

# Catástrofes vasculares en pacientes con dispositivos de asistencia ventricular de corta duración: importancia del diagnóstico radiológico precoz

Laura Abelairas López<sup>1</sup>, Miguel Antonio Solla Buceta,  
Ana Vanesa Aller Fernández, María Alejandra Maestro  
Durán, Víctor Xesús Mosquera Rodríguez,  
Milagros Marini Díaz

**Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña**

# Objetivo docente

Mostrar la importancia de conocer los dispositivos de asistencia ventricular (DAV) de corta duración y de soporte respiratorio extracorpóreo y las manifestaciones radiológicas de complicaciones vasculares mayores para realizar un diagnóstico y tratamiento precoz.

# Revisión del tema

Los DAV de corta duración se emplean en pacientes con shock cardiogénico refractario principalmente en tres escenarios: como puente a la recuperación, como puente a la decisión terapéutica y como puente al trasplante o asistencia de larga duración.

En las últimas décadas se han desarrollado diferentes dispositivos de asistencia:

1. Circulatoria mecánica como las bombas microaxiales (como Impella CP<sup>®</sup>) y las bombas centrífugas (como Levitronix<sup>®</sup>)
2. Cardiopulmonar como la oxigenación por membrana extracorpórea -ECMO veno-arterial (ECMO-VA)- que mediante una inserción periférica permiten rescatar a los pacientes con shock cardiogénico refractario.

Por otra parte, la ECMO, en su variante respiratoria o venovenosa (ECMO-VV), actúa como técnica de soporte vital extracorpóreo en el síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA) ante hipoxemia y/o hipercapnia refractarias. Si bien esta última no es una técnica de soporte hemodinámico o circulatorio, la hemos englobado en nuestra revisión por la morbimortalidad que también asocian sus complicaciones vasculares.

## Revisión del tema

Los DAV difieren en los efectos hemodinámicos, técnica de inserción y, en consecuencia, en las complicaciones. De hecho, los DAV que proporcionan mayor soporte requieren técnicas de inserción más agresivas con cánulas de mayor tamaño y con un mayor número de complicaciones vasculares.

Las complicaciones vasculares graves asociadas al uso de DAV incluyen procesos hemorrágicos, isquémicos y tromboembólicos que, tras la sospecha clínica, habitualmente requieren confirmación radiológica para asegurar el diagnóstico y establecer el plan terapéutico.

El diagnóstico precoz es clave y para ello es necesario, no solo un adecuado conocimiento de las complicaciones, sino también obtener estudios radiológicos de calidad de forma rápida en pacientes complejos, portadores de múltiples cánulas conectadas a la maquinaria correspondiente, que deben ser movilizados hasta la sala del TC, con las dificultades que esto conlleva.

## Revisión del tema

En nuestro centro se han implantado 144 DAV en el periodo 2011-2019.

Presentamos la serie de pacientes portadores de DAV de corta duración que desarrollaron complicaciones vasculares, en las que la radiología desempeñó un papel crucial en el diagnóstico mediante TC y/o arteriografía y, en ocasiones, en el tratamiento mediante procedimientos intervencionistas.

# Revisión del tema

## 1. Complicaciones hemorrágicas [1,2]

a) Complicaciones locales relacionadas con la canulación en la zona de inserción:

- Implantación del dispositivo (*Fig.1*)
- Decanulación
- Desplazamiento de las cánulas (*Fig.6*)
- Salida de sangre de las tubuladuras
- Rotura de la tubuladura

b) Complicaciones a distancia relacionadas con las alteraciones en la coagulación:

- Coagulopatía de consumo derivada del contacto de la sangre con el sistema
- Fármacos anticoagulantes administrados

Radiológicamente debemos valorar:

• Radiografía convencional: aumento de la silueta cardiopericárdica y posibles cambios de posición de las cánulas. La presencia de derrame pleural de nueva aparición o el desplazamiento de estructuras mediastínicas son datos que debe alertar al radiólogo.

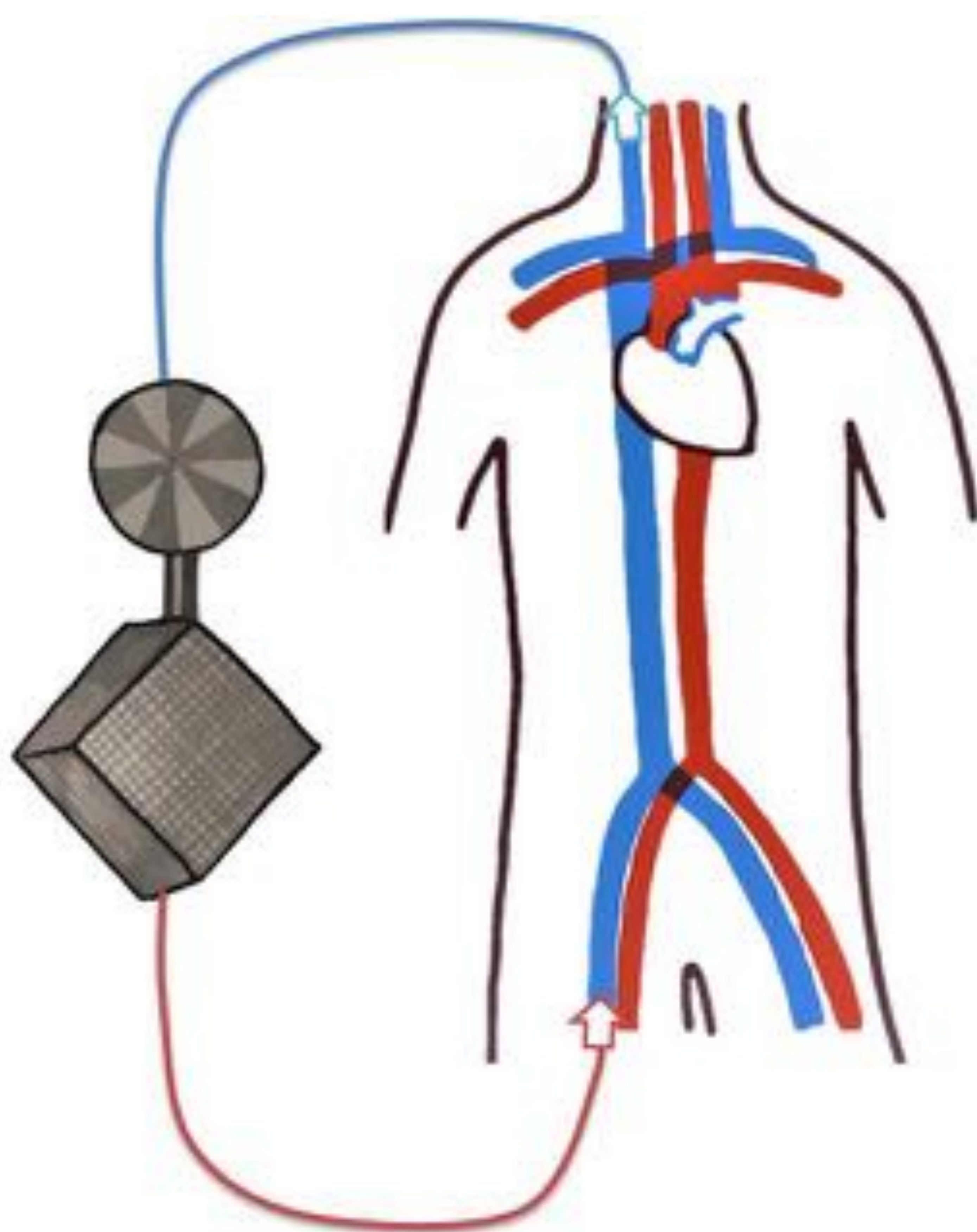
• Ecografía: en dispositivos de inserción periférica es útil para valorar la presencia de colecciones heterogéneas en relación con hematomas alrededor de las cánulas ecogénicas.

• TC: colecciones de alta atenuación adyacentes a las cánulas. En caso de complicaciones a distancia, se pueden presentar como hemotórax, hemopericardio, ascitis hemorrágica, hematomas retroperitoneales o hemorragias intracraneales (*Fig.2, Fig.4, Fig.6, Fig.7, Fig.13*).

• Angiografía: extravasación activa de contraste en el punto de sangrado (*Fig.3*).

