

## Artículo de revisión

## Tratamientos percutáneos de la valvulopatía tricuspídea: una nueva esperanza para la válvula «olvidada»



Francisco Campelo-Parada\*, Olivier Lairez y Didier Carrié

Department of Cardiology, Rangueil University Hospital, CHU Toulouse, Toulouse, Francia

Historia del artículo:

On-line el 1 de agosto de 2017

Palabras clave:

Valvulopatía tricuspídea  
Transcatéter  
Percutáneo  
Insuficiencia tricuspídea

## RESUMEN

La insuficiencia tricuspídea es una enfermedad prevalente, pero aún está infratratada. En ausencia de otra valvulopatía concomitante, son pocos los pacientes a los que se indica una intervención quirúrgica para reparar solamente la válvula tricúspide. Además, esta intervención se asocia con mal pronóstico, especialmente en pacientes con antecedentes de cirugía cardíaca. A pesar del impacto de la insuficiencia tricuspídea en la supervivencia, se considera que la mayoría de los pacientes son tributarios únicamente de tratamiento médico. Los tratamientos percutáneos de la válvula tricúspide suponen una prometedora alternativa para los pacientes con alto riesgo quirúrgico. En los últimos años se han desarrollado e implantado con éxito varios dispositivos percutáneos. Las técnicas de imagen tienen un papel indispensable en la selección de pacientes, como guía del procedimiento y en el seguimiento posterior. Los diferentes dispositivos disponibles se pueden dividir en 3 tipos: dispositivos que mejoran la coaptación valvular, implante transcatéter de válvulas en la vena cava y dispositivos de anuloplastia percutánea. Para los pacientes con una bioprótesis o anillo tricuspídeo disfuncionante, el implante transcatéter de válvulas aórticas o pulmonares es una alternativa a la reintervención quirúrgica. Esta revisión analiza en detalle los nuevos dispositivos percutáneos y los aspectos más relevantes de la anatomía y la evaluación de la válvula tricúspide.

© 2017 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Percutaneous Treatment of the Tricuspid Valve Disease: New Hope for the “Forgotten” Valve

## ABSTRACT

Tricuspid valve disease is a frequent condition but is currently undertreated. A limited number of patients undergo an isolated surgical tricuspid repair, and this intervention is associated with poor outcomes, especially in patients with previous cardiac surgery. Most patients are only medically treated, despite the impact of severe tricuspid regurgitation on functional status and long-term survival. Transcatheter therapies represent a promising alternative for patients with severe tricuspid regurgitation and high surgical risk. In the last few years, several percutaneous alternatives have been developed for the treatment of functional tricuspid regurgitation. Imaging techniques play an indispensable role in patient selection, procedural guidance and follow-up. The current available transcatheter options for native tricuspid valve disease can be divided into 3 main groups: heterotopic caval valve implantation, annuloplasty devices, and coaptation devices. In patients with previous tricuspid valve surgery, transcatheter valve-in-valve and valve-in-ring procedures have been reported. This review provides a detailed analysis of the novel transcatheter alternatives for the treatment of tricuspid valve disease that have already been successfully implanted in humans, as well as the most important aspects of tricuspid valve anatomy and imaging assessment.

Full English text available from: [www.revespcardiol.org/en](http://www.revespcardiol.org/en)

© 2017 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords:

Tricuspid valve disease  
Transcatheter  
Percutaneous  
Tricuspid regurgitation\* Autor para correspondencia: Department of Cardiology, Rangueil University Hospital, CHU Toulouse, 1 Avenue Jean Poulhès, 31059 Toulouse, Francia. Correo electrónico: [fran.campelo@gmail.com](mailto:fran.campelo@gmail.com) (F. Campelo-Parada).

### Abreviaturas

ACD: arteria coronaria derecha  
 ETE 3D: ecocardiografía transesofágica tridimensional  
 IT: insuficiencia tricuspídea  
 VCP: válvula cardiaca percutánea  
 VD: ventrículo derecho  
 VT: válvula tricúspide

### INTRODUCCIÓN

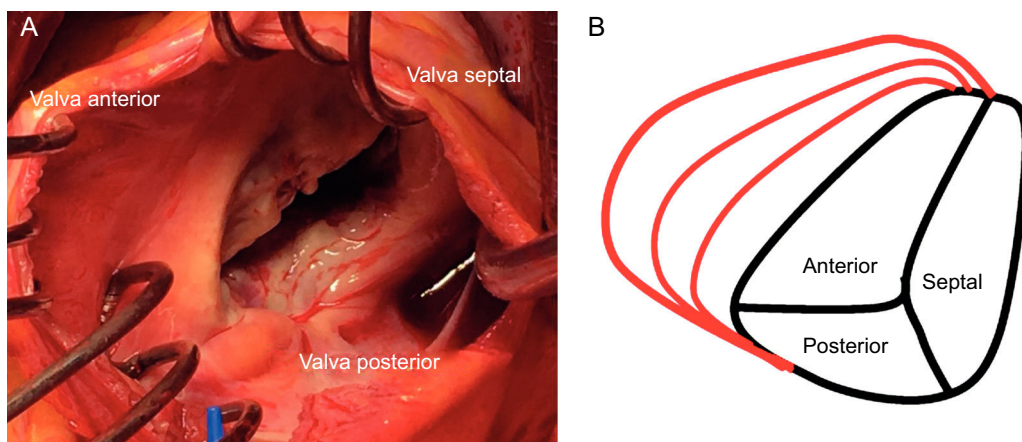
Históricamente, se ha pasado por alto la enfermedad de la válvula tricúspide (VT) y a menudo se ha tenido en cuenta sus consecuencias demasiado tarde. Un dato que respalda esta afirmación es que son pocos los pacientes a los que se indica una intervención quirúrgica para reparar solamente la VT<sup>1</sup>. A la mayoría de los pacientes con insuficiencia tricuspídea (IT) significativa se los trata médicamente, y solo en un 0,5% de los casos se realiza una reparación de la VT o una sustitución valvular<sup>2</sup>. Algunos estudios observacionales han indicado que la IT grave se asocia de manera independiente con un aumento de la mortalidad<sup>3,4</sup>, pero en ausencia de otra valvulopatía concomitante con indicación quirúrgica, la IT se suele tratar médicamente. Incluso en algunas intervenciones quirúrgicas sobre la válvula aórtica o mitral, en presencia de una IT grave concomitante, en ocasiones esta no se repara debido al clásico error de concepto de que la IT mejora siempre tras la cirugía valvular mitral o aórtica. De hecho, el 48% de los pacientes presenta un aumento de la gravedad de la IT de al menos 2 grados en el seguimiento de una cirugía mitral<sup>5</sup>. Basándose en esta evidencia, la Sociedad Europea de Cardiología recomienda realizar una reparación tricuspídea en caso de IT moderada o grave a los pacientes con valvulopatía mitral o aórtica con indicación quirúrgica<sup>6</sup>. Además, incluso en ausencia de una IT significativa, la reparación de la VT está indicada para los pacientes a los que se practica una cirugía valvular izquierda si ya presentan una dilatación del anillo tricuspídeo. La finalidad de esta recomendación es prevenir tanto la progresión de la IT cuando el anillo ya está dilatado como la necesidad de una intervención quirúrgica posterior<sup>5</sup>. La cirugía solo de la VT se asocia con altas tasas de mortalidad hospitalaria, que puede llegar a un 10% de los pacientes con antecedentes de cirugía valvular izquierda<sup>7</sup>. En el caso concreto de una reintervención sobre la válvula tricúspide tras

una primera reparación valvular, la tasa de mortalidad hospitalaria puede alcanzar un 35%<sup>8</sup>. Una de las principales razones de esta alta tasa de mortalidad hospitalaria es las intervenciones quirúrgicas tardías, realizadas cuando el ventrículo derecho (VD) presenta ya una dilatación y una disfunción irreversibles. Como consecuencia, se necesitan tratamientos percutáneos de la VT, dado el gran número de pacientes que reciben solo tratamiento médico a causa del alto riesgo quirúrgico.

El desarrollo de las técnicas percutáneas en cardiopatía estructural, como el reemplazo percutáneo de la válvula aórtica o la reparación percutánea mitral de borde a borde, ha permitido tratar a pacientes con alto riesgo quirúrgico y constituye uno de los hitos más importantes de la cardiología moderna. No obstante, entre los factores predictivos de mortalidad tras una reparación percutánea mitral borde a borde, la IT grave antes del procedimiento es uno de los más importantes<sup>9,10</sup>. Además, en los pacientes a los que se practica una sustitución percutánea de la válvula aórtica, la presencia de una IT moderada o grave se asocia con un aumento de la mortalidad a 1 año<sup>11</sup>. Estos resultados subrayan la necesidad de dispositivos percutáneos para tratar la afección de la VT, sobre todo en el contexto de un uso creciente de los tratamientos percutáneos de las valvulopatías del ventrículo izquierdo. Tras el éxito de las intervenciones percutáneas para las valvulopatías aórtica, pulmonar o mitral, en los últimos años hemos asistido al desarrollo de numerosas técnicas percutáneas para la VT. En esta revisión se presentan el estado actual y las perspectivas futuras de los tratamientos percutáneos para la valvulopatía tricuspídea, así como los aspectos más importantes de la anatomía de la VT y la evaluación de la IT.

