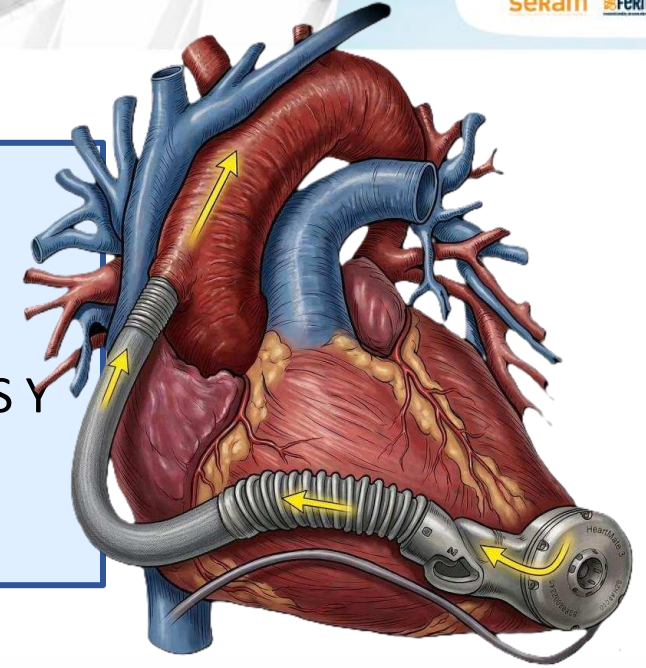


EVALUACIÓN POR IMAGEN DE LOS DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR DE LARGA DURACIÓN: HALLAZGOS Y DESAFÍOS DIAGNÓSTICOS.



Ángela Guitián Pinilla^{1,2}, Víctor Fernández Lobo^{1,2}, Pilar Cifrián Casuso^{1,2}, Álvaro Sánchez Mulas^{1,2}, César Antonio López López^{1,2}, María Elena Peña Gómez^{1,2}, Teresa Cobo Ruiz^{1,2}, Aránzazu Sánchez Gabín^{1,2}.

¹Hospital Universitario Marqués de Valdecilla;

² Instituto de Investigación de Valdecilla

1

OBJETIVOS DOCENTES

- ✓ Definir en qué consisten los dispositivos de asistencia ventricular y analizar su clasificación.
- ✓ Evaluar el **papel de las técnicas de imagen** en la detección de la obstrucción del injerto de salida y otras complicaciones asociadas a estos dispositivos.
- ✓ Identificar los **hallazgos radiológicos** claves para el diagnóstico de cada una de las complicaciones.
- ✓ Reconocer los principales **pitfalls** en la interpretación de estos estudios.
- ✓ **Compartir nuestra experiencia** para mejorar el manejo en futuros casos.

2

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR

Los dispositivos de asistencia ventricular (DAV) son sistemas de soporte circulatorio mecánico destinados a suplir, parcial o totalmente, el gasto cardíaco en pacientes con insuficiencia cardíaca avanzada.

TIEMPO MÁXIMO DE FUNCIÓN	FUNCIÓN VENTRICULAR QUE SUSTITUYEN	TIPO DE FLUJO	LOCALIZACIÓN	FINALIDAD
<u>Corta – media duración</u>: - Impella - Balón de contra-pulsación intraaórtico percutáneo - ECMO - TandemHeart. <u>Larga duración</u> (asistencia ventricular de larga duración)	<u>DAVI (izquierda)</u> <u>DAVD (Derecha)</u> <u>Biventriculares</u>	<u>Bombas pulsátiles</u> <u>Bombas de flujo continuo</u>	<u>Implantables</u> - No implantables	- Puente a decisión - Puente a recuperación - Puente a candidatura <u>Puente a trasplante</u> <u>Terapia de destino</u>

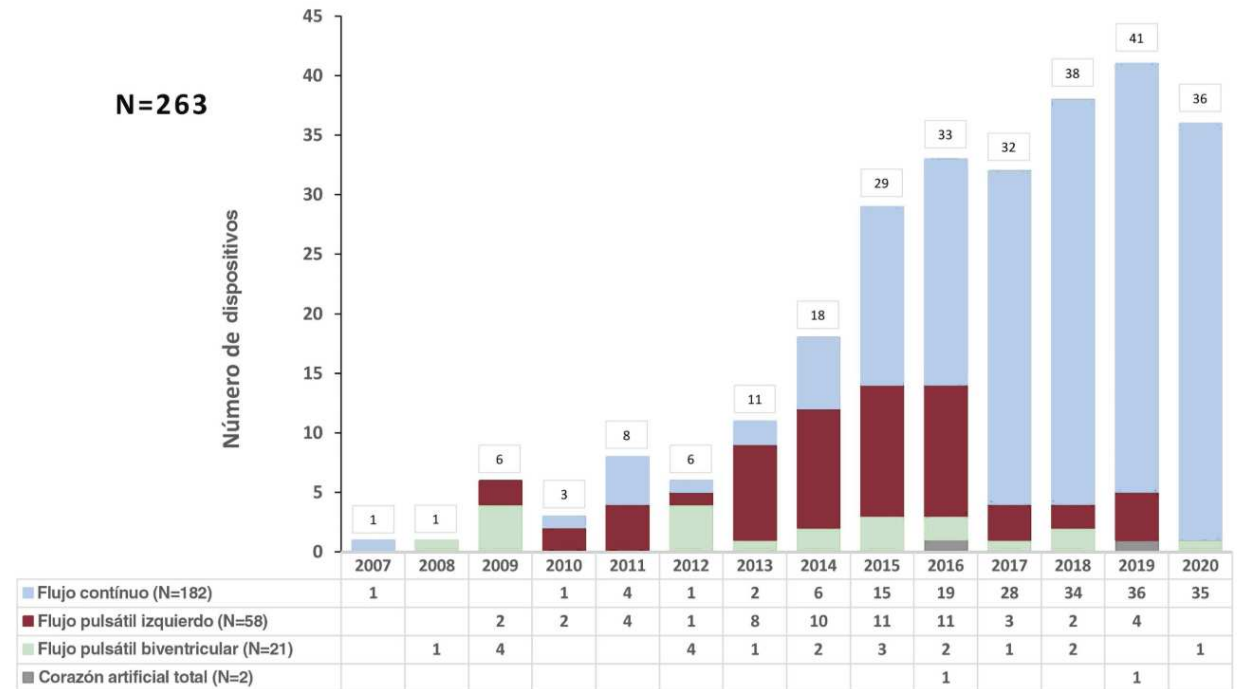
DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR DE LARGA DURACIÓN (DAVL)

3

EVOLUCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR

- La insuficiencia cardiaca avanzada es una de las **principales causas de morbimortalidad** a nivel mundial
- El **incremento de su prevalencia** (secundario al envejecimiento poblacional, a la mejora del tratamiento en fases tempranas y a la mayor supervivencia tras eventos cardiovasculares) ha impulsado el desarrollo de los dispositivos de asistencia ventricular, incrementando significativamente su implantación en los últimos años.
 - Terapia de destino** (no candidatos al trasplante).
 - Puente al trasplante cardíaco.**

N=263



Rev Esp Cardiol. 2023;76:227-37

3

EVOLUCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR

DISPOSITIVOS 1ª GENERACIÓN

- Mayores dimensiones
- Flujo continuo
- Mayor tasa de complicaciones

HeartMate I - paracorpóreo

HeartMate XVE - preperitoneal

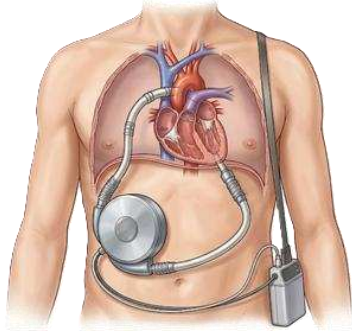


Ilustración del HeartMate I

DISPOSITIVOS 2ª GENERACIÓN

- Menores dimensiones
- Flujo continuo
- Menor tasa de complicaciones

HeartMate II - preperitoneal

HeartWare HVAD - intrapericárdico

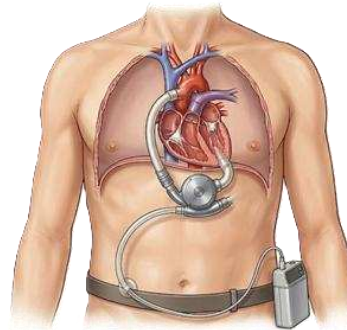


Ilustración del HeartMate II

DISPOSITIVOS 3ª GENERACIÓN

- Mayor supervivencia
- Mejor calidad de vida
- Menor incidencia de efectos adversos

HeartMate III (HM3)

