

# Complicaciones no arritmogénicas: la tomografía computerizada multidetector (TCMD) en procedimientos TAVI

Amalia Aranz Murillo, Jorge López Mareca, María  
Eugenia Guillén Subirán, Paula Alcolea Bas, Beatriz  
Domínguez Lagranja, Ricardo  
Ignacio Gómez Miranda, Javier Sainz Sánchez,  
Eduardo Gómez Morón

Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza.

## Objetivo docente:

Revisar las complicaciones no arritmogénicas de la TAVI y la importancia de la TCMD en estos procedimientos.

## Revisión del tema:

1. Introducción

2. Complicaciones vasculares y hemorragia

3. Embolismos y eventos cerebrovascular (ECV)

4. Trombosis valvular

5. Obstrucción coronaria

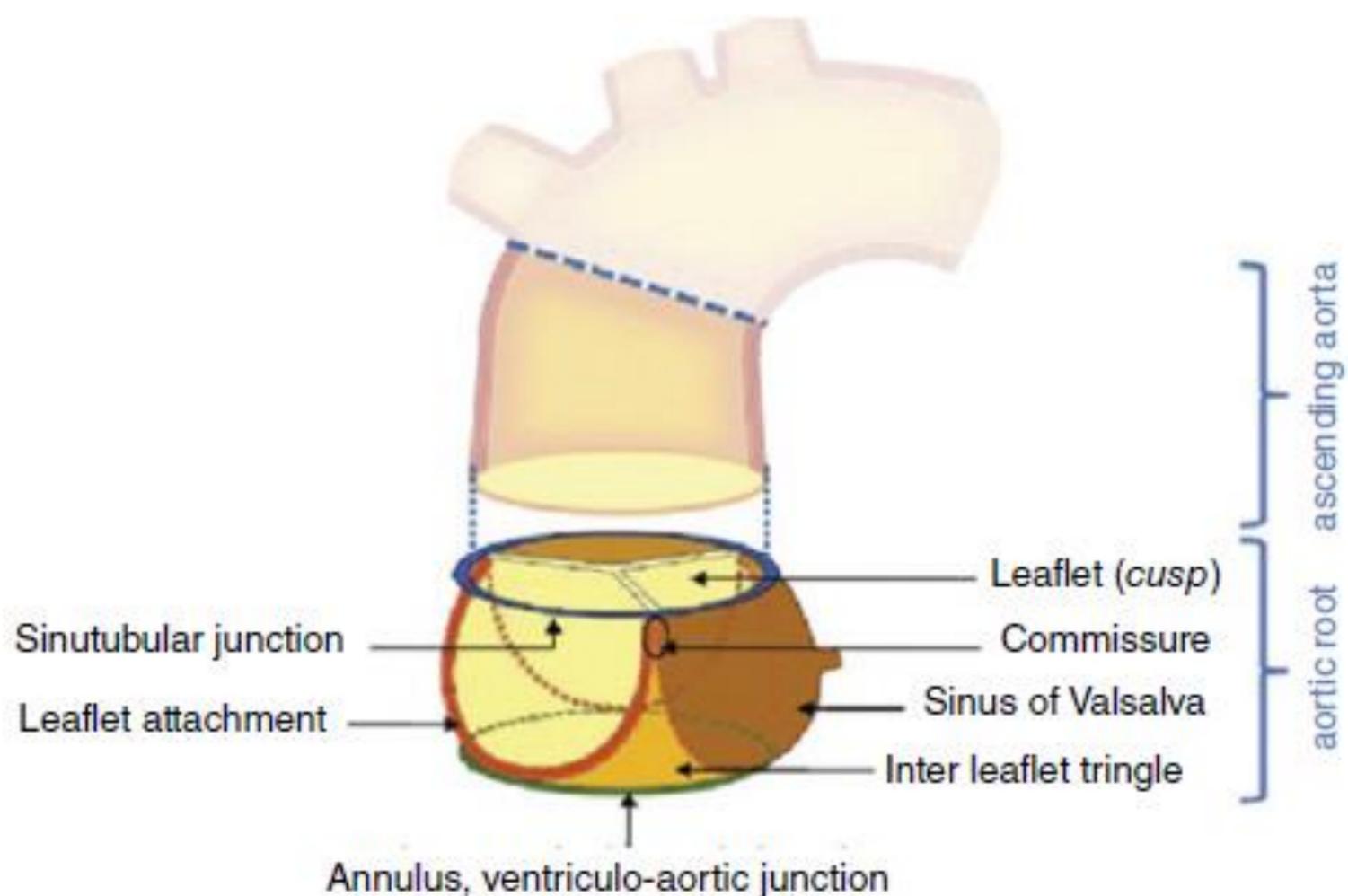
6. Ruptura anular y perforación ventricular

7. Migración y fugas valvulares

# 1. Introducción

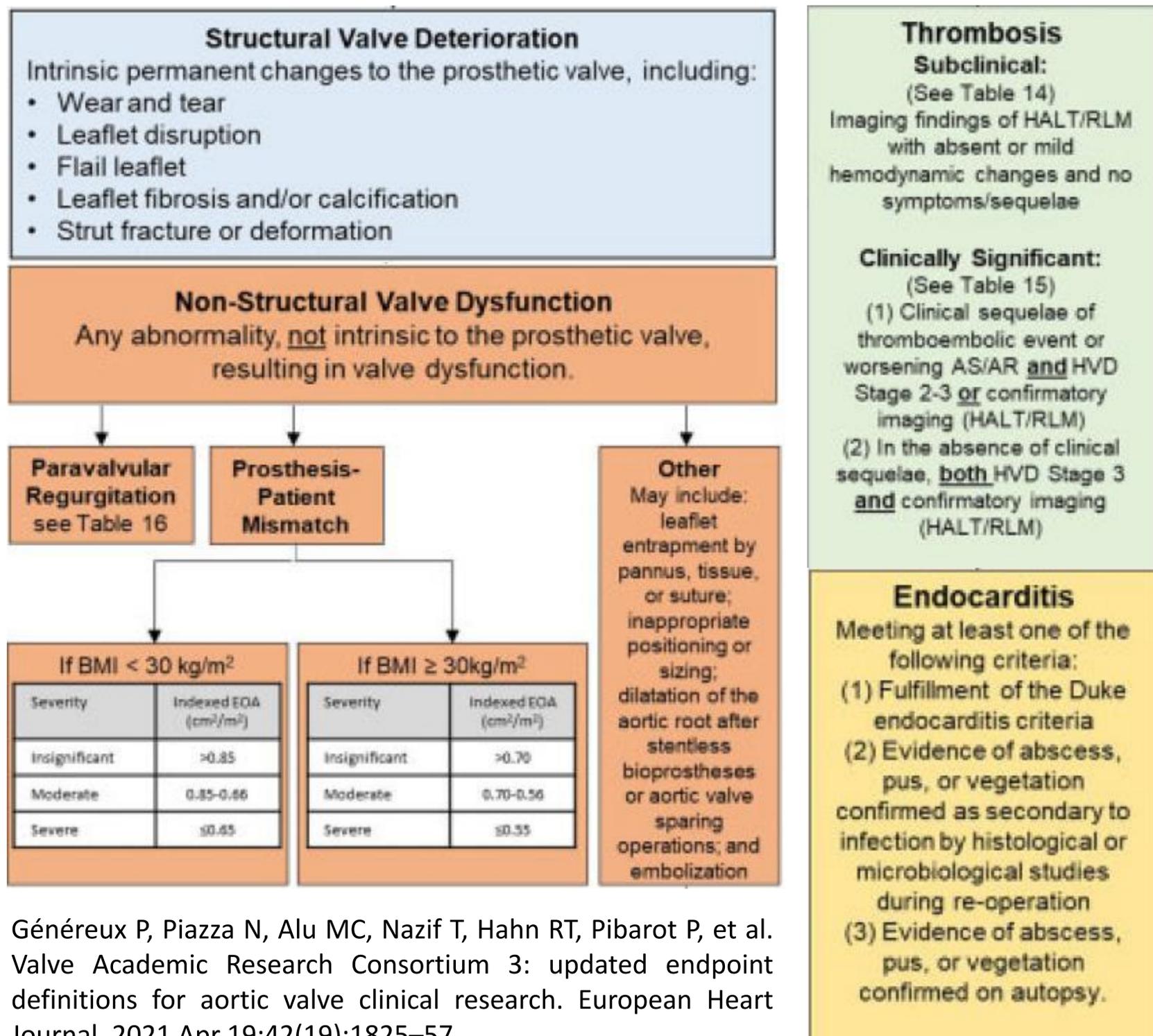
La estenosis aórtica calcificada es la anomalía más común de las válvulas cardíacas. La prevalencia depende de la edad, con una incidencia anual aproximada de 4 a 5% en la población general que aumenta hasta el 6 % en pacientes  $\geq 75$  años [1].

La válvula aórtica se encuentra dentro de su unidad anatómica y funcional denominada raíz aórtica (**figura 1**). Anatómicamente, la raíz aórtica tiene forma festoneada y parece una corona, cuyo anillo forma parte del esqueleto fibroso del corazón. Desde un punto de vista quirúrgico, el anillo es una estructura fibrosa donde se insertan las valvas de la válvula aórtica a la pared aórtica. [1,2]



Tras la primera TAVI en humanos realizada por Alain Cribier en 2002, el procedimiento ha crecido exponencialmente, como resultado de la evidencia acumulada que demuestra seguridad y eficacia, y una menor invasividad. [1] Sin embargo, la TAVI no está exenta de complicaciones, siendo recogidas por un grupo de expertos, criterios VARC, con reciente actualización en el 2021 (VARC-3) (**tabla 1**). [3]

Los nuevos dispositivos junto con la mejora técnica, la experiencia del operador y las imágenes del TC multimodal (TCMD), han aumentado la precisión de la planificación de TAVI, minimizando el riesgo de la mayoría de los eventos adversos.



Généreux P, Piazza N, Alu MC, Nazif T, Hahn RT, Pibarot P, et al. Valve Academic Research Consortium 3: updated endpoint definitions for aortic valve clinical research. European Heart Journal. 2021 Apr 19;42(19):1825–57.

## 2. Complicaciones vasculares y hemorragia

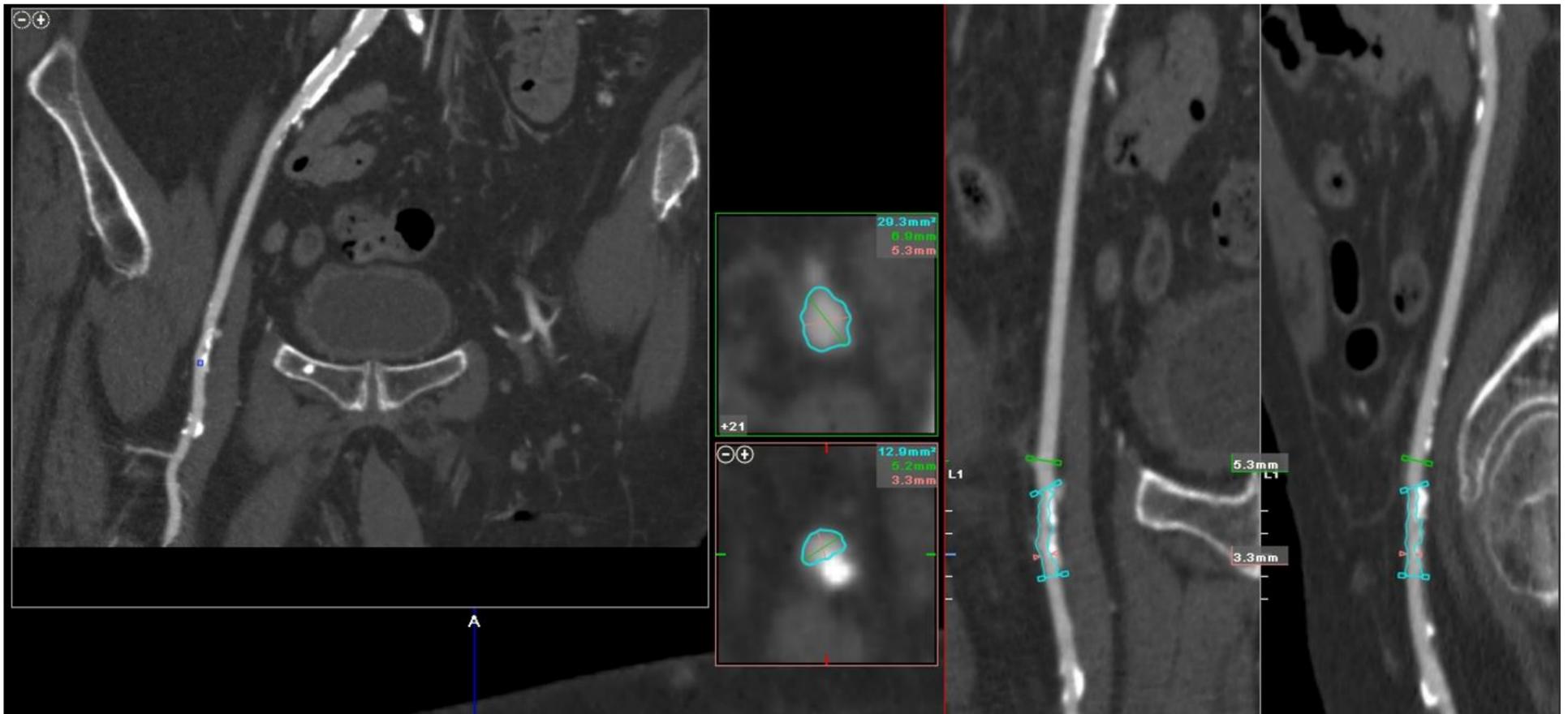
El acceso para TAVI más frecuente es el transfemoral. Otros accesos menos frecuentes son el trans-apical, el trans-subclavia y el transaórtico. [1]

