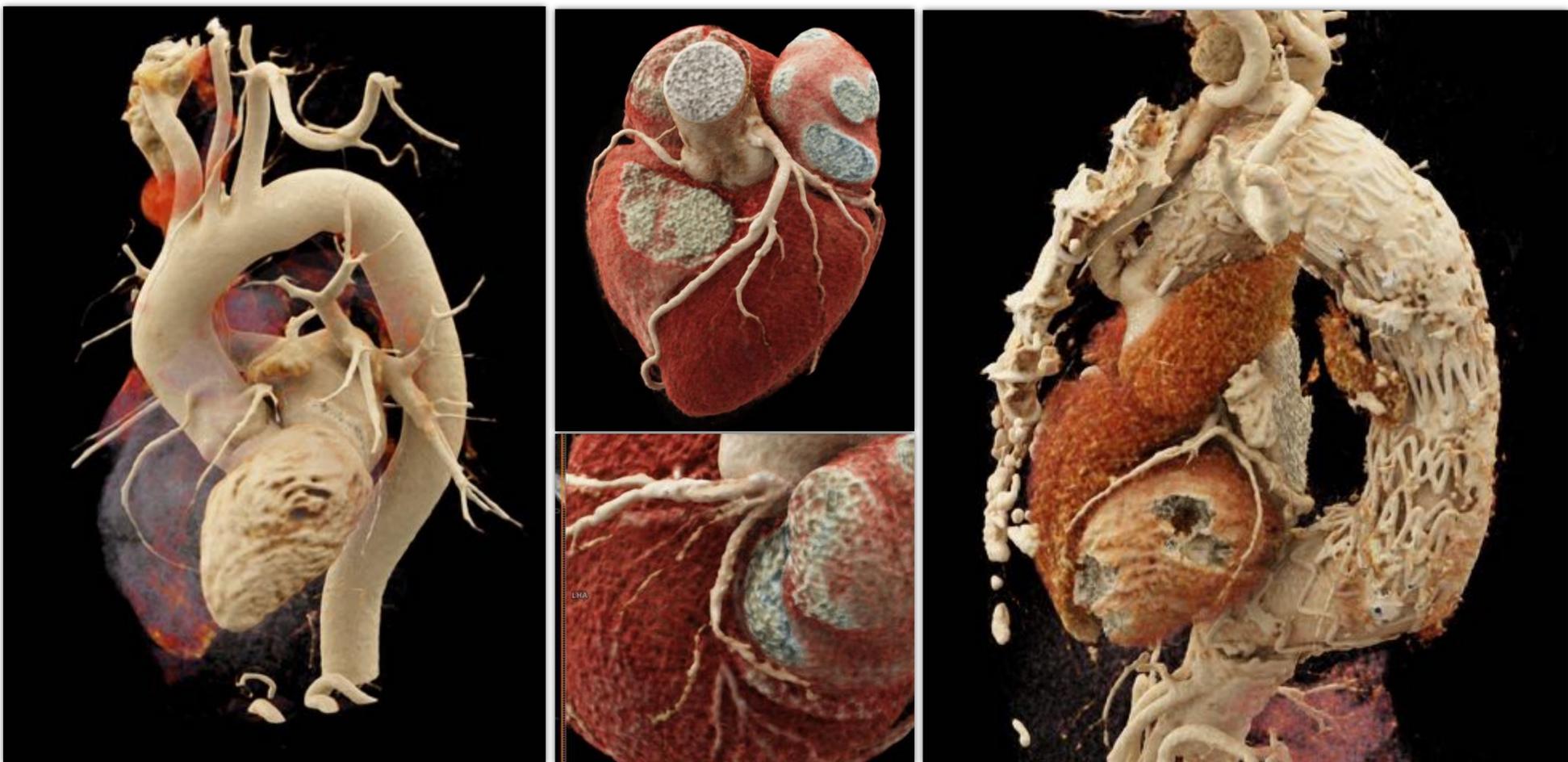


Reconstrucción cinemática:

Un nuevo hito en imagen cardiovascular



Gorka Bastarrika¹, Victor Manuel Vega Suarez², Alberto Paternain¹, Carolina Sobrido Sampredo², Jesús C. Pueyo¹, Alberto Alonso-Burgos²

