya existían antes de la cirugía puesto que los pacientes con VD más remodelado y mayor IT eran candidatos a implante protésico según nuestro protocolo.

Los parámetros de función de ventrículo derecho, TAPSE y onda S ´por Doppler tisular fueron diferentes en función de realizar una reparación o implantar una prótesis (significación a una cola: p 0,012 para TAPSE y 0,018 para onda S de Doppler tisular). La reparación presentó valores más elevados de TAPSE y onda S que el implante de

prótesis. El acortamiento fraccional y el strain longitudinal de pared lateral no mostraron diferencias estadísticamente significativas (tabla 6). Esto podría indicar que TAPSE y onda S no serían representativos de la función ventricular en el postoperatorio medido a los 3 meses si se implanta una prótesis.

Al año, los parámetros de función presentaron medias similares por lo que no fueron diferentes en función de la técnica quirúrgica.

	Tipo de cirugía tricuspídea	Media	P
Diámetro basal VD	Reparación	47.11	0.001
	Prótesis	54.15	
Diámetro medio VD	Reparación	36.57	0.026
	Prótesis	41.8	
Área telesistólica VD	Reparación	13.95	0.012
	Prótesis	21.40	
Fracción de acortamiento	Reparación	39.324	0.83
	Prótesis	40.215	
TAPSE	Reparación	19.44	0.50
	Prótesis	18.75	
Onda S'	Reparación	.1209	0.027
	Prótesis	.1015	
Strain longitudinal de pared libre	Reparación	-20.56	0.14
	Prótesis	-17.91	

Tabla 6: asociación entre parámetros de VD y tipo de cirugía .

4) Análisis de los parámetros de VD antes de la cirugía en función de la sobrecarga de volumen medida como IT ligera, moderada, moderada-severa o severa.

La fracción de acortamiento aumentó progresivamente desde IT ligera a moderada-

severa, pero disminuyó en IT severas de forma estadísticamente significativa (tabla 7).

El resto de los parámetros no alcanzaron la significación estadística, aunque sus medias mostraron las siguientes tendencias: TAPSE disminuyó progresivamente desde IT ligera a moderada-severa y al llegar a IT severa aumentó; onda S disminuyó progresivamente desde IT moderada a severa; strain longitudinal de pared libre aumentó progresivamente desde IT ligera a moderada-severa y al llegar a IT severa disminuyó.

Estos resultados podrían indicar que TAPSE no estimaría adecuadamente la función ventricular en IT severa.

	Fracción de acortamiento(%)	TAPSE (mm)	Onda S (m/s)	Strain longitudinal (%)
Ligero	27.71	19.57	0.12	-19.57
Moderado	40.41	19.39	0.12	-20.00
Moderado-severo	45.91	17.75	0.10	-22.75
Severo	40.79	19.14	0.10	-19.29

Tabla 7: asociación entre parámetros de VD y tgrado de IT.

5) Variables predictoras sobre la mortalidad precoz (durante el ingreso hospitalario):

La fracción de eyección de ventrículo izquierdo (FEVI) fue una de las variables que nos permitió predecir la mortalidad precoz. El modelo probado explicó el 36,4% de la varianza de la variable dependiente. Cuando se hacen afirmaciones con base a nuestro modelo tenemos un 96,8 % de estar en lo correcto.

Al aumentar la FEVI en una unidad disminuyó la probabilidad de mortalidad precoz 1.24 veces.

6) Variables predictoras sobre la mortalidad tardía (desde el alta hospitalaria al primer año de seguimiento):

La FEVI fue una de las variables que nos permitió predecir la mortalidad tardía. El modelo probado explicó el 25,7% de la varianza de la variable dependiente. Cuando se hacen afirmaciones con base a nuestro modelo tenemos un 93,8 % de estar en lo correcto.

Fue 40 veces más probable fallecer en el primer año de seguimiento si la FEVI era menor del 40% que si era mayor del 40%.

7) Variables predictoras sobre la recurrencia de IT tras la cirugía medida al año de la intervención:

No se encontraron predictores de IT residual. En nuestro estudio, la escasa incidencia de IT probablemente impidió obtener predictores sobre la misma.

Conclusiones

1. Nuestro algoritmo de manejo de IT redundó en una disminución de la IT residual respecto a otras series. En nuestra serie, sólo el 3,3 % presentó IT residual severa y el 8.19 % de grado superior o igual a moderada.
2. Los parámetros ecocardiográficos TAPSE y onda S' no fueron parámetros fiables para estimar la función del VD a los 3 meses. Strain longitudinal resultó ser un parámetro menos dependiente y con menor variabilidad, por lo que podría ser de elección en el postoperatorio temprano. Al año, todos los parámetros mostraron buena correlación.
3. La FEVI fue el único predictor de mortalidad precoz (durante la estancia hospitalaria) y tardía (desde el alta hospitalaria al primer año de seguimiento). La IT residual no fue predictor de mortalidad.
4. En la valoración ecocardiográfica previa a la cirugía TAPSE podría ser un parámetro no válido para estimar la función en IT severa probablemente por la sobrecarga de volumen.
6. Las distintas técnicas de reparación valvular tuvieron una incidencia similar de IT residual, mortalidad precoz y mortalidad tardía.
7. Los pacientes con reparación valvular y recambio protésico tuvieron una incidencia similar de IT residual, mortalidad precoz y mortalidad tardía.
8. No hubo predictores de IT residual al año.

II. INTRODUCCIÓN

A. LA FILOGENIA CARDÍACA: DE *ICHTHYOSTEGA* AL *HOMO SAPIENS SAPIENS*.

Conocemos como *Ichthyostega* a los primeros tetrápodos que según las evidencias científicas actuales consiguieron sobrevivir fuera del agua hace aproximadamente unos 360 millones de años. Su vida era muy diferente a lo que hoy nos podemos imaginar, ninguno de sus órganos ni aparatos estaban adaptados al nuevo medio. Por lo tanto, para llegar al desarrollo y a la especialización de los organismos han transcurrido eones con múltiples cambios evolutivos.

Probablemente el salto más importante en la evolución circulatoria es la adquisición de la respiración pulmonar, que llega presumiblemente con los anfibios. A partir de este momento, el sistema circulatorio humano se encamina a adquirir sus principales características: es doble, cerrado y completo. Doble, porque pasa dos veces por el corazón, desde el ventrículo derecho hacia los pulmones y estos devuelven la sangre hacia el ventrículo izquierdo que finalmente es expulsada por la aorta. Cerrado porque la sangre circula dentro de una red de vasos sanguíneos, sin salir de ellos. Sin embargo, se sabe que el sistema circulatorio completo, es decir sin cortocircuitos que permita mezclar la sangre arterial oxigenada con la no oxigenada, no se desarrolla hasta en reptiles más complejos como los cocodrilos. Se desconoce con certeza qué elemento o elementos motivaron dicho cambio evolutivo, pero se cree que la capacidad de esfuerzo necesaria para habitar fuera del agua ejerció un papel muy importante. Otro hito relevante en la filogenia cardíaca fue la aparición de una cámara ventricular muscular con potencia para enviar la sangre a los pulmones, como el ventrículo derecho, manteniendo una presión venosa central baja y una saturación alta de la hemoglobina. Los animales inferiores utilizan circulaciones incompletas y esto conlleva cierto grado de desaturación.

La evolución del desarrollo cardíaco es un proceso de eones desde el pez, con un tubo cardíaco doblado, con seno venoso, aurícula y ventrículo que se asemeja a nuestro corazón en la semana 4 del embrión humano; pasando por el anfibio, con un corazón tricameral como en la semana 5 de gestación humana; o desde los pequeños reptiles, con ventrículos más septados y diferenciados a los reptiles de mayor tamaño como el cocodrilo con 2 ventrículos, utilizando el ventrículo derecho para enviar sangre a una de sus dos aortas durante el buceo; hasta los dinosaurios y las aves que ya tienen corazones más similares al definitivo humano.

A veces, se producen cardiopatías congénitas que provocan un funcionamiento patológico e insuficiente para cubrir nuestras necesidades, recordándonos por ejemplo al aparato circulatorio de un reptil y otras veces son los equipos médicos quienes para el abordaje de cardiopatías congénitas diseñan alternativas paliativas que recuerdan a la circulación animal como por ejemplo la circulación de Fontan.

B. EPIDEMIOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD TRICUSPÍDEA

La prevalencia en la población general de IT es del 15%¹ aumentando considerablemente en pacientes con enfermedades que afectan al corazón izquierdo. Un tercio de los pacientes con insuficiencia cardíaca, otro tercio de los pacientes con insuficiencia mitral severa y la mitad de los pacientes intervenidos quirúrgicamente de patología valvular mitral tienen un grado de IT superior a 2 sobre 4².

La IT es la complicación más frecuente en la enfermedad valvular mitral. La etiología de la enfermedad mitral influye en la prevalencia de la afectación tricuspídea: el 35% de los pacientes con valvulopatía mitral reumática tienen afectación tricuspídea, el 30% de los pacientes con regurgitación mitral isquémica y el 15% de los pacientes con prolapso valvular mitral³.

La IT y su grado son predictores independientes de mortalidad tras ajustarlo por el resto de variables: edad, fracción de eyección de ventrículo izquierdo, presión sistólica de la arteria pulmonar, tamaño o función del ventrículo derecho y dilatación de la vena cava inferior. La mortalidad se incrementa al aumentar su severidad y la persistencia de un grado 3-4/4 tras el recambio valvular mitral se asocia en el seguimiento a peor grado funcional según la *New York Heart Association* (NYHA), a mayor mortalidad por insuficiencia cardíaca y a mayor mortalidad por todas las causas³.

El incremento de la morbimortalidad es clínicamente muy relevante. En el seguimiento a 10 años más de la mitad de los pacientes con IT de grado avanzado desarrollarán clínica de insuficiencia cardíaca en estadio funcional III-IV/IV de la NYHA, describiéndose supervivencias del 65% en los pacientes con insuficiencia valvular tricuspídea severa frente a un 90% en aquellos sin insuficiencia.

C. CONCEPTOS ESENCIALES DE EMBRIOLOGÍA

El corazón se forma a partir del mesénquima cardiogénico, que es inducido por el endodermo faríngeo formando una red de capilares en forma de herradura. Estos

capilares se fusionan entre sí para formar el tubo endocárdico y el mesénquima restante forma los mioblastos que darán origen al miocardio. En la siguiente tabla (tabla 8) se resumen cronológicamente los principales acontecimientos en el desarrollo embriológico cardíaco.

Días	Secuencia de eventos
0-20	No hay corazón
20	Placa cardiogénica
21	Tubos endocárdicos
22	Fusión de los tubos endocárdicos
25	Bucle cardiogénico
26	Aurícula única
29	Aurícula bilobulada
30	Inicio de la circulación
31	Septum primum
35	Corazón de 3 cámaras, orificio aurículo-ventricular
36	Septum secundum
40	Formación del septum bulbo-ventrículo
42	División del tronco arterial
49	Corazón de 4 cámaras, absorción de venas pulmonares

Tabla 8: cronología de la embriología cardíaca.

Entre los días 21 y 50 tras la fecundación ocurren los principales procesos para la formación y el desarrollo cardíaco. Sobre el día 20 surgen dos islotes angiogénicos que evolucionarán hacia dos tubos simétricos con forma de herradura y durante la tubulación del embrión los dos tubos se fusionarán en uno solo en la línea media donde formará el tubo primitivo que se ubicará dentro del futuro saco pericárdico. El tubo recto contiene las principales estructuras que intervendrán en el desarrollo cardíaco como el seno venoso, la aurícula común, el ventrículo primitivo, el bulbus cordis y el tronco arterioso⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

A continuación, brevemente describiremos la función de cada una de ellas.

-El seno venoso es el lugar donde desembocarán las venas sistémicas, aunque progresivamente las izquierdas desaparecerán y el seno venoso formará parte de la aurícula derecha conformando el seno coronario.

-La aurícula primitiva se irá dividiendo en dos cavidades mediante el septum primum y secundum. En un primer momento, las cavidades auriculares drenarán al ventrículo mediante un canal auriculoventricular, sin la existencia de válvulas cardíacas. El septo interauricular se construirá tras el desarrollo y posterior fusión de dos membranas temporales, la primera el septum primum y la segunda el septum secundum. Desde la pared cefálica de la aurícula primitiva crece una estructura hacia el canal

auriculoventricular (AV) y se dirige dividiendo la cavidad en dos aproximadamente por la mitad, dejando una comunicación en el canal AV. Este orificio es llamado ostium primum. Posteriormente estas estructuras se fusionan desapareciendo el ostium primum y antes de que eso ocurra se forman múltiples perforaciones por la reabsorción de la parte cefálica del septum primum denominándose ostium secundum. El ostium secundum queda por lo tanto entre el techo de la aurícula común y el septum primum.

Como ya hemos mencionado, desde el techo de la aurícula se desarrolla la segunda membrana de endocardio al lado derecho del septum primum, el septum secundum. El septum secundum no se desarrolla de forma completa sino que deja un agujero conocido como foramen oval. El foramen oval permite el paso de sangre desde la aurícula derecha a la izquierda ya que el septum primum funciona como una válvula unidireccional en la vida embrionaria. El cierre anatómico definitivo ocurre sobre el tercer mes de vida, aunque en un 10-20% de la población dicha adhesión no se produce, condicionando la presencia de un foramen oval permeable en la vida adulta.

- Canal atrioventricular: en él aparecen dos cojinetes endocárdicos, uno anterior y otro posterior. El cojinete anterior crecerá hacia posterior y viceversa. Ambos se acercarán hasta su fusión, formando la almohadilla endocárdica que establecerá una separación entre la zona ventricular y atrial. El cierre del canal AV primitivo depende de 4 cojines endocárdicos. Los cojines ventral y dorsal ocluirán el canal aislando las aurículas de los ventrículos a excepción de dos orificios de paso. Los cojines laterales posteriormente terminarán el proceso de formación de los velos valvulares mitrales y tricuspídeos. Las anomalías en la formación de este canal darán lugar a malformaciones congénitas de las válvulas mitral y tricúspide.

-Ventrículo primitivo: se irá plegando y trabeculándose de tal forma que se irá diferenciando del bulbus cordis. Entre el ventrículo primitivo y bulbus cordis aparecerá otro orificio, sin estructuras valvulares.

-El bulbus cordis: en un primer momento actúa de conducto para la salida de la sangre e irá evolucionando hasta conformar la porción trabeculada del ventrículo derecho.

-Foramen bulboventricular: esta estructura comunica los ventrículos en su porción de salida. La septación se produce de forma más tardía que en otros lugares y con una membrana membranosa y no muscular por lo que es el lugar donde con más frecuencia se originan comunicaciones interventriculares.

-Tronco arterial: es la estructura que se diferenciará en aorta, en arteria pulmonar y en tractos de salida ventriculares. Conduce la sangre fuera del corazón hacia las arterias.

Durante todo este proceso el tubo embrionario se va plegando de forma que las distintas estructuras van adquiriendo su orientación espacial final. Los ventrículos quedarán situados inferior, las aurículas superior y el seno coronario superior y posterior (figura 2).

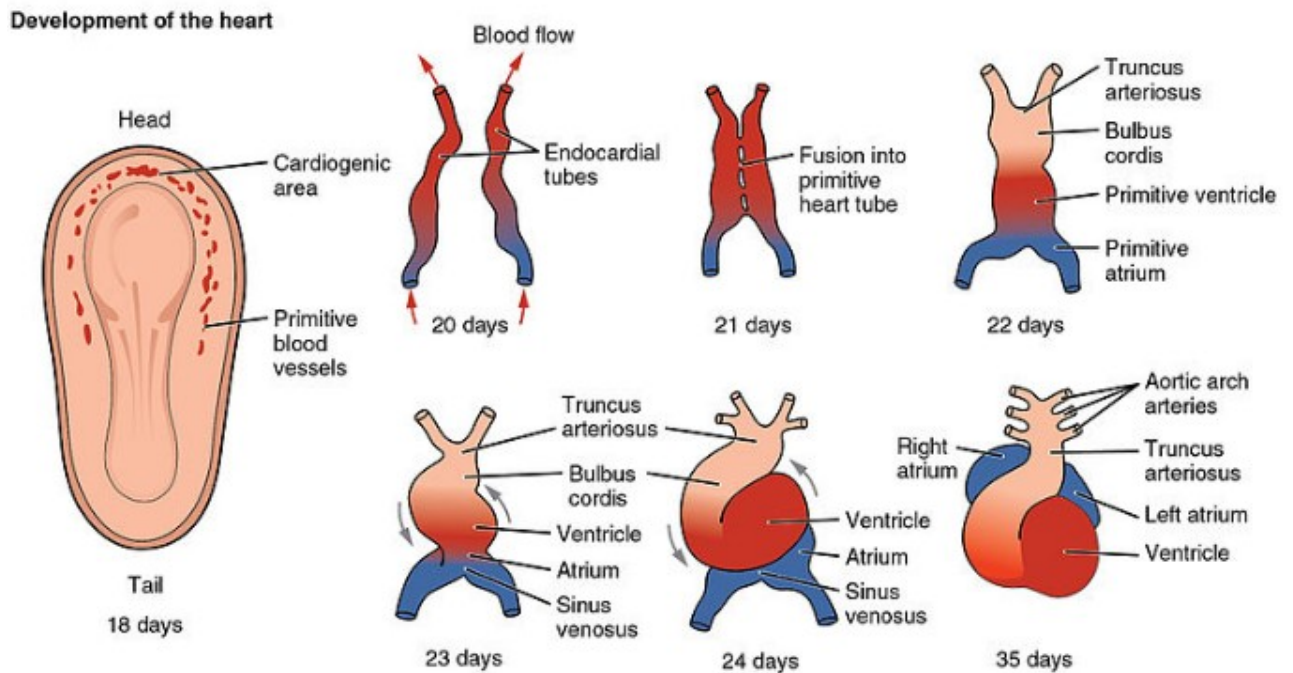


Figura 2: desarrollo embrionario cardíaco. Extraída de Anatomy and Physiology. Jun 19, 2013.

a) Válvulas

Tras tabicarse las aurículas (septum primum, septo secundum) y los ventrículos se forman las almohadillas endocárdicas en la cruz del corazón. La formación de las almohadillas endocárdicas aurículo-ventriculares (AV) permite la diferenciación anatómica de las dos válvulas AV, de tal forma que la ausencia de dichas almohadillas conllevará anomalías importantes de las válvulas AV. Las válvulas se relacionan con sus correspondientes ventrículos estando la válvula mitral conectada con el ventrículo anatómicamente izquierdo y la tricúspide con el ventrículo anatómicamente derecho, cada válvula AV acompaña por tanto a su ventrículo.

La válvula tricúspide se origina mediante tres faldones de tejido que derivan del ventrículo derecho. Cada faldón formará valvas, cuerdas tendinosas y músculos papilares. En la válvula mitral cada valva proviene de orígenes diferentes. Mientras la porción central de la valva medial se origina del tabique auriculoventricular, la valva parietal proviene de un faldón de tejido del canal atrioventricular y del ventrículo izquierdo. Las válvulas sigmoideas provienen de cojinetes de mesénquima troncal que se ahuecarán para formar los senos coronarios.

b) Vasos

Para conocer las anomalías del drenaje venoso pulmonar, que son debidas a alteraciones precoces del desarrollo de las venas pulmonares cuando estas tienen conexiones con las venas sistémicas, son necesarios algunos conceptos sobre el desarrollo embrionario del sistema venoso pulmonar.

Durante la vida intrauterina, prácticamente no existe circulación pulmonar. Los brotes pulmonares se desarrollan desde el intestino anterior y en las primeras 4 semanas de desarrollo se invaginan llevando su propio suministro de sangre y drenaje venosos. Posteriormente, durante el desarrollo fetal existen cuatro sistemas venosos: el umbilical, el vitelino, el cardinal (que es el propio embrión) y el pulmonar (que se corresponde con una invaginación de la pared dorsal de aurícula izquierda). Los tres primeros sistemas drenan en los cuernos del seno venoso primitivo. Al principio en el embrión son bilaterales y simétricos y van evolucionando con conexiones e involuciones entre sí durante el desarrollo embrionario y fetal. Al inicio, el corazón primitivo conforma un tubo recto dentro de la cavidad del pericardio, en el que se distinguen varias partes o porciones. En un embrión de 25 días el seno venoso se compone de dos prolongaciones laterales llamadas cuernos, uno derecho y otro izquierdo. En cada uno de ellos desembocan de medial a lateral, las venas vitelinas, umbilicales y la vena cardinal común que se forma por la confluencia de las venas cardinal posterior y cardinal anterior. Sobre el día 35 el orificio sinoauricular se desplaza a la derecha y desemboca ahora en la aurícula derecha. Los cuernos laterales del seno venoso crecerán de forma asimétrica, el izquierdo alcanzará mayor longitud y su vena vitelina y umbilical se atrofiarán. La vena umbilical derecha también se atrofiará, sin embargo, la vena vitelina dará origen a la vena cava inferior.

A los 40 días la vena cardinal común izquierda se atrofiará, desapareciendo las venas cardinales anteriores y posteriores izquierdas. La parte distal del cuerno izquierdo y parte de la vena cardinal común izquierda darán lugar a la vena oblicua de la aurícula izquierda. La parte proximal del cuerno izquierdo formará el seno venoso coronario. A las 11 semanas la vena cardinal común y la vena cardinal anterior derecha formarán la vena cava superior¹².

Cualquier alteración durante este desarrollo podrá producir la aparición de anomalías. Como hemos mencionado anteriormente, la vena pulmonar común se desarrolla desde la aurícula izquierda primitiva creciendo en dirección a los pulmones para conectar con el sistema venoso pulmonar. Este drenaje venoso pulmonar inicialmente está conectado

con el sistema esplácnico a través de las venas cardinales y umbilico-vitelinas. Simultáneamente, la confluencia de la vena pulmonar común se fusiona con la pared posterior de la aurícula izquierda, creando la conexión venosa normal y la formación de las cuatro venas pulmonares. Tras establecer esta conexión las venas esplácnicas involucionan. Si la vena pulmonar común no se incorpora adecuadamente a la pared auricular dorsal izquierda, se producirá estenosis, atresia de la vena pulmonar o cor triatriatum. Sin embargo, si el fallo en esta conexión es total, persistirán las conexiones con el sistema venoso cardinal o umbilico-vitelino, dando lugar a las distintas variantes del drenaje venoso pulmonar total anómalo (DVPTA). La unión persistente con el sistema venoso cardinal anterior producirá DVPTA supracardíaco, la anastomosis con el seno venoso izquierdo dará DVPTA cardíaco y la persistencia de la conexión con el sistema onfalo-mesentérico producirá DVPTA infracardíaco.

D. ANATOMÍA VALVULAR

La válvula tricúspide es la más caudal de las válvulas cardíacas, además de ser la más grande de las cuatro válvulas cardíacas, cuyo tamaño exacto se verá influenciado por la superficie corporal del paciente.

El complejo valvular tricuspídeo es parecido al de la válvula mitral pero con mayor variabilidad. Está formado por varios componentes: valvas, anillo, músculos papilares, cuerdas tendinosas y ventrículo derecho. Está compuesta por tres valvas, localizándose entre la aurícula y el ventrículo derecho teniendo las valvas en su cara auricular una superficie lisa y por la cara ventricular una superficie más rugosa debido a la unión con las cuerdas tendinosas. La valva anterior es habitualmente la más grande y va desde la región infundibular a la pared inferolateral; la septal va desde el septo interventricular al borde ventricular posterior; y la posterior que va desde el tabique interventricular hacia la pared inferolateral. La inserción de la valva septal de la válvula tricúspide es apical con respecto a la inserción septal de la valva anterior mitral⁷. Con frecuencia, las valvas de la válvula tricúspide presentan variantes anatómicas como por ejemplo ser cuatro valvas, etc.

El anillo tricuspídeo es ovalado, con morfología de silla de montar, con la comisura posteroseptal más alta (figura 3). De forma fisiológica el anillo se agranda en diástole ventricular y disminuye su tamaño en sístole ventricular hasta en un 30%. De forma patológica, se aplana y se vuelve circular cuando se dilata, perdiendo su morfología normal.

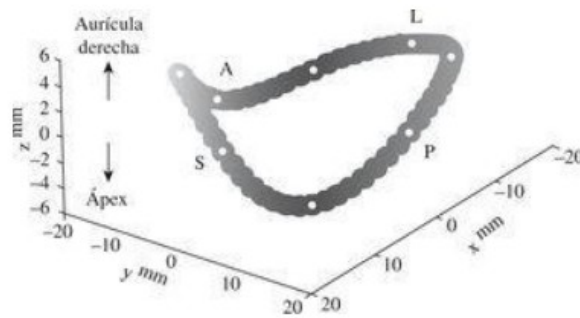


Figura 3: Ilustración de la forma tridimensional del anillo tricúspide nativo.

Existen tres grupos de músculos papilares (anterior, posterior y septal) cada uno de ellos formado por varias cabezas musculares, siendo variables en tamaño. El anterior y el septal son los mayores, mientras que el posterior es el más pequeño o incluso está ausente. De cada valva emergen cuerdas tendinosas hacia uno o varios músculos papilares. El músculo papilar anterior provee cuerdas a las valvas anterior y posterior; el posterior a las valvas posterior y septal y el septal a la anterior y septal. Además, pueden existir cuerdas tendinosas accesorias hacia la pared libre del VD o hacia la banda moderadora.

Las cuerdas tendinosas unen el borde libre de las valvas con los músculos papilares, la pared libre del ventrículo derecho o la banda moderadora. Las cuerdas tendinosas que se originan de un grupo de músculos papilares se insertan en las dos valvas adyacentes como se ha mencionado anteriormente.

Funcionalmente la válvula tricúspide se encarga de regular el paso de sangre venosa desde la aurícula derecha hasta el ventrículo derecho. Durante la diástole ventricular permanecerá abierta para proceder al llenado del ventrículo derecho y posteriormente en la sístole ventricular, mientras que este impulsa la sangre a través de la arteria pulmonar, la válvula tricúspide permanecerá cerrada impidiendo el paso retrógrado de la sangre.

E. ETIOLOGÍA Y MECANISMOS

La insuficiencia tricúspide es una enfermedad que se caracteriza por la imposibilidad del correcto cierre de la válvula tricúspide por la alteración primaria de los distintos componentes de su estructura o la disfunción valvular secundaria a patología asociada a las arterias pulmonares, las válvulas cardíacas izquierdas, especialmente la válvula

mitral, y/o las cámaras cardíacas.

En referencia a la valvulopatía tricuspídea la causa más frecuente de regurgitación es secundaria o funcional debido a disfunción o dilatación de ventrículo derecho, patología pulmonar o de las válvulas cardíacas izquierdas (tabla 9). Es decir, la válvula tricúspide habitualmente suele ser normal, pero otros componentes necesarios para su correcto funcionamiento como ventrículo derecho, músculos papilares, etc, presentan alteraciones que impiden la correcta coaptación de los velos tricuspídeos. En muchos de los casos, la patología primaria izquierda acabará generando un aumento de la presión sistólica de la arteria pulmonar conllevando por tanto una dilatación secundaria de las cavidades derechas y del anillo tricuspídeo originando un déficit de coaptación valvular y la correspondiente regurgitación. En la siguiente tabla se describen las causas más frecuentes de estenosis y regurgitación valvulares nativas.

	Estenosis	Regurgitación	Otras causas
Aórtica	Degenerativa	Degenerativa	Dilatación de raíz aórtica o aorta ascendente, endocarditis, enfermedad reumática, disección aórtica...
Mitral	Reumática	Degenerativa	Enfermedad isquémica o miocardiopatía dilatada, endocarditis...
Tricúspide	Reumática	Secundaria a disfunción o dilatación de VD	Endocarditis, degenerativa, anomalías congénitas, iatrogenia, traumática...
Pulmonar	Congénita	Secundaria a hipertensión pulmonar	Infecciosa, reumática, degenerativa...

Tabla 9: etiología de las lesiones valvulares.

La evaluación anatómica es especialmente importante para distinguir entre la enfermedad tricuspídea primaria, en la que las valvas son anormales y la enfermedad tricuspídea secundaria, donde las valvas son normales. Según las distintas series de pacientes la etiología primaria tiene una prevalencia alrededor del 20-25% de los pacientes (tabla 10).

Causas primarias de valvulopatía tricuspídea
Enfermedad carcinoide
Enfermedad degenerativa
Enfermedad reumática
Enfermedad congénita: Ebstein, cleft valvular, estenosis tricuspídea congénita y atresia.
Endocarditis
Tumores

Toxinas
Yatrogénica: electrodo marcapasos, biopsia, catéteres, etc
Traumática

Tabla 10. Etiología de la valvulopatía tricuspídea primaria.

Apareciendo de forma concomitante con la regurgitación tricúspide puede presentarse la estenosis tricuspídea siendo una entidad menos frecuente que la regurgitación y asociándose con más frecuencia a enfermedad orgánica de la válvula (generalmente etiología reumática, aunque también infecciosa, síndrome carcinoide, etc).

a) Las etiologías cambian con el tiempo. Cables de marcapasos.

El implante de dispositivos como marcapasos o desfibriladores está en aumento en nuestro medio. El paso a través de la válvula tricúspide de cables de marcapasos o de cables de desfibriladores automáticos implantables para anclarse en el ventrículo derecho desde donde estimular al corazón o de cualquier otro material extraño como catéteres, etc, es un problema creciente. Sin embargo, la incidencia de la regurgitación tricuspídea en este contexto no es del todo conocida puesto que hay discrepancias importantes en los diferentes estudios que varían desde 10 y el 40 %. Además, su relevancia clínica no genera consenso científico actualmente.

La regurgitación se debe fundamentalmente a que los cables pueden provocar un déficit de coaptación de los velos o pueden perforar o dañar directamente los mismos o bien adherirse y crear fibrosis entre la valva y el cable creando un problema valvular primario. Además, la estimulación ventricular derecha produce asincronía ventricular que podría conllevar según algunas evidencias científicas actuales diferentes grados de regurgitación tricuspídea secundaria.

F. EVALUACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA DE LA VÁLVULA TRICÚSPIDE

La ecocardiografía en sus diferentes modalidades (transtorácica, transesofágica y tridimensional) permite caracterizar la anatomía valvular tricuspídea y su función. Si existen anomalías permite identificarlas y poder distinguir entre enfermedad primaria y secundaria además de cuantificar la severidad. También nos permite estudiar la aurícula y el ventrículo derecho e intentar aproximarnos a la presión sistólica en la arteria pulmonar.

La estimación de la severidad de la insuficiencia tricuspídea se clasifica en tres grados: leve, moderada o severa, dependiendo de varios parámetros que se obtienen

habitualmente mediante ecocardiografía transtorácica. Actualmente los grados torrencial y masivo también pueden ser considerados. Las proyecciones ecocardiográficas donde se puede valorar la valvulopatía tricuspídea son:

- Paraesternal de ventrículo derecho y tronco de arteria pulmonar.
- Paraesternal eje corto.
- Apical 4 cámaras.
- Apical 5 cámaras.
- Apical 2 cámaras de ventrículo derecho.
- Subcostal eje corto.
- Subcostal 4 cámaras.

Mediante ecocardiografía de 2 dimensiones no se pueden visualizar las tres valvas a la vez, salvo en la proyección subcostal obteniendo un plano modificado. Por ello la calificación de cada una de las valvas de forma individual ha de hacerse con mucha precaución. El ecocardiograma de tres dimensiones en tiempo real permite la visualización simultánea de las tres valvas, sus comisuras y su unión al anillo tricuspídeo (AT). Esta técnica permite valorar en un mismo plano las tres valvas y el AT.

En un primer momento es importante evaluar el flujo mediante parámetros cualitativos como el Doppler color que nos proporciona una estimación aproximada a la severidad de la valvulopatía. Sin embargo, el flujo Doppler color y en general, los parámetros cualitativos tienen importantes limitaciones. Por ello, para una estimación más exacta se necesitan parámetros semicuantitativos y cuantitativos que son más precisos y representan mejor la graduación de la patología en estudio.

El anillo tricuspídeo es una estructura no plana y al igual que ocurre con el anillo valvular mitral, presenta una morfología ovalada, como si de una silla de montar se tratara, objetivándose dos puntos elevados que se orientan hacia la aurícula derecha y dos puntos bajos que se disponen hacia el ventrículo derecho. El diámetro normal en la proyección 4 cámaras es de 28 ± 5 mm. Por encima de >21 mm/m² o >35 mm se considera dilatado. Sin embargo, dada la forma oval del anillo tricuspídeo, esta medida suele estar infraestimada respecto al ecocardiograma 3 dimensiones. A continuación, se resumen los parámetros y la graduación según los hallazgos obtenidos (tabla 11):

Parámetros	Leve	Moderada	Severa
Cualitativos			
Morfología valvular	Normal/anormal	Normal/anormal	Anormal/flail/gran defecto de

			coaptación
Flujo color del <i>jet</i> de IT	Pequeña, central	Intermedia	Jet central muy grande o excéntrico junto a la pared
Señal Doppler continuo del jet de IT	Débil/parabólica	Densa/parabólica	Densa/triangular con pico temprano
Semicuantitativos			
Ancho de vena contracta en milímetros	No definido	Menor a 7	Mayor a 7
Radio PISA (área de isovelocidad proximal) en milímetros	Menor a 5	5-9	Mayor a 9
Flujo venoso hepático	Dominancia de la onda sistólica	Reducción de la onda sistólica	Inversión de la onda sistólica
Flujo tricuspídeo	Normal	Normal	Dominancia onda E mayor de 1 metro/segundo.
Cualitativos			
Orificio de regurgitación efectivo en cm ²	No definido	No definido	40
Volumen regurgitante en mililitros	No definido	No definido	45

Tabla 11: Valoración ecocardiográfica de la severidad de la valvulopatía tricúspide.