### ANATOMÍA DE LA VÁLVULA TRICÚSPIDE

La VT normal es la válvula auriculoventricular del corazón derecho, y se encuentra en una posición anteroinferior en el corazón, la más apical de las 4 válvulas cardiacas. El aparato valvular de la VT está formado por un anillo fibroso que rodea 3 valvas triangulares, que están sostenidas por cuerdas tendinosas y los respectivos músculos papilares del VD. Las 3 valvas se designan según su posición relativa en el corazón: septal, anterior y posterior<sup>12</sup> (figura 1). La VT es la mayor de las 4 válvulas cardiacas y presenta diferencias respecto a la válvula correspondiente del ventrículo izquierdo, la válvula mitral, puesto que el área del orificio anular es aproximadamente un 20% mayor que el área del anillo mitral. El anillo tricuspídeo es complejo, con una forma oval en silla de montar y un cambio dinámico durante el ciclo cardíaco<sup>13,14</sup>.



**Figura 1.** Anatomía de la válvula tricúspide en la insuficiencia tricuspídea funcional. A: imagen quirúrgica de un anillo tricuspídeo dilatado. B: dilatación progresiva del anillo tricuspídeo en la insuficiencia tricuspídea funcional.

## Insuficiencia tricuspídea funcional

Dado que el VD es una cámara de baja presión conectada a una circulación pulmonar de baja resistencia, muestra mayor sensibilidad que el ventrículo izquierdo al aumento de la poscarga<sup>15</sup>. Como consecuencia de esta anatomía, la integridad de la VT está estrechamente ligada al tamaño y la función del VD, y la sobrecarga de volumen o presión del VD puede causar un deterioro de la función de la VT<sup>16</sup>. El anillo tricuspídeo es una estructura dinámica que cambia su morfología cuando se modifican las condiciones de carga y durante las diferentes fases del ciclo cardiaco. La dilatación inicial del VD conduce a una dilatación del anillo tricuspídeo que es el mecanismo dominante de la IT funcional. Cuando se produce una dilatación funcional, no todas las valvas desempeñan el mismo papel en la IT: el anillo se dilata en dirección lateral, se conserva la porción septal y se extiende el punto de coaptación (figura 1B). La morfología del anillo cambia de elíptica a circular y se hace más plana, con una falta de coaptación valvular que crea chorros (*jets*) regurgitantes<sup>14</sup>. La valva anterior es la más grande y está anclada en un único músculo papilar fijado a la pared libre del VD, por lo que se ve más afectada por la dilatación del anillo<sup>17</sup>. Por lo tanto, es importante comprender las complejas relaciones entre el VD, la VT y el anillo tricuspídeo, que explican que la IT funcional no sea simplemente una valvulopatía, sino más bien el resultado de una serie de procesos que alteran el tamaño del anillo tricuspídeo, a la vez que producen anomalías del tamaño y la función del VD, lo que causa una alteración en el modo de coaptación y produce un *tethering* o fijación de la VT<sup>17</sup>.

## TÉCNICAS DE IMAGEN PARA LA EVALUACIÓN DE LA INSUFICIENCIA TRICUSPÍDEA

La técnica de imagen más utilizada en la práctica clínica para la evaluación de la VT es la ecocardiografía. La integración de la compleja relación entre el VD y el aparato valvular tricuspídeo requiere la utilización de múltiples ventanas ecográficas, la mayor parte de las veces mediante ecocardiografía transtorácica y en ocasiones ecocardiografía transesofágica (ETE), con exploraciones tanto bidimensionales como tridimensionales (3D)<sup>18,19</sup>.

### Ecocardiografía transtorácica

Las proyecciones recomendadas para llevar a cabo una evaluación completa del VD y el aparato valvular tricuspídeo se han descrito en la guía de la *American Society of Echocardiography*<sup>20,21</sup> (figura 2). La mayoría de los parámetros empleados para establecer el grado de la IT son cualitativos o semicuantitativos<sup>22,23</sup>. Varios estudios han validado la evaluación cuantitativa del

volumen de regurgitación tricuspídea con el método del área de isovelocidad proximal, por lo que un área del orificio de regurgitación efectiva  $\geq 40 \text{ mm}^2$  y un volumen regurgitante  $\geq 45 \text{ ml}$  son característicos de IT grave<sup>24,25</sup>.

La evaluación actual de la IT funcional debe de tener en cuenta también el tamaño del anillo tricuspídeo y el modo de coaptación de las valvas, que están influidos por el agrandamiento y la disfunción del VD, en vez de basarse únicamente en la gravedad de la regurgitación valvular<sup>17</sup>. Las guías de práctica clínica europea y estadounidense proponen emplear la dimensión septolateral telediastólica determinada en la proyección apical de 4 cámaras para evaluar el tamaño del anillo tricuspídeo, de tal manera que una dimensión diastólica  $\geq 40 \text{ mm}$  (o  $> 21 \text{ mm/m}^2$ ) se considera indicativa de una dilatación grave del anillo tricuspídeo<sup>6,26</sup>. Debe analizarse también cuidadosamente la coaptación de las valvas. El *tethering* de las valvas se considera significativo cuando la distancia de *tethering* es  $> 8 \text{ mm}$  o el área  $> 1,6 \text{ cm}^2$ <sup>27</sup>.

Los parámetros más comúnmente utilizados para evaluar la IT se resumen en la tabla 1<sup>28</sup>.

### Ecocardiografía transesofágica

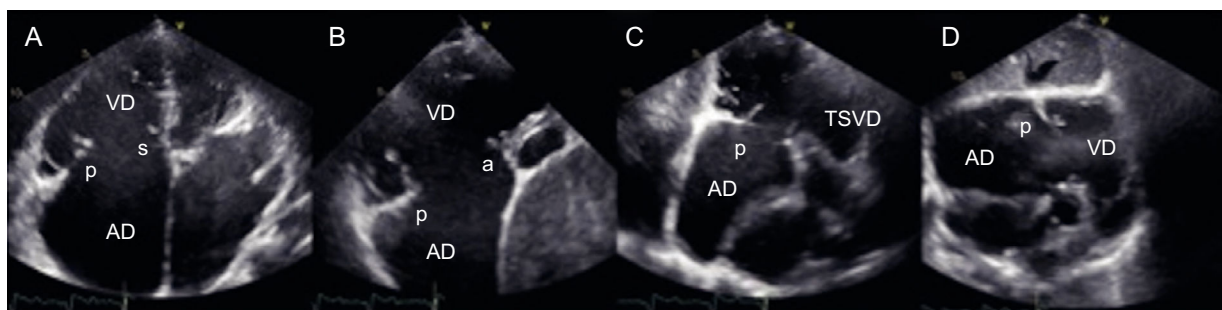
La ETE permite evaluar la VT con una mejor resolución espacial y con más ventanas para la evaluación detallada de las imágenes bidimensionales y 3D<sup>29</sup>. La presencia de estructuras adyacentes dentro del mismo volumen en la exploración 3D puede ser útil para identificar la anatomía de las valvas (figura 3). Las imágenes estandarizadas obtenidas en la ETE son de especial importancia para facilitar la tarea de los cardiólogos intervencionistas durante las intervenciones percutáneas.

### Tomografía computarizada y cardiiorresonancia magnética

Aunque la ecocardiografía es la técnica de referencia para la evaluación de la IT, tanto la tomografía computarizada como la cardiiorresonancia magnética pueden aportar información adicional.

Dada su alta resolución espacial, la cardiiorresonancia magnética puede aportar datos que se suman a los de la ecocardiografía 3D para el análisis tanto anatómico como funcional del anillo de la VT y las cámaras cardiacas derechas<sup>30</sup>.

La tomografía computarizada es útil para medir el anillo tricuspídeo y puede aportar imágenes de la morfología del VD. Por lo que respecta al ámbito específico del tratamiento percutáneo, la tomografía computarizada proporciona información sobre las estructuras circundantes y su relación con la zona diana del dispositivo. Además, dado que la arteria coronaria derecha (ACD) transcurre por el surco auriculoventricular derecho, tiene especial



**Figura 2.** Imágenes transtorácicas para la evaluación de la válvula tricúspide. A: proyección axial de 4 cámaras. B: proyección paraesternal de eje corto. C: proyección axial bicameral con el VD en el vértice del sector. D: proyección subcostal. a: valva anterior; AD: aurícula derecha; p: valva posterior; s: valva septal; TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho; VD: ventrículo derecho.