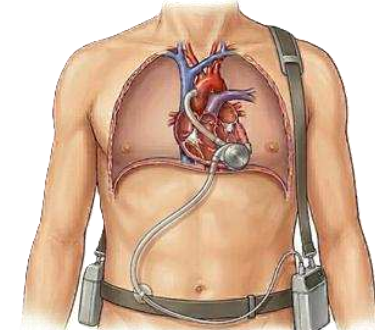
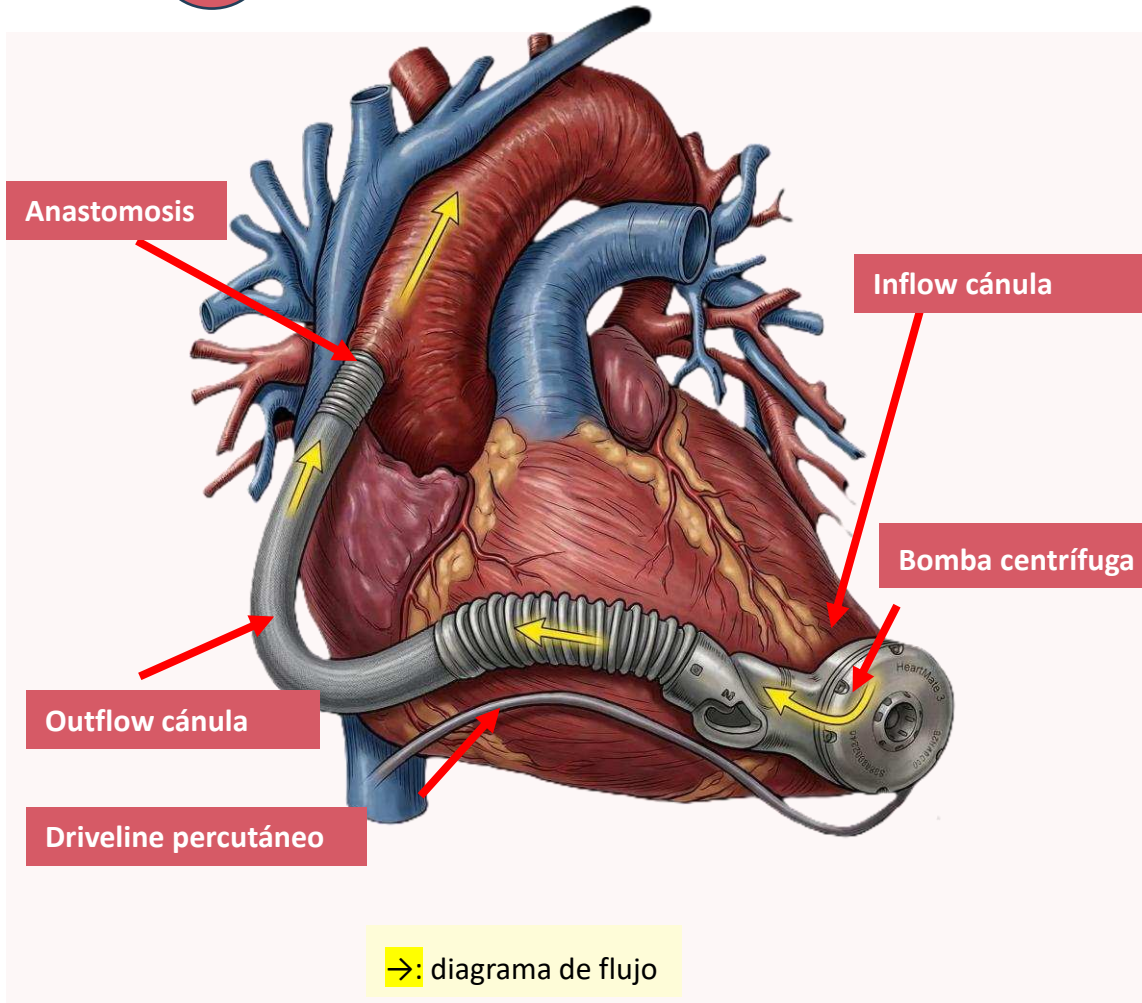


Ilustración del HeartMate III

El cambio a flujo continuo,
supuso el avance decisivo

4

¿CÓMO ES UN DISPOSITIVO HEART MATE III?



COMPONENTES

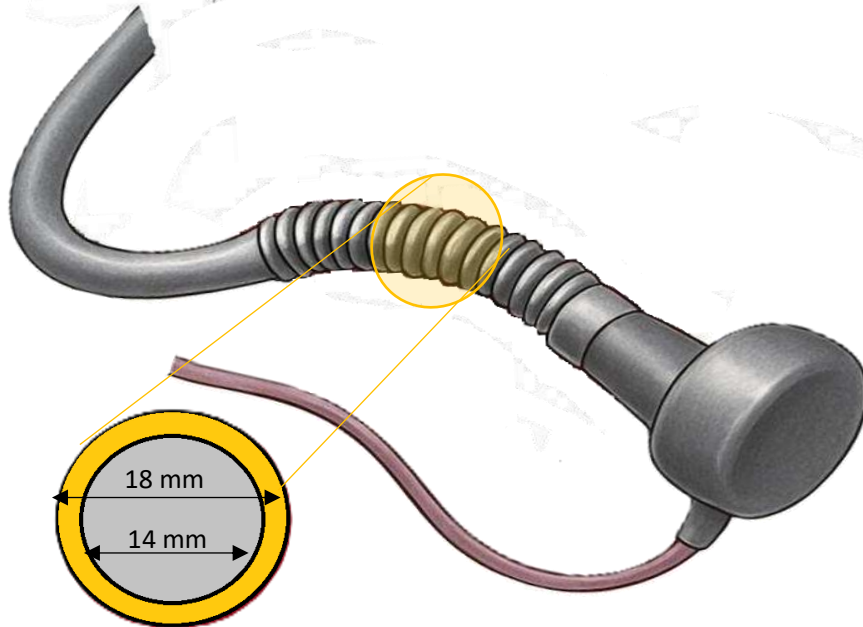
- Cánula de entrada (inflow): implantada quirúrgicamente en el ápex del ventrículo izquierdo.
- Bomba centrífuga de levitación magnética: unidad central conectada a la cánula de entrada. Contiene un rotor suspendido magnéticamente que genera un flujo sanguíneo continuo, pero modulaciones cíclicas de su velocidad **inducen un pulso artificial**.
- Cánula de salida e injerto de salida (outflow graft): conducto sintético que transporta la sangre desde la bomba a la circulación sistémica.
- Anastomosis del injerto de salida en la aorta ascendente, tras un trayecto mediastínico.
- Driveline percutáneo: cable que atraviesa la pared abdominal y conecta la bomba a una unidad de control externa.

4

¿CÓMO ES UN DISPOSITIVO HEART MATE III?

INJERTO DE SALIDA

Conducto de Dacron (PTFE) de aproximadamente 17 cm de longitud y 14 mm de lumen. Consta de dos segmentos:



- Lumen del PTFE: 14 mm
- Lumen del bend relief: 18 mm
- Espacio virtual entre ambas capas

SEGMENTO DISTAL DEL GRAFT

- No protegido por defecto.
- Puede recubrirse para **minimizar la fibrosis periinjerto**:
 - Material Gore-Tex → **radiopaco**
 - Membrana pericárdica / dacrón → **no radiopaca**

SEGMENTO PROXIMAL DEL GRAFT

- Anillado, de 10 cm longitud.
- Reforzado por un **BEND RELIEF** de Gore-Tex (impermeable) **radioopaco** de unos 18 mm de calibre.
- Confiere flexibilidad y minimiza los acodamientos o kinking.