En principio, la valoración de la gravedad de la regurgitación tricuspídea es similar a la regurgitación mitral, sin embargo, los parámetros ecocardiográficos en la valvulopatía tricuspídea están menos desarrollados y son menos consistentes que en la valvulopatía mitral.

La imagen por Doppler color nos orienta pero no es un buen parámetro para distinguir un grado moderado de otro severo. Es un parámetro que presenta múltiples limitaciones, como por ejemplo la dirección del jet: un jet central hacia la aurícula derecha generalmente parece más grande que un jet excéntrico. Por ello, no lo usaremos para evaluar la gravedad de la IT, únicamente nos orientará a evaluar si existe o no. En general los chorros de color más grande y que penetran con mayor longitud hacia la aurícula derecha son más graves que aquellos finos y pequeños que desaparecen tras pasar la propia válvula aunque si el jet se adhiere a la pared de la aurícula como un

remolino y da la vuelta, con efecto coanda sugiere severidad.

Debido a las limitaciones de los parámetros cualitativos necesitaremos parámetros semicuantitativos y cuantitativos para diferenciar de forma precisa entre los grados moderados o severos. Para ello nos podrán ser útiles los siguientes parámetros:

-Doppler pulsado del flujo venoso hepático

En condiciones normales, existe una onda anterógrada sistólica, una inversión debido al retroceso el anillo tricuspídeo y otra anterógrada diastólica y una onda A retrógrada que es debida a la sístole auricular. Al ir aumentando la severidad de IT va disminuyendo la onda sistólica hasta su inversión. Este parámetro es bastante específico para la gravedad de IT. Al analizar este parámetro se debe tener en consideración que los flujos que afectan a las cavidades derechas se modifican con la respiración.

-Vena contracta

Es la parte más estrecha del flujo regurgitante hallándose distal al orificio de regurgitación. Un diámetro igual o superior a 7 mm sugiere severidad. El ancho de vena contracta para varios chorros no es sumatorio y su evaluación por eco 3D no está validada.

-Método de convergencia de flujo

El orificio regurgitante efectivo (ORE) se obtiene a través de la fórmula: $ORE = 2\pi r^2 V / VPF$ donde V es la velocidad del límite Nyquist, VPF (velocidad de permeabilidad vascular) es la velocidad pico de la IT, «r» es el radio de la hemiesfera proximal al plano tricuspídeo (área de velocidad isoproximal [PISA]). Es un parámetro muy utilizado en regurgitación mitral pero no en regurgitación tricuspídea. Se obtiene a partir de las proyecciones apical 4 cámaras y paraesternal eje largo. Hay que tener en cuenta que este parámetro asume que el orificio de regurgitación es circular, fenómeno que rara vez ocurre en patologías secundarias.

Técnicamente se debe hacer zoom y ajustar la profundidad sobre la válvula tricúspide con un límite de Nyquist a 20-40 cm/s. El radio del PISA se mide en mesosístole utilizando el primer aliasing. De forma general un radio PISA mayor o igual a 9 mm indica probable severidad. Cuanto mayor es la insuficiencia, la convergencia del flujo proximal, por lo tanto, el PISA y el ORE serán mayores. Un ORE superior a 40mm^2 o un radio PISA mayor de 9 mm indican IT severa, aunque los estudios que han validado dichas mediciones son menos robustos que en la regurgitación mitral.

También existen otros parámetros cualitativos o semicuantitativos secundarios menos robustos:

- Vena cava inferior

El grado de dilatación de la vena cava inferior o su ausencia de colapso con la inspiración son otras herramientas indirectas para la cuantificación.

-El contorno por Doppler continuo de la IT

Es un parámetro cualitativo al igual que en la regurgitación mitral. Si la forma del contorno es triangular con pico precoz es sugerente de severidad.

-Velocidad de la onda E del llenado mitral.

Si no existiera estenosis tricuspídea el pico de la onda E aumenta con la IT. Una velocidad de onda E mayor a 1 m/s es sugerente de IT severa.

-Otros métodos: el método por Doppler pulsado volumétrico no está validado para la regurgitación tricuspídea.

No existe correlación entre área o cambio de área fraccional y severidad de la IT. De la misma forma igual que una IT severa puede acabar provocando dilatación de VD, la dilatación no es específica de IT severa, se observa también en cortocircuito, en regurgitación pulmonar, etc.

Aunque la regurgitación tricuspídea es más frecuente que la estenosis debemos conocer que la estenosis tricuspídea se puede asociar a regurgitación. En situaciones de estenosis tricuspídea por ecocardiografía se observa aceleración del flujo por Doppler color a su paso a través de la válvula tricuspídea. La gravedad se estima a través de la proyección apical, plano 4 cámaras mediante la medición del gradiente medio y el área obtenida a través del tiempo de hemipresión (tabla 12). Este método presenta algunas limitaciones siendo recomendable evitar frecuencias altas y los ritmos irregulares como fibrilación auricular que requiere de un promedio de 5 latidos.

Parámetros	Leve	Moderado	Severo
Gradiente medio en milímetros	Menor de 3 mm	3-6	Mayor de 6 mm
Área estimada por tiempo de hemipresión en cm²	1.5-2.5 cm ²	1.5-1cm ²	Menor de 1 cm ²

Tabla 12: parámetros de severidad para la estenosis tricuspídea.

a) **Evaluación ecocardiográfica del ventrículo derecho**

La anatomía ventricular derecha es más compleja que la del ventrículo izquierdo y por ello los parámetros para su evaluación no han sido tan validados como los del ventrículo izquierdo. No hay datos exhaustivos para clasificar la disfunción en leve, moderada y grave de forma exacta. La Sociedad Europea de Ecocardiografía recomienda el uso de varias ventanas ecocardiográficas para su evaluación y no una exclusivamente. Los parámetros a evaluar son dimensiones de ventrículo, aurícula, presión sistólica de arteria pulmonar y función sistólica mediante uno de los siguientes métodos: el acortamiento fraccional del área, la velocidad del anillo lateral tricuspídeo por Doppler tisular o la medición de la excursión sistólica del anillo tricuspídeo (TAPSE) en modo M⁸.

Los parámetros descritos en la literatura para la evaluación del ventrículo derecho más importantes se dividen en modo M, modo bidimensional y Doppler.

-Modo M: TAPSE

-Modo bidimensional: acortamiento fraccional del área, índice de excentricidad ventricular, dimensiones del ventrículo derecho.

-Eco Doppler: índice Tei, relación Dp/dt, presión sistólica de arteria pulmonar, diastólica y media, tiempo de aceleración pulmonar.

-Eco Doppler tisular: DTI espectral, DTI color.

-Ecocardiografía 3D: volúmenes del ventrículo derecho y fracción de eyección de VD.

-Nuevas técnicas de deformación miocárdica

La medición del ventrículo derecho se realiza mediante ecocardiografía transtorácica y se recomienda realizarla en plano apical 4 cámaras en telediástole. Se considera dilatación de VD 42 mm en la base, 35 mm en su parte media y 85 mm en su eje longitudinal mayor. Las medidas del tracto de salida se deben realizar en un eje paraesternal largo o corto, siendo patológico con un diámetro mayor a 27 mm o 33 mm respectivamente. La dilatación del ventrículo derecho puede ser origen de la IT o el resultado de una valvulopatía tricuspídea primaria grave. La fracción de eyección por 3D es la medida más fiable y con menos errores de reproducción, aunque se necesitan más estudios para su validación.

El principal parámetro para la evaluación de la función ventricular derecha es la excursión sistólica del anillo tricuspídeo o TAPSE siendo un parámetro simple de obtener y reproducible con buena correlación con la función del VD. Se corresponde con la distancia medida en modo M de la excursión sistólica de la base de la pared libre del VD.

Su principal limitación es que solo evaluamos una pequeña parte del ventrículo derecho y asumimos que el desplazamiento de un solo segmento representa la función de todo el VD, por lo que no es útil cuando existen alteraciones segmentarias de la contractilidad. Es sugestivo de disfunción ventricular un TAPSE inferior a 16 mm.

Otros parámetros para valorar la función ventricular derecha son:

-Acortamiento fraccional del área

Es el área telediastólica del VD menos el área telesistólica del VD dividido entre el área telediastólica del VD y multiplicado por 100. Su cálculo se realiza en el plano apical de cuatro cámaras, con la estimación del área del VD mediante el trazado del borde endocárdico del VD en sístole y diástole, teniendo en cuenta la exclusión de las trabeculaciones. La determinación de la fracción de eyección no está recomendada dada la complejidad anatómica del VD. Es sugestivo de disfunción ventricular un acortamiento fraccional menor a 35 %.

-Velocidad del anillo lateral por Doppler tisular

Es la estimación de la velocidad sistólica a nivel lateral del anillo tricuspídeo o en la parte media de la pared libre del VD. Una onda S' inferior a 10 cm/s orienta a disfunción ventricular derecha. Tiene ventajas y limitaciones similares al TAPSE.

-Índice de función miocárdica

Evalúa la función sistólica y diastólica del VD. Se calcula mediante la fórmula: tiempo de cierre de la VT - tiempo de eyección/tiempo de eyección. El tiempo de cierre de la VT incluye el tiempo de contracción isovolumétrica, el tiempo de eyección y el tiempo de relajación isovolumétrica del VD. Estos parámetros pueden obtenerse mediante Doppler tisular a nivel del anillo tricuspídeo o mediante Doppler continuo mediante la regurgitación a nivel del flujo tricuspídeo y el tiempo de eyección del VD a nivel de la válvula pulmonar. Es un método poco reproducible (frecuencias irregulares, etc) y no recomendado como única medición del VD. Un índice de TEI superior a 0,55 por Doppler tisular o superior a 0,40 por Doppler continuo es sugestivo de disfunción ventricular.

b) Valoración de la presión sistólica de arteria pulmonar

La presión sistólica del ventrículo derecho (PSVD) se estima a partir de la velocidad de la IT por Doppler continuo mediante la ecuación de Bernoulli sumando la presión estimada

de la AD: PSVD: $4(V)^2$ + presión AD. En ausencia de obstrucción al tracto de salida del VD, este valor coincide con la presión sistólica de arteria pulmonar (PSAP).

Para estimar la presión en la aurícula derecha se evalúa la dilatación de la vena cava inferior y su colapso durante la inspiración. La vena cava inferior (VCI) se mide en el plano subcostal al final de la espiración justo a la entrada de las venas suprahepáticas.

-Si la VCI está dilatada (> 21mm) y colapsa menos del 50% durante la inspiración se suman 10 a 20mmHg.

-Si está dilatada, pero colapsa más del 50%, o no está dilatada pero no se produce este colapso, se añaden entre 5 y 10mmHg.

-Si no está dilatada y colapsa adecuadamente se suman entre 0 y 5mmHg

c) Otras técnicas

Tanto la tomografía computarizada como la cardiorresonancia magnética nuclear son métodos que nos aportan información adicional. La resonancia cardíaca mejora el conocimiento de la anatomía y de la función del anillo ventricular derecho, así como del ventrículo y aurícula derechas. La tomografía axial computarizada nos permite aportar una medición más exacta del anillo tricuspídeo y del ventrículo derecho.

Tanto la resonancia como la tomografía nos aportan mucha información sobre las estructuras extraacardíacas que rodean al corazón y su relación con él.

G. TRATAMIENTO

a) ¿Es necesario el tratamiento valvular tricuspídeo?

Clásicamente pensábamos que con el tratamiento quirúrgico de la valvulopatía izquierda mejorarían las valvulopatías derechas y por lo tanto no había necesidad de intervención quirúrgica sobre las mismas. Sin embargo, a lo largo de la última década se ha demostrado que puede no mejorar e incluso empeorar a pesar del tratamiento de la valvulopatía izquierda. Como ejemplo en algunas series sólo el 33% de la IT severa/moderada tras valvuloplastia mitral pasa a ser ligera⁴. Además, la reoperación valvular se asocia a muy mal pronóstico en el posoperatorio inmediato y a largo plazo. A pesar de las importantes implicaciones clínicas y pronósticas es muy limitada la evidencia acerca de cuál es el manejo diagnóstico preoperatorio adecuado y la actitud quirúrgica sobre esta válvula de forma aislada o asociada a otra cirugía cardíaca.

El estudio de Dreyfus y cols⁵ fue representativo al mostrar que el tratamiento de la

lesión izquierda primaria aislada no corregía la dilatación del anillo tricuspídeo ni mejoraba la función del ventrículo derecho que son los principales determinantes clásicos en la progresión de la insuficiencia en el seguimiento.

En otras series, los pacientes que mostraron una IT ligera o moderada previa a la cirugía que se acompañaba de dilatación de anillo y/o ventrículo derecho remodelado que iban a ser intervenidos de valvulopatía izquierda tenían mayor riesgo de fracaso de la reparación tricuspídea a corto plazo. No se evidenciaron diferencias respecto a los tipos de reparación tricuspídea que realizaron. Estas evidencias respaldan la actitud de intervención precoz respecto a la reparación valvular incluso en regurgitaciones ligeras o moderadas, pero con alteración del anillo o del ventrículo derecho.

En el año 1953 se introduce en medicina la circulación extracorpórea iniciándose de esta forma la historia de la cirugía cardíaca mediante técnica abierta, posibilitando el tratamiento quirúrgico de las enfermedades valvulares cardíacas. En el año 1965, Kay definió una técnica para reparar la IT, basada en la bicuspidez de la válvula tricúspide, pero no fue hasta el año 1972 cuando un médico español, González de Vega, describió una técnica de anuloplastia tricuspídea que él mismo definió como permanente en el tiempo y regulable adaptándose a cada paciente (figura 4). Estaba basada en la observación de que la falta de coaptación de los velos era la responsable de la regurgitación y él observó que reduciendo las dimensiones del anillo se favorecía la coaptación valvular. Pero tras todos estos avances quirúrgicos en la reparación de las valvulopatías el entusiasmo inicial del siglo XX se ha transformado en la tozuda realidad. A lo largo de estos años hemos aprendido que no todas las válvulas son iguales de fáciles de reparar y de que no en todas se mantienen los resultados a lo largo del tiempo. Una variable que explica esta variabilidad es la etiología de la propia lesión valvular. Para la válvula tricúspide la mayor parte de las series publicadas en el siglo XX e incluso en el XXI mezclan las distintas etiologías.

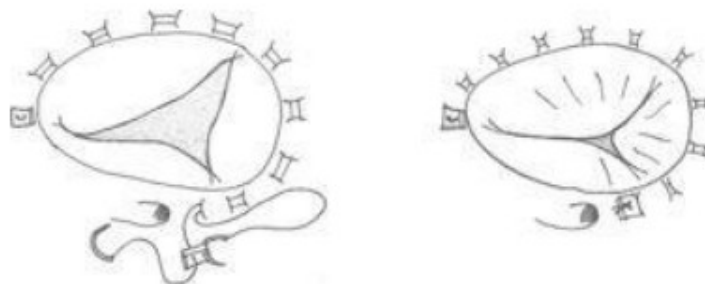


Figura 4: Anuloplastia de De Vega. Consiste en una doble fila de sutura desde la comisura posteroseptal hasta la comisura anteroseptal.

Posteriormente a la anuloplastia de Gonzalez de Vega, han surgido múltiples variaciones de la técnica inicial que han intentado ir solucionando los problemas que se iban observando. Una de las modificaciones fue de Caralps, un cirujano español en el año 1998 describiendo su variante en una serie de 34 pacientes con IT secundaria.

De forma contemporánea a Gonzalez de Vega, en 1968, Carpentier definió un anillo rígido para la regurgitación mitral que para la válvula tricúspide no ha tenido el éxito que sí ha tenido en la mitral. Posteriormente también han surgido técnicas que modifican el anillo de Carpentier como la de Durán, consistiendo en la utilización de un anillo flexible que se lograba adaptar mejor al anillo nativo, aunque posteriormente se observó que a corto plazo el propio proceso de endotelización le hacía ganar rigidez al anillo.

Sin embargo, las disfunciones de los anillos protésicos, sobre todo la dehiscencia y la rotura (especialmente en etiologías primarias) son complicaciones muy temidas porque suponen el fracaso de la intervención inicial y la reoperación del paciente, elevando el riesgo quirúrgico.

Por tanto, a pesar de los avances en las técnicas quirúrgicas, los resultados de las distintas series publicadas refuerzan la idea de la necesidad de intervenir la válvula tricúspide y de hacerlo de una forma precoz.

b) ¿Qué tipo de intervención realizar?

Actualmente un tema muy controvertido es el tipo de intervención quirúrgica a realizar. La reparación valvular consiste en la corrección y restauración de la motilidad valvular, corrigiendo las estructuras patológicas valvulares y reforzando la coaptación de las valvas con un superficie adecuada. La sustitución valvular consiste por el contrario en la implantación de una válvula artificial bien constituida por material biológico como pericardio bovino, porcino, etc o de un material metálico constituido por aleaciones de metales.

Cuando se establece la indicación quirúrgica debemos decidir si es más adecuado reparar o reemplazar. La mayor parte de estudios y series coinciden en que la menor mortalidad perioperatoria y la menor disfunción del ventrículo derecho se dan en la reparación. La sustitución valvular es un factor independiente para la propia mortalidad

del paciente en el seguimiento¹³.

Tras aceptar que la reparación es mejor técnica que la sustitución valvular debemos plantearnos cómo reparar la válvula. Las distintas opciones quirúrgicas de reparación incluyen dos tipos fundamentalmente: reparación con o sin anillo. En la vertiente sin anillo destacan:

- Anuloplastia de De Vega: que trata la dilatación anular mediante una sutura continua en la parte anterior y posterior del anillo. Es una técnica sencilla, de bajo coste e inicialmente eficaz.
- Técnica de Kay consiste en la bicuspidización de la válvula tricúspide a través de la plicatura de la porción posterior del anillo tricuspídeo. Puede combinarse con la técnica de De Vega.
- Doble orificio tricúspide similar a la técnica mitral de Alfieri pero descrita por Castedo utilizada fundamentalmente en recidivas de IT tras haber previamente realizado anuloplastias.
- Otras técnicas: comisurotomía, neocuerdas, parches de ampliación de velos, etc.

Cuando existe una deformidad muy significativa de la válvula tricúspide o un remodelado ventricular derecho adverso, la anuloplastia es insuficiente, asociándose a regurgitación residual y a la progresión de la misma tras la cirugía. Por tanto, se recomienda añadir otras técnicas reparadoras como la ampliación del velo anterior tricuspídeo, etc. En algunas ocasiones la válvula presenta otras alteraciones anatómicas (prolapso, perforación, etc) que son susceptibles de otras técnicas quirúrgicas específicas (implante de neocuerdas, decalcificación, comisuroplastia, etc). El reemplazo valvular por válvula biológica o mecánica es la técnica de última elección, debido a la morbimortalidad que lleva consigo: anticoagulación, degeneración protésica, etc.

El abordaje más simple y extendido es el tratamiento exclusivo de la dilatación del anillo, que puede realizarse mediante anuloplastia con anillo protésico preferiblemente rígido y que en la mayoría de las series ha objetivado beneficios respecto a técnicas de sutura, habiendo demostrado una regurgitación residual con anillo del 15% y sin anillo del 20-35%⁷

Debemos evaluar qué tipo de anillo es el más adecuado para la corrección de la IT. Por tanto, primero nos debemos plantear si es mejor la anuloplastia de De Vega o el anillo tricuspídeo y qué tipo de anillo es mejor si rígido, flexible, etc.

Respecto a la disyuntiva entre la anuloplastia de De Vega versus anillo tricuspídeo hay

que destacar algunas evidencias científicas como la publicada en el *German Heart Center* de Munich con una serie de 717 pacientes comparando anillo versus de De Vega¹⁴. Concluyeron que la cirugía reparadora tricuspídea tenía mejor supervivencia y menor necesidad de reoperación con anillo respecto a la técnica de De Vega. Actualmente los resultados de los estudios científicos ponen de manifiesto que la anuloplastia sin anillo tiene más recurrencia de IT que la anuloplastia con anillo, posiblemente porque la dilatación del anillo está protegida con los anillos rígidos.

Posiblemente no exista la técnica ideal para todos los pacientes, sino que la técnica deberá adaptarse al tipo de patología y al grado de la misma. Existen autores que para grados más avanzados como III y IV de IT utilizan el anillo protésico y para grados más ligeros como I y II la anuloplastia de De Vega¹⁵.

En una extensa revisión realizada por Khorsandi y cols¹⁵ analizaron 14 estudios científicos seleccionados en la literatura comparando el resultado clínico de la anuloplastia de De Vega frente al anillo protésico. La mayor parte de los estudios ponían de manifiesto evidencias favorables a favor del anillo protésico, aunque con algunas discrepancias entre ellos.

Posiblemente con las evidencias que disponemos existe un lugar para cada anuloplastia, además teniendo en cuenta que la anuloplastia de De Vega es más barata y más rápida de realizar que el anillo protésico.

Desde el diseño del anillo flexible de Durán en 1976 se ha debatido sobre cuál es la mejor opción para un anillo protésico: rígido, flexible, semirrígido, semiflexible, la realidad es que este debate no ha alcanzado de pleno a la IT¹⁷. Además, los muchos anillos rígidos actuales pueden ser preformados, adaptándose a una morfología de 3 dimensiones. Hoy en día ya se fabrican anillos diseñados de forma específica para la posición tricuspídea como el *Edwards MC3 annuloplasty system* (figura 5). La serie De Bonis y cols¹⁸ analizaron el resultado del anillo Edwards en 134 pacientes a medio plazo con resultados satisfactorios.

Desde el punto de vista quirúrgico no ha quedado claramente establecido si la anuloplastia con o sin anillo tiene más riesgo quirúrgico, existiendo datos no concordantes en la literatura científica. En cualquier caso, los datos actuales, muchos de ellos de registros o estudios retrospectivos, parecen poner de manifiesto que la reparación con anillo es la técnica de elección frente a la reparación sin anillo.

Los resultados en el postoperatorio de prótesis biológicas y mecánicas son buenos. Sin embargo, el alto riesgo de trombosis de las prótesis mecánicas, mucho más acentuado en posición tricuspídea, ha hecho que las prótesis valvulares mecánicas sean la última

opción en posición tricuspídea.

Pagnesi et al¹⁹. realizaron un metaanálisis donde se puso de manifiesto que la reparación tricuspídea a la vez que la intervención valvular izquierda se asociaba a mejores resultados y disminución de la mortalidad durante el seguimiento de estos pacientes^{14,20}.

Se han descrito múltiples factores pronósticos en la cirugía de la válvula tricúspide como la clase funcional NYHA del paciente o los datos ecocardiográficos de insuficiencia cardíaca derecha (signos de dilatación o disfunción del ventrículo derecho). Sin embargo, no están establecidos los parámetros anatómicos de la válvula o del ventrículo que aconsejarían una u otra técnica reparadora o la imposibilidad de ninguna de ellas.

Además, las técnicas reparadoras distintas a la anuloplastia están mucho menos extendidas en la válvula tricúspide que en la válvula mitral, presentando más complejidad y siendo pocos los centros con experiencia en las mismas. El conocimiento exhaustivo y el correcto análisis de la válvula y su aparato subvalvular ayuda a diseñar técnicas más fisiológicas y de mejor perfil hemodinámico para la reparación valvular.

La severidad de la regurgitación tricúspide se ve influida por las condiciones de carga por ello la estimación de su gravedad con el paciente bajo anestesia general con ecocardiografía transesofágica no es una buena herramienta para estimar su graduación. Por todo lo anterior, el tipo de cirugía a emplear es variable entre centros y entre cirujanos, dependiendo de preferencias y de la experiencia reparadora.

Hablamos por tanto de una enfermedad de larga evolución con una importante repercusión y relevancia clínica que condiciona la clase funcional, la capacidad de ejercicio y la supervivencia de quienes la padecen para la que desconocemos qué tipo de intervención realizar y en qué perfil de paciente.



Figura 5: anillo de anuloplastia tricúspide. MC3Edwards Lifesciences

c) Resultados e indicaciones de la cirugía de la válvula tricúspide. Lo que nos dicen las guías del tratamiento

Como se ha mencionado anteriormente, ni los métodos diagnósticos ni las estrategias terapéuticas de la regurgitación tricuspídea están tan desarrollados y validados como en las enfermedades del corazón izquierdo.

Existe acuerdo en que la IT grave se debe tratar si se interviene sobre valvulopatías izquierdas. Sin embargo, existe controversia cuando el grado de insuficiencia es menor o hay dilatación del anillo.

En la IT funcional la reparación con anillo es de elección, sin embargo, en la IT primaria suele ser necesaria la colocación de una prótesis. Desgraciadamente se asocia a alta posibilidad de reoperación en el futuro y a alto riesgo quirúrgico y complicaciones en el seguimiento.

La indicación de intervenir quirúrgicamente sobre la válvula tricúspide se determina en función de si dicha intervención provocará una mejora en los síntomas y en la supervivencia de los pacientes. Pero para ello es necesario establecer cuándo está indicada, qué factores predicen el desarrollo de IT postquirúrgica o qué tipo de técnica quirúrgica es la más adecuada.

Históricamente, la reparación valvular concomitante de la VT no ha sido una práctica común por la creencia de que la IT revertía especialmente tras la cirugía izquierda, sobre todo mitral. Sin embargo, dado que la dilatación anular y la alteración geométrica del VD no son siempre procesos reversibles, hasta en un 25% de los pacientes la IT no desaparece y además se asocia a peor supervivencia y clase funcional. Además, las alteraciones anatómicas del ventrículo derecho evolucionan con el tiempo, incluso años después de la cirugía mitral. La progresión de la IT es actualmente impredecible y depende de múltiples factores, siendo difícil de establecer qué factores afectan en cada caso. Matsunaga y cols²¹ presentaron una serie de 124 pacientes con cirugía mitral donde la prevalencia de IT moderada se incrementó de un 25% el primer año, a un 53% el tercer año y un 74% a partir del tercer año.

La dilatación del anillo sin IT significativa ha sido evaluada en múltiples estudios, pero sus resultados han sido contradictorios. Dreyfus y cols⁵ estudiaron a 311 pacientes intervenidos quirúrgicamente de la válvula mitral con IT inferior a 2 y el anillo tricúspide dilatado > 70 mm intraoperatorio, que equivale a 40 mm por ecocardiografía. De ellos a 140 se les trató la válvula mitral y la válvula tricuspídea mediante anillo. No se encontraron diferencias en la mortalidad, pero el grupo de pacientes del anillo tricuspídeo mejoró la clase funcional y presentó menor progresión de la IT tras 5 años de

seguimiento.

El estudio de Chan y cols²² analizaron una serie de 624 pacientes a los que se les había realizado una sustitución valvular mitral durante 15 años: 231 pacientes tenían IT moderada-grave, en 125 se realizó reparación tricuspídea y 106 se dejaron evolucionar de manera natural. Como conclusiones evidenciaron que una IT preoperatoria superior a 2 conllevaba un aumento de la mortalidad tardía mayor del 50 por ciento. La intervención quirúrgica mejoró los síntomas y disminuyó la progresión de la IT. Debemos destacar que en este estudio el tamaño del anillo no predijo la progresión de IT.

Otra de las series interesantes es la de Song y cols⁸ quienes evaluaron qué factores se asociaban al desarrollo de IT tardía si la IT preoperatoria era igual o inferior a 2. Los factores asociados en su serie fueron la etiología reumática, la presencia de fibrilación auricular, el sexo femenino, la hipertensión pulmonar y la edad avanzada. En este estudio la dilatación anular tampoco se evidencia como predictor del desarrollo de IT tardía. Este estudio incluyó a 638 pacientes con cirugía aórtica o mitral y casi el 8 por ciento desarrolló IT postoperatoria significativa.

Como ya hemos mencionado, la cirugía de la IT funcional mejora los síntomas de la insuficiencia cardíaca. Existe cierto acuerdo en intervenir la IT durante la cirugía mitral o aórtica cuando es severa. La evidencia es menor en el resto de casos. Ciertos factores pudieran predecir el desarrollo de IT tardía y apoyar la cirugía en determinados casos. Las últimas recomendaciones de la Sociedad Europea²³ y Americana de Cardiología²⁴ son (figuras 6 y 7):

Recommendations for Timing of Intervention Referenced studies that support the recommendations are summarized in Online Data Supplement 12.		
COR	LOE	Recommendations
1	B-NR	1. In patients with severe TR (Stages C and D) undergoing left-sided valve surgery, tricuspid valve surgery is recommended. ^{375,389-395}
2a	B-NR	2. In patients with progressive TR (Stage B) undergoing left-sided valve surgery, tricuspid valve surgery can be beneficial in the context of either 1) tricuspid annular dilation (tricuspid annulus end diastolic diameter >4.0 cm) or 2) prior signs and symptoms of right-sided HF. ^{375,391-397}
2a	B-NR	3. In patients with signs and symptoms of right-sided HF and severe primary TR (Stage D), isolated tricuspid valve surgery can be beneficial to reduce symptoms and recurrent hospitalizations. ³⁹⁸⁻⁴⁰¹
2a	B-NR	4. In patients with signs and symptoms of right-sided HF and severe isolated secondary TR attributable to annular dilation (in the absence of pulmonary hypertension or left-sided disease) who are poorly responsive to medical therapy (Stage D), isolated tricuspid valve surgery can be beneficial to reduce symptoms and recurrent hospitalizations. ^{398,399,402-406}
2b	C-LD	5. In asymptomatic patients with severe primary TR (Stage C) and progressive RV dilation or systolic dysfunction, isolated tricuspid valve surgery may be considered. ^{399,407}
2b	B-NR	6. In patients with signs and symptoms of right-sided HF and severe TR (Stage D) who have undergone previous left-sided valve surgery, reoperation with isolated tricuspid valve surgery may be considered in the absence of severe pulmonary hypertension or severe RV systolic dysfunction. ^{389,392,398,405}

Figura 6. Guías americanas del 2020 sobre el manejo de la enfermedad valvular cardíaca. Indicación quirúrgica de la valvulopatía tricuspídea

Recommendations on primary tricuspid regurgitation		
Surgery is recommended in patients with severe primary tricuspid regurgitation undergoing left-sided valve surgery.	I	C
Surgery is recommended in symptomatic patients with isolated severe primary tricuspid regurgitation without severe RV dysfunction.	I	C
Surgery should be considered in patients with moderate primary tricuspid regurgitation undergoing left-sided valve surgery.	IIa	C
Surgery should be considered in asymptomatic or mildly symptomatic patients with isolated severe primary tricuspid regurgitation and RV dilatation who are appropriate for surgery.	IIa	C
Recommendations on secondary tricuspid regurgitation		
Surgery is recommended in patients with severe secondary tricuspid regurgitation undergoing left-sided valve surgery. ^{423–427}	I	B
Surgery should be considered in patients with mild or moderate secondary tricuspid regurgitation with a dilated annulus (≥ 40 mm or >21 mm/m ² by 2D echocardiography) undergoing left-sided valve surgery. ^{423,425–427}	IIa	B
Surgery should be considered in patients with severe secondary tricuspid regurgitation (with or without previous left-sided surgery) who are symptomatic or have RV dilatation, in the absence of severe RV or LV dysfunction and severe pulmonary vascular disease/hypertension. ^{418,433 e}	IIa	B
Transcatheter treatment of symptomatic secondary severe tricuspid regurgitation may be considered in inoperable patients at a Heart Valve Centre with expertise in the treatment of tricuspid valve disease. ^f	IIb	C

Figura 7. Guías europeas del 2021 sobre el manejo de la enfermedad valvular cardiaca. Indicación quirúrgica de la valvulopatía tricuspídea.

A continuación, se esquematiza el tipo de actuación y el grado de recomendación para la regurgitación tricúspide primaria y secundaria (figuras 8 y 9):

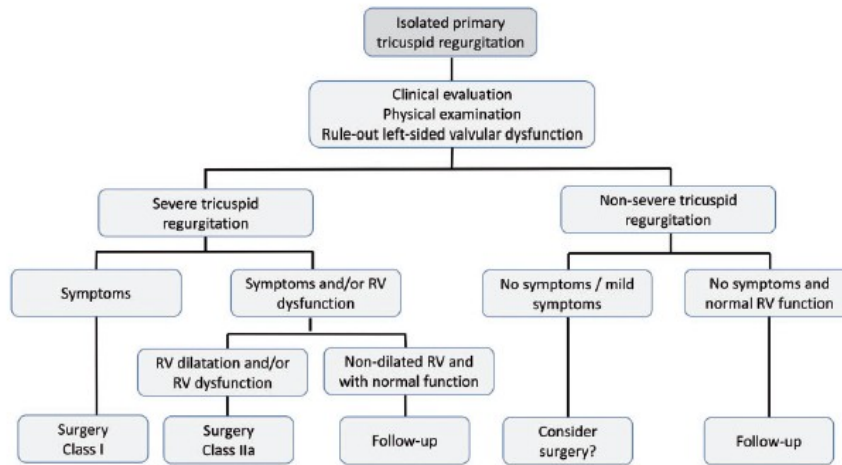


Figure 1: Management of primary tricuspid regurgitation. RV: right ventricular.

Figura 8. Manejo de la regurgitación tricúspide primaria. RV: ventrículo derecho. Guías americanas del 2020 sobre el manejo de la enfermedad valvular cardíaca.