Las diferentes complicaciones vasculares son las siguientes según la VARC-3: disección, estenosis, perforación, ruptura, fístula arteriovenosa, pseudoaneurisma, hematoma en el sitio de acceso, hemorragia retroperitoneal y el fallo del dispositivo de cierre. Según el ensayo PARTNER, las complicaciones vasculares más frecuentes fueron disección vascular (62,8 %), perforación (31,3 %), hematoma en el sitio de acceso (22,9 %) y hemorragia retroperitoneal (9,5 %). [3,4]. Es muy importante intentar prevenirlas, y para ello se deben seguir diferentes pasos [1]:

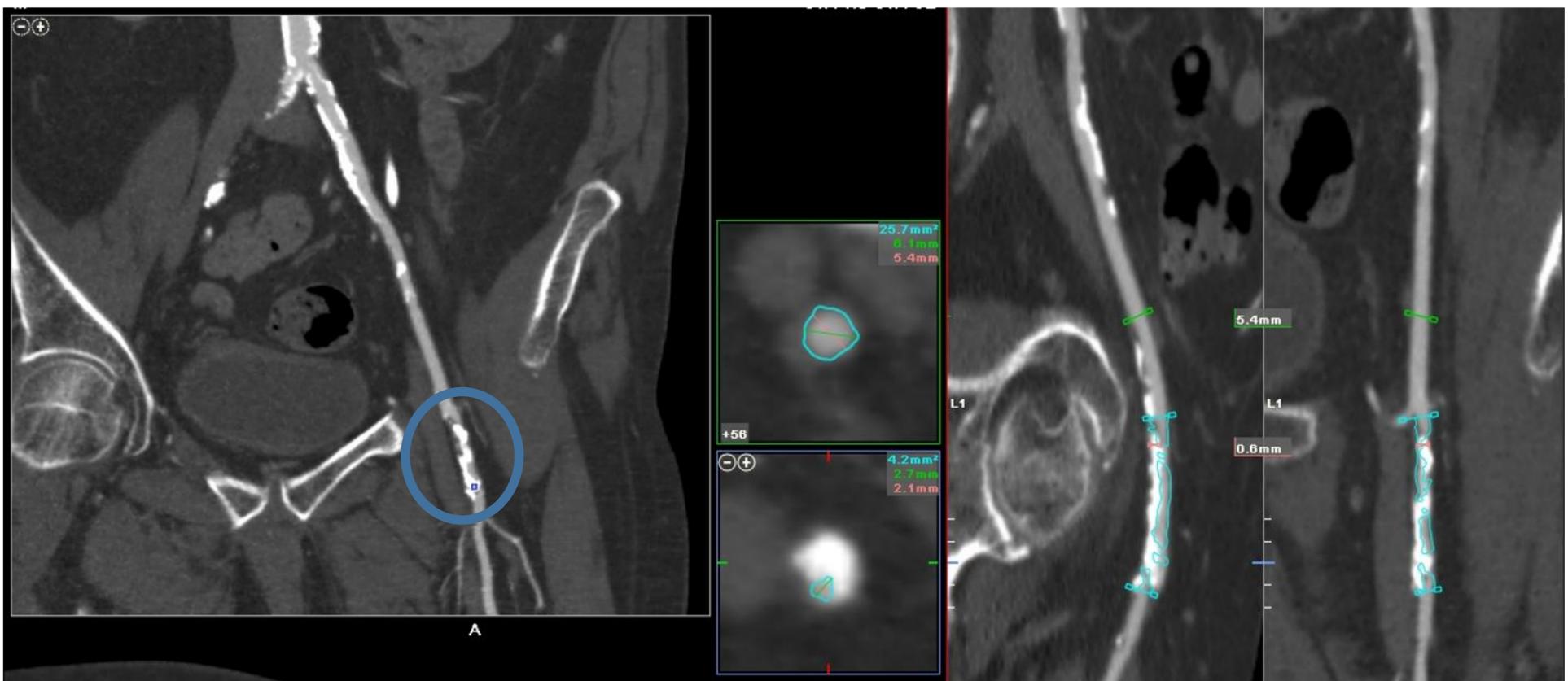
1. Análisis preoperatorio preciso del paciente con TCMD: elegir el mejor sitio de acceso y seleccionar el tipo y tamaño más apropiado de válvula.
2. Adecuado manejo intraprocedimiento: protección vascular de la arteria seleccionada para TAVI.
3. Posterior al procedimiento: control de hemoglobina y si fuera necesario eco-Doppler de la arteria.

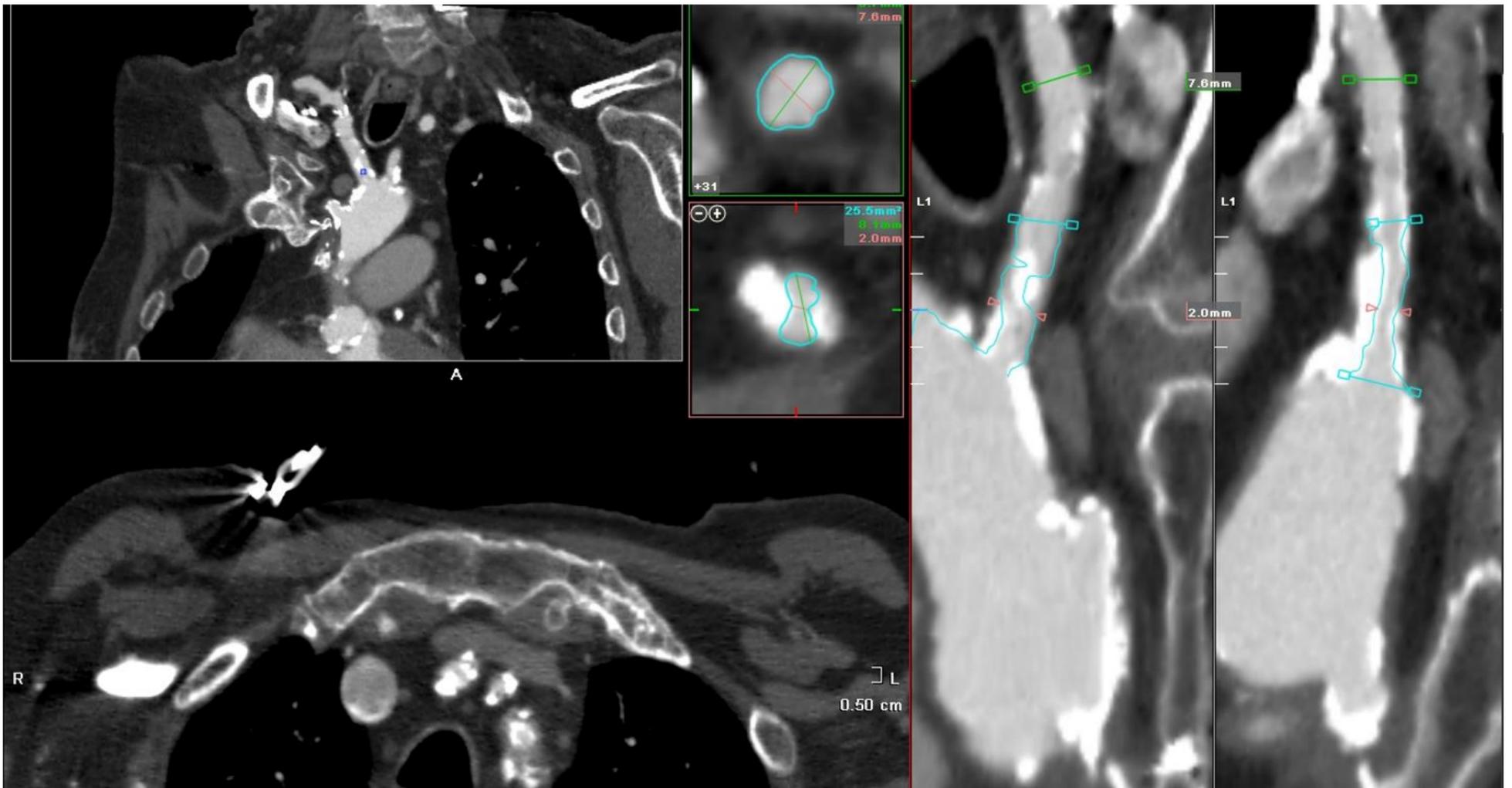
Una contraindicación de la TCMD con contraste es la enfermedad renal crónica. En estos casos, la RM podría ser una alternativa válida con menor riesgo relativo de nefropatía inducida por contraste. Cuando no se pueda realizar ninguno de los exámenes radiológicos, la TCMD sin contraste, ha mostrado un mayor valor predictivo de complicaciones vasculares en comparación con la angiografía [5].

A continuación mostramos un ejemplo de un paciente con **malos accesos vasculares** debido a placas de ateroma:



**Figura 2. TCMR con reconstrucciones vasculares.** Ejes arteriales iliacos permeables y arterias femorales comunes permeables y con placas de ateroma calcificadas en todo su recorrido. Lesión aterosclerótica calcificada severa en la arteria femoral común izquierda (círculo).



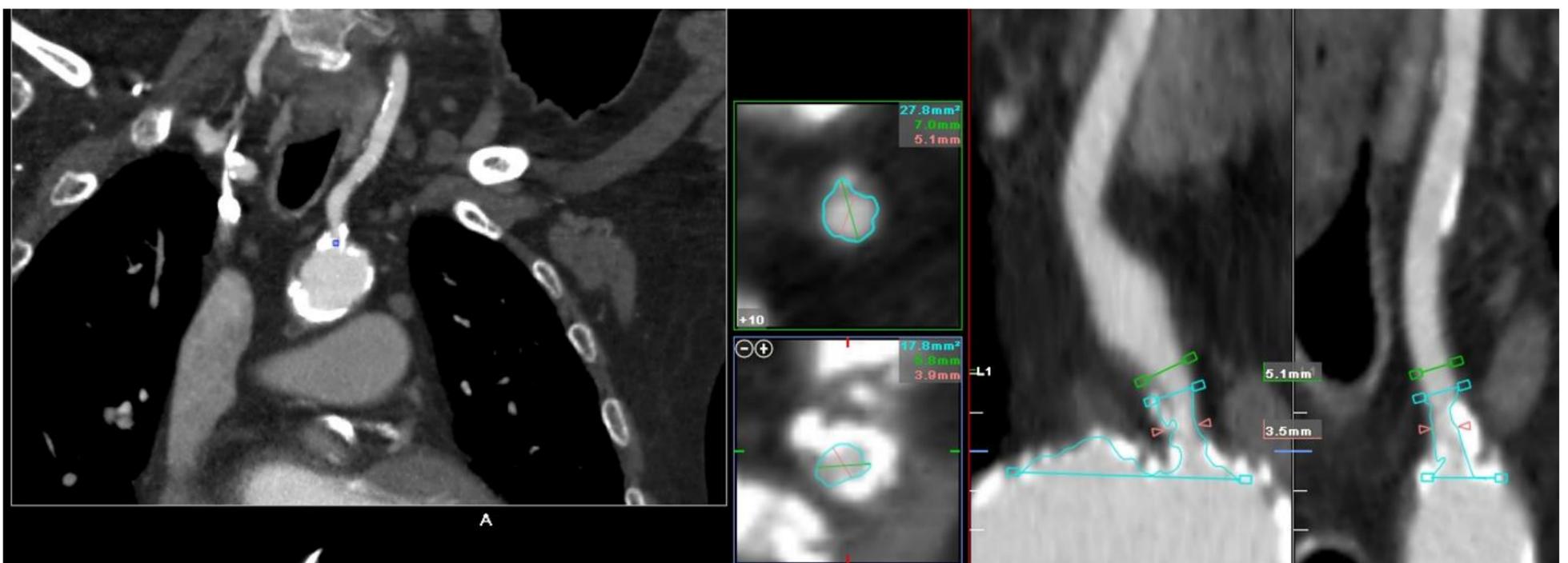


### Figura 3. Mismo paciente. Troncos supraaórticos.

Segmento proximal del tronco braquiocefálico derecho con gruesas placas de ateroma que provocan estenosis severa de su luz (arriba).