5

EL PAPEL DE LAS TÉCNICAS DE IMAGEN EN SU EVALUACIÓN

A RADIOGRAFÍA DE TÓRAX

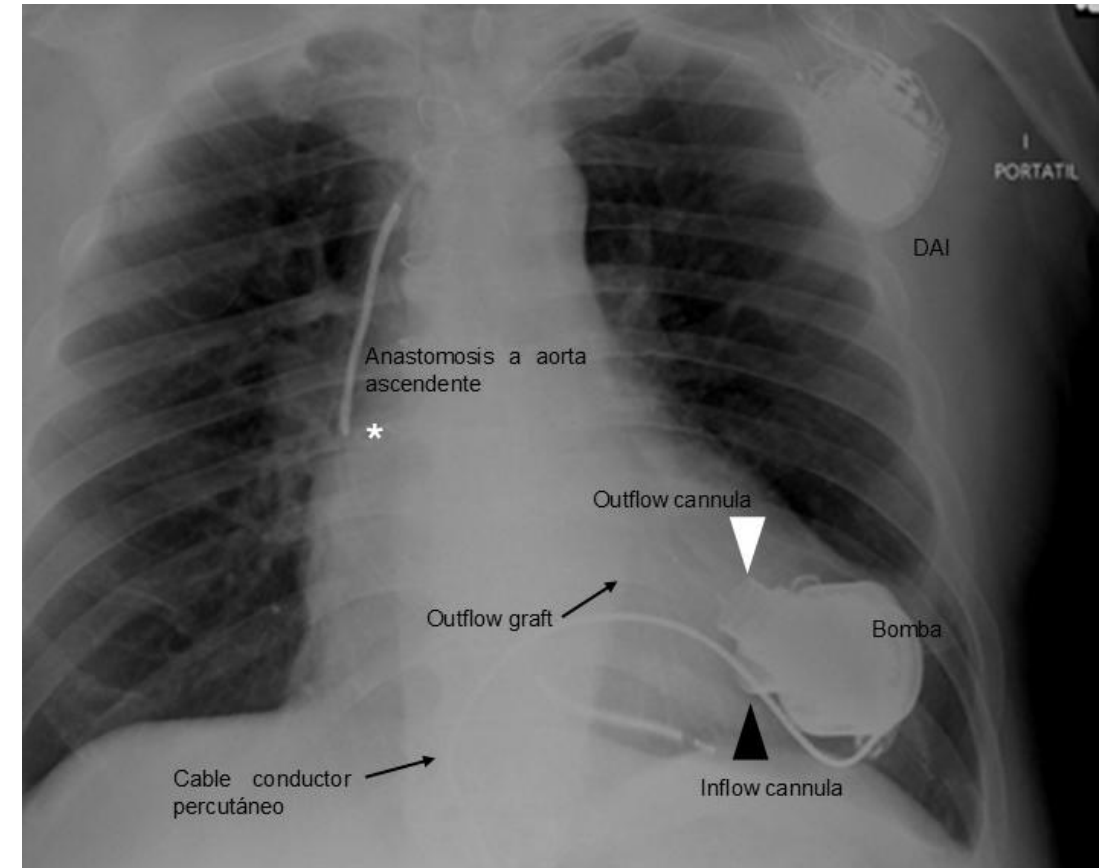
- **En el preoperatorio:** documentar la anatomía torácica basal.
- **Postoperatorio inmediato:** confirmar la posición del dispositivo, orientación del injerto de salida y el trayecto del driveline.
- **Ante sospecha de complicación.**

Limitaciones: evaluación del injerto de salida, del cuerpo de la bomba y cambios endoluminales

B ECOCARDIOGRAFÍA

- **Ecocardiografía transtorácica (ETT):** técnica no invasiva de primera línea para el seguimiento funcional, hemodinámico y estudios “ramp”.
- **Ecocardiografía transesofágica (ETE):** modalidad de elección durante la implantación y en el perioperatorio inmediato.

Limitaciones: evaluación de componentes estructurales



5

EL PAPEL DE LAS TÉCNICAS DE IMAGEN EN SU EVALUACIÓN

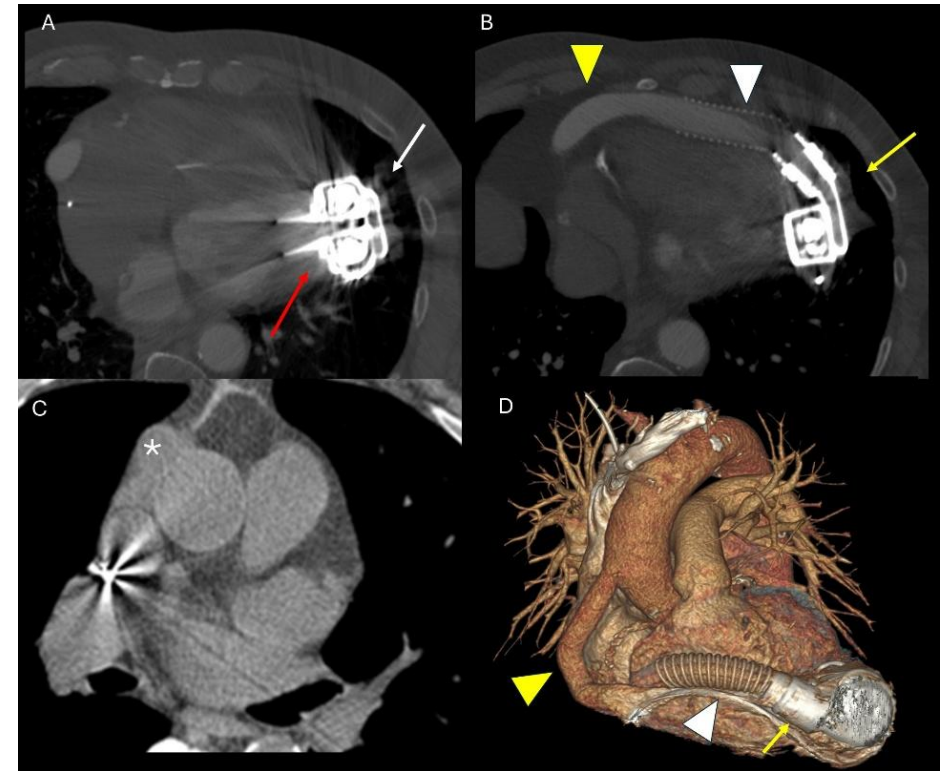
C TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON ANGIOGRAFÍA (ANGIO-TC)

Técnica de elección en:

- Alarmas de bajo flujo del dispositivo no explicadas por ecografía
- Evaluación detallada de los componentes (integridad, posición y complicaciones)
- Evaluación de estructuras extracardiacas

Otras indicaciones:

- Planificación de intervenciones endovasculares o quirúrgicas
- Evaluación previa a la explantación o intercambio del dispositivo
- Estudios de regurgitación aórtica asociada al LVAD.



TC sin contraste: inflow cannula (flecha roja), carcasa de la bomba (flecha amarilla), cándula de salida (flecha amarilla), segmentos proximal y distal del injerto de salida (punta de flecha blanca y amarilla, respectivamente), anastomosis (*)

5

EL PAPEL DE LAS TÉCNICAS DE IMAGEN EN SU EVALUACIÓN

C TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON ANGIOGRAFÍA (ANGIO-TC)

PROTOCOLO

ECG-gated (menor artefacto)

- **80-120 ml** de contraste endovenoso, un flujo **de 4-5 ml/s**.
- Adquisición con **retraso fijo** (25 – 30 s) o mediante **disparo automático** con ROI en aorta ascendente → adecuada opacificación del outflow graft.



5

EL PAPEL DE LAS TÉCNICAS DE IMAGEN EN SU EVALUACIÓN

D ARTERIOGRAFÍA

- Estudio de angio-TC **no es concluyente**
- Se requiere **confirmación hemodinámica**
- Complicaciones **susceptibles de tratamiento endovascular**

Permite una valoración dinámica del flujo, medición directa de gradientes y realización de procedimientos diagnósticos y terapéuticos en el mismo acto.

E RESONANCIA MAGNÉTICA

- No forma parte del algoritmo diagnóstico rutinario.
- Su indicación se restringe a situaciones excepcionales y debe atenerse a las recomendaciones del fabricante y a los protocolos de seguridad.



6

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

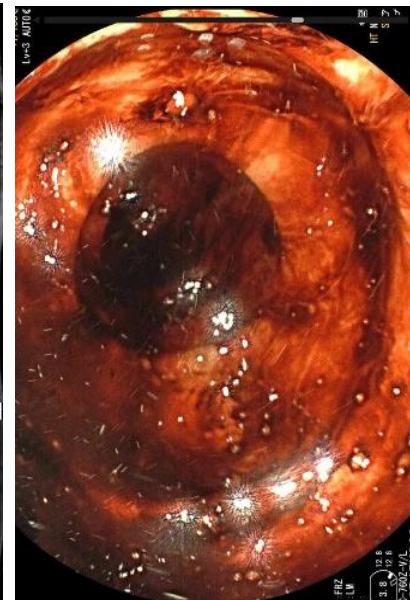
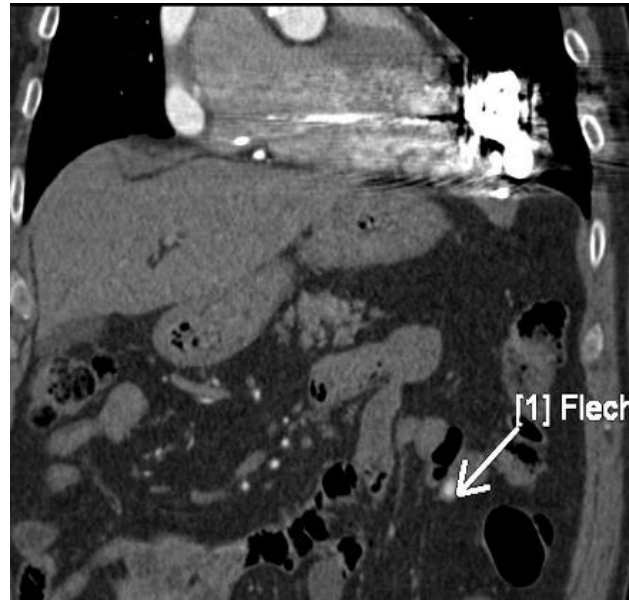
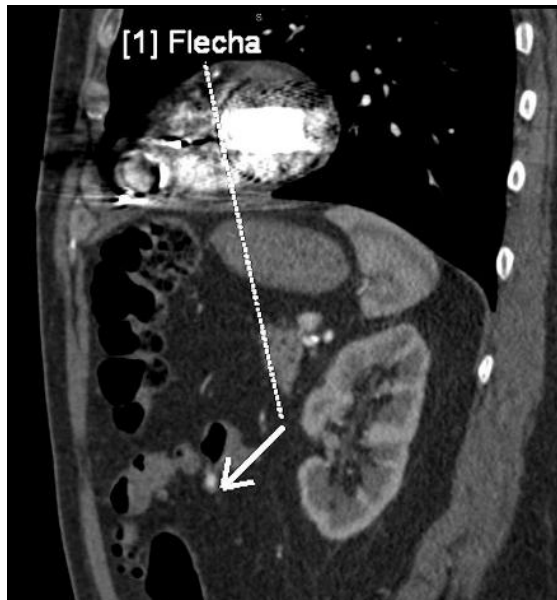
6.1 RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

HEMORRAGIA

- Una de las complicaciones **más frecuentes** (más en los 3 primeros meses)
- Menor incidencia que los dispositivos de generaciones previas.
 - **Gastrointestinales** (14 – 35%): los más frecuentes.
 - **Mucosos.**
 - Otros: pericardio, pared torácica o abdominal, o intracraneal.