**Tabla 1**  
Evaluación ecocardiográfica de la gravedad de la insuficiencia tricuspídea

| Parámetro   | Leve   | Moderada   | Grave   |
|---|--|--|---|
| <i>Cualitativo</i>                                      |  |  |   |
| Morfología de la VT                                     | Valvas normales o levemente anormales        | Valvas generalmente anormales                                      | Lesiones valvulares graves  |
| Movimiento septal interventricular                      | Normal                                       | Habitualmente normal   | Patrón paradójico/de sobrecarga de volumen                        |
| Chorro de regurgitación en Doppler color                | Penetración pequeña en AD o no holosistólica | Penetración en AD moderada o penetración grande y sistólica tardía | Penetración en AD profunda y <i>jet</i> excéntrico                |
| Zona de convergencia del flujo                          | No visible, transitoria o pequeña            | De tamaño y duración intermedias                                   | Grande en toda la sístole   |
| Densidad/contorno del <i>jet</i> de regurgitación en DC | Débil/parabólica o contorno parcial          | Densa, contorno variable   | Densa, contorno triangular con un pico temprano                   |
| Tamaño de la VCI  | Generalmente normal                          | Generalmente normal o dilatación leve                              | Generalmente dilatado con una variabilidad respirofásica reducida |
| Tamaño de VD y AD                                       | Generalmente normal                          | Generalmente normal o dilatación leve                              | Generalmente dilatado   |
| <i>Semicuantitativo</i>                                 |  |  |   |
| Anillo tricuspídeo                                      | < 40 mm o 21 mm/m <sup>2</sup>               | Puede ser > 40 mm o 21 mm/m <sup>2</sup>                           | > 40 mm o 21 mm/m <sup>2</sup>                                    |
| Área del <i>jet</i> de flujo color (cm <sup>2</sup> )   | No definido                                  | No definido pero < 10  | > 10  |
| Vena contracta (cm)                                     | No definido                                  | No definido pero < 0,7   | ≥ 0,7   |
| Radio de PISA (cm)                                      | ≤ 0,5  | 0,6-0,9  | > 0,9   |
| Flujo en las venas hepáticas                            | Predominio sistólico                         | Amortiguación sistólica  | Inversión del flujo sistólico                                     |
| Flujo transtricuspídeo                                  | Onda A predominante, onda E < 1 m/s          | Variable   | Onda E dominante y ≥ 1,0 m/s                                      |
| <i>Cuantitativo</i>                                     |  |  |   |
| AEOR (mm <sup>2</sup> )                                 | < 20   | 20-39  | ≥ 40  |
| Volumen de regurgitación (ml)                           | < 30   | 30-45  | ≥ 45  |

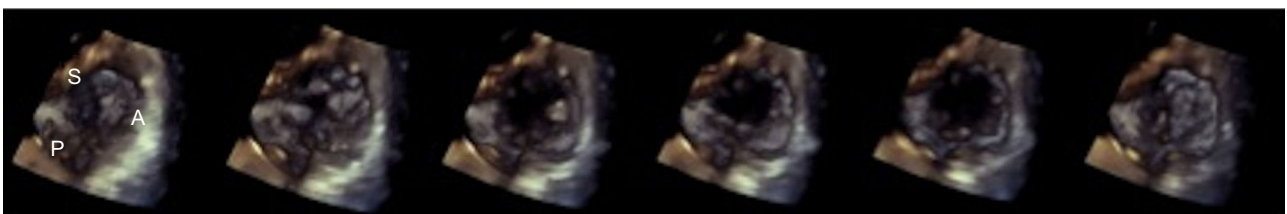
AD: aurícula derecha; AEOR: área efectiva del orificio regurgitante; DC: Doppler continuo; IT: insuficiencia tricuspídea; PISA: área de superficie de isovelocidad proximal; VCI: vena cava inferior; VD: ventrículo derecho; VT: válvula tricúspide. Extraído con permiso de Rodés-Cabau et al.<sup>28</sup>.

importancia determinar su distancia respecto al anillo de la VT para evitar daños en la ACD durante las intervenciones percutáneas de anuloplastia<sup>31</sup>.

### TRATAMIENTOS PERCUTÁNEOS PARA LA INSUFICIENCIA TRICUSPÍDEA

En los últimos años, se han desarrollado varias opciones percutáneas específicas para el tratamiento de la IT funcional. A diferencia de lo que ocurre con la valvulopatía aórtica o mitral, hasta la fecha no se dispone de una válvula cardiaca percutánea (VCP) específica y solo se han descrito algunas experiencias preclínicas. Se han identificado varias dificultades que será preciso superar para continuar el desarrollo de dispositivos tricuspídeos percutáneos, como el gran tamaño del anillo tricuspídeo (> 40 mm) y su forma elíptica y no plana. Además, algunas de las características del VD añaden dificultades adicionales, como el flujo lento, la estructura trabeculada con una pared ventricular fina, así como la proximidad a otras estructuras como la ACD, el seno coronario, la vena cava o el nódulo auriculoventricular<sup>28</sup>.

Algunos dispositivos diseñados para la enfermedad mitral o aórtica, como el MitraClip (Abbott Vascular; Santa Clara, California, Estados Unidos) o la válvula Edwards SAPIEN (Edwards Lifesciences; Irvine, California, Estados Unidos), se han adaptado con éxito para el tratamiento de la IT o sus consecuencias, mientras que otros dispositivos se han desarrollado exclusivamente para la VT. Se puede identificar 3 dianas diferentes para los actuales tratamientos percutáneos tricuspídeos de la IT: implantes de una VCP en la vena cava para reducir el flujo retrógrado, dispositivos de anuloplastia percutánea que reducen las dimensiones del anillo, y dispositivos que mejoran la coaptación de las valvas y reducen el orificio de regurgitación. Se han publicado las primeras experiencias con estos dispositivos en el ser humano, y en los estudios actualmente en marcha y en otros futuros se evaluará la viabilidad, la seguridad y la eficacia de estas nuevas opciones terapéuticas percutáneas (tabla 2). Se ha descrito el implante de una VCP aórtica o pulmonar en pacientes con una reparación o sustitución tricuspídea previa y degeneración de la bioprótesis o incompetencia del anillo de anuloplastia, lo que representa actualmente una prometedora alternativa a la reintervención quirúrgica.



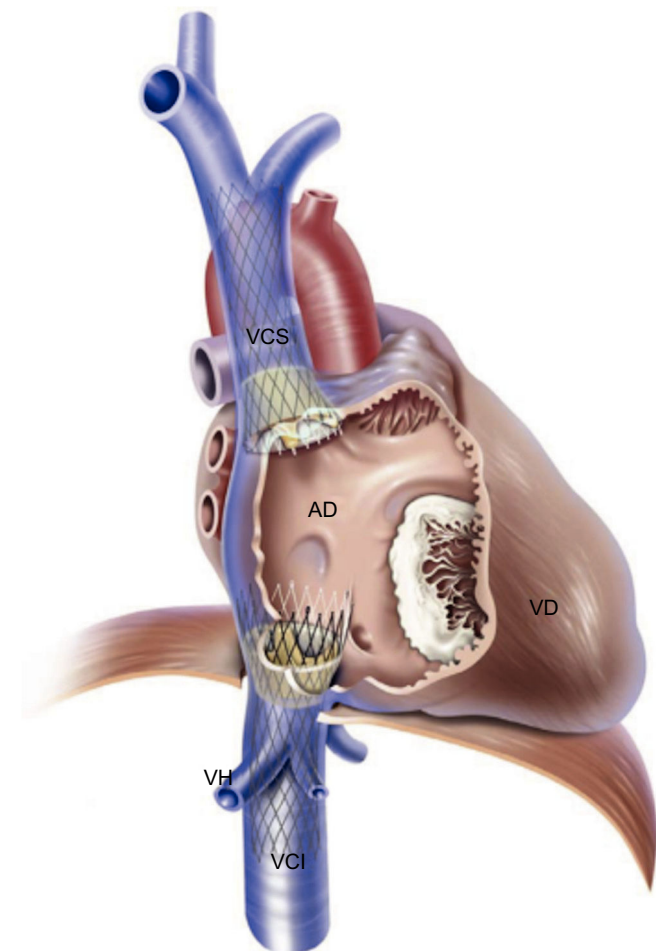
**Figura 3.** Imagen de ecocardiografía transesofágica 3D de la válvula tricúspide a lo largo del ciclo cardiaco. A: valva anterior; P: valva posterior; S: valva septal.

**Tabla 2**

Tratamientos percutáneos para la enfermedad de la válvula tricúspide nativa

| Técnica    | Abordaje     | Vaina             | Número | Éxito de la intervención | Resultados preliminares | Estudios en curso   |   |
|------------|--------------|-------------------|--------|--------------------------|-------------------------|---|---|
| TricValve  | IVCA         | TF                | 27 Fr  | 5                        | 80%                     | Reducción de la presión en VCI y en aurícula derecha  | —   |
| SAPIEN     | IVCA         | TF                | 16 Fr  | 10                       | 100%                    | Reducción de la presión en la VCI<br>Mejoría en la NYHA. TAPSE. Reducción del volumen de la aurícula derecha  | TRICAVAL (NCT02387697)<br>HOVER (NCT02339974)                           |
| Trialign   | Anuloplastia | TY                | 14 Fr  | 30                       | 93%                     | Reducción de la dimensión del anillo, AEOR. Mejoría en la NYHA, 6MWT, CdV a los 30 días                       | SCOUT (NCT02574650)   |
| TriCinch   | Anuloplastia | TF                | 24 Fr  | 24                       | 75%                     | Mejoría en la CdV, 6MWT y NYHA a los 6 meses  | PREVENT (NCT02098200)   |
| Cardioband | Anuloplastia | TF                | 25 Fr  | 10                       | 100%                    | Reducción de las dimensiones anulares, AEOR y volumen de regurgitación<br>Mejoría funcional a los 30 días     | TRI-REPAIR (NCT02981953)  |
| Millipede  | Anuloplastia | TF/<br>quirúrgico | —      | 2                        | —                       | Reducción de las dimensiones anulares y de la IT tras la intervención   | —   |
| FORMA      | Coaptación   | TS                | 24 Fr  | 18                       | 89%                     | Mejoría en la clase de la NYHA, 6MWT y CdV en el seguimiento a 1 año  | — Estudio inicial de viabilidad (NCT02471807)<br>— SPACER (NCT02787408) |
| Mitraclip  | Coaptación   | TF/TY             | 24 Fr  | 64                       | 97%                     | Reducción de la AEOR y el volumen de regurgitación tras la intervención. Mejoría en NYHA y 6MWT a los 30 días | —   |

6MWT: prueba de marcha de 6 min; AEOR: área efectiva del orificio regurgitante; CdV: cuestionarios de calidad de vida; IT: insuficiencia tricúspide; IVCA: implante de válvula en vena cava; NYHA: clase funcional de la *New York Heart Association*; TAPSE: desplazamiento sistólico del anillo tricúspide; TF: transfemoral; TS: transclavio; TY: transyugular; VCI: vena cava inferior.