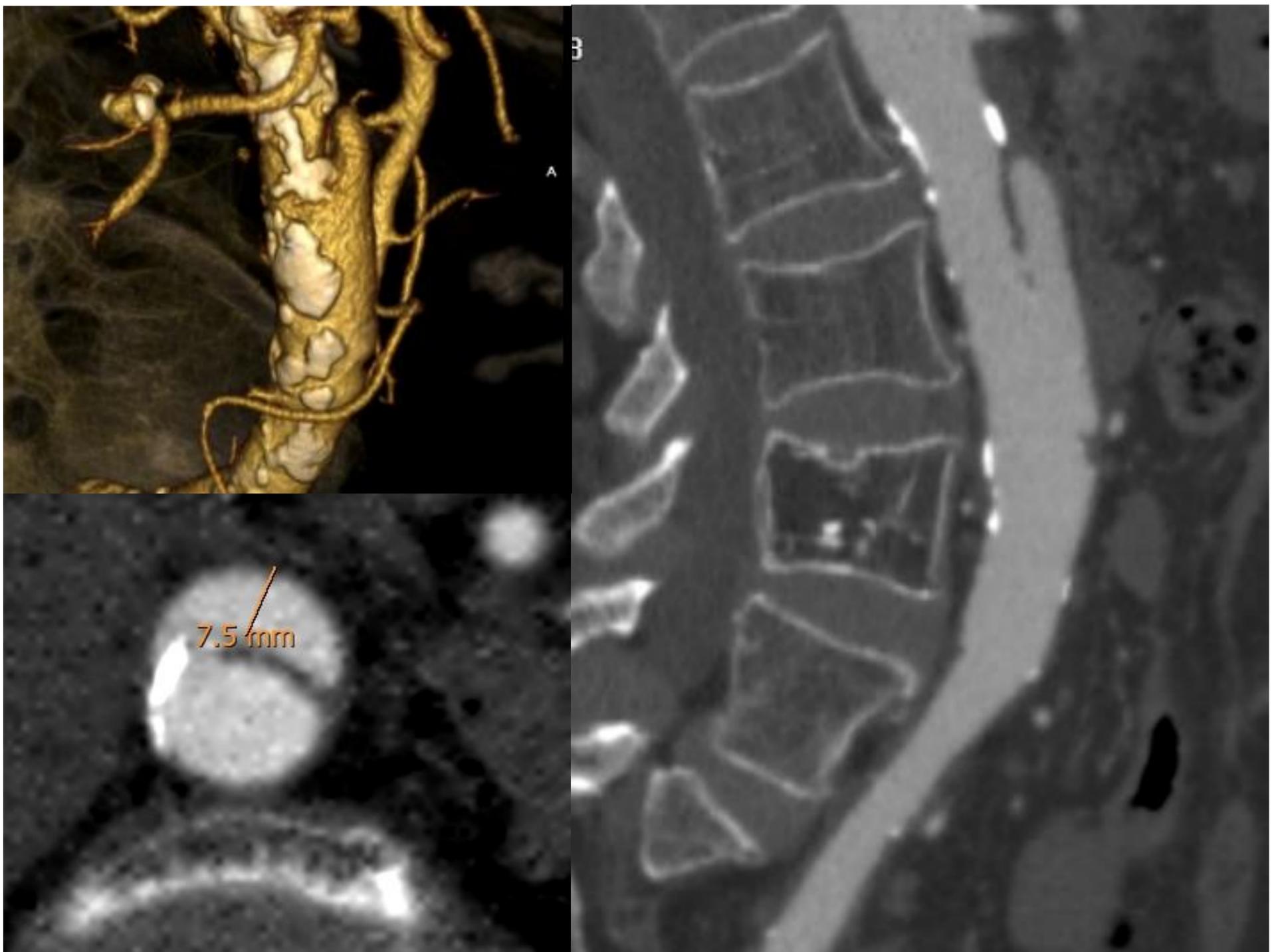
Segmento proximal de la arteria carótida común izquierda con moderada lesión aterosclerótica calcificada proximal (abajo).

Arteria subclavia izquierda con obstrucción trombótica proximal (no mostrada en la imagen).



## Figura 4. TCMD con reconstrucciones MPR y VR. Disección de aorta abdominal infrarrenal.

Disección aórtica de la porción infrarrenal de la aorta abdominal, que presenta una luz falsa de 7,5 mm de espesor anteroposterior, con un diámetro aórtico a nivel de la disección normal (22 mm).



### 3. Embolismos y eventos cerebrovascular (ECV)

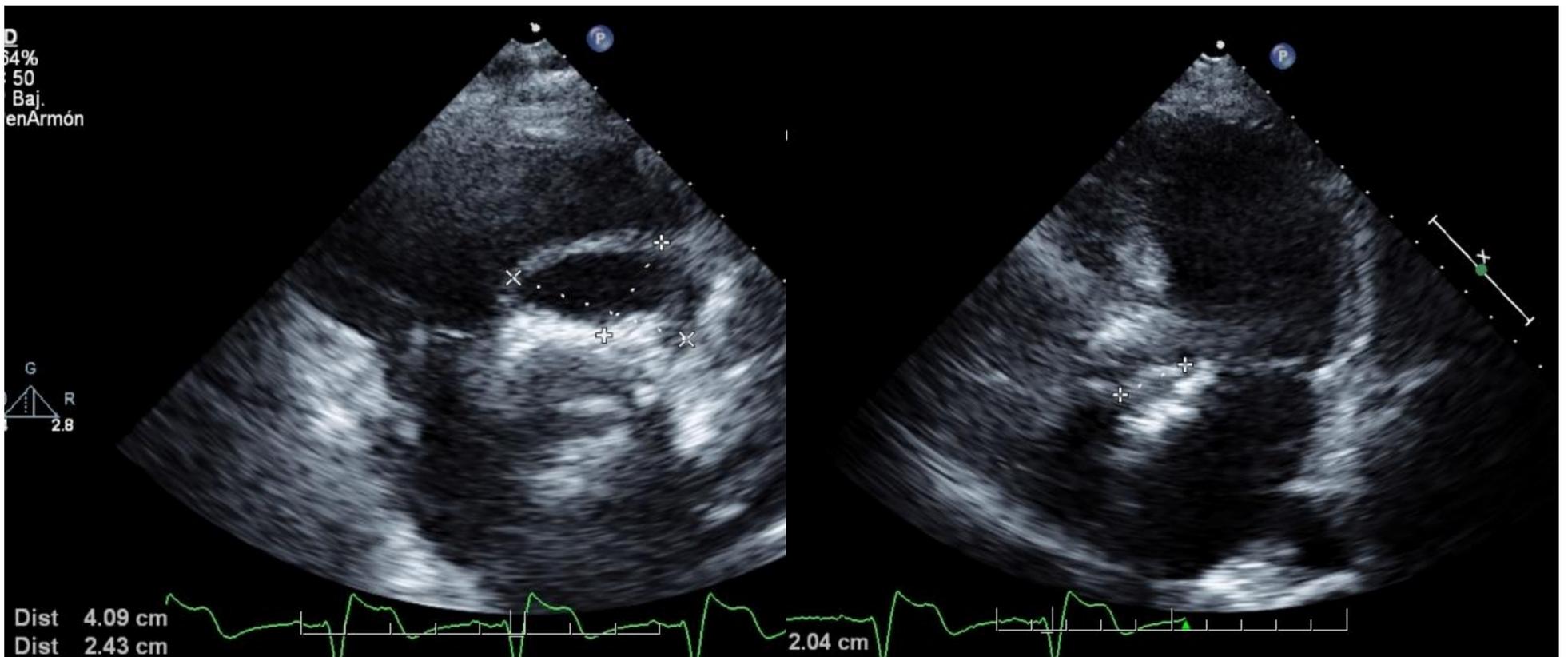
Los eventos cerebrovasculares son una de las complicaciones más importantes en cuanto a morbimortalidad, definidos según la VARC-3 como un déficit neurológico focal o global de nueva aparición, que dura más de 24 horas. Por otro lado, un ataque isquémico transitorio (AIT) es un déficit neurológico de nueva aparición con resolución espontánea rápida (generalmente en una o dos horas) sin evidencia de daño cerebral en los estudios de neuroimagen [3].

En los últimos años se ha demostrado que la incidencia real está subestimada, pudiendo ser incluso 10 veces superior a la actual. Con el uso más amplio de la neuroimagen, la clasificación de los accidentes cerebrovasculares ha comenzado a incluir ECV silenciosos, que son aquellos en los que existe evidencia de isquemia cerebral aguda no asociada con déficits clínicos [6].

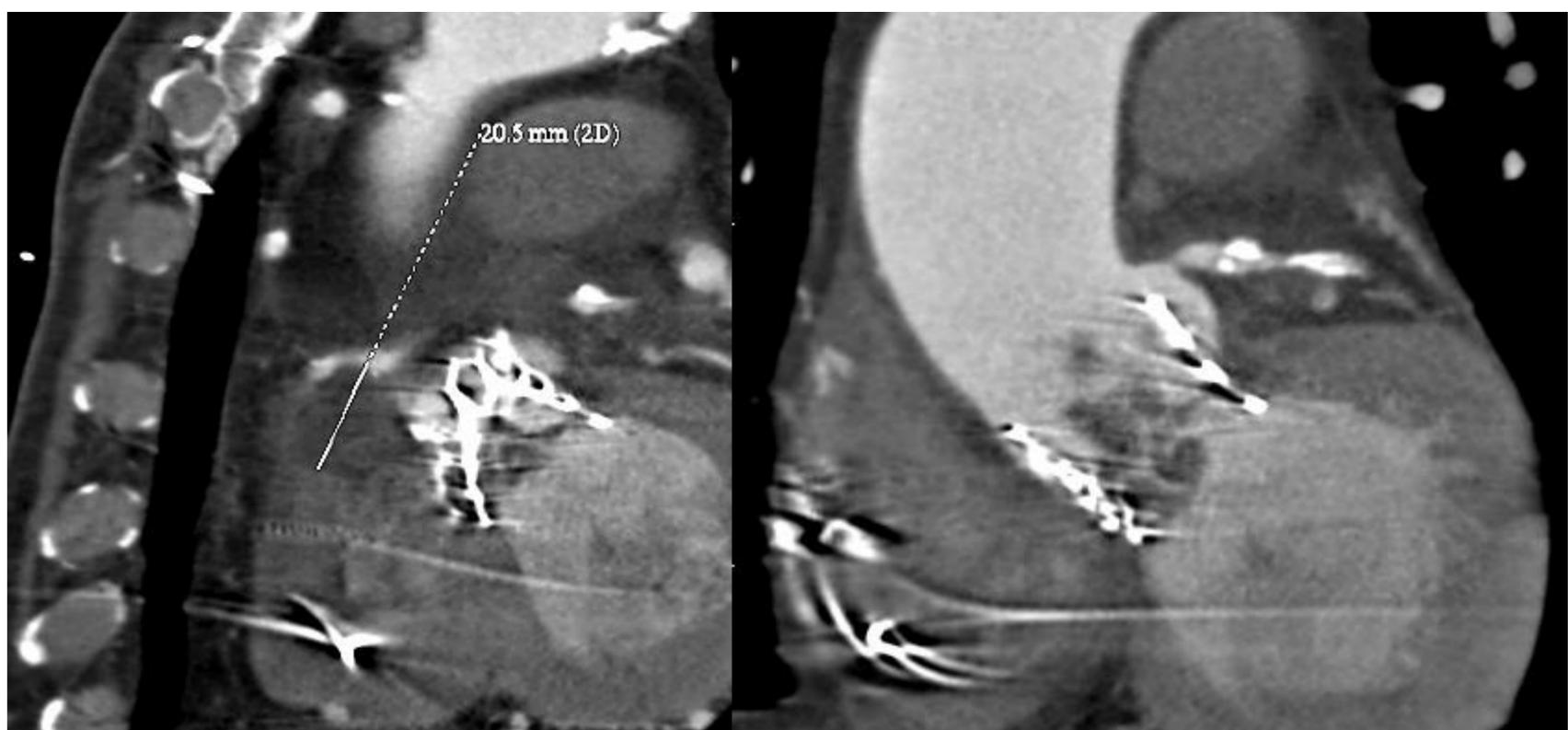
Los ECV en los primeros 10 días posteriores a TAVI pueden considerarse como una consecuencia directa del procedimiento y generalmente son causados por la embolización de detritus durante la manipulación de los dispositivos.