ANGIO-TC

- Es la técnica de elección.
 - **Detección de hematomas:** colecciones de media – alta atenuación
 - Identificar **foco de sangrado activo:** extravasación de contraste en fase arterial / portal.

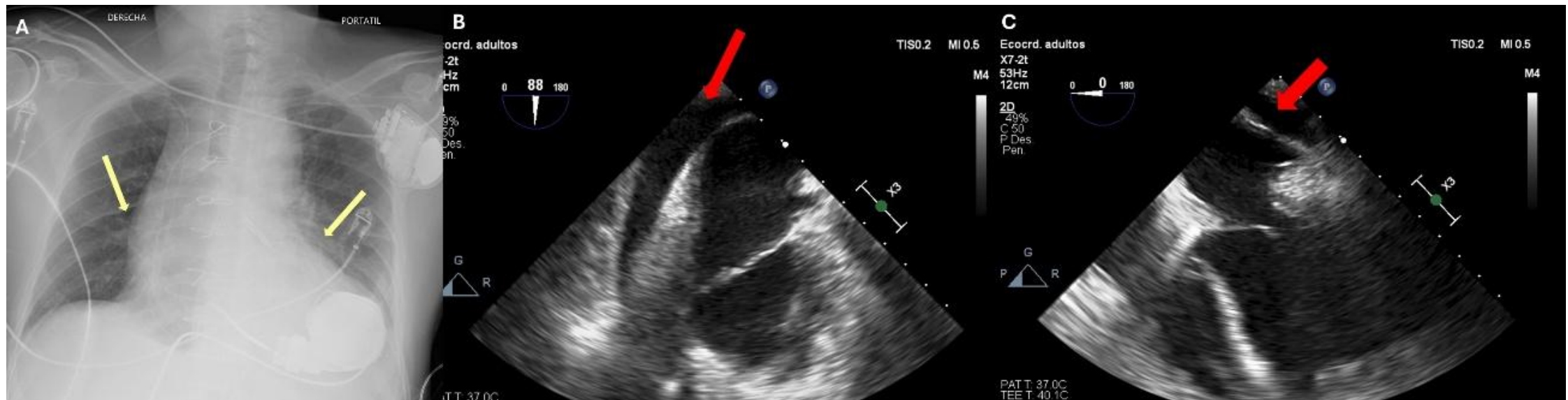


Caso 1. Hemorragia digestiva baja con sangrado en divertículo del colon descendente (flecha). En la colonoscopia se identificaron datos de sangrado reciente, sin identificarse un punto de sangrado activo.

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.1 RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

HEMORRAGIA



Caso 2: Paciente con fallo cardíaco derecho a los 10 de la implantación del HM3.

- Radiografía de tórax portátil en decúbito supino: leve agrandamiento de la silueta cardíaca (valoración limitada por proyección anteroposterior)
- Ecografía transesofágica: derrame pericárdico (hemático) de cuantía moderada que comprime el ventrículo derecho.

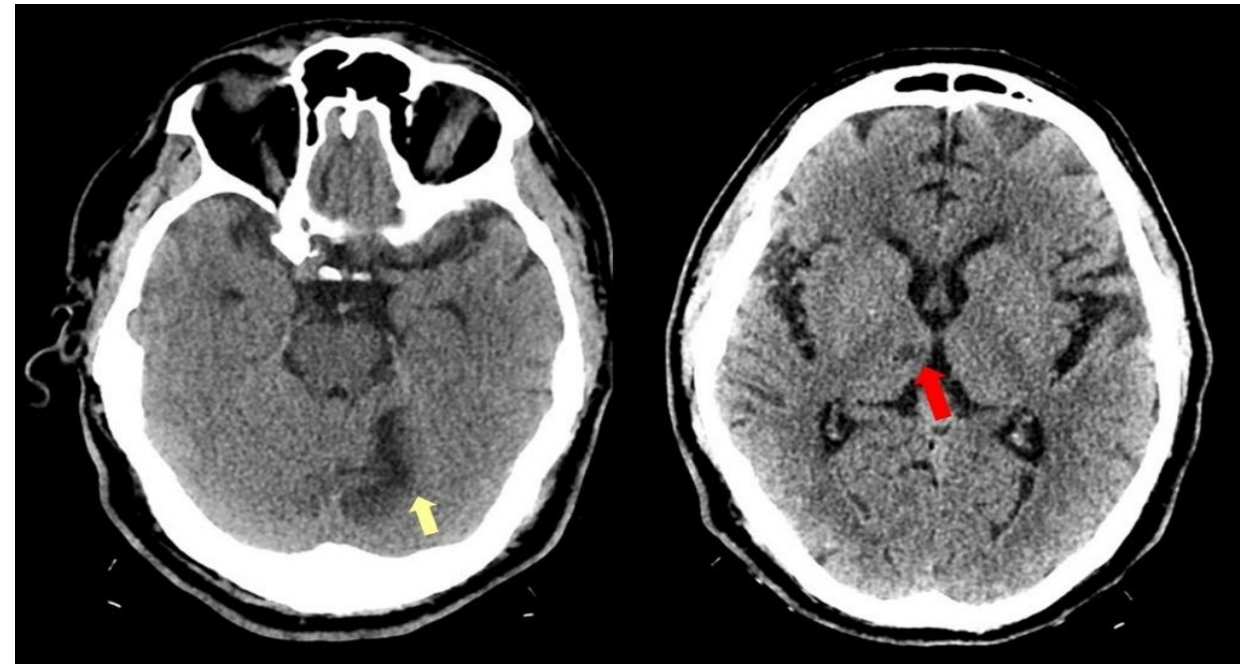
6.1 RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

EMBÓLICA

Riego tromboembólico aumentado:

- Disfunción endotelial
- Activación del sistema de coagulación.

El ensayo **MOMENTUM 3** demostró que el dispositivo HM3 reduce la tasa global de ictus, y en general, los eventos adversos relacionados con hemocompatibilidad en comparación con dispositivos de generaciones previas.



Caso 3. Paciente portador de HM3 desde hace 12 meses. Se activa código ictus y se observa una lesión focal hipodensa en tálamo derecho. Área hipodensa subcortical cerebelosa izquierda en relación con encefalomalacia secundaria a hematoma intraparenquimatoso al mes de la implantación del dispositivo

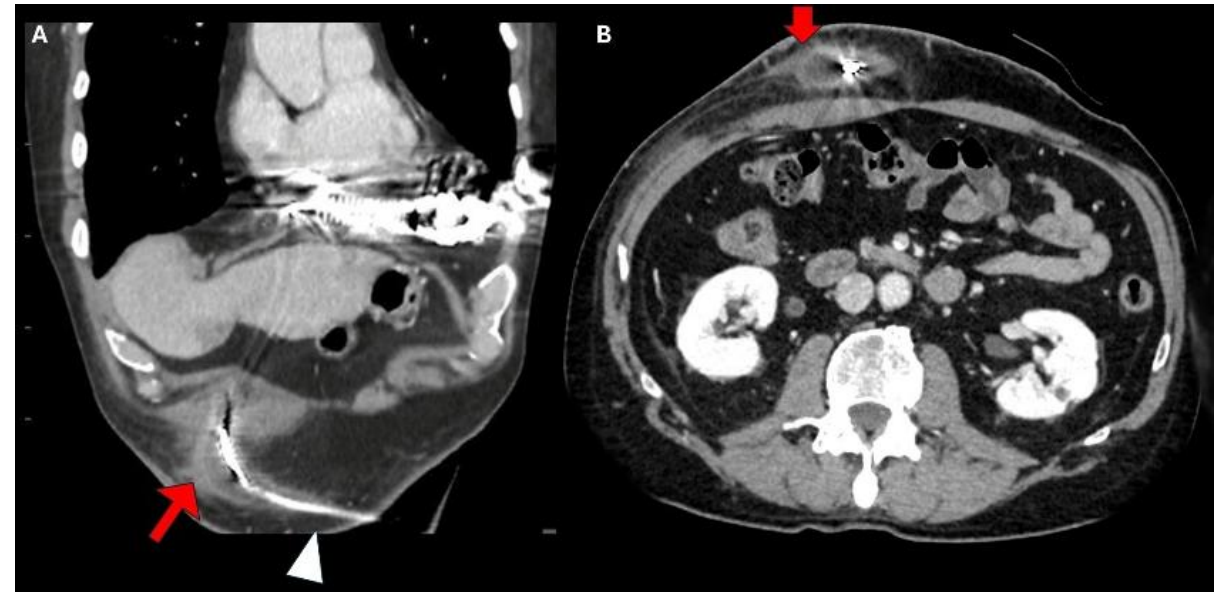
6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

INFECCIÓN

Es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad, se asocia a hospitalizaciones recurrentes, deterioro funcional y mayor riesgo de explantación o trasplante urgente.