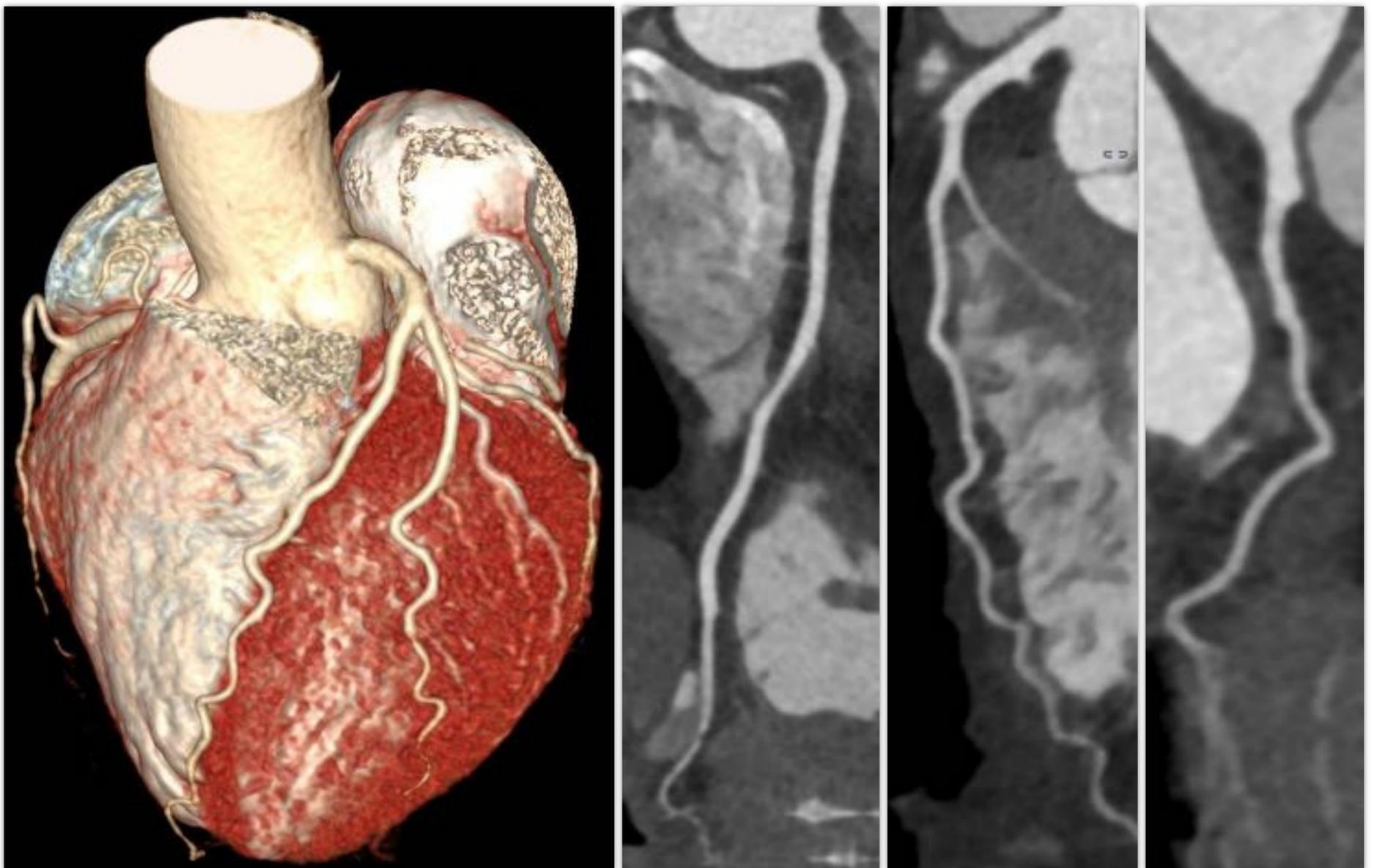
Servicio de Radiología

¹Clínica Universidad de Navarra – Pamplona

²Clínica Universidad de Navarra – Madrid

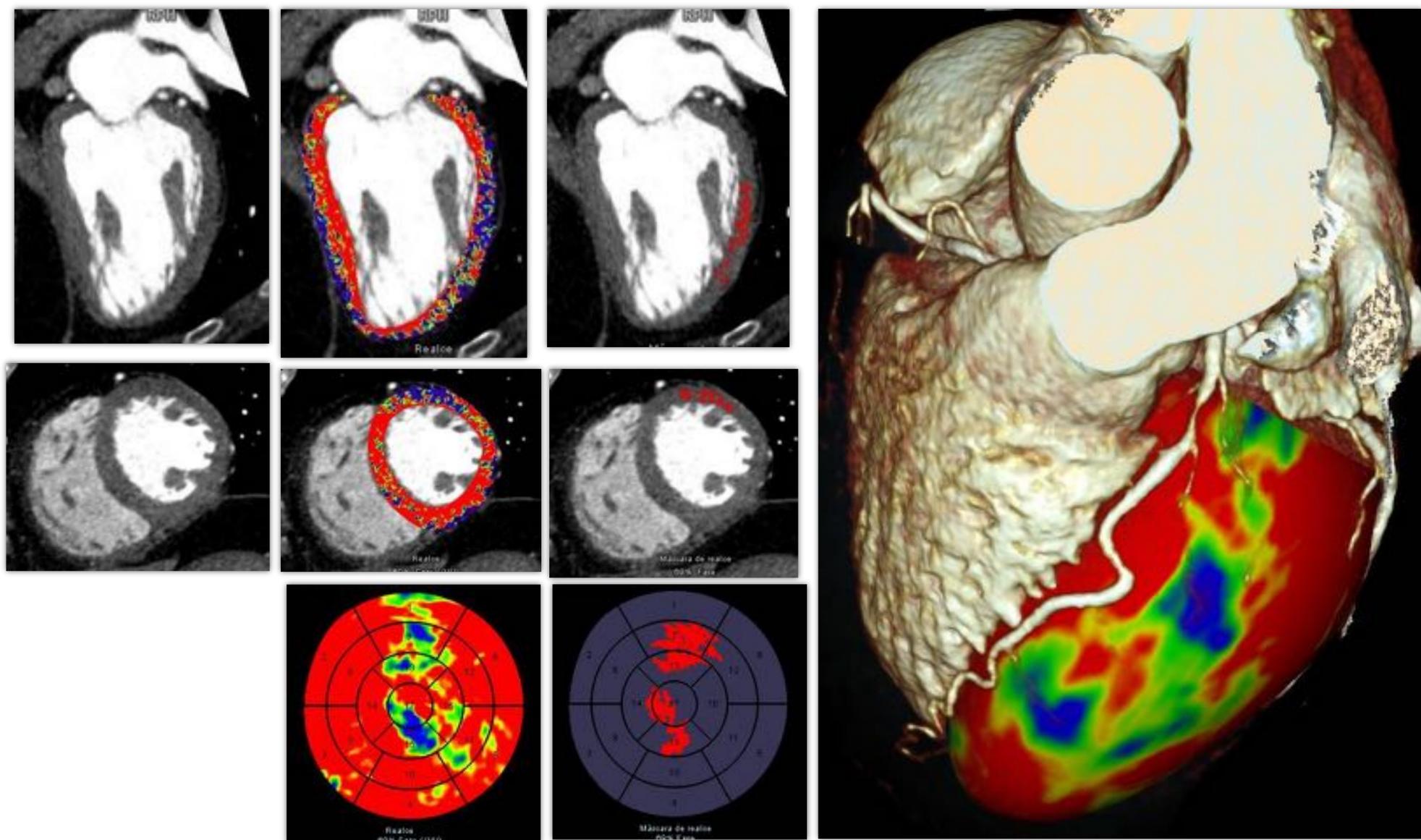
INTRODUCCIÓN

- La tomografía computarizada (TC) es una de las técnicas de imagen que más se ha desarrollado durante estas últimas décadas
- Entre sus aplicaciones clínicas destaca la imagen cardiovascular
 - Visualización y valoración de vasos de muy pequeño calibre como las arterias coronarias y las ramas pulmonares muy distales
 - Estudios cardíacos en menos de un latido
 - Estudios torácicos en menos de un segundo



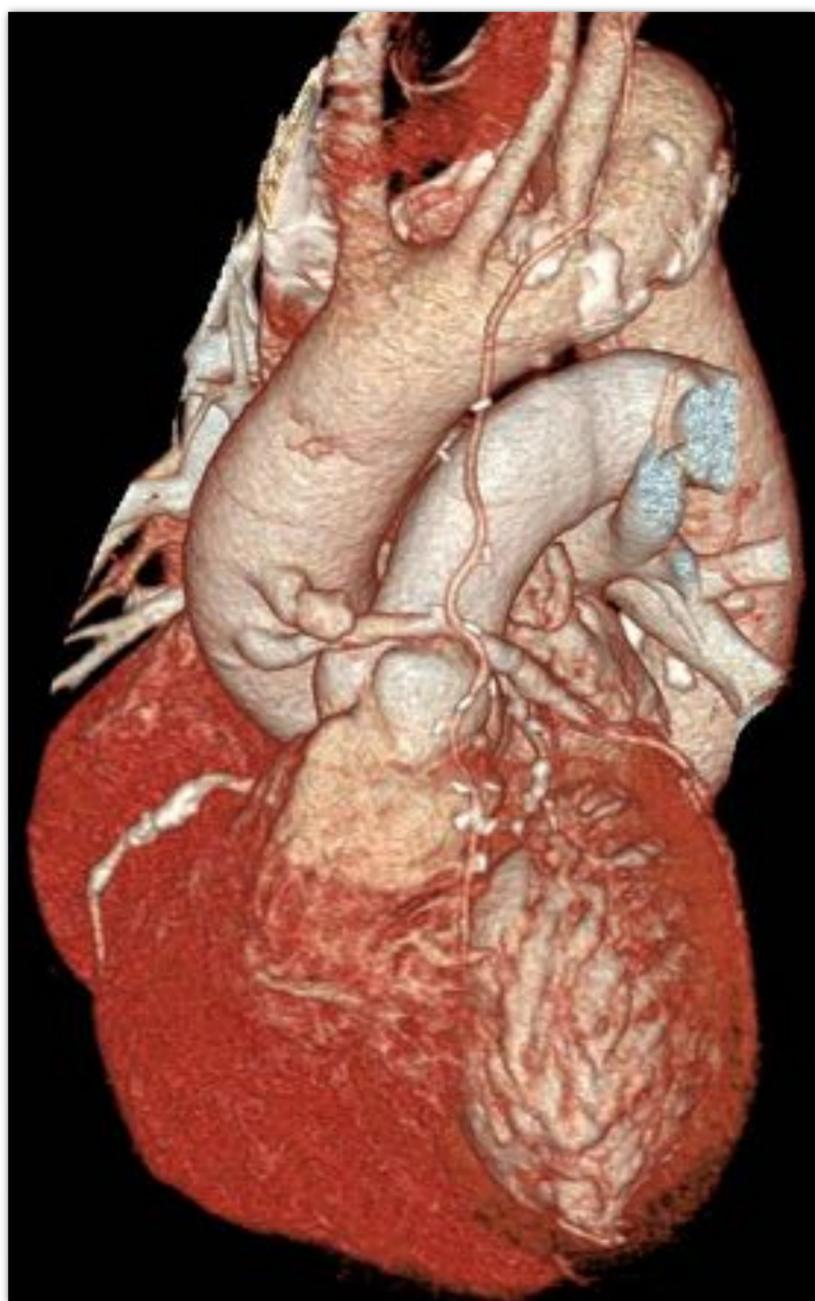
INTRODUCCIÓN

- El avance en nuevas aplicaciones clínicas también requiere del desarrollo de herramientas de postproceso avanzado
 - Técnicas intuitivas y fáciles de utilizar
 - Deben proporcionar información clínica que posea un impacto en el diagnóstico y manejo clínico de los pacientes



OBJETIVOS DOCENTES

- Subrayar la aportación clínica y diagnóstica de la reconstrucción cinemática (*cinematic rendering, CR*) frente a la reconstrucción volumétrica 3D (*volume rendering, VR*) convencional
- Exponer la utilidad del CR en el ámbito de la imagen cardiovascular torácica compleja



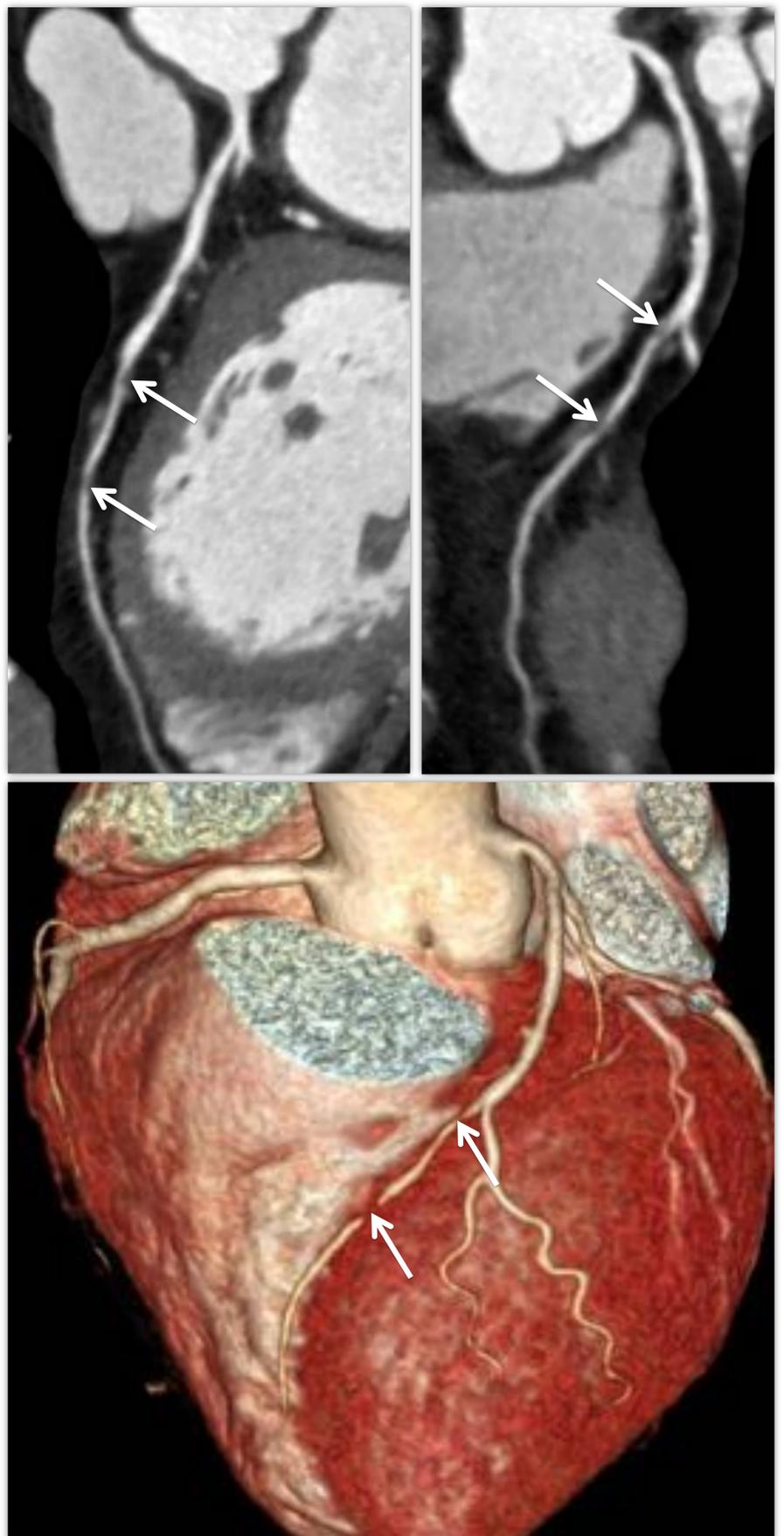
Volume rendering



Cinematic rendering

TÉCNICAS DE POSTPROCESO EN TC

- Tradicionalmente, la TC se ha basado en la lectura e interpretación de imágenes axiales
- Entre estas técnicas de postproceso destacan:
 - Reconstrucción multiplanar (*multiplanar reconstruction, MPR*)
 - Reconstrucciones planares curvas (*curved planar reformation, CPR*)
 - Reconstrucciones de proyección de máxima intensidad (*maximum intensity projection, MIP*)
 - Reconstrucciones volumétricas (*volume rendering, VR*)



