

# Utilidad de la Cardio-TC para planificar los procedimientos transcatéter de reparación percutánea de la válvula tricúspide

Rafael Jiménez-Arjona <sup>(1)</sup>

Blanca Domenech-Ximenes <sup>(1)</sup>

Carlos Igor Morr-Valenzuela <sup>(2)</sup>

Laura Sanchis <sup>(2)</sup>

Llúria Cornellas Escayola <sup>(1)</sup>

Rosario Jesús Perea-Palazón <sup>(1)</sup>

Susanna Prat-González <sup>(2)</sup>

Marcelo Sánchez <sup>(1)</sup>

Marta Sitges <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Diagnóstico por la Imagen (CDI), Hospital Clinic, Barcelona

<sup>(2)</sup> Instituto Clínico Cardiovascular (ICCV), Hospital Clinic, Barcelona

## Utilidad de la Cardio-TC para planificar los procedimientos transcatéter de reparación percutánea de la válvula tricúspide

### OBJETIVOS DOCENTES

1. Exponer las indicaciones de tratamiento de reparación percutánea de la patología valvular tricúspide.
2. Revisar la anatomía normal de los distintos componentes del aparato valvular tricúspide.
3. Resumir los distintos tipos de estrategias y dispositivos de reparación percutánea.
4. Presentar el protocolo de adquisición de imagen.
5. Analizar la evaluación preprocedimiento de la válvula tricúspide.
6. Describir los aspectos específicos a valorar en función de la estrategia terapéutica elegida.

## REVISIÓN DEL TEMA

### Introducción

- Aunque clásicamente el estudio de las válvulopatías se ha centrado en las válvulas izquierdas, en los últimos años existe un incremento del interés sobre la patología valvular tricúspide al haberse establecido relación entre su presencia y la aparición de eventos en el seguimiento.
- La insuficiencia tricúspide (IT) moderada o grave afecta aproximadamente a un 0.5% de la población general, aumentando esta cifra con la edad ya que afecta hasta a un 4% de los individuos mayores a 75 años.
- En función de la etiología y las anomalías estructurales, es posible clasificar a la IT como primaria o secundaria:
  - Un 10% de los pacientes con IT presentan una insuficiencia tricúspide primaria, que es aquella que se produce debido a anomalías de los componentes de la propia válvula. En este grupo se engloban etiologías como la endocarditis infecciosa, la cardiopatía reumática, el síndrome carcinoide o la displasia valvular congénita (anomalía de Ebstein).
  - El restante 90% de los casos de IT son debidos a insuficiencia tricúspide secundaria o funcional, en la que existe una incompetencia valvular que es secundaria a la dilatación del ventrículo derecho (por sobrecarga de presión o volumen) o de la aurícula derecha generalmente en contexto de fibrilación auricular crónica.
  - Un grupo especial de pacientes presentan una insuficiencia tricúspide relacionada con la presencia de dispositivos implantables, fundamentalmente electrodos de marcapasos o DAI.
- Las guías de práctica clínica recomiendan el tratamiento quirúrgico sobre la válvula tricúspide:
  - Cuando se vaya a intervenir sobre las válvulas izquierdas y existe IT severa tanto primaria como secundaria (*clase I*) o IT leve-moderada asociada a dilatación significativa (diámetro telediastólico por ecocardiografía  $\geq 40$  mm) del anillo tricúspide (*clase IIa*).
  - Como procedimiento aislado, se recomienda en IT primaria severa sintomática o asintomática cuando asocie disfunción ventricular derecha (*clase IIb*) o bien en casos de IT severa secundaria sintomática siempre que no exista dilatación o disfunción ventricular derecha severa o hipertensión pulmonar severa (*clase IIa*).
- No obstante, no todos los pacientes con estas indicaciones son candidatos a dicho tratamiento debido al alto riesgo quirúrgico o a la existencia de contraindicaciones técnicas. En estos casos, los tratamientos de reparación percutánea pueden constituir una opción terapéutica.

## REVISIÓN DEL TEMA

### Anatomía de la válvula tricúspide

El aparato valvular tricúspide es complejo, estando formado por varios elementos: anillo valvular (figura 1), velos (figura 2) y aparato subvalvular (figura 3), el cual consta de las cuerdas tendinosas y de los músculos papilares (que son una prolongación de la pared ventricular).

#### ANILLO VALVULAR

- El anillo tricúspide presenta una morfología elíptica.
- Su porción anterior y posterior son musculares, en tanto que su porción septal es de carácter fibroso continuándose con el esqueleto fibroso cardíaco.
- Debido a esto, la dilatación del anillo tricúspide va a ocurrir en dirección de la pared libre.

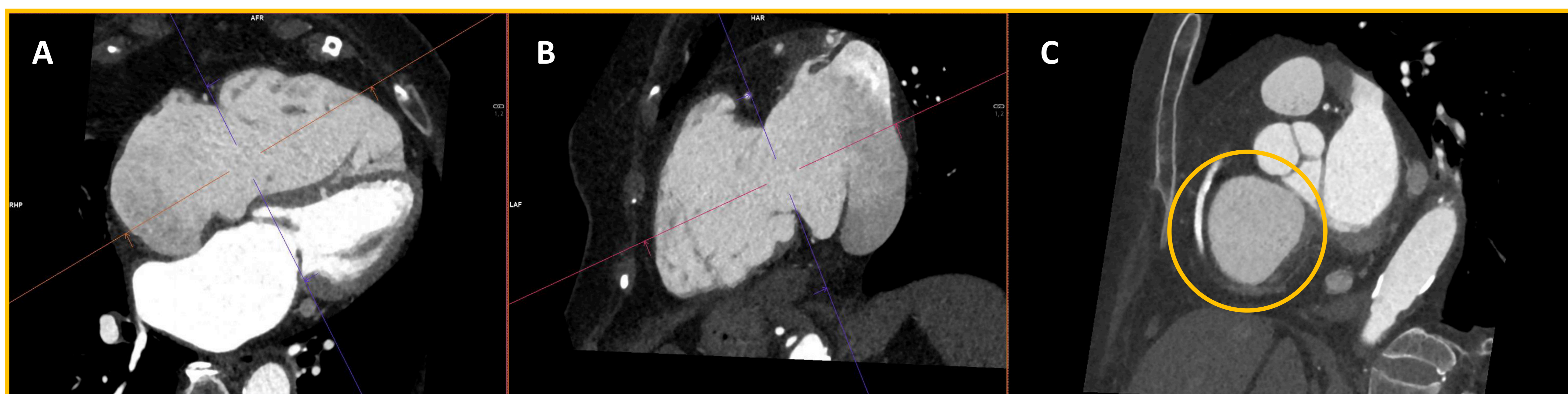


Figura 1. ANILLO TRICÚSPIDE

Mediante reconstrucciones multiplanares a partir de los planos de 4 cámaras y 2 cámaras (figura 1, panel A y B) se obtiene un plano que coincide con el plano del **anillo tricúspide** (figura 1, panel C).