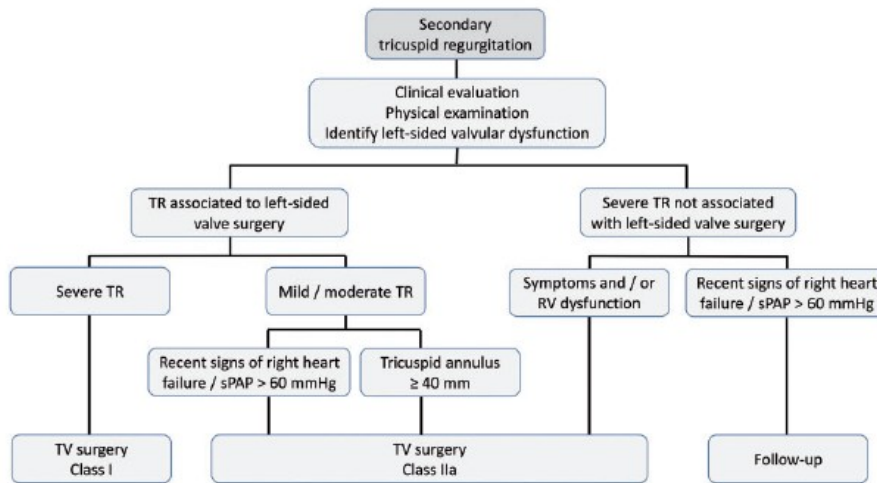


Figure 2: Management of secondary TR. sPAP: systolic pulmonary arterial pressure; TR: tricuspid regurgitation; TV: tricuspid valve.

Figura 9: Manejo de la regurgitación tricúspide secundaria. sPAP: presión sistólica de arteria pulmonar; TR: regurgitación tricúspide; TV: válvula tricúspide. Guías americanas del 2020 sobre el manejo de la enfermedad valvular cardíaca.

De todo lo anterior se concluye que no hay un consenso sobre qué pacientes ni qué lesiones deben ser intervenidas, ni de la técnica quirúrgica de elección con discrepancias al respecto incluso en las recientes guías de práctica clínica de valvulopatías (guía europea del 2017/2021 y americana del 2014/2020). Éstas coinciden en la mayor parte de sus recomendaciones respecto al abordaje quirúrgico en caso de IT severa. Sin embargo, hay menor consenso e incluso variación en sus indicaciones y en los factores a valorar si el grado de IT es de grado moderado o menor dada la escasez de evidencias al respecto (tabla 13).

	GUIAS EUROPEAS	GUIAS AMERICANAS
IC	IT severas primarias y funcionales con cirugía izquierda concomitante	IT severa e intervención izquierda concomitante
	Pacientes sintomáticos con IT severa primaria aislada sin disfunción severa de VD	
IIA	IT orgánica moderada y cirugía izquierda concomitante	IT progresiva con dilatación de anillo o clínica de IC derecha y cirugía izquierda concomitante
	Pacientes asintomáticos o poco sintomáticos con IT severa primaria aislada y dilatación de VD	IT severa primaria aislada y síntomas de ICC derecha
	IT secundaria ligera o moderada con dilatación de anillo y cirugía izquierda concomitante	IT severa funcional e IC derecha que no respondan a tratamiento médico sin HTP o enfermedad izquierda
	IT severa con o sin cirugía izquierda si hay síntomas o dilatación de VD sin disfunción de VD ni VI ni HTP significativa	
IIB		IT primaria severa y dilatación o disfunción progresiva del VD
		Pacientes sintomáticos con IT severa intervenidos previamente de patología izquierda sino hay HTP o disfunción severa VD.

Tabla 13. Diferencias en el grado de recomendación quirúrgico para la regurgitación tricuspídea según las guías de práctica clínica europea y americana.

d) Predictores de regurgitación tricuspídea

Diversos grupos quirúrgicos han intentado determinar los factores preoperatorios

asociados a la progresión postoperatoria de la regurgitación y han fomentado por ello un tratamiento activo de la lesión tricuspídea. Entre los factores encontrados asociados a la progresión de la IT postoperatoria cabe destacar: características demográficas, factores mecánicos, remodelado de cavidades, fibrilación auricular y enfermedad orgánica oculta de la válvula tricúspide.

En general, se considera que la relación es compleja y probablemente dependiente de un conjunto de parámetros y de su interacción, algunas de ellas no totalmente establecidas en el momento actual. En los últimos años se han añadido otros posibles factores como el implante de dispositivos (desfibriladores y marcapasos) mostrándose que un porcentaje de pacientes con IT ligera previo al implante desarrollan IT de grado avanzado en el seguimiento.

Respecto a los factores preoperatorios a tener en cuenta existe consenso mayoritario en la dilatación del anillo, pero no en los otros factores seleccionados, tales como el hecho de que se trate de una valvulopatía primaria o no, la presencia de insuficiencia cardíaca derecha o de hipertensión pulmonar. La hipertensión pulmonar era uno de los factores considerados clásicamente muy determinantes que no han sido confirmados en algunos estudios⁶.

En la literatura, distintos autores describen utilizar otros parámetros preoperatorios adicionales para tomar la decisión de si actuar o no sobre la válvula como el volumen auricular, fibrilación auricular, valvulopatía mitral reumática, etc, aunque no existe consenso en este tema⁸.

En IT secundaria se produce un desplazamiento apical de las valvas, generando una morfología de tienda de campaña conocida como tenting. Este parámetro ha sido utilizado para caracterizar la regurgitación tricuspídea. Podemos analizar el área de tenting, que será aquella que quede comprendida entre el anillo tricuspídeo y las valvas y la distancia de coaptación (distancia entre el punto de coaptación de las valvas y el anillo tricuspídeo). Estos parámetros han sido bien establecidos para evaluar la valvulopatía mitral, aceptándose que para la válvula tricúspide un área de tenting superior a 1 cm² es significativo. Un tethering severo predice IT residual tras el tratamiento quirúrgico de la válvula tricúspide. El avanzado tethering contribuye con la restricción de los velos tricuspídeos y con la dilatación del anillo. Se ha descrito un área de tenting >1,63 cm² y una distancia de tethering >0,76 cm como buenos predictores de

IT residual después de la cirugía de la válvula tricúspide. También la disfunción del ventrículo derecho preoperatoria ha sido descrita a la persistencia de la IT postoperatoria.

Por tanto, las evidencias acerca de las indicaciones de cirugía son insuficientes, así como los factores preoperatorios a considerar para tomar dicha decisión.

e) Índices de riesgo quirúrgico

En la medicina actual los pacientes demandan información y los médicos debemos intentar responder a la pregunta que con tanta frecuencia nos plantean: ¿qué es lo mejor: operarse o no operarse?. Para responder a esta pregunta que se plantea en cualquier intervención en medicina necesitamos conocer el riesgo exacto del procedimiento. Evidentemente esto es una utopía, pero sin embargo existe una continua investigación para la elaboración de escalas de riesgo que se aproximen lo más posible al riesgo real y podamos intentar aproximarnos a la cuestión planteada anteriormente. Por tanto, las escalas de riesgo nos estratifican el riesgo de la intervención para evaluarlo frente a la historia natural de la enfermedad. En cardiología la mayor parte de esta experiencia se refiere a la cirugía y al tratamiento percutáneo de la prótesis biológica aórtica conocida por su acrónimo TAVI.

Uno de los índices más utilizados es el Euroscore del cual existen dos modalidades clásicas, I y II. El Euroscore I sobreestima la mortalidad a 30 días en válvulas, siendo por ello más utilizado el Euroscore II. En comparación con el EuroSCORE II, existen nuevos índices Euroscore como el EuroSCORE logístico, pero tiene peor calibración sobreestimando la mortalidad quirúrgica aproximadamente el doble.

El EuroSCORE II y la escala de la Society of Thoracic Surgeons (STS) discriminan mejor a los pacientes con alto riesgo quirúrgico y predicen mejor el resultado postoperatorio de una intervención valvular.

Recientemente se ha publicado la escala TRI-SCORE para la cirugía valvular tricuspídea con 8 variables dicotómicas y un rango de puntuación de 0 a 12 puntos. Los 8 parámetros a valorar son edad ≥ 70 años, clase funcional de la NYHA III-IV, signos de insuficiencia cardíaca derecha y dosis de furosemida ≥ 125 mg/día, FEVI $< 60\%$ y disfunción de ventrículo derecho moderada-grave, filtrado glomerular < 30 ml/min y elevación de bilirrubina total. Aunque la escala fue diseñada originalmente para la predicción de la mortalidad intrahospitalaria en la cirugía de IT aislada también demuestra asociación significativa con la presencia de complicaciones mayores postoperatorias y las tasas de mortalidad a un año.

Desgraciadamente no existe la escala perfecta o ideal, sino la que más se puede aproximar, presentando una mejor sensibilidad y especificidad que suelen ser las que utilizamos en nuestra práctica clínica habitual. Sin embargo, en general todas subestiman la gravedad y no tienen en cuenta todos los factores de riesgos, algunos de ellos muy importantes como la presencia de aorta en porcelana, fragilidad, cirugía previa con injertos viables, radioterapia en mediastino, cirrosis hepática, etc.

Al irse desarrollando el campo del intervencionismo percutáneo, se están desarrollando nuevas escalas. Se está acumulando experiencia para los pacientes tratados percutáneamente de la válvula aortica TAVI o de la mitral con mitraclip (reparación con aproximación borde a borde) pero hay menos escalas específicas validadas para la válvula tricúspide.

Actualmente las indicaciones no recomiendan la utilización de una sola escala, precisamente por sus múltiples limitaciones. Además de evaluar varias escalas, se deben tener en cuenta otros factores que son importantes y las escalas no consideran, como las preferencias del paciente, los resultados locales de cada técnica, etc.

Por todo esto, la decisión de intervenir y de la técnica a elegir no puede depender de una sola persona ni de una escala, sino que se deben explicar al paciente todas las opciones de forma que él mismo las entienda y exponer el caso a un equipo de profesionales de cardiología, anestesia, medicina intensiva y cirugía cardíaca con experiencia en el tratamiento de valvulopatías.

f) Tratamiento percutáneo de la regurgitación tricuspídea

A pesar de tener una mortalidad perioperatoria razonable algunos de los inconvenientes de la cirugía de reemplazo valvular a largo plazo más importantes son que deben ser compatibles, no trombóticas, duraderas en el tiempo para evitar reoperaciones, de tamaño adaptable a la anatomía del paciente, seguras, con un perfil hemodinámico similar a la válvula nativa y con pocas complicaciones a largo plazo. Además, la técnica quirúrgica del reemplazo valvular requiere abrir la cavidad torácica, canulaciones, transfusiones, circulación extracorpórea o anestesia, en general todos ellos procedimientos muy invasivos con potenciales complicaciones: sangrados, infecciones, etc.

Las técnicas percutáneas se inician hace 20 años con el tratamiento percutáneo de la estenosis mitral mediante dilatación con balón, objetivándose que se conseguía aumentar el orificio valvular con una tasa no muy alta de complicaciones. A partir de este procedimiento han ido surgiendo múltiples técnicas intervencionistas que pretenden

mediante un procedimiento seguro y eficaz, evitar al paciente todos los inconvenientes que una cirugía cardíaca de esta envergadura conlleva. Han sido muchos los conocimientos adquiridos durante estas dos décadas en cuanto a dispositivos, técnicas, vías de acceso, material empleado en el tratamiento de cada tipo de lesión, etc.

Durante los últimos años se han ido desarrollando múltiples tratamientos percutáneos para tratar las diferentes valvulopatías, siendo el de la válvula aórtica el más implantado en la práctica clínica habitual. Algunos centros han descrito sus experiencias mediante un procedimiento percutáneo que consiste en aplicar sobre los velos tricuspídeos un dispositivo que acerca el borde de los mismos, de forma similar a como se hace en la válvula mitral con el dispositivo *MitraClip* y mediante prótesis aórtica biológica percutánea de forma similar a como se hace en la valvulopatía aórtica (válvula *Edwards SAPIEN*). Sin embargo, las peculiaridades de la válvula tricúspide añaden especial dificultad: a veces la dilatación del anillo es muy grande y no es plano, la estructura trabeculada del ventrículo derecho y su pared fina, la proximidad de estructuras vecinas como la arteria coronaria derecha, el seno coronario en la parte posterior de la aurícula derecha o las venas cavas.

Actualmente se han descrito en la literatura tres principales dianas terapéuticas:

1. Dispositivos en la vena cava cuyo objetivo sea reducir el flujo retrógrado que la regurgitación tricuspídea provoca.
2. Dispositivos percutáneos de aproximación de las valvas, basado en la técnica de Alfieri diseñados inicialmente para la válvula mitral, uniendo los bordes valvulares con un clip o con succión-sutura en la zona central de los velos, mejorando su coaptación y disminuyendo el orificio regurgitante.
3. Dispositivos que actúen sobre las dimensiones del anillo tricuspídeo, mediante la disminución de la distancia en la base de las valvas a través de una anuloplastia.

Actualmente todos estos dispositivos se encuentran en fase de investigación, analizándose su eficacia, su seguridad y su aplicabilidad clínica.

g) Técnicas y dispositivos emergentes

- Implante heterotópico de válvula percutánea en la vena cava

Consiste en reducir el flujo retrógrado que va hacia la vena cava mediante la implantación de una válvula en dicha vena. Los síntomas del flujo retrógrado dependerán de la cuantía del jet regurgitante y si es importante producirá hepatopatía por congestión, edemas de pared abdominal y en miembros inferiores, etc, signos y síntomas de insuficiencia cardíaca congestiva derecha. Actualmente se han diseñado dispositivos específicos para

este procedimiento: la válvula autoexpandible TricValve y la válvula biológica aórtica percutánea SAPIEN.

El dispositivo TricValve es una válvula de pericardio dispuesto sobre un stent de nitinol que se pone mediante acceso transfemoral en la vena cava inferior sola o en la inferior y la superior con una vaina 27 FR y que ha mostrado una tasa de éxito del implante del 80 % reduciendo la presión en aurícula derecha y vena cava. Su principal limitación es el tamaño de las venas cavas y la distancia entre ambas, puesto que no existen dispositivos de todos los tamaños y si la vena es muy grande pudiera no adaptarse bien a ella y embolizar.

La técnica de la válvula SAPIEN se realiza mediante acceso transfemoral en la vena cava inferior con una vaina 16 FR con una tasa de éxito muy alta superior al 90 % provocando los mismos efectos clínicos que el dispositivo TricValve.

En realidad, estos dispositivos no solucionan la regurgitación tricuspídea pues continúa siendo de la misma magnitud, pero tratan algunas de sus consecuencias. Además, se desconoce qué papel clínico y fisiopatológico pudiera tener la sobrecarga de sangre y su éxtasis en la aurícula derecha y ventrículo derechos por lo que algunos autores recomiendan la anticoagulación de estos pacientes, sin evidencia científica robusta del tratamiento médico a seguir. Los datos de eficacia y seguridad a largo plazo con este tipo de técnica son insuficientes y no permiten establecer conclusiones fiables.

- Dispositivos de anuloplastia

Al irse dilatando y deformando el anillo tricúspideo se produce un déficit de coaptación sobre las valvas. La anuloplastia quirúrgica ha sido durante muchos años el tratamiento de elección y rutinario en esta valvulopatía. En el momento actual se están investigando y desarrollando dispositivos que realicen la aproximación de las valvas o la disminución del anillo de forma percutánea²⁵.

-Trialign

Este dispositivo está inspirado en la técnica quirúrgica de la bicuspización de Kay (figura 10) que consiste en transformar una válvula tricúspide incompetente en una bicúspide competente. Se realiza mediante acceso transyugular derecho con una vaina 14 Fr con una tasa de éxito del 90% y consiste en la realización de dos o más pequeños parches o suturas en las valvas tricúspides (una posterior-anterior y otra posterior-septal). Para la realización de este proceso se suele utilizar ecocardiografía durante el procedimiento.

El estudio estadounidense inicial (SCOUT)²⁶ evidenció a los 30 días una disminución significativa de anillo tricuspídeo y del orificio regurgitante con mejoría clínica de los pacientes, a pesar de tener sólo 15 pacientes reclutados lo cual implicaba una limitación evidente.

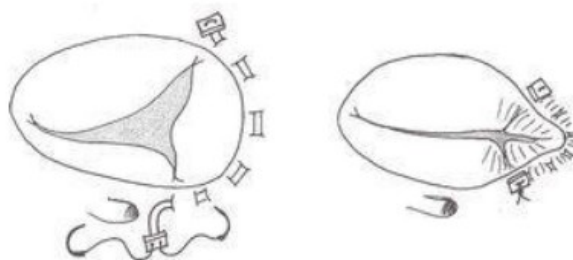


Figura 10: Anuloplastia de Kay-Cross o bicuspidización. Consiste en una sutura doble entre las comisuras posteroseptal y anteroposterior para plicar el velo y anillo posteriores, consiguiendo una válvula bicúspide.

-TriCinch

El dispositivo TriCinch es un dispositivo de acero inoxidable con un stent de nitinol con morfología similar a un sacacorchos, con una banda de Dacron y un stent de nitinol que reduciendo el anillo tricuspídeo consigue mejorar la coaptación valvular, quedando el stent anclado en la vena cava inferior. Se realiza por vía transfemoral derecha con un introductor de 24 Fr con una tasa de éxito del 70% y con mejoría clínica. Este procedimiento requiere de seguimiento ecocardiográfico durante el mismo.

Sin embargo, este sistema es muy dependiente de la calidad del tejido perianular y del sistema vascular por ello se ha desarrollado una segunda generación de dispositivos TriCinch con morfología hemiespiral que se despliega en el pericardio solucionando parcialmente las limitaciones anteriores.

-Cardioband

Este sistema está basado en un anillo de anuloplastia percutáneo mitral que se ha utilizado para la válvula tricuspídea colocándose en una posición supraanular.

Se implanta por vía transfemoral con un introductor 25 FR y una tasa de éxito alrededor del 100%, mejorando el orificio regurgitante, el volumen de la regurgitación y consiguiendo una mejora clínica de los pacientes. Consiste en la implantación reversible de anclajes a lo largo de todo el anillo tricuspídeo para posteriormente tensarlos y reducir el tamaño del anillo, de forma similar a como se hace en una intervención quirúrgica. Este procedimiento se realiza con seguimiento ecocardiográfico intraprocedimiento. Es una

técnica de la que se están desarrollando múltiples estudios en el momento actual por su aparente gran proyección futura.

- Millipede

Es un anillo semirígido y ajustable que se implanta de forma quirúrgica o de forma percutánea, habiéndose utilizado sobre todo en la válvula mitral. Percutáneamente se realiza vía transfemoral reduciendo las dimensiones del anillo y de la regurgitación tricuspídea, siendo un dispositivo reposicionable y recapturable lo que le aporta grandes ventajas en el tratamiento percutáneo.

-Dispositivos de coaptación

-FORMA

Es un dispositivo que ocupa el orificio regurgitante y supone un anclaje para la coaptación de las valvas. Se dispone perpendicular a la válvula tricuspídea anclándose en el ápex del ventrículo derecho. Se implanta vía axilar o subclavia izquierda con un introductor 20 Fr. Posee una tasa de éxito del 90%, habiendo mejorado la clínica de los pacientes en los estudios realizados. La valoración ecocardiográfica de la regurgitación tricuspídea posterior al implante del dispositivo es muy difícil por la interferencia del dispositivo y la presencia de múltiples jets.

-MitraClip en la válvula tricúspide

MitraCLip es un sistema de reparación percutánea utilizado en la regurgitación mitral que consiste en la aproximación borde a borde, habiéndose utilizado en la válvula tricúspide. Es un dispositivo de cobalto y cromo recubierto por poliéster con dos brazos para cerrarse en las valvas valvulares. Un alto porcentaje de pacientes necesitan más de un dispositivo para que la regurgitación disminuya de forma significativa. Se implanta vía transfemoral o transyugular con un introductor del 24 Fr y una tasa de éxito superior al 90%, habiendo evidenciado mejoría clínica en los pacientes y una reducción del orificio de regurgitación y el volumen regurgitante al mes tras el implante.

A diferencia de la implantación en la regurgitación mitral, la implantación tricuspídea es una intervención más compleja puesto que existen algunos aspectos que le añaden dificultad como la mayor variabilidad anatómica, el tamaño muy grande del orificio regurgitante, la mayor distorsión del anillo tricuspídeo, etc. Este procedimiento se realiza guiado por ecocardiografía. Para superar estas dificultades técnicas del implante será necesario realizar pequeños cambios en el diseño del dispositivo para adaptarlo a las

peculiaridades anatómicas y funcionales de la válvula tricúspide.

-Triclip

Hoy en día se realiza el implante del dispositivo *TriClip*, que consiste en un dispositivo metálico que uno los bordes de los velos tricúspideos, aumentando su coaptación y reduciendo el orificio de regurgitación. Al haber sido diseñado para el corazón derecho, actualmente es de elección sobre el dispositivo *MitralClip*. Fue estudiado en el ensayo *Triluminate*²⁷⁻²⁸, un estudio prospectivo y multicéntrico con 85 pacientes e insuficiencia tricuspídea sintomática moderada o grave. Al año, la insuficiencia tricuspídea disminuyó de moderada o menos en un 71% de los pacientes con una mejoría significativa clínica y del remodelado del ventrículo derecho (tamaño y función). La tasa global de mortalidad y eventos adversos importantes fue del 7,1% al año.

-Otros:

Existen múltiples dispositivos en desarrollo no habiéndose utilizado aún en la práctica clínica:

- *TRAIPTA (Transatrial Intra-pericardial Tricuspid Annuloplasty)*: es una técnica de anuloplastia pero alrededor del pericardio de tal forma que al tensarse consigue una reducción extrínseca del anillo tricúspideo.
- Implantes percutáneos de válvulas tricúspides: la falta de rigidez en el anillo tricúspideo está constituyendo una limitación fundamental para este método. Actualmente hay dos válvulas transcáteter en desarrollo: *TriCares* en Alemania y *NaviGate* en Estados Unidos.

h) Opciones percutáneas tras el fracaso de la reparación o reemplazo valvular tricúspide. ¿Existen?

La reintervención quirúrgica sobre la válvula tricúspide tiene un riesgo quirúrgico muy alto, en algunas series hasta del 35 %. Se han descrito en la literatura científica casos clínicos de pacientes donde a pesar de haber sido intervenidos quirúrgicamente de anuloplastia tricúspide o bioprótesis tricúspideas presentaban en el seguimiento IT severa tratándola mediante dispositivos percutáneos.

Han sido publicadas al menos dos técnicas para el tratamiento de estos pacientes conocidos como “valve-in-valve” y “valve-in-ring”. Una de ellas es la colocación de la válvula percutánea intravalvular y la otra intra-anular. En el caso de las intervenciones intra-anular (valve-in-ring) los anillos flexibles o semirígidos son más fáciles de adaptar al

anillo nativo para que tenga menos riesgo de regurgitación paravalvular que los anillos rígidos. El principal problema de este método es precisamente la alta incidencia de regurgitación paravalvular significativa.

La técnica intravalvular tricuspídea (valve-in-valve) que consiste en implantar el dispositivo percutáneo en el interior de la prótesis ya existente presenta una tasa de éxito superior al 90 %.

El desarrollo de nuevos métodos se ve favorecido por el desarrollo en las nuevas técnicas de imagen y la formación de ecocardiografistas para la detección de complicaciones durante el procedimiento de forma precoz, así como la colaboración con el equipo de hemodinámica para la realización del procedimiento de forma más segura y más rápida para el paciente.

i) ¿Reoperación quirúrgica?

La intervención quirúrgica sobre la válvula tricuspídea añadida a cirugía valvular izquierda no añade riesgo significativo a la intervención quirúrgica, a excepción de la sustitución valvular aórtica, posiblemente por ser pacientes más añosos y con más comorbilidades. En la tabla siguiente se exponen las técnicas quirúrgicas y la mortalidad esperada calculada con el Euroscore logístico (tabla 14).

Técnica quirúrgica	Mortalidad esperada (%)
Sustitución valvular aórtica	5%
Sustitución valvular aórtica + anuloplastia tricuspídea	10-15%
Sustitución valvular mitral	7-10 %
Sustitución valvular mitral + anuloplastia tricuspídea	7-10 %
Sustitución valvular aórtica + sustitución valvular mitral	8-10 %
Sustitución valvular aórtica + sustitución valvular mitral + anuloplastia tricuspídea	8-10 %

Tabla 14: procedimientos quirúrgicos y mortalidad esperada.

Los resultados de la cirugía tricuspídea son menos predecibles que otras cirugías debido a la complejidad de la anatomía y fisiología tricuspídea. Sin embargo, la intervención de la regurgitación tricuspídea recurrente tiene alta mortalidad a corto y a largo plazo.

III. OBJETIVOS

Objetivo Principal

Diseñar una estrategia de selección de pacientes para el tratamiento quirúrgico de la insuficiencia tricúspide que se asocie a una disminución de la aparición o progresión de la misma tras la cirugía cardiaca.

Objetivos Secundarios

1. Evaluar el comportamiento de los parámetros de tamaño y función de ventrículo derecho durante el primer año de seguimiento tras la cirugía, incluidos métodos avanzados de evaluación ecocardiográfica como el strain longitudinal.
2. Evaluar las diferencias en la evolución, conocer los predictores y las características ecocardiográficas de los pacientes con reparación valvular frente al implante de prótesis.
3. Conocer la evolución del tamaño y función ventricular izquierda durante el primer año tras la cirugía.
4. Conocer y describir los parámetros clínicos y ecocardiográficos que determinan la indicación quirúrgica y el tipo de reparación/implante protésico.
5. Conocer y describir los predictores clínicos y ecocardiográficos de la recurrencia de IT.
6. Conocer y describir los predictores clínicos y ecocardiográficos de la mortalidad precoz y tardía.
7. Evaluar las técnicas quirúrgicas de reparación avanzada.

IV. METODOLOGÍA

POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población diana son pacientes con insuficiencia tricúspide de grado al menos ligero que van a ser intervenidos de cirugía cardiaca por causa de la válvula tricúspide o por otras cardiopatías con criterios para actuación quirúrgica sobre la válvula tricúspide.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes con insuficiencia tricúspide orgánica o funcional de grado ligero o superior asociado a cirugía valvular mitral.
- Pacientes con insuficiencia tricúspide orgánica o funcional de grado moderado o superior asociado a cirugía aórtica / cirugía de revascularización.
- Pacientes con insuficiencia tricúspide severa aislada con indicación quirúrgica.
- Aceptación por escrito del consentimiento informado.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Comorbilidad asociada que confiere una expectativa de vida aproximada inferior a dos años.
- > 80 años.

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de estudio observacional, unicéntrico y de inclusión prospectiva. Las variables a analizar fueron:

- Variables socio-demográficas, clínicas y analíticas preoperatorias como la edad, sexo, peso, talla, superficie corporal, índice de masa corporal, hipertensión arterial, dislipemia, diabetes mellitus, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, antecedentes de accidentes cerebrovasculares o vasculares, de cardiopatía isquémica, FEVI previa a la cirugía, FEVD previa a la cirugía, fibrilación auricular, presencia de prótesis previa o cirugías previas,

grado funcional, presión sistólica de arteria pulmonar, filtrado glomerular, insuficiencia cardíaca derecha, etiología de la regurgitación tricuspídea, complicaciones durante el ingreso (fibrilación auricular, infarto agudo de miocardio, ictus, insuficiencia cardíaca, derrame pericárdico, sangrado que requiere transfusión, insuficiencia renal, muerte), complicaciones tardías (fibrilación auricular, infarto agudo de miocardio, insuficiencia renal, derrame pericárdico, marcapasos, ictus, muerte), etc.

- Variables ecocardiográficas que incluyeron estudio avanzado anatómico: gradiente máximo y medio mitral, gradiente máximo y medio aórtico, presencia de estenosis o insuficiencia aórtica y mitral, diámetro y volumen de ventrículo izquierdo, fracción de eyección de ventrículo izquierdo, volumen de eyección, velocidad sistólica lateral, velocidad sistólica medial, onda E, relación E/A, relación E/e', movimiento septal, strain longitudinal global de VI, diámetro longitudinal y volumen de aurícula izquierda; gradiente tricuspídeo, vena contracta de IT, radio PISA, orificio regurgitante IT, volumen regurgitante IT, flujo en suprahepáticas; grado de IT, diámetro anillo, acortamiento del anillo, área de *tenting*, distancia *tenting*; diámetro basal y medio de VD, fracción de eyección de VD, área telesistólica VD, acortamiento fraccional, TAPSE, velocidad sistólica anillo tricuspídeo, strain lateral VD, diámetro longitudinal y transversal de aurícula derecha, volumen de aurícula derecha; diámetro de vena cava inferior, variaciones respiratorias; gradiente aurícula-ventrículo derecho, presión aurícula derecha, presión sistólica de arteria pulmonar, etc.

- Variables quirúrgicas que describieron el estado de la válvula previo a la intervención (calcificación, engrosamiento, etc.), detallarán las técnicas quirúrgicas empleadas en función de sus hallazgos y las incidencias en la intervención quirúrgica: tipo de intervención cardiovascular, tipo de cirugía valvular, tipo de prótesis tricuspídea, tiempo de cirugía extracorpórea, tiempo de clampaje, etc.

- Durante el seguimiento a los 3 y 12 meses se recogieron las mismas variables (a excepción de las quirúrgicas) y las incidencias que el paciente haya podido presentar.

A continuación, se detallan los criterios para la valoración de la severidad de la insuficiencia tricuspídea (tabla 15):

Insuficiencia tricúspide: parámetros	Leve	Moderada	Grave
Cualitativos			
-Flujo color IT	Pequeño, central	Intermedio	Extenso
-Señal Doppler IT	Débil/parabólica	Densa/parabólica	Densa/triangular con pico precoz
Semicuantitativos			
-Anchura VC (mm)	No definido	< 7	≥ 7
-Radio PISA (mm)	≤ 5	Entre 6-9	> 9
-Flujo vena hepática	Dominancia sistólica	Aplanamiento sistólico	Inversión flujo sistólico
-Flujo tricuspídeo	Normal	Normal	Onda E dominante
Cuantitativos			
-ORE (mm²)	No definido	No definido	≥ 40
-Volumen regurgitante (ml)	No definido	No definido	≥ 40

Tabla 15: criterios de gravedad de la insuficiencia tricúspide medida por ecocardiografía.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

En este proyecto se incluyó una cohorte de pacientes consecutivos con afectación valvular tricuspídea que acudieron a intervenir en el Hospital Virgen de las Nieves de Granada, con un área de referencia quirúrgica de 1660631 habitantes.

El tamaño muestral se calculó como estimación de una proporción frente a un valor teórico. Por publicaciones previas se sabe que el porcentaje de recurrencias tras cirugía de la válvula tricúspide está en torno al 20%, el artículo de referencia bibliográfico se considera Dreyfus y cols⁵. que coincidía con la recurrencia histórica (analizada el año anterior) de nuestro centro hospitalario (Hospital Universitario Virgen de las Nieves). Considerando que tras la aplicación del protocolo en estudio este porcentaje se reduciría aproximadamente a la mitad, un 10%, sería necesario incluir 108 sujetos en el estudio para obtener un 80% de potencia estadística y detectar diferencias

entre ambos valores con una prueba bilateral y un nivel de significación del 5%.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se ha realizado un análisis descriptivo en el que las variables cuantitativas se describen como media \pm desviación estándar; mediana y rango aquellas que no se ajustan a la normalidad. Las cualitativas como número y porcentaje. Además, se ha realizado el test de Kolmogorov-Smirnov y si procedía la corrección de Lilliefors para comprobar si las variables se ajustaban a una distribución normal. En este caso, la hipótesis nula supone que la distribución de frecuencias observada es consistente con la distribución teórica y que por tanto se da un buen ajuste. La hipótesis alternativa establece que la distribución de frecuencias observada no es consistente con la distribución teórica y que por tanto se produce un mal ajuste.

Se realizó un estudio bivariado. Para las variables categóricas se utilizó el test de Mc Nemar. Para las variables numéricas se utilizó la t de Student para muestras relacionadas o test de Wilcoxon en caso de no normalidad.

Para evaluar la eficacia de la reparación se usó una variable objetivo binaria con las alternativas evolución favorable o evolución desfavorable del resultado de la técnica quirúrgica empleada. La evolución favorable se definió como regurgitación residual igual o menor que ligera y la desfavorable igual o mayor a moderada. Se realizó un análisis bivalente para estudiar qué variables se relacionaban con la evolución favorable. Para las variables numéricas se empleó el test t de Student para muestras independientes o Mann-Whitney en caso de no normalidad. Para las categóricas, el test chi cuadrado de Pearson o Fisher según correspondiera. También se calculó para cada variable la odds ratio y su intervalo de confianza al 95%. Finalmente, se realizó un análisis de correlación rho de Spearman para analizar las correlaciones entre TAPSE, strain longitudinal, onda S y fracción de acortamiento a los tres meses y al año. Se probó la capacidad predictiva de las variables preoperatorias y de anatomía valvular ecocardiográficas y quirúrgicas sobre dicha regurgitación residual mediante un análisis de regresión logística binaria multivariante. Para construir dicho modelo, se utilizó el método de selección de variables por pasos hacia adelante. Se utilizaron todas las variables con significación estadística en el análisis bivalente además de aquellas consideradas de relevancia clínica. El criterio de entrada se consideró $p < 0.05$ y el de salida $p > 0.10$. Para todos los

contrastes se consideró un nivel de significación del 5% ($p < 0.05$).