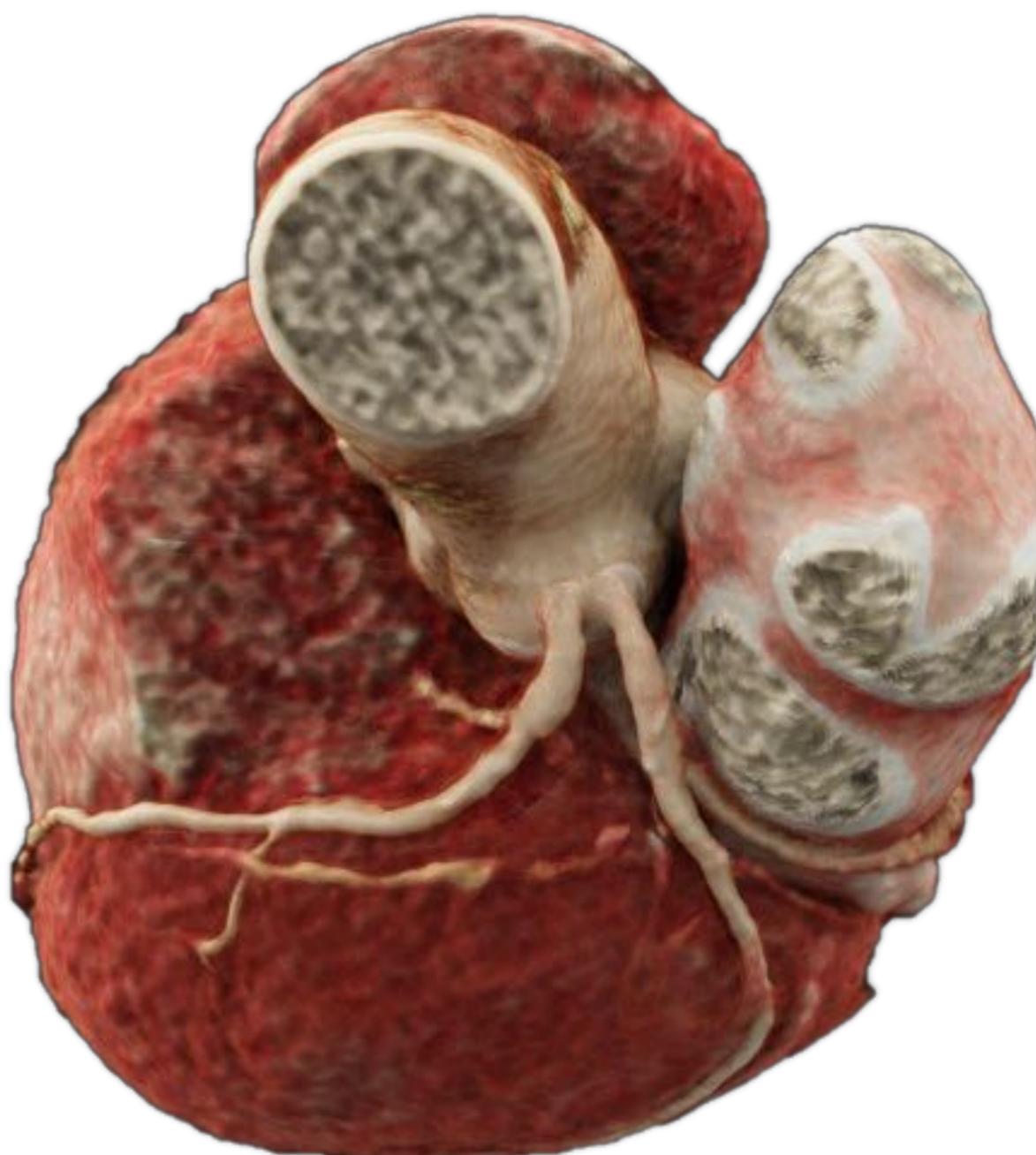
RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA (VR)

- Tiene su origen en algoritmos complejos basados en la atenuación de los vóxeles que conforman la imagen
- Cada vóxel contiene distintos tipos de tejido y cada tejido es representado por un determinado porcentaje en función de un umbral de atenuación predefinido, al que se le asigna un color y opacidad
- Los rangos de densidades se suelen mostrar en forma de trapecio o trapezoide, con una escala gradual de colores que permite el solapamiento y mezcla de distintos rangos de atenuación
- El color y opacidad final de cada vóxel depende de la suma ponderada de estos distintos valores
- La simulación del comportamiento de ese volumen bajo la iluminación de un número determinado (uno a tres) de focos de luz añade el efecto “realista” que poseen las imágenes



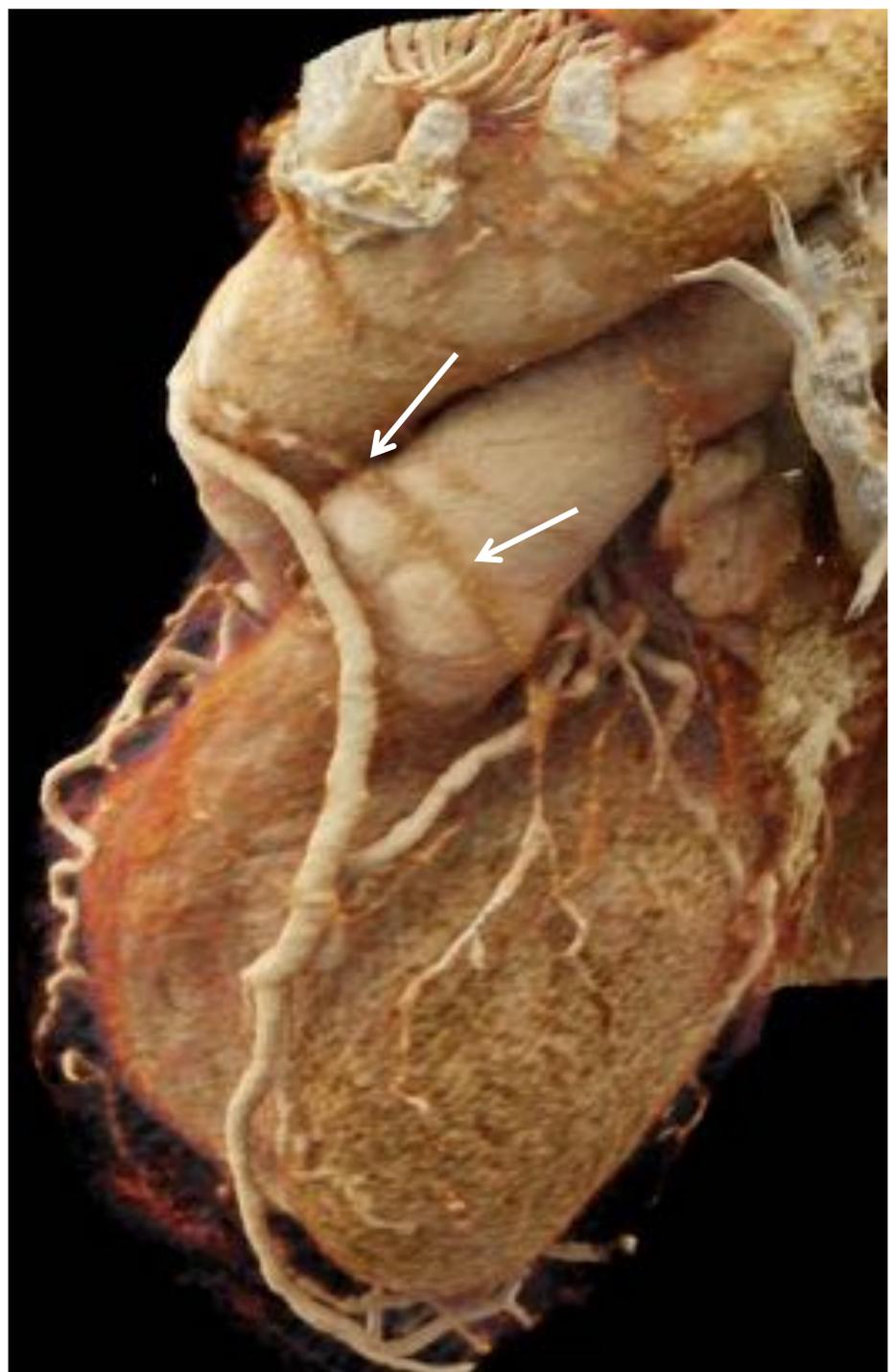
RECONSTRUCCIÓN CINEMÁTICA (CR)

- Nuevo método de reconstrucción tridimensional basado en modelos técnicos de propagación de la luz a través de un volumen de datos para crear una imagen 3D
- Se consigue mayor realismo que el proporcionado por la reconstrucción VR convencional
- Tiene su origen en la industria de los dibujos animados



RECONSTRUCCIÓN CINEMÁTICA (CR)

- El esquema de producción de la imagen 3D es similar al utilizado por la técnica VR
- La diferencia principal radica en que cada pixel no se forma por el paso de un único haz de luz a través del volumen de datos, sino que el algoritmo de la CR emplea un **modelo de iluminación global**
- Simula el paso de billones de fotones desde todas las posibles direcciones a través de dicho volumen, de manera similar a lo que ocurre con la luz natural. Esta interacción entre los fotones y el volumen crea píxeles que conforman una imagen de gran fotorrealismo tridimensional.