## REVISIÓN DEL TEMA

### Anatomía de la válvula tricúspide

#### VELOS VALVULARES

- El patrón anatómico clásico incluye la presencia de tres velos, anterior, septal y posterior.
- El velo anterior es el de mayor tamaño y el más móvil, mientras que los velos posterior y septal son de menor tamaño siendo este último a su vez el de disposición más apical.
- No obstante, esta conformación clásica sólo está presente entre un 28-58% de los individuos según las series, existiendo configuraciones alternativas en dos, cuatro y hasta cinco velos.

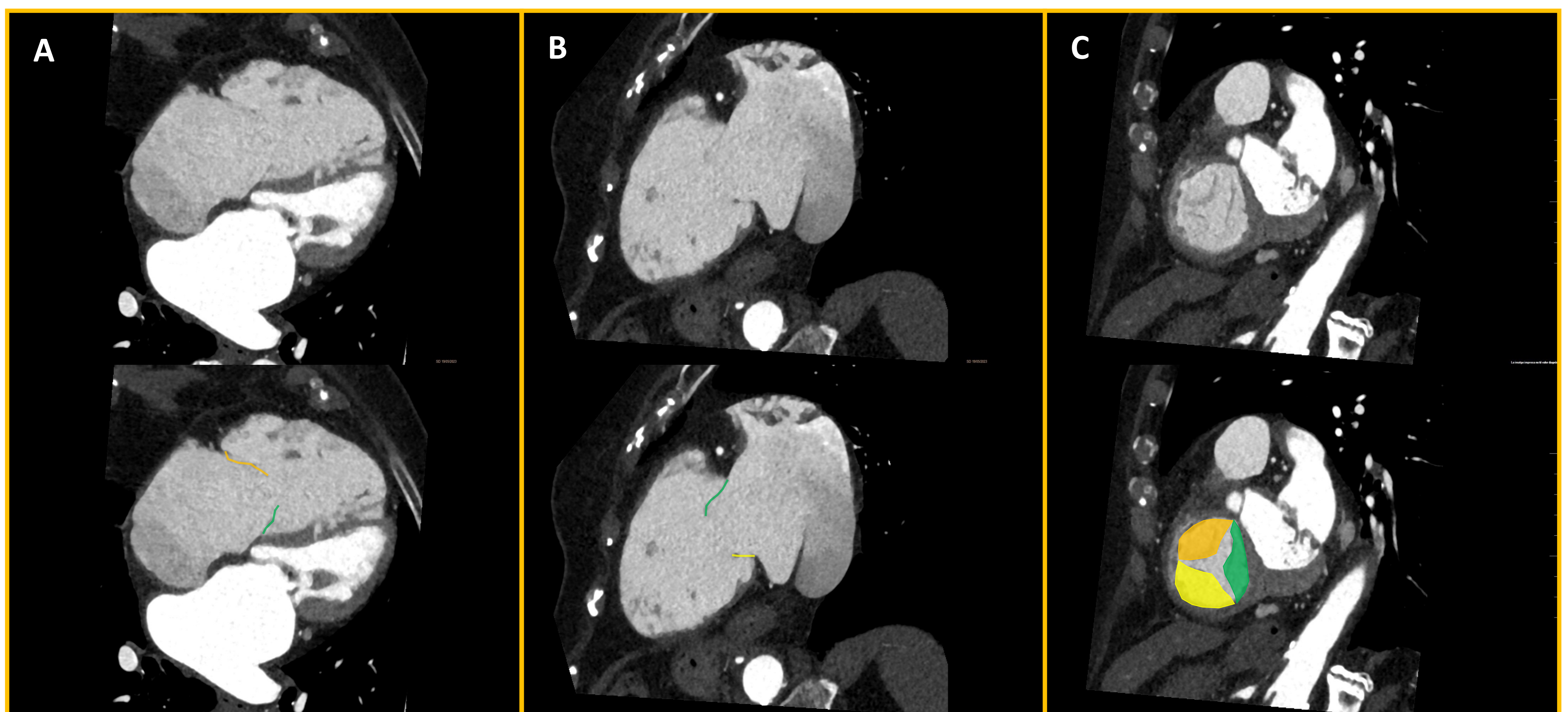


Figura 2. VELOS VALVULARES

En un plano de 4 cámaras es posible visualizar los velos anterior y septal (figura 2, panel A), mientras que en el plano de 2 cámara se observan los velos septal y posterior (figura 2, panel B). En un plano de eje corto que se inicia en el plano valvular tricúspide con desplazamiento apical es posible la visualización de los tres velos de forma conjunta (figura 2, panel C).

## REVISIÓN DEL TEMA

### Anatomía de la válvula tricúspide

#### MÚSCULOS PAPILARES Y CUERDAS TENDINOSAS

- Los músculos papilares y las cuerdas forman el aparato tensor de la válvula tricúspide.
- Hay 2 músculos papilares generalmente constantes (anterior y posterior) y un tercer músculo papilar variable (septal).
- El músculo más grande suele ser el músculo papilar anterior, al que puede unirse la banda moderadora.