Las imágenes ecocardiográficas fueron almacenadas en formato digital en un servidor para transferencia a una estación de trabajo dedicada al análisis centralizado de las mismas. Las variables clínicas preoperatorias, la valoración ecocardiográfica y quirúrgica perioperatorias de la morfología valvular y los parámetros de seguimiento fueron almacenados en una base de datos del programa IBM SPSS Statistics 19 para su posterior análisis estadístico.

PLANIFICACIÓN TEMPORAL

La duración total del estudio fue de un máximo de 4 años. Se dividió en 4 fases:

Fase 1: Reclutamiento de pacientes

Se identificó a aquellos pacientes que cumplían todos los criterios de inclusión y no presentaban ningún criterio de exclusión. Se realizaron las siguientes pruebas tras el reclutamiento:

- Valoración clínica completa.
- Estudio ecocardiográfico avanzado.

Fase 2: Cirugía

-La decisión de intervención quirúrgica se realizó según el siguiente protocolo (figura 1):

- IT grado III ó IV siempre
- IT grado I (si cirugía mitral) o II/IV (si otra cirugía) + 1 criterio de:
Anillo > 39 mm (21mm/m²)
Fibrilación auricular permanente.
Valvulopatía reumática mitral.
Insuficiencia derecha previa.
- IT grado I (si cirugía mitral) o II/IV (si otra cirugía) + 2 de:
Dilatación auricular severa derecha o izquierda.
Cardiopatía isquémica.
Ecocardiografía: remodelado/disfunción de ventrículo derecho ó distorsión de la válvula tricúspide.

Hipertensión pulmonar significativa.

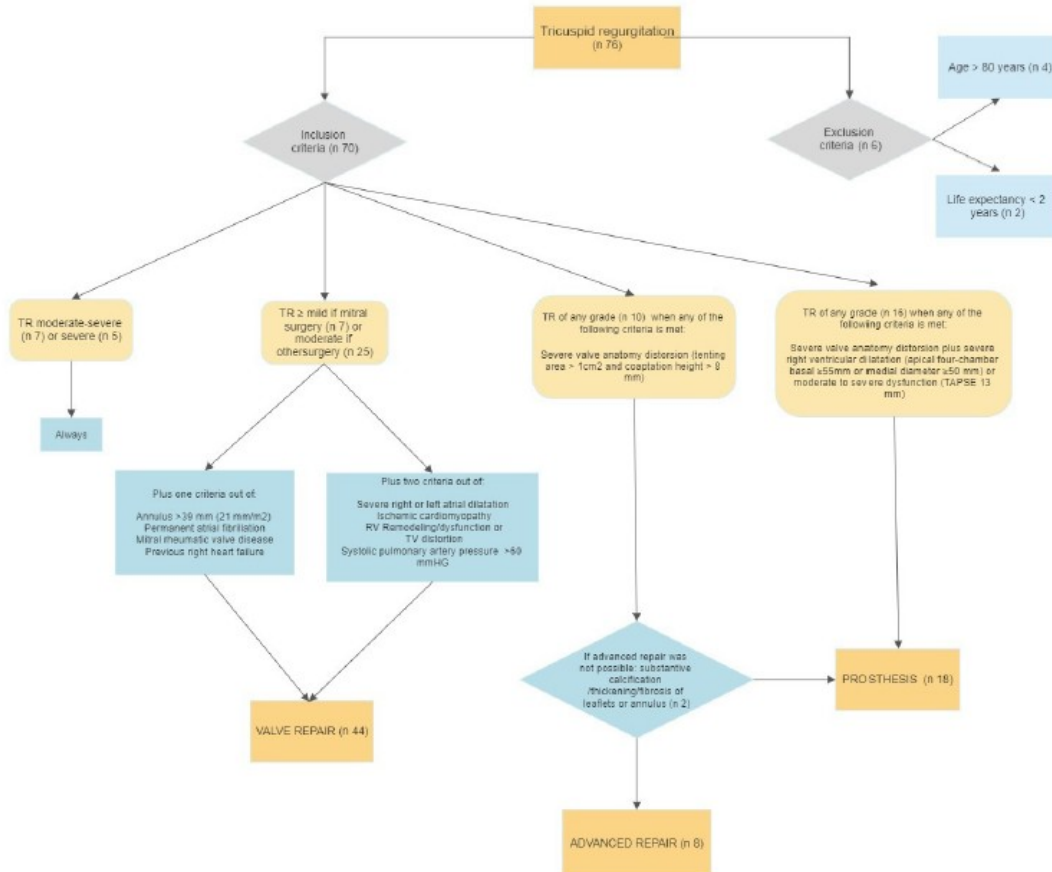


Figura 1: protocolo de intervención sobre la válvula tricúspide.

-Se realizó reparación valvular avanzada y si no fue posible sustitución valvular cuando se cumplieron los siguientes criterios:

- Distorsión severa de la anatomía valvular (Área “tenting” > 1.0 cm² y distancia “tethering” > 8 mm)
- Dilatación o disfunción severa VD (FE visual o TAPSE < 13 mm).
- Calcificación/engrosamiento/fibrosis significativa de velos o anillo.

Fase 3: Seguimiento

-Seguimiento a los tres meses de la cirugía con valoración clínica y ecocardiografía avanzada.

-Seguimiento al año de la cirugía con valoración clínica y ecocardiografía avanzada.

Fase 4: análisis de los datos

Análisis de las imágenes ecocardiográficas por ecocardiografistas expertos y acreditados en imagen cardíaca. Análisis de resultados.

MEDIOS Y FINANCIACIÓN

No se contó con un presupuesto específico para personal ni para sufragar el coste de las pruebas. La recogida y análisis de datos se hizo por los propios participantes en el proyecto. No existieron conflictos de intereses.

V. RESULTADOS

A. Análisis descriptivo

A continuación se exponen las medias de las variables clínicas, quirúrgicas y evolutivas (tablas 16-18 y 26):

Características basales clínicas	
Edad (años)	65.47+/-10.3
Peso (kg)	71,82 +/- 11,46
Talla (cm)	160,50 +/-8,09
IMC (kg/m ²)	28.06 +/-4.17
Sexo (mujer) (n/%)	53/75.70
Hipertensión (n/%)	38/56.20
Diabetes (n/%)	9/12.3
Filtrado glomerular (ml/min/m ²)	72.81/-18.45
COPD (n/%)	12/17.40
Dislipemia (n/%)	30/43.80
Historia cardiovascular	
Insuficiencia cardíaca izquierda (n/%)	30/42.80
Insuficiencia cardíaca derecha (n/%)	32/46.40
Fibrilación auricular preoperatoria (n/%)	55/79.50
Enfermedad coronaria (n/%)	6 / 8.6
Ictus (n/%)	9 / 12.8
Cirugía cardíaca previa (n/%)	20/28.5

Grado funcional NYHA (%)	
I	8,2
II	49,3
III	41,1
IV	1,4

Tabla 16: Características basales clínicas de los pacientes

De los pacientes con historia de fibrilación auricular el 4,1 % tenía historia de fibrilación auricular paroxística, el 1,4 % de persistente, el 74 % de permanente y el 20,5 % restante no tenía historia previa.

En el postoperatorio nuestros pacientes presentaron las siguientes complicaciones:

Complicaciones	%	N
Tempranas		
Insuficiencia renal	39,70	27
Fibrilación auricular de novo	8,2	6
Infarto agudo de miocardio	4,41	3
Ictus isquémico	4,41	3
Insuficiencia cardíaca	13,70	9
Derrame pericárdico significativo	7,6	7
Sangrado que requiera transfusión	11	8
Mortalidad	5,7	4
Tardías		
Insuficiencia renal	8,2	5
Fibrilación auricular De novo	4	3
Infarto agudo de miocardio	1,4	1
Derrame pericardico significativo	6,5	4

Insuficiencia cardíaca	17.80	11
Ictus isquémico	1,4	1
Implante de marcapasos	13.70	9

Tabla 17: Complicaciones tempranas (durante el ingreso hospitalario) y tardías (desde el alta al año de seguimiento).

La mediana del filtrado glomerular en el seguimiento precoz fue de 71 ml/min/m² con un rango de 105,45 ml/min/m². El 39,70 % de los pacientes presentó insuficiencia renal. El 8 % de los pacientes fibrilación auricular durante el ingreso, el 72 % la tenía en el momento del ingreso y el 16,4 % no la presentó. Respecto a los eventos hemorrágicos el 16,4 % tuvo sangrado leve y el 11 % sangrado significativo que requirió transfusión.

4 pacientes fallecieron durante el ingreso hospitalario (el 5,7 % de los pacientes). Uno de ellos tuvo una complicación aórtica previa al clampaje, otro de ellos presentó un ictus y otros dos pacientes presentaron shock multiorgánico.

Durante el primer año de seguimiento 5 pacientes fallecieron durante el tiempo estimado entre el alta y el primer año de seguimiento (el 7,5 % de los pacientes). 4 de los pacientes fueron dados de alta a domicilio y uno de ellos a un centro de enfermos crónicos. Las causas del fallecimiento fueron: en uno de los pacientes una endocarditis mitral, en otro cáncer de próstata, en dos insuficiencia cardíaca y un caso falleció de forma súbita en el domicilio pocos días tras el alta que había ocurrido sin incidencias y sin autopsia posterior.

Las principales variables ecocardiográficas fueron:

Características basales ecocardiográficas	
FEVI (n/%)	
> 52% en hombre o > 54% en mujer	56/80.0
41%-51/53% (hombre/mujer)	10/14.2
30-40%	3/ 4.2

<30 %	1/1.4
Función ventricular derecha (n/%)	
TAPSE >17 mm	57/81.4
15-17mm	10/14.2
<15 mm	3/4.2
Etiología IT (n/%)	
Funcional	49/ 69.9
Reumática	14/20.5
Mixomatosa	2/2.7
Mediada por marcapasos	1/1.4
Mediada por radiación	1/1.4
Desconocido	3/4.1
Grado de IT (n/%)	
Ligero	7/10
Moderado	25/35.7
Moderado-severo	7/10
Severo	31/44.28

Tabla 18: Características basales ecocardiográficas de los pacientes

La función ventricular izquierda (FEVI) antes de la cirugía era normal en el 80 % de los pacientes, ligeramente deprimida en el 14,2 %, moderadamente deprimida en el 4,2% y severamente deprimida en el 1,4 %. La función ventricular derecha por estimación visual (FEVD) era normal en el 81,4 % de los pacientes, ligeramente deprimida en el 14,2 % y moderadamente deprimida en el 4,2%. La función ventricular evaluada por TAPSE tuvo una media de 19,8 mm +/- 4,49 mm; el strain longitudinal de la pared lateral de -19,83 % +/- 4,72%, la velocidad de la onda S´ del Doppler tisular del anillo tricúspide lateral de 0,11+/- 0,31 y el acortamiento fraccional de ventrículo derecho medio era de 39,84 mm +/- 13,67 mm.

Respecto a la válvula tricúspide el grado de insuficiencia tricuspídea que fue ligero en el 10%, moderado en el 35,7 %, moderado-severo en el 10% y severo en el 44,28 %. El 69,9 % de los pacientes presentaba una insuficiencia de etiología funcional, el 20,5 % reumática, el 2,7 % mixomatosa, el 1,4 %

mediada por marcapasos y el 1,4 % por radiación. En el 4,1 % restante no se pudo definir con exactitud la etiología.

La etiología de la enfermedad valvular izquierda fue reumática en un 40 % de los pacientes, degeneración fibroelástica en el 10,7%, mixoide en el 9,5 %, miocardiopatía en el 4,8 %.

En relación a la presencia de valvulopatías nativas concomitantes (tabla 19):

	No	Ligero	Moderado	Severo
Estenosis Mitral (%/n)	58,6 /41	11,4/8	20/14	9,5/7
Estenosis Aortica (%/n)	71,4/50	18,5/13	7,1/5	2,8/2
Regurgitación Mitral (%/n)	25,7/18	32,8/23	17,0/12	24/17
Regurgitación Aortica (%/n)	38,57/27	37,14/26	18,57/13	10,0/4

Tabla 19: Prevalencia de enfermedades valvulares izquierdas previa a la cirugía tricuspídea.

El 11,4% de los pacientes presentaba estenosis mitral ligera, el 20 % moderada y el 9,5 % severa; el 18,5% estenosis aórtica ligera, el 7,1% moderada y el 2,8 % severa; el 32,8% regurgitación mitral ligera, el 17% moderada y el 24% severa y el 37,14% insuficiencia aórtica ligera, el 18,57 % moderada y el 10 % severa.

La mediana del gradiente mitral medio era de 4 mmHg con un rango de 17 mmHg; la mediana del área mitral estimada por tiempo de hemipresión de 1,65 cm² con un rango de 5,8 cm²; la media del gradiente máximo aórtico de 19,09 mmHg +/-15,07 mmHg y la media del gradiente aórtico medio de 11,27 mmHg +/- 9,32mmHg.

Las características ecocardiográficas a lo largo del seguimiento (medido antes, a los 3 meses y a los 12 meses de la cirugía) eran las siguientes (tablas 20-25):

Características de ventrículo izquierdo			
	Pre-cirugía	3 meses	12 meses

Diámetro en paraesternal 3 cámaras (mm)	49,92 +/- 7,07	49,12 +/- 5,42	49,77 +/- 6,13
Volumen telediastólico (ml)	100,42 +/- 37,02	105,34 +/- 28,78	100,47 +/- 37,37
Volumen telesistólico (ml)	44,93 +/- 22,37	53,66 +/- 19,05	54,70 +/- 8,81
FEVI estimada por Simpson biplano (%)	59,07 +/- 8,89	56,31 +/- 6,41	54,52 +/- 8,01
Volumen medio de eyección (ml)	55,78 +/- 20,54	62,30 +/- 14,67	51,07 +/- 17,70
Velocidad sistólica media del anillo lateral (m/s)	0,076 +/- 0,023	0,005 +/- 0,014	0,06 +/- 0,017
Velocidad sistólica media del anillo medial (m/s)	0,057 +/- 0,016	0,065 +/- 0,017	0,05 +/- 0,018
Onda E mitral (m/s)	1,66 +/- 0,62		
Relación onda E/a	1,42 +/- 0,52		
Relación onda E/e	18,95 +/- 11,88		
Movimiento septal (%)			
Normal		62,9	66
Aplanado		35,5	32,4
Disquinético		1,6	1,6

Tabla 20: características de ventrículo izquierdo

Características de aurícula izquierda			
	Pre-cirugía	3 meses	12 meses
Diámetro longitudinal (mm)	52,85 +/- 8,58	51,28 +/- 8,23	54,30 +/- 15,39
volumen auricular biplano izquierdo (ml/m ²)	81,26 +/- 42,76	69,39 +/- 43,11	69,58 +/- 40,31

Tabla 21: características de aurícula izquierda

Características de ventrículo derecho			
	Pre-cirugía	3 meses	12 meses
Diámetro basal (mm)	49,13 +/- 7,83	40,84 +/- 4,40	39,92 +/- 5,24
Diámetro medio (mm)	38,06 +/- 8,66	32,76 +/- 5,13	32,6 +/- 5,49
Función evaluada por estimación visual (%)			
Normal	82,4		63,5
Ligera-moderadamente deprimida	17,6		30,2
Severamente deprimida	0		4,8
Área telesistólica (cm ²)	15 (53)	14,38 +/- 4,23	14 +/- 5,21
TAPSE (mm)	19,8 +/- 4,49	14,38 +/- 4,23	16,7 +/- 3
Strain longitudinal de la pared lateral (%)	-19,83 +/- 4,72%	-17,92 +/- 4,79	17,7 +/- 5,14
Acortamiento fraccional	39,84 +/- 13,67	38,02 +/- 12,60	39,49 +/- 11,16
Velocidad sistólica del anillo tricúspide (m/s)	0,11 +/- 0,31	0,08 +/- 0,020	0,09 +/- 0,029
Diámetro del anillo tricúspide (mm)	41,77 +/- 7,41	33,78 +/- 5,07	35,66 +/- 6,95
Acortamiento del anillo (%)	12,72 +/- 11,32		

Tabla 22: características de ventrículo derecho

Características de aurícula derecha			
	Pre-cirugía	3 meses	12 meses
Diámetro longitudinal (mm)	71,6 +/- 13,71	54,94 +/- 9,46	53,34 +/- 11,59
Diámetro trasverso (mm)	53,11 +/- 13,17	43,55 +/- 7,44	44,34 +/- 10,41

Volumen auricular biplano (ml/m ²)	673,9 +/-48,51	41,57+/-19,89	45,78+/-24,59
Tamaño por estimación visualización (%)			
Normal	2,4		
Ligeramente dilatada	8,3		
Moderadamente dilatada	32,1		
Severamente dilatada	44		

Tabla 23: características de aurícula derecha

Características de la válvula tricúspide			
	Pre-cirugía	3 meses	12 meses
Gradiente medio (mmHg)	2,38 +/- 1,81	2,4 (8,6)	0 (7)
Grado de insuficiencia tricuspídea (%)			
Ninguno	10	46,8	45,2
Ligero	35,7	41,9	45,2
Moderado	10	9,7	8
Severo	44,28	1,6	1,6
PISA-ZCP (mm)	7,64+/-3,08	5,67+/-1,87	0 (9)
Vena contracta (mm)	8,09 +/- 3,63	2,68+/-1,92	1 (9)
Orificio regurgitante (cm ²)	0,4 (2,51)	0,27+/-0,13	0 (0,14)
Volumen regurgitante (ml)	44,82 (26,98)	43,71+/-28,60	0 (105)
Área tenting (cm ²)	1,67 +/- 1,22	1,46 (2,83)	0 (9)
Distancia de tenting (mm)	7,63 +/- 3,48	7,13+/-2,59	0 (11)

Tabla 24: características de la válvula tricúspide. La insuficiencia tricúspide al año de grado moderado se desglosó en moderado (4,8 %) y moderado-severo (3,2 %).

Otras características ecocardiográficas
--

	Pre-cirugía	3 meses	12 meses
Diámetro vena cava inferior (mm)	23,09+/- 6,8	19,70+/- 5,81	18,14+/-4,8
Variaciones respirofásicas (%)			
Conservadas	38,1	25,5	46
Mayores del 50 %	8,3	43,6	22
Menores del 50%	22,6	30,9	28,6
Abolidas	20,2	0	1,6
Flujo en venas suprahepáticas (%)			
Normal	36,9	74,2	81
Abolición	11,9	12,9	9,5
Inversión	33,3	12,9	3,2
Gradiente aurícula-ventrículo derecho (mmHg)	36,77 +/- 13,66	29,24 +/- 9,07	30,73+/-10,95
Presión aurícula derecha (mm)	12,9 +/- 3,01	11 (13)	10 (15)
Presión sistólica de arteria pulmonar	51,56+/-13,79	40 (53)	42,85+/-11,02

Tabla 25: Otras características ecocardiográficas

Variables quirúrgicas	
Media EuroSCORE (%)	5 +/- 3.66
Tiempo de extracorpórea (min)	112+/-39.3
Tiempo de clampaje (min)	83.42 +/- 46.71

Tabla 26: Características basales quirúrgicas de los pacientes

El 71,2% de los pacientes no había sido intervenido de cirugía cardíaca previa, el 12,3 % tenía implantada una prótesis mitral, el 1,4 % una prótesis aórtica, el 9,6 % tenía doble prótesis (aórtica y mitral) y el 5,5 % presentaba otro tipo de cirugía cardíaca previa.

El riesgo quirúrgico que presentaban los pacientes lo evaluó un equipo multidisciplinar compuesto por cardiólogos, cirujanos cardíacos y médicos intensivistas que entre otras herramientas utilizó la escala EuroSCORE II con una media en nuestros pacientes de 5 +/- 3,66.

Al 35.7% de los pacientes se les realizó anuloplastia simple, al 27.1% anuloplastia de Vega, al 11.4% se le hicieron técnicas de reparación ampliada (ampliación de velo anterior, implante de neocuerdas, etc) y al 25.7% se les implantó una prótesis tricuspídea.

Al 94,5% de los pacientes se les realizó cirugía solamente valvular y al resto se combinó con coronaria u otro tipo de cirugía cardíaca no valvular. El tipo de cirugía valvular que se realizó junto a la tricuspídea fue mitral en el 42,5 % de los pacientes, aórtica en el 2,7%, trivalvular (aórtica, mitral y tricuspídea) en el 20,5 %, tricúspide aislada en el 24,7% y otro tipo de cirugía en el 6,8 %

B. Análisis de resultados

No se encontró ninguna asociación entre las variables clínicas, epidemiológicas o quirúrgicas y la evolución de la regurgitación tricuspídea al año de la intervención (tablas 27 y 28). Respecto a las variables ecocardiográficas se encontró asociación en un análisis bivariado con las siguientes variables:

-Relación E/A previa a la cirugía: se realiza la prueba de Levene para la igualdad de varianzas. Se obtiene un p valor de 0,023, donde el valor alfa de $0,05 > 0,023$. Por tanto, no se puede asumir varianzas iguales.

Se realiza el test de Student obteniendo un p valor de 0,022. El valor de alfa es $0,05 > 0,022$ por lo que aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, existe asociación entre la relación E/A y la evolución de la regurgitación tricúspide.

-TAPSE previo a la cirugía: se realiza la prueba de Levene para la igualdad de varianzas. Se obtiene un p valor de 0,069, donde el valor alfa de $0,05 < 0,069$. Por tanto, se puede asumir varianzas iguales.

Se realiza el test de Student obteniendo un p valor de 0,04. El valor de alfa es $0,05 > 0,04$ por lo que aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, existe asociación entre TAPSE y la evolución de la regurgitación tricúspide.

-Fracción de eyección de ventrículo izquierdo a los tres meses de la cirugía: se realiza la prueba de Levene para la igualdad de varianzas. Se obtiene un p valor de 0,371, donde el valor alfa de $0,05 < 0,371$. Por tanto, se puede asumir varianzas iguales.

Se realiza el test de Student obteniendo un p valor de 0,011. El valor de alfa es $0,05 > 0,011$ por lo que aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, existe asociación entre la FEVI y la evolución de la regurgitación tricúspide.

-Área telesistólica de ventrículo derecho a los tres meses de la cirugía: se realiza la prueba de Levene para la igualdad de varianzas. Se obtiene un p valor de 0,838, donde el valor alfa de $0,05 < 0,838$. Por tanto, se puede asumir

varianzas iguales.

Se realiza el test de Student obteniendo un p valor de 0,048. El valor de alfa es $0,05 > 0,048$ por lo que aceptamos la hipótesis alternativa, es decir, existe asociación entre el área telesistólica de ventrículo derecho y la evolución de la regurgitación tricúspide.

-Grado de insuficiencia tricuspídea a los tres meses de la cirugía: se realiza el test de Chi-Cuadrado obteniendo un p valor de 0,013, donde el valor alfa de $0,05 > 0,013$ por lo que existe asociación entre el grado de insuficiencia tricuspídea a los tres meses de la cirugía y la evolución al año de la regurgitación. Se calcula la V de Cramer como medida de asociación y se obtiene una asociación moderada con un valor de 0,415.

Regurgitación tricúspide residual		Media	P
Gradiente aórtico máximo	Desfavorable	15.33	0,52
	Favorable	19.55	
Gradiente aórtico medio	Desfavorable	8.00	0,37
	Favorable	11.7	
Diámetro de ventrículo izquierdo	Desfavorable	51.17	0,65
	Favorable	49.79	
Volumen telediastólico de ventrículo izquierdo	Desfavorable	99.00	0,92
	Favorable	100.57	
Volumen telesistólico de ventrículo izquierdo	Desfavorable	43.0000	0,83
	Favorable	45.1481	
Volumen de eyección	Desfavorable	58,5	0,73
	Favorable	55,47	
Velocidad sistólica del anillo lateral de ventrículo izquierdo	Desfavorable	.0800	0,68
	Favorable	.0755	
Velocidad sistólica del anillo medial de ventrículo izquierdo	Desfavorable	.0580	0,91
	Favorable	.0572	
Onda E mitral	Desfavorable	1,306	0,17
	Favorable	1,703	

Volumen biplano de aurícula izquierda	Desfavorable	91.0406	0,3
	Favorable	80.1567	
Diámetro longitudinal de aurícula izquierda	Desfavorable	55.67	0.4
	Favorable	52.55	
Radio E/e'	Desfavorable	12.8	0,23
	Favorable	19.61	
Gradiente medio tricúspide	Desfavorable	2.33	0,95
	Favorable	2.38	
Vena contracta	Desfavorable	7	0.44
	Favorable	8.21	
Radio PISA	Desfavorable	7.75	0.94
	Favorable	7.63	
Volumen regurgitante	Desfavorable	49.33	0.67
	Favorable	44.29	
Diámetro del anillo tricúspide	Desfavorable	42.83	0,52
	Favorable	41.65	
Área tenting	Desfavorable	2.24	0,41
	Favorable	1.61	
Distancia tenting	Desfavorable	8,83	0.38
	Favorable	7.4962	
Diámetro basal de ventrículo derecho	Desfavorable	50.33	0.7
	Favorable	49.00	
Diámetro medio de ventrículo derecho	Desfavorable	39.50	0.67
	Favorable	37.91	
Fracción de acortamiento	Desfavorable	49.5	0.07
	Favorable	38.77	
Velocidad sistólica máxima del anillo tricuspídeo	Desfavorable	.1233	0.39
	Favorable	.1115	
Strain longitudinal de pared lateral de ventrículo derecho	Desfavorable	-23.25	0.13
	Favorable	-19.44	
Diámetro longitudinal de aurícula derecha	Desfavorable	71.00	0.99
	Favorable	71.06	
Diámetro trasverso de aurícula derecha	Desfavorable	52.20	0.87
	Favorable	53.20	
Volumen biplano de aurícula derecha	Desfavorable	64.5914	0.66

	Favorable	74.8892	
Diámetro de vena cava inferior	Desfavorable	26.40	0.26
	Favorable	22.11	
Gradiente aurícula-ventrículo derecho	Desfavorable	32.83	0.46
	Favorable	37.24	
Presión sistólica de arteria pulmonar	Desfavorable	52.00	0.94
	Favorable	51.51	
Presión de aurícula derecha	Desfavorable	14.00	0.4
	Favorable	12.78	

Tabla 27: Variables cuantitativas asociadas a la regurgitación tricúspide al año de la cirugía. PISA: área de superficie de isovelocidad proximal; TAPSE: excursión sistólica del anillo tricúspide

Regurgitación tricúspide residual		Porcentaje	P
Sexo (mujer)	Desfavorable	83.3%	0,54
	Favorable	74.50%	
Hipertensión	Desfavorable	83.30%	0,14
	Favorable	50.90%	
Historia de ictus	Desfavorable	33.30%	0,17
	Favorable	10.90%	
Historia de enfermedad coronaria	Desfavorable	16.70%	0,7
	Favorable	7.30%	
Función de ventrículo derecho	Desfavorable	66.70%	0,15
	Favorable	83.60%	
Diabetes mellitus	Desfavorable	0.00%	0,29
	Favorable	20.00%	
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Desfavorable	33.30%	0,1
	Favorable	7.30%	
Función de ventrículo ventrículo izquierdo	Desfavorable	83.30%	0,9
	Favorable	85.50%	
Historia de fibrilación auricular	Desfavorable	33.30%	0,63
	Favorable	18.20%	
Historia de prótesis valvular	Desfavorable	16.70%	0,8
	Favorable	32.70%	
Historia de insuficiencia cardíaca derecha	Desfavorable	50.00%	0,55
	Favorable	43.60%	
Etiología de la regurgitación	Desfavorable	100.00%	0.54

tricúspide			
	Favorable	73.60%	

Tabla 28: Variables cualitativas asociadas a la regurgitación tricúspide al año de la cirugía.

Se evaluó si la proporción de pacientes con regurgitación tricúspide residual fue menor al 20 % tras la selección estricta de los pacientes antes de la cirugía, o lo que es lo mismo si disminuyó tras nuestra intervención. Se realizó el test exacto binomial para una muestra cualitativa dicotómica, definiendo grupo 1 como evolución desfavorable (IT igual o mayor a moderada) y grupo 2 como favorable (IT igual o menor a ligera), obteniendo una significación exacta unilateral de 0,024 . De forma complementaria, se realizó la aproximación de χ^2 con 1 grado de libertad obteniendo un p valor de 0,042, resultado concordante con el test exacto o de elección en nuestro caso.

Se procedió a comparar el grado de insuficiencia en relación a los distintos momentos de seguimiento con la prueba de rangos señalados de Wilcoxon. Al comparar “IT precirugía-IT a los 3 meses” se observó que el grado de regurgitación tricúspide antes de la cirugía era mayor que tras la misma medida a los tres meses.

Al comparar “IT precirugía-IT al año” se observó que el grado de regurgitación tricúspide antes de la cirugía fue mayor que tras la misma medida al año.

Al comparar “IT 3 meses -IT al año” no hubo diferencias entre el grado de regurgitación tricúspide a los tres meses y al año de la cirugía.

C. Otros análisis

1. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TAMAÑO Y FUNCIÓN DEL VENTRÍCULO DERECHO

Se estudió si había diferencias entre los parámetros de tamaño y función del ventrículo derecho antes y después de la cirugía medido a los tres meses y al año de la misma (tablas 29-31 y figuras 11 y 12).

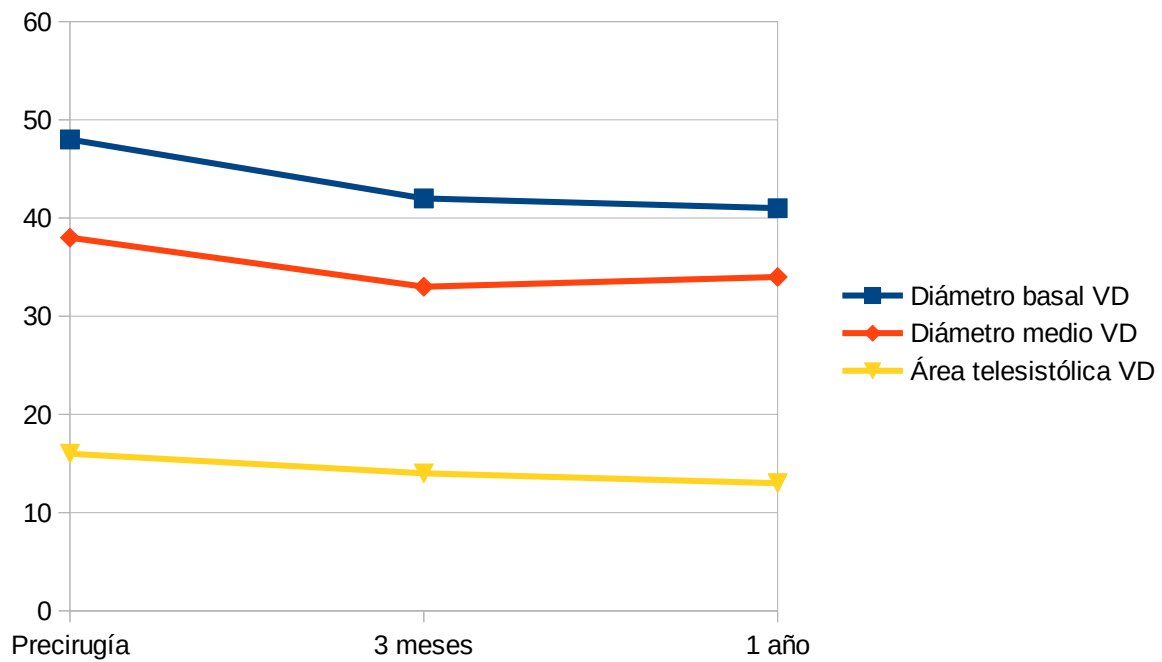


Figura 11: evolución temporal de los parámetros de tamaño de ventrículo derecho.

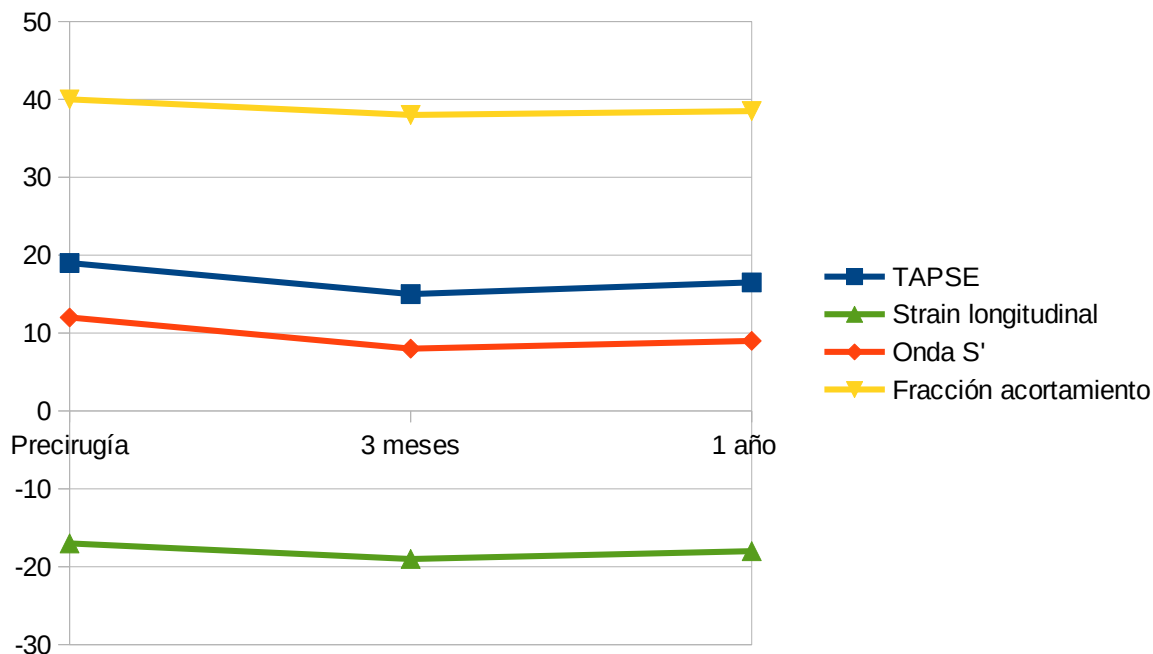


Figura 12: evolución temporal de los parámetros de función de ventrículo derecho.