**Figura 4.** Implante heterotópico de válvula en la vena cava. Doble implante valvular con un dispositivo TricValve autoexpandible en la vena cava inferior y otro en la superior. AD: aurícula derecha; VCI: vena cava inferior; VCS: vena cava superior; VD: ventrículo derecho; VH: venas hepáticas. Reproducido con permiso de Lauten et al.<sup>32</sup>.

### Implante heterotópico de válvula percutánea en la vena cava

El objetivo de esta intervención consiste en reducir el volumen y la presión de regurgitación hacia la vena cava de los pacientes con una IT grave, que causa congestión hepática, abdominal y periférica, de tal manera que se mejoren los síntomas de insuficiencia cardiaca derecha. El implante de válvula en la vena cava se ha realizado con dispositivos específicamente diseñados para ello, como la válvula autoexpandible TricValve (P+F Products + Features Vertriebs GmbH; Viena, Austria) y también con la válvula aórtica percutánea SAPIEN con balón expandible. La TricValve es una válvula de tejido pericárdico montada sobre un *stent* de nitinol que se puede implantar en la vena cava inferior sola o en combinación con una TricValve específica para la vena cava superior (figura 4)<sup>32</sup>. Lauten et al.<sup>28,32,33</sup> describieron una mejoría hemodinámica y clínica de los pacientes a los que se implantó el TricValve en la unión cavoauricular. Para el implante percutáneo, es necesario un introductor de 27 Fr<sup>33</sup>. Es imprescindible determinar preoperatoriamente el tamaño de la vena cava inferior y superior, que puede ser un criterio de exclusión para el uso de esta técnica si existe un posible riesgo de embolización valvular. El tamaño máximo de este dispositivo es 43 mm para la vena cava inferior y 38 mm para la vena cava superior. Empleando el mismo concepto, Laule et al.<sup>34</sup> han descrito el implante de válvulas SAPIEN XT o SAPIEN 3 de 29 mm en la vena cava inferior. Antes del implante final de la válvula, se despliega un *stent* periférico para crear una zona de anclaje. El principal inconveniente del implante de válvula en la vena cava es que este concepto terapéutico no reduce la IT, sino solo sus consecuencias. No se dispone de datos a largo plazo sobre la seguridad de la ventricularización de la aurícula derecha y la sobrecarga de la aurícula derecha y el VD persistente debida a una IT grave persistente. Se recomienda anticoagulación, ya que el flujo lento en la vena cava podría favorecer la trombosis valvular. Hay 3 dificultades que es preciso tener en cuenta en la intervención para el implante de válvula en la vena cava: la proximidad de las venas hepáticas, la distensibilidad y el grado de dilatación de las venas cava, y la importante variabilidad anatómica que muestra la vena cava superior, que hace que el doble implante en las venas cava sea una intervención técnicamente más exigente<sup>35</sup>. Se ha descrito un alto porcentaje de éxito del procedimiento con los 2 sistemas

valvulares, pero los resultados a 1 año muestran una tasa de mortalidad alta en estas series iniciales de pacientes con un riesgo quirúrgico prohibitivo incluidos en un programa de uso compartido<sup>28</sup>. Los datos existentes sobre los resultados a largo plazo tras el implante de estos dispositivos son insuficientes. Actualmente se está investigando la seguridad y la eficacia del implante de la válvula SAPIEN en la vena cava inferior en los ensayos TRICAVAL (NCT02387697) y HOVER (NCT02339974).

### Dispositivos de anuloplastia

La fisiopatología de la IT funcional implica la dilatación del anillo tricuspídeo. La dilatación progresiva del anillo tricuspídeo se produce en el plano anteroposterior, y conduce a una falta de coaptación de las valvas. La anuloplastia de la VT es el tratamiento quirúrgico de referencia de la IT funcional<sup>13</sup> y en los últimos años se han desarrollado varios dispositivos de anuloplastia percutánea. Estos dispositivos tienen la ventaja de basarse en una técnica quirúrgica demostrada, con buenos resultados a largo plazo. Además, estas técnicas preservan la anatomía de la VT, lo que permite futuras opciones de tratamiento, como la VCP o la reparación percutánea borde a borde, si es necesario.

#### *Trialign*

Este dispositivo se basa en la intervención quirúrgica de bicuspidización de Kay (conversión de una VT incompetente en una válvula bicúspide competente)<sup>36</sup>. El dispositivo Trialign (Mitralign Inc.; Tewksbury, Massachusetts, Estados Unidos) permite realizar la reparación percutánea de la VT por vía transyugular. La primera anuloplastia tricuspídea realizada en el ser humano se describió en 2015 y utilizó la plataforma mitral de este dispositivo (Mitralign)<sup>37</sup> antes de que se desarrollara un sistema de implante específico para la VT.

Se implantan 2 introductores de calibre 14 Fr en la vena yugular derecha y se introduce a través de la VT un catéter articulado, que se posiciona al nivel de la comisura valvular anteroposterior, guiándose por ETE 3D. Se introduce una guía de radiofrecuencia a través del anillo tricuspídeo hacia la aurícula derecha y se externaliza para introducir un catéter de aplicación de las suturas (pequeños parches o *pledgets*)<sup>28,37</sup>. Se anclan 2 *pledgets* de poliéster en el anillo de la VT en posición posteroanterior y posteroseptal respectivamente. En los pacientes con un anillo muy grande, pueden implantarse múltiples *pledgets*. A continuación, se aproximan los *pledgets* para obliterar la valva posterior y se utiliza un sistema de cierre específicamente diseñado para ello en el lado auricular. De este modo se reducen las dimensiones del anillo y disminuye la IT (figura 5)<sup>37</sup>.

Hasta la fecha, se ha tratado con este dispositivo a más de 30 pacientes en todo el mundo. Se ha descrito una reducción anular media de un 37% tras la intervención y una reducción del área del orificio de regurgitación de un 59%. En el estudio inicial de viabilidad en Estados Unidos, SCOUT I<sup>38</sup>, se incluyó a 15 pacientes, con éxito de la intervención en todos ellos y éxito técnico a los 30 días en 12 (3 casos de dehiscencia de 1 solo *pledget*). En el seguimiento realizado a los 30 días se observó una reducción significativa del diámetro del anillo tricuspídeo y del área del orificio de regurgitación, así como una mejoría de los síntomas de los pacientes (estado funcional, prueba de marcha de 6 min y cuestionarios de calidad de vida)<sup>38</sup>. Estos resultados preliminares se evaluarán en una cohorte de pacientes más amplia en el estudio para obtener la marca CE de la Unión Europea.