Otra posibilidad que también hay que tener muy en cuenta, son los embolismos sépticos debido a endocarditis, cuya aparición puede ser precoz o tardía, pudiendo producir aneurismas micóticos. En estos casos, la ecocardiografía suele ser la primera técnica diagnóstica utilizada (**figura 5, 6, 7**)[1,3]

**Figura 5. Ecocardiografía transtorácica.** Imagen anecoica en anillo protésico anterior, adyacente al seno aórtico derecho e izquierdo, de 40x20 mm, sin flujo en su interior sugestivos de absceso. Asimismo, imagen hiperecogénica, móvil, adyacente a pared septal de AD

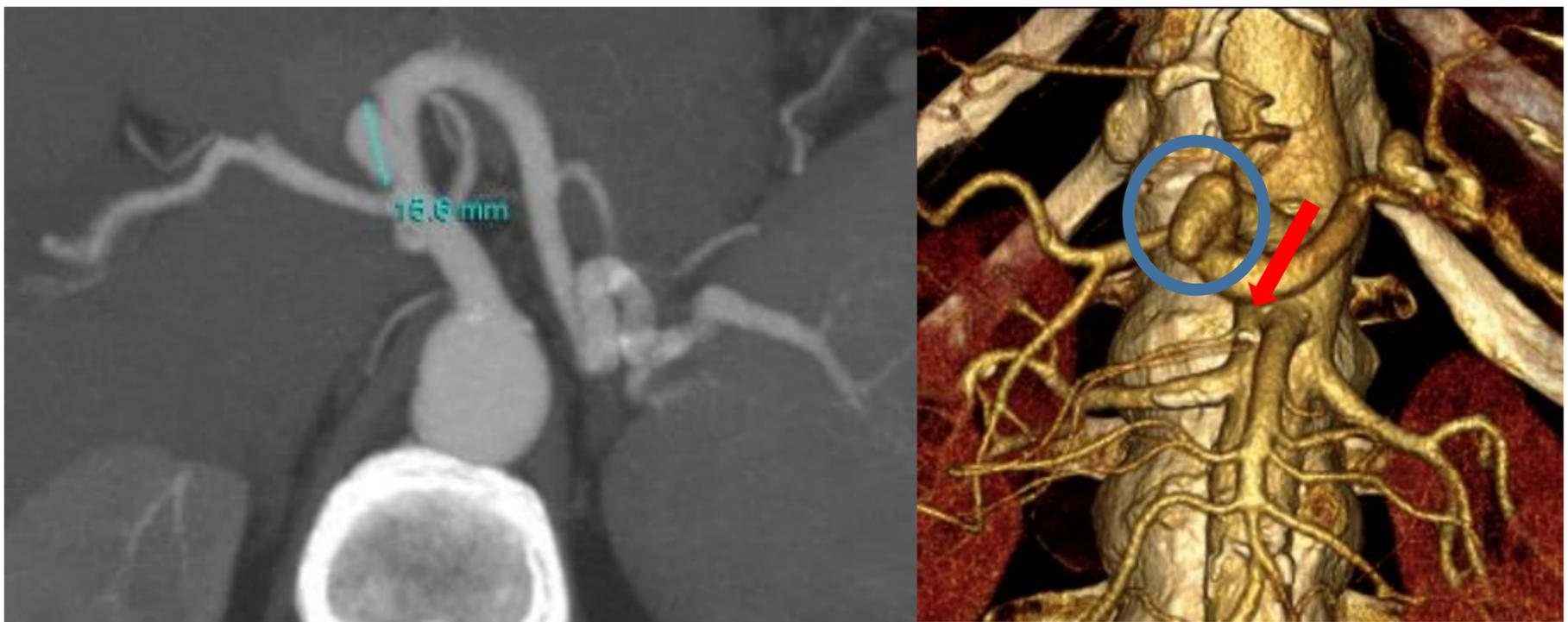


**Figura 6. Mismo paciente. TCMD con reconstrucciones MPR.** Se definen con una mayor resolución los múltiples abscesos periprotésicos, en forma de pequeñas hipodensidades que se extienden hasta los límites del tracto de salida del ventrículo izquierdo. Absceso de 22mm, justo por debajo del ostium coronario derecho.

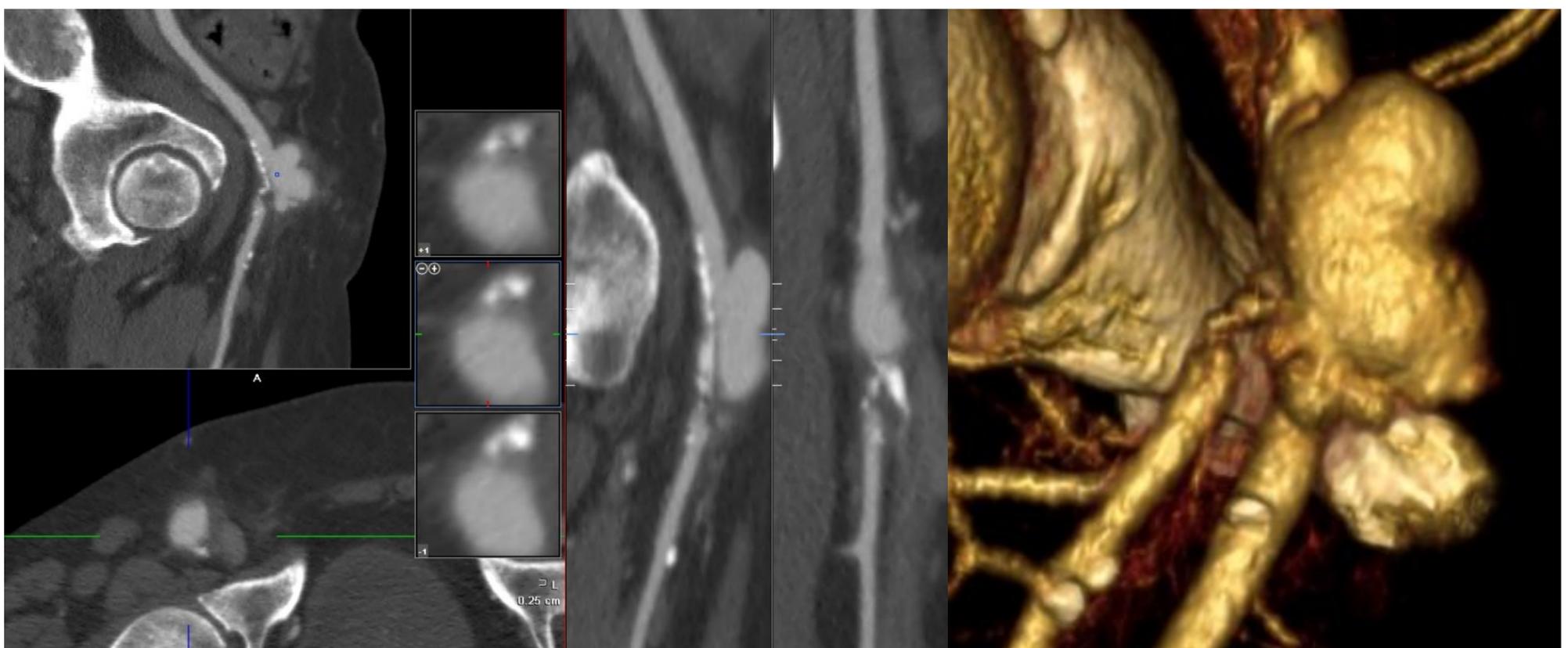


**Figura 7. Mismo paciente. TCMD con reconstrucciones vasculares y VR.** Bifurcación del tronco celiaco con dilatación sacular de 16 mm de diámetro que presenta cuello corto y estrecho, de unos 3 mm de longitud y diámetro (círculo).

Arteria renal accesoria derecha con origen craneal al de la arteria renal principal ipsilateral (flecha).

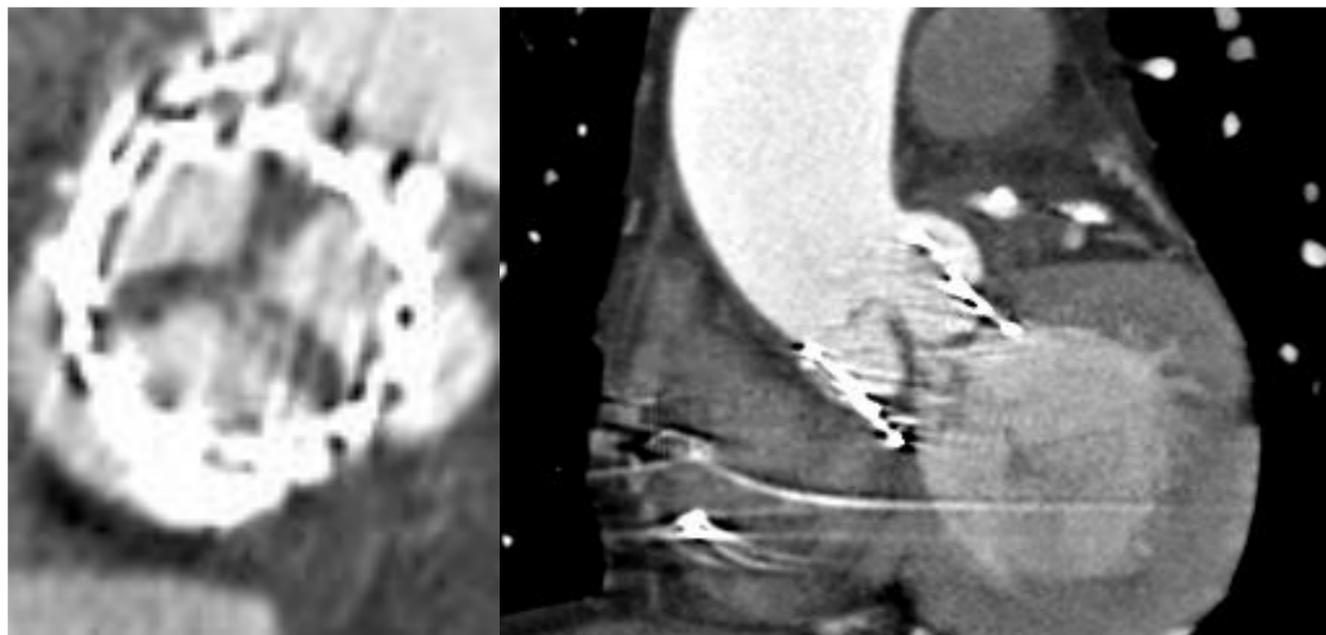


Arteria femoral común con aneurisma sacular de aspecto micótico que presenta contornos lobulados, engrosamiento circunferencial de su pared y reticulación de la grasa contigua.



## 4. Trombosis valvular

La trombosis de los velos abarca un espectro que va desde la trombosis subclínica, con o sin gradientes valvulares ligeramente aumentados hasta la trombosis valvular clínica con elevación significativa de los gradientes y/o insuficiencia cardíaca. [3] La trombosis de las valvas se diagnostica mediante TC con contraste cuando son visibles áreas de baja atenuación  $\geq 3$  mm (lateral y longitudinal) en la cara aórtica de las valvas (**figura 8**). [1, 5]



**Figura 8. TCMD.** El engrosamiento de una o más valvas es patológico cuando se ve en por lo menos en dos planos y por lo menos en dos fases y se puede asociar pero no necesariamente con hipocinesia.

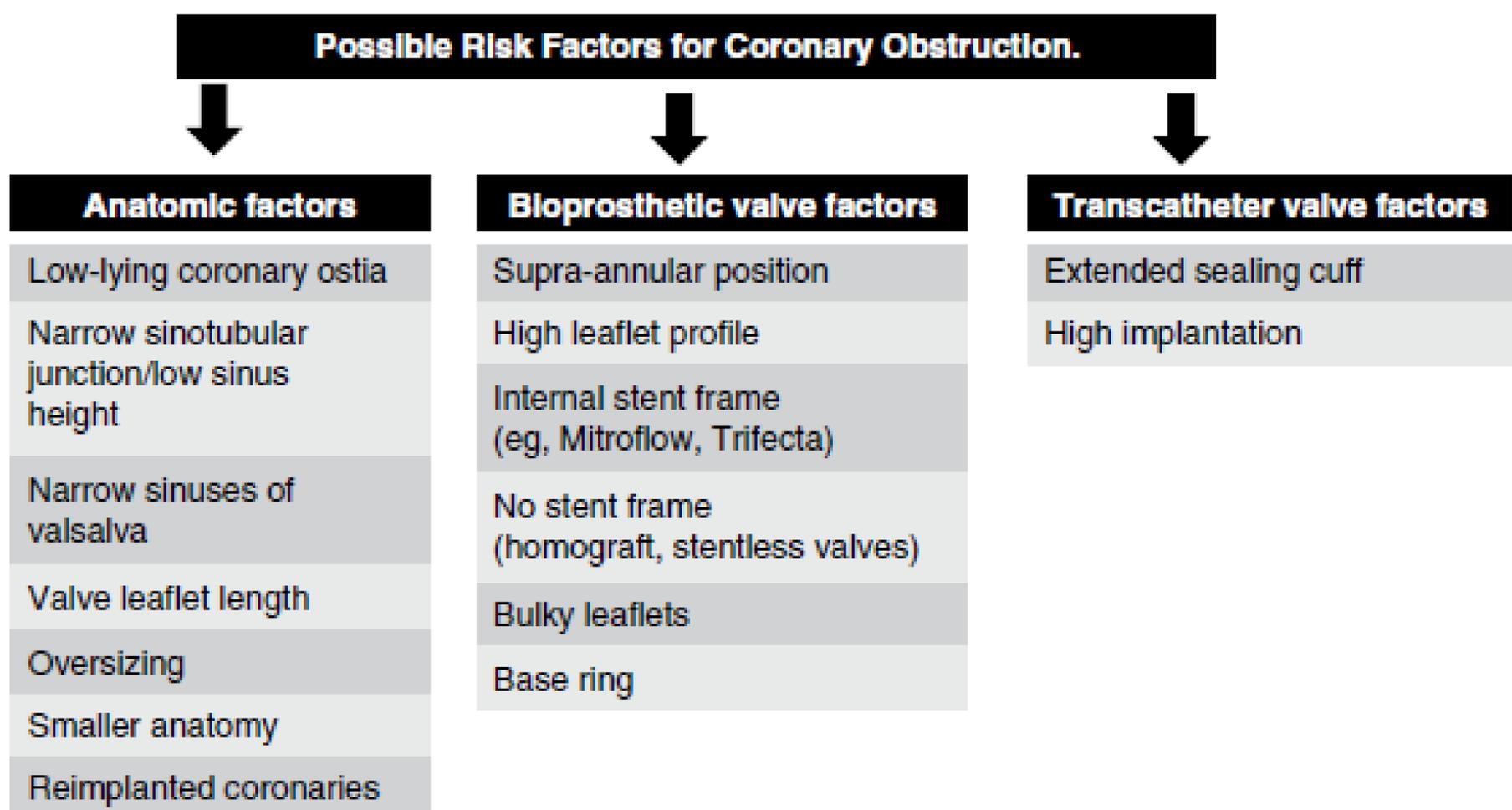
Los protocolos diagnóstico varían según el centro y el fabricante. Por lo general, las imágenes se adquieren a lo largo del intervalo RR (adquisición retrospectiva) utilizando un espesor de corte máximo de 0,6mm. Se puede utilizar un volumen más bajo de contraste en comparación con la TC pre-TAVI. Algunos factores de riesgo: diámetros de válvula grandes ( $> 28$  mm) por menor velocidad transvalvular, válvulas con globo expandible, IMC  $> 30$  kg/m y pacientes con un solo antiagregante. [1,5]