RECONSTRUCCIÓN CINEMÁTICA (CR)

- La ecuación matemática que subyace a este proceso de creación de imágenes se recoge en la fórmula de integración de Monte Carlo
- El realismo final de la imagen es consecuencia de la representación del elevado rango dinámico de los mapas de luz que se utilizan para crear un entorno de mapas de luz natural
- Para procesar las reconstrucciones cinemáticas se emplean propiedades de la imagen fotográfica (tiempo de exposición, apertura y plano focal)
- Proporciona mayor sensación de profundidad en un volumen



APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Relaciones anatómicas entre las estructuras vasculares

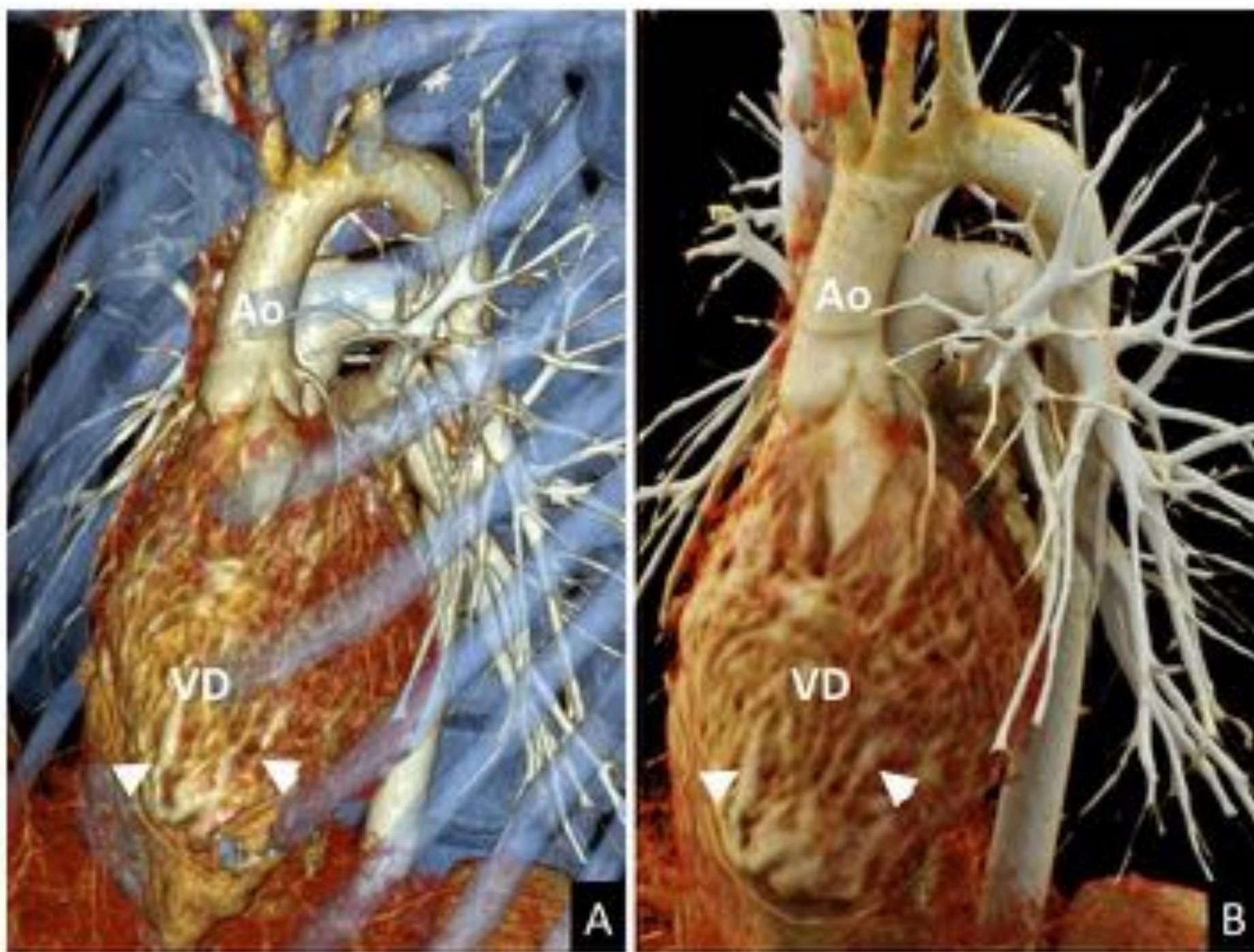


Figura 1. Angio-TC torácico en un varón de 18 años de edad diagnosticado de cardiopatía congénita del tipo de la transposición congénitamente corregida de las grandes arterias por inversión ventricular. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. Nótese la discordancia ventrículoarterial que presenta el paciente: del ventrículo morfológicamente derecho (VD), que presenta hipertrofia de la banda moderada (puntas de flecha), se origina la aorta (Ao).

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Relaciones anatómicas entre las estructuras vasculares

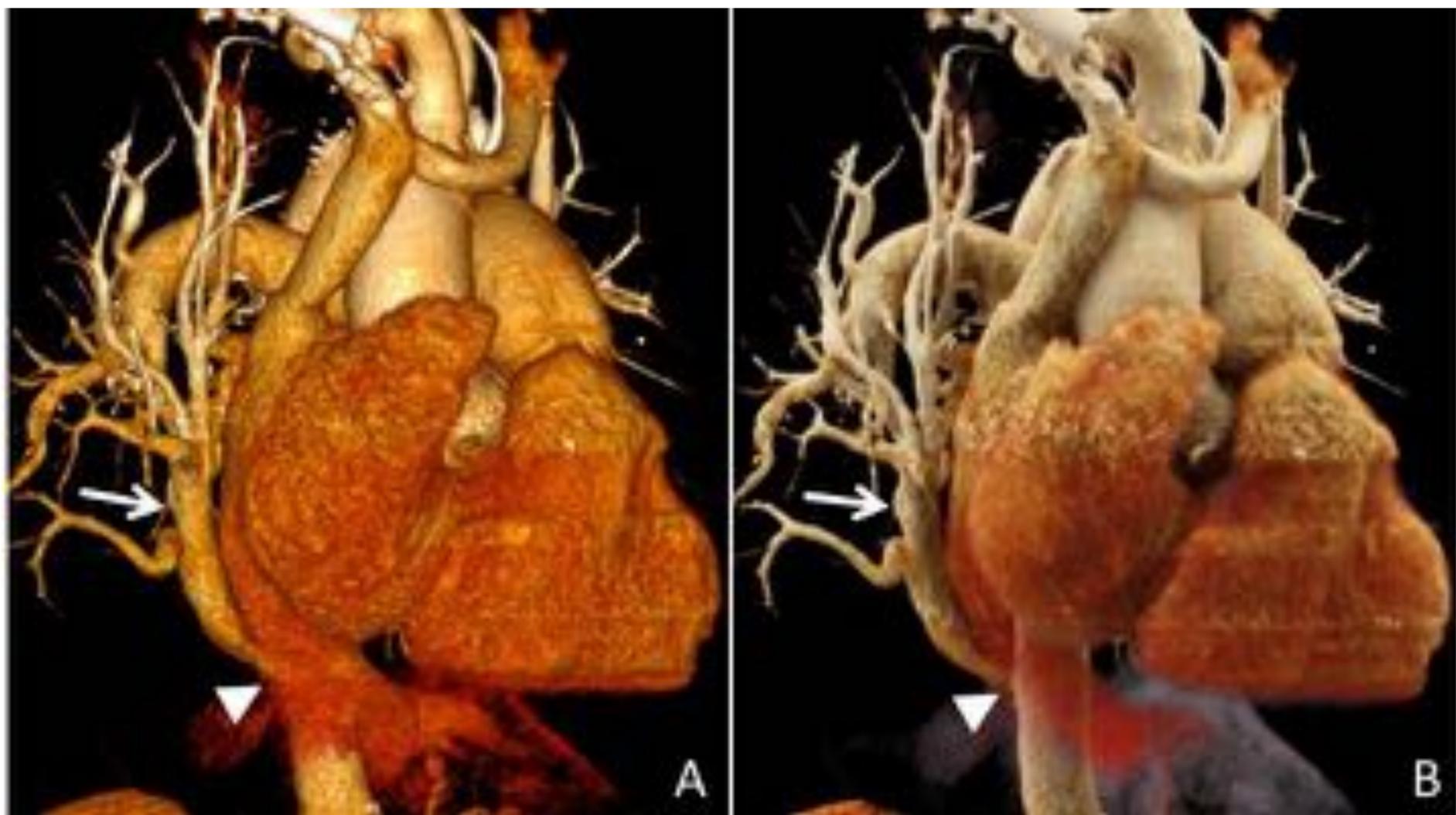


Figura 2. Angio-TC torácico en una mujer acianótica de 70 años de edad con antecedentes de hipertensión arterial sistémica, hipercolesterolemia y fibrilación auricular paroxística. En la radiografía de tórax realizada en otro centro se describió cardiomegalia, dextroposición de la silueta cardíaca, hipoplasia del pulmón derecho y signos de hipertensión pulmonar. Se realizó un angio-TC para confirmar el diagnóstico. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. En el estudio se observó una gran vena vertical derecha a modo de “cimitarra” que recogía la sangre venosa del pulmón derecho (flechas) y desembocaba en la vena cava inferior suprahepática (puntas de flecha). Una cardio-RM realizada para establecer el compromiso hemodinámico demostró la presencia de un cortocircuito izquierda-derecha (Q_p/Q_s de 1,5). Tras valoración multidisciplinar se decidió un tratamiento médico.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Anomalías de la vascularización coronaria