# Complicaciones hemorrágicas

## Caso 1



**Fig 1. Pseudoaneurisma de arteria femoral común y sangrado en muslo derecho.** Varón de 45 años con distrés respiratorio agudo secundario a broncoaspiración por vómitos que precisa soporte con ECMO-VV (canulación yugular-femoral). Tras la decanulación del dispositivo anemia persistente, aumento de tamaño del muslo derecho, impotencia funcional y parestesias.

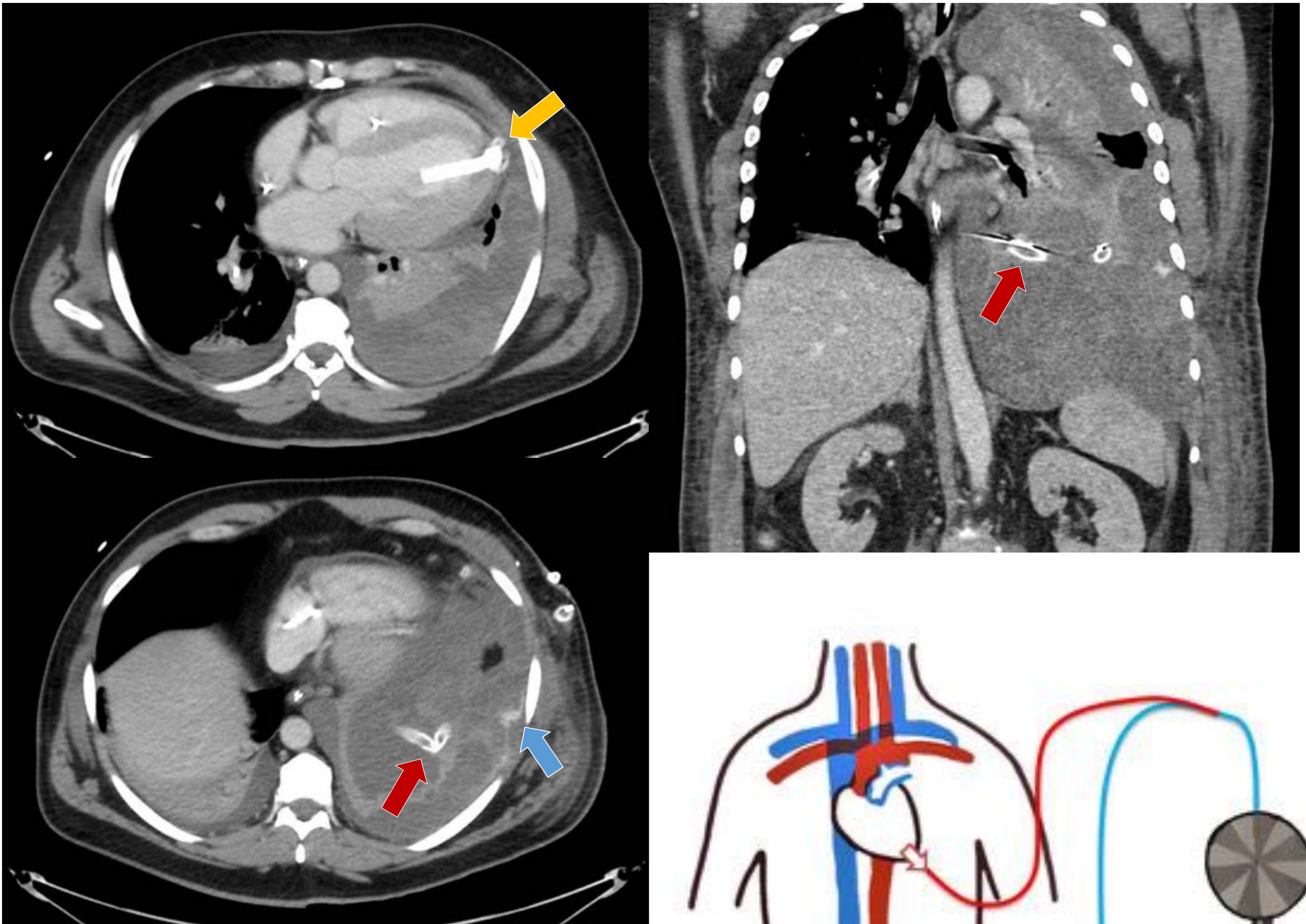
**A:** TC sin contraste que muestra hematomas en la raíz del muslo derecho.

**B:** Arteriografía selectiva de la arteria ilíaca externa derecha objetivándose un gran pseudoaneurisma dependiente de la arteria femoral común. Dado que se trata de un dispositivo de configuración VV, esta complicación podría estar en relación con la punción inadvertida de la arteria durante la canulación de la vena femoral y podría evitarse mediante la realización de una técnica ecoguiada.

**C:** Colocación de endopótesis y remodelación con angioplastia con buena evolución.

# Complicaciones hemorrágicas

## Caso 2

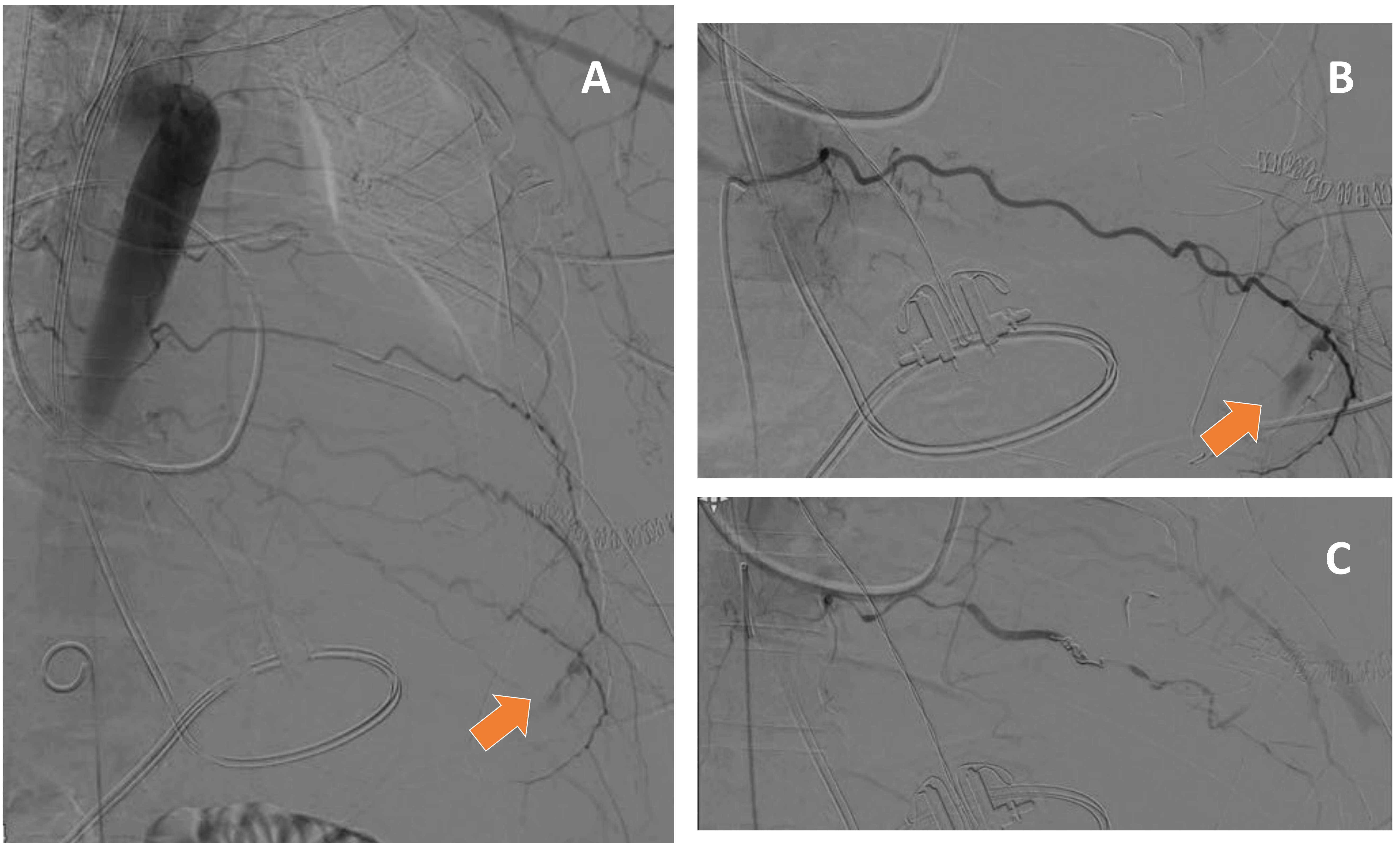


**Fig 2. Hemotórax.** Varón de 54 años con ECMO-VA con cánula de drenaje ventricular por shock cardiogénico refractario.

TC con contraste: se identifica hemotórax izquierdo con áreas de extravasación de contraste en relación con puntos de sangrado (flecha azul). Cánula de drenaje ventricular (flecha amarilla). Tubo de drenaje pleural (flechas rojas).