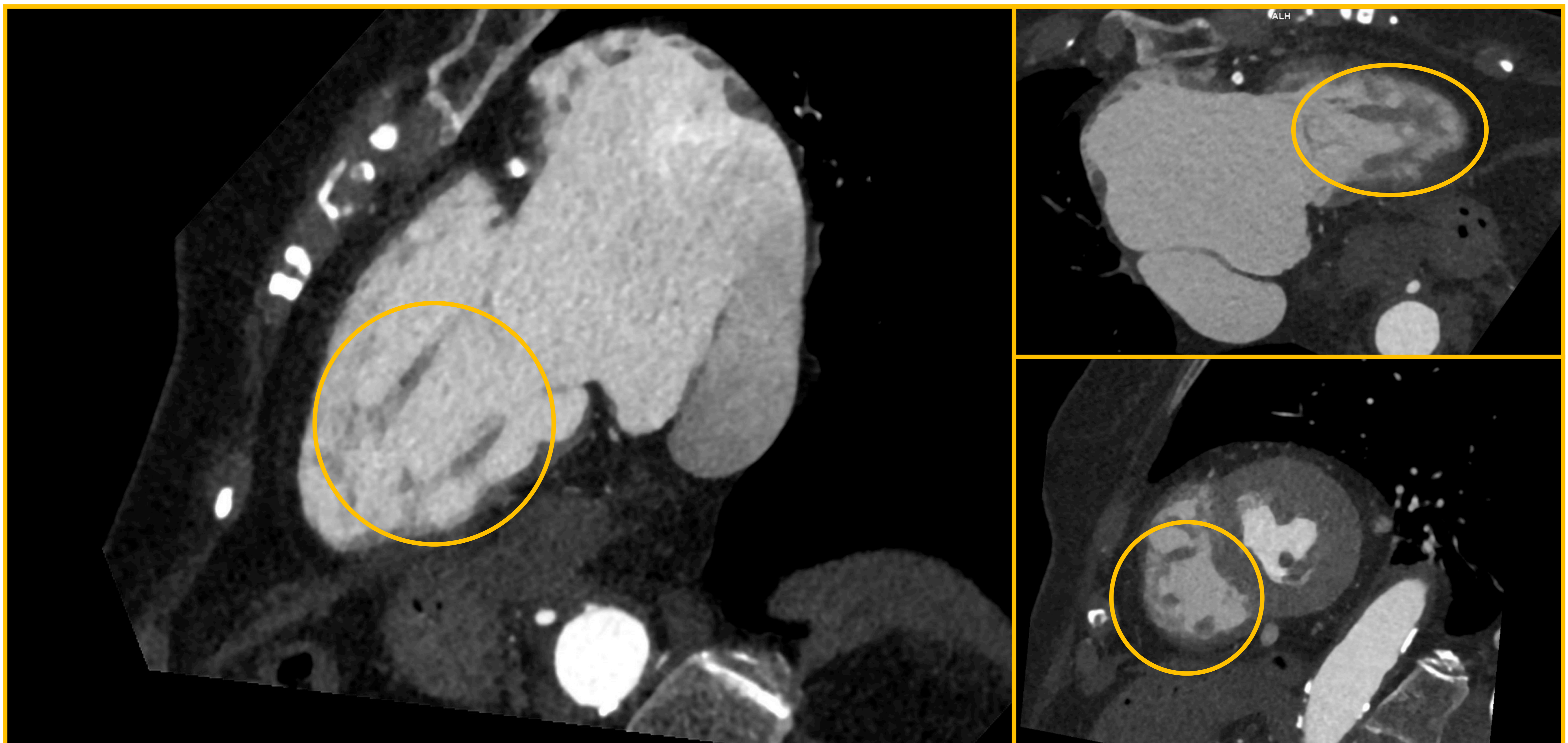


Figura 3. MÚSCULOS PAPILARES Y CUERDAS TENDINOSAS

Mediante reconstrucciones multiplanares es posible la visualización de las cuerdas tendinosas y de los músculos papilares para determinar su número y posición (figura 3).

## REVISIÓN DEL TEMA

### Estrategias de reparación tricúspide percutánea y tipos de dispositivos

Existen actualmente diversos dispositivos transcater tanto de uso en práctica clínica como en fase de investigación, que pueden clasificarse en función del mecanismo mediante el cual tratan de corregir la valvulopatía.

TIPO	DISPOSITIVOS	MECANISMO
Reparación borde a borde	Triclip© Abbot, Pascal© Edwards 	Aumentan la coaptación de los velos anclándose a ellos y reducen el diámetro septolateral y el perímetro del anillo tricúspide sin actuar directamente sobre él. El dispositivo Pascal además consta de un sistema central que ocupa el orificio regurgitante.
Dispositivos de anuloplastia	Cardioband© Edwards 	Actúan anclándose al tejido perianular del lado auricular del anillo tricúspide, reduciendo las dimensiones del anillo de manera similar a la anuloplastia quirúrgica.
Prótesis ortotópicas	Evoque© Edwards, Cardiovalve© Cardiovalve, LuX-Valve© Jensecare 	Se implantan sobre la válvula tricúspide, bien directamente o bien sobre una anuloplastia quirúrgica disfuncionante (procedimiento valve in ring). Existe actualmente una prótesis de uso comercial (Evoque© Edwards Lifesciences) y diversos modelos están en fase avanzada de investigación (como Cardiovalve© Cardiovalve o LuX-Valve© Jensecare).
Prótesis heterotópicas	TricValve© Products + Features 	Prótesis que se implantan sobre las venas cavas, consiguiendo así reducir la congestión sistémica, pero sin reducir el volumen regurgitante a la aurícula.

## REVISIÓN DEL TEMA

### Protocolo de adquisición de imagen

Aunque los protocolos pueden variar en función del centro, existen una serie de principios generales que deben considerarse durante la adquisición de imagen:

- Se recomienda el uso de equipos de TC multidetector.
- Grosor de corte: 0.6-0.75 mm.
- Adquisición: con el paciente compensado hemodinámicamente. Idealmente a frecuencia cardíaca inferior a 100 lpm.
- Campo de adquisición: desde la bifurcación traqueal caudalmente hasta incluir todas las cámaras cardíacas, adquiriendo el ciclo cardíaco entero con reconstrucciones cada 5-10% del intervalo R-R. Una segunda adquisición de imagen que incluya el tórax y el abdomen para valorar los accesos vasculares es de gran utilidad.
- Administración de contraste:
  - Se debe administrar por una vena periférica de la extremidad superior derecha.
  - Se recomienda el control de adquisición mediante técnica de bolus tracking, con posicionamiento del ROI en el ventrículo derecho si se pretende una valoración exclusiva de dicha cámara o en la aorta ascendente proximal para estudiar la anatomía coronaria.
  - Se recomienda así mismo la administración bifásica o trifásica de contraste (un bolus de contraste seguido de un segundo bolus mezcla de contraste y suero salino).