Tipos según ISHLT (Sociedad Internacional de Trasplante Cardíaco y Pulmonar):

- **Infecciones específicas del dispositivo:** cable de impulsión, cánulas, injerto o el bolsillo pericárdico.
- **Infecciones relacionadas con el dispositivo:** endocarditis o mediastinitis
- **Infecciones no relacionadas con el dispositivo:** infecciones respiratorias.



Caso 3: Infección específica del dispositivo. Colección alrededor del driveline percutáneo - tipo

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

INFECCIÓN

ECOGRAFÍA

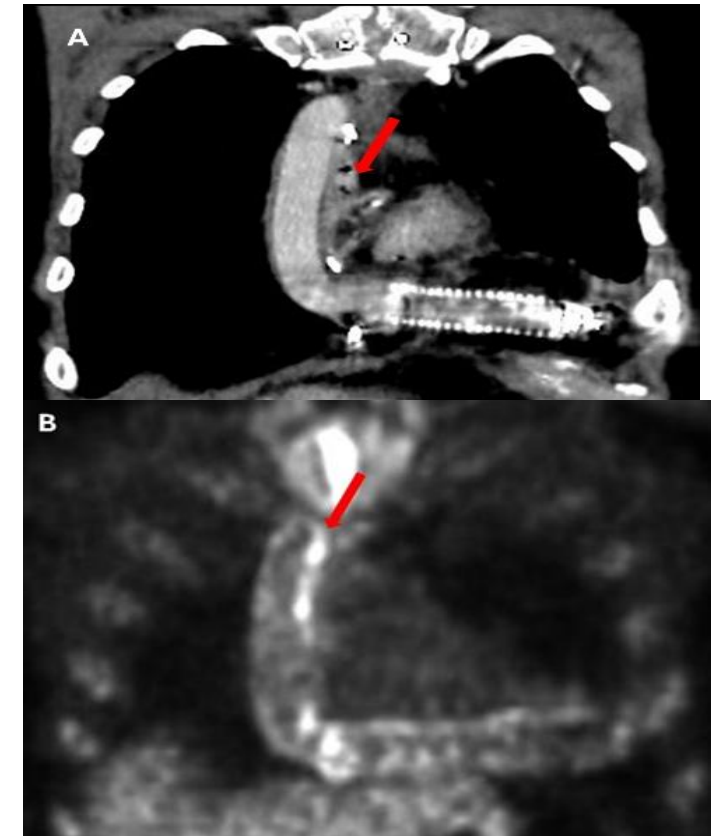
- Evaluar la presencia de **vegetaciones** y **disfunción ventricular** asociada a endocarditis
- **Colecciones heterogéneas**, con debris y tabiques irregulares próximos al dispositivo.

ANGIO-TC

- **Colecciones** de densidades bajas o intermedias con realce periférico con cambios inflamatorios circundantes (estriación grasa, exudado, etc)
- La **persistencia de gas o líquido** más allá de los 2 meses, debe considerarse sugestiva de infección.

PET-TC CON 18F-FDG

- Un patrón de captación heterogéneo, con áreas de captación focal e intensa es sugestivo de infección.



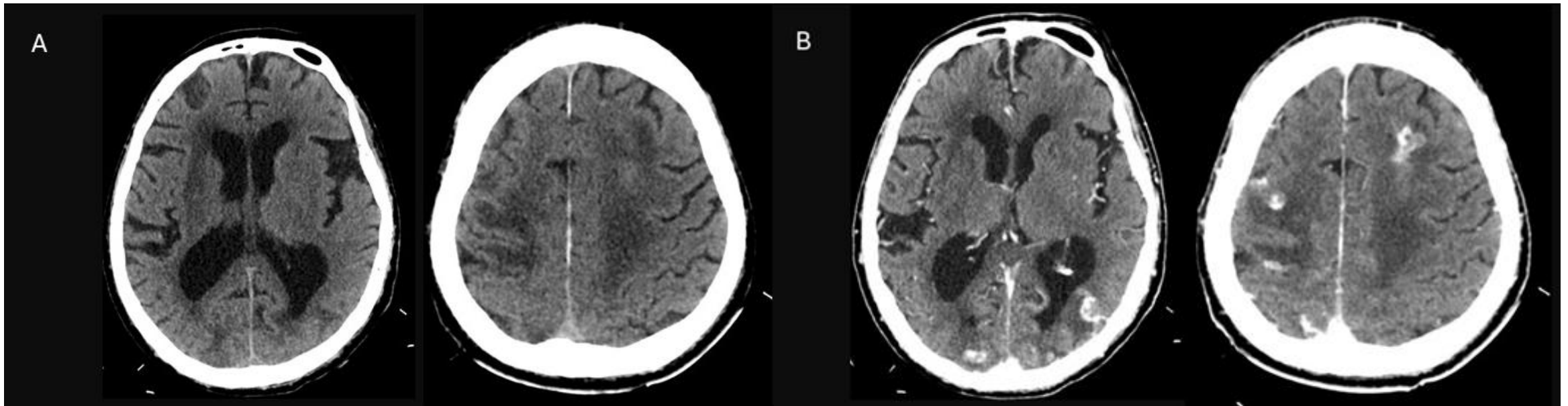
Caso 4: Infección específica del dispositivo. Aumento de partes blandas alrededor del injerto con pequeñas burbujas de gas. En el PET-TC se observa una hipercaptación, sugestiva de infección periinjerto.

6

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

INFECCIÓN



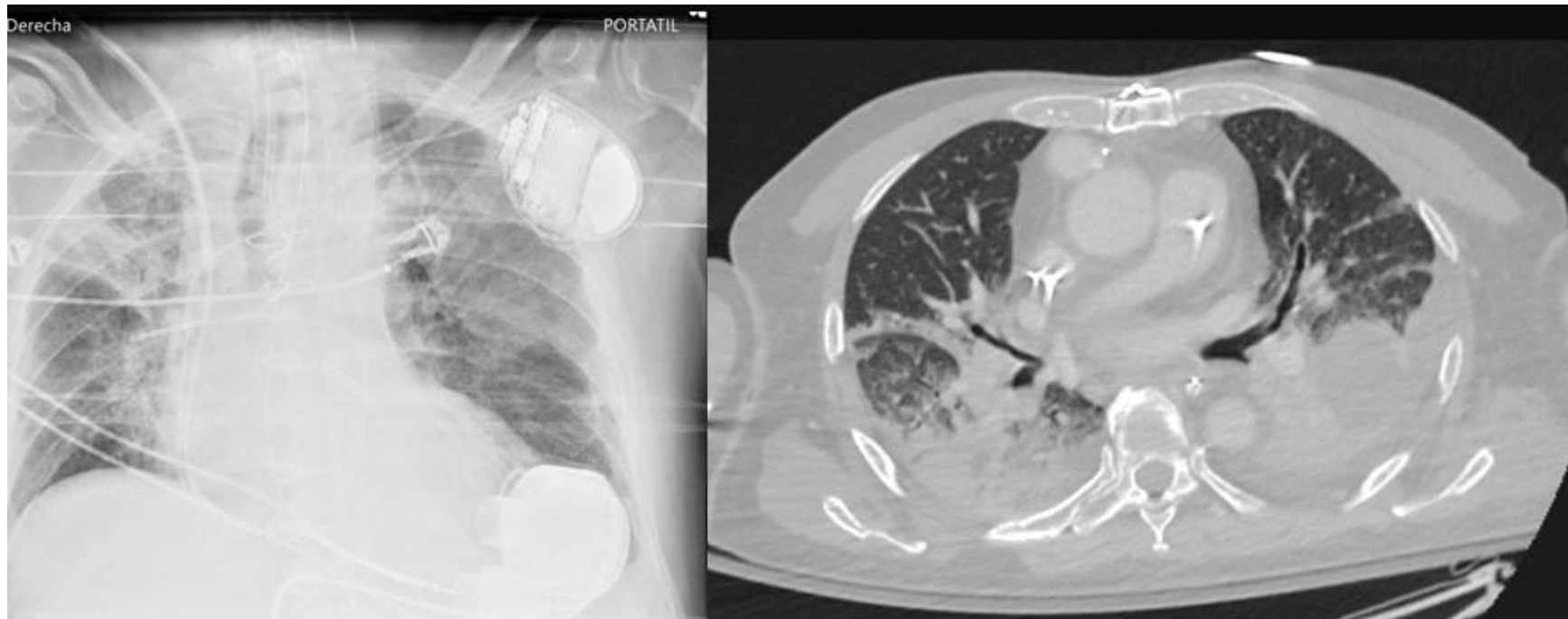
Caso 5. Infecciones relacionadas con el dispositivo. TC cerebral sin (A) y tras la administración de contraste endovenoso (B) en un paciente portador de HM3. Infartos isquémicos agudos - subagudos córtico-subcorticales en las convexidades fronto-parietales y occipitales bilateralmente, asociados a múltiples lesiones de morfología nodular, con realce periférico en anillo y centro necrótico, compatibles con microabscesos / embolismos sépticos, en el contexto de **endocarditis**.