## Complicaciones hemorrágicas Continuación del caso 2



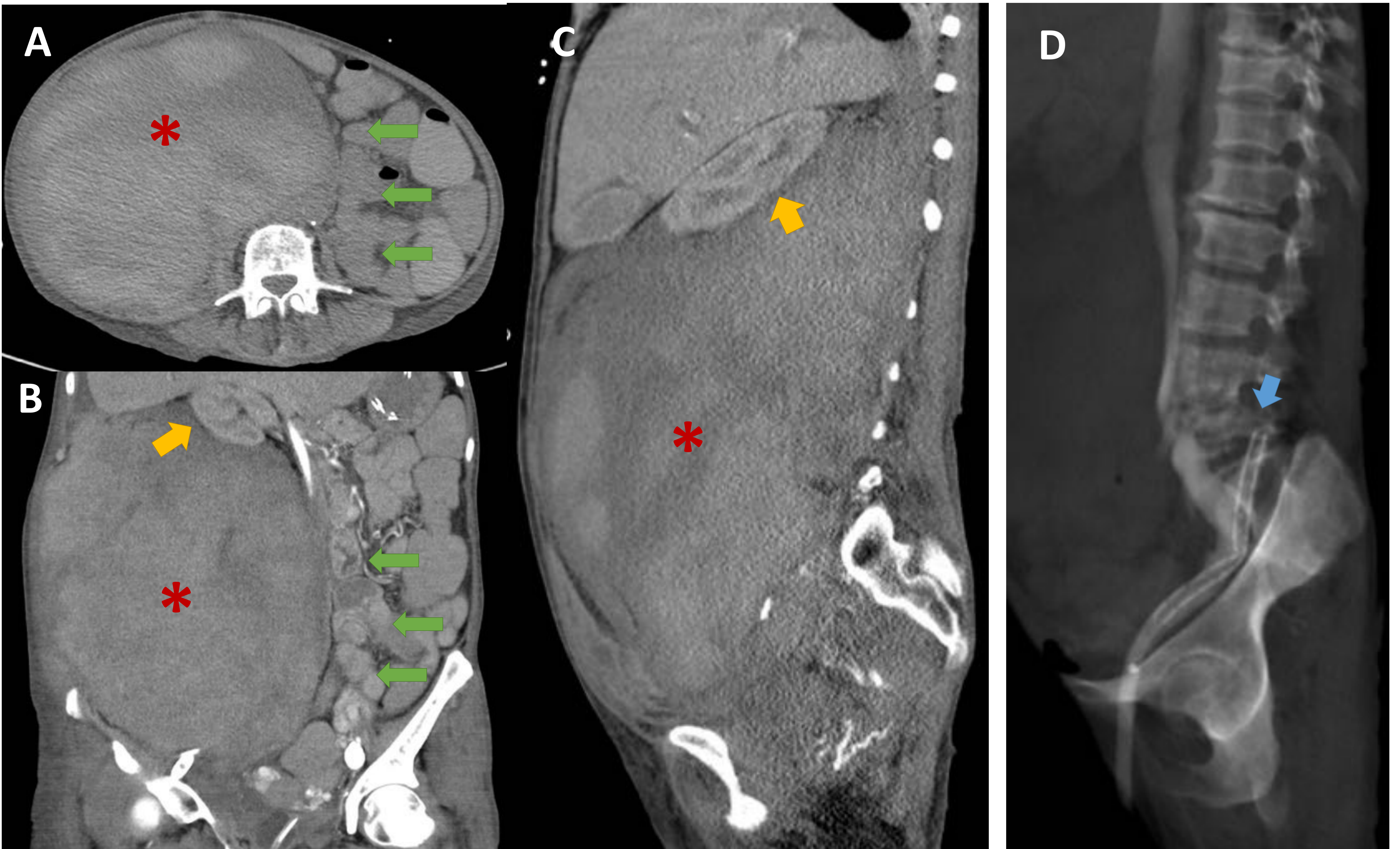
**Fig 3. Hemotórax.** Varón de 54 años con ECMO-VA con cánula de drenaje ventricular por shock cardiogénico refractario.