## REVISIÓN DEL TEMA

### Evaluación preprocedimiento de la válvula tricúspide

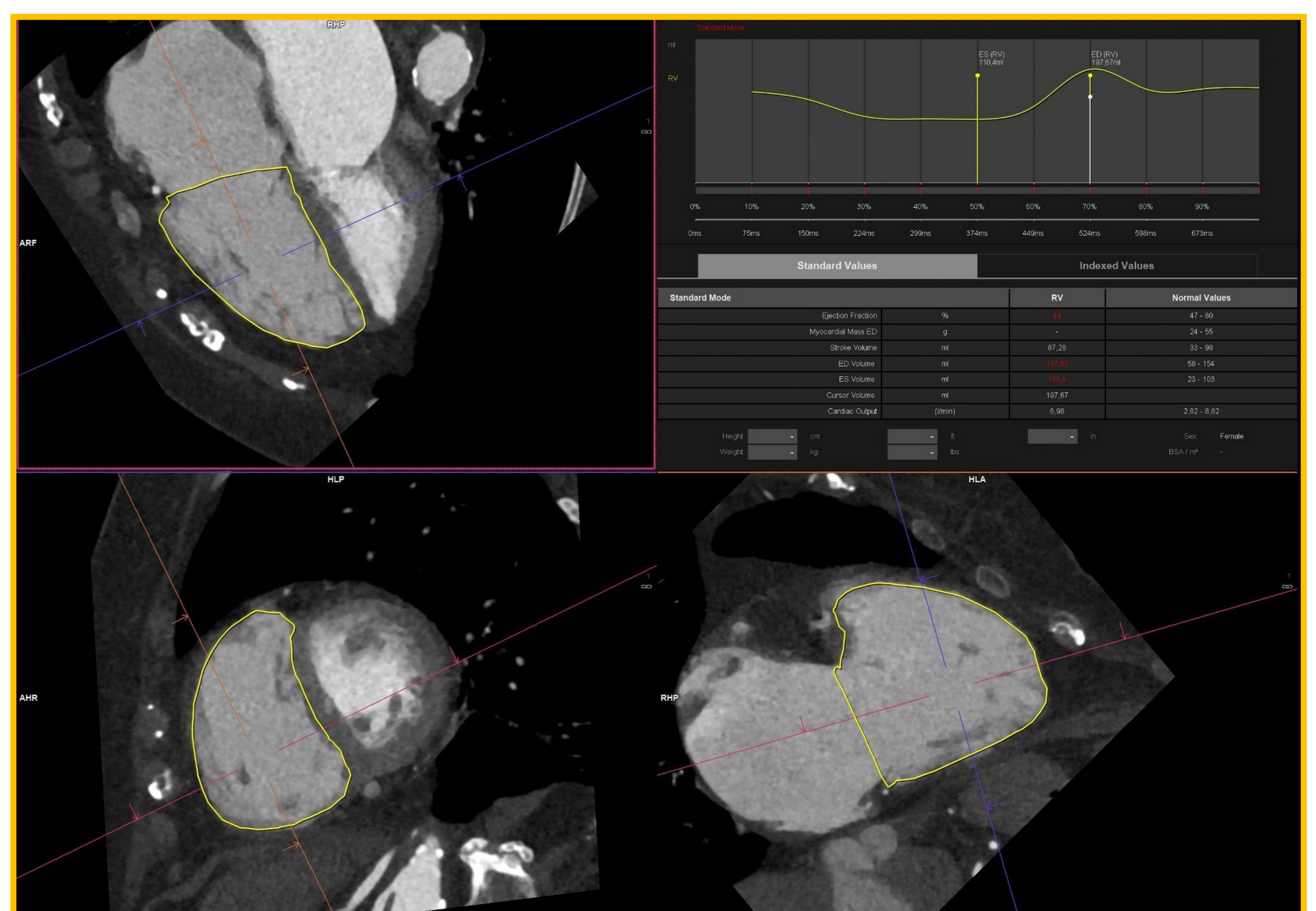
Para el diagnóstico etiológico y de severidad de la IT la ecocardiografía tanto transesofágica como transtorácica es la técnica de elección. Sin embargo, la cardio-TC puede ser de ayuda en la determinación del mecanismo y severidad en casos seleccionados. De la misma forma, también resulta útil en el estudio de la anatomía valvular y su relación con estructuras adyacentes previo a la realización de procedimientos de reparación percutánea, así como la relación entre los velos valvulares y los electrodos de marcapasos en cavidades derechas en caso de que estén presentes.

### MECANISMO Y SEVERIDAD

- Debido a la configuración tridimensional del ventrículo derecho, el análisis de sus volúmenes y función puede estar limitado por ecocardiografía. La cardio-CT permite la valoración tridimensional de dicha cámara, su morfología y el análisis de la función ventricular (figura 4) mediante la cuantificación de sus volúmenes telediastólico y telesistólico.
- Además, permite estudiar tanto la anatomía como la motilidad de los velos o la afectación del aparato subvalvular en casos de IT primaria.
- Para pacientes con electrocatéter de marcapasos/DAI la TC ayuda a determinar si existe interacción del cable con la motilidad de los velos valvulares (figura 5).

Figura 4. ANÁLISIS DE VOLÚMENES Y FUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

Paciente con insuficiencia tricúspide severa secundaria. Mediante software específico es posible analizar la morfología y función ventricular derecha, que en este caso muestra dilatación ventricular con volúmenes telediastólico y telesistólico elevados, así como una leve reducción en la fracción de eyección (FEVD 44%).