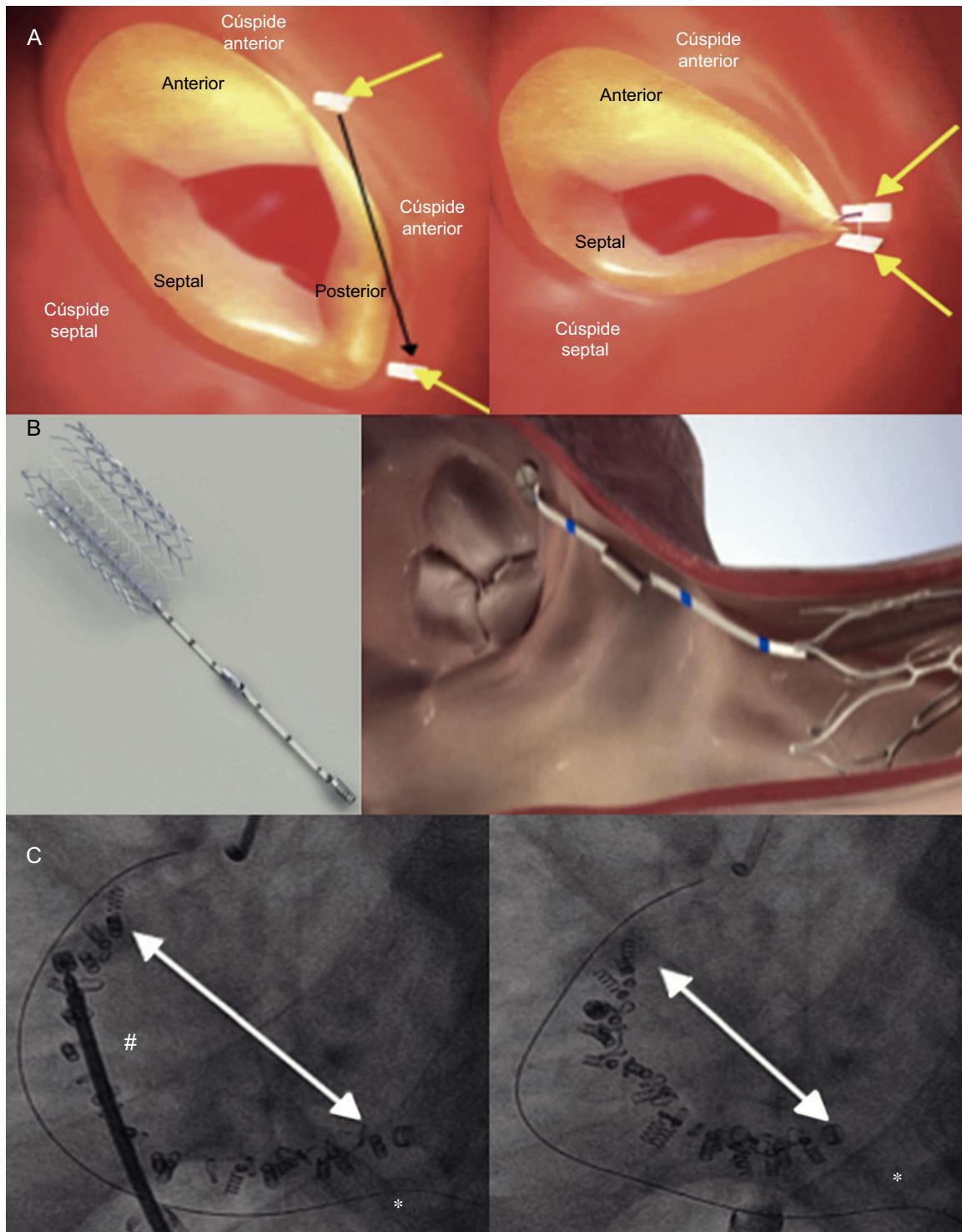
#### *TriCinch*

El TriCinch (4 Tech Cardio; Galway, Irlanda) es un dispositivo percutáneo diseñado para reducir la IT funcional reduciendo las dimensiones del anillo y restableciendo la coaptación de las valvas<sup>39</sup>. Consiste en una estructura de anclaje en forma de sacacorchos, con una banda de dacrón y un *stent* de nitinol autoexpandible, disponible en 4 tamaños, de entre 27 y 43 mm<sup>40</sup> (figura 5B)<sup>28</sup>. La intervención se lleva a cabo generalmente con anestesia general y guiada por fluoroscopia, ETE y ecocardiografía intracardiaca. No obstante, recientemente se ha descrito la realización con éxito de esta intervención con anestesia local y sedación, guiada por fluoroscopia y ecocardiografía intracardiaca<sup>41</sup>. Durante el implante del TriCinch, se coloca una guía en la ACD debido al riesgo de lesión de la arteria coronaria. Se inserta un introductor de calibre 24 Fr en la vena femoral derecha, y se avanza un catéter de 18 Fr hacia el anillo tricuspídeo. Se ancla la estructura de acero inoxidable en forma de sacacorchos al anillo de la VT cerca de la comisura anteroposterior. El sistema de implante del *stent* se conecta junto con el sistema de anclaje por medio de la banda de dacrón y se aplica tensión al dispositivo traccionando el sistema hacia la vena cava inferior para reducir el diámetro septolateral del anillo tricuspídeo y la intensidad de la IT. Por último, se despliega el *stent* en la vena cava inferior para mantener la tensión aplicada<sup>28,39,40</sup>. La proximidad de la ACD al anillo de la VT y la falta de suficiente tejido perianular son posibles limitaciones de esta técnica, por lo que se requiere un cuidadoso análisis previo a la intervención. La tomografía computarizada preoperatoria es imprescindible para evaluar la calidad del tejido y el riesgo de desprendimiento o dehiscencia o de lesión de la ACD<sup>42</sup>.

El PREVENT (NCT02098200), un ensayo multicéntrico para la marca CE actualmente en marcha, evalúa la seguridad y los resultados del sistema TriCinch para la reparación de la IT funcional. Hasta la fecha, se ha incluido en el estudio a 24 pacientes y se han realizado con éxito 18 implantes (75%). Se registraron 2 casos de hemopericardio y 4 de desprendimiento posoperatorio del sistema de anclaje. Se obtuvo una reducción de la IT en el 94% de los pacientes con éxito del implante. En el seguimiento realizado a los 6 meses, se registraron mejoras en los tests de calidad de vida y un 75% de los pacientes estaban en clase funcional I o II<sup>43</sup>. Esta experiencia inicial confirma que la reducción del anillo tricuspídeo con el sistema TriCinch es viable y seguro en pacientes seleccionados. Además, el TriCinch conserva la anatomía nativa y permite aplicar futuras opciones de tratamiento. La segunda generación del dispositivo TriCinch cuenta con un nuevo sistema de anclaje, de forma hemiespiral, que se despliega en el espacio pericárdico. La principal ventaja de este sistema de anclaje es la independencia de la ubicación de la ACD y de la calidad del tejido perianular<sup>42</sup>.

#### *Cardioband*

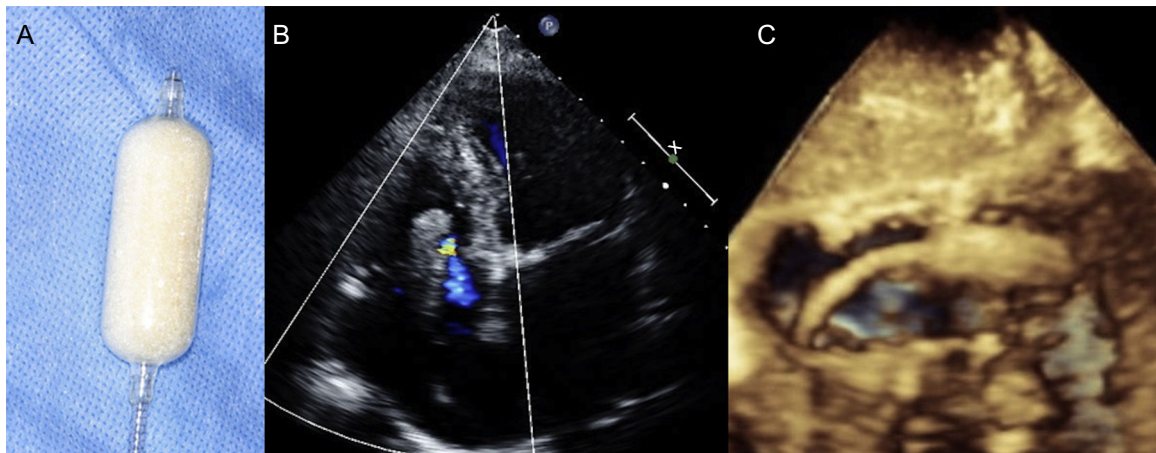
El sistema Cardioband para el tratamiento de la VT (Valtech Cardio; Or-Yehuda, Israel)<sup>44</sup> es un anillo de anuloplastia percutánea basado en el dispositivo Cardioband autorizado por la CE para la insuficiencia mitral. Esta banda de dacrón ajustable se fija en una posición supraanular, de manera similar a la anuloplastia quirúrgica, y permite una adaptabilidad bidireccional (con lo que se evita apretar demasiado la fijación y el riesgo de gradientes transvalvulares posintervención) con un tamaño del anillo quirúrgico de hasta 28 mm (figura 5C)<sup>45</sup>. El sistema de implante del Cardioband para la IT requiere un introductor transfemoral de 25 Fr. Por razones de orientación y de seguridad durante el procedimiento, se coloca una guía en la ACD<sup>45</sup>. La intervención se realiza con fluoroscopia y guiado por ETE 3D. El dispositivo



**Figura 5.** Dispositivos de anuloplastia percutánea. A: Trialign; parches (*pledgets*) o suturas (flechas amarillas) anclados al anillo de la VT (izquierda); reducción de la dimensión del anillo tricúspideo tras la plicatura de la valva posterior (derecha) (reproducido con permiso de Schofer et al.<sup>37</sup>). B: dispositivo TriCinch (izquierda); implante del TriCinch (derecha) (reproducido con permiso de Rodés-Cabau et al.<sup>28</sup>). C: Cardioband; imágenes fluoroscópicas tras el implante del dispositivo, antes (izquierda) y después (derecha) de tensar los anclajes, con una reducción significativa del diámetro del anillo tricúspideo (reproducido con permiso de Schueler et al.<sup>45</sup>). \*Guía coronaria en la arteria coronaria derecha. #Catéter para el tensado del Cardioband. Esta figura se muestra a todo color solo en la versión electrónica del artículo.

Cardioband se fija al anillo mediante 17 anclajes de acero inoxidable de 6 mm de longitud, que se implantan de la parte anterior a la parte posterior del anillo tricúspideo. Una vez establecidos los anclajes, el dispositivo se tensa y se reducen de manera significativa las dimensiones del anillo tricúspideo. Entre las ventajas importantes de esta técnica se encuentran su

reversibilidad y su capacidad de adaptarse a la geometría del anillo tricúspideo<sup>46</sup>, con una distribución de la reducción anular por todo el anillo, con lo que se reduce la tensión en los lugares de anclaje. Recientemente se han descrito los resultados preliminares del estudio TRI-REPAIR (NCT02981953) en 10 pacientes, con una reducción significativa del diámetro del anillo y del volumen de



**Figura 6.** Dispositivo de coaptación FORMA. A: espaciador. B: ecocardiografía transtorácica en proyección de 4 cámaras tras el implante del dispositivo. C: imagen de ecocardiografía transtorácica tridimensional del dispositivo FORMA.

regurgitación tricuspídea, junto con una mejora del estado funcional a los 30 días<sup>47</sup>. El estudio TRI-REPAIR evaluará la seguridad y la aplicabilidad del sistema Cardioband para el tratamiento de la IT funcional sintomática en 30 pacientes. En futuros estudios se esclarecerán la durabilidad y los resultados clínicos a largo plazo de este dispositivo de anuloplastia percutánea.