## 5. Obstrucción coronaria

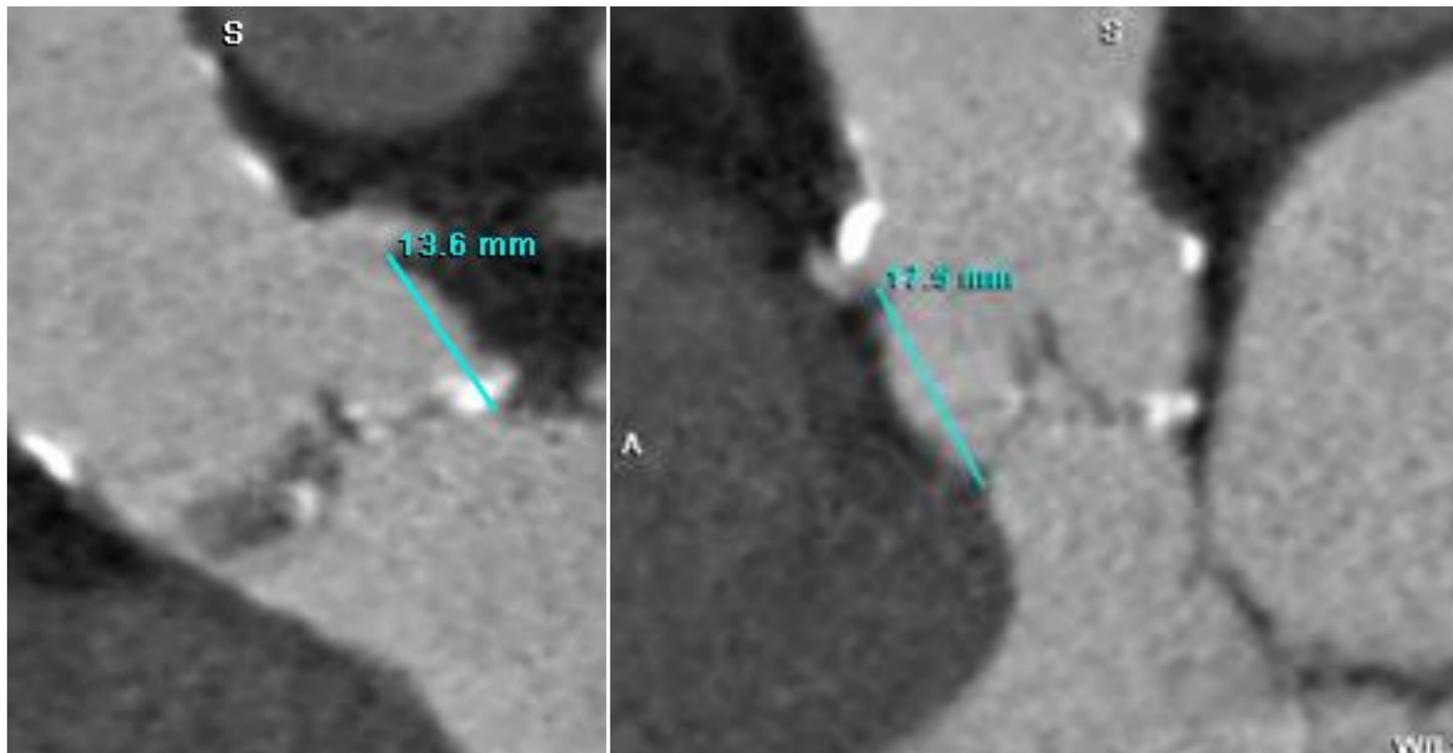
Se define como una nueva obstrucción parcial o completa de un ostium coronario, durante o después de un procedimiento TAVI, causada por el desplazamiento de la válvula nativa calcificada o por el velo protésico hacia el ostium coronario. Su incidencia aproximada es <1%, variando del 0% al 4,1% en las distintas series. [1,3,7]

Se han descritos factores de riesgo anatómicos, siendo una baja altura de los ostium coronarios,  $\leq 12$  mm, uno de los principales factores asociados a esta complicación (**figura 9**). [1,7]

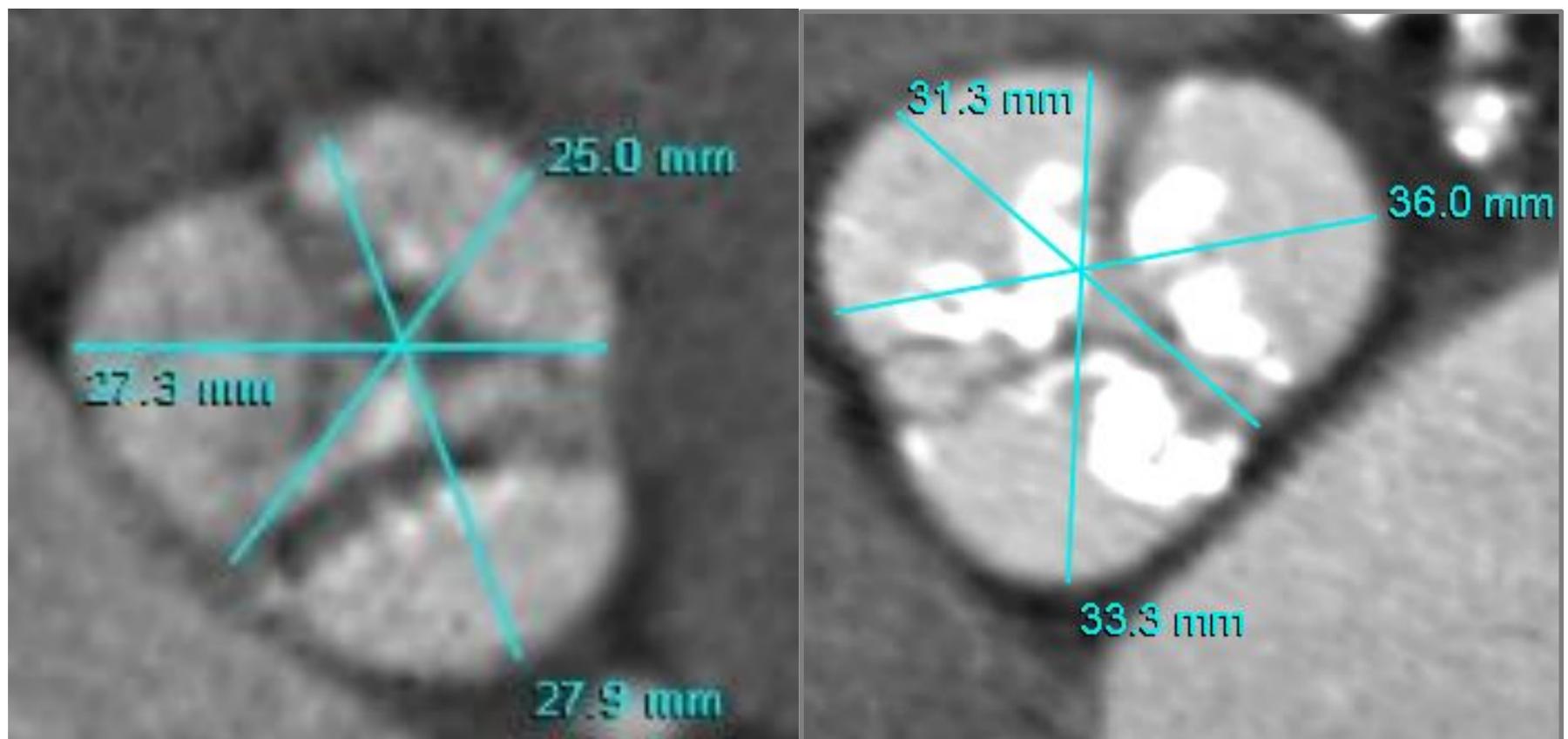
Otros factores de riesgo son: una raíz aórtica estrecha que deja poco espacio para acomodar las valvas aórticas y un diámetro del seno de valsalva aórtico de <30 mm (**figura 10**). [1,7]



A continuación mostramos varios ejemplos de pacientes con valores normales vs valores de riesgo:



**Figura 9. TCMD con reconstrucciones MPR.** Ambos pacientes presentan una distancia  $>12$  mm



**Figura 10. TCMD con reconstrucciones MPR.** A la izquierda presentamos un paciente con un diámetro del seno de Valsalva aórtico  $<30$  mm mientras que a la derecha vemos un paciente con un diámetro normal.

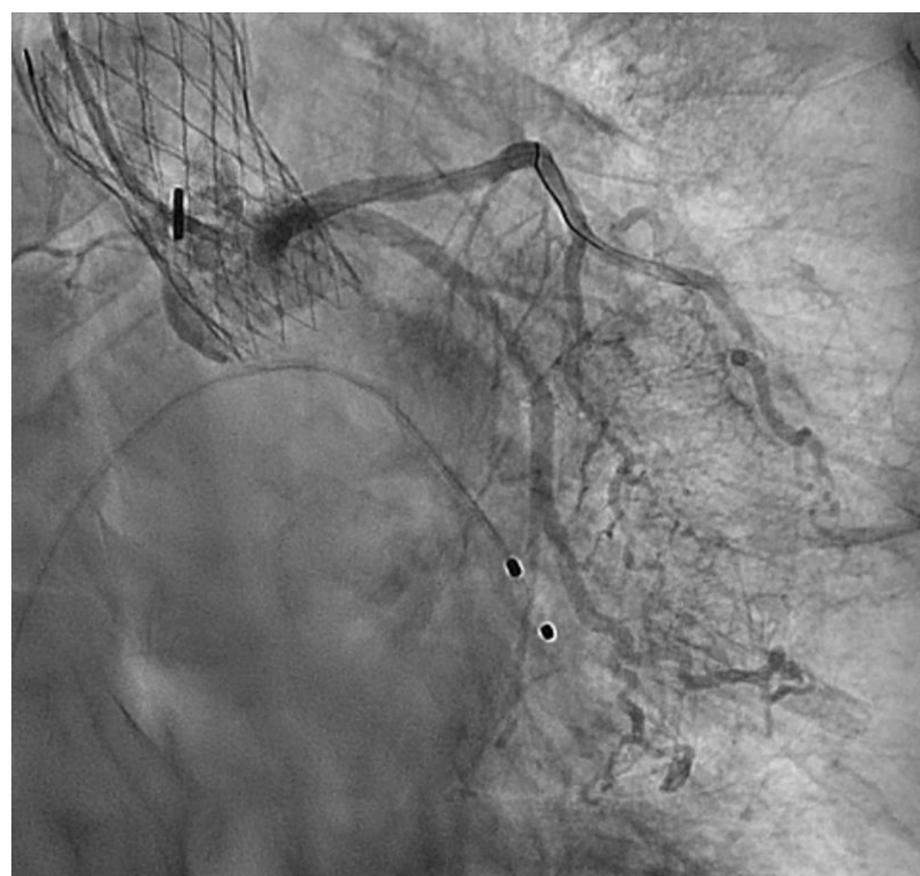
**Figura 11. Imágenes de un procedimiento TAVI con oclusión aguda del TCI y colocación de stent en el mismo procedimiento.**



Permeabilidad post-implante



Oclusión aguda de TCI



Stent TCI

## 6. Rotura anular y perforación ventricular

### 6.1. Rotura anular

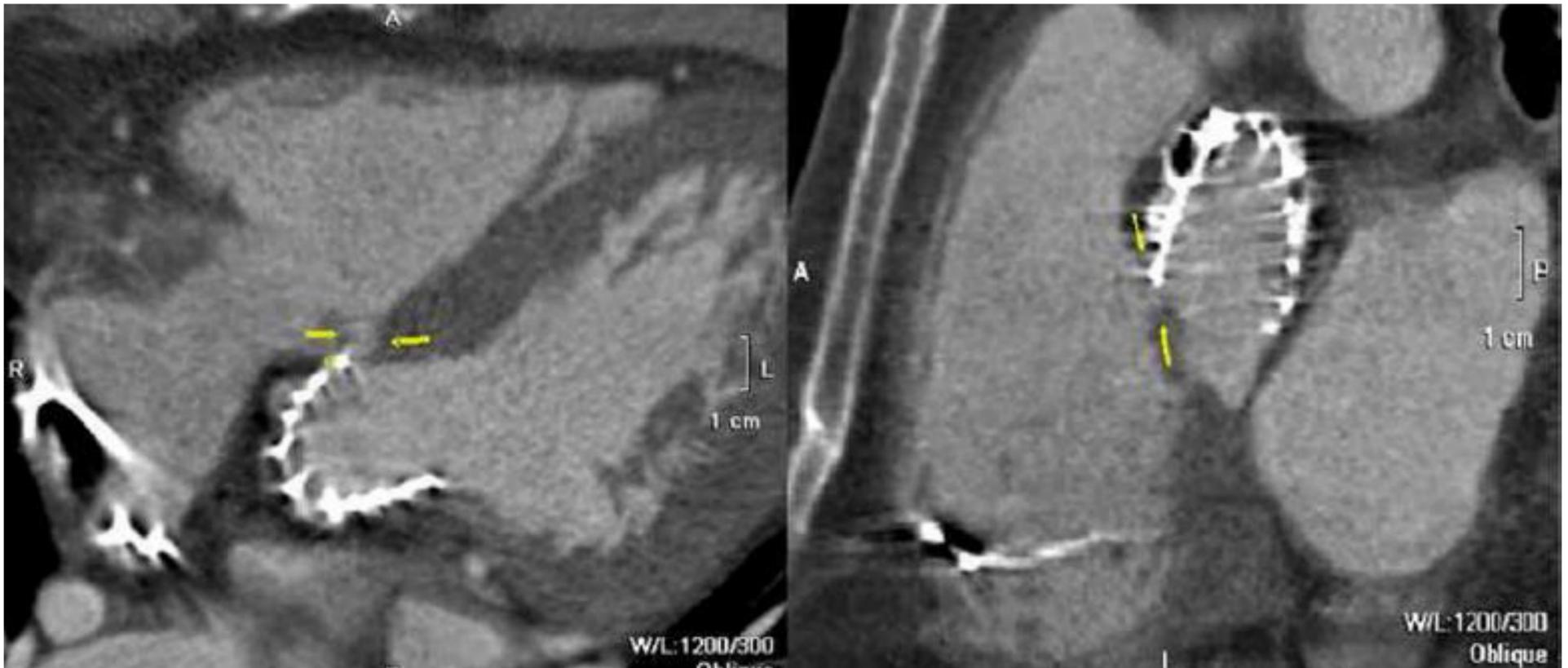
La rotura anular es una lesión que puede ocurrir en la región de la raíz aórtica y/o en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI), con una incidencia aproximadamente el 0,5-1%. [1,2,8,9]