## REVISIÓN DEL TEMA

### Evaluación preprocedimiento de la válvula tricúspide

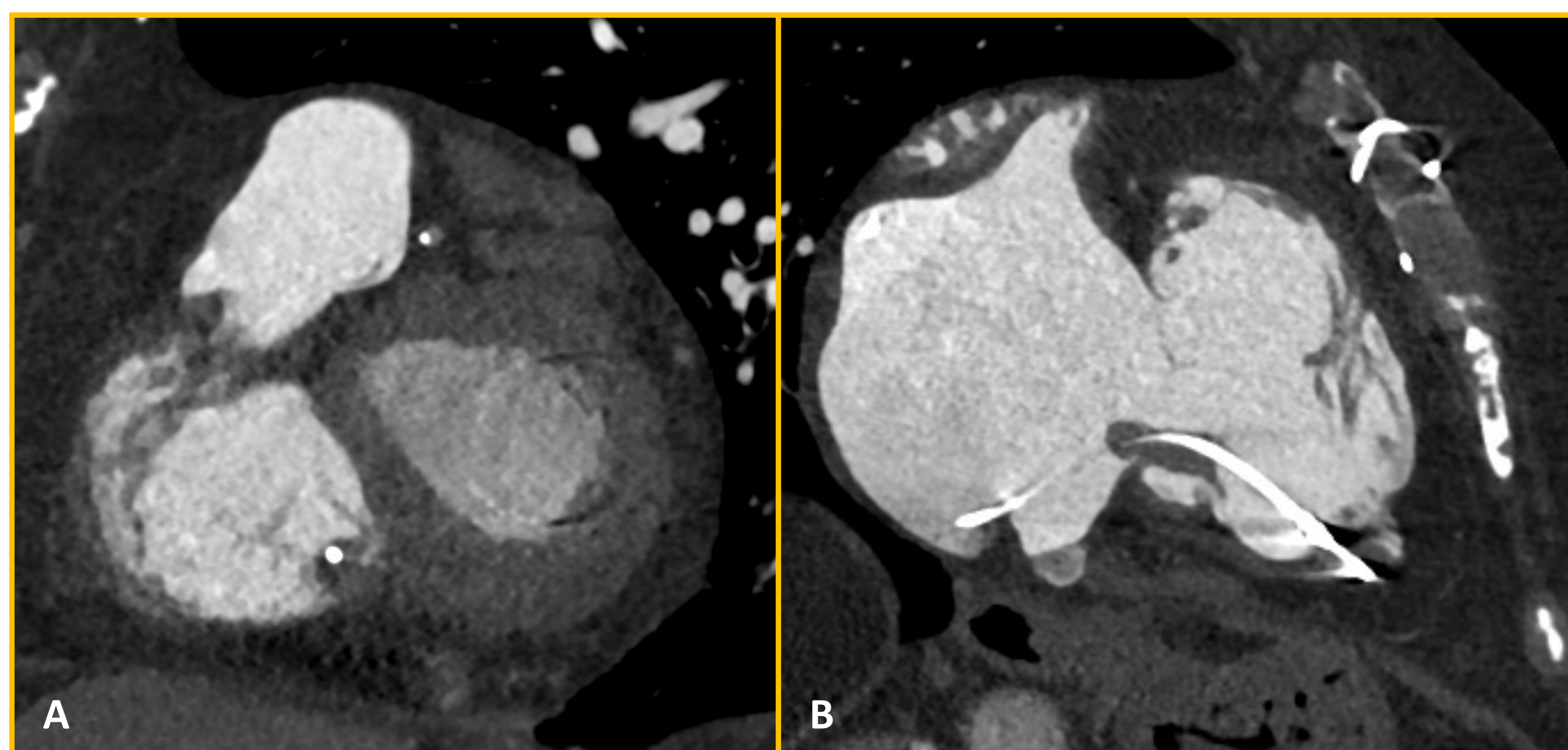


Figura 5. INSUFICIENCIA TRICÚSPIDE RELACIONADA CON ELECTRODOS

Paciente con fibrilación auricular permanente portadora de marcapasos (implante hace 12 años) que presenta insuficiencia tricúspide severa. Se observa en los planos eje corto (figura 5, panel A) y 2 cámaras (figura 5, panel B) del ventrículo derecho la relación entre el velo septal y el electrodo, que se muestra engrosado en relación con cápsula fibrosa y depósitos de fibrina y que restringe la motilidad de dicho velo.

## REVISIÓN DEL TEMA

### Evaluación preprocedimiento de la válvula tricúspide

#### DIMENSIONES DEL ANILLO TRICÚSPIDE

- Las dimensiones del anillo (diámetros mayor y menor, área y perímetro) son útiles para la selección de los dispositivos de reparación percutánea (figura 6). Además, puede aportar información adicional la medida de la altura y el área de tenting, espacio definido entre los velos valvulares y el plano del anillo en mesosístole en un plano de 4 cámaras (figura 7).
- Aunque se recomienda el uso de softwares específicos que permitan analizar su conformación tridimensional, es posible realizar una aproximación válida mediante un plano en eje corto que pase por el anillo a partir de reconstrucciones doble oblicuas.
- Dado que durante el ciclo cardíaco se producen cambios en las dimensiones y conformación del anillo de hasta un 30%, se recomienda realizar las medidas anulares tanto en sístole como en diástole.
- Además, es posible valorar el defecto de coaptación de los velos durante la sístole ventricular (figura 8).

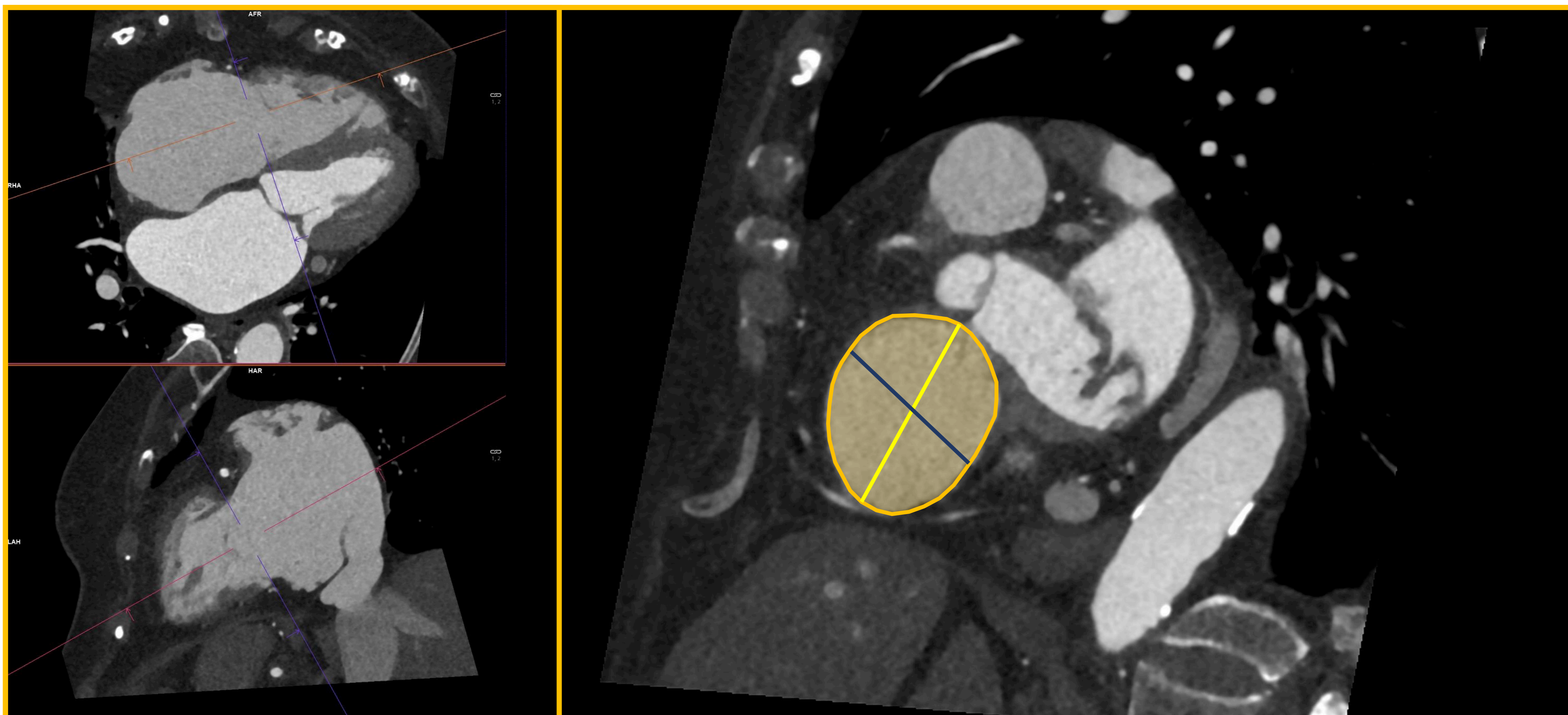


Figura 6. PLANIMETRÍA DEL ANILLO

Mediante reconstrucciones multiplanares a partir de los planos de 4 cámaras y 2 cámaras (figura 6, paneles izquierdos) se obtiene el plano del anillo valvular. La medida del **perímetro y área**, así como del **diámetro mayor** y el **diámetro menor** pueden ser de utilidad para la correcta selección del dispositivo (figura 6, panel derecho).