A) ANÁLISIS ESTADÍSTICO PREVIO A LA CIRUGÍA Y 3 MESES DESPUÉS DE LA MISMA

Parámetro	Comparación antes cirugía-3 meses tras la misma	Significación (t, gl, p)
Diámetro basal de ventrículo derecho	Mayor	t 7,43; grados de libertad 49; p < 0,000
Diámetro medio de ventrículo derecho	Mayor	t 5,32; grados de libertad 60; p < 0,000
Área telesistólica de ventrículo derecho	Igual	t 1,17; grados de libertad 38; p 0,125
Fracción de acortamiento de ventrículo derecho	Igual	t 0,76, grados de libertad 41; p 0,226
TAPSE	Mayor	T 5,13; grados de libertad 50; p < 0,000
Velocidad sistólica del anillo tricuspídeo	Mayor	t 8,04; grados de libertad 47; p < 0,000
Strain longitudinal de pared lateral	Igual	t -1,53; grados de libertad 24; p 0,07

Tabla 29: comparación de los parámetros de tamaño y función de ventrículo derecho.

B) ANÁLISIS ESTADÍSTICO 3 MESES Y 1 AÑO DESPUÉS DE LA MISMA

Parámetro	Comparación 3 meses - 1 año tras la cirugía	Significación (t, gl, p)
Diámetro basal de ventrículo derecho	Igual	t 0,941; grados de libertad 50; p 0,351
Diámetro medio de ventrículo derecho	Igual	t -0,714; grados de libertad 49; p 0,478
Área telesistólica de ventrículo derecho	Igual	t 0,112; grados de libertad 38; p 0,911
Fracción de acortamiento de ventrículo derecho	Igual	t -1,251, grados de libertad 41; p 0,218
TAPSE	Menor	t -2,35; grados de libertad 51; p 0,023
Velocidad sistólica del anillo tricuspídeo	Menor	t -2,68; grados de libertad 42; p 0,010
Strain longitudinal de pared lateral	Igual	t -1,42; grados de libertad 19; p 0,172)

Tabla 30: comparación de los parámetros de tamaño y función de ventrículo derecho.

C) ANÁLISIS ESTADÍSTICO PREVIO LA CIRUGÍA Y 1 AÑO DESPUÉS DE LA MISMA

Parámetro	Comparación antes cirugía-1 año tras la misma	Significación (t, gl, p)
Diámetro basal de ventrículo derecho	Mayor	t 0,956; grados de libertad 60; p < 0,000)
Diámetro medio de ventrículo derecho	Mayor	t 0,532; grados de libertad 60; p< 0,000
Área telesistólica de ventrículo derecho	Igual	t 1,85; grados de libertad 55; p 0,07
Fracción de acortamiento de ventrículo derecho	Igual	t 0,191, grados de libertad 58; p 0,849
TAPSE	Mayor	t 3,70; grados de libertad 59; p< 0,000
Velocidad sistólica del anillo tricuspídeo	Mayor	t -5,70; grados de libertad 49; p <0,000
Strain longitudinal de pared lateral	Igual	t -1,46 ; grados de libertad 27; p 0,172

Tabla 31: comparación de los parámetros de tamaño y función de ventrículo derecho.

2. DIFERENCIAS ENTRE EL IMPLANTE DE PRÓTESIS Y LA REPARACIÓN VALVULAR TRICUSPÍDEA

A) Asociación entre el tipo de intervención (prótesis o reparación) y la evolución de la regurgitación tricuspídea

No existió asociación entre el tipo de intervención quirúrgica y la evolución de la regurgitación tricúspide.

B) Asociación entre el tipo de intervención (prótesis o reparación) y la función o el tamaño del ventrículo derecho

A los 3 meses se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 32):

- Los parámetros de tamaño (diámetro basal, medio y área telesistólica de ventrículo derecho) presentaron medias mayores si se implantó una prótesis que si se realizó una reparación valvular (a los ventrículos más remodelados según nuestro protocolo de actuación quirúrgica se les implantaba una prótesis).
- De los parámetros de función de ventrículo derecho los dos relacionados con la función longitudinal de mismo, TAPSE y onda S de Doppler tisular mostraron diferencias estadísticamente significativas. La reparación presentó valores más elevados de TAPSE y onda S que el implante de prótesis. El acortamiento fraccional y el strain longitudinal de pared lateral no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

Al año no se obtuvieron diferencias significativas entre los distintos parámetros.

	Tipo de cirugía tricuspídea	Media	P
Diámetro basal VD	Reparación	47.11	0.001
	Prótesis	54.15	
Diámetro medio VD	Reparación	36.57	0.026
	Prótesis	41.8	
Área telesistólica VD	Reparación	13.95	0.012

	Prótesis	21.40	
Fracción de acortamiento	Reparación	39.324	0.83
	Prótesis	40.215	
TAPSE	Reparación	19.44	0.05
	Prótesis	18.75	
Onda S'	Reparación	.1209	0.027
	Prótesis	.1015	
Strain longitudinal de pared libre	Reparación	-20.56	0.14
	Prótesis	-17.91	

Tabla 32: diferencias entre los parámetros del ventrículo derecho y la técnica quirúrgica empleada

3. ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES Y EL TIPO DE INTERVENCIÓN TRICUSPÍDEA

No existió asociación entre el riesgo quirúrgico y el tipo de intervención.

No existió asociación entre las complicaciones precoces (durante el ingreso hospitalario) y el tipo de intervención.

No existió asociación entre las complicaciones tardías (durante el primer año de seguimiento) y el tipo de intervención.

4. ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES Y LOS PARÁMETROS DE VENTRÍCULO IZQUIERDO

Ninguna variable de las complicaciones precoces mostró asociación con ningún parámetro del ventrículo izquierdo.

Ninguna variable de las complicaciones tardías mostró asociación estadísticamente significativa con los parámetros de ventrículo izquierdo, aunque la FEVI, la presencia de HTA y la presencia de fibrilación auricular previa mostraron tendencia a estar asociados, aunque sin alcanzar la significación estadística (FA p valor de 0,084; HTA: p valor de 0,051 y FEVI p valor de 0,085).

5. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VENTRÍCULO IZQUIERDO A LO LARGO DEL SEGUIMIENTO

Se expone un diagrama de la evolución temporal de los parámetros de función del ventrículo izquierdo (figura 13-14):

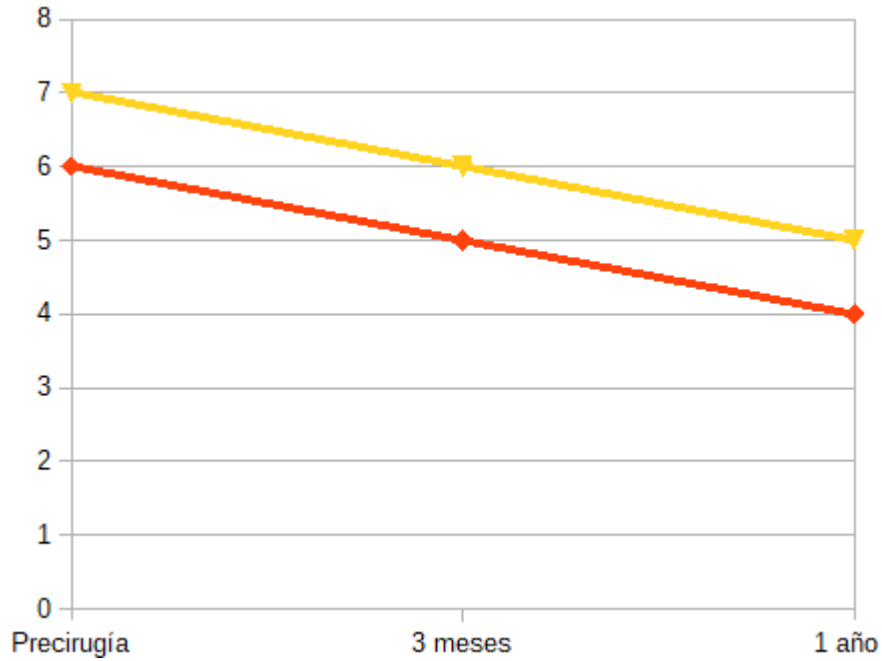


Figura 13: evolución temporal de los parámetros de función de ventrículo izquierdo (velocidad sistólica medial y lateral, amarillo y rojo respectivamente).

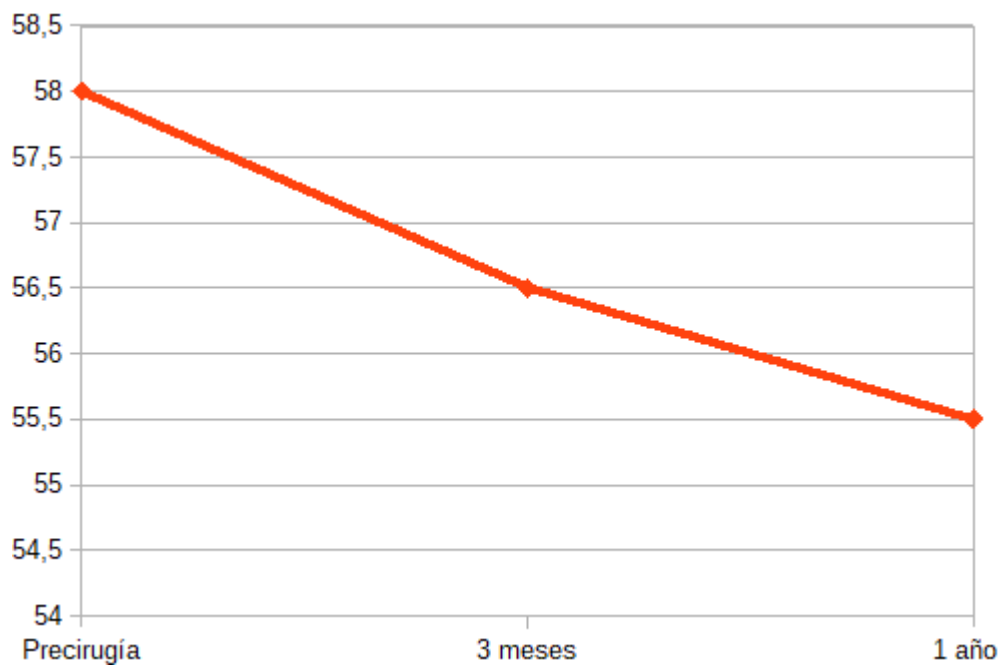


Figura 14: evolución temporal de los parámetros de función de ventrículo izquierdo (FEVI).

El análisis estadístico que se realizó fue el siguiente :

A. Parámetros previos a la cirugía versus parámetros al año:

La FEVI antes de la cirugía fue mayor que un año después de la misma (puntuación t 3,626; grados de libertad 59; $p < 0,001$).

La velocidad sistólica del anillo lateral antes de la cirugía fue mayor que un año después de la misma (puntuación t 3,087; grados de libertad 39; $p < 0,004$).

La velocidad sistólica del anillo medial antes de la cirugía fue mayor que un año después de la misma (puntuación t 2,098; grados de libertad 39; $p < 0,042$).

No se objetivaron diferencias en las medias de los parámetros de tamaño ventricular izquierdo ni de función diastólica.

B. Parámetros previos a la cirugía versus parámetros tres meses después:

La FEVI antes de la cirugía fue mayor que un año después de la misma (puntuación t 2,212; grados de libertad 49; $p < 0,032$).

No se objetivaron diferencias en las medias de los parámetros de tamaño ventricular izquierdo ni de función diastólica.

6. PARÁMETROS DE VENTRÍCULO DERECHO ANTES DE LA CIRUGÍA EN FUNCIÓN DEL GRADO DE REGURGITACIÓN TRICÚSPIDE

Se realizó un subanálisis para estudiar el comportamiento de los parámetros del VD antes de la cirugía en función de la sobrecarga de volumen medida como IT ligera, moderada, moderada-severa o severa (tabla 33).

	Fracción de acortamiento(%)	TAPSE (mm)	Onda S (m/s)	Strain longitudinal (%)
Ligero	27.71	19.57	0.12	-19.57
Moderado	40.41	19.39	0.12	-20.00
Moderado-severo	45.91	17.75	0.10	-22.75
Severo	40.79	19.14	0.10	-19.29

Tabla 33: medias de los parámetros de función de ventrículo derecho en relación con el grado de regurgitación tricúspide.

La fracción de acortamiento aumentó progresivamente desde IT ligera a moderada-severa, pero disminuyó en IT severas de forma estadísticamente significativa.

El resto de los parámetros no alcanzaron la significación estadística, aunque sus medias mostraron las siguientes tendencias: TAPSE disminuyó progresivamente desde IT ligera a moderada-severa y al llegar a IT severa aumentó; onda S disminuyó progresivamente desde IT moderada a severa; strain longitudinal de pared libre aumentó progresivamente desde IT ligera a moderada-severa y al llegar a IT severa disminuyó.

D. Estudio de predictores

Se estudió la mortalidad precoz, tardía y la regurgitación residual de IT (tablas 34-36).

1. PREDICTORES DE MORTALIDAD PRECOZ:

PREDICTORES DE MORTALIDAD PRECOZ			
	OR	CI (95%)	P
Fracción de eyección de ventrículo izquierdo	0.81	0.676-0.985	0,03
Tiempo de clampaje	1.24		0,72
Euroscore	1.49		0,78
Hipertensión arterial	1.19		0,22
Ictus	1.6		0,41
Enfermedad coronaria	1.2		0,68
Constante	2.62		0,77

Tabla 34: predictores de mortalidad precoz.

En el primer paso del modelo, la puntuación estadística de ROA indicó que hubo una mejora significativa en la predicción de la probabilidad de ocurrencia de las categorías de la variable dependiente (Chi-Cuadrado 7,745, g.l. 1, p 0,05). El valor de R cuadrado de Nagelkerke indicó que el modelo propuesto explicó el 36,4 % de la variable dependiente (0,364).

La puntuación de Wald para el modelo probado indicó que la variable independiente aportó significativamente a la predicción de la variable dependiente y los resultados obtenidos se podían generalizar a la población (Wald 4,814, g.l. 1, p 0,028.)

Las variables independientes mejoraron significativamente la predicción. La FEVI fue una de las variables que nos permitió predecir la mortalidad precoz. El modelo probado explicó el 36,4 % de la varianza de la variable dependiente. Cuando hacemos afirmaciones con base a nuestro modelo tenemos un 96,8 % de estar en lo correcto.

Al aumentar la FEVI en una unidad disminuye la probabilidad de mortalidad precoz 1.24 veces.

2. PREDICTORES DE MORTALIDAD TARDÍA:

PREDICTORES DE MORTALIDAD TARDÍA			
	OR	CI (95%)	P
Fracción de eyección de ventrículo izquierdo	0.025	0.657-0.841	0,01
Complicaciones en el seguimiento	1.41		0,82
Hipertensión arterial	1.83		0,38
Ictus	2.42		0,21
Enfermedad coronaria	1.1		0,47
Constante	2		0,57

Tabla 35: predictores de mortalidad tardía.

En el primer paso del modelo, la puntuación estadística de ROA indicó que hubo una mejora significativa en la predicción de la probabilidad de ocurrencia de las categorías de la variable dependiente (Chi-Cuadrado 7,412, g.l, p 0,006). El valor de R cuadrado de Nagelkerke indicó que el modelo propuesto explica el 36,4 % de la variable dependiente (0,257).

La puntuación de Wald para el modelo probado indicó que la variable independiente aportó significativamente a la predicción de la variable dependiente y los resultados obtenidos se podían generalizar a la población (Wald 7,288, g.l 1 , p 0,007.)

Las variable independiente mejoró significativamente la predicción. La FEVI fue una de las variables que nos permitió predecir la mortalidad tardía. El modelo probado explicó el 25,7% de la varianza de la variable dependiente. Cuando hacemos afirmaciones con base a nuestro modelo tenemos un 93,8 % de estar en lo correcto.

Al aumentar la FEVI disminuye la probabilidad de mortalidad tardía 40 veces, siendo 40 veces más probable fallecer en el primer año de seguimiento si la FEVI es menor del 40% que sí es mayor del 40%.

3. PREDICTORES DE REGURGITACIÓN TRICÚSPIDE RESIDUAL:

PREDICTORES DE REGURGITACIÓN TRICÚSPIDE		
	OR	P
Fracción de eyección de ventrículo izquierdo	.000	,984
Área tenting	.480	,488

Distancia tenting	.612	,434
TAPSE	.037	,847
Velocidad máxima sistólica en el anillo lateral tricuspídeo	.071	,790
Strain de pared libre de ventrículo derecho	.567	,452
Función ventricular derecha por estimación visual	.490	,484
Etiología de la regurgitación tricúspide	.782	,676
Radio PISA	1.339	,247
Volumen regurgitante	.673	,412
Orificio regurgitante	2.482	,115

Tabla 36: predictores de regurgitación tricúspide residual.

No se encontraron variables predictoras de la regurgitación tricuspídea residual.

VI. DISCUSIÓN

En nuestro estudio se hallaron dos resultados relevantes. El primero fueron los resultados clínicos que respondían al objetivo principal del estudio y el segundo los hallazgos ecocardiográficos, especialmente la utilidad del strain longitudinal a los 3 meses del postoperatorio para estimar la función ventricular derecha sobre el resto de parámetros.

Hallazgos clínicos:

Es importante señalar que en nuestro estudio la regurgitación tricúspide residual significativa tras la cirugía se observó en un número muy pequeño de pacientes durante el seguimiento apoyando la utilidad del algoritmo para seleccionar el tratamiento de nuestros pacientes en función de las características del ventrículo derecho y de la distorsión de la válvula tricúspide permitiéndonos seleccionar a quienes intervenir y de qué técnica quirúrgica se podían beneficiar más. Sólo cinco pacientes (8,1%) tenían una regurgitación tricúspide residual \geq moderada y de ellos sólo dos (3,2%) presentaron una regurgitación tricúspide residual moderada-severa (grado 3-4/4). Esta incidencia es inferior a la frecuencia de regurgitación tricúspide residual publicada en la literatura, que oscila entre el 10 y el 30% según la técnica quirúrgica realizada y el momento de la evaluación ecocardiográfica. Debemos poner de manifiesto que aunque se consideró una regurgitación tricúspide residual moderada un resultado desfavorable, su impacto en la supervivencia no ha sido completamente aclarado, como sí ha ocurrido en grados mayores.

No se dispone de suficiente evidencia científica sobre las indicaciones quirúrgicas de la válvula tricúspide ni de los factores preoperatorios que pueden favorecer la presencia o la progresión de la regurgitación tricúspide tras la cirugía de la misma. Existen recomendaciones discrepantes y una gran variabilidad en los protocolos entre los centros e incluso entre los cirujanos del mismo centro. Además, las técnicas de reparación que no sean anuloplastia simple se aplican mucho menos en la válvula tricúspide que en la cirugía de la

válvula mitral y son más complejas y con menor experiencia acumulada en los centros por parte de los equipos quirúrgicos.

Generalmente se ha alcanzado un acuerdo en el manejo de la regurgitación tricúspide severa pero no en el enfoque en los grados menores de regurgitación, para lo cual incluso se han publicado recomendaciones contradictorias.

Las guías americanas recomiendan cirugía cuando la regurgitación tricúspide es severa y junto con la presencia de otros factores que incluyen síntomas, cirugía cardíaca izquierda concomitante, la presencia de insuficiencia cardíaca derecha clínica y la dilatación o la disfunción progresiva del ventrículo derecho. No se refieren expresamente a grados de regurgitación más bajos excepto para “regurgitación tricúspide progresiva con dilatación del anillo o antecedentes de insuficiencia cardíaca y cirugía izquierda concomitante”, con un nivel de evidencia IIA y sin aclarar una definición de regurgitación tricúspide progresiva. Las mismas indicaciones quirúrgicas para regurgitación tricúspide severa están incluidas en las guías europeas, sin embargo, también hacen recomendaciones para la regurgitación tricúspide moderada con cirugía izquierda concomitante y para la regurgitación tricúspide leve o moderada con dilatación del anillo y cirugía izquierda concomitante.

Por lo tanto, las guías europeas, a diferencia de las guías americanas, recomiendan la cirugía con dilatación del anillo incluso en pacientes con grados leves de regurgitación tricúspide.

En nuestro estudio, siguiendo las recomendaciones de las guías de práctica clínica (por síntomas, dilatación progresiva o disfunción del ventrículo derecho) todos los pacientes con regurgitación severa o moderada-severa se sometieron a una intervención quirúrgica sobre la válvula tricúspide. Para aquellos con un grado menor de regurgitación tricúspide, se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva²⁹⁻⁷² seleccionando las variables en la literatura que se han asociado a la persistencia o a la aparición de regurgitación tricúspide tras la cirugía. Se seleccionaron un conjunto de variables clínicas y ecocardiográficas preoperatorias para tomar la decisión de intervenir o no intervenir la válvula tricúspide en pacientes con regurgitación leve o moderada. Así se diseñó el algoritmo principal del estudio (figura 1), así como los criterios de inclusión, los

de exclusión y las técnicas quirúrgicas a realizar según las características de cada paciente.

En aquellos ventrículos que no estaban dilatados o disfuncionantes y con una válvula tricúspide poco o nada distorsionada la técnica quirúrgica de primera elección fue la anuloplastia simple. La anuloplastia se realizó sin anillo (anuloplastia de De Vega) cuando los cirujanos eran expertos en esta técnica o con anillo, preferentemente rígido, en el resto de casos. Cuando hubo factores anatómicos que dificultaban o que podían predecir el fracaso de la reparación de la válvula con una anuloplastia simple (con o sin anillo), se optó por una reparación ampliada como técnica de primera elección. Cuando la distorsión de la válvula o la remodelación del ventrículo derecho era tan manifiesta que incluso la reparación avanzada se suponía inadecuada por su alto riesgo de no ser efectiva el implante de una prótesis fue la técnica quirúrgica de elección⁷³⁻⁹⁹. En cuanto a la selección del tipo de prótesis, el 72% de las prótesis implantadas fueron biológicas. Se implantaron prótesis mecánicas por decisión de los pacientes después de recibir información detallada sobre sus ventajas y desventajas.

Las técnicas de reparación ampliada fueron ampliación del velo anterior, implante de neocuerdas, comisuroplastia, etc, en función de las necesidades quirúrgicas de cada paciente.

Entre las cinco recurrencias observadas en nuestra serie, dos fueron después de una anuloplastia con anillo rígido, una después de una anuloplastia de De Vega, una después de la reparación extendida y otra después de un reemplazo protésico, sin diferencias significativas entre ellas.

Nuestra tasa de recurrencia de regurgitación tricúspide fue menor en los pacientes con anuloplastia con anillo rígido o de De Vega que la que ha sido publicada en la literatura, sólo el 6,3 % tenía regurgitación tricúspide residual \geq moderada, lo que puede atribuirse a la cuidadosa selección de pacientes para estas técnicas de acuerdo con los criterios ecocardiográficos de dilatación, disfunción y/o distorsión anatómica del ventrículo derecho al inicio del estudio.

Tradicionalmente se ha preferido la reparación valvular al reemplazo sobre la creencia que ofrece un resultado superior y que la función ventricular se conserva mejor. Sin embargo, ha habido pocos estudios comparativos y el

reemplazo se suele realizar en pacientes con mayor distorsión valvular o con un ventrículo más dilatado o con peor función ventricular. Los pacientes que recibieron una prótesis en este estudio tuvieron una peor función ventricular derecha, un remodelado del ventrículo derecho más marcado y un mayor grado de regurgitación tricúspide. Sin embargo, los pacientes con reparación y con prótesis no se diferenciaron en la presencia de regurgitación tricúspide residual ni en las tasas de mortalidad temprana ni tardía.

Destacamos que la reparación ampliada fracasó en un paciente que murió en el hospital y en otro que falleció tras el alta hospitalaria (2,8% de la serie), quienes requirieron una cirugía más prolongada para el reemplazo protésico después del fallido intento de reparación. Esto podría sugerir que la reparación ampliada, que requiere mayor experiencia y una cirugía más larga, puede presentar un mayor riesgo para el paciente que la implantación directa de una prótesis especialmente en pacientes con características anatómicas desfavorables y podría aumentar su riesgo quirúrgico en caso de aumento de los tiempos de cirugía.

No se encontraron predictores de regurgitación tricúspide residual probablemente porque es difícil encontrar predictores estadísticamente significativos en un análisis multivariante cuando hay sólo cinco eventos (casos de regurgitación tricúspide moderada o severa). Sin embargo, la dilatación anular mostró una tendencia hacia la significación estadística a pesar de los pocos eventos.

La presencia de regurgitación tricúspide residual significativa tampoco fue predictor de mortalidad en nuestro estudio, probablemente también debido al pequeño número de eventos (n = 5, 8,1 %).

Finalmente, desde el punto de vista clínico debemos destacar que la tasa de mortalidad fue menor en nuestro estudio que la generalmente publicada en la literatura, lo que indica que la implementación del algoritmo para seleccionar el abordaje quirúrgico no tuvo un impacto negativo en la supervivencia de los pacientes.

Hallazgos ecocardiográficos:

A continuación comentaremos los hallazgos ecocardiográficos más relevantes que constituirían varios de los objetivos secundarios del estudio.

Debemos conocer que en el postoperatorio temprano, después de la pericardiotomía, se observan modificaciones importantes en el volumen sanguíneo, en el hematocrito o en el movimiento de traslación cardíaco y que la normalización de algunas de estas alteraciones (hematocrito y volumen sanguíneo) conlleva tiempo. Algunos parámetros de la función ventricular derecha como por ejemplo TAPSE se modifican por la pericardiotomía o por los cambios hemodinámicos sufridos en este contexto. Se sabe que TAPSE se reduce después de la pericardiotomía, sin embargo, el mecanismo subyacente sigue sin estar del todo claro y no se ha dilucidado su validez para las evaluaciones en el período posoperatorio inmediato. Además, la presencia de ventrículos sobrecargados e hiperfuncionantes antes de la cirugía puede conducir a una sobreestimación de la función del ventrículo derecho que dificulta el conocimiento de la verdadera función ventricular derecha¹⁰⁰⁻¹⁰⁵. Hay menos evidencia sobre el comportamiento de la onda S', pero puede ser similar al comportamiento del TAPSE, puesto que ambos parámetros evalúan la función longitudinal del ventrículo derecho y, por tanto, podría ser un mal indicador de la función del ventrículo derecho en el postoperatorio inmediato. En nuestra serie, la implicación de múltiples mecanismos en la reducción del TAPSE postquirúrgico estaría respaldada por la mejoría de los parámetros observados al año, aunque sin normalizar a los valores prequirúrgicos. La constricción pericárdica o el daño miocárdico causado por la cirugía puede persistir a los tres meses, pero se normalizaría al año. Se requieren estudios con períodos de seguimiento más prolongados para evaluar si la función del ventrículo derecho recupera completamente los valores prequirúrgicos más allá del año. El strain longitudinal de pared libre el ventrículo derecho puede ser más independiente de estos fenómenos y, por lo tanto, podría ser más útil para estimar la función global del ventrículo derecho en el posoperatorio temprano. La evaluación de la función del ventrículo derecho sigue siendo un desafío debido a la geometría del ventrículo derecho y a la poca información disponible en entornos específicos (por ejemplo después de la cirugía). También sigue siendo controvertido si la función longitudinal del ventrículo derecho representa su función sistólica global o sólo la representa parcialmente. En nuestro estudio, los valores de TAPSE y de la onda S' disminuyeron significativamente

a los tres meses después de la cirugía y luego mejoraron. Este comportamiento inicial no se observó para los valores de strain longitudinal de pared libre o fracción de acortamiento que no mostraron diferencias significativas. Los valores de TAPSE y de la onda S' podrían no ser buenos indicadores de la función del ventrículo derecho a los tres meses de la cirugía, sin mostrar correlación con el strain longitudinal. La disminución temprana de los valores de TAPSE y onda S' podría no representar una disminución real de la función del ventrículo derecho, sino más bien una alteración del desplazamiento longitudinal compensado por un aumento de la contractilidad circunferencial, en consonancia con la falta de cambios significativos en el strain longitudinal o la fracción de acortamiento. Al comparar los tres meses y el año el strain longitudinal no mostró cambios significativos, lo que indica también menor afectación de este parámetro, mientras que como ya se ha mencionado los valores de TAPSE y onda S' mejoraron significativamente respecto a los 3 meses. Los tres parámetros demostraron ser válidos para evaluar la función al año, cuando mostraron correlación entre todos ellos e indicaron que la función ventricular derecha estaba en el límite inferior de la normalidad o levemente deprimida. Esto sugiere que la técnica ecocardiográfica de elección durante el período postoperatorio temprano, medido a los tres meses, es la medición del strain longitudinal. La fracción de acortamiento no mostró cambios postquirúrgicos y no se vio afectada por variaciones en la función o por el tipo de cirugía.

Otros hallazgos:

Se realizó también un subanálisis entre las distintas técnicas quirúrgicas. No hallamos ninguna diferencia clínica (mortalidad ni morbilidad) ni ecocardiográfica ni a los 3 meses ni al año de la intervención quirúrgica entre realizar una anuloplastia simple o ampliada. Posteriormente se realizó el mismo subanálisis para evaluar las diferencias entre realizar una reparación valvular o un implante de prótesis. Se observó mayor implante de marcapasos en pacientes con reemplazo protésico que con reparación valvular. Desde el punto de vista ecocardiográfico los estudios postquirúrgicos mostraron valores medios de TAPSE y onda S' más bajos en el grupo de prótesis que en el grupo de reparación cuando se medía a los tres meses, lo que puede indicar una

mayor afectación de la función longitudinal del ventrículo derecho en los pacientes sometidos a un reemplazo protésico, poniendo en duda la validez de estos parámetros para la evaluación de la función ventricular derecha en el postoperatorio temprano si se ha implantado una prótesis. El acortamiento fraccional y el strain longitudinal de pared lateral no mostraron diferencias estadísticamente significativas a los 3 meses. No se observaron diferencias significativas en ningún parámetro funcional al año, aunque hubo una tendencia a valores medios más bajos en el grupo de prótesis. Esto refuerza nuestros resultados a la hora de evidenciar limitaciones de TAPSE y onda S' para evaluar la función ventricular derecha a los 3 meses de la cirugía.

Se realizó un subanálisis para evaluar la relación existente entre los parámetros de función y tamaño del ventrículo derecho respecto al grado de regurgitación tricúspide, es decir, respecto a la sobrecarga de volumen previa a la cirugía. Se observó una dilatación del ventrículo derecho proporcionalmente mayor con regurgitaciones tricúspides más severas, encontrando un aumento de los diámetros basal y medio del ventrículo derecho estadísticamente significativo con mayor grado de regurgitación ($p < 0,001$). En relación a los parámetros de función, la fracción de acortamiento aumentó significativamente y de forma progresiva con mayor grado de regurgitación tricúspide de leve a moderado-severo y luego disminuyó con regurgitaciones severas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas con los valores prequirúrgicos para los demás parámetros de función, observándose sólo tendencias no significativas. En el caso de TAPSE la función mostraba tendencia al empeoramiento desde el grado ligero a moderado y posteriormente mejoraba en regurgitaciones severas. Estos hallazgos podrían sugerir que TAPSE no es un parámetro válido para la evaluación de la función ventricular en pacientes con regurgitación tricúspide severa debido a su alta dependencia del volumen, aunque TAPSE podría ser relativamente independiente del grado de regurgitación y estar más relacionado con la función del ventrículo derecho en casos de regurgitación de grados menores a severo. En el caso del strain longitudinal se observaba como empeoraba en regurgitaciones severas pudiendo ser un parámetro con menor dependencia de volumen y reflejando el verdadero empeoramiento de la función ventricular derecha.

De acuerdo con todos estos hallazgos, concluimos que la decisión del tratamiento podría mejorarse teniendo en cuenta las características de la válvula tricúspide y otras características clínicas y variables ecocardiográficas evaluadas en nuestro estudio según se esquematiza en la figura 1. Además, ponemos de manifiesto que el parámetro de elección para evaluar la función ventricular derecha en el postoperatorio temprano es el strain longitudinal de ventrículo derecho.

Sin embargo, se necesitan más estudios con muestras más grandes, mayor poder estadístico y con mayor seguimiento temporal para proporcionar evidencia sólida sobre la asociación de las variables clínicas y ecocardiográficas a medio y largo plazo y los resultados de los diferentes abordajes quirúrgicos.