#### Millipede

El dispositivo de anuloplastia Millipede (Millipede Inc.; Santa Rosa, California, Estados Unidos) consiste en un anillo completo, ajustable y semirrígido que puede implantarse quirúrgicamente o por vía percutánea transfemoral. Tiene la ventaja de ser repositionable y recuperable antes del despliegue y proporciona una reducción anular estable<sup>48</sup>. Presenta una interrupción para la zona del nódulo auriculoventricular, al objeto de reducir el riesgo de aparición de un bloqueo auriculoventricular<sup>39</sup>. Este dispositivo se ha implantado en posición mitral en 9 pacientes, en 2 de ellos se implantó un Millipede en las válvulas mitral y tricúspide. La reducción del diámetro del anillo tricuspídeo en estos 2 pacientes alcanzó el 42 y el 45% respectivamente, y el grado de IT tras la intervención fue 0<sup>49</sup>.

#### Dispositivos de coaptación

##### FORMA

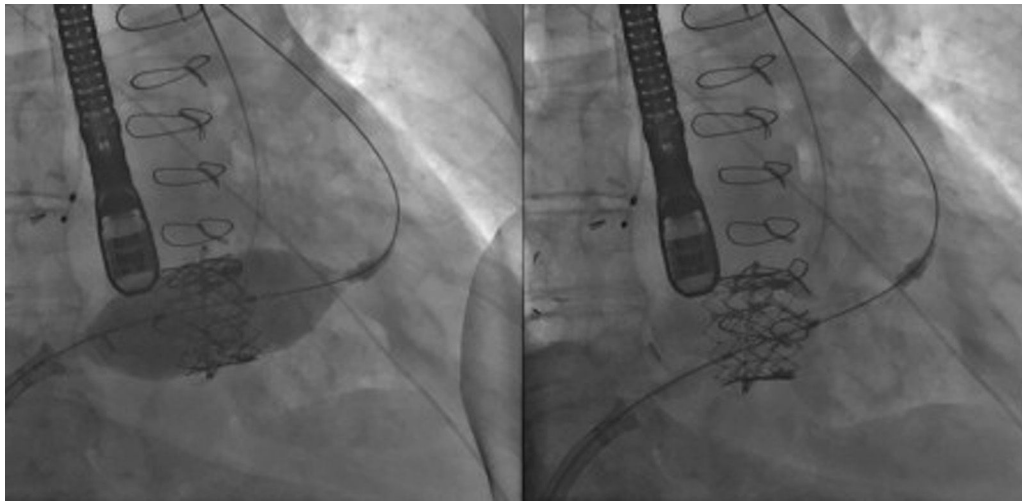
El dispositivo FORMA (Edwards Lifesciences) se ha diseñado para reducir la IT funcional al ocupar el orificio de regurgitación y aportar una plataforma para la coaptación de las valvas nativas<sup>50</sup>. Consta de un espaciador y un raíl. El raíl guía el espaciador hacia su posición y se ancla distalmente en el ápex del VD, perpendicular al plano del anillo tricuspídeo. El espaciador es un balón relleno de espuma que se coloca en el orificio regurgitante guiado por fluoroscopia y ETE 3D (figura 6). El espaciador está disponible en 2 tamaños: 12 y 15 mm, y requiere un introductor de 20 y 24 Fr respectivamente, implantado en la vena axilar o la subclavia izquierdas. El tamaño final del espaciador se obtiene mediante expansión pasiva a través de 8 pequeños orificios<sup>28</sup>. Una vez colocado el espaciador en la posición óptima para reducir la IT, el dispositivo se fija proximalmente y el exceso de longitud del raíl se coloca en una bolsa subcutánea, utilizando una técnica similar a la

del implante de un marcapasos estándar. Este dispositivo se ha implantado en 18 pacientes en un programa de uso compasivo, con 2 fallos del implante a causa de 1 pérdida de anclaje y 1 perforación del VD. En el seguimiento a 1 año, hubo 1 rehospitalización por insuficiencia cardíaca y no se registró ninguna muerte. Los pacientes a los que se ha implantado el dispositivo FORMA han mostrado una mejoría de la clase funcional de la *New York Heart Association*, la distancia recorrida en la prueba de marcha y los cuestionarios de calidad de vida<sup>51</sup>. Se ha descrito cierto grado de reducción de la IT en todos los pacientes, pero la evaluación ecocardiográfica de la gravedad de la IT residual tras la intervención resulta especialmente difícil debido a la presencia de múltiples chorros pequeños. No se ha descrito ningún caso de estenosis tricuspídea iatrogénica, con un gradiente medio trans-tricuspídeo de 1,2 mmHg<sup>50</sup>. Los pacientes con defectos de coaptación muy grandes podrían ser una posible limitación para el uso de este dispositivo, ya que el espaciador actual de 15 mm podría ser insuficiente para alcanzar una reducción significativa de la IT. La presencia de electrodos de marcapasos en el VD no es una contraindicación para el dispositivo FORMA, pero esta población suele presentar un orificio de regurgitación asimétrico, por lo que la reducción de la IT puede resultar menos efectiva. Los ensayos clínicos *US Early Feasibility Study* (NCT02471807) y *EU/Canada SPACER trial* (NCT02787408) evaluarán la seguridad y la eficacia del dispositivo FORMA en 30 y 75 pacientes respectivamente.

##### MitraClip en la válvula tricúspide

La reparación percutánea borde a borde con el sistema MitraClip (Abbott Vascular) puede utilizarse para pacientes con una IT grave<sup>52,53</sup>. El MitraClip en la posición tricuspídea imita la técnica quirúrgica de aproximación borde a borde (técnica *clover*), que está validada para el tratamiento de la IT compleja, con resultados satisfactorios en el seguimiento a largo plazo<sup>54</sup>. El dispositivo MitraClip consiste en un implante de cobalto-cromo de 4 mm de ancho, cubierto de poliéster, que cuenta con 2 brazos que pueden abrirse y cerrarse para su sujeción a las valvas<sup>16</sup>. La reparación tricuspídea borde a borde puede realizarse a través de un abordaje transyugular o transfemoral. En un reciente estudio multicéntrico, se implantó un MitraClip a 64 pacientes consecutivos, con éxito del procedimiento en el 97% de los casos. En el 42% de los pacientes se necesitaron 2 o más clips. Se observaron reducciones significativas del área del orificio de regurgitación efectivo y del volumen de regurgitación. En el seguimiento





**Figura 7.** *Valve-in-ring* (válvula intraanular) en la válvula tricúspide con una válvula SAPIEN XT en un paciente con insuficiencia tricúspide grave y antecedentes de reparación de la válvula tricúspide con un anillo de anuloplastia de 32 mm Carpentier-Edwards (Edwards Lifesciences; Irvine, California, Estados Unidos). Reproducido con permiso de Cabasa et al.<sup>60</sup>.

realizado a los 30 días, se observó una mejoría significativa de la clase funcional de la *New York Heart Association* y de la prueba de marcha de 6 min<sup>55</sup>. A pesar de la amplia experiencia con este dispositivo en la válvula mitral, la reparación tricúspide a borde sigue siendo una intervención compleja. Las principales dificultades específicas que plantea se deben a la mayor variabilidad anatómica y a los grandes defectos de coaptación, con mayor dificultad para la fijación del dispositivo a las valvas, que hace que a menudo se necesiten múltiples clips. Otros retos que plantea son la dificultad de dirigir el sistema MitraClip en el interior de la aurícula derecha perpendicularmente al plano de la VT, y el riesgo de atrapamiento del clip en el aparato subvalvular. La intervención se realiza con guía por ETE pero, a diferencia de la válvula mitral, la visualización de las valvas de la VT puede ser subóptima en algunos pacientes<sup>53</sup>. Será necesario disponer de una nueva versión del dispositivo, con unos brazos más largos (MitraClip XT), así como un sistema de implante específico para la VT, para mejorar la viabilidad y los resultados de esta técnica en los próximos años<sup>56</sup>.

### TRATAMIENTOS PERCUTÁNEOS DE LA TRICUSPÍDE TRAS EL FALLO DE LA REPARACIÓN O EL REEMPLAZO DE LA VÁLVULA TRICUSPÍDE

#### *Valve-in-valve* y *valve-in-ring* en la válvula tricúspide

Los pacientes con reparación o reemplazo de la VT previos que requieren una reintervención tricúspide tienen un riesgo quirúrgico prohibitivo, con una mortalidad hospitalaria que alcanza el 35%<sup>8</sup>. Hasta un 17% de los pacientes sometidos a anuloplastia tricúspide presentan una IT grave a los 5 años de seguimiento<sup>57</sup>. Se ha descrito el uso de una VCP para el tratamiento de la degeneración de las bioprótesis tricúspides o el fallo de los anillos de anuloplastia. Se han implantado con éxito válvulas mediante abordajes percutáneos transauricular, transyugular o transfemoral<sup>48,58</sup>. Los pacientes con una disfunción de la prótesis quirúrgica y alto riesgo operatorio, además de los pacientes con cardiopatías congénitas y antecedentes de múltiples intervenciones tricúspides, son candidatos adecuados para el implante de una VCP<sup>59</sup>. Se han implantado con éxito 2 VCP diferentes en las intervenciones tricúspides de válvula

intravalvular (*valve-in-valve*) y de válvula intraanular (*valve-in-ring*): la válvula aórtica percutánea SAPIEN y la válvula Melody (Medtronic; Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos). En el caso de las intervenciones de *valve-in-ring*, los anillos semirrígidos o flexibles parecen ser más favorables que los anillos rígidos y abiertos, puesto que resulta más fácil convertir en circular su forma oval durante el despliegue de la VCP, con lo cual se reduce el riesgo de insuficiencia paravalvular<sup>48</sup> (figura 7)<sup>60</sup>. La experiencia con la *valve-in-ring* tricúspide es escasa y el registro multicéntrico más amplio solo incluye 20 procedimientos *valve-in-ring*, con una alta tasa de insuficiencia paravalvular<sup>61</sup>.