## REVISIÓN DEL TEMA

### Evaluación preprocedimiento de la válvula tricúspide

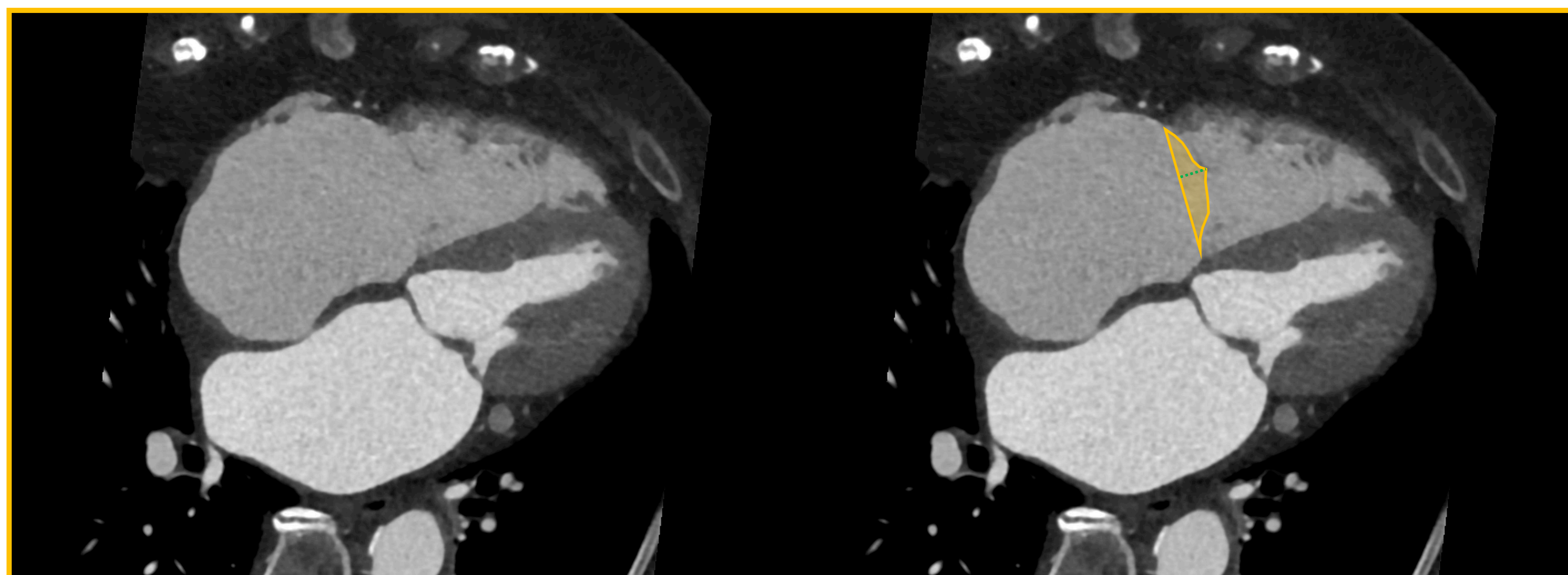


Figura 7. ALTURA Y ÁREA DE TENTING

La **altura** y **área de tenting**, definida como el espacio que queda entre los velos valvulares y el plano del anillo en un plano de 4 cámaras medido en mesosístole (figura 7, panel derecho), aporta información adicional acerca de la severidad y el mecanismo de la IT.



Figura 8. MEDIDA DEL DEFECTO DE COAPTACIÓN.

El análisis de la morfología y dimensiones del defecto de coaptación de los velos en meso-telestole mediante cardio-TC aporta información adicional acerca del mecanismo y severidad de la IT. Paciente con insuficiencia tricúspide severa secundaria que presenta un **amplio defecto de coaptación** en plano de 4 y 2 cámaras del ventrículo derecho.

## REVISIÓN DEL TEMA

### Evaluación preprocedimiento de la válvula tricúspide

#### RELACIÓN CON ESTRUCTURAS ANATÓMICAS PRÓXIMAS

- Debido a su localización anatómica, la válvula tricúspide tiene importantes relaciones con otras estructuras que es preciso analizar en la planificación de los procedimientos de reparación percutánea.
- Entre las principales estructuras próximas a evaluar se encuentra la arteria coronaria derecha (ACD), el seno coronario, el triángulo de Koch (que contiene el haz de His), el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) y los senos aórticos coronario derecho-no coronario.
- Destaca entre las estructuras mencionadas la ACD (figura 9), cuya proximidad al anillo valvular es crítica para los procedimientos de anuloplastia e implante de prótesis ortotópicas.



Figura 9. RELACIÓN ENTRE EL ANILLO TRICÚSPIDE Y LA ACD

Debido al trayecto que la ACD presenta por el surco auriculoventricular derecho, se encuentra en íntima relación con el anillo tricúspide.

Procedimientos que actúen sobre el anillo como el implante de prótesis ortotópicas o procedimientos de anuloplastia potencialmente pueden lesionar dicha estructura, por lo que es de utilidad su valoración preprocedimiento para lo que puede ser de ayuda la proyección de máxima intensidad (MIP).

## REVISIÓN DEL TEMA

### Parámetros específicos en función de la estrategia terapéutica

#### DISPOSITIVOS DE REPARACIÓN BORDE A BORDE

- Aunque resulta de utilidad la información anatómica y funcional, no es de obligada realización para los procedimientos de **reparación borde a borde**.

#### DISPOSITIVOS DE ANULOPLASTIA

- Cuando se elige la reparación percutánea mediante **dispositivos de anuloplastia**, debe determinarse la distancia entre el anillo y la ACD para cada punto de anclaje del dispositivo Cardioband, siendo considerada una distancia  $< 2$  mm desfavorable para el procedimiento (figura 10).