VII. CONCLUSIONES

1. Nuestro algoritmo de manejo de IT redundó en una disminución de la IT residual respecto a otras series. En nuestra serie, sólo el 3,3 % presentó IT residual severa y el 8.19 % de grado superior o igual a moderada.
2. Los parámetros ecocardiográficos TAPSE y onda S' no fueron parámetros fiables para estimar la función del VD a los 3 meses. Strain longitudinal resultó ser un parámetro menos dependiente y con menor variabilidad, por lo que podría ser de elección en el postoperatorio temprano. Al año, todos los parámetros mostraron buena correlación.
3. La FEVI fue el único predictor de mortalidad precoz (durante la estancia hospitalaria) y tardía (desde el alta hospitalaria al primer año de seguimiento). La IT residual no fue predictor de mortalidad.
4. En la valoración ecocardiográfica previa a la cirugía TAPSE podría ser un parámetro no válido para estimar la función en IT severa probablemente por la sobrecarga de volumen.
6. Las distintas técnicas de reparación valvular tuvieron una incidencia similar de IT residual, mortalidad precoz y mortalidad tardía.
7. Los pacientes con reparación valvular y recambio protésico tuvieron una incidencia similar de IT residual, mortalidad precoz y mortalidad tardía.
8. No hubo predictores de IT residual al año.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Singh JP, Evans JC, Levy D, Larson MG, Freed LA, Fuller DL, Lehman B, Benjamin EJ. Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation. *Am J Cardiol.* 1999; 83:897-902.
2. Katsi V, Raftopoulos L, Aggeli C, Vlasseros I, Felekos I, Tousoulis D, Stefanadis C, Kallikazaros. Tricuspid regurgitation after successful mitral valve surgery. *Interactive CardioV and Thor Surg.* 2012;15:102-108.
3. Shiran A, Sagie A. Tricuspid regurgitation in mitral valve disease incidence, prognostic implications, mechanism, and management. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:401-408.
4. Hannoush H, Fawzy ME, Stefadouros M, Moursi M, Chaudhary MA, Dunn B. Regression of significant tricuspid regurgitation after mitral balloon valvotomy for severe mitral stenosis. *Am Heart J.* 2004;148:865-870.
5. Dreyfus G, Corbi PJ, Chan KM, Bahrami T. Secondary tricuspid regurgitation or dilatation: which should be the criteria for surgical repair?. *Ann Thorac Surg.* 2005;79:127-32.
6. Mutlak D, Aronson D, Lessick J, Reisner SA, Dabbah S, Agmon Y. Functional tricuspid regurgitation in patients with pulmonary hypertension: is pulmonary artery pressure the only determinant of regurgitation severity?. *Chest.* 2009;135:115-121.
7. Navia JL, Nowicki ER, Blackstone EH, Brozzi NA, Nento DE, Atik FA, Rajeswaran J, Gillinov AM, Svensson LG, Lytle BW. Surgical management of secondary tricuspid valve regurgitation: annulus, commissure, or leaflet procedure?. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139:1473-1482.
8. Song H, Kim MJ, Chung CH, Choo SJ, Song MG, Song JM, Kang DH, Lee JW et al. Factors associated with development of late significant tricuspid regurgitation after successful left- sided valve surgery. *Heart.* 2009;95:931-936.
9. Sun-Yang Min, Jong-Min Song, Jeong-Hoon Kim, Min-Kyong Jang, Yun-Jeong Kim, Haeguen Song, Dae-Hee Kim, Jae Won Lee, et al. Geometric changes after tricuspid annuloplasty and predictors of residual tricuspid regurgitation: a real-time three-dimensional echocardiography study. *European Heart Journal.* 2010;31:2871-2880.
10. Sylva M, van den Hoff MJ, Moorman AF. Development of the human heart.

Am J Med Genet A.2014;164:1347-71.

11. Tan CM , Lewandowski AJ. The Transitional Heart: From Early Embryonic and Fetal Development to Neonatal Life. *Fetal Diagn Ther.*2020;47:373-386.

12. Tarniceriu CC, Hurjui LL, Tanase DM, Nedelcu AH, Gadinaru I, Ursaru M, Rudeanu AS, Delianu C, Lozneau L. The Pulmonary Venous Return from Normal to Pathological—Clinical Correlations and Review of Literature. *Medicina* :2021; 57: 293.

13. Singh SK, Tang GH, Manganti MD, Armstrong S, Williams WG, David TE, Borger MA. Midterm outcomes of tricuspid valve repair versus replacement for organic tricuspid disease. *Ann Thorac Surg.*2006;82:1735-41.

14. Cañas Caña A. Cirugía reparadora de la válvula tricúspide. *Cir.Cardiov.* 2010;17:381-3.

15. Tricuspid valve repair: is ring annuloplasty superior?. Guenther T, Mazzitelli D, Noebauer C, Hettich I, Tassani-Prell P, Voss B, Lange R. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;43:58-65.

16. Khorsandi M, Banerjee A, Singh H, Srivastavac AR. Is a tricuspid annuloplasty ring significantly better than a De Vega's annuloplasty stitch when repairing severe tricuspid regurgitation?. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.*2012;15: 129–135.

17. Bernal JM, Herreros J. Annuloplasty selective, adjustable and permanent. An original technique for the treatment of tricuspid insufficiency. *Cir Cardio.*2012;19:367-371.

18. De Bonis M, Lapenna E, Taramaso M, Manca M, Calabrese MC, Buzzatti N, Rossodivita A, Pappalardo F, Dorigo E, Alfieri O. Mid-term results of tricuspid annuloplasty with a three-dimensional remodelling ring. *J Card Surg.* 2012;27:288-94.

19. Pagnesi M, Montalto C, Mangieri A, Agricola E, Chiarito M, Ancona MB, Regazzoli D, Testa L, De Bonis M, Moat NE, Rodes-Cabau J, Colombo A, Latib A. Tricuspid annuloplasty versus a conservative approach in patients with functional tricuspid regurgitation undergoing left-sided heart valve surgery: A study-level meta-analysis. *Int J Cardiol.*2017;240:138-144.

20. Goel A, Malik AH, Gupta R, Rawal H, Bandyopadhyay D. Concomitant tricuspid valve repair in patients undergoing mitral valve surgery: A recent update. *Int J Cardiol.* 2022;357:121.

21. Matsunaga A, Duran CM. Progression of tricuspid regurgitation after

- repaired functional ischemic mitral regurgitation. *Circulation*. 2005;112:1453-1457.
22. Chan V, Burwash IG, Lam BK, Auyeung T, Tran A, Mesana TG, Ruel M. Clinical and echocardiographic impact of functional tricuspid regurgitation repair at the time of mitral valve replacement. *Ann Thorac Surg*. 2009;88:1209-1215.
23. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, Capodanno D, Conradi L, De Bonis M, De Paulis R, Delgado V, Freemantle N, Gilard M, Haugaa KH, Jeppsson A, Jüni P, Pierard L, Prendergast BD, Sádaba JR, Tribouilloy C, Wojakowski W. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. ESC/EACTS Scientific Document Group. *Eur Heart J*. 2022;43:561-632
24. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Gentile F, Jneid H, Krieger EV, Mack M, McLeod C, O'Gara PT, Rigolin VH, Sundt TM 3rd, Thompson A, Toly C. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143:e35-e71.
25. Campelo-Parada F, Lairez O, Carrié D. Percutaneous Treatment of the Tricuspid Valve Disease: New Hope for the "Forgotten" Valve. *Rev Esp Cardiol*. 2017;70:856-866.
26. Hahn RT, Meduri CU, Davidson CJ, Lim S, Nazif TM, Ricciardi MJ, Rajagopal V, Ailawadi G, Vannan MA, Thomas JD, Fowler D, Rich S, Martin R, Ong G, Groothuis A, Kodali S. Early Feasibility Study of a Transcatheter Tricuspid Valve Annuloplasty: SCOUT Trial 30-Day Results. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69:1795-1806.
27. Nickenig G, Weber M, Lurz P, von Bardeleben RS, Sitges M, Sorajja P, Hausleiter J, Denti P, Trochu JN, Nábauer M, Dahou A, Hahn RT. Transcatheter edge-to-edge repair for reduction of tricuspid regurgitation: 6-month outcomes of the TRILUMINATE single-arm study. *Lancet*. 2019 Nov 30;394:2002-2011.
28. Lurz P, Stephan von Bardeleben R, Weber M, Sitges M, Sorajja P, Hausleiter J, Denti P, Trochu JN, Nabauer M, Tang GHL, Biaggi P, Ying SW, Trusty PM, Dahou A, Hahn RT, Nickenig G; TRILUMINATE Investigators. Transcatheter Edge-to-Edge Repair for Treatment of Tricuspid Regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2021 Jan 26;77:229-239

29. El-Eshmawi A, Pandis D , Adams D , Tang GH . Tricuspid valve surgery: repair and replacement. *Minerva Cardioangiol.* 2018 ;66 :700-712.
26. Vukicevic M, Faza NN, Little SH. Patient-specific preprocedural planning for tricuspid valve repair and replacement procedures. *Curr Opin Cardiol.* 2021;36 :495-504.
30. Fam NP, von Bardeleben RS, Hensey M, Kodali SK, Smith RL, Hausleiter J, Ong G, Boone R, Ruf T, George I, Szerlip M, Nábauer M, Ali FM, Moss R, Bapat V, Schnitzler K, Kreidel F, Ye J, Deva DP, Mack MJ, Grayburn PA, Peterson MD, Leon MB, Hahn RT, Webb JG. Transfemoral Transcatheter Tricuspid Valve Replacement With the EVOQUE System: A Multicenter, Observational, First-in-Human Experience. *JACC Cardiovasc Interv.*2021;14:501-511.
31. Atianzar K , Zhang M , Gafoor S. Percutaneous tricuspid valve replacement: orthotopic and heterotopic valves. *Minerva Cardioangiol.* 2018 ;66 :729-734.
32. Krishnaswamy A , Navia J, Kapadia SR. Transcatheter Tricuspid Valve Replacement. *Interv Cardiol Clin.* 2018 ;7 :65-70.
33. Asmarats L, Puri R, Latib A, Navia JL; Rodés-Cabau J. Transcatheter Tricuspid Valve Interventions: Landscape, Challenges, and Future Directions. *J Am Coll Cardiol.* 2018 ;71 :2935-2956.
34. Rahgozar K, Ho E, Goldberg Y, Chau M, Latib A. Transcatheter tricuspid valve repair and replacement: a landscape review of current techniques and devices for the treatment of tricuspid valve regurgitation . *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2021;19 :399-411.
35. Pinney SP. The role of tricuspid valve repair and replacement in right heart failure. *Curr Opin Cardiol.* 2012 ;27 :288-95.
36. Muraru D, Mihaila-Baldea S , Badano LP. Transcatheter Tricuspid Valve Replacement: Taking it One Step Further. *J Am Coll Cardiol.* 2019 ;73 :158-160.
37. Ouda A, Matschke K, Ghazy T, Speiser U, Alexiou K, Tugtekin SM, Schoen S, Kappert U. Right ventricular reduction for repair of functional tricuspid valve regurgitation: one-year follow up. *J Heart Valve Dis.* 2013 ;22 :754-61.
38. Arsalan M, Walther T, Smith RL 2nd, Grayburn PA. Tricuspid regurgitation diagnosis and treatment. *Eur Heart J.* 2017 Mar 1;38 :634-638.
39. Meijerink F, Koch KT, de Winter RJ, Robbers-Visser D, Boekholdt SM, Holierook M, Baan J, Bouma BJ. Tricuspid regurgitation after transcatheter

mitral valve repair: Clinical course and impact on outcome. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2021;98:E427-E435

40. Wang G, Sun Z, Xia J, Deng Y, Chen J, Su G, Ke Y. Predictors of secondary tricuspid regurgitation after left-sided valve replacement. *Surg Today.* 2008;38:778-83.

41. Pozzoli A, Buzzatti N, Vicentini L, DE Bonis M, Alfieri O. Results of tricuspid valve surgery for functional tricuspid regurgitation: acute and long-term outcomes and predictors of failure. *Minerva Cardioangiol.* 2017;65:491-499.

42. Rodríguez-Palomares JF, Lozano-Torres J, Dentamaro I, Valente FX, Avilés AS, García-Moreno LG, Sabaté PR, Otaegui I, Rosique BM, Calabria HC, Masip AE, Mas PT, Ferreira-González I, González-Alujas MT. Predictors of cardiovascular outcomes after surgery in severe tricuspid regurgitation: clinical, imaging and hemodynamic prospective study. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2021;74:655-663.

43. Hsiao SH, Lin SK, Wang WC, Yang SH, Gin PL, Liu CP. Severe tricuspid regurgitation shows significant impact in the relationship among peak systolic tricuspid annular velocity, tricuspid annular plane systolic excursion, and right ventricular ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006;19:902-10.

44. Izumi C. Isolated functional tricuspid regurgitation: When should we go to surgical treatment?. *J Cardiol.* 2020 Apr;75(4):339-343.

45. Maslow A, Abisse S, Parikh L, Apruzzese P, Cilia L, Gleason P, Singh A, Poppas A. Echocardiographic Predictors of Tricuspid Ring Annuloplasty Repair Failure for Functional Tricuspid Regurgitation. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33:2624-2633.

46. Park SJ, Oh JK, Kim SO, Lee SA, Kim HJ, Lee S, Jung SH, Song JM, Choo SJ, Kang DH, Chung CH, Song JK, Lee JW, Kim DH, Kim JB. Determinants of clinical outcomes of surgery for isolated severe tricuspid regurgitation. *Heart.* 2021;107:403-410.

47. Seo J, Kim DY, Cho I, Hong GR, Ha JW, Shim CY. Prevalence, predictors, and prognosis of tricuspid regurgitation following permanent pacemaker implantation. *PLoS One.* 2020;15:e0235230.

48. Kuwaki K, Morishita K, Tsukamoto M, Abe T. Tricuspid valve surgery for functional tricuspid valve regurgitation associated with left-sided valvular disease. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20:577-82.

49. Yoshida J, Ikenaga H, Hayashi A, Yamaguchi S, Nagaura T, Rader F, Siegel

RJ, Makkar RR, Shiota T. Predictors and Outcomes of Persistent Tricuspid Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Am J Cardiol.* 2019;124:772-780.

50. Bianchi G, Solinas M, Bevilacqua S, Glauber M. Which patient undergoing mitral valve surgery should also have the tricuspid repair?. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2009;9:1009-20.

51. Zhu TY, Min XP, Zhang HB, Meng X. Preoperative risk factors for residual tricuspid regurgitation after isolated left-sided valve surgery: a systematic review and meta-analysis. *Cardiology.* 2014;129:242-9.

52. Izumi C, Miyake M, Takahashi S, Matsutani H, Hashiwada S, Kuwano K, Hayashi H, Nakajima S, Nishiga M, Hanazawa K, Sakamoto J, Kondo H, Tamura T, Kaitani K, Yamanaka K, Nakagawa Y. Progression of isolated tricuspid regurgitation late after left-sided valve surgery. Clinical features and mechanisms. *Circ J.* 2011;75:2902-7.

53. Vaturi M, Kotler T, Shapira Y, Weisenberg D, Monakier D, Sagie A. Prevalence of Late Functional Tricuspid Regurgitation in Degenerative Mitral Regurgitation Surgery. *J Heart Valve Dis.* 2016;25:157-161.

54. Izumi C, Iga K, Konishi T. Progression of isolated tricuspid regurgitation late after mitral valve surgery for rheumatic mitral valve disease. *J Heart Valve Dis.* 2002;11:353-6.

55. Aksoy R, Karagöz A, Çevirme D, Dedemoğlu M, Hancer H, Kılıçgedik A, Rabus MB. The factors associated with progression of tricuspid regurgitation after left-sided double valve replacement in propensity score matched analysis. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2022;30:147-156.

56. Benedetto U, Melina G, Angeloni E, Refice S, Roscitano A, Comito C, Sinatra R. Prophylactic tricuspid annuloplasty in patients with dilated tricuspid annulus undergoing mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143:632-8.

57. Matsuyama K, Matsumoto M, Sugita T, Nishizawa J, Tokuda Y, Matsuo T. Predictors of residual tricuspid regurgitation after mitral valve surgery. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:1826-8.

58. Kwak JJ, Kim YJ, Kim MK, Kim HK, Park JS, Kim KH, Kim KB, Ahn H, Sohn DW, Oh BH, Park YB. Development of tricuspid regurgitation late after left-sided valve surgery: a single-center experience with long-term echocardiographic examinations. *Am Heart J.* 2008;155:732-7.

59. Van de Veire NR, Braun J, Delgado V, Versteegh MI, Dion RA, Klautz RJ, Bax JJ. Tricuspid annuloplasty prevents right ventricular dilatation and progression of tricuspid regurgitation in patients with tricuspid annular dilatation undergoing mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;141:1431-9.
60. Kwon CH, Cho SW, Song JM, Choo SJ, Chung CH, Lee JW, Kim DH, Kang DH, Song JK. Predictors of late improvement of significant remnant tricuspid regurgitation detected early after tricuspid annuloplasty. *Can J Cardiol.* 2015;31:69-75.
61. Aydın A, Demircin M, Doğan R, Yılmaz M, Paşaoğlu İ. Predictors for Progression of Tricuspid Insufficiency Following Left-Sided Valvular Surgery: A Retrospective Cohort Study. *Heart Surg Forum.* 2019;22:E262-E268.
62. Shinn SH, Dayan V, Schaff HV, Dearani JA, Joyce LD, Lahr B, Greason KL, Stulak JM, Daly RC. Outcomes of ring versus suture annuloplasty for tricuspid valve repair in patients undergoing mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152:406-415.
63. David TE, David CM, Manlihot C. Tricuspid annulus diameter does not predict the development of tricuspid regurgitation after mitral valve repair for mitral regurgitation due to degenerative diseases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155:2429-2436.
64. Teman NR, Ailawadi G. Prophylactic tricuspid repair: The battle is lost, but the war is not over. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155:2437-2438.
65. Sordelli C, Lancellotti P, Carlomagno G, Di Giannuario G, Alati E, De Bonis M, Alfieri O, La Canna G. Tricuspid Annular Size and Regurgitation Progression After Surgical Repair for Degenerative Mitral Regurgitation. *Am J Cardiol.* 2016;118:424-31.
66. Hage A, Hage F, Jones PM, Manian U, Tzemos N, Chu MWA. Evolution of Tricuspid Regurgitation After Repair of Degenerative Mitral Regurgitation. *Ann Thorac Surg.* 2020;109:1350-1355.
67. Ng P, Cherian R, Chan SP, Soo WM, Kong W, Poh KK, Wong R, Yeo TC, Ling LH, Tay E. Severe Functional Tricuspid Valve Regurgitation: Predictors of Mortality After Initial Diagnosis. *Heart Lung Circ.* 2022;31:1234-1240.
68. Urbanowicz T, Michalak M, Kociemba A, Straburzyńska-Migaj E, Katarzyński S, Grajek S, Jemielity M. Predictors of Tricuspid Valve Anulus Dilatation in a Heart Recipient Population. *Transplant Proc.* 2016;48:1742-5.
69. Abohamar MD, Ashmawy MM, Kasem HK, Hamdy EA, El Sheikh RG.

- Original Article--Predictors of Persistent Functional Tricuspid Regurgitation After Transcatheter Closure of Atrial Septal Defect and its Relationship to Tricuspid Valve Remodeling. *J Saudi Heart Assoc.* 2021;33:53-60.
70. Dhoble A, Peerbhai S, Zhao Y, Vejpongsa P, Garcia-Sayan E, Smalling RW, Estrera A, Nguyen TC. Rates, predictors, and outcomes of early readmissions after tricuspid valve surgery. *J Card Surg.* 2020;35:1848-1855.
71. Kavsur R, Iliadis C, Spieker M, Brachtendorf BM, Tiyerili V, Metze C, Horn P, Baldus S, Kelm M, Nickenig G, Pfister R, Westenfeld R, Becher MU. Predictors and prognostic relevance of tricuspid alterations in patients undergoing transcatheter edge-to-edge mitral valve repair. *EuroIntervention.* 2021;17:827-834.
72. Sarralde JA, Bernal JM, Llorca J, Pontón A, Diez-Solorzano L, Giménez-Rico JR, Revuelta JM. Repair of rheumatic tricuspid valve disease: predictors of very long-term mortality and reoperation. *Ann Thorac Surg.* 2010;90:503-8.
73. Bernal JM, Pontón A, Diaz B, Llorca J, García I, Sarralde JA, Gutiérrez-Morlote J, Pérez-Negueruela C, Revuelta JM. Combined mitral and tricuspid valve repair in rheumatic valve disease: fewer reoperations with prosthetic ring annuloplasty. *Circulation.* 2010;121:1934-40.
74. Tagliari AP, Perez-Camargo D, Taramasso M. Tricuspid regurgitation: when is it time for surgery?. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2021 ;19 :47-59.
75. Taramasso M, Gavazzoni M, Pozzoli A, Dreyfus GD, Bolling SF, George I, Kapos I, Tanner FC, Zuber M, Maisano F, Hahn RT. Tricuspid Regurgitation: Predicting the Need for Intervention, Procedural Success, and Recurrence of Disease. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2019 ;12 :605-621.
76. Tamborini G, Fusini L, Muratori M, Gripari P, Ghulam Ali S, Fiorentini C, Pepi M. Right heart chamber geometry and tricuspid annulus morphology in patients undergoing mitral valve repair with and without tricuspid valve annuloplasty. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2016 ;32 :885-94.
77. Arsalan M, Walther T, Smith RL 2nd, Grayburn PA. Tricuspid regurgitation diagnosis and treatment. *Eur Heart J.* 2017 ;38 :634-638.
78. O'Gara PT, Gillinov M, Rodés-Cabau J. Surgery for Isolated Tricuspid Regurgitation: Limitations of Observational Analyses. *J Am Coll Cardiol.* 2019 ;74 :726-728.
79. Raja SG, Dreyfus GD. Surgery for functional tricuspid regurgitation: current techniques, outcomes and emerging concepts. *Expert Rev Cardiovasc Ther.*

2009 ;7 :73-84.

80. Chen JM, Liu S, Wang WS, Lu YT, Ming Y, Wei L, Wang CS. Surgical treatment for tricuspid regurgitation after left-sided valve surgery . *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2019 ;57 :947-950.

81. Patel KM, Kumar NS, Neuburger PJ, Desai RG, Krishnan S. Functional Tricuspid Regurgitation in Patients With Chronic Mitral Regurgitation: An Evidence-Based Narrative Review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022 ;36 :1730-1740.

82. Mahesh B, Wells F, Nashef S, Nair S. Role of concomitant tricuspid surgery in moderate functional tricuspid regurgitation in patients undergoing left heart valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013 ;43 :2-8.

83. Gammie JS, Chu MWA, Falk V, Overbey JR, Moskowitz AJ, Gillinov M, Mack MJ, Voisine P, Krane M, Yerokun B, Bowdish ME, Conradi L, Bolling SF, Miller MA, Taddei-Peters WC, Jeffries NO, Parides MK, Weisel R, Jessup M, Rose EA, Mullen JC, Raymond S, Moquete EG, O'Sullivan K, Marks ME, Iribarne A, Beyersdorf F, Borger MA, Geirsson A, Bagiella E, Hung J, Gelijns AC, O'Gara PT, Ailawadi G; CTSN Investigators. Concomitant Tricuspid Repair in Patients with Degenerative Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*. 2022 ;386 :327-339.

84. Dreyfus J, Audureau E, Bohbot Y, Coisne A, Lavie-Badie Y, Bouchery M, Flagiello M, Bazire B, Eggenspieler F, Viau F, Riant E, Mbaki Y, Eyharts D, Senage T, Modine T, Nicol M, Doguet F, Nguyen V, Le Tourneau T, Tribouilloy C, Donal E, Tomasi J, Habib G, Selton-Suty C, Raffoul R, Lung B, Obadia JF, Messika-Zeitoun D. TRI-SCORE: a new risk score for in-hospital mortality prediction after isolated tricuspid valve surgery. *Eur Heart J*. 2022 ;43 :654-662.

85. Addetia K, Lang RM. Functional tricuspid regurgitation: challenging the old beliefs. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022 ;23 :941-943.

86. Bax JJ, van der Bijl P. Etiology and Outcomes of Isolated Tricuspid Regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022 ;15 :745-746.

87. Jonsson AA, Halkos ME. Surgical Correction of Tricuspid Regurgitation. *Interv Cardiol Clin*. 2022 ;11 :41-50.

88. Yokoyama Y, Tsukagoshi J, Takagi H, Takayama H, Kuno T. Concomitant tricuspid annuloplasty in patients with mild to moderate tricuspid valve regurgitation undergoing mitral valve surgery: meta-analysis. *J Cardiovasc Surg* . 2022 ;63 :624-631.

89. Sala A, Lorusso R, Alfieri O. Isolated tricuspid valve surgery: beyond the idea of a high-mortality surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2022 ;62 :ezac151.
90. Sala A, Lorusso R, Alfieri O. Isolated tricuspid regurgitation: A plea for early correction. *Int J Cardiol.* 2022 ;353:80-85.
91. Lee H, Kim J, Jung JH, Yoo JS. Surgical edge-to-edge repair for tricuspid regurgitation: Impact of the concomitant annuloplasty. *Int J Cardiol.* 2023;372:85-90.
92. Kim DY, Cho I, Hong GR, Ha JW, Shim CY. Factors Associated With the Occurrence of Significant Mitral Regurgitation After Tricuspid Valve Surgery for Severe Isolated Tricuspid Regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2023;36:118-121.
93. Anand V, Scott CG, Hyun MC, Lara-Breitinger K, Nkomo VT, Kane GC, Pislaru C, Kopecky KF, Schulte PJ, Pislaru SV. The 5 Phenotypes of Tricuspid Regurgitation: Insight From Cluster Analysis of Clinical and Echocardiographic Variables. *JACC Cardiovasc Interv.* 2023;16:156-165.
94. Nishiura N, Kitai T, Okada T, Sano M, Miyawaki N, Kim K, Murai R, Toyota T, Sasaki Y, Ehara N, Kobori A, Kinoshita M, Koyama T, Furukawa Y. Long-Term Clinical Outcomes in Patients With Severe Tricuspid Regurgitation. *J Am Heart Assoc.* 2023;12:e025751.
95. Chen J, Yang Y, Song W, Feng D, Yan Y, Wang C, Wei L. Transcatheter tricuspid valve-in-valve implantation for degenerated surgical bioprosthesis. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2023.
96. Shih E, George TJ, DiMaio JM, Squiers JJ, Banwait JK, Hutcheson KA, Smith RL, Ryan WH. Contemporary Outcomes of Isolated Tricuspid Valve Surgery. *J Surg Res.* 2023;283:1-8.
97. Danenberg HD, Topilsky Y, Planer D, Maor E, Guetta V, Sievert H, Hausleiter J, Carmel C, Piayda K, Flint N, Yaron D, Beerl R. Tricuspid Valve Repair by Chordal Grasping: Mistral First-in-Human Trial Results at 6 Months. *JACC Cardiovasc Interv.* 2023;16:244-246.
98. Sagheer S, Sohail AH, Shahjehan RD, Zaidi SH, Khan UA, Arshad HB, Sheikh AB, Paul A, Wasty N. National Trends and Outcomes of Tricuspid Valve Surgery with Concomitant Mitral Valve Surgery: Results From a Ten-year Analysis of the National Inpatient Sample Database. *Curr Probl Cardiol.* 2023;48:101523.
99. Moral S, Abulí M, Méndez I, González-Gómez A, García-Quintana A,

Menduiña I, Payá R, Esteban E, Sánchez PL, Díaz E, de la Morena G, Calvo-Iglesias F, Gallego P, Ballesteros E, Brugada R, Evangelista A. Invasive management of significant tricuspid regurgitation in clinical practice. *Int J Cardiol.*2023:S0167-5273(23)00048-7.

100. TM Maus. TAPSE: A Red Herring After Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;32:779-781.

101. Sun X, Zhang H, Aike B, Yang S, Yang Z, Dong L, Wang F, Wang C. Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) can predict the outcome of isolated tricuspid valve surgery in patients with previous cardiac surgery?. *J Thorac Dis.* 2016;8:369-74


102. Korshin A, Grønlykke L, Holmgaard F, Kjølner SM, Gustafsson F, Nilsson JC, Ravn HB. Right ventricular transverse displacement increases following cardiac surgery: possibly compensating loss in tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE). *J Clin Monit Comput.* 2020;34:1139-1148.

103. Naoum EE, Schofield PT, Shen T, Andrawes MN, Kuo AS. Agreement Between Transesophageal Echocardiographic Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion Measurement Methods in Cardiac Surgery Patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33:717-724.

104. Korshin A, Grønlykke L, Nilsson JC, Møller-Sørensen H, Ihlemann N, Kjølner SM, Damgaard S, Lehnert P, Hassager C, Kjaergaard J, Ravn HB. Tricuspid annular plane systolic excursion is significantly reduced during uncomplicated coronary artery bypass surgery: A prospective observational study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;158:480-489.

105. Garcia Gigorro R, Renes Carreño E, Mayordomo S, Marín H, Perez Vela JL, Corres Peiretti MA, Montejo González JC. Evaluation of right ventricular function after cardiac surgery: The importance of tricuspid annular plane systolic excursion and right ventricular ejection fraction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152:613-20.

openheart Surgical management of tricuspid regurgitation: a new algorithm to minimise recurrent tricuspid regurgitation

Diego Rodriguez Torres ¹, Lucía Torres Quintero,² Diego Segura Rodríguez,³ Jose Manuel Garrido Jimenez,⁴ Maria Esteban Molina,⁴ Francisco Gomera Martínez,⁴ Eduardo Moreno Escobar,³ Rocio Garcia Orta²

► Additional supplemental material is published online only. To view, please visit the journal online (<http://dx.doi.org/10.1136/openhrt-2022-002011>).

To cite: Rodriguez Torres D, Torres Quintero L, Segura Rodríguez D, *et al.* Surgical management of tricuspid regurgitation: a new algorithm to minimise recurrent tricuspid regurgitation. *Open Heart* 2022;**9**:e002011. doi:10.1136/openhrt-2022-002011

Received 10 March 2022
Accepted 6 July 2022



© Author(s) (or their employer(s)) 2022. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use. See rights and permissions. Published by BMJ.

¹Universidad de Granada, Granada, Spain

²Cardiology, Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada, Spain

³Cardiology, Hospital Universitario San Cecilio, Granada, Spain

⁴Cardiovascular Surgery, Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada, Spain

Correspondence to

Dr Diego Rodriguez Torres; diegojrodrigueztorres@yahoo.es

ABSTRACT

Introduction Recurrent tricuspid regurgitation (TR) is frequently observed after cardiac surgery; however, the correct approach remains controversial. We developed an algorithm for action on the tricuspid valve (TV) and conducted a 1-year follow-up study. The aim was to assess the efficacy of the algorithm to minimise residual TR after TV surgery. The hypothesis was that the TR rate at 1 year would be reduced by selecting the surgical approach in accordance with a set of preoperative clinical and echocardiographic variables.

Methods A prospective, observational, single-centre study was performed in 76 consecutive patients with TV involvement. A protocol was designed for their inclusion, and data on their clinical and echocardiographic characteristics were gathered at 3 months and 1-year postsurgery. The treatment of patients depended on the degree of TR. Surgery was performed in all patients with severe or moderate-to-severe TR and in those with mild or moderate TR alongside the presence of certain clinical or echocardiographic factors. They underwent annuloplasty or extended valve repair when the TV was distorted. If repair techniques were not feasible, a prosthesis was implanted. Residual TR rates were compared with published reports, and predictors of early/late mortality and residual TR were evaluated.

Results TR was functional in 69.9% of patients. Rigid ring annuloplasty was performed in 35.7% of patients, De Vega annuloplasty in 27.1%, extended repair in 11.4% and prosthetic replacement in 25.7%. TR was moderate or worse in 8.19% of patients (severe in 3.27%) at 1 year postintervention. No clinical, surgical or epidemiological variables were significantly associated with residual TR persistence, although annulus diameter showed a close-to-significant association. Total mortality was 12.85% for all causes and 10% for cardiovascular causes. In multivariate analysis, left ventricular ejection fraction was related to both early and late mortality.

Conclusions Severe residual TR was significantly less frequent than reported in other series, being observed in less than 4% of patients at 1-year postsurgery.

INTRODUCTION

The tricuspid valve (TV) was long known as the ‘forgotten valve’, because tricuspid

WHAT IS ALREADY KNOWN ON THIS TOPIC

- ⇒ Recurrent tricuspid regurgitation (TR) is frequently observed after cardiac surgery, ranging between 10% and 30%.
- ⇒ TR after cardiac surgery continues to be frequent and associated with a poor prognosis.

WHAT THIS STUDY ADDS

- ⇒ We developed a new algorithm for action on the tricuspid valve and conducted a 1-year follow-up study to evaluate the recurrence of TR.
- ⇒ The hypothesis was that the TR rate at 1 year would be reduced. Secondary objectives were to determine the mortality and to evaluate predictors of TR at 1 year and predictors of early and late mortality.

HOW THIS STUDY MIGHT AFFECT RESEARCH, PRACTICE OR POLICY

- ⇒ Selecting the surgical approach according to a set of preoperative clinical and echocardiographic variables could reduce the recurrence of TR.
- ⇒ At 1 year, 8.19% of the patients had ≥ moderate TR, including 3.27% with severe TR.

regurgitation (TR) was considered resolved by left disease surgery. However, various researchers found that left heart valve treatment did not correct tricuspid annular dilatation or improve right ventricular (RV) function.¹ Follow-up studies also observed TR persistence or progression in patients who had not undergone TV surgery and even in those who had. For instance, Shiran and Sagie found that only 33% of severe/moderate TR cases became mild after mitral valvuloplasty.²

TR is frequent in patients with concomitant heart disease, especially valve disease. The prevalence of TR is 15% overall and higher in patients with left disease, and it is the most frequent complication of mitral disease. In cases of heart failure (HF), TR grade >2/4 has been reported in 35%

overall, in 30% of those with severe mitral regurgitation, and in 50% of those treated with mitral valve surgery.³

The surgical technique of choice remains under debate,^{4–7} although valve repair is the most common approach, especially rigid ring annuloplasty, with reports that 15% of the patients have residual TR in comparison to 20%–35% of those undergoing other procedures.¹ Additional techniques applied in cases of marked valve deformity or ventricular remodelling include anterior leaflet extension, neochordae implantation, decalcification or commissuroplasty. Prosthetic replacement is a last resort.