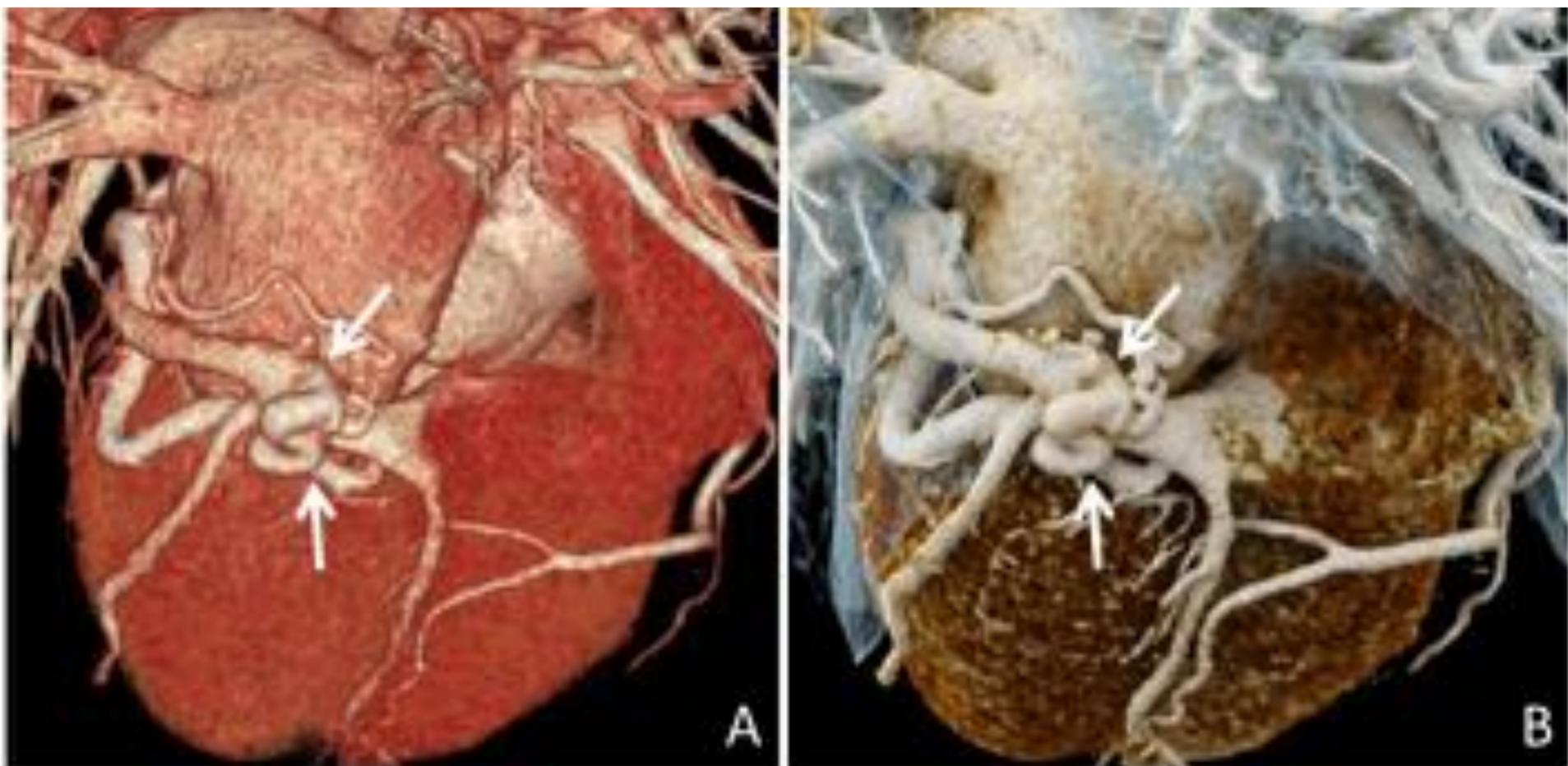


Figura 3. Coronariografía por TC en una mujer de 72 años con hipercolesterolemia y probable síndrome de apnea obstructiva del sueño. Asintomática desde el punto de vista cardiovascular hasta hace 7 años, cuando comienza con disnea, en la actualidad de medianos esfuerzos, limitando las actividades cotidianas. Ocasionalmente presentaba palpitaciones rítmicas y rápidas supraesternales. Se solicitó una coronariografía por TC para descartar enfermedad coronaria. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. El estudio mostró un aumento del calibre de la arteria circunfleja, que presentaba un trayecto tortuoso, más evidente en su tercio distal. Se observó comunicación directa entre dicha arteria y la vena cardíaca mayor, antes de su desembocadura en el seno coronario (flechas). Dado que no se consideró que este hallazgo justificara la sintomatología descrita por la paciente se decidió realizar control evolutivo.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Valoración del resultado posquirúrgico

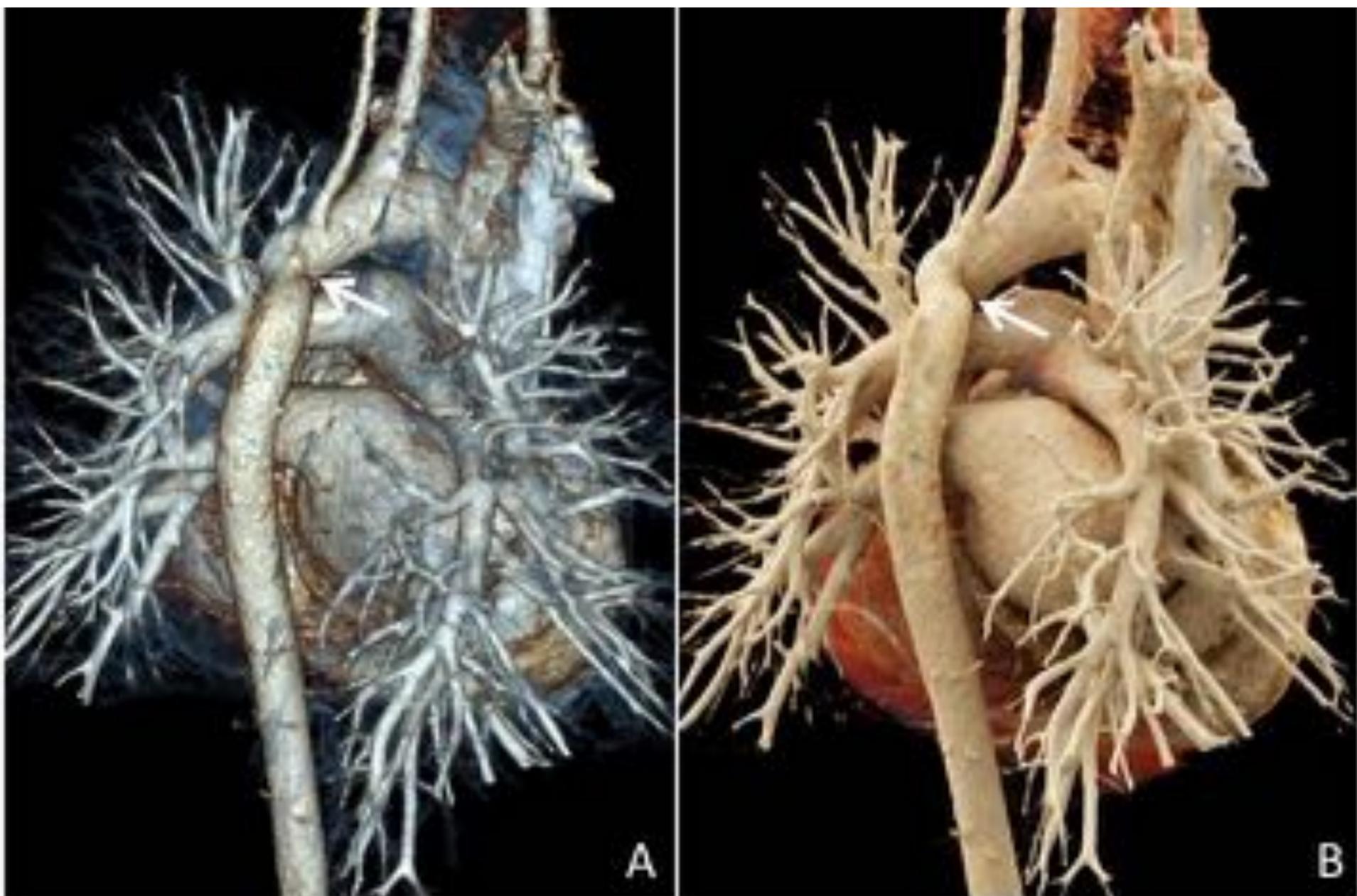


Figura 4. Angio-TC torácico en una mujer de 32 años de edad diagnosticada de coartación aórtica en la infancia e intervenida mediante aortoplastia. Acude a revisión encontrándose asintomática desde el punto de vista cardiovascular. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. El angio-TC puso de manifiesto recoartación aórtica (flechas). Dada la ausencia de síntomas y de un gradiente significativo en la ecocardiografía, se decidió un manejo conservador indicándose revisión posterior.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Planificación de reintervención