En un amplio registro multinacional de *valve-in valve* tricúspide, se incluyó a 152 pacientes, con una tasa de éxito de la intervención del 98,7%<sup>62</sup>. Es necesaria una estimulación ventricular rápida por medio de marcapasos para el despliegue de la válvula, pero no puede colocarse un electrodo de marcapasos transitorio en el VD para evitar enjaular el electrodo. Se han descrito 2 alternativas para el marcapasos ventricular: un electrodo transitorio en el seno coronario o el marcapasos directo utilizando la guía como electrodo en el ápex del VD<sup>48</sup>. En los pacientes con un marcapasos previo, la VCP puede implantarse sin retirar el electrodo del marcapasos. Debe considerarse la posibilidad de realizar un *valve-in-valve* tricúspide en los pacientes con degeneración de la bioprótesis de VT y riesgo quirúrgico alto. Serán necesarios nuevos estudios para determinar la durabilidad a largo plazo de las válvulas SAPIEN y Melody en la posición tricúspide<sup>48,62</sup>.

#### FUTUROS DISPOSITIVOS Y PERSPECTIVAS

Actualmente hay varios dispositivos en fase de desarrollo preclínico, como el TRAIPTA (*Transatrial Intra-pericardial Tricuspid Annuloplasty*), que se ha implantado ya en un modelo animal<sup>63</sup>. Después de introducirse en el espacio pericárdico, se coloca el dispositivo alrededor de los ventrículos y se tensa, con lo que se consigue una reducción de la dimensión del anillo tricúspide como consecuencia de la compresión externa. El lugar de acceso intrapericárdico se cierra con un oclisor septal auricular (*atrial septal occluder*) al final de la intervención.

Boudjemine et al.<sup>64</sup> describieron la primera experiencia con un implante percutáneo de VT, hace más de 10 años, en 8 ovejas con

una VT normal. No obstante, dados el gran tamaño del anillo tricuspídeo, su forma oval y la falta de una zona rígida de anclaje, además de otras consideraciones anatómicas, no se ha realizado todavía ningún implante percutáneo de VT en un ser humano. Actualmente hay 2 prometedoros sistemas transcáteter de VT en fase de desarrollo: la válvula TriCares (TriCares GmbH; Aschheim, Alemania) y la NaviGate (NaviGate Cardiac Structures Inc.; Lake Forest, California, Estados Unidos).

Las técnicas de imagen desempeñan un papel clave en la selección de los pacientes y la planificación de la intervención, y permiten identificar posibles riesgos del procedimiento en cada paciente. El desarrollo de las técnicas percutáneas deberá acompañarse de nuevos avances en las técnicas de imagen para adaptarse a las necesidades específicas de los diferentes dispositivos percutáneos. Se necesitan operadores con experiencia en el uso de la ETE 3D para guiar las intervenciones tricuspídeas percutáneas, lo que tiene una repercusión directa en el éxito del procedimiento. El uso de la ecocardiografía intracardiaca aumentará probablemente en los próximos años, y permitirá realizar la reparación o sustitución percutáneas de la VT sin anestesia general.

Los dispositivos percutáneos actuales y futuros deberán demostrar su seguridad y viabilidad, así como unos resultados uniformes y duraderos. Serán necesarios estudios aleatorizados para demostrar su superioridad respecto al tratamiento médico estándar en pacientes con alto riesgo quirúrgico. En los próximos años, probablemente tengan lugar las primeras intervenciones en el ser humano con algunos nuevos dispositivos e incluso VT percutáneas, lo que aportará alternativas adicionales para el tratamiento de la IT. Tal como ya ha sucedido con el tratamiento de la valvulopatía mitral, podrían combinarse también algunos de los dispositivos percutáneos tricuspídeos, como los dispositivos de anuloplastia y de coaptación. Los futuros estudios deberán esclarecer cuál es la opción percutánea más apropiada en función de las características específicas de cada paciente, como la disfunción del VD grave o la dilatación anular grave.

## CONCLUSIONES

La IT funcional grave continúa siendo una valvulopatía infratratada a pesar de su repercusión en la supervivencia a largo plazo. La anuloplastia quirúrgica es la técnica de referencia para la valvulopatía tricuspídea, pero el número de pacientes a los que se practica solo reparación tricuspídea es muy pequeño. A la mayoría de los pacientes no se les indica una intervención quirúrgica tricuspídea y reciben solo tratamiento médico debido al riesgo quirúrgico prohibitivo. Además, hoy cada vez son más los pacientes que pasan por intervenciones percutáneas para la enfermedad mitral o aórtica, pero la concomitancia de una IT no tratada empeora los resultados de estas intervenciones a largo plazo. En consecuencia, se necesitan nuevos dispositivos que permitan el tratamiento percutáneo de la enfermedad de la VT. En los últimos años, han aparecido varios dispositivos tricuspídeos percutáneos que se están evaluando en diferentes ensayos clínicos. Además, en un futuro próximo aparecerán nuevos dispositivos y probablemente se dispondrá también de VT percutáneas. Teniendo en cuenta las diferentes opciones de tratamiento actualmente en desarrollo y el interés renovado por la enfermedad de la VT, se puede afirmar que esta dejará de ser la válvula «olvidada».

## CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

## BIBLIOGRAFÍA

- Vassileva CM, Shabosky J, Boley T, Markwell S, Hazelrigg S. Tricuspid valve surgery: the past 10 years from the Nationwide Inpatient Sample (NIS) database. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143:1043-1049.
- Stuge O, Liddicoat J. Emerging opportunities for cardiac surgeons within structural heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132:1258-1261.
- Nath J, Foster E, Heidenreich PA. Impact of tricuspid regurgitation on long-term survival. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43:405-409.
- Topilsky Y, Nkomo VT, Vatury O, et al. Clinical outcome of isolated tricuspid regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2014;7:1185-1194.
- Dreyfus GD, Corbi PJ, Chan KMJ, Bahrami T. Secondary tricuspid regurgitation or dilatation: which should be the criteria for surgical repair? *Ann Thorac Surg.* 2005;79:127-132.
- Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2012;33:2451-2496.
- Kim Y-J, Kwon D-A, Kim H-K, et al. Determinants of surgical outcome in patients with isolated tricuspid regurgitation. *Circulation.* 2009;120:1672-1678.
- Bernal JM, Morales D, Revuelta C, Llorca J, Gutiérrez-Morlote J, Revuelta JM. Reoperations after tricuspid valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:498-503.
- Yzeiraj E, Bijuklic K, Tiburtius C, et al. Tricuspid regurgitation is a predictor of mortality after percutaneous mitral valve edge-to-edge repair. *Intervention.* 2017;12:e1817-e1824.
- Ohno Y, Attizzani GF, Capodanno D, et al. Association of tricuspid regurgitation with clinical and echocardiographic outcomes after percutaneous mitral valve repair with the MitraClip System: 30-day and 12-month follow-up from the GRASP Registry. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2014;15:1246-1255.
- Lindman BR, Maniar HS, Jaber WA, et al. Effect of Tricuspid Regurgitation and the Right Heart on Survival After Transcatheter Aortic Valve Replacement: Insights From the Placement of Aortic Transcatheter Valves II Inoperable Cohort. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8:e002073-e002073.
- Shah PM, Raney AA. Tricuspid valve disease. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33:47-84.
- Taramasso M, Vanermen H, Maisano F, Guidotti A, La Canna G, Alfieri O. The growing clinical importance of secondary tricuspid regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:703-710.
- Fukuda S, Saracino G, Matsumura Y, et al. Three-dimensional geometry of the tricuspid annulus in healthy subjects and in patients with functional tricuspid regurgitation: a real-time, 3-dimensional echocardiographic study. *Circulation.* 2006;114:1492-1498.
- Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation.* 2008;117:1436-1448.
- Rodés-cabau J, Taramasso M, O'Gara PT. Diagnosis and treatment of tricuspid valve disease: current and future perspectives. *Lancet.* 2016;388:2431-2442.
- Dreyfus GD, Martin RP, Chan KMJ, Dulguerov F, Alexandrescu C. Functional tricuspid regurgitation: a need to revise our understanding. *J Am Coll Cardiol.* 2015;65:2331-2336.
- Lang RM, Badano LP, Tsang W, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:3-46.
- Badano LP, Agricola E, Perez de Isla L, Gianfagna P, Zamorano JL. Evaluation of the tricuspid valve morphology and function by transthoracic real-time three-dimensional echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:477-484.
- Stankovic I, Daraban AM, Jasaityte R, Neskovic AN, Claus P, Voigt J-U. Incremental value of the en face view of the tricuspid valve by two-dimensional and three-dimensional echocardiography for accurate identification of tricuspid valve leaflets. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:376-384.
- Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, 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.* 2010;23:685-713.
- Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, et al. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2003;16:777-802.
- Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr.* 2010;11:307-332.
- Tribouilloy CM, Enriquez-Sarano M, Capps MA, Bailey KR, Tajik AJ. Contrasting effect of similar effective regurgitant orifice area in mitral and tricuspid regurgitation: a quantitative Doppler echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002;15:958-965.
- De Agustin JA, Viliani D, Vieira C, et al. Proximal isovelocity surface area by single-beat three-dimensional color Doppler echocardiography applied for tricuspid regurgitation quantification. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26:1063-1072.
- Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63:2438-2488.
- Kim H-K, Kim Y-J, Park J-S, et al. Determinants of the severity of functional tricuspid regurgitation. *Am J Cardiol.* 2006;98:236-242.