Existen características anatómicas que pueden aumentar el riesgo de lesión de la raíz aórtica y/o del TSVI. El volumen y la distribución del calcio tienen un papel muy importante y puede ser cuantificado en la TCMD mediante el índice de Agatston. En concreto, la presencia de calcificación moderada a severa en la región que va desde el anillo aórtico hasta 2 mm en el VI, especialmente debajo de la cúspide no coronaria (también llamada calcio subanular) es el predictor más importante de lesión de la raíz aórtica. [1,2,8,9]

Otras características anatómicas que deben evaluarse cuidadosamente para prevenir la ruptura aórtica durante TAVI son: tamaños anulares más pequeños, dimensiones del TSVI y del seno de Valsalva e hipertrofia subvalvular asimétrica severa y global. [1,2,8,9]

Los factores de riesgo, las secuelas clínicas y el manejo siempre dependen del sitio involucrado. Hay 3 sitios anatómicos de rotura anular: intraanular, subanular y supraanular. [1,2,9]

1. La rotura **intraanular** es una pequeña ruptura que a menudo ocurre en el anillo nativo calcificado y se identifica como una pequeña extravasación de contraste durante la angiografía al final del procedimiento TAVI. [1,2,9]
2. La lesión **subanular** se puede clasificar en cuatro tipos: lesión de la pared miocárdica libre del VI, lesión de la valva anterior de la válvula mitral (AML), lesión del tabique interventricular y defecto de Gerbode iatrogénico. [1,2,9]
  - La rotura a través de la pared miocárdica libre del VI se localiza en el TSVI, por debajo del seno de Valsalva coronario izquierdo. Puede presentarse de diversas formas: casi siempre en forma de hematoma o sangrado que se observa en la base del VI, cerca de la orejuela izquierda. [1,2,9]
  - La ruptura de la conjunción fibrosa entre el seno de Valsalva no coronario y la AML da como resultado una gran derivación desde el TSVI hacia la aurícula izquierda con alteraciones de la conducción. [1,2,9]
  - La lesión del tabique interventricular puede causar trastornos de la conducción, hematoma y/o fístula en el tabique. Pueden ser la causa de la insuficiencia cardíaca. **(figura 12)** [1,2,9]
3. La lesión **supraanular** engloba la lesión del seno de Valsalva, la lesión del ostium de la arteria coronaria y la lesión de la unión sinotubular. Puede manifestarse como un hematoma periaórtico y/o una disección localizada. Una raíz aórtica estrecha y calcificada junto con calcificación de la unión sinotubular y la cúspide son los principales factores de riesgo de ruptura supraanular. [1,2,9]



**Figura 12. Reconstrucciones MPR oblicuas de TCMD.** Fina comunicación a nivel anular entre la raíz aórtica y el ventrículo derecho, justo por debajo del seno coronario derecho (flecha amarilla). En la imagen inferior se demuestra la presencia de un defecto subanular en el septo interventricular.



Imágenes de nuestro hospital, publicadas en la revista Radiología. Dieste Grañena I, Guillén Subirán ME, Ferrer Gracia MC, Angulo Hervías E. Rotura de raíz aórtica con formación de shunt intracardiaco secundaria a implante valvular aórtico transcáteter. Radiología. 2019 Jul;61(4):341-4.

## 6.2. Perforación ventricular

Los eventos graves y potencialmente mortales, como la perforación ventricular, continúan ocurriendo con una incidencia entorno al 1%. En particular, perforación del lado izquierdo puede provocar un compromiso hemodinámico inmediato con una mortalidad general asociada de hasta el 75 %. [1,9]

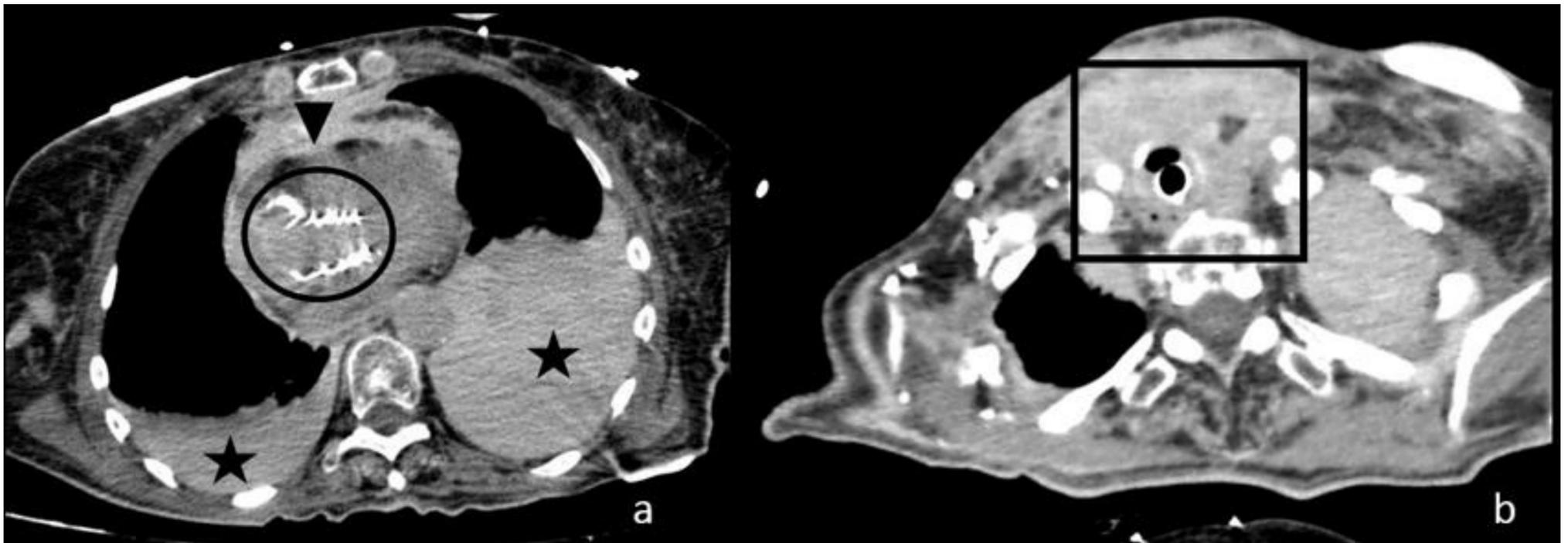
La cavidad del VI tiene forma elíptica y está compuesta por el tracto de salida del ventrículo izquierdo y la cavidad del VI, siendo el diámetro máximo en la porción media. [1,9]

El principal factor de riesgo es el diámetro del ventrículo medio, que normalmente debe estar entre 42 y 59 mm en los hombres y entre 39 y 53 mm en las mujeres. Además, el grosor muscular normal del VI en la porción media está entre 6 y 10 mm. [1]

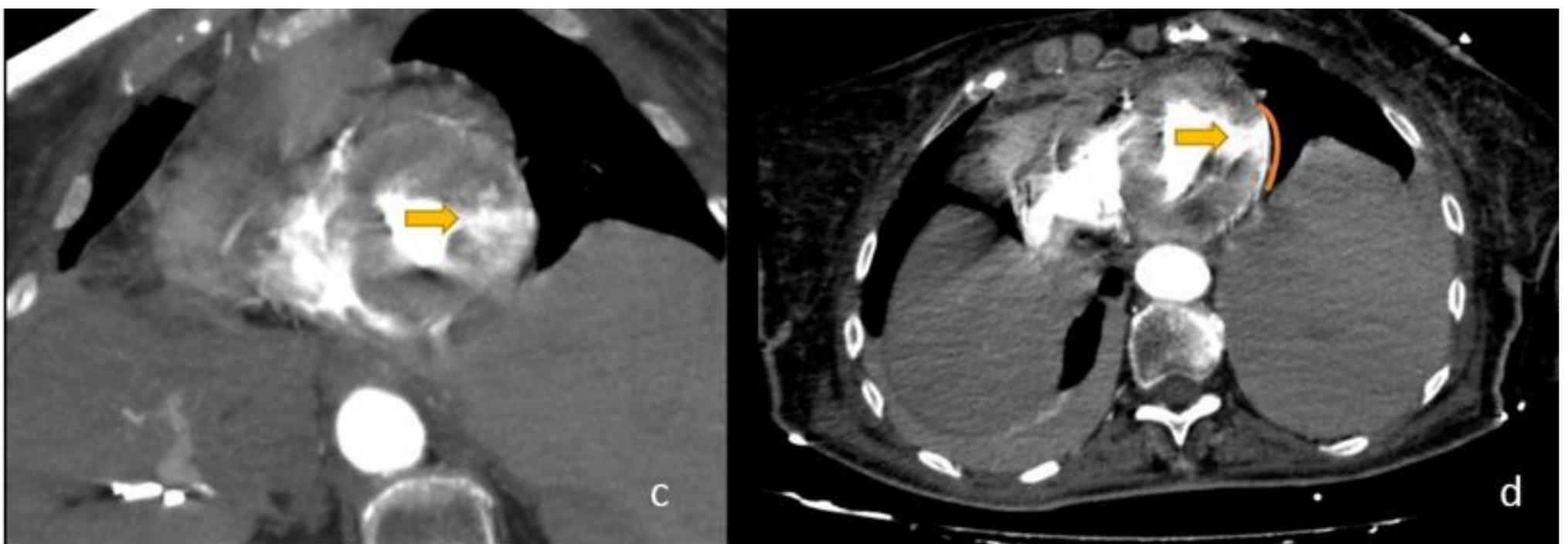
Otro aspecto anatómico es el ángulo aorto-mitral (menor ángulo aumenta el riesgo) y la angulación entre la raíz aórtica, la aorta ascendente y el VI. La TAVI realizada en pacientes con una “aorta horizontal” (definida como un ángulo entre el plano horizontal y el plano del anillo aórtico de más de 70°), puede requerir el uso de guías más rígidas.[1,2,9]

En la siguiente diapositiva mostramos un caso de rotura ventricular (**figura 13**) con desenlace fatídico.

**Figura 13. TCMD. Imagen A sin contraste, B en fase arterial, C eje corto y D corte axial.**



Se observa hemopericardio (cabeza de flecha), hemotórax bilateral de predominio izquierdo (estrella), hemomediastino que se extiende hasta nivel cervical (cuadrado). Válvula protésica correctamente colocada (círculo).



Solución de continuidad en el espesor miocárdico en el segmento apical lateral del ventrículo izquierdo (flecha amarilla) y extravasado de contraste delineando el epicardio (línea naranja).