**A, B:** Arteriografía diagnóstica: se objetiva sangrado activo por la arteria 9ª intercostal izquierda (flechas)

**C:** Arteriografía tras la embolización con coils: se demuestra el cese del sangrado

# Complicaciones hemorrágicas

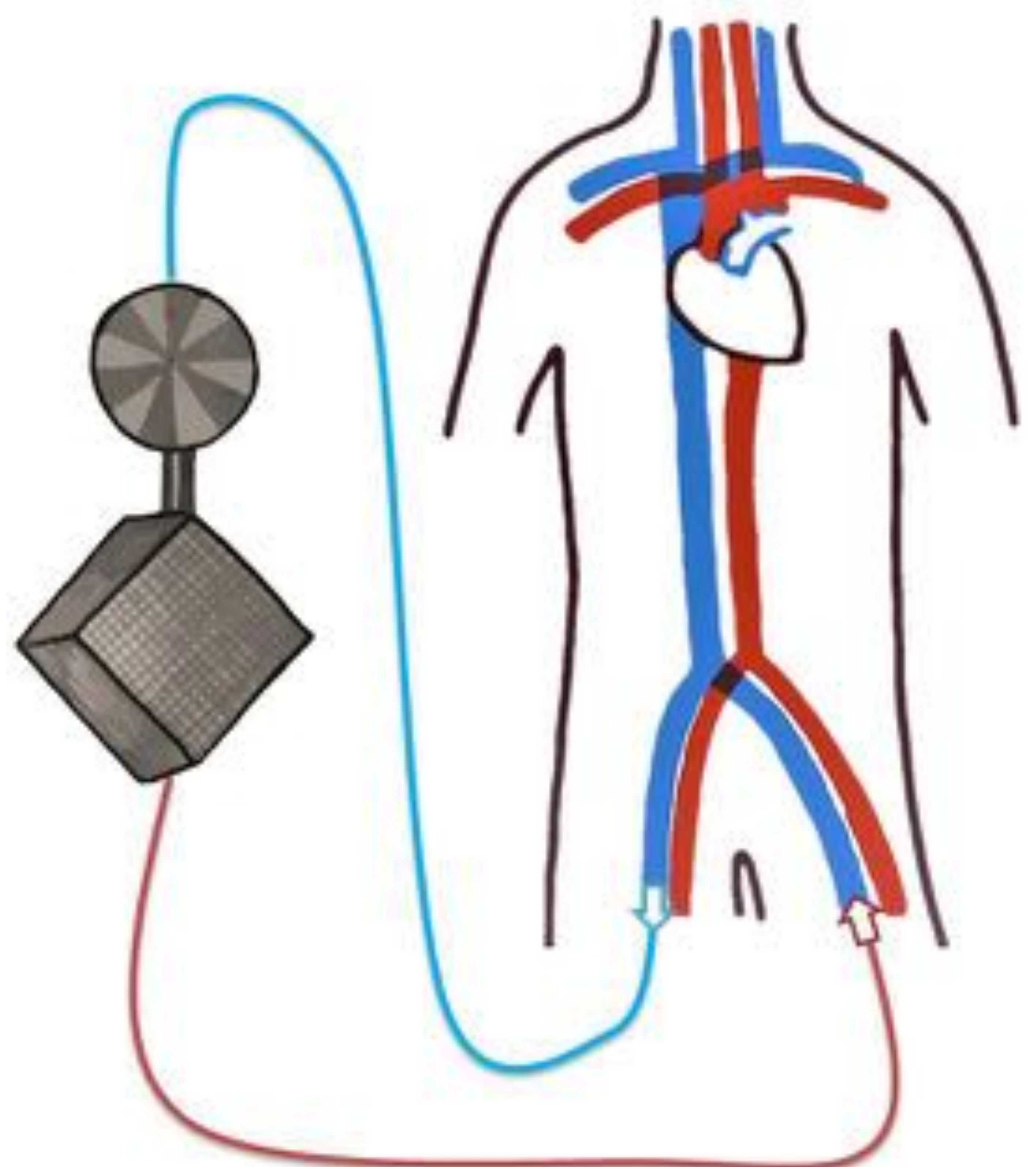
## Caso 3



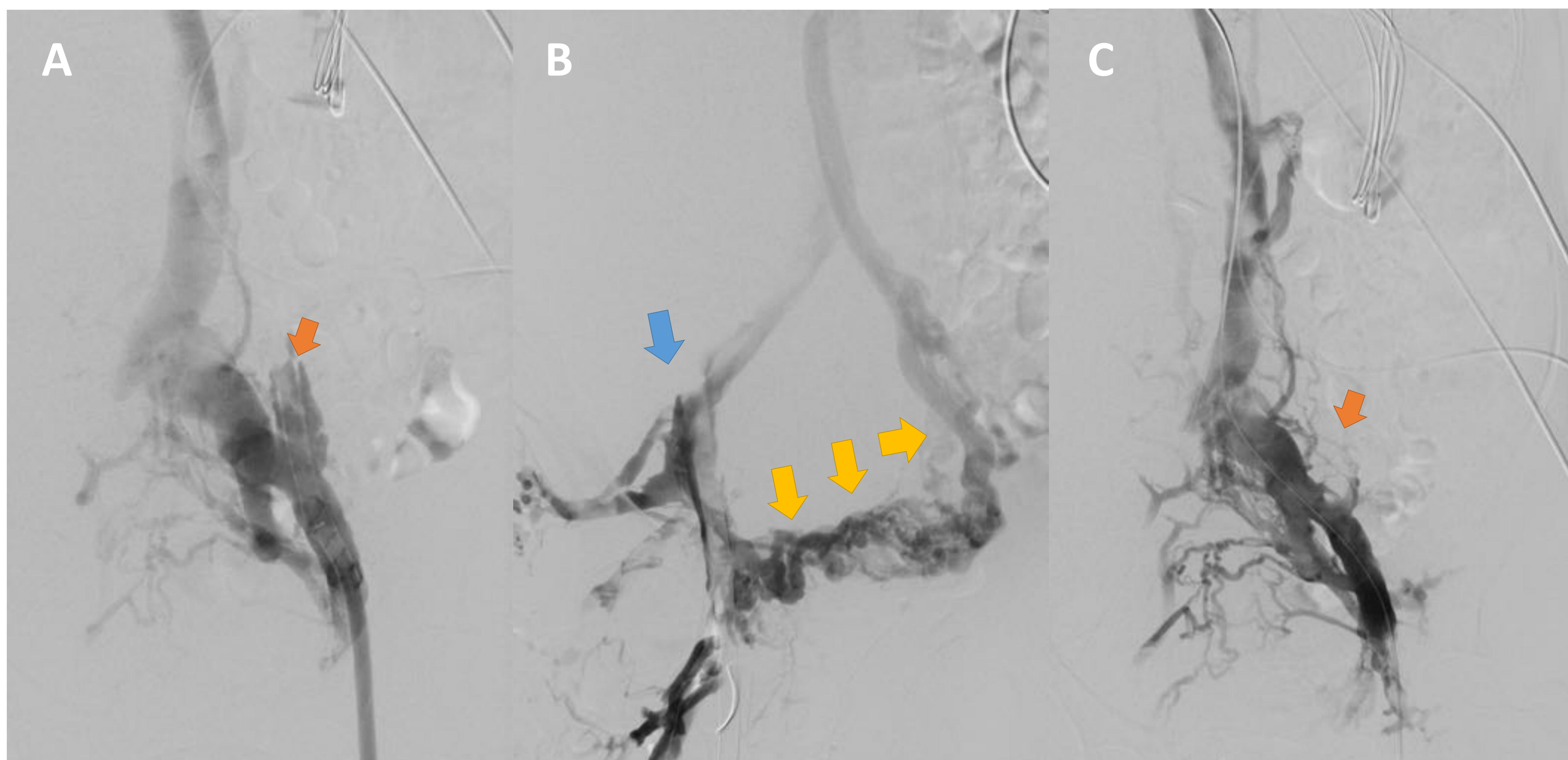
**Fig 4. Hematoma retroperitoneal.** Mujer de 67 años con SDRA severo secundario a neumonía refractaria a tratamiento, portadora de ECMO-VV (configuración femoral-femoral).

**TC:** Colección retroperitoneal de gran tamaño (asterisco), heterogénea, predominantemente hiperdensa, en relación con hematoma (**A:** axial, **B:** coronal, **C:** sagital) que provoca desplazamiento de órganos adyacentes como el riñón derecho (flecha amarilla) y asas intestinales (flechas verdes). No se objetivan focos de extravasación de contraste por sangrado activo hiperagudo. **D:** Reconstrucción sagital donde se observa el extremo distal de la cánula femoral izquierda fuera del trayecto venoso.

Se decide manejo conservador y, tras 28 días y mejoría del cuadro clínico, se retira dispositivo ECMO sin incidencias en la decanulación.



## Complicaciones hemorrágicas Continuación del caso 3



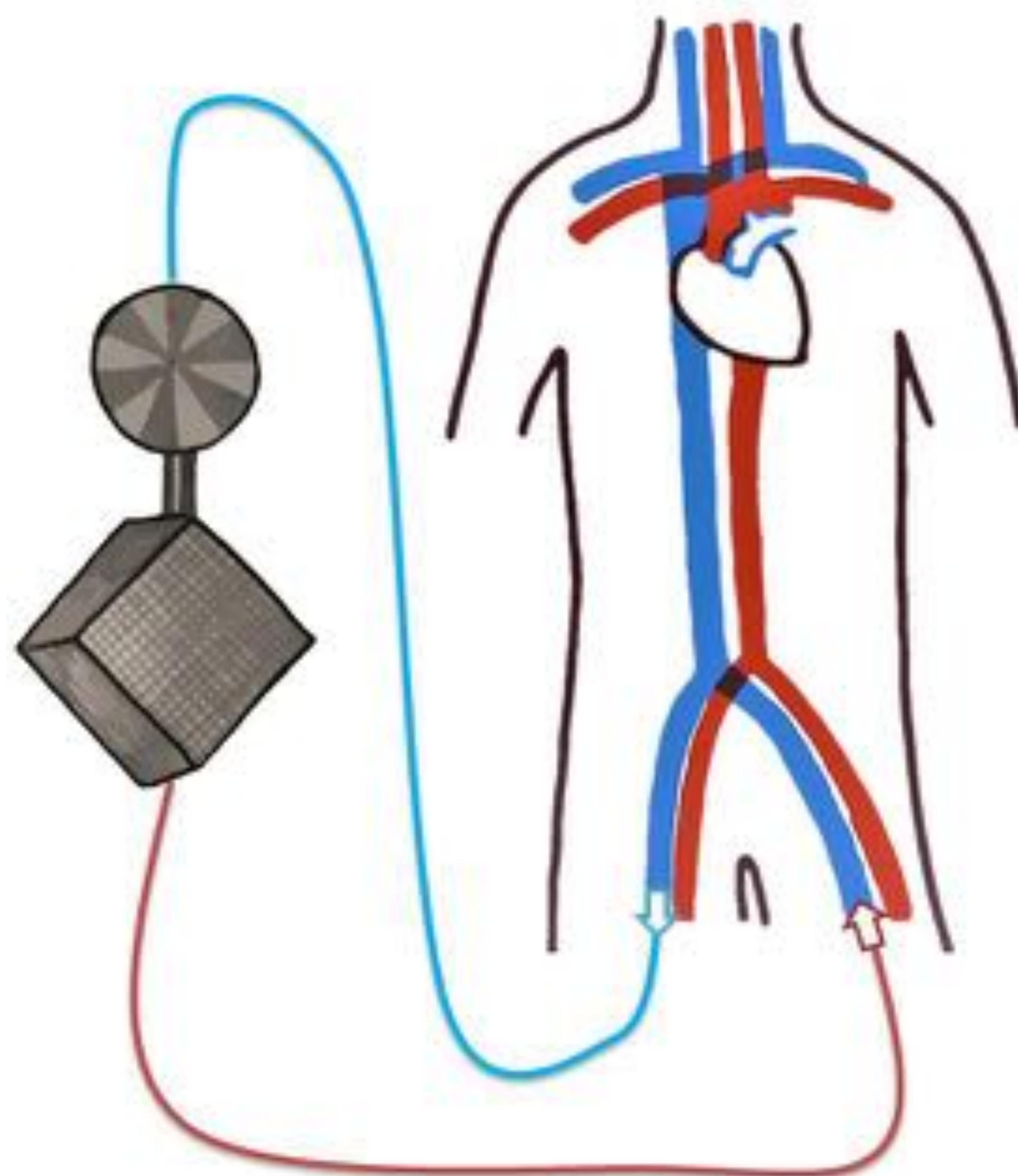
**Fig 5. Flebografía realizada tras retirada de las cánulas**