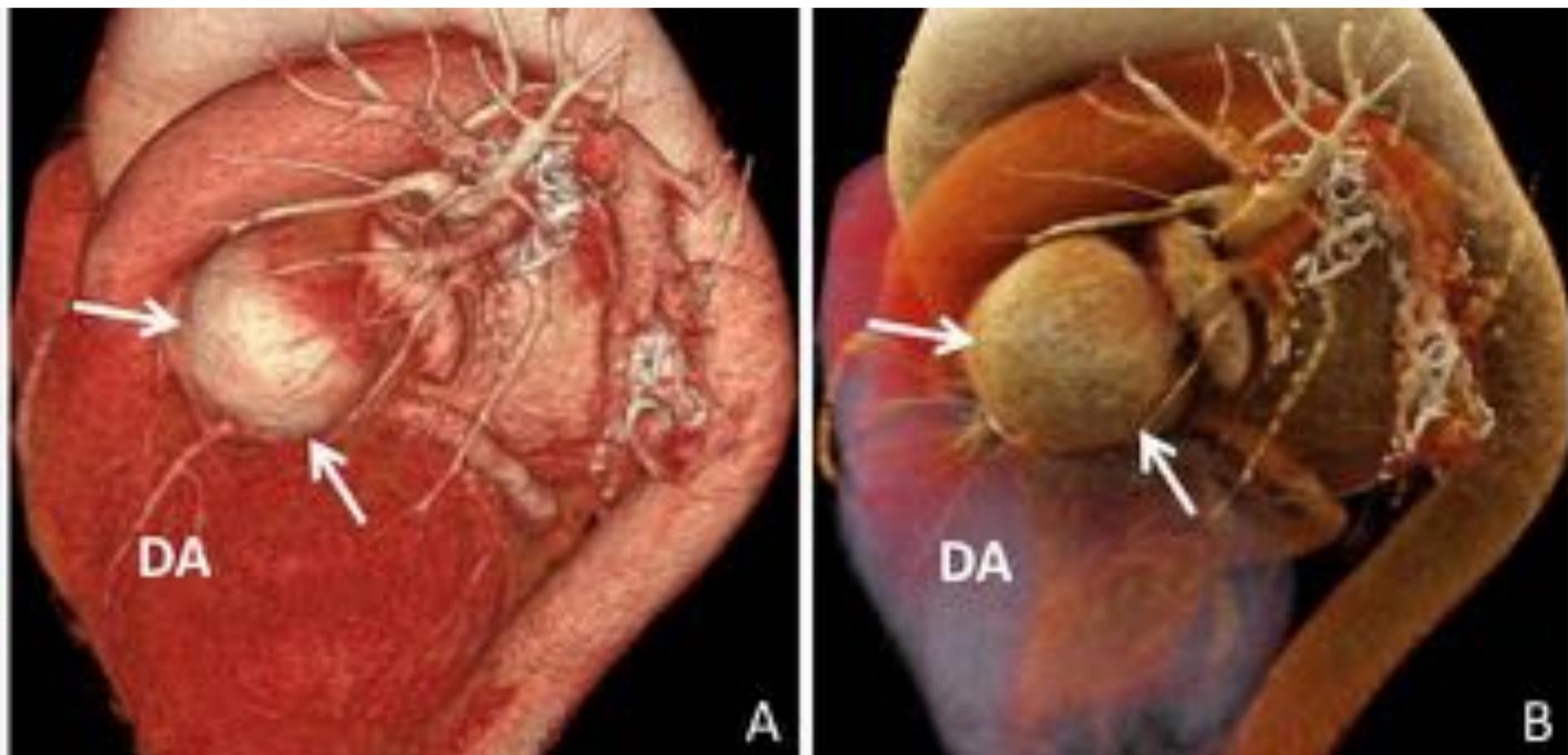


Figura 5. Coronariografía por TC en una mujer de 67 años en fibrilación auricular permanente y con antecedente de sustitución valvular mitro-aórtica. En la revisión ecocardiográfica se objetivó imagen sugestiva de pannus subvalvular en la válvula aórtica con velocidades aumentadas que sugerían estenosis aórtica severa. Se solicitó una coronariografía por TC para valorar el estado de las arterias coronarias antes de la intervención. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. La coronariografía por TC mostró un aneurisma del ostium y del tronco de la arteria coronaria izquierda de 45 x 47 mm de diámetro (flechas), y una arteria coronaria descendente anterior (DA) de características normales, sin estenosis. La paciente fue intervenida mediante sustitución valvular aórtica con injerto valvulado, injerto con vena safena a arteria coronaria descendente anterior y anastomosis de la coronaria derecha al injerto valvulado. No se pudo localizar la arteria circunfleja durante la intervención. Se ligó el tronco de la coronaria izquierda en el origen para cerrar el saco aneurismático. La evolución postoperatoria fue satisfactoria.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Mayor realismo sin detrimento de su capacidad diagnóstica

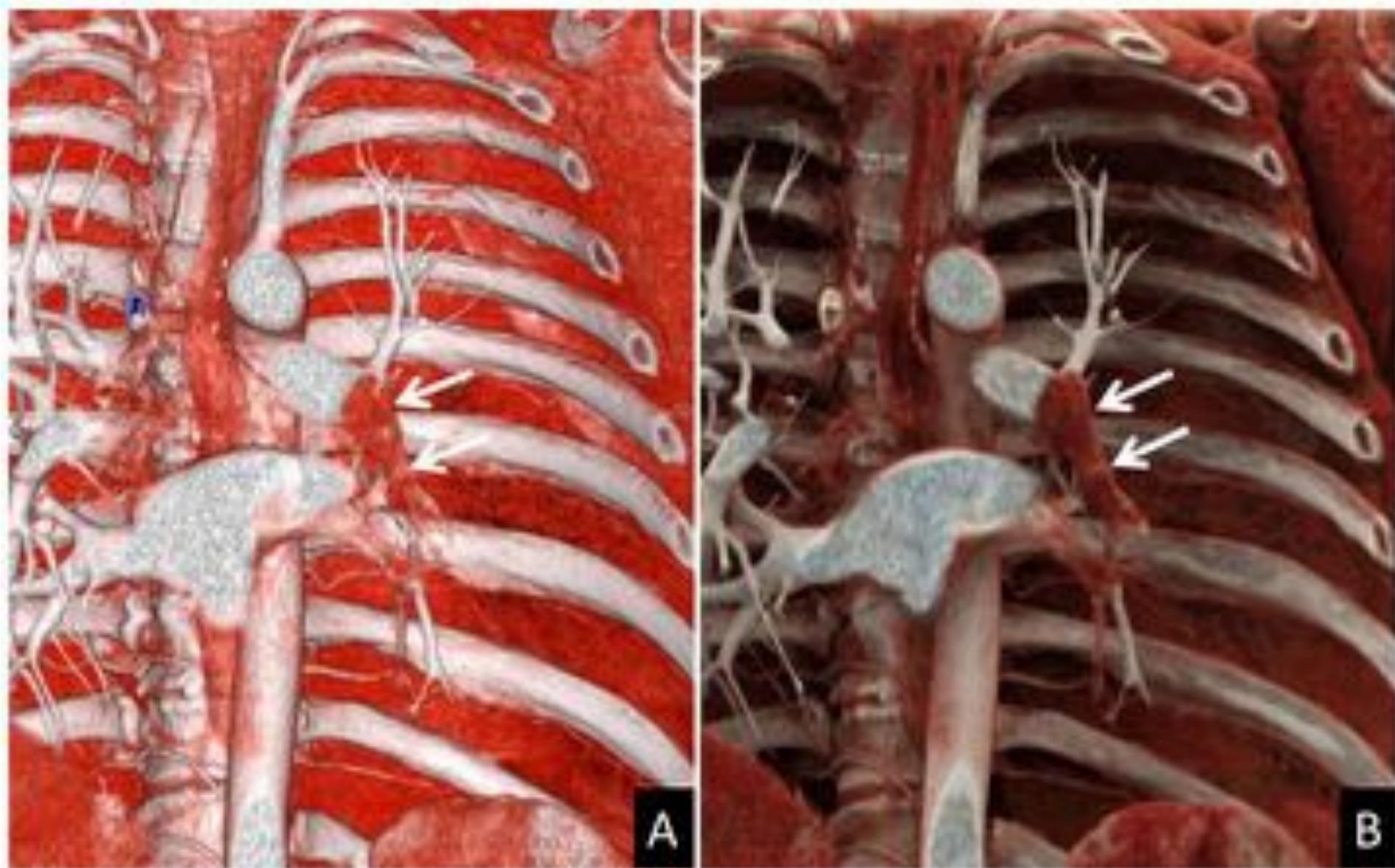


Figura 6. Angio-TC pulmonar en un varón de 52 años sometido a trasplante cardíaco ortotópico por miocardiopatía dilatada. Tras un mes con dolor en pierna y rodilla izquierda acudió a su médico de cabecera por disnea. Se realizó un angio-TC para descartar tromboembolismo. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. El estudio demostró tromboembolismo pulmonar afectando a la rama pulmonar principal izquierda, extendiéndose a la rama lobar inferior izquierda (flechas). No se objetivó infarto pulmonar.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Planificación quirúrgica

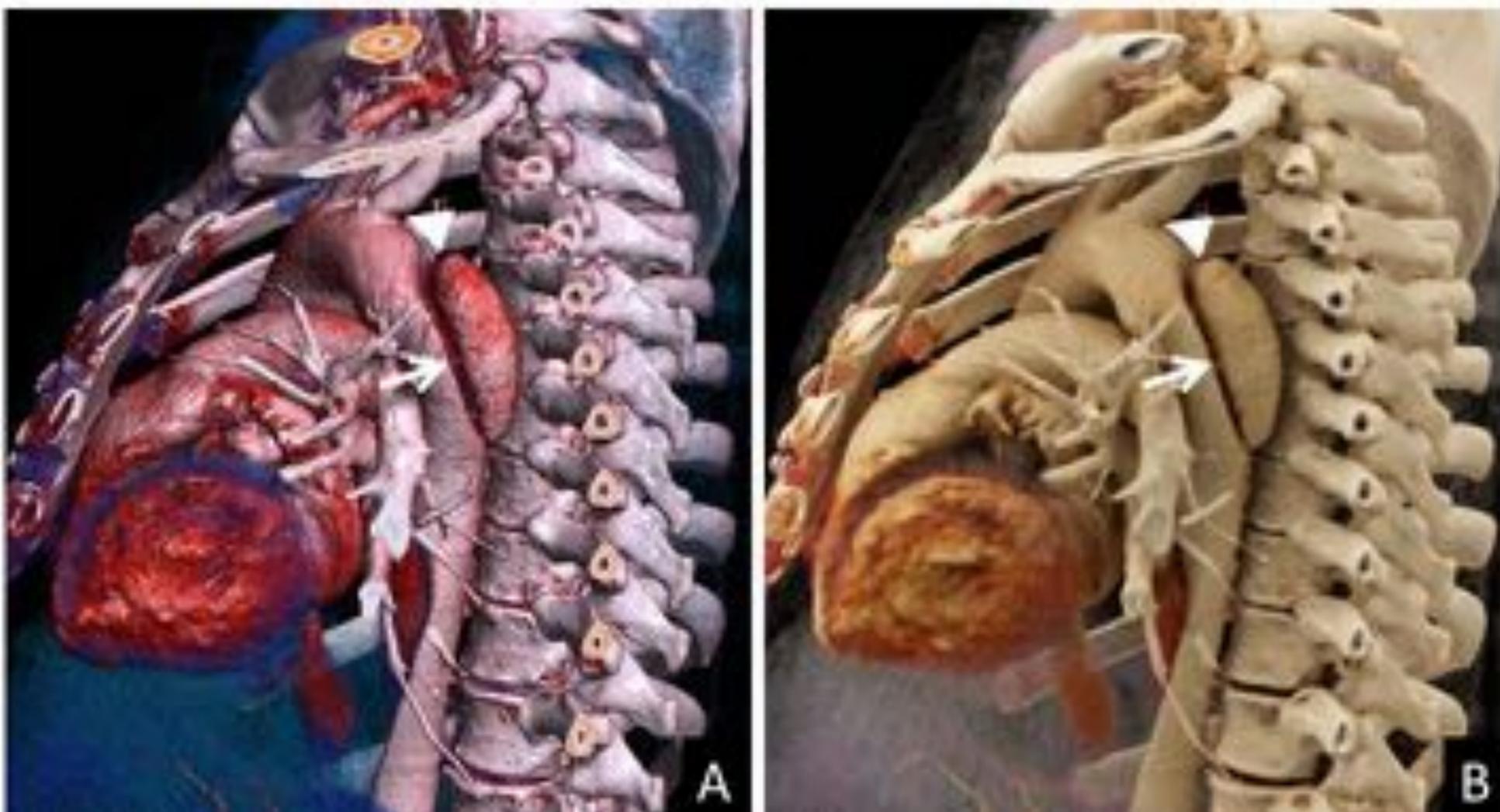


Figura 7. Angio-TC aórtico en un varón de 42 años que acudió a Urgencias por dolor interescapular tras esfuerzo físico refractario a analgesia, encontrándose hipertenso a su llegada (PA 200/100 mmHg). Se realizó un angio-TC para descartar disección de aorta. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. El estudio puso de manifiesto una disección de aorta DeBakey tipo III (flechas) originándose distal a la arteria subclavia izquierda (puntas de flecha) y extendiéndose a lo largo de la aorta tóracoabdominal hasta la arteria ilíaca derecha.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Valoración de anatomía venosa