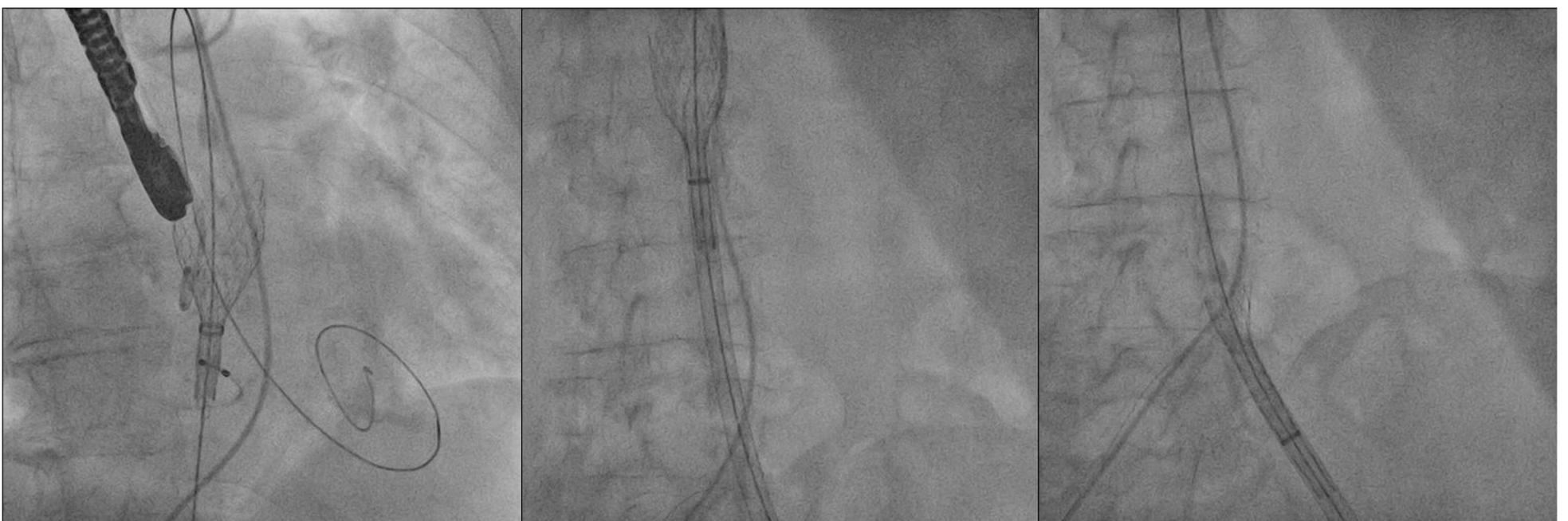
## 7. Migración y fugas valvulares

### 7.1. Migración valvular

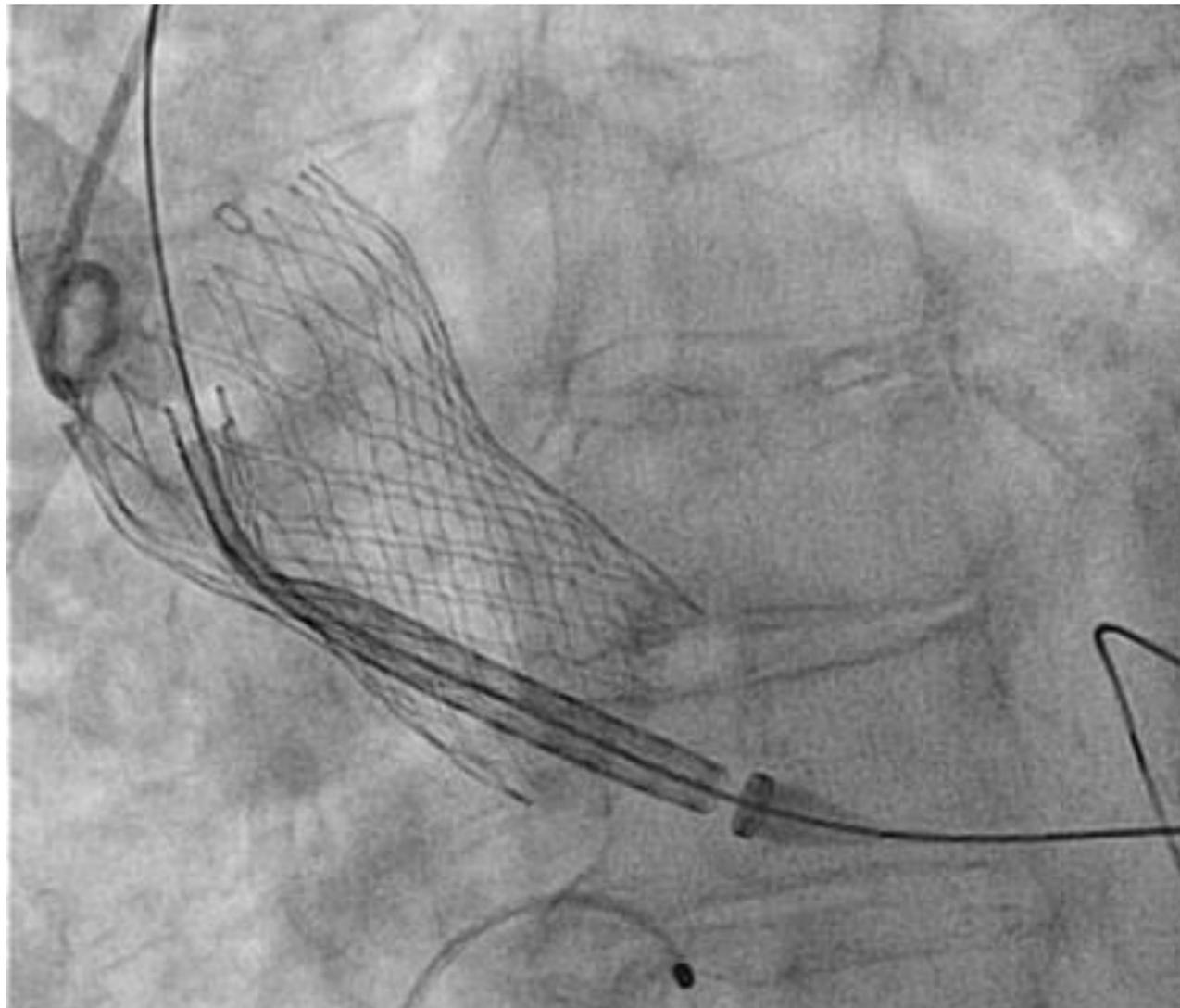
La migración valvular es una complicación rara que puede ocurrir tanto durante como después de la TAVI. El VARC-3 define la migración valvular como la pérdida de contacto con el anillo aórtico de una válvula cardíaca durante o después del despliegue (**figura 14**). [3].

La distribución de los casos de VM que ocurren de forma retrógrada (desde el anillo aórtico hacia el ventrículo izquierdo) o anterógrada (hacia la aorta ascendente) es prácticamente igual, aproximadamente de 1,3%. [1]

**Figura 14. Control fluoroscópico procedimiento TAVI.** Se trata de un caso en el que la prótesis se desplazó a la aorta ascendente cuando estaba parcialmente desplegada, con otra parte enfundada y unida al catéter de liberación. La prótesis se reenfundó en el catéter de liberación, se comprobó que estuviera en buen estado y se reintentó su implante posteriormente.



Así mismo, se han documentado casos en los que ha sido necesario implantar una segunda prótesis en el mismo procedimiento porque la primera quedó en posición baja o demasiado alta (**figura 15**). [1]



**Figura 15. Control fluoroscópico del implante de una segunda prótesis intraprocedimiento por posición inadecuada de la primera.**

## 7.2. Fugas paravalvulares

La incidencia de fugas paravalvulares ha caído hasta aproximadamente un 3% gracias a la mejora del procedimiento TAVI y el uso de TCMD previo a la implantación. Existen múltiples factores de riesgo, tanto anatómicos como durante y después de la TAVI, entre ellos destacamos [1,10]:

- **Tamaño y forma del anillo fibroso:** una adecuada medición es esencial para evitar la falta de “mismatch” protésico.
- **Calcio valvular y del TSVI:** Se requiere una cierta cantidad de calcio en la válvula aórtica nativa para asegurar el anclaje dentro de la raíz aórtica. Una puntuación en el índice de Agatston <2359 AU es un predictor independiente de fallo en el anclaje de la válvula. Sin embargo, la presencia de calcio excesivo y la asimetría de la distribución pueden impedir el posicionamiento adecuado (ejemplo en **figura 16** y **figura 17**).

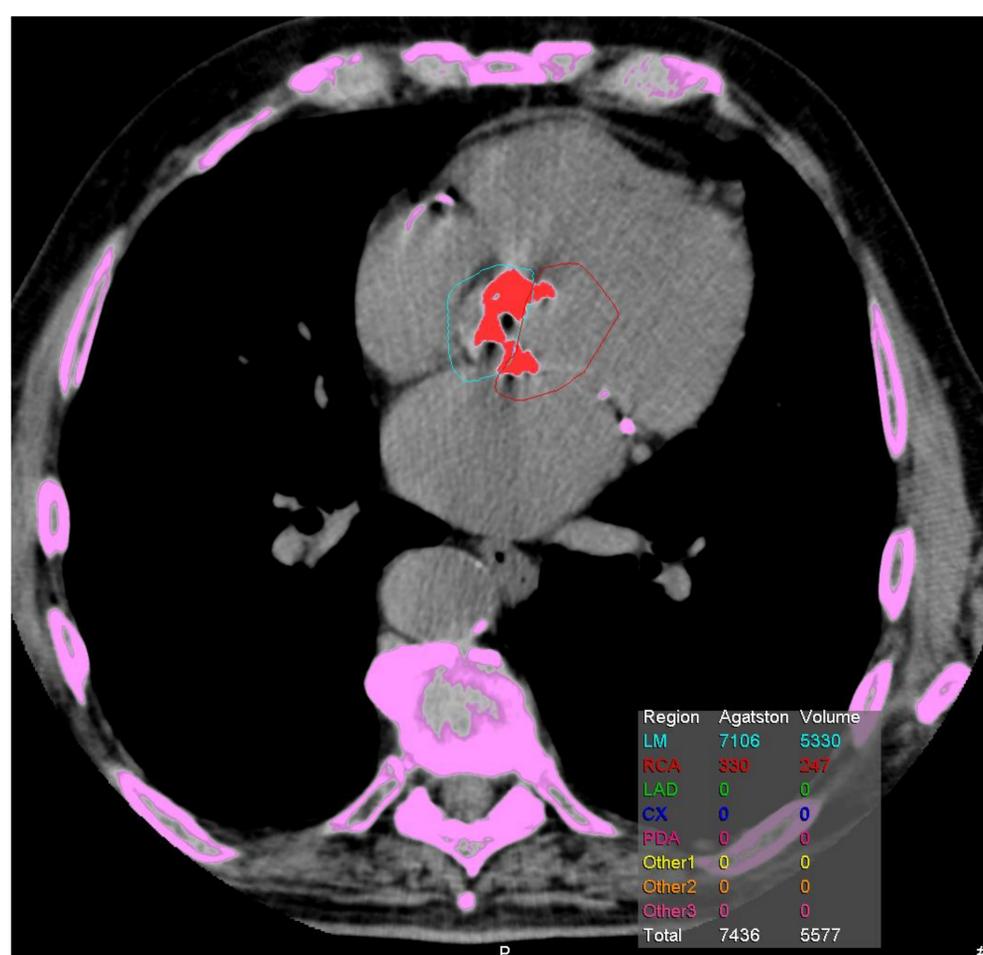
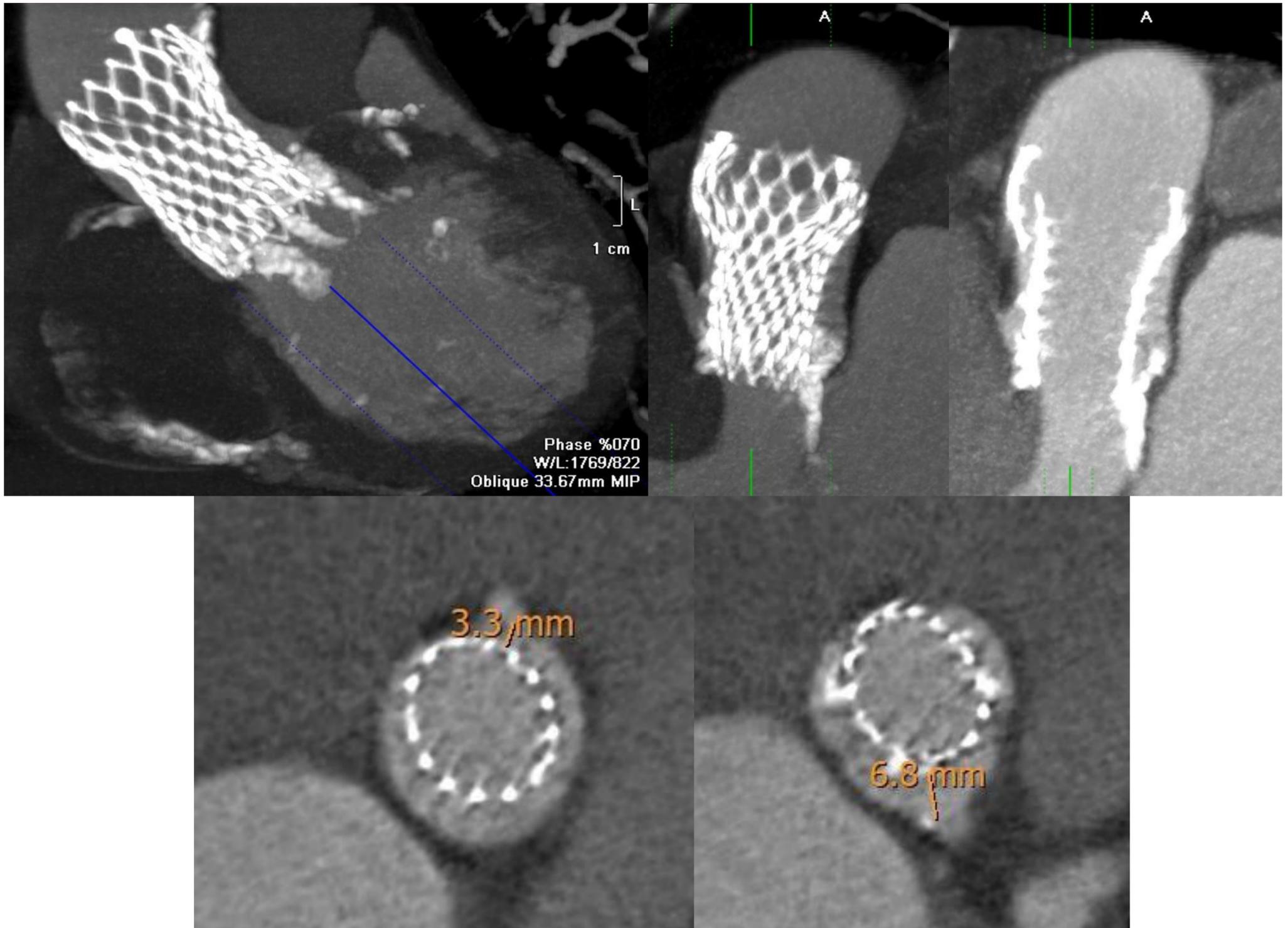