28. Rodés-Cabau J, Hahn RT, Latib A, et al. Transcatheter Therapies for Treating Tricuspid Regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67:1829–1845.
29. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, et al. Guidelines for performing a comprehensive transeophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26:921–964.
30. Naoum C, Blanke P, Cavalcante JL, Leipsic J. Cardiac Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in the Evaluation of Mitral and Tricuspid Valve Disease: Implications for Transcatheter Interventions. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017. <https://dx.doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.116.005331>.
31. Van Rosendael PJ, Kamperidis V, Kong WK, et al. Computed tomography for planning transcatheter tricuspid valve therapy. *Eur Heart J*. 2017;38:665–674.
32. Lauten A, Doenst T, Hamadanchi A, Franz M, Figulla HR. Percutaneous bicaval valve implantation for transcatheter treatment of tricuspid regurgitation: clinical observations and 12-month follow-up. *Circ Cardiovasc Interv*. 2014;7:268–272.
33. Lauten A, Ferrari M, Hekmat K, Pfeifer R, et al. Heterotopic transcatheter tricuspid valve implantation: first-in-man application of a novel approach to tricuspid regurgitation. *Eur Heart J*. 2011;32:1207–1213.
34. Laule M, Stangl V, Sanad W, Lembcke A, Baumann G, Stangl K. Percutaneous transfemoral management of severe secondary tricuspid regurgitation with edwards SAPIEN XT bioprosthesis: First-in-man experience. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61:1929–1931.
35. Lauten A. Transcatheter Tricuspid Valve Therapies 8: IVC/SVC Valved Stents-Results and a Case. Presentado en: Transcatheter Cardiovascular Therapeutics 2016; November 1, 2016; Washington, USA [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.tctmd.com/slide/transcatheter-tricuspid-valve-therapies-8-ivcsvc-valved-stents-results-and-case>.
36. Kay JH, Maselli-Campagna G, Tsuji KK. Surgical treatment of tricuspid insufficiency. *Ann Surg*. 1965;162:53–58.
37. Schofer J, Bijuklic K, Tiburtius C, Hansen L, Groothuis A, Hahn RT. First-in-human transcatheter tricuspid valve repair in a patient with severely regurgitant tricuspid valve. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65:1190–1195.
38. Hahn RT, Meduri CU, Davidson CJ, et al. Early Feasibility Study of a Transcatheter Tricuspid Valve Annuloplasty: SCOUT Trial 30-Day Results. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69:1795–1806.
39. Taramasso M, Pozzoli A, Guidotti A, et al. Percutaneous tricuspid valve therapies: the new frontier. *Eur Heart J*. 2017;38:639–647.
40. Latib A, Agricola E, Pozzoli A, Denti P. First-in-man implantation of a tricuspid annular device for functional tricuspid regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:e211–e214.
41. Latib A, Mangieri A, Vicentini L, et al. Percutaneous Tricuspid Valve Annuloplasty Under Conscious Sedation (With Only Fluoroscopic and Intracardiac Echocardiography Monitoring). *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:620–621.
42. Latib A. Rapid Fire: Innovations in percutaneous tricuspid intervention. What does the future hold? Presentado en: PCR London Valves 2016; September 20, 2016; London, UK [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.pcronline.com/Cases-resources-images/Resources/Course-videos-slides/2016/Rapid-fire-innovations-in-percutaneous-tricuspid-intervention>.
43. Vahanian A. Transcatheter Tricuspid Valve Therapies 2: 4-Tech Description, Results and a Case. Presentado en: Transcatheter Cardiovascular Therapeutics 2016; November 1, 2016; Washington, USA [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.tctmd.com/slide/transcatheter-tricuspid-valve-therapies-2-4-tech-description-results-and-case>.
44. Kuwata S, Taramasso M, Nietlispach F, Maisano F. Transcatheter tricuspid valve repair toward a surgical standard: first-in-man report of direct annuloplasty with a cardioband device to treat severe functional tricuspid regurgitation. *Eur Heart J*. 2017;38:1261.
45. Schueler R, Hammerstingl C, Werner N, Nickenig G. Interventional Direct Annuloplasty for Functional Tricuspid Regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:415–416.
46. Brüstle K, Calen C, Kuwata S, et al. How to Treat Tricuspid Valve Disease: What's New on the Horizon? *Curr Treat Options Cardiovasc Med*. 2017;19:18.
47. Von Bardeleben RS. Cardioband Tricuspid: A new era and gold standard through catheter. Presentado en: Joint Interventional Meeting 2017; February 9, 2017; Milan, Italy [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.tctmd.com/slide/cardioband-tricuspid-new-era-and-gold-standard-through-catheter>.
48. Bouleti C, Juliard JM, Himbert D, et al. Tricuspid valve and percutaneous approach: No longer the forgotten valve!. *Arch Cardiovasc Dis*. 2016;109:55–66.
49. Rogers JH. Transcatheter Tricuspid Valve Therapies 5: Millipede. Description, Results and a Case. Presentado en: Transcatheter Cardiovascular Therapeutics 2016; November 1, 2016; Washington, USA [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.tctmd.com/slide/transcatheter-tricuspid-valve-therapies-5-millipede-description-results-and-case>.
50. Campelo-Parada F, Perlman G, Philippon F, et al. First-in-Man Experience of a Novel Transcatheter Repair System for Treating Severe Tricuspid Regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2475–2478.
51. Rodés-Cabau J. Transcatheter Tricuspid Valve Therapies 3: FORMA. Description, Results and a Case. Presentado en: Transcatheter Cardiovascular Therapeutics 2016; November 1, 2016; Washington, USA [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.tctmd.com/slide/transcatheter-tricuspid-valve-therapies-3-forma-description-results-and-case>.
52. Hammerstingl C, Schueler R, Malasa M, Werner N, Nickenig G. Transcatheter treatment of severe tricuspid regurgitation with the MitraClip system. *Eur Heart J*. 2016;37:849–853.
53. Braun D, Nabauer M, Orban M, et al. Transcatheter treatment of severe tricuspid regurgitation using the edge-to-edge repair technique. *EuroIntervention*. 2017;12:e1837–e1844.
54. De Bonis M, Lapenna E, Di Sanzo S, et al. Long-term results (up to 14 years) of the clover technique for the treatment of complex tricuspid valve regurgitation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017. <http://dx.doi.org/10.1093/ejcts/ezx027>.
55. Nickenig G, Kowalski M, Hausleiter J, et al. Transcatheter Treatment of Severe Tricuspid Regurgitation with the Edge-to-Edge: MitraClip Technique. *Circulation*. 2017;135:1802–1814.
56. Maisano F. Rapid Fire: Innovations in percutaneous tricuspid intervention. What are the anatomical and technical challenges in percutaneous tricuspid interventions? Presentado en: PCR London Valves 2016; September 20, 2016; London, UK [consultado 5 May 2017]. Disponible en: <https://www.pcronline.com/Cases-resources-images/Resources/Course-videos-slides/2016/Rapid-fire-innovations-in-percutaneous-tricuspid-intervention>.
57. 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;139:1473–1482.e5.
58. Bouleti C, Himbert D, Brochet E, et al. Transfemoral tricuspid valve-in-ring implantation using the edwards SAPIEN XT valve: one-year follow-up. *Circ Cardiovasc Interv*. 2015;8:e002225–e002225.
59. Sánchez-Recalde A, Moreno R, González A, Domínguez F, Leyra F, López-Sendón JL. Direct percutaneous implantation of an Edwards-SAPIEN valve in tricuspid position in a degenerated bioprosthesis in a patient with Ebstein anomaly. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:770–772.
60. Cabasa AS, Eleid MF, Rihal CS, Villarraga HR, Foley TA, Suri RM. Tricuspid Valve Replacement: A Percutaneous Transfemoral Valve-in-Ring Approach. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:1126–1128.
61. Aboulhosn J, Cabalka AK, Levi DS, et al. Transcatheter Valve-in-Ring Implantation for the Treatment of Residual or Recurrent Tricuspid Valve Dysfunction After Prior Surgical Repair. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:53–63.
62. McElhinney DB, Cabalka AK, Aboulhosn JA, et al. Valve-in-Valve International Database (VIVID) Registry. Transcatheter Tricuspid Valve-in-Valve Implantation for the Treatment of Dysfunctional Surgical Bioprosthetic Valves. *Circulation*. 2016;133:1582–1593.
63. Rogers T, Ratnayaka K, Sonmez M, et al. Transatrial intrapericardial tricuspid annuloplasty. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:483–491.
64. Boudjemline Y, Agnoletti G, Bonnet D, et al. Steps toward the percutaneous replacement of atrioventricular valves: An experimental study. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:360–365.