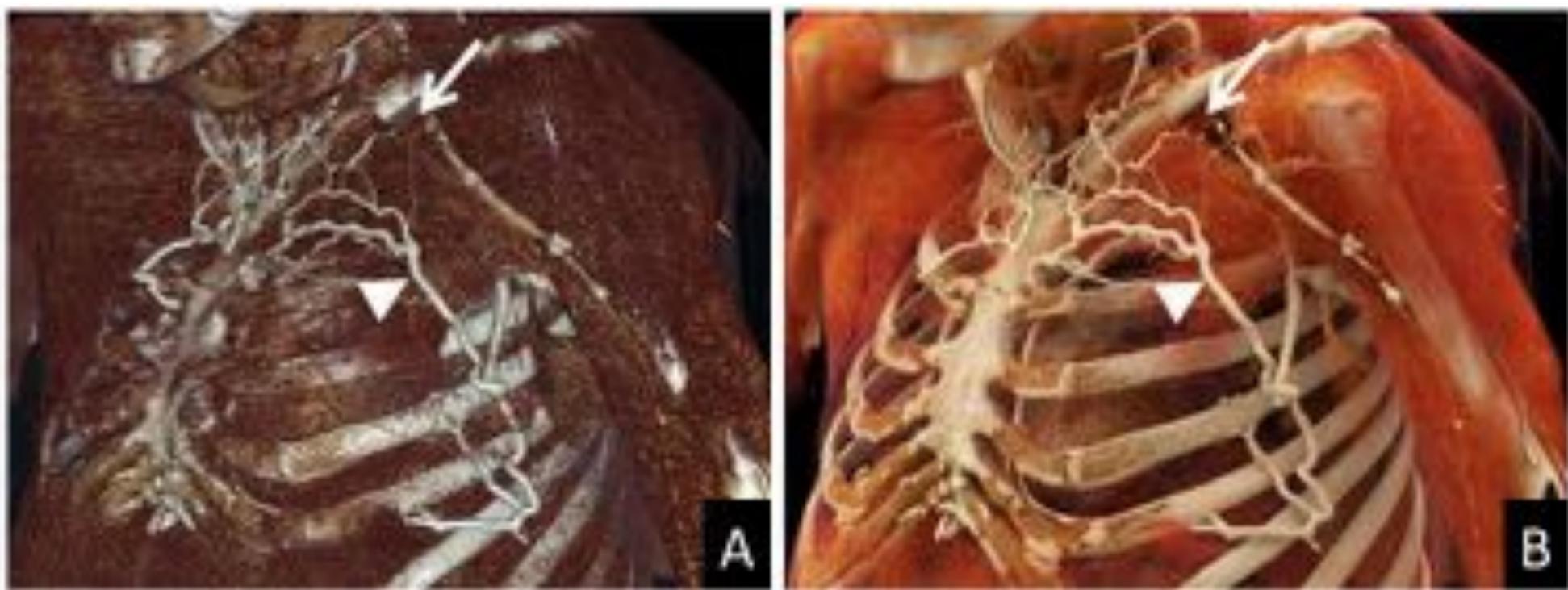


Figura 8. Venografía por TC torácica en un varón de 41 años, diabético, con dislipidemia y antecedentes personales de cardiopatía isquémica tratada con implantación de stents. Es valorado por síndrome de desfiladero bilateral, sintomático en el lado izquierdo, que fue intervenido mediante resección de primera costilla. Presentó un posoperatorio tórpido. Se solicitó una venografía por TC para valorar la permeabilidad de la vena subclavia izquierda debido a que en el posoperatorio presentó empeoramiento de movilidad de los dedos asociado a parestesias y dolor en mano y antebrazo izquierdos. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. El paciente presentaba cambios postquirúrgicos en región supraclavicular izquierda tras resección de apófisis transversa izquierda y costectomía parcial de la primera costilla izquierda y ausencia de opacificación (trombosis) del tercio proximal de la vena subclavia izquierda a lo largo de unos 3,5 cm (flechas). El sistema venoso distal de dicha extremidad se encontraba permeable. Era evidente la abundante circulación colateral (puntas de flecha), sobre todo en la pared torácica anterior, y en menor medida, en el lecho de resección, drenando en el tronco braquiocefálico venoso y en la vena yugular izquierda.

APLICACIONES EN IMAGEN CARDIOVASCULAR

Seguimiento de tratamientos

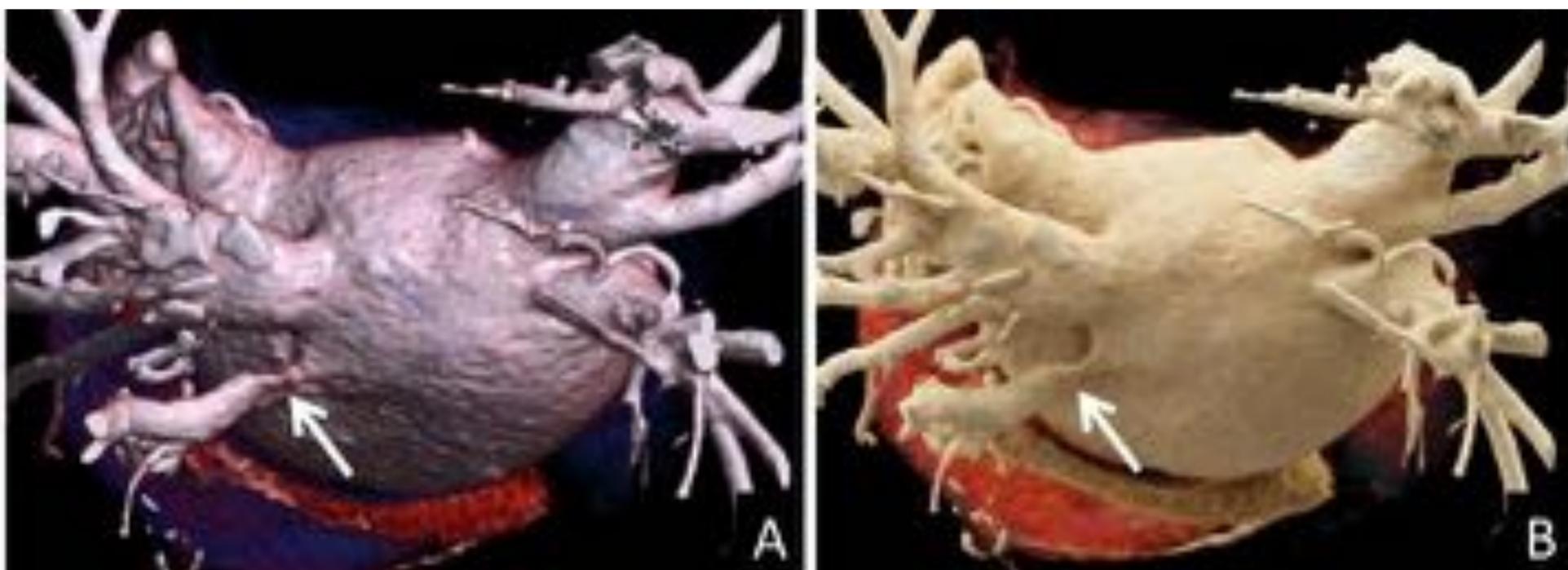
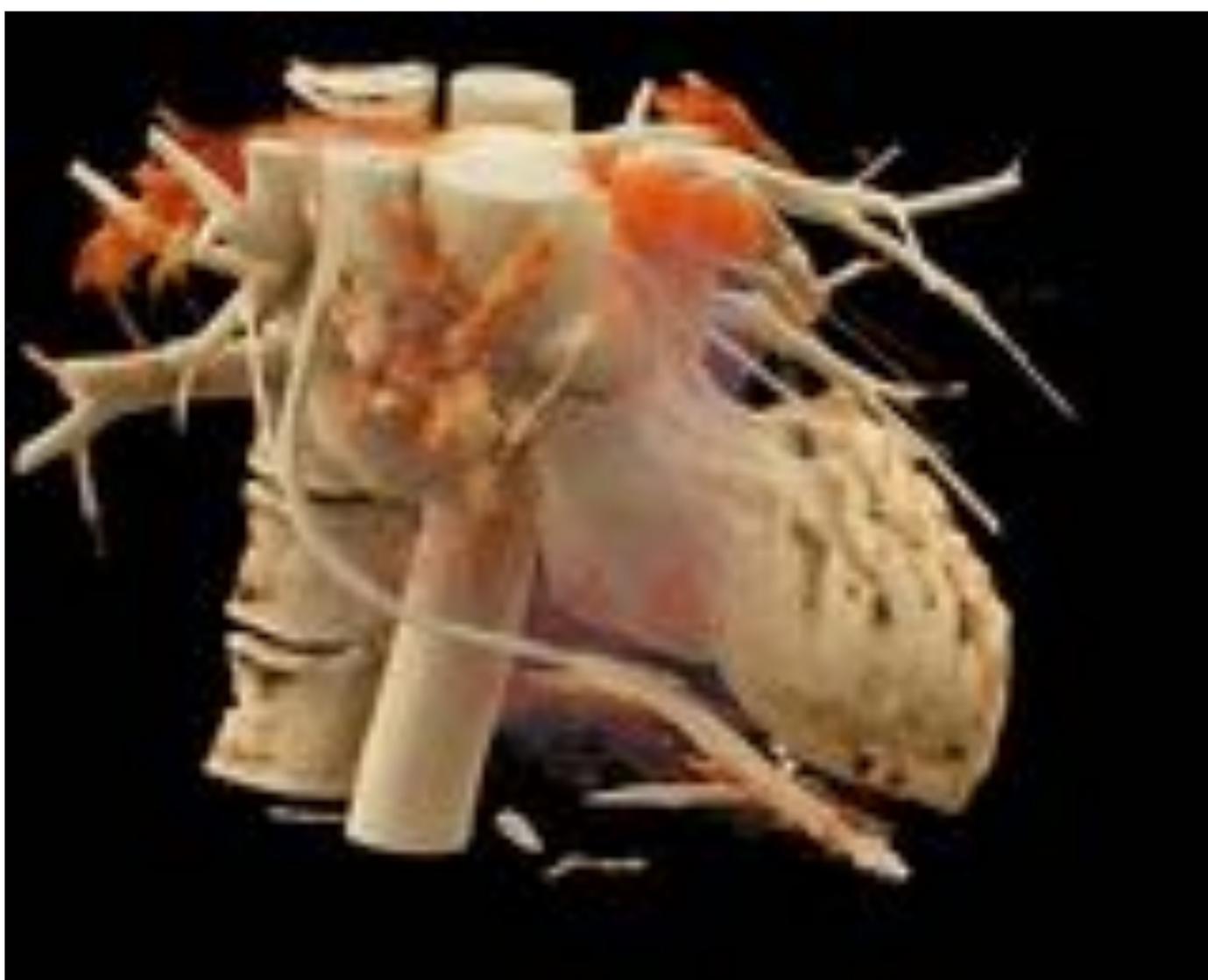