6

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

INFECCIÓN



Caso 6. Infecciones no relacionadas con el dispositivo. Infección respiratoria en paciente con implantación de dispositivo HM3 hace 5 años. Radiografía portátil en decúbito supino y TC torácico con consolidación en el lóbulo superior derecho con derrame pleural asociado.

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

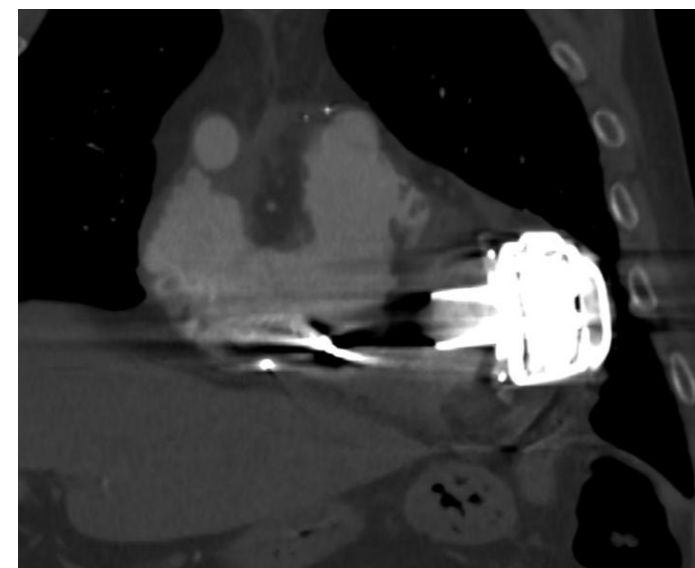
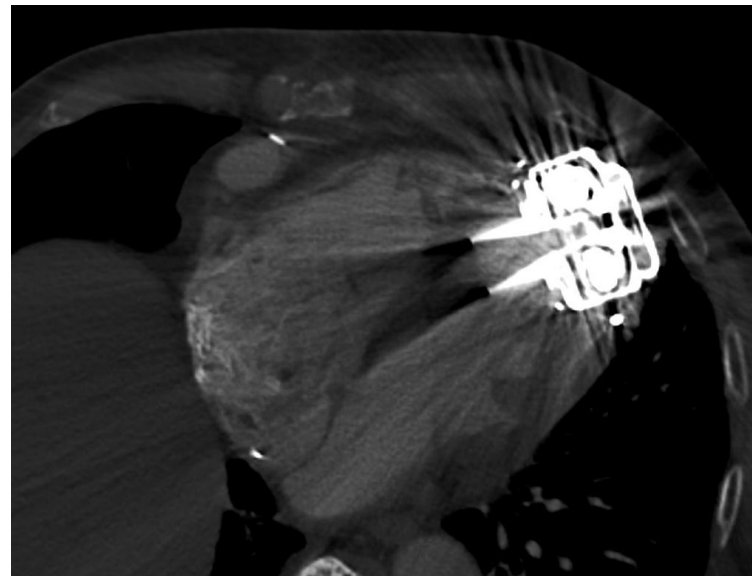
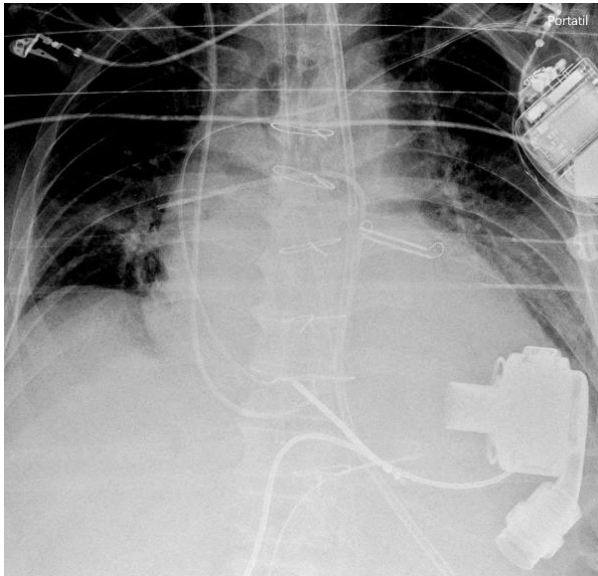
COMPLICACIONES MECÁNICAS

CÁNULA DE ENTRADA (INFLOW)

- Orientación inadecuada hacia el septo interventricular (figuras) o la pared ventricular libre
- **Causa:** remodelado ventricular progresivo (cambios en la precarga)
- **Consecuencia:** succión y colapso ventricular.

Ecografía técnica de primera línea en la detección de malposición.

Angio-TC: técnica de confirmación.



COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

BOMBA Y ROTOR

- Minimizados por el diseño de levitación magnética
- Menor incidencia que generaciones previas, pero pueden producirse **fallos mecánicos**.

INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

- Componente **más vulnerable**.
- Responsable de una proporción significativa de las complicaciones tardías – directamente proporcional a la mayor supervivencia de los pacientes portadores.
- Complicaciones:
 - **Estenosis (más común)**.
 - Potencialmente catastróficas: ruptura, **desacoplamiento** o perforación.
 - Otras: pseudoaneurismas, **estenosis en la zona de anastomosis**, fibrosis progresiva del injerto o reacción al material de recubrimiento.

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

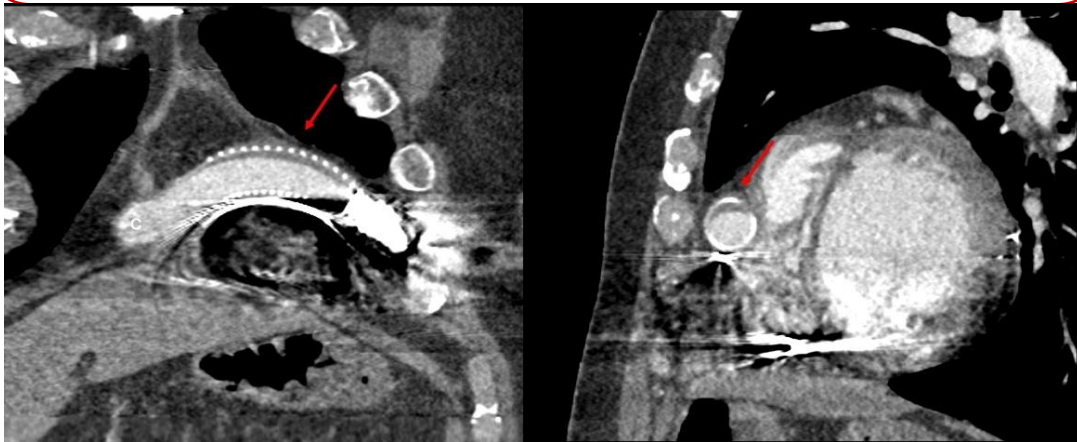
6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

OBSTRUCCIÓN EXTRÍNSECA POR DEPÓSITO DE BIODEBRIS

- Complicación **tardía más frecuente**. El riesgo de aparición está asociado a la **duración** del dispositivo (a partir del año de la implantación)
- **Infradiagnosticada** → ausencia de criterios estandarizados para el seguimiento de estos pacientes.



Trasudación de plasma y suero (biodebris) por los poros del graft y acumulación en el espacio virtual (entre el graft y el bend relief).

Normalidad: uniforme y lineal (figura)

Patológico: reducción de la luz por compresión extrínseca .