**A:** Se confirma el hallazgo visualizado en la TC: el extremo de la cánula femoral izquierda se encuentra fuera de la vena ilíaca ipsilateral, y se asocia a una imagen de adición de contraste (flecha naranja).

**B:** Impactación de la cánula femoral derecha en la vena ilíaca (flecha azul). Circulación colateral prominente a través de la vena ovárica (flechas amarillas).

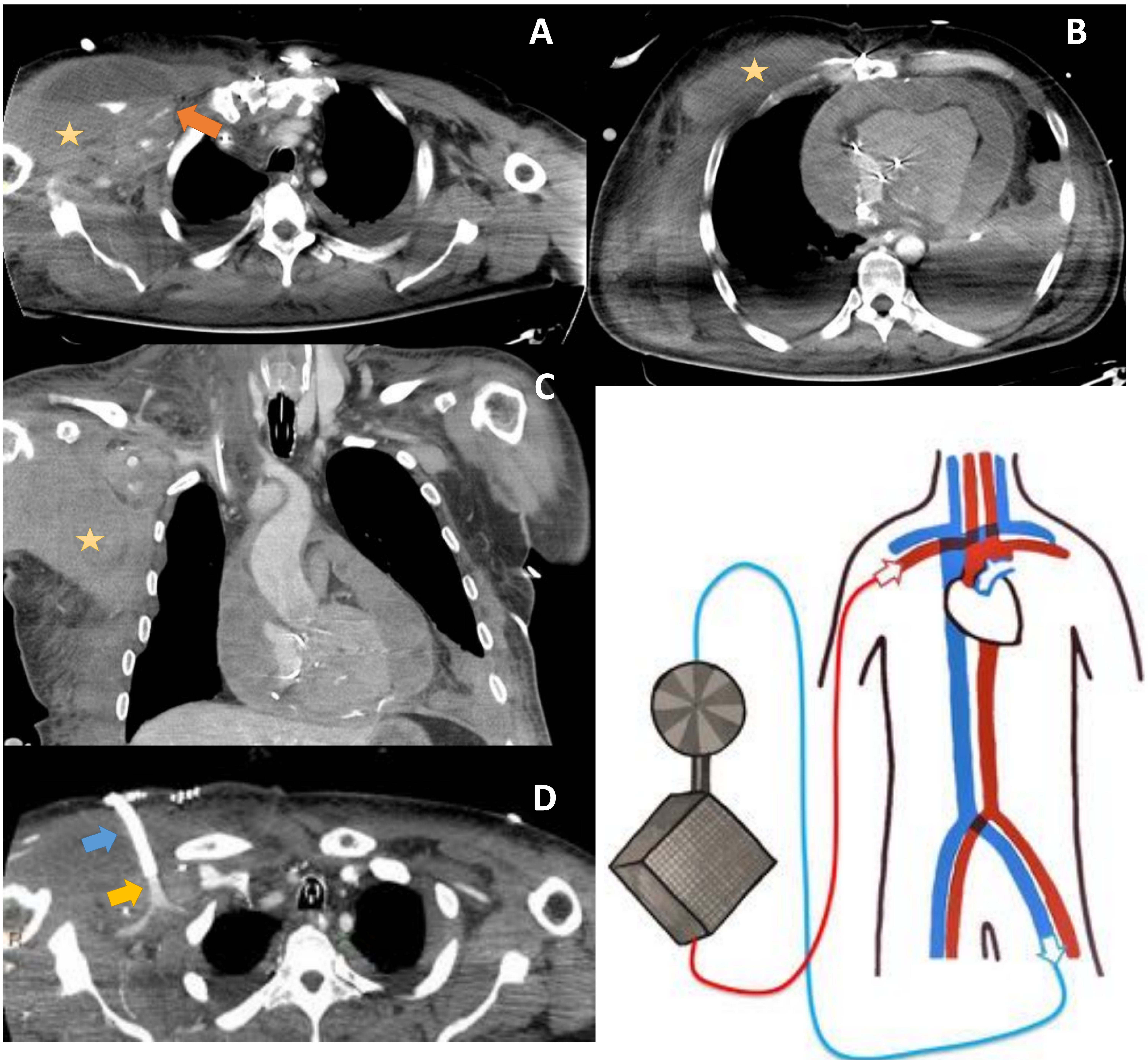
**C:** Resultado tras retirada de la cánula de la vena ilíaca izquierda, con desaparición de la imagen de adición de contraste secundaria a la impactación de la misma.

Uno de los factores que incrementa el riesgo de complicaciones es la necesidad de realizar la colocación de las cánulas a pie de cama en algunos de estos pacientes, no siendo posible comprobar el trayecto de las guías aún realizando técnicas ecoguiadas.



# Complicaciones hemorrágicas

## Caso 4



**Fig 6. Hemorragia.** Paciente portador de ECMO-VA como puente a trasplante cardíaco con configuración femoral izquierda-axilar derecha.

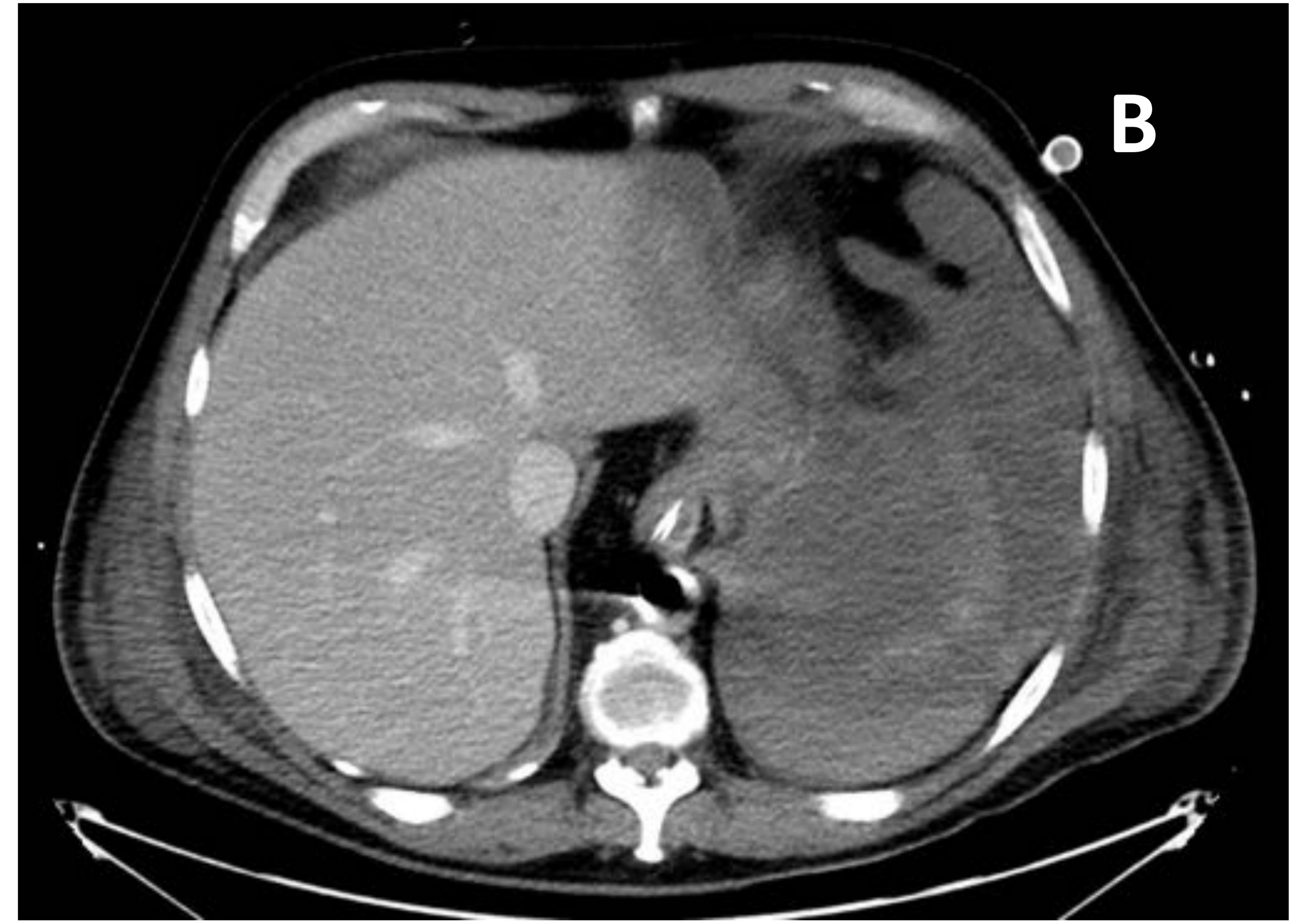
**A:** Extravasación de contraste (flecha naranja) en fase arterial y venosa a nivel de la arteria subclavia derecha con hematoma de pared torácica.