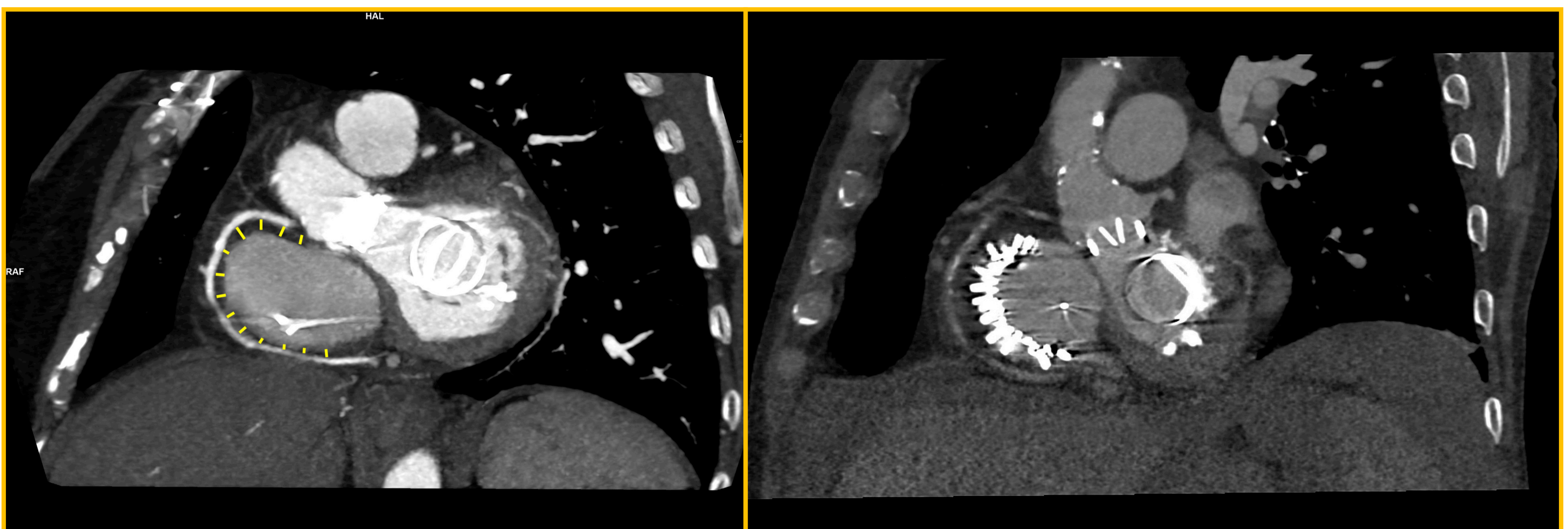


Figura 10. CARDIO-TC EN LA PLANIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ANULOPLASTIA

En el estudio preprocedimiento de pacientes candidatos a anuloplastia percutánea, es obligatorio la medida de la **distancia entre la ACD y el anillo tricúspide** en cada punto de anclaje del dispositivo Cardioband (figura 10, panel A). Tras el implante del dispositivo se consigue una reducción en las dimensiones del anillo (figura 10, panel B) lo que mejora la superficie de coaptación de los velos reduciendo así el volumen regurgitante.

## REVISIÓN DEL TEMA

### Parámetros específicos en función de la estrategia terapéutica

#### PRÓTESIS ORTOTÓPICAS

- En caso de **prótesis ortotópicas** es esencial la planificación con TC para el análisis de la morfología y la medida del anillo tricúspide que asegure un adecuado anclaje de la prótesis (figura 11).
- En el caso de **procedimientos valve-in-valve** (implante sobre bioprótesis degeneradas) o **valve-in-ring** (para pacientes portadores de anuloplastia quirúrgica insuficiente), las dimensiones de la bioprótesis/anillo son conocidas de antemano si se dispone del informe quirúrgico.
- En caso de que no tenga esta información, se puede determinar mediante cardio-TC midiendo la prótesis degenerada o el anillo protésico de borde interno a borde interno.

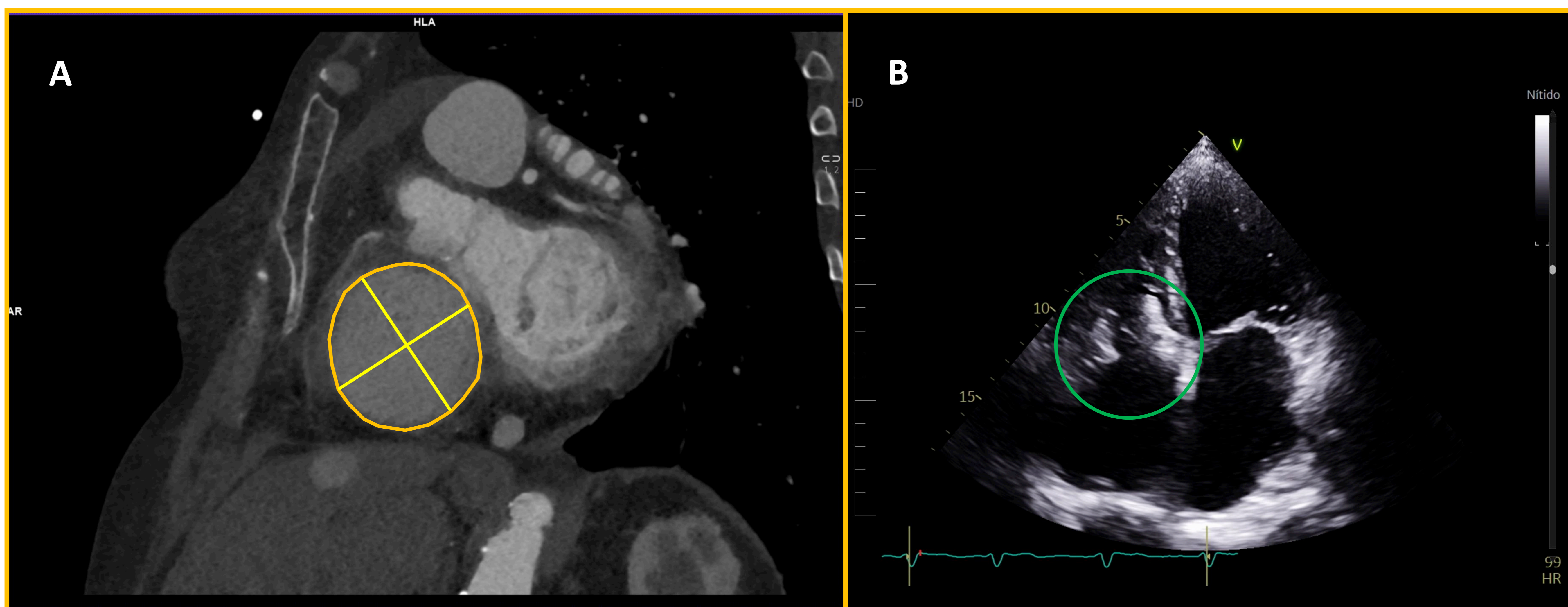


Figura 11. CARDIO-TC EN LA PLANIFICACIÓN DEL IMPLANTE DE PRÓTESIS ORTOTÓPICAS

Paciente con insuficiencia tricúspide severa secundaria candidato a implante de prótesis ortotópica sobre válvula nativa. En el estudio preprocedimiento es necesaria la medida del **perímetro y área valvular**, así como de sus **diámetros mayor y menor**, para asegurar una adecuada elección del tamaño de la prótesis (figura 11, panel A). Imagen de ecocardiografía transtorácica en un plano apical 4 cámaras donde se observa la **prótesis normoposicionada** (figura 11, panel B).