Figura 16. Ejemplo de índice de Agatston



### Figura 17. TCMR con reconstrucciones MPR oblicuas y MIP.

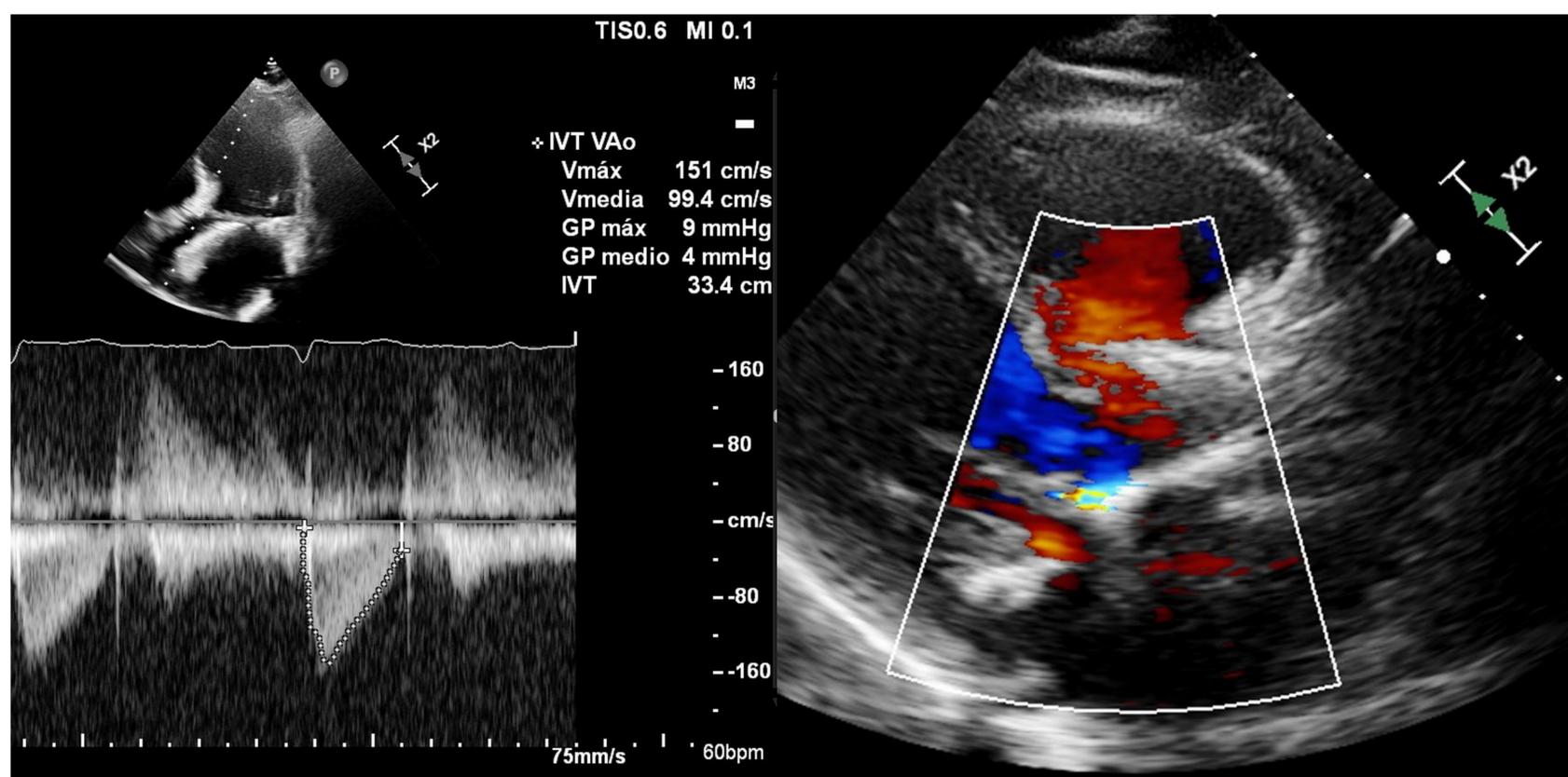
Presencia de abundante calcio anular/subanular que condiciona coaptación incompleta del anclaje proximal de la endoprótesis con la pared y presencia de contraste entre la endoprótesis y la pared a ese nivel por posible fuga periprotésica.

Celdillas centrales de la endoprótesis a unos 7 mm de distancia del ostium del tronco coronario izquierdo y a unos 3 mm del ostium de la arteria coronaria derecha.

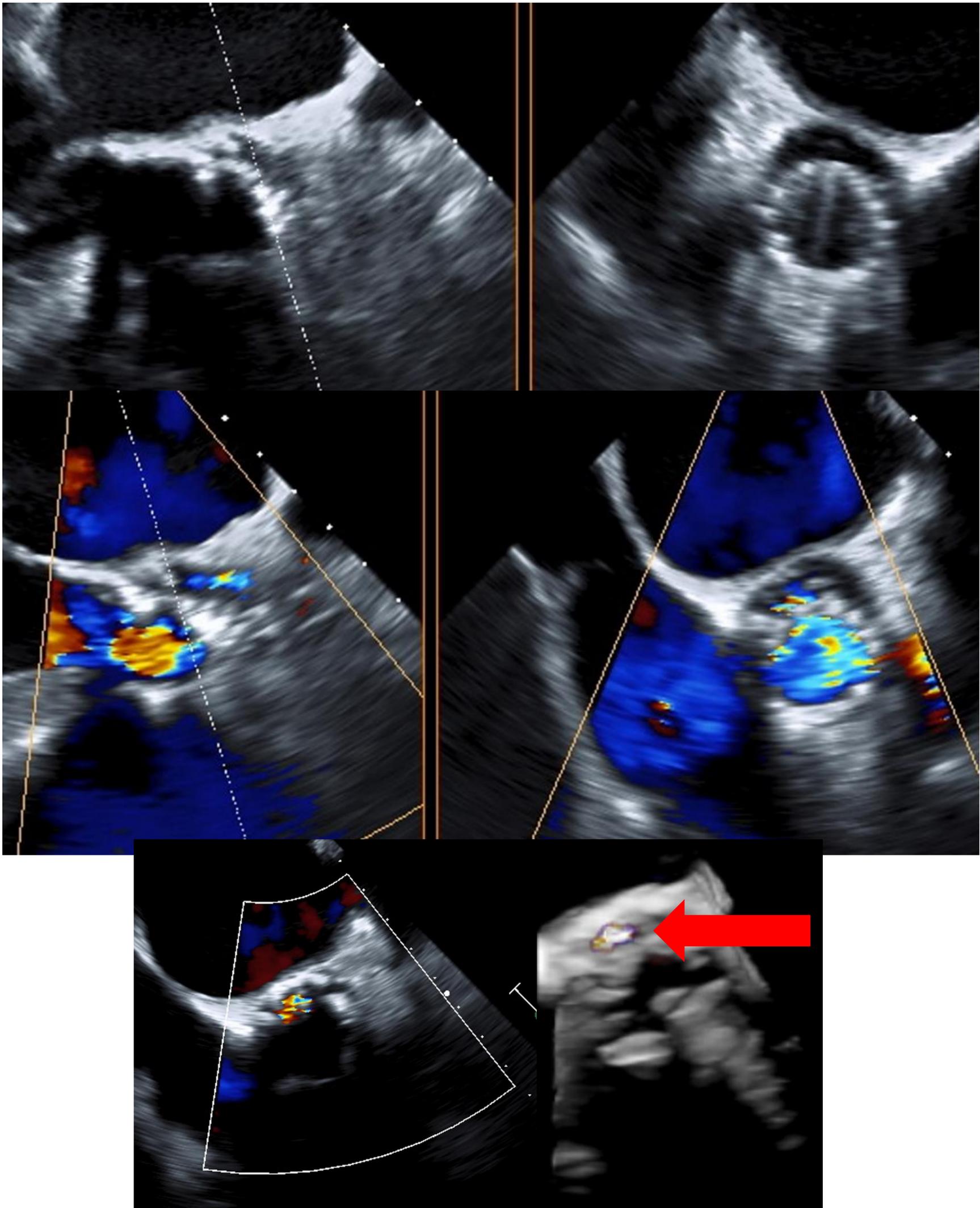
## Otros factores de riesgo son: [1,10]

- **Válvula aórtica bicúspide:** la incidencia es mayor en este fenotipo, aunque esto no parece atribuirse a la forma anatómica del anillo (menos elíptico y más grande que los anillos tricúspides), sino al sellado incompleto debido a la gran calcificación y la distribución asimétrica de estas calcificaciones, que son más comunes en los pacientes con este fenotipo.
- **Angulación aórtica:** una aorta “horizontal”, con una gran angulación entre el anillo aórtico y el plano transversal, aumenta de forma independiente el riesgo de fuga paravalvular.

Los hallazgos radiológicos en el TCMD dependerán del tamaño del orificio de la fuga y de la fuga en sí misma, pudiendo ser inapreciable con esta técnica y únicamente visible en la ecocardiografía transesofágica.



**Figura 18. Ecocardiografía transtorácica.** Insuficiencia aórtica severa. En la imagen de la izquierda se visualiza regurgitación durante la diástole cardíaca en la onda, y en la imagen de la derecha se intuye el flujo turbulento. Se sospecha fuga paravalvular.



**Figura 19. Ecocardiografía transesofágica. Cortes transversales y longitudinales a nivel de la prótesis al mismo nivel, con y sin Doppler color. Se visualiza un área hipoecoica perivascular, localizándose aproximadamente a las 11h un fuga milimétrica en el estudio con Doppler, representada en la reconstrucción 3D por una flecha.**

## Conclusiones:

1. El procedimiento TAVI es actualmente la alternativa al recambio valvular quirúrgico en pacientes inoperables o con alto riesgo quirúrgico.
2. Este procedimiento no está exento de complicaciones y éstas han sido descritas por un grupo de expertos, recogidas en los criterios VARC, con reciente actualización en el 2021 (VARC-3).
3. Los nuevos dispositivos junto con la mejora técnica, la experiencia del operador y las imágenes del TC multimodal (TCMD), han aumentado la precisión, minimizando el riesgo de la mayoría de los eventos adversos.
4. La TCMD desempeña un papel esencial, tanto en la selección de los pacientes idóneos para el procedimiento como en la rápida detección de las posibles complicaciones derivadas del mismo.
5. El manejo de estas complicaciones constituye un reto y debe ser discutido por un equipo multidisciplinar.

## Bibliografía:

1. Zimarino M, Waksman R, Amat-Santos I, Corrado Tamburino. A practical guide to prevention and treatment of complications during transcatheter aortic valve implantation. Hoboken, Nj: Wiley-Blackwell; 2021.
2. Pasic M, Unbehaun A, Buz S, Drews T, Hetzer R. Annular Rupture During Transcatheter Aortic Valve Replacement. JACC: Cardiovascular Interventions. 2015 Jan;8(1):1–9.
3. Génereux P, Piazza N, Alu MC, Nazif T, Hahn RT, Pibarot P, et al. Valve Academic Research Consortium 3: updated endpoint definitions for aortic valve clinical research. European Heart Journal. 2021 Apr 19;42(19):1825–57.
4. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, Makkar R, Kodali SK, Russo M, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Balloon-Expandable Valve in Low-Risk Patients. New England Journal of Medicine. 2019 May 2;380(18):1695–705.
5. Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Jilaihawi H, et al. Computed Tomography Imaging in the Context of Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI)/Transcatheter Aortic Valve Replacement (TAVR). JACC: Cardiovascular Imaging. 2019 Jan;12(1):1–24.
6. Mokin M, Zivadinov R, Dwyer MG, Lazar RM, Hopkins LN, Siddiqui AH. Transcatheter aortic valve replacement: perioperative stroke and beyond. Expert Review of Neurotherapeutics. 2016 Nov 7;17(4):327–34.
7. Barbosa Ribeiro H, Nombela–Franco L, Urena M, Mok M, Pasian S, Doyle D, et al. Coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: insights on baseline patients' characteristics, management and clinical outcomes. Journal of the American College of Cardiology. 2013 Mar;61(10):1904.
8. Dieste Grañena I, Guillén Subirán ME, Ferrer Gracia MC, Angulo Hervías E. Rotura de raíz aórtica con formación de shunt intracardíaco secundaria a implante valvular aórtico transcáteter. Radiología. 2019 Jul;61(4):341–4.
9. Barbanti M, Yang T-H, Rodès Cabau J, Tamburino C, Wood DA, Jilaihawi H, et al. Anatomical and Procedural Features Associated With Aortic Root Rupture During Balloon-Expandable Transcatheter Aortic Valve Replacement. Circulation. 2013 Jul 16;128(3):244–53.
10. Willson AB, Webb JG, LaBounty TM, Achenbach S, Moss R, Wheeler M, et al. 3-Dimensional Aortic Annular Assessment by Multidetector Computed Tomography Predicts Moderate or Severe Paravalvular Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Replacement. Journal of the American College of Cardiology. 2012 Apr;59(14):1287–94.