**B y C:** Derrame pericárdico hiperdenso por hemopericardico y derrame pleural izquierdo en relación con hemotórax.

**D:** Cánula desplazada (flecha azul) fuera del trayecto de la arteria subclavia derecha. Se observa el trayecto provocado por el desplazamiento de la cánula fuera de la luz del vaso (flecha amarilla).

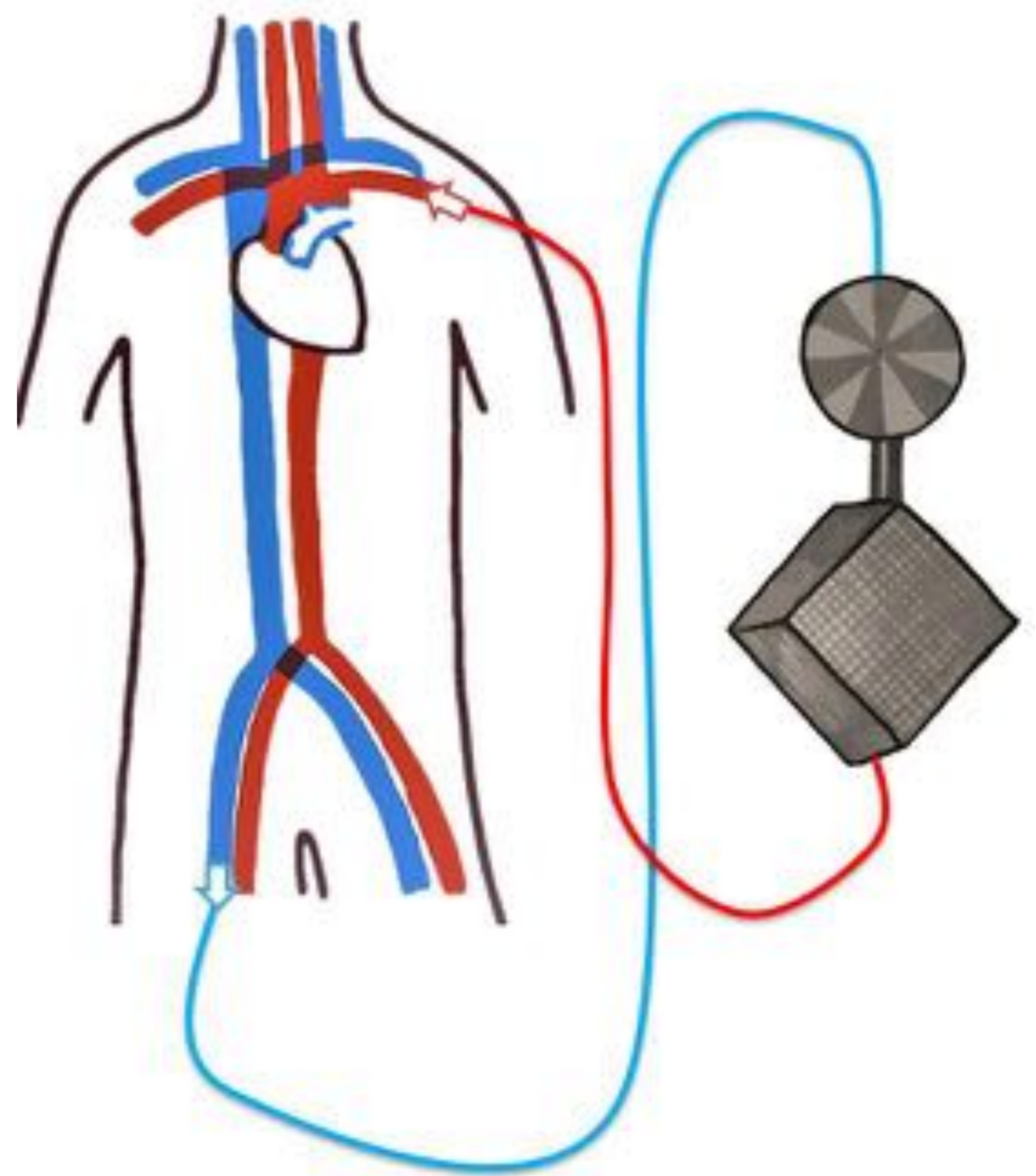
# Complicaciones hemorrágicas

## Caso 5



**Fig 7.** Varón de 55 años con shock cardiogénico secundario a IAM con dispositivo ECMO-VA (canulación arterial subclavia izquierda).

TC en fase arterial (A) y venosa (B). Hemotórax basal izquierdo. Pequeña imagen nodular de 10 mm, hiperdensa, con el mismo grado de realce que los vasos pulmonares, localizada en la región yuxtapleural lateral de la língula compatible con pequeño pseudoaneurisma (flecha en A).



# Revisión del tema

## 2. Complicaciones isquémicas

Las complicaciones isquémicas pueden ser secundarias a estenosis, trombosis, embolias e incluso a disección arterial.

La isquemia de miembro es la complicación vascular más frecuente en pacientes portadores de ECMO-VA [3]. El riesgo de padecerla se incrementa en los pacientes en los que la canulación se ve dificultada por arterias de mala calidad o que presentan enfermedad arterial periférica.

En el diagnóstico radiológico de isquemia de miembro son principalmente útiles:

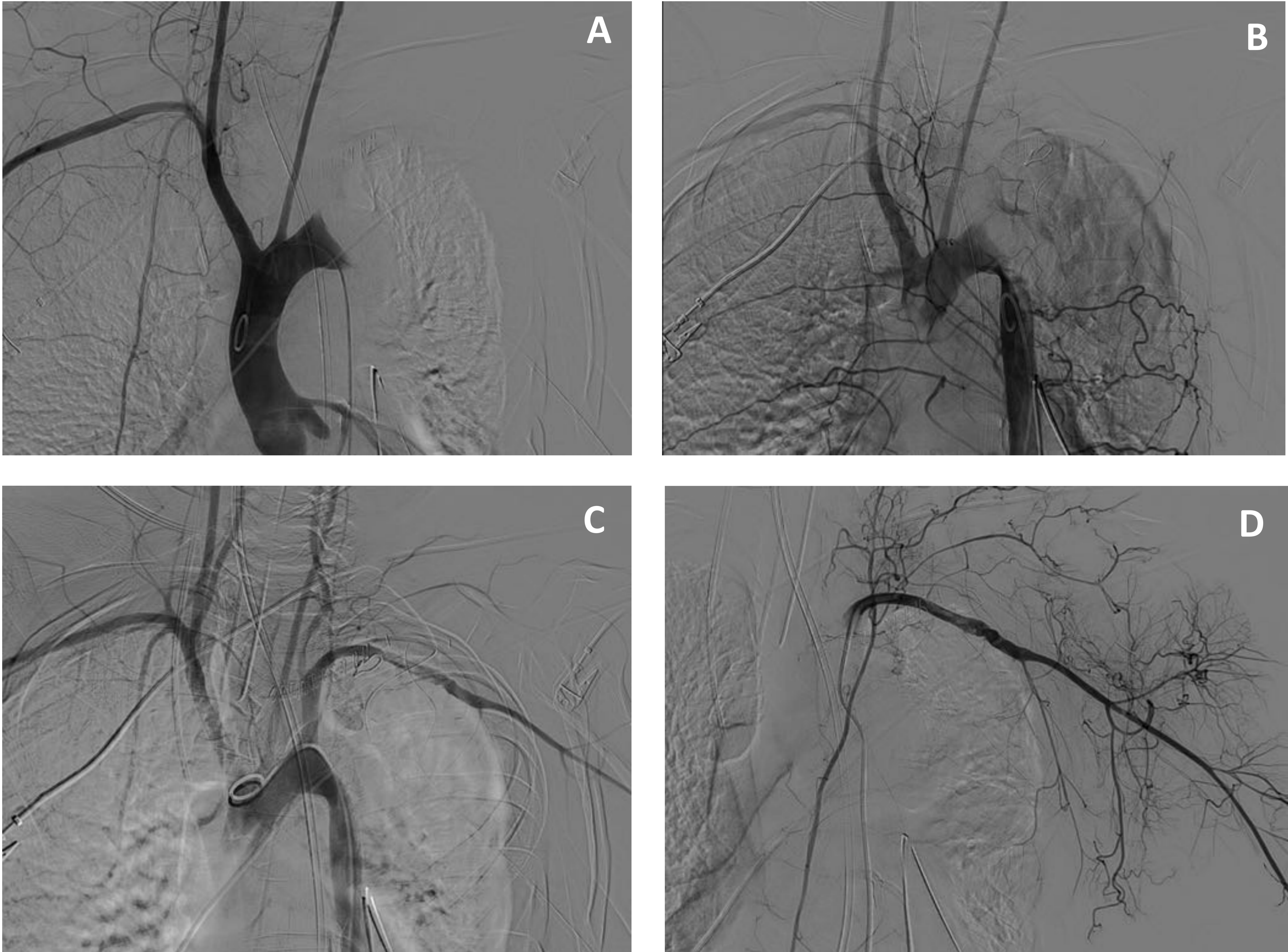
- Ecografía Doppler: permite la monitorización de la velocidad sistólica pico en las arterias distales [4].
- Angiografía: para la detección de estenosis críticas, oclusiones completas con ausencia de repleción del vaso (*Fig.8*) y para valoración del calibre de los vasos.

Para evitar complicaciones isquémicas debe realizarse una adecuada anticoagulación sistémica. Además, la colocación de un catéter de perfusión distal en el miembro inferior disminuye la incidencia de isquemia. Una posible complicación derivada de la colocación de este catéter es el síndrome compartimental por reperfusión o hiperaflujo (*Fig.9*) que requiere descompresión precoz con fasciotomía [3].

También pueden producirse signos de hipoperfusión esplácnica, entre ellos isquemia intestinal (*Fig.10*).

# Complicaciones isquémicas

## Caso 6



**Fig 8. Isquemia en MSI.** Varón de 50 años con asistencia ventricular izquierda de corta duración tipo Levitronix<sup>®</sup>. Signos de isquemia en el brazo izquierdo por “robo de flujo” en la arteria subclavia secundario a la presión ejercida por el dispositivo.

**A:** Aortografía torácica con catéter pigtail en la aorta ascendente se objetiva ausencia de tinción de la arteria subclavia izquierda y de la aorta torácica descendente.

**B:** Al colocar el pigtail en aorta descendente se tiñe la luz aórtica pero no la subclavia.

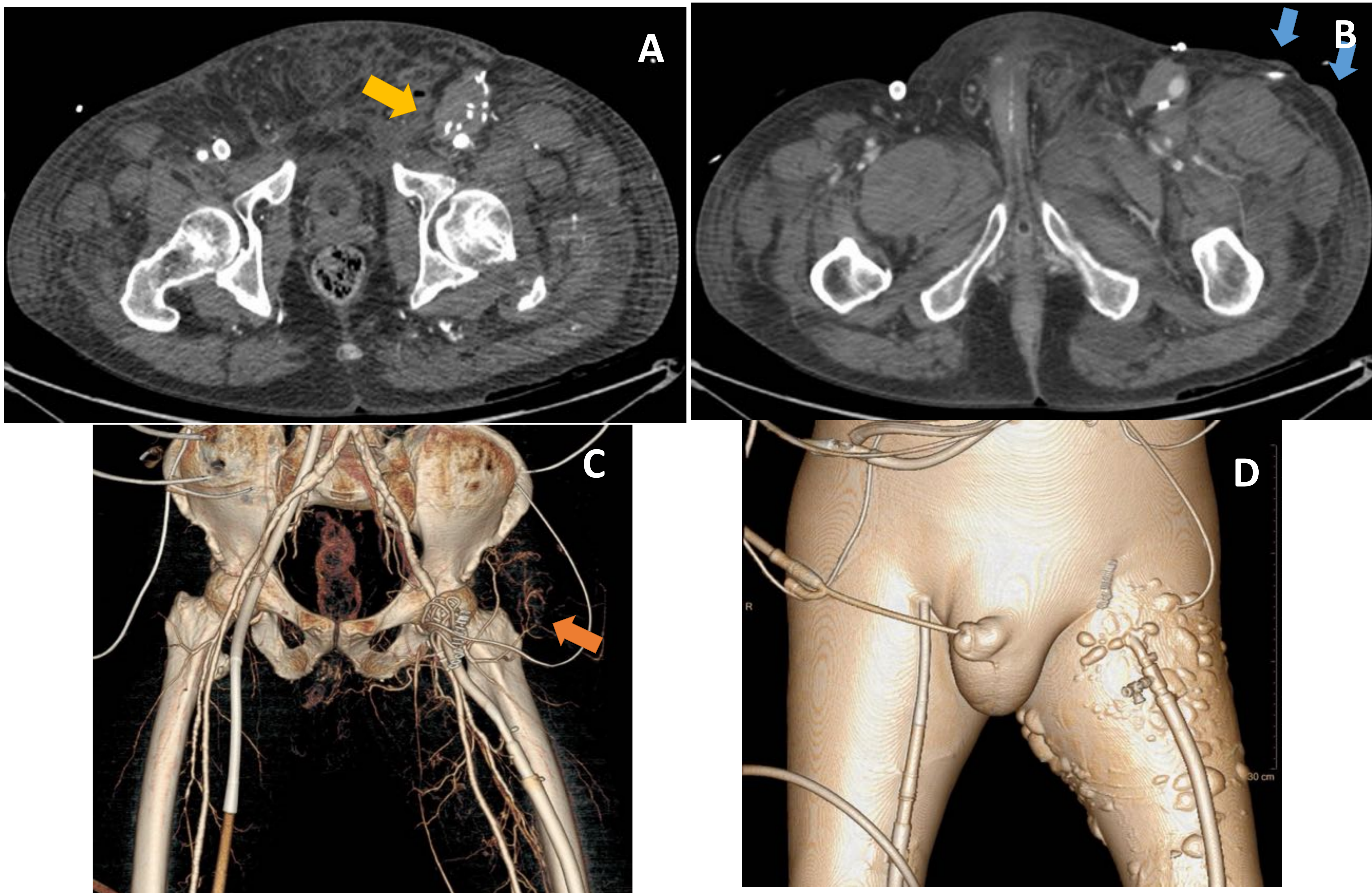
**C:** Al disminuir la presión del DAV se opacifica la arteria subclavia.

**D:** Arteriografía selectiva de la arteria subclavia demuestra permeabilidad e integridad del vaso.

Ante los hallazgos angiográficos se decide posicionar el catéter de asistencia ventricular distal a la salida de la subclavia para mejorar la perfusión del miembro superior izquierdo con recuperación del flujo en MSI.