The presence of residual TR and its grade are independent predictors of mortality, which is more likely with higher severity. The persistence of TR grade 3–4/4 after mitral valve replacement is associated with worse functional class and with higher mortality rates for HF and all causes.⁸

The frequency of residual TR after tricuspid surgery ranges between 10% and 30%⁹ according to the baseline characteristics of patients and the surgical approach, among other factors.^{10–12} In one follow-up study, only 32% of patients had no residual TR at 3 months post-surgery and only 22% at 5 months, while TR grade 3/4 was recorded at the same time points in 11% and 17% of patients, respectively.¹³ TR grade 3/4 was observed in 12% of patients after rigid ring annuloplasty, 16% after flexible prosthesis implantation, 24% after De Vega annuloplasty, 44% after periguard annuloplasty, and 19% after Kay's annuloplasty.¹³

Annulus dilatation is known to be a preoperative predictor of residual TR. However, there is no consensus on other potential predictors, including the presence of right HF, pulmonary hypertension, increased atrial volume, atrial fibrillation (AFib), rheumatic mitral valve disease, marked RV remodelling/dysfunction or a history of ischaemic heart disease.^{14–16} There is wide agreement on the therapeutic response to severe TR, but the approach to lesser grades remains controversial. Thus, American clinical practice guidelines¹⁷ centre on severe or progressive TR, while European guidelines¹⁸ include recommendations for lower grades associated with certain predictors of residual TR. The evidence underlying European guidelines includes data on: the association of severe TR with congestive HF¹⁹; poor outcomes in isolated severe TR cases attributed to late patient management²⁰; good survival rates after combined tricuspid and mitral valve surgery,²¹ and the predictive capacity of annulus size.^{1, 22} Brescia *et al*²³ followed European clinical practice guidelines in patients with functional TR and reported absent or only moderate TR in a large proportion of patients, with the persistence of good RV function. Other authors underscored the need for careful patient selection to improve outcomes.²² In contrast, one study found that survival was not improved by surgery in comparison to medical treatment.²⁴ American guidelines cite multiple references related to TR of different grades/etiologies

Table 1 Tricuspid valve surgery protocol

1. Surgical management of tricuspid valve regurgitation	
Moderate to severe or severe tricuspid regurgitation	Always Following indications of clinical guidelines: symptoms or progressive RV dilatation/declining RV function.
Mild tricuspid regurgitation if mitral surgery or moderate tricuspid regurgitation if other cardiac surgery	Plus one of the following criteria: ▶ Annulus >39 mm (21 mm/m ²) ▶ Permanent atrial fibrillation ▶ Mitral rheumatic valve disease ▶ Previous right heart failure Plus two of the following criteria: ▶ Severe right or left atrial dilatation ▶ Ischaemic cardiomyopathy ▶ RV remodelling/dysfunction or TV distortion ▶ SPAP >60 mm Hg
2. Criteria for extended repair	
▶ Severe valve anatomy distortion: tenting area >1.0 cm ² and coaptation height >8 mm.	
3. Criteria for prosthesis implantation	
▶ Severe valve anatomy distortion plus severe RV dilatation (apical four-chamber basal diameter ≥55 mm or medial diameter ≥50 mm) or moderate to severe dysfunction (visual EF or TAPSE <13).	
▶ When repair or advanced repair is not feasible due to substantive calcification/thickening/fibrosis of leaflets or annulus	
EF, ejection fraction; RV, right ventricle; SPAP, systolic pressure pulmonary artery; TAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion; TV, tricuspid valve.	

and associated predictive factors; however, almost all focus on the study of severe TR.

With the above background, we hypothesised that the TR rate at 1 year would be reduced by selecting the surgical approach in accordance with a set of preoperative clinical and echocardiographic variables. A corresponding algorithm was implemented in this study, following up patients during 1 year after TV surgery to evaluate TR recurrence. The primary objective of the study was to assess the efficacy of this novel algorithm for surgical intervention to TR, considering the residual TR as primary endpoint. Secondary objectives were to determine the mortality for all causes and for cardiovascular disease with implementation of the algorithm and to evaluate predictors of TR at 1 year and predictors of early and late mortality.

METHODS

This prospective, observational, single-centre study included patients undergoing cardiac surgery. Surgery was indicated in patients with heart disease (eg, coronary or valve disease) who fulfilled the criteria for surgery in clinical practice guidelines. At the same time, patients underwent surgery on the TV according to the algorithm exhibited in [table 1](#). The decision on TV valve intervention and the surgical technique was based on the degree of TR, aetiology, TV anatomy, RV function and

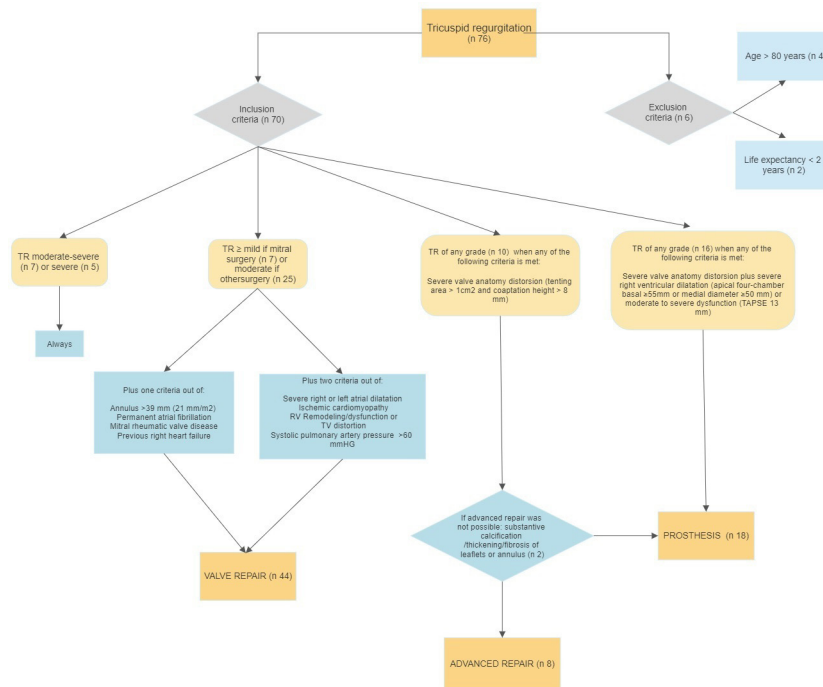


Figure 1 Algorithm for surgical intervention of tricuspid regurgitation (TR). RV, right ventricular; TAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion; TV, tricuspid valve.

other cardiological comorbidities (figure 1). Surgery was always performed in patients with moderate-to-severe or severe TR. Other factors were considered in patients with a lesser degree of TR. Thus, tricuspid surgery was performed when TR was mild (in mitral surgery cases) or moderate (in other cardiac surgery cases) when the patients had annulus >39 mm (21 mm/m²), permanent AFib, mitral rheumatic valve disease or previous right HF or if they met at least two of the following conditions: severe right or left atrial dilatation, ischaemic cardiomyopathy, RV remodelling/dysfunction, TV distortion or systolic pulmonary artery pressure (SPAP) >60 mm Hg.

Valve repair with simple annuloplasty (ring annuloplasty or DeVega suture) was the technique of choice. Extended repair (neochordae implantation, enlargement of the tricuspid anterior leaflet or commissuroplasty) was performed in cases of severe valve distortion (tenting area >1.0 cm² and coaptation >8 mm). A tricuspid prosthesis was implanted in patients with substantive calcification/thickening/fibrosis of leaflets or annulus and/or moderate to severe dilatation (apical four-chamber basal diameter ≥ 55 mm or medial diameter ≥ 50 mm) or severe dysfunction of the RV (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE) <13 mm combined with depressed shortening fraction ($<35\%$), depressed pulsed tissue Doppler (<9.5 cm/s), or depressed global longitudinal RV free wall strain ($<20\%$).

The decision on the type of simple annuloplasty was taken by the surgeon. These patients were operated on by one of only three cardiovascular surgeons, one being an expert in mitral and TV repair and the other two having extensive experience in tricuspid ring annuloplasty and DeVega repair with very good long-term outcomes.

DeVega annuloplasty was applied when there was little anatomical distortion of the valve.

Exclusion criteria were age >80 years or life expectancy <2 years. There were no cases of isolated TR in patients not requiring surgery for left valvular heart disease with severe systolic dysfunction or severe pulmonary hypertension. The primary outcome considered was the residual TR. Secondary outcomes were mortality for all causes, mortality for cardiovascular disease, predictors of TR at 1 year, and the early and late mortality.

The approach was selected in accordance with the algorithm exhibited in table 1. Cardiologists with expertise in echocardiography gathered data on sociodemographic, clinical, analytical and transthoracic echocardiographic (TTE) variables during the first year postsurgery. In a descriptive analysis, quantitative variables were expressed as means \pm SD when they were normally distributed (by Kolmogorov-Smirnov test) and medians \pm IQR when they were not, while qualitative variables were expressed as absolute numbers and percentages. The hypothesis was tested for a dichotomous qualitative sample (exact binomial test), defining group 1 as unfavourable outcome (\geq moderate TR) and group 2 as favourable outcome (\leq mild TR).

An exhaustive review of the literature over the past 30 years revealed that around 20% of patients had $>$ moderate TR after TV surgery.^{8,9} We hypothesised that application of this algorithm would reduce TR recurrence after this surgery to 10%, that is, around half the rate previously recorded at our centre and generally reported in the literature.

Bivariate analyses were conducted on the relationship of variables with a favourable outcome, using the

independent-samples Student's t-test for numerical variables when normally distributed and the Mann-Whitney U test when not. Pearson's or Fisher's χ^2 test was used for categorical variables. The predictive capacity of variables for residual TR was tested by binary logistic regression, entering variables that were statistically significant in bivariate analysis or considered clinically relevant. The model was constructed using a forward stepwise selection procedure. Predictors of hospital and 1-year postdischarge mortality were also evaluated. The level of significance was set at 0.05 with a CI of 95%.

RESULTS

Seventy-six consecutive patients were enrolled in the study between 1 February 2018 and 1 February 2020, and six of these were excluded. The mean age of the 70 remaining patients was 65.47 ± 10.3 years, and 75.7% were female. AFib was permanent in 79.5%, paroxysmal in 4.1%, and persistent in 1.4%; 46.4% had a history of right HF; 49.3% were in New York Heart Association functional class II, 41.1% in class III and 1.4% in IV. The mean SPAP was 52.45 ± 15.96 mm Hg at baseline (presurgery) and 42.85 mm Hg ± 11.02 mm Hg at 1 year (tables 2 and 3).

Left valve aetiology was rheumatic in 40% of patients, moderate and severe mitral stenosis in 20% and 9.5%, respectively, and moderate and severe mitral regurgitation in 17% and 24%, respectively (table 4). Baseline left ventricular function was $>52\%$ in males and $>54\%$ in females in 80% of patients, 41%–51%/53% in 14.28%, 30%–40% in 4.28% and $<30\%$ in 1.4%.

TR aetiology was functional in 69.9% of patients, rheumatic in 20.5%, myxomatous in 2.7%, pacemaker-mediated in 1.4%, radiation-mediated in 1.4% and unspecified in 4.1%. Baseline RV function showed TAPSE >17 mm in 81.4%, 15–17 mm in 14.2%, and <15 mm in 4.2%. Rigid ring annuloplasty was performed in 35.7% of patients, De Vega annuloplasty in 27.1%, extended repair in 11.4%, and prosthetic replacement in 25.7%. Valve surgery alone was conducted in 94.5% of patients and was combined with coronary or other type of surgery in the remainder. The type of valve surgery performed alongside tricuspid surgery was mitral in 42.5% of patients, aortic in 2.7%, trivalvular (aortic, mitral and tricuspid) in 20.5%, and isolated tricuspid in 24.7%, while another type of surgery was performed in 9.6%.

At baseline, TR was mild in 10% of patients, moderate in 35.7%, moderate-to-severe in 10%, and severe in 44.28%. At 1 year, TR was mild in 45.2%, moderate in 4.8%, moderate-severe in 3.2%, severe in 1.6% and trivial or absent in 45.2%.

In comparison to patients undergoing repair, those receiving a prosthesis had lower SPAP, lower arterial hypertension, a tendency towards higher left ventricular ejection fraction (LVEF), and similar Euroscore at baseline. Around three-quarters of patients receiving prosthesis were female. Adverse factors in the prosthesis

Table 2 Baseline characteristics

Baseline characteristics	
Age (years)	65.47 \pm 10.3
BMI (kg/m ²)	28.06 \pm 4.17
Sex (female) (n/%)	53/75.70
Hypertension (n/%)	38/56.20
Diabetes (n/%)	9/12.3
Glomerular filtration rate (mL/min/m ²)	72.81/–18.45
COPD (n/%)	12/17.40
Dyslipidaemia (n/%)	30/43.80
Cardiovascular history	
Left heart failure (n/%)	30/42.80
Right heart failure (n/%)	32/46.40
Preoperative atrial fibrillation (n/%)	55/79.50
Coronary heart disease (n/%)	6/8.6
Stroke (n/%)	9/12.8
SPAP (mm Hg)	52.45 \pm 15.96
LVEF (n/%)	
>52% in males or >54% in females	56/80.0
41%–51%/53% (males/females)	10/14.2
30%–40%	3/4.2
<30%	1/1.4
RVEF (%)	
TAPSE >17 mm	57/81.4
15–17 mm	10/14.2
<15 mm	3/4.2
Surgical variables	
Previous cardiac surgery (n/%)	20/28.5
Mean EuroSCORE (%)	5 \pm 3.66
Extracorporeal time (min)	112 \pm 39.3
Clamping time (min)	83.42 \pm 46.71
TR aetiology (n/%)	
Functional	49/69.9
Rheumatic	14/20.5
Myxomatous	2/2.7
Pacemaker mediated	1/1.4
Radiation mediated	1/1.4
Unspecified	3/4.1
Grade of TR (n/%)	
Mild	7/10
Moderate	25/35.7
Moderate-severe	7/10
Severe	31/44.28
Type of valve surgery (n/%)	
Tricuspid alone	17/24.7
Tricuspid+Mitral	30/42.5
Tricuspid+aortic	2/2.7

Continued

Table 2 Continued

Trivalvular	14/20.5
Other type	7/9.6

BMI, body mass index; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; LVEF, left ventricular ejection fraction; RVEF, right ventricular ejection fraction; SPAP, systolic pulmonary artery pressure; TAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion; TR, tricuspid regurgitation; TV, tricuspid valve.

versus repair group included: worse RV ejection fraction (RVEF), worse TAPSE and lateral strain, more frequent AFib, rheumatic aetiology, more frequent pacemaker implantation during the follow-up, and a more marked RV modelling, with larger diameters. Semiquantitative and quantitative TR variables were all more severe. The two groups did not differ in the presence of residual TR at 1 year or in early or late mortality rates (table 5 and online supplemental material 1).

Total mortality was 12.85% for all causes and 10% for cardiovascular disease. Cardiovascular causes were responsible for 100% of the early mortality and 60% of the late mortality. Globally, the early mortality rate was 5.7% and the late mortality rate 7.5% (figure 2).

At 1 year, 8.19% of the patients had \geq moderate TR, including 3.27% with severe TR. Binomial exact test results evidenced a significant reduction (χ^2 of 4.129, $p=0.024$) in the percentage of present patients with residual TR in comparison to the percentage generally reported in the literature (20%). A recent meta-analysis²⁵ reported moderate-to-severe TR in 9% of patients vs 3.27% of the present series. At our centre, the percentage of patients with residual TR was significantly lower

Table 3 Complications

Complications	%	N
Early		
Kidney failure	39.70	27
Atrial fibrillation De novo	8.2	6
Acute myocardial infarction	4.41	3
Ischaemic stroke	4.41	3
Heart failure	13.70	9
Significant pericardial effusion	7.6	7
Bleeding requiring transfusion	11	8
Late		
Kidney failure	8.2	5
De novo atrial fibrillation	4	3
Acute myocardial infarction	1.4	1
Significant pericardial effusion	6.5	4
Heart failure	17.80	11
Ischaemic stroke	1.4	1
Pacemaker implantation	13.70	9

($p=0.02$) after (8.19%) than before (21%) implementation of the algorithm.

The capacity of preoperative variables to predict residual TR and early and late mortality was examined using binary logistic regression analysis. Given the scant presence of TR during the follow-up, no association was observed between an unfavourable TR outcome and any study variable, as shown in online supplemental tables 2 and 3. Another relevant finding was that the percentage of patients with TR did not significantly differ between 3 months and 1-year postsurgery ($p=0.823$).

A 1% increase in LVEF was associated with a 1.24-fold decrease in early mortality (χ^2 7.745, $p<0.05$). The tested model explained 36.4% of the variance of the dependent variable (Nagelkerke R^2 of 0.364), and 96.8% of predictions based on the model were correct (online supplemental table 4). Death during the first year of follow-up (late mortality) was 40-fold more likely in patients with LVEF below vs above 40% (χ^2 7.412, $p=0.006$). The model explained 25.7% of the variance of the dependent variable (Nagelkerke R^2 of 0.257), and 93.8% of predictions based on the model were correct (online supplemental table 5).

No predictors of residual TR emerged in the model, likely because only five patients had an unfavourable outcome and only two of these had severe TR (online supplemental table 6). Furthermore, the clinical relevance of moderate residual TR (observed in the other three patients) is not clear.

DISCUSSION

Inadequate evidence is available on TV surgical indications and the relevant preoperative factors, leading to discrepant recommendations and a variability in protocols among centres and even among surgeons in the same centre. Moreover, repair techniques other than annuloplasty are much less widely applied in TV than in mitral valve surgery and are more complex, besides the lesser experience accrued in centres. A consensus has generally been reached on the management of severe TR but not on the approach to lower grades of TR, for which divergent recommendations have even been published.

American guidelines¹⁷ prescribe surgery when TR is severe and in the presence of certain other factors, including symptoms, left surgery, right HF and RV dilatation or progressive dysfunction. They do not expressly refer to lower TR grades except for 'progressive TR with annulus dilatation or history of HF and concomitant left surgery', based on evidence level IIA and with no definition of progressive TR. The same surgical indications for severe TR are included in European guidelines¹⁸; however, they also make recommendations for moderate TR with concomitant left surgery and for mild or moderate TR with annulus dilatation and concomitant left surgery. Hence, unlike American guidelines, they support surgery for annulus dilatation even in patients with mild TR grades.

Table 4 Prevalence of left valvular diseases

	No	Mild	Moderate	Severe
Mitral stenosis (%/n)	58.6/41	11.4/8	20/14	9.5/7
Aortic stenosis (%/n)	71.4/50	18.5/13	7.1/5	2.8/2
Mitral regurgitation (%/n)	25.7/18	32.8/23	17.0/12	24/17
Aortic regurgitation (%/n)	38.57/27	37.14/26	18.57/13	10.0/4

Following clinical practice guidelines (symptoms, progressive dilatation or RV dysfunction), all patients with severe or moderate-to-severe TR underwent TV intervention. For those with a lesser degree of TR, an exhaustive bibliographic search^{8 14 26–38} was carried out, selecting variables referred to in the literature associated with the persistence of TR after surgery and its magnitude. In this way, preoperative clinical and echocardiographic variables were selected for the decision to intervene or not intervene on the TV in patients with mild or moderate TR (table 1).

When there were anatomical factors (table 1) that hindered or could predict valve repair failure with simple annuloplasty, an extended repair was chosen as the technique of first choice.

When valve distortion or RV remodelling was so marked that even advanced repair was inadequate, prosthesis implantation was the last surgical technique of choice. Regarding selection of the type of prosthesis, 72% of the implanted prostheses were biological. Only five mechanical prostheses were implanted, by decision of the patients after receiving detailed information on their advantages and disadvantages.

The TR recurrence rate was lower in the patients undergoing rigid ring or De Vega annuloplasty than has been reported in the literature. This may be attributable to the strict criteria applied for the candidate's clinical characteristics, TR severity and RV remodelling or valvular distortion. Among the five recurrences observed, two were after rigid ring annuloplasty, one after De Vega annuloplasty, one after extended repair and one after prosthetic replacement. The degree of TR was moderate in three of the five patients and severe in the other two. Importantly, although moderate residual TR was considered an unfavourable outcome, its impact on survival has not been fully elucidated. Some authors have suggested that progression and a moderate or worse degree of TR are associated with clinical events.³⁹

There are no recommendations on the timing of TR measurements in the literature, and the variations in their timing among studies generates a potential bias. The first measurement was conducted at 3 months in this study, providing data on the short-term effects of surgery, and the second was at 1 year to evaluate its progression. In fact, there was no difference in residual TR progression between measurements at 3 months and at 1 year, so that the result obtained at 3 months predicted the degree of

residual TR for up to 1-year postsurgery (Z score -0.223 , $p=0.823$).

Repair has conventionally been preferred over replacement, on the grounds that it delivers a superior outcome and ventricular function is better preserved. However, there have been few comparative studies, and replacement is usually performed in patients with more advanced disease or with a more dilated or dysfunctional RV. In this way, patients who received a prosthesis in this study had a worse RVEF, more marked RV modelling, and higher TR grade. However, the repair and prosthesis groups did not differ in the presence of residual TR or in early or late mortality rates, which may be attributable to the application of our algorithm to select the most appropriate surgical approach for each patient.

The mortality rate was lower in the present series than generally reported in the literature, indicating that implementation of the algorithm to select the surgical approach did not have a negative impact on survival. We highlight that extended repair failed in one patient who died in hospital and in another who died postdischarge (2.8% of the series), who both required prolonged surgery for prosthetic replacement after the repair attempt. This suggests that extended repair, which requires greater experience and longer surgery, may pose a greater risk to the patient than direct prosthesis implantation, especially in patients with unfavourable anatomical features. Severe TR was observed in a very small number of patients during the follow-up, supporting the usefulness of the management algorithm to select treatment (prosthesis, extended repair or annuloplasty) as a function of RV characteristics and TV distortion.

Tricuspid annulus dilatation was not found to be a predictor of residual TR because annular dilatation was a criterion for the ordering of corrective annuloplasty, even with a mild degree of TR. In addition, it is difficult to find statistically significant predictors in a multivariate analysis when there are only five events (ie, cases of moderate or worse TR). Nevertheless, annular dilatation showed a tendency towards statistical significance despite the few events, although this association has also not been found in other studies with larger numbers of patients.³⁹

According to the present findings, treatment decision making could be improved by taking into account the TV characteristics and other preoperative clinical and echocardiographic variables considered in this study. However, further studies with larger samples and greater

Table 5 Comparison between repair and prosthesis groups

	Repair	Prosthesis	P value
Age (years)	64.36±11.7	64.87±6.7	0.86
Body mass index (kg/m ²)	28.4861±4.78	27.49±4.34	0.75
SPAP (mm Hg)	55.35±16.81	39.58±10.51	0.02
Glomerular filtration rate (mL/kg/min)	74.25±18.38	73.68±19.03	0.92
EuroSCORE (%)	6.19±13.33	4.36±2.46	0.31
Extracorporeal time (min)	115.59±39.13	88.14±37.79	0.08
Clamping time (min)	96.89±36.22	37.55±48.69	0.01
Sex (female) (%)	75.8	80	0.49
Arterial hypertension (%)	54.8	26.7	0.02
Previous stroke (%)	12.7	6.7	0.37
Ischaemic heart disease (%)	9.7	6.7	0.12
Atrial fibrillation (%)	79	93.3	0.02
NYHA functional class (%)			
II	53.2	33.3	0.03
III	37.1	46.7	
Right heart failure (%)	43.5	33.3	0.32
LVEF (%)			
Normal	85.5	93.3	0.67
Mild	12.9	6.7	
Moderate	1.6		
Death during hospital stay	3.8	11	0.27
Pacemaker implantation during first year of follow-up	14.3	20	0.07
Death during first year of follow-up	6	12	0.47
RVEF (%)			
Normal	82.3	60	0.02
Mild	14.5	40	
Moderate	3.2		
TR aetiology (%)			
Functional	76.7	53.3	0.6
Rheumatic	20	40	
Echocardiography			
Basal diameter RV (mm)	47.7±7.39	56.33±5.74	0.01
Mid-diameter RV (mm)	36.8±8.49	43.33±6.8	0.01
Shortening fraction (%)	39.71±13.67	39.42±16.06	0.94
TAPSE (mm)	19.64±5.02	18.07±2.64	0.15
Longitudinal strain (%)	-20.39±5.25	-17.52±2.87	0.05
Vena contracta (mm)	6.8±5.20	11.3 (1.92)	0.09
PISA radius (mm)	8.57±2.64	8.25 (3.57)	0.76
Regurgitant orifice (cm ²)	0.4 (0.57)	0.8 (0.23)	0.01
Regurgitating volume (mL)	40.43±22.04	58.33 (34.8)	0.03
Tenting area (cm ²)	1.41±1.21	3.5 (3.57)	0.06
Coaptation distance (mm)	6.9±3.3	16.1 (21.4)	0.01

LVEF, left ventricular ejection fraction; NYHA, New York Heart Association; PISA, proximal isovelocity surface area; RV, right ventricle; RVEF, right ventricular ejection fraction; SPAP, systolic pulmonary artery pressure; TAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion; TR, tricuspid regurgitation.

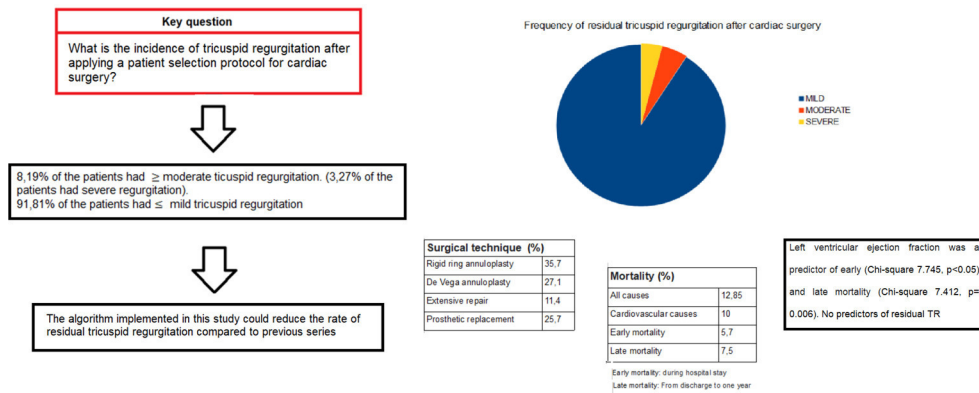


Figure 2 Figure summary of the study. Data measured 1 year after surgery. TR, tricuspid regurgitation.

statistical power are needed to provide solid evidence on the association of preoperative clinical and imaging variables with the mid-term and long-term outcomes of different surgical approaches.

LIMITATIONS

Comparison of these findings with published results is hampered by the wide variability in methodologies adopted by previous investigations. The study was also limited by its non-randomised design, although differences among clinical practice guidelines and the lack of a consensus in the literature (see above) prevented the formation of a group treated according to a standard protocol for comparative purposes. It was also not possible to precisely control the decision to conduct valve repair or prosthesis implantation or switch to another approach during repair, given the largely subjective nature of these choices by the surgical team. Hence, no specific conclusions could be drawn from these comparisons.

MRI is the technique of choice for RV assessment but was not used in this study. This is because both MRI and CT have limitations in the anatomical assessment of the TV and can be affected by image artefacts in these patients, who often have metallic prostheses and pacemaker leads. TTE echocardiography was used as the reference technique. A three-dimensional TTE was also routinely performed; however, it was not included in subsequent analyses because it was considered insufficiently precise for anatomical assessment of the valve in a substantial number of patients. The reduced number of patients and events probably explains the failure to identify statistically significant predictors of mortality. Likewise, the very few patients with severe TR during the 1-year follow-up would account for the absence of significant predictors of residual TR. In addition, the possibility of a higher frequency/grade of residual TR beyond 1-year postdischarge cannot be ruled out, and longer-term studies are needed.

CONCLUSIONS

TR has major clinical repercussions, affecting functional class, exercise capacity and survival. Persistent TR after

cardiac surgery continues to be frequent and associated with a poor prognosis. Clinical practice guidelines offer discordant recommendations based on inadequate evidence. The algorithm implemented in this study could reduce the rate of residual TR in comparison to previous series. Further long-term research is warranted to verify these findings.

Acknowledgements To all the authors for their contribution, especially to Dr. García-Orta.

Contributors DRT and RGO did the planning, conducting and reporting of the work. LTQ, DSR, JMGJ, MEM, FGM and EME did the planning of the work. DRT is responsible for the overall content as guarantor.

Funding The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Competing interests The authors certify that they have no affiliations with or involvement in any organisation or entity with any financial interest (such as honoraria; educational grants; participation in speakers' bureaus; membership, employment, consultancies, stock ownership or other equity interest; and expert testimony or patent-licensing arrangements), or non-financial interest (such as personal or professional relationships, affiliations, knowledge or beliefs) in the subject matter or materials discussed in this manuscript.

Patient consent for publication Not applicable.

Ethics approval This study involves human participants and was approved by Ethics and Research Committee of the Hospital Virgen de las Nieves. Participants gave informed consent to participate in the study before taking part.

Provenance and peer review Not commissioned; externally peer reviewed.

Data availability statement All data relevant to the study are included in the article or uploaded as online supplemental information.

Supplemental material This content has been supplied by the author(s). It has not been vetted by BMJ Publishing Group Limited (BMJ) and may not have been peer-reviewed. Any opinions or recommendations discussed are solely those of the author(s) and are not endorsed by BMJ. BMJ disclaims all liability and responsibility arising from any reliance placed on the content. Where the content includes any translated material, BMJ does not warrant the accuracy and reliability of the translations (including but not limited to local regulations, clinical guidelines, terminology, drug names and drug dosages), and is not responsible for any error and/or omissions arising from translation and adaptation or otherwise.