## REVISIÓN DEL TEMA

### Parámetros específicos en función de la estrategia terapéutica

#### PRÓTESIS HETEROTÓPICAS

- Para **prótesis heterotópicas**, que se implantan sobre ambas venas cavas, se requiere de múltiples medidas para la selección correcta del tamaño protésico que permita evitar la obstrucción de las venas suprahepáticas, la migración del dispositivo o la aparición de leak periprotésico (figura 12):
  - En la vena cava superior: diámetro del confluente, diámetro de la VCS a la altura del borde superior de la arteria pulmonar-borde inferior de la arteria pulmonar, y a la altura de la unión cavoatrial superior.
  - En la vena cava inferior: en la unión cavoatrial inferior, en el borde superior e inferior de las venas suprahepáticas, a 5 cm de la unión cavoatrial, así como la distancia entre el borde superior de las venas suprahepáticas y la unión cavoatrial inferior.

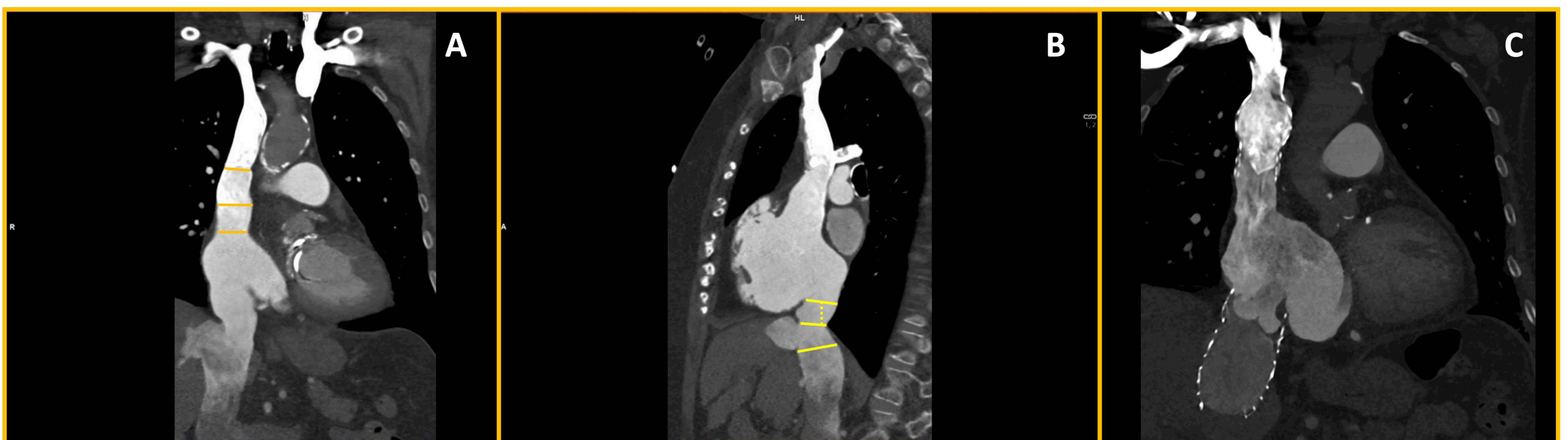


Figura 12. CARDIO-TC EN EL IMPLANTE DE PRÓTESIS HETEROTÓPICAS

Para una adecuada selección del tamaño protésico que disminuya el riesgo de complicaciones, se debe realizar la medida del diámetro de la **vena cava superior** (figura 12, panel A) **e inferior** (figura 12, panel B) en varios niveles. Tras el implante, se observa la prótesis bicava normoposicionada extendiéndose longitudinalmente en los segmentos distales de dichos vasos (figura 12, panel C).



## Utilidad de la Cardio-TC para planificar los procedimientos transcatéter de reparación percutánea de la válvula tricúspide

### CONCLUSIONES

- La cardio-TC ayuda a entender mejor la morfología y anatomía valvular tricúspide en pacientes candidatos a procedimientos de reparación percutánea.
- En función de la estrategia terapéutica que se elija, dicha valoración va a ser de obligada realización, existiendo parámetros específicos que se han de analizar para cada tipo de dispositivo.
- Una adecuada adquisición de imagen y una correcta medida de los parámetros descritos es fundamental para mejorar el éxito de dichos procedimientos reduciendo así el número de complicaciones.

## **Utilidad de la Cardio-TC para planificar los procedimientos transcatéter de reparación percutánea de la válvula tricúspide**

### **REFERENCIAS**

1. Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, Hamid N, Kitamura M, Bae R, et al. Proposal for a Standard Echocardiographic Tricuspid Valve Nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(7):1299-305.
2. Rajiah PS, Reddy P, Baliyan V, Hedgire SS, Foley TA, Williamson EE, et al. Utility of CT and MRI in Tricuspid Valve Interventions. *Radiographics*. 2023;43(7).
3. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, et al. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(4):303-71.
4. Faletra FF, Leo LA, Paiocchi VL, Schlossbauer SA, Borruso MG, Pedrazzini G, et al. Imaging-based tricuspid valve anatomy by computed tomography, magnetic resonance imaging, two and three-dimensional echocardiography: Correlation with anatomic specimen. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(1):1-13.
5. Saremi F, Hassani C, Millan-Nunez V, Sánchez-Quintana D. Imaging evaluation of tricuspid valve: analysis of morphology and function with CT and MRI. *Am J Roentgenol*. 2015;204(5):W531-42.
6. Van Rosendael PJ, Kamperidis V, Kong WKF, Van Rosendael AR, Van Der Kley F, Marsan NA, et al. Computed tomography for planning transcatheter tricuspid valve therapy. *Eur Heart J*. 2017;38(9):665-74.