- Grosor 3 – 4mm
- Diámetro luminal < 10 mm



6

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

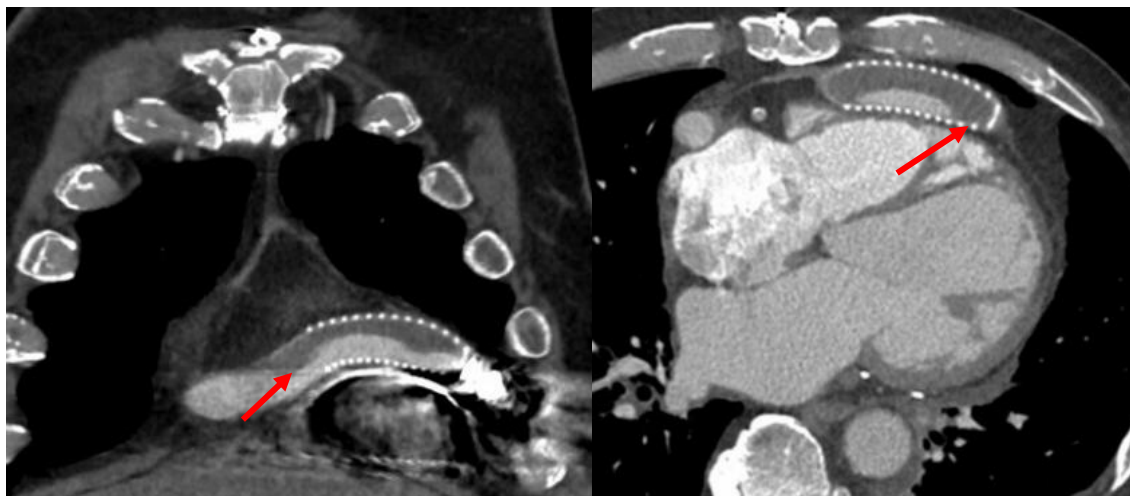
6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

OBSTRUCCIÓN EXTRÍNSECA POR DEPÓSITO DE BIODEBRIS

Angio-TC: material hipodenso depositado en la periferia del injerto (extragraft), separado por una fina membrana (graft), imperceptible.



RECOMENDACIONES EN EL INFORME RADIOLÓGICO

- Describir la localización del biodebris
- Detallar su distribución
 - Asimétrica (más común)
 - Circunferencial
 - Oclusión total (asociada a mayor riesgo de mortalidad)
- Medir el grosor máximo
- Extensión longitud que ocupa el biodebris (tomando como referencia la bomba)
- Diámetro luminal mínimo
- Medir el área intraluminal permeable

6

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

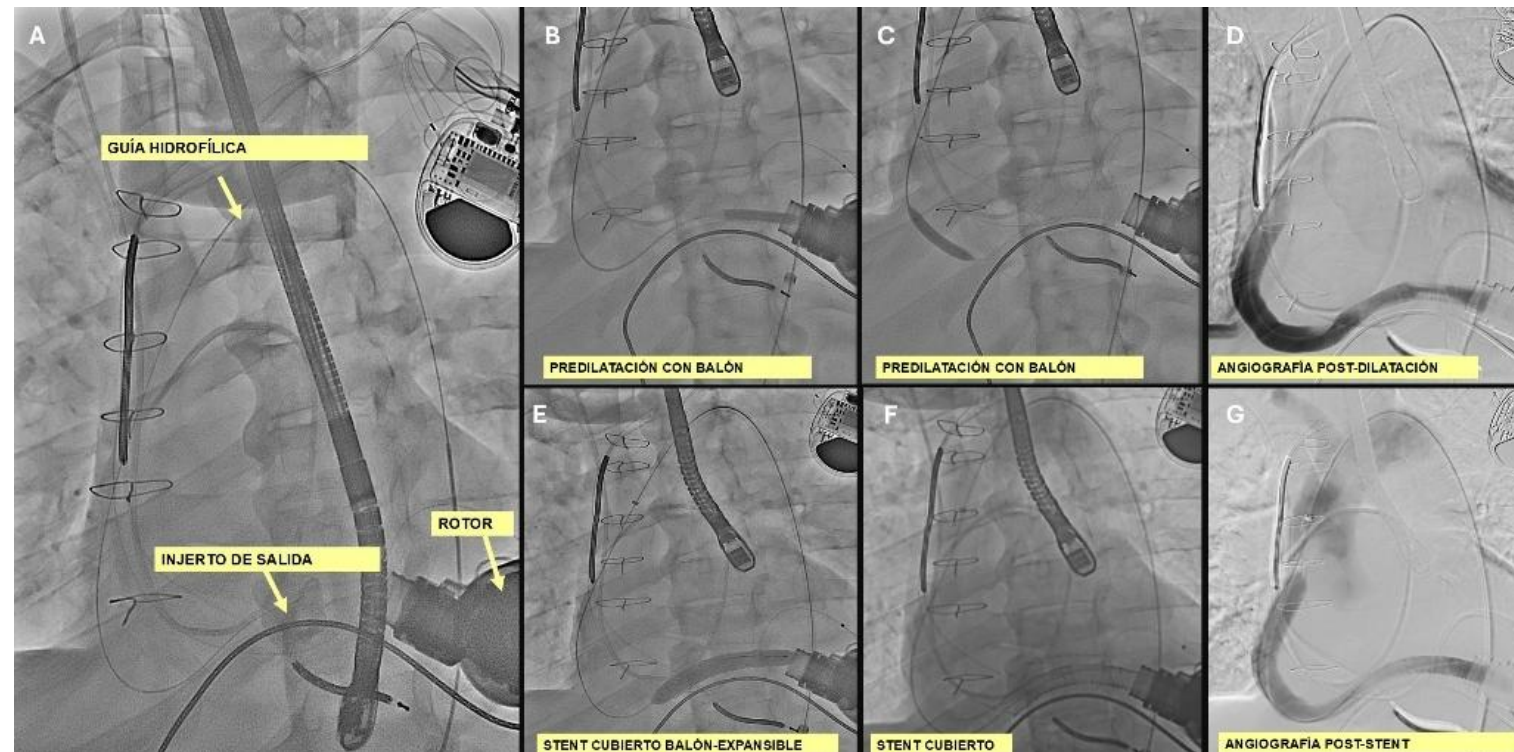
6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

OBSTRUCCIÓN EXTRÍNSECA POR DEPÓSITO DE BIODEBRIS

Angiografía: el tratamiento endovascular es una opción terapéutica eficaz.



6

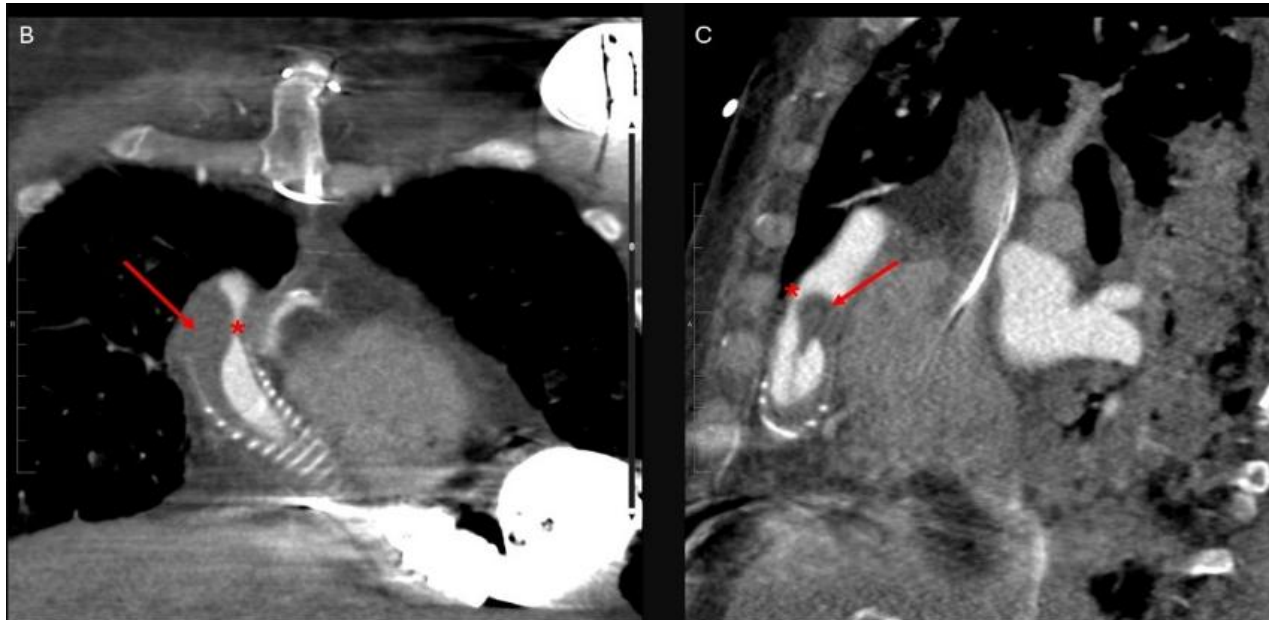
COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

TROMBOSIS INTRALUMINAL



Puede afectar a cualquier segmento del injerto de salida

Angio-TC: es la técnica de elección:

- Defecto de opacificación hipodenso dentro del lumen del graft, adherido a la pared.