Open access This is an open access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited, appropriate credit is given, any changes made indicated, and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

ORCID iD

Diego Rodriguez Torres <http://orcid.org/0000-0002-5678-6810>

REFERENCES

- 1 Dreyfus GD, Corbi PJ, Chan KMJ, *et al.* Secondary tricuspid regurgitation or dilatation: which should be the criteria for surgical repair? *Ann Thorac Surg* 2005;79:127–32.
- 2 Shiran A, Sagie A. Tricuspid regurgitation in mitral valve disease incidence, prognostic implications, mechanism, and management. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:401–8.
- 3 Singh JP, Evans JC, Levy D, *et al.* Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation (the Framingham heart study). *Am J Cardiol* 1999;83:897–902.
- 4 Kundi H, Popma JJ, Cohen DJ, *et al.* Prevalence and outcomes of isolated tricuspid valve surgery among Medicare beneficiaries. *Am J Cardiol* 2019;123:132–8.
- 5 Hamandi M, Smith RL, Ryan WH, *et al.* Outcomes of isolated tricuspid valve surgery have improved in the modern era. *Ann Thorac Surg* 2019;108:11–15.
- 6 Mangoni AA, DiSalvo TG, Vlahakes GJ, *et al.* Outcome following isolated tricuspid valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:68–73.
- 7 Zack CJ, Fender EA, Chandrashekar P, *et al.* National trends and outcomes in isolated tricuspid valve surgery. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:2953–60.
- 8 Katsi V, Raftopoulos L, Aggeli C, *et al.* Tricuspid regurgitation after successful mitral valve surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2012;15:102–8.
- 9 McCarthy PM, Bhudia SK, Rajeswaran J, *et al.* Tricuspid valve repair: durability and risk factors for failure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;127:674–85.
- 10 Kwon D-A, Park J-S, Chang H-J, *et al.* Prediction of outcome in patients undergoing surgery for severe tricuspid regurgitation following mitral valve surgery and role of tricuspid annular systolic velocity. *Am J Cardiol* 2006;98:659–61.
- 11 Mahesh B, Wells F, Nashef S, *et al.* Role of concomitant tricuspid surgery in moderate functional tricuspid regurgitation in patients undergoing left heart valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;43:2–8.
- 12 Chikwe J, Anyanwu AC. Surgical strategies for functional tricuspid regurgitation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2010;22:90–6.
- 13 Navia JL, Nowicki ER, Blackstone EH, *et al.* Surgical management of secondary tricuspid valve regurgitation: annulus, commissure, or leaflet procedure? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139:1473–82.
- 14 Song H, Kim M-J, Chung CH, *et al.* Factors associated with development of late significant tricuspid regurgitation after successful left-sided valve surgery. *Heart* 2009;95:931–6.
- 15 Topilsky Y, Khanna AD, Oh JK, *et al.* Preoperative factors associated with adverse outcome after tricuspid valve replacement. *Circulation* 2011;123:1929–39.
- 16 Fender EA, Petrescu I, Ionescu F, *et al.* Prognostic importance and predictors of survival in isolated tricuspid regurgitation: a growing problem. *Mayo Clin Proc* 2019;94:2032–9.
- 17 Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO. ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American heart association joint Committee on clinical practice guidelines. *Circulation* 2020;2021:e72–227.
- 18 Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F. ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2021;2021:727–800.
- 19 Kadri AN, Menon V, Sammour YM, *et al.* Outcomes of patients with severe tricuspid regurgitation and congestive heart failure. *Heart* 2019;105:1813–7.
- 20 Dreyfus J, Ghalem N, Garbarz E. Timing of referral of patients with severe isolated tricuspid valve regurgitation to surgeon. *Am J Cardiol* 2018;122:323326.
- 21 Van de Veire NR, Braun J, Delgado V, *et al.* Tricuspid annuloplasty prevents right ventricular dilatation and progression of tricuspid regurgitation in patients with tricuspid annular dilatation undergoing mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;141:1431–9.
- 22 Badhwar V, Rankin JS, He M, *et al.* Performing concomitant tricuspid valve repair at the time of mitral valve operations is not associated with increased operative mortality. *Ann Thorac Surg* 2017;103:587–93.
- 23 Brescia AA, Ward ST, Watt TMF, *et al.* Outcomes of guideline-directed concomitant annuloplasty for functional tricuspid regurgitation. *Ann Thorac Surg* 2020;109:1227–32.
- 24 Axtell AL, Bhambhani V, Moonsamy P, *et al.* Surgery Does Not Improve Survival in Patients With Isolated Severe Tricuspid Regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:715–25.
- 25 Veen KM, Etnel JRG, Quanjel TJM, *et al.* Outcomes after surgery for functional tricuspid regurgitation: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2020;6:10–18.
- 26 Matsuyama K, Matsumoto M, Sugita T, *et al.* Predictors of residual tricuspid regurgitation after mitral valve surgery. *Ann Thorac Surg* 2003;75:1826–8.
- 27 Wang G, Sun Z, Xia J, *et al.* Predictors of secondary tricuspid regurgitation after left-sided valve replacement. *Surg Today* 2008;38:778–83.
- 28 Yoshida J, Ikenaga H, Hayashi A, *et al.* Predictors and outcomes of persistent tricuspid regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol* 2019;124:772–80.
- 29 Dumont C, Galli E, Oger E, *et al.* Pre- and postoperative tricuspid regurgitation in patients with severe symptomatic aortic stenosis: importance of pre-operative tricuspid annulus diameter. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2018;19:319–28.
- 30 Bianchi G, Solinas M, Bevilacqua S, *et al.* Which patient undergoing mitral valve surgery should also have the tricuspid repair? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2009;9:1009–20.
- 31 Garcia Fuster R, Vázquez A, Peláez AG, *et al.* Factors for development of late significant tricuspid regurgitation after mitral valve replacement: the impact of subvalvular preservation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;39:866–74.
- 32 Zhu T-Y, Min X-P, Zhang H-B, *et al.* Preoperative risk factors for residual tricuspid regurgitation after isolated left-sided valve surgery: a systematic review and meta-analysis. *Cardiology* 2014;129:242–9.
- 33 Izumi C, Miyake M, Takahashi S, *et al.* Progression of isolated tricuspid regurgitation late after left-sided valve surgery. clinical features and mechanisms. *Circ J* 2011;75:2902–7.
- 34 Matsunaga A, Duran CMG. Progression of tricuspid regurgitation after repaired functional ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 2005;112:1453–7.
- 35 Kim H-K, Kim Y-J, Kim K-I, *et al.* Impact of the maze operation combined with left-sided valve surgery on the change in tricuspid regurgitation over time. *Circulation* 2005;112:114–19.
- 36 Fukuda S, Song J-M, Gillinov AM, *et al.* Tricuspid valve tethering predicts residual tricuspid regurgitation after tricuspid annuloplasty. *Circulation* 2005;111:975–9.
- 37 De Bonis M, Lapenna E, Sorrentino F, *et al.* Evolution of tricuspid regurgitation after mitral valve repair for functional mitral regurgitation in dilated cardiomyopathy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33:600–6.
- 38 Yilmaz O, Suri RM, Dearani JA, *et al.* Functional tricuspid regurgitation at the time of mitral valve repair for degenerative leaflet prolapse: the case for a selective approach. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;142:608–13.
- 39 Bertrand PB, Overbey JR, Zeng X, *et al.* Progression of tricuspid regurgitation after surgery for ischemic mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2021;77:713–24.



OPEN

Behavior of echocardiographic parameters of right ventricular function after tricuspid surgery

Diego José Rodríguez Torres^{1✉}, Lucía Torres Quintero², Diego Segura-Rodríguez³, Jose Manuel Garrido Jimenez², Maria Esteban Molina², Francisco Gomera Martínez², Eduardo Moreno Escobar³ & Rocío García Orta^{2✉}

Evaluation of right ventricular (RV) function after tricuspid valve surgery is complex. The objective was to identify the most appropriate RV function parameters for this purpose. This prospective study included 70 patients undergoing cardiac and tricuspid valve (TV) surgery. RV size and function parameters were determined at 3 months and 1-year post-surgery. Categorical variables were analyzed with the McNemar's test and numerical variables with the Student's t-test for related samples or, when non-normally distributed, the Wilcoxon test. Spearman's rho was used to determine correlations between variables at 3 months and 1 year. RV diameters were reduced at 3 months post-surgery and were then unchanged at 1 year. Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) and S' wave values were worse at 3 months and then improved at 1 year (t-score -2.35, p 0.023; t-score -2.68; p 0.010). There was no significant reduction in free wall longitudinal strain (LS) or shortening fraction (SF) at 3 months (t-score 1.421 and -1.251; p 0.218 and 0.172), and they were only slightly below pre-surgical values at 1 year. No relationship was found between RV function parameters and mortality or major complications. During the first few months after TV surgery, LS may be a more appropriate parameter to evaluate global ventricular function in comparison to TAPSE. At 1 year, good correlations are observed between TAPSE, S' wave, and LS values.

Abbreviations

RV	Right ventricle
TI	Tricuspid insufficiency
TAPSE	Tricuspid annular plane systolic excursion
LS	Free wall longitudinal strain
S	S' wave peak by tissue Doppler
SF	Shortening fraction
LV	Left ventricle
RVEF	Right ventricle ejection fraction

Scant data are available on the course of right ventricle (RV) size and function after tricuspid valve (TV) surgery. The RV has been the ignored ventricle for decades because it was considered to be improved by the treatment of left disease and to play a minor role in the prognosis¹⁻⁴. However, RV dysfunction is now recognized as one of the main causes of morbidity and mortality associated with TV surgery, and its early treatment is recommended⁵.

Given the anatomical and functional complexity of the RV, no single parameter can be used for its global evaluation and multiple parameters must be considered, most frequently the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE). The TAPSE is the longitudinal contraction at free margin level and represents the shift of the tricuspid annulus between end diastole and end systole. It can be readily and reproducibly measured by echocardiography but assesses only a single part of the RV and is dependent on the preload, and both shortcomings are also shared by the tissue Doppler-derived S' wave and shortening fraction (SF)⁶⁻¹¹. These limitations have been overcome in part by the development of myocardial deformation techniques that assess more segments and are less preload-dependent¹²⁻¹⁸.

¹University of Granada, Calle Fuente de Lima, N 27, 2 A, 28024 Madrid, Granada, Spain. ²Hospital Universitario Virgen de Las Nieves, Avenida de Las Fuerzas Armadas, 2, 18014 Granada, Spain. ³Hospital Universitario San Cecilio, Granada, Spain. ✉email: diegojrodrigueztorres@gmail.com; rociogorta@gmail.com

Postsurgical RV dysfunction of unclear etiology and uncertain prognosis is a frequent finding¹⁹. Tamborini et al. measured the TAPSE in patients undergoing cardiac surgery and described a decrease in longitudinal contraction a few minutes after pericardiectomy^{3,20}. Zanobini et al. studied patients undergoing mitral valve surgery by vertical or lateral pericardiectomy and reported that the TAPSE was altered in the former²¹. It has been postulated that the pericardium provides the RV with support for its longitudinal contraction, in which case the function would be compensated for by an increase in remaining components, keeping the global RV function within normal ranges. However, this remains controversial, and other mechanisms have been proposed to underlie intrinsic myocardial dysfunction, including cardiac stunning, cardioplegia, and myocardial hypothermia, among others.

Although RV function affects the prognosis of heart surgery patients, scant data are available on the course of RV function and size during the first year after surgery^{22–26}. Our hypothesis was that not all parameters show good correlations with each other during the postoperative period. The objective of this investigation was to study RV size and function at 3 months and 1 year after TV surgery and to identify the most useful echocardiographic parameters for evaluation.

Methods

This prospective, observational single-center study included 70 patients in a third level hospital undergoing cardiac and TV surgery from February 2018 through February 2020.

Surgery was indicated in patients with heart disease (e.g., coronary or valve disease, etc.) who fulfilled the criteria for surgery in clinical practice guidelines. We confirm that all experiments were performed in accordance with relevant guidelines and regulations. At the same time, TV surgery was selected according to an established protocol based on clinical and echocardiographic variables (Supplementary material, Table 1). The TV surgery of choice was simple annuloplasty (de Vega or rigid ring), with the type being selected by the attending surgeon. Extended valve repair (e.g., anterior leaflet augmentation, neochord implantation, etc.) was performed when the tricuspid valve was distorted. If repair techniques were not feasible, a prosthesis was implanted. Patients aged > 80 years or with a life expectancy of < 2 years were excluded from the study.

The study was approved by the ethics and research committee of Virgen de las Nieves hospital. Written informed consent was obtained from all patients. Data were collected on sociodemographic, clinical, and echocardiographic variables, measuring RV size as its basal and mid diameters and end-systolic area and RV function according to TAPSE, LS, S' wave, SF, and 3D analysis results, as recommended in consensus guidelines¹⁰. RV size and function were evaluated before surgery and at 3 months and 1 year post-surgery. The study was carried out with a GE Vivid 9 machine and EchoPAC software, applying Speckle Tracking 2D Strain. An RV-focused apical 4-CH view was used for the analysis.

Software SPSS (version 16) was used for statistical analyses. The normality of data was checked with the Kolmogorov–Smirnov test. A descriptive analysis was performed, expressing quantitative variables as means \pm standard deviation when normally distributed and medians \pm range when not, and calculating number and percentage for qualitative variables. Categorical variables were analyzed with the McNemar test and numerical variables with the Student's t-test for related samples or, when non-normally distributed, with the Wilcoxon test. Spearman's rho coefficient was used to analyze correlations between variables (TAPSE, LS, S' wave, and SF) at 3 months and 1 year.

Results

The etiology of TI was functional in 69.9% of patients, rheumatic in 20.5%, myxomatous in 2.7%, pacemaker-mediated in 1.4%, and due to radiation in 1.4%. Previous RV function was normal in 82.2%, mildly depressed in 13.7%, and moderately depressed in 4.1% (Table 1).

Rigid ring annuloplasty was performed in 30.1% of patients, De Vega annuloplasty in 23.3%, extensive repair (e.g., anterior leaflet augmentation, neochord implantation, etc.) in 9.6%, and prosthetic replacement in 21.9%; 94.5% underwent valve surgery alone and the remainder in combination with coronary or other surgery. The type of valve surgery was mitral in 42.5% of patients, aortic in 2.7%, trivalvular (aortic, mitral, and tricuspid) in 20.5%, tricuspid alone in 24.7%, and another type of surgery in 6.8%.

Before surgery, TI was mild in 9.5% of patients, moderate in 32.1%, moderate-severe in 9.5%, and severe in 39.3%. At 1 year, it was mild in 45.2%, moderate in 4.8%, moderate-severe in 3.2%, severe in 1.6%, and trivial or absent in 45.2%. Pulmonary artery systolic pressure was 51.56 mmHG \pm 13.79 mmHG before surgery and 41.82 mmHG \pm 11.60 mmHG at 1 year.

Table 2 shows RV size measurements before surgery and at 3 months and 1 year post-surgery. Basal and mid diameters were reduced at 3 months and were then unchanged at 1 year (t basal diameter 9.55 p < 0.001 and t mid diameter 5.32 p < 0.001). Similar results were observed for the end-systolic/diastolic area, although the difference did not reach statistical significance.

TAPSE and S' wave results for RV function were worse at 3 months (t = 2.35 p 0.023) and were then improved at 1 year but without reaching presurgical values (t = 2.68; p 0.010). There was no statistically significant change in SF, while global GLS evidenced a non-significant trend towards a slight decrease at 3 months and then remained stable at 1 year (t 1.42 p 0.17) (Fig. 1).

Sub-analyses revealed that the presurgical RV size was progressively larger with greater volume overload from mild to moderate-severe and severe TI, and that the SF increased from mild to moderate-severe TI but was then significantly decreased in severe TI (Fig. 1). No significant differences were found in the remaining parameters, although tendencies were observed towards a progressive decrease in TAPSE from mild to moderate-severe TI followed by an increase with severe TI, towards a decrease in S' wave from mild to severe TI, and towards a progressive increase in GLS from mild to moderate-severe TI followed by a decrease with severe TI (Table 3).

Baseline characteristics	
Age (years)	65.47 ± 10.3
Body mass index (kg/m ²)	28.06 ± 4.17
Sex (female)	53/75.70
Hypertension (n/%)	38/56.20
Diabetes (n/%)	9/12.3
Glomerular filtration rate (ml/min/m ²)	72.81/-18.45
Chronic obstructive pulmonary disease (n/%)	12/17.40
Dyslipidemia (n/%)	30/43.80
Cardiovascular history	
NYHA functional class > 2 (n/%)	30/42.80
Right heart failure (n/%)	32/46.40
Preoperative atrial fibrillation (n/%)	55/79.50
Coronary disease (n/%)	6/8.6
Stroke (n/%)	9/12.8
PASP (mmHG)	52.45 ± 15.96
PASP (n/%)	15/21.43%
LVEF (n/%)	
> 52% in males or > 54% in females	56/80.0
41%–51/53% (males/females)	10/14.2
30%–40%	3/4.2
< 30%	1/1.4
RVEF (n/%)	
TAPSE > 17 mm	57/81.4
15–17 mm	10/14.2
< 15 mm	3/4.2
Mitral valve etiology (n/%)	
	Rheumatic 28/40%
	Fibroelastic degeneration 7/10%
	Myxoid 7/10%
	Myocardiopathy 3/4.8%
	Previous prosthesis 13/18%
	Other causes 12/17.1%
Tricuspid valve etiology (n/%)	
	Functional 49/69.9
	Rheumatic 14/20.5
	Myxomatous 2/2.7
	Pacemaker-mediated 1/1.4
	Radiation-mediated 1/1.4
	Unspecified 3/4.1
Type of valve surgery (n/%)	
	Tricuspid alone 17/24.7
	Tricuspid + Mitral 30/42.5
	Tricuspid + aortic 2/2.7
	Tri-valvular 14/20.5
	Other type 7/9.6

Table 1. Baseline characteristics. NYHA: New York Heart Association; PASP: pulmonary artery systolic pressure; LVEF: left ventricle ejection fraction; RVEF: right ventricle ejection fraction.

The RV ejection fraction (RVEF) was compared by visual estimation before surgery and at 1 year, observing significant differences ($Z=2.71$ p 0.007). An improvement was observed in four patients, from mild-moderately depressed to normal RVEF, and a worsening in 16 patients, from normal to mildly depressed ($n=13$), normal to severely depressed ($n=1$), and mild-moderately to severely depressed RVEF ($n=2$). No changes were observed in the remaining patients, most of whom had a normal RVEF before surgery and at 1 year.

Spearman's rho results evidenced a good correlation between TAPSE and S' wave at 3 months (r 0.62, p 0.001), when LS was poorly correlated with S' wave and SF values (r - 0.36 p 0.11; r - 0.47 p 0.17). No correlation was found between TAPSE and LS (r - 0.36; p 0.051). At 1 year, a good correlation was found between all parameters.

	Presurgical	Three months	Sig	One year	Sig
Basal diameter (mm)	49.13 ± 7.83	40.84 ± 4.40	.012	39.92 ± 5.24	.001
Mid diameter (mm)	38.06 ± 8.66	32.76 ± 5.13	.001	32.6 ± 5.49	.001
End-systolic area (cm ²)	20.34 ± 13.53	14.38 ± 4.23	.086	14 ± 5.21	.606
End-diastolic area (cm ²)	33.22 ± 15.28	25.87 ± 5.61	0.7	24.96	0.6
Tricuspid annulus diameter (mm)	41.77 ± 7.41	33.78 ± 5.07	.000	35.66 ± 6.95	.000
TAPSE (mm)	19.08/− 4.49	14.38 ± 4.23	0.02	16.7 ± 3	0.09
Fractional change area (%)	39.84 ± 13.67	38.02 ± 12.60	0.6	39.49 ± 11.16	0.01
Tricuspid lateral systolic peak S' wave velocity (m/s)	0.11 ± 0.31	0.08 ± 0.020	.001	0.09 ± 0.029	.000
RV free wall longitudinal strain (%)	− 19.83 ± 4.72	− 17.92 ± 4.79	.816	− 17.7% ± 5.14%	.814
RA longitudinal diameter (mm)	71.6 ± 13.71	54.94 ± 9.46	.000	53.34 ± 11.59	.000
RA transversal diameter (mm)	53.11 ± 13.17	43.55 ± 7.44	.000	44.34 ± 10.41	.000
RA indexed biplane volume (ml/m ²)	673.9 ± 48.51	41.57 ± 19.89	.001	45.78 ± 24.59	.000
Vena contracta (mm)	8.09 ± 3.63	2.68 ± 1.9	.000	1.78 ± 2.26	.000
PISA radius (mm)	7.64 ± 3.08	0.96 ± 2.2	.000	0.97 ± 1.95	.000
Regurgitating orifice (cm ²)	0.74 ± 0.46	0.03 ± 0.1	.000	0.09 ± 0.24	.000
Regurgitating volume (ml)	44.82 ± 26.98	5.02 ± 17.1	.000	8.73 ± 19.14	.000

Table 2. RV size measurements before surgery and at 3 months and 1 year post-surgery. RV, right ventricle; RA, right atrium; TAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion.

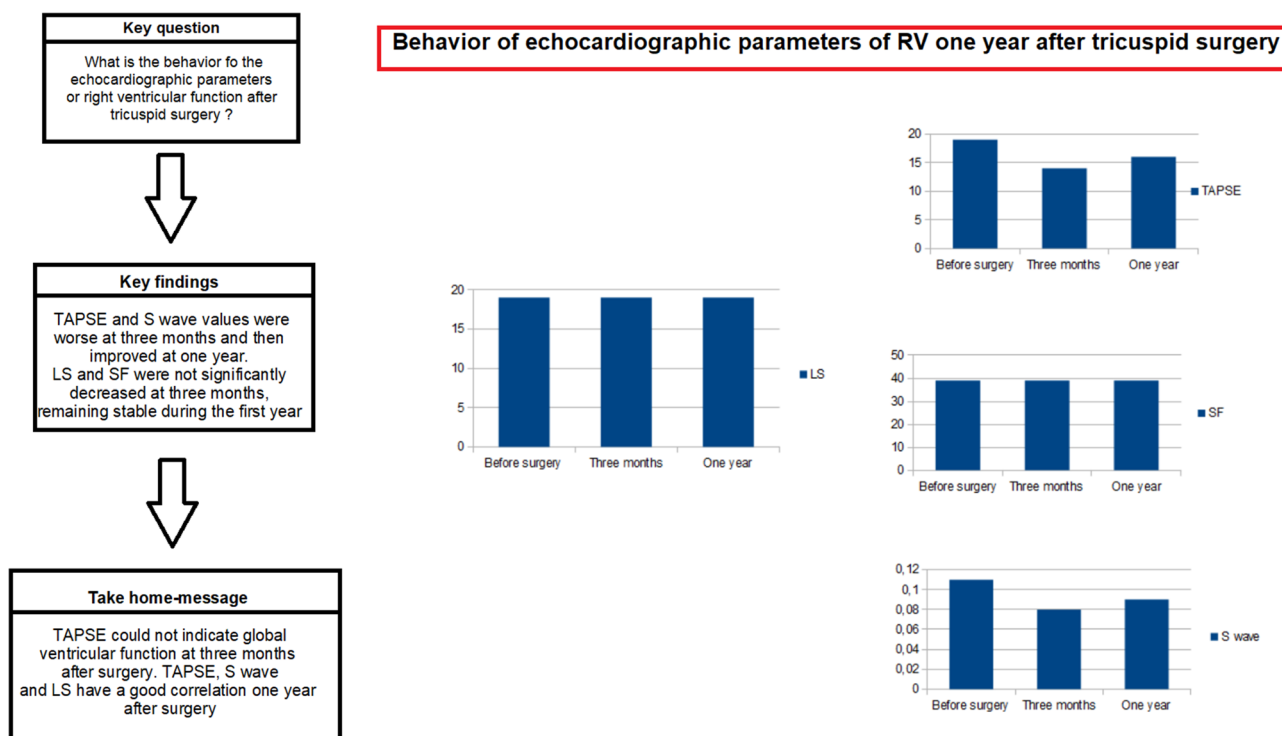


Figure 1. Behavior of the function of the right ventricle after tricuspid valve surgery.

	SF (%)	TAPSE (mm)	S' wave (m/s)	Longitudinal strain (%)
Mild	27.71	19.57	0.12	− 19.57
Moderate	40.41	19.39	0.12	− 20.00
Moderate-severe	45.91	17.75	0.10	− 22.75
Severe	40.79	19.14	0.10	− 19.29

Table 3. TAPSE, SF, and S' wave according to TI grade. SF, shortening fraction; TAPSE, tricuspid annular plane systolic excursion.

No differences in RV size or function were observed as a function of the repair technique (rigid ring or De Vega annuloplasty or extensive repair). RV size was larger and its function worse at 1 year after prosthetic replacement than after repair by any technique; however, these differences were already present before the surgery (Table 2 Supplementary material).

Discussion

Assessment of RV function continues to be challenging because of the geometry of the RV and the little information available in specific settings (e.g., post-surgery). It also remains controversial whether the longitudinal function of the RV represents its global systolic function. Further, the presence of overloaded and hyperfunctioning ventricles before surgery may lead to an overestimation of RV function. Tamborini et al. reported that a postoperative decrease in the TAPSE was not a good indicator of global function, which was found to be normal in 3D echocardiograms¹⁰. In the present study, TAPSE and S' wave values were significantly decreased at 3 months and were then recovered at 1 year. This initial behavior was not observed for LS or SF values, although the values of all studied parameters almost reached normality at 1 year. TAPSE and S' wave values might not be good indicators of RV function at 3 months post-surgery, when they showed no correlation with LS. The early decrease in TAPSE and S' wave values might not represent a real decrease in RV function but rather an alteration in longitudinal displacement compensated by an increase in circumferential contractility, consistent with the lack of significant changes in strain.

LS showed a slight decrease at 3 months, but the difference was not statistically significant, suggesting that this parameter has a lesser variability. This could indicate that the technique of choice during the early postoperative period is LS measurement. All three parameters proved valid to evaluate function at 1 year, when they all indicated that it was at the lower limit of normality or mildly depressed.

Strain estimation is highly dependent on the echocardiography equipment and methodology used, and variations in these can result in significant changes. The same equipment was always used in the present study, following recommended reference guidelines^{8,10–13,15,27}. A decision was taken to consider the LS rather than the global strain due to the high proportion of patients undergoing left surgery, allowing a more specific assessment of RV function.

3D echocardiography has gained acceptance for the evaluation of RV volumes and EF. Several studies have shown its feasibility, accuracy, and reproducibility, mainly in single-center studies or in centers with high level of expertise. However, the 2015 Guidelines on cardiac chamber quantification recommend this approach in cases of good image quality and expertise as the preferred modality to assess RV function⁶. Moreover, even when the data show the normal reference values for RV morphology and function, the prognostic impact of 3D RVEF in different cardiac conditions is unclear. Image quality is usually limited in postoperative patients, especially in those with implanted prosthetic valves and/or atrial fibrillation. In the present study, all patients underwent tricuspid valve surgery followed by three-dimensional systematic acquisition of the right ventricle. However, the image quality was considered insufficient for accurate assessment by this method in a substantial number of patients.

Right ventricular function was assessed using a multiparameter approach, both qualitative and semiquantitative, given the absence of a single parameter that accurately reflects right ventricular function, especially in postoperative patients. One possible assessment of right ventricular function is through visual estimation by an expert echocardiographer, but the lack of precision only allows differentiation between normal function and mild or advanced dysfunction. Several cut-off points were selected for different parameters to define right ventricular dysfunction, which was considered if at least two of the following parameters were present (TAPSE: mildly depressed: 15–17 mm, moderately to severely depressed: < 15 mm; SF: depressed < 35%; DTI: depressed < 9.5 cm/s; Global longitudinal RV free wall strain, depressed < 20%) and coincided with the visual estimation.

One limitation of the conventional parameters is their dependence on afterload. Different afterloads can explain distinct longitudinal strain values in patients with similar ventricular function. Right ventricular myocardial work (RVMW) takes account of afterload and yields information on the coupling between the RV and pulmonary artery, which could provide a more accurate estimate of RV systolic function. RVMW is a novel method for the non-invasive assessment of RV function using RV stress-pressure loops. It may offer new insights into the role of the RV in pulmonary hypertension. It provides a comprehensive analysis of RV systolic function and correlates more closely with invasively measured stroke volume and stroke volume index in comparison to other standard echocardiographic parameters. Unlike RV longitudinal strain, TAPSE, and SF, RVMW parameters integrate contractility, RV desynchrony, and pulmonary pressures in the quantification. In addition, RVMW is not subject to the technical limitations of other standard RV systolic function parameters^{28–31}. Patients were recruited from February 2018 to February 2020 in the present study, and there was no estimation of myocardial work.

In the present study, a proportionally greater RV dilatation was observed with more severe TR, finding an increase in RV basal and mid diameters with a higher degree of TR ($p < 0.001$). After correcting for the TR, RV size was found to be decreased at 3 months post-surgery and then remain stable at 1 year. In relation to function parameters, the SF significantly and progressively increased with higher TR grade from mild to moderate-severe and then decreased with severe TR; however, this is not likely to represent the global function, given the high dependence on volume. No statistically significant differences with presurgical values were found for the other function parameters, observing only non-significant tendencies. These findings may suggest that neither TAPSE nor SF are valid for assessment in patients with severe TR because of their volume dependence, although TAPSE may be relatively independent from the degree of TR and more related to RV function, except in cases of severe TR. S' wave showed minimal variations and may be less dependent on volume. LS progressively increased with higher TR grade and then decreased with severe TR, reflecting a worse RV function with more severe TR and a lesser dependence on volume. Very little evidence has been published on the validity and limitations of RV

function and size parameters for assessment in the early postoperative period. Studies with larger samples and longer follow-up periods are required to elucidate the role and limitations of imaging techniques for this purpose.

Limitations

RV volumes were acquired in three dimensions for ventricular function analysis, but the quality of images was not considered adequate for a precise assessment. The echocardiographic window for RV estimation is limited in patients with previous surgery, and many of the present patients had undergone multiple surgeries.

No other reference technique (e.g., magnetic resonance imaging) was applied to study ventricular function, because the main objective was to follow the time course of echocardiographic parameters for 1 year after the surgery. In addition, MRI is a low-availability technique that is not always recommended in recently operated patients. The high proportion of patients with prostheses in mitral and aortic position and pacemakers would add complexity to the analysis. However, the application of magnetic resonance imaging, for example, would have allowed the comparison of function between baseline and 1-year post-surgery to verify the hypotheses based on echocardiographic parameters.

RV function parameters were slightly decreased at 1 year but did not reach presurgical values, and it is possible that they might have normalized over the longer term. Studies with longer follow-up periods are required to explore this possibility.

Conclusions

During the first few months post-surgery, LS may be a valid parameter for RV function assessment but TAPSE and S' may not be, due to possible changes in longitudinal function. At 1-year post-surgery, all parameters appear valid to estimate global RV function. For pre-surgical assessment, TAPSE and SF appear to be the most dependent on volume and may not be useful in patients with severe TR, for whom LS, which is less volume-dependent, may be a valid parameter.

Data availability

All data generated or analyzed during this study are included in this published article [and its supplementary information files].

Received: 31 March 2022; Accepted: 9 November 2022

Published online: 14 November 2022

References

1. Singh, J. P. *et al.* Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation. *Am. J. Cardiol.* **83**, 897–902 (1999).
2. Sanz, J., Sánchez-Quintana, D., Bosson, D., Bogaar, H. & Naeije, R. Anatomy, function, and dysfunction of the right ventricle: JACC state-of-the-art review. *J. Am. Coll. Cardiol.* **73**(12), 1463–1482 (2019).
3. Haddad, F., Hunt, S. A., Rosenthal, D. A. N. & Murphy, D. J. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation* **117**(11), 1436–1448 (2008).
4. Ho, S. Y. & Nihoyannopoulos, P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart* **92**(Suppl 1), i2–13 (2006).
5. Badano, L. P. *et al.* Advanced imaging of right ventricular anatomy and function. *Heart* **106**(19), 1469–1476 (2020).
6. Rudski, L. G. *et al.* Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* **23**, 685–713 (2010).
7. Lang, R. M. *et al.* Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* **28**, 1–39 (2015).
8. Badano, L. P., Muraru, D., Parati, G., Haugaa, K. & Voigt, J. U. How to do right ventricular strain. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging* **21**(8), 825–827 (2020).
9. Galderisi, M. *et al.* Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: An expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging* **18**(12), 1301–1310 (2017).
10. Voigt, J. U. *et al.* Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/industry task force to standardize deformation imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* **28**(2), 183–193 (2015).
11. Andersen, M. V. *et al.* Quantitative parameters of high-frame-rate strain in patients with echocardiographically normal function. *Ultrasound Med. Biol.* **45**(5), 1197–1207 (2019).
12. Joos, P. *et al.* High-frame-rate speckle-tracking echocardiography. *EEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control.* **65**(5), 720–728 (2018).
13. Furlani, A. C. & Garcia, M. J. Right ventricular strain. *Circ. Cardiovasc. Imaging* **12**(3), e008862 (2019).
14. Smolarek, D., Gruchala, M. & Sobiczewski, W. Echocardiographic evaluation of right ventricular systolic function: The traditional and innovative approach. *Cardiol. J.* **24**(5), 563–572 (2017).
15. Samarai, D., Ingemansson, S. L., Gustafsson, R., Thilén, U. & Hlebowicz, J. Global longitudinal strain correlates to systemic right ventricular function. *Cardiovasc. Ultrasound* **18**(1), 4 (2020).
16. Lakatos, B., Kovács, A., Tokodi, M., Doronina, A. & Merkely, B. Assessment of the right ventricular anatomy and function by advanced echocardiography: Pathological and physiological insights. *Orv. Hetil.* **157**(29), 1139–1146 (2016).
17. Schneider, M. *et al.* Echocardiographic assessment of right ventricular function: Current clinical practice. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* **35**(1), 49–56 (2019).
18. Addetia, K. & Patel, A. R. Beyond right ventricular size and function: The importance of evaluating the right ventricle's capacity for recovery. *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* **12**(11), 1269–1273 (2014).
19. Denault, A. *et al.* Postoperative right ventricular dysfunction—Integrating right heart profiles beyond long-axis function. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **159**, e315–e317 (2020).
20. Tamborini, G. *et al.* Is right ventricular systolic function reduced after cardiac surgery? A two- and three-dimensional echocardiographic study. *Eur. J. Echocardiogr.* **10**, 630–634 (2009).

21. Zanobini, M. *et al.* Postoperative echocardiographic reduction of right ventricular function: Is pericardial opening modality the main culprit?. *Biomed. Res. Int.* **2017**, 4808757 (2017).
22. Dutta, T. & Aronow, W. S. Echocardiographic evaluation of the right ventricle: Clinical implications. *Clin. Cardiol.* **40**(8), 542–548 (2017).
23. Mandoli, G. E. *et al.* Right ventricular function after cardiac surgery: The diagnostic and prognostic role of echocardiography. *Heart Fail. Rev.* **2**(5), 625–635 (2019).
24. Nguyen, T., Cao, L. & Movahed, A. Altered right ventricular contractile pattern after cardiac surgery: Monitoring of septal function is essential. *Echocardiography* **31**(9), 1159–1165 (2014).
25. Denault, A., Haddad, F., Jacobsohn, E. & Deschamps, A. Perioperative right ventricular dysfunction. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* **26**(1), 71–81 (2013).
26. Garcia, R. *et al.* Evaluation of right ventricular function after cardiac surgery: The importance of tricuspid annular plane systolic excursion and right ventricular ejection fraction. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **152**(2), 613–620 (2016).
27. Voigt, J. U. & Cvijic, M. 2- and 3-dimensional myocardial strain in cardiac health and disease. *JACC Cardiovasc. Imaging* **12**(9), 1849–1863 (2019).
28. Trifunovic-Zamaklar, D. & Vratonjic, J. Is noninvasive right ventricular myocardial work analysis the right way for functional assessment of the right ventricle?. *J. Clin. Ultrasound* **50**(7), 885–886 (2022).
29. Butcher, S. C. *et al.* Right ventricular myocardial work characterization in patients with pulmonary hypertension and relation to invasive hemodynamic parameters and outcomes. *Am. J. Cardiol.* **177**, 151–161 (2022).
30. Butcher, S. C. *et al.* Right ventricular myocardial work: Proof-of-concept for non-invasive assessment of right ventricular function. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging* **22**, 142–152 (2021).
31. Wu, J. *et al.* Correlations among non invasive right ventricular myocardial work indices and the main parameters of systolic and diastolic functions. *J. Clin. Ultrasound* **50**, 873–884 (2022).

Author contributions

All authors reviewed the manuscript.

Funding

No grants, contracts, or financial support. No relationships with industry.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Additional information

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24048-1>.

Correspondence and requests for materials should be addressed to D.J.R.T. or R.G.O.

Reprints and permissions information is available at www.nature.com/reprints.

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2022, corrected publication 2023