# Complicaciones isquémicas

## Caso 7



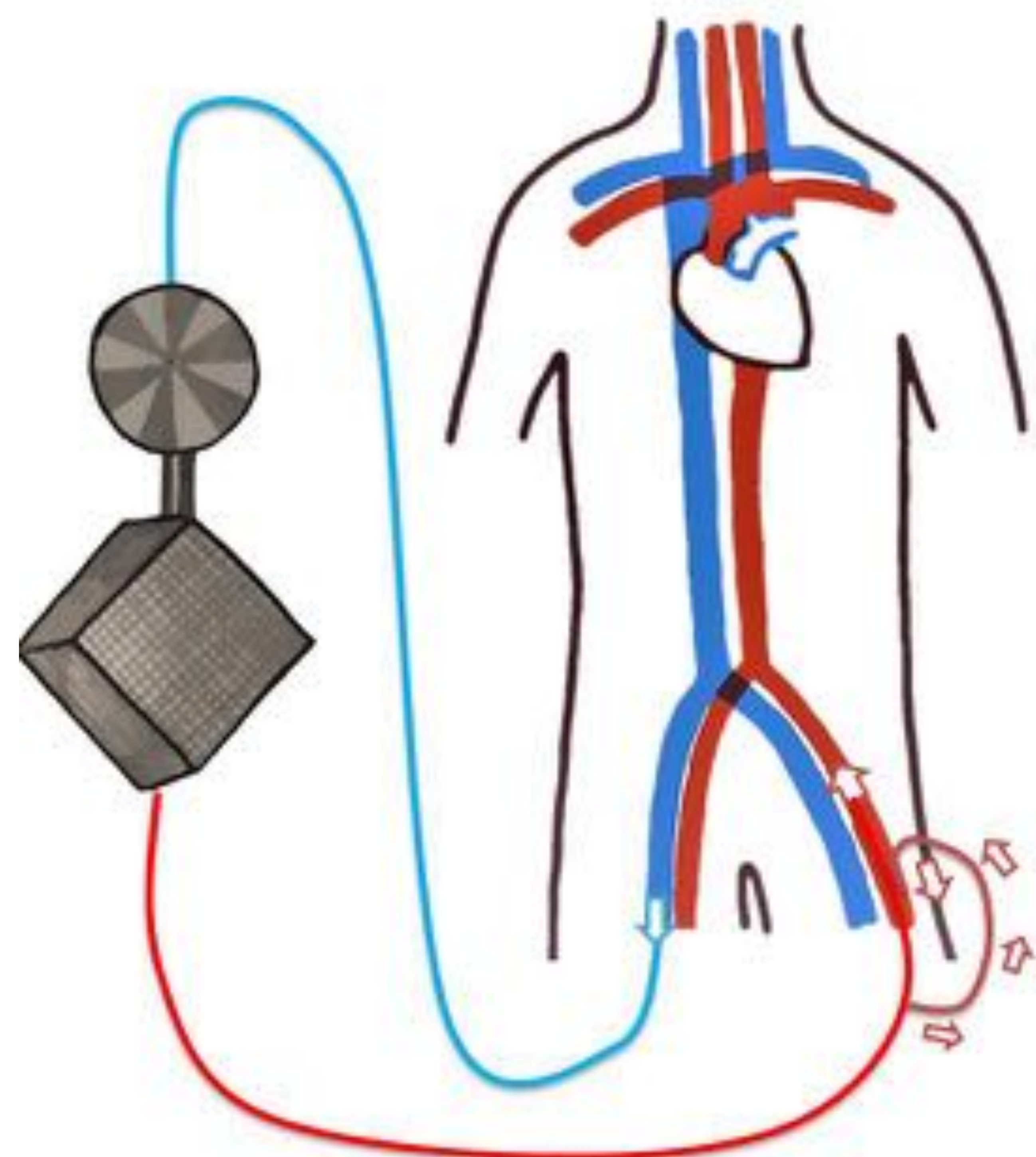
**Fig 9. Síndrome compartimental MII.** Varón de 74 años postrasplante cardíaco, portador de ECMO-VA (configuración femoral-femoral) por disfunción primaria del injerto. Tras la colocación del ECMO el paciente desarrolla un síndrome compartimental por hiperaflujo en el miembro inferior izquierdo.

**A, B (TC con contraste):** Hematoma adyacente a la zona de inserción del ECMO-VA (flecha amarilla). Aumento de tamaño asociado a infiltración del tejido graso subcutáneo y lesiones cutáneas de contenido líquido en MII en relación con flictenas (flechas azules).

**C:** Reconstrucción 3D; red venosa de colaterales en la zona de inserción.

**D:** Reconstrucción 3D donde se aprecia el aumento de volumen del muslo izquierdo y la presencia de múltiples vesículas cutáneas.

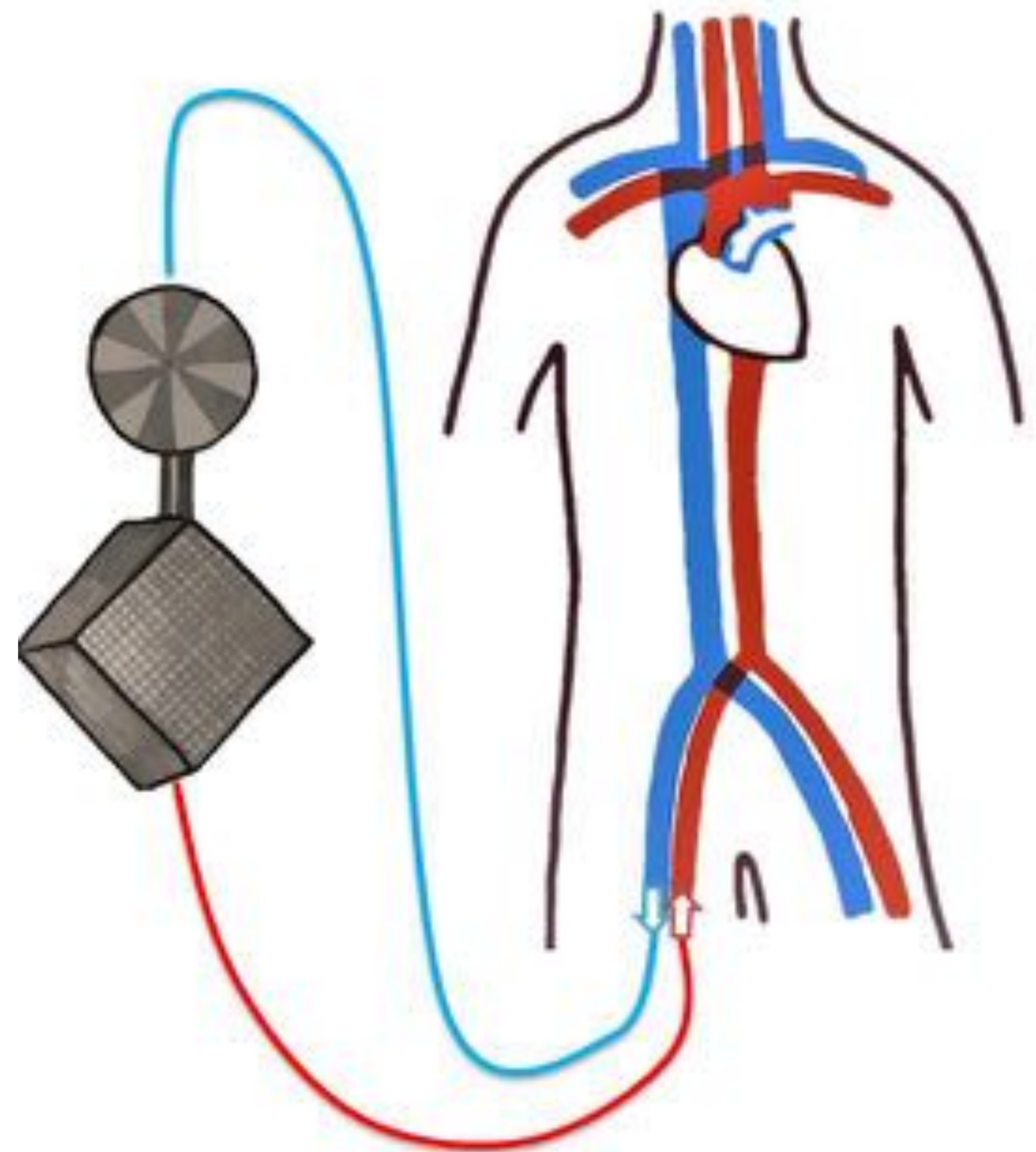