Figura 9. Cardio-TC en una mujer de 72 años de edad con antecedentes de hipercolesterolemia e hipertensión arterial. Se le realizó ablación de flúter izquierdo y fibrilación auricular unos meses antes. En la revisión rutinaria se encontraba asintomática desde el punto de vista cardiovascular (grado funcional NYHA I). Se le realizó un cardio-TC como seguimiento tras el procedimiento de ablación. A. Reconstrucción volumétrica. B. Reconstrucción cinemática. Se identificaron cuatro venas pulmonares principales que drenan en la aurícula izquierda, sin anomalías del drenaje venoso pulmonar. Se observó estenosis de la vena pulmonar inferior izquierda, que presentaba un diámetro de 6x3 mm (flechas). Se decidió control evolutivo.

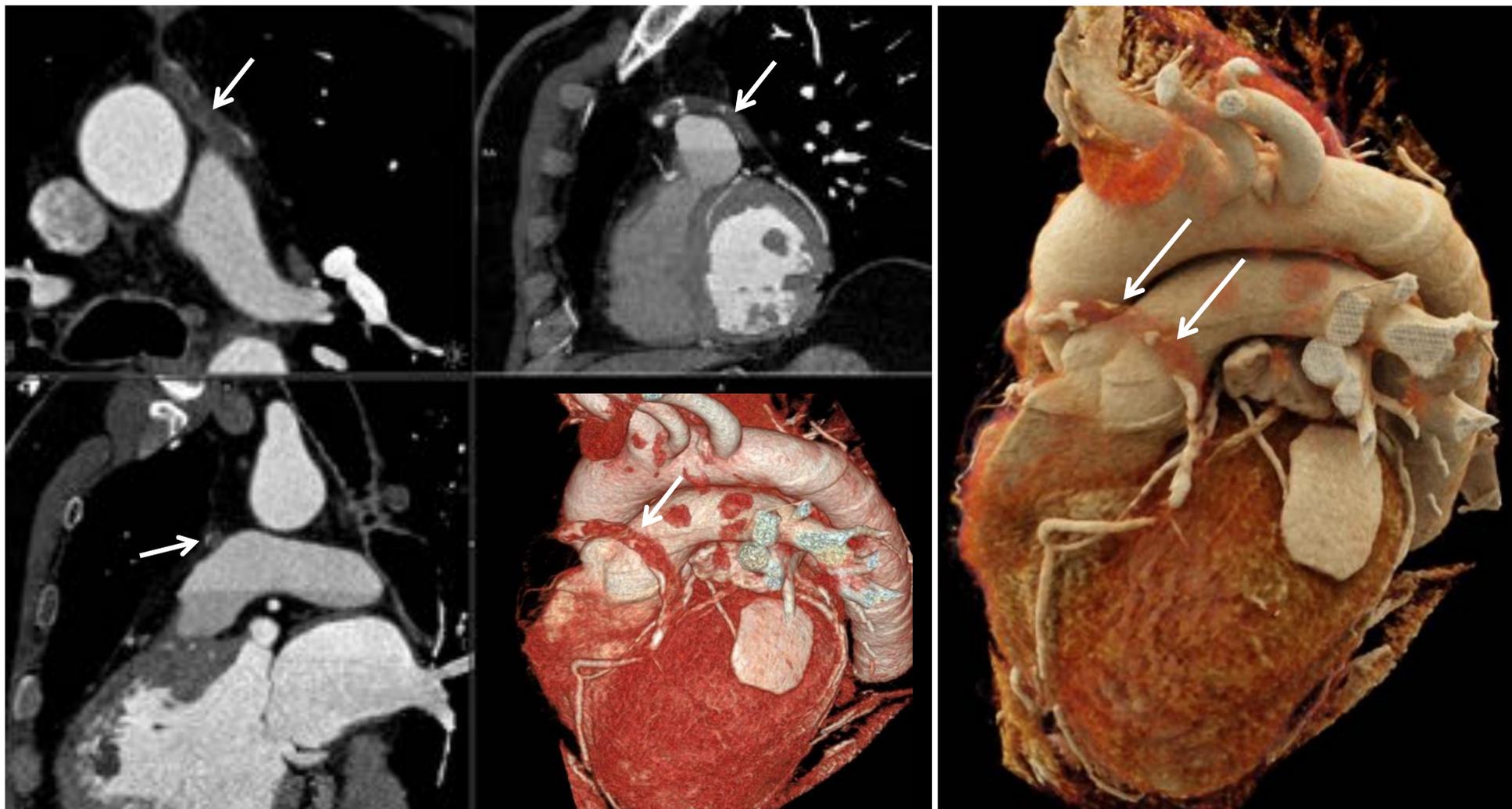
LIMITACIONES DE LA RECONSTRUCCIÓN CINEMÁTICA

- El resultado final de la imagen depende de la calidad de las imágenes originales obtenidas en el estudio
- Requiere ordenadores de mucha potencia, dado que los algoritmos de reconstrucción que se manejan son muy complejos
- Cada modificación, desplazamiento o rotación que se realice en el volumen de datos requiere recalcular los parámetros, por lo que las imágenes se muestran con menor resolución hasta que finaliza dicho cálculo
- Por ahora no permite realizar reconstrucciones endoscópicas que permitan navegar a través de la luz de un órgano, tráquea o vaso. La reconstrucción cinemática la proporciona un solo fabricante (Siemens Healthineers) y se emplea en una plataforma concreta (*syngo.via* Cinematic VRT)



CONCLUSIONES

- La reconstrucción cinemática es un nuevo método de reconstrucción que proporciona imágenes de gran realismo al conjugar una mejor delineación morfológica y una mayor percepción de profundidad
- Estas características se traducen en imágenes de mucha calidad que simulan la realidad y que probablemente incrementen la utilidad diagnóstica respecto a la reconstrucción VR convencional, aunque su valor clínico todavía debe ser demostrado
- Actualmente, su uso está recomendado para comunicación, educación y publicación y no para ser empleado en la lectura diagnóstica



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lawler LP, Fishman EK. Multi-detector row CT of thoracic disease with emphasis on 3D volume rendering and CT angiography. Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc. 2001;21(5):1257-73.
2. Hemminger BM, Molina PL, Egan TM, Detterbeck FC, Muller KE, Coffey CS, et al. Assessment of real-time 3D visualization for cardiothoracic diagnostic evaluation and surgery planning. Journal of digital imaging. 2005;18(2):145-53.
3. Johnson PT, Schneider R, Lugo-Fagundo C, Johnson MB, Fishman EK. MDCT Angiography With 3D Rendering: A Novel Cinematic Rendering Algorithm for Enhanced Anatomic Detail. AJR Am J Roentgenol. 2017;209(2):309-12.
4. Dappa E, Higashigaito K, Fornaro J, Leschka S, Wildermuth S, Alkadhi H. Cinematic rendering - an alternative to volume rendering for 3D computed tomography imaging. Insights into imaging. 2016;7(6):849-56.
5. Ebert LC, Schweitzer W, Gascho D, Ruder TD, Flach PM, Thali MJ, et al. Forensic 3D Visualization of CT Data Using Cinematic Volume Rendering: A Preliminary Study. AJR Am J Roentgenol. 2017;208(2):233-40.
6. Eid M, De Cecco CN, Nance JW, Jr., Caruso D, Albrecht MH, Spandorfer AJ, et al. Cinematic Rendering in CT: A Novel, Lifelike 3D Visualization Technique. AJR Am J Roentgenol. 2017;209(2):370-9.
7. Rowe SP, Johnson PT, Fishman EK. Initial experience with cinematic rendering for chest cardiovascular imaging. The British journal of radiology. 2017:20170558.

seram 34

Sociedad Española de Radiología Médica

Congreso Nacional

PAMPLONA $\frac{24}{27}$ MAYO 2018

Palacio de Congresos Baluarte

23 mayo Cursos Precongreso



bastarrika@unav.es



Clínica
Universidad
de Navarra