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

KINKING Y TORSIÓN

Factores predisponentes: la longitud excesiva del injerto, un trayecto mediastínico angulado, falta de fijación, movimientos cardiororácicos y fibrosis periinjerto

Angio-TC: es la técnica de elección:

- Kinking: Angulación focal del graft (trayecto no lineal o en codo) con estenosis localizada del injerto de salida.
- Torsión: La torsión consiste en una rotación axial gradual del graft a lo largo de su eje longitudinal. Banda hipodensa oblicua o helicoidal dentro del bend relief (22) que compromete el calibre intraluminal

**Los HM3 implantados desde 2018 incorporan un clip anti-giro para reducir esta complicación.*



6

COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LOS DAVI

6.2 NO RELACIONADAS CON LA HEMOCOMPATIBILIDAD

COMPLICACIONES MECÁNICAS

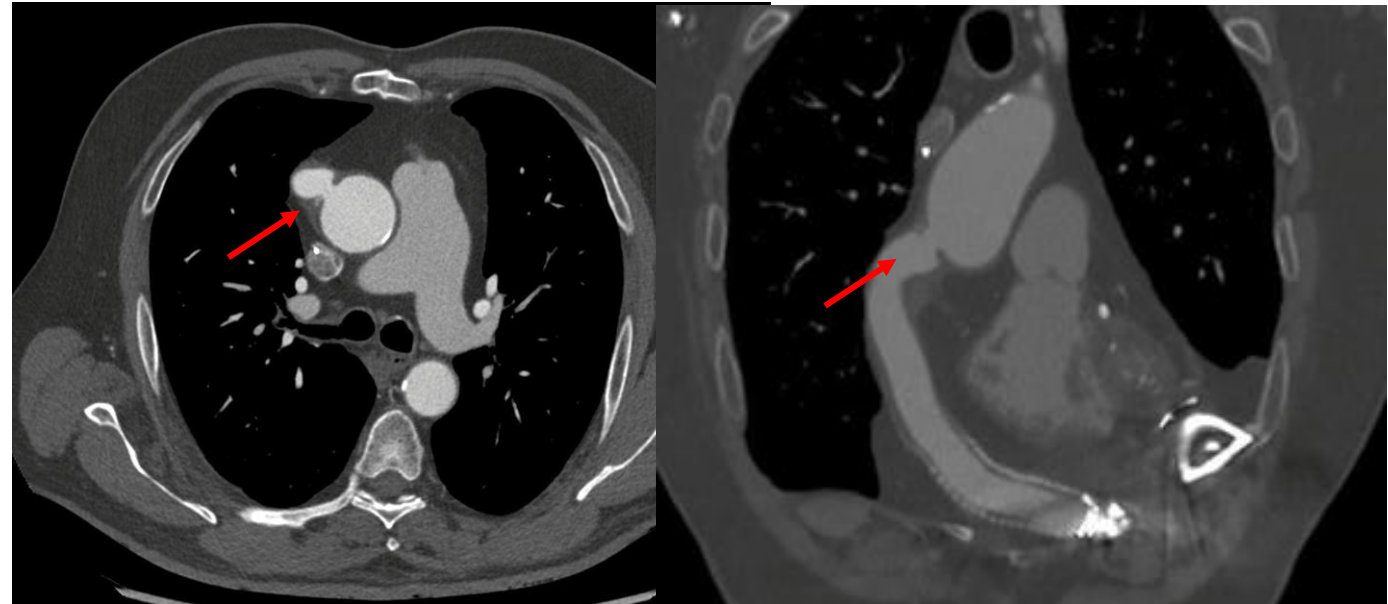
INJERTO DE SALIDA (OUTFLOW GRAFT)

ESTENOSIS EN LAS ANASTOMOSIS DEL INJERTO DE SALIDA

- Cambios fibroproliferativos
- Acumulación de biodebris proximal
- Procesos dinámicos asociados a torsión o compresión proximal del injerto

Angio-TC: es la técnica de elección:

- Reducción focal de la luz del injerto en la zona anastomótica con discrepancia del calibre proximal y distal a la anastomosis, y la ausencia de otras causas secundarias.



PITFALLS DIAGNÓSTICOS

PITFALLS RELACIONADOS CON PROBLEMAS TÉCNICOS

- **Artefactos de movimiento:** del paciente, respiratorios o del propio latido. Limitan especialmente la evaluación del injerto proximal.
- **Adquisición inadecuada del estudio** (fase temprana o tardía) o por bajo flujo sistólico: opacificación insuficiente del injerto de salida.

PITFALLS INTERPRETATIVOS O DIAGNÓSTICOS

- a. Recubrimientos protésicos y materiales quirúrgicos:
 - **Desplazamiento de las piezas de gore-tex** acopladas entre sí que recubren el injerto, pudiendo simular una rotura del injerto de salida.
 - **Teflón peri-anastomótico o parche de gore-tex precardiaco**, son hiperdensos y pueden confundirse con hemorragia o calcificación.
- b. Hallazgos benignos.
 - **Halo hipodenso periprotésico** de fibrosis, cambios cicatriciales o pequeño seroma post-quirúrgico, puede simular infección
 - **Gas periprotésico residual** en el periodo postquirúrgico precoz (hasta 2 meses).
- c. Biodebris y material acumulado:
 - **Valores de atenuación alto por su contenido:** simular hematomas, pseudoaneurismas o masas
 - Valoración del **grosor del biodebris**.
 - **Diagnóstico diferencial con la trombosis intraluminal.**
- d. **Estenosis y compresión dinámica:** postural o respiratoria, puede sobreestimar la severidad de una estenosis o simular una estenosis verdadera.
- e. **Manguito anastomótico residual post-explantación** (remanente del injerto) puede confundirse con pseudoaneurisma.

CONCLUSIONES

La **insuficiencia cardiaca avanzada** es un problema de importancia creciente a nivel mundial. El incremento de su prevalencia ha motivado e impulsado el desarrollo de los **dispositivos de asistencia ventricular de larga duración**.

El dispositivo **HeartMate 3** es el que ha demostrado en recientes estudios mayor supervivencia, mejor calidad de vida y menor tasa de complicaciones.

El **angio-TC** es la **prueba de imagen de elección** en la valoración de los componentes del dispositivo y su integridad, así como en la detección de la mayor parte de las complicaciones relacionadas con el dispositivo.

El injerto de salida es el componente más vulnerable. Entre sus complicaciones destacan aquellas que causan una **estenosis del injerto**, siendo la etiología más frecuente la **obstrucción extrínseca por acúmulo de biodebris**, una complicación potencialmente mortal que afecta hasta un tercio de los pacientes con DAVL.

Entre los aspectos futuros a tener cuenta:

- Recomendable definir la utilidad y periodicidad adecuada de la CT como método de detección precoz / screening de la obstrucción
- Establecer un umbral patológico claro para el depósito de biodebris, ya que por encima del año la mayoría de los pacientes presentan algún grado de acumulación.

1. Maddox TM, Januzzi JL, Allen LA, Breathett K, Butler J, Davis LL, et al. 2021 Update to the 2017 ACC Expert Consensus Decision Pathway for Optimization of Heart Failure Treatment: Answers to 10 Pivotal Issues About Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. JACC. 2021;77:772-810. doi:10.1016/j.jacc.2020.11.022
2. Ambrosini R, Green K, Kaproth-Joslin K, Alexis J, Barrus B, Gosev I, et al. Left Ventricular Assist Devices: Advances, Complications, and Pitfalls.
3. Mehra MR, Naka Y, Uriel N, Goldstein DJ, Cleveland JC, Colombo PC, et al. A Fully Magnetically Levitated Circulatory Pump for Advanced Heart Failure. N Engl J Med. 2017;376:440-50. doi:10.1056/NEJMoa1610426.
4. Estep JD, Nicoara A, Cavalcante J, Chang SM, Cole SP, Cowger J, et al. Recommendations for Multimodality Imaging of Patients With Left Ventricular Assist Devices and Temporary Mechanical Support: Updated Recommendations from the American Society of Echocardiography. Journal of the American Society of Echocardiography. 2024;37:820-71. doi:10.1016/j.echo.2024.06.005
5. Jain SS, Clerkin KJ, Anstey DE, Liu Q, Fried JA, Raikhelkar J, et al. Outflow Graft Narrowing of the HeartMate 3 Left Ventricular Assist Device. Ann Thorac Surg. 2023;115:1282-8. doi:10.1016/j.athoracsur.2021.12.014 PubMed PMID: 34998738.
6. Left Ventricular Assist Devices: Advances, Complications, and Pitfalls [Internet]. [citado 23 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/epdf/10.1148/ryct.240218> doi:10.1148/ryct.240218.
7. Shroff GS, Ocazonez D, Akkanti B, Vargas D, Garza A, Gupta P, et al. CT Imaging of Complications Associated with Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices (LVADs). Seminars in Ultrasound, CT and MRI. 2017;38:616-28. doi:10.1053/j.sult.2017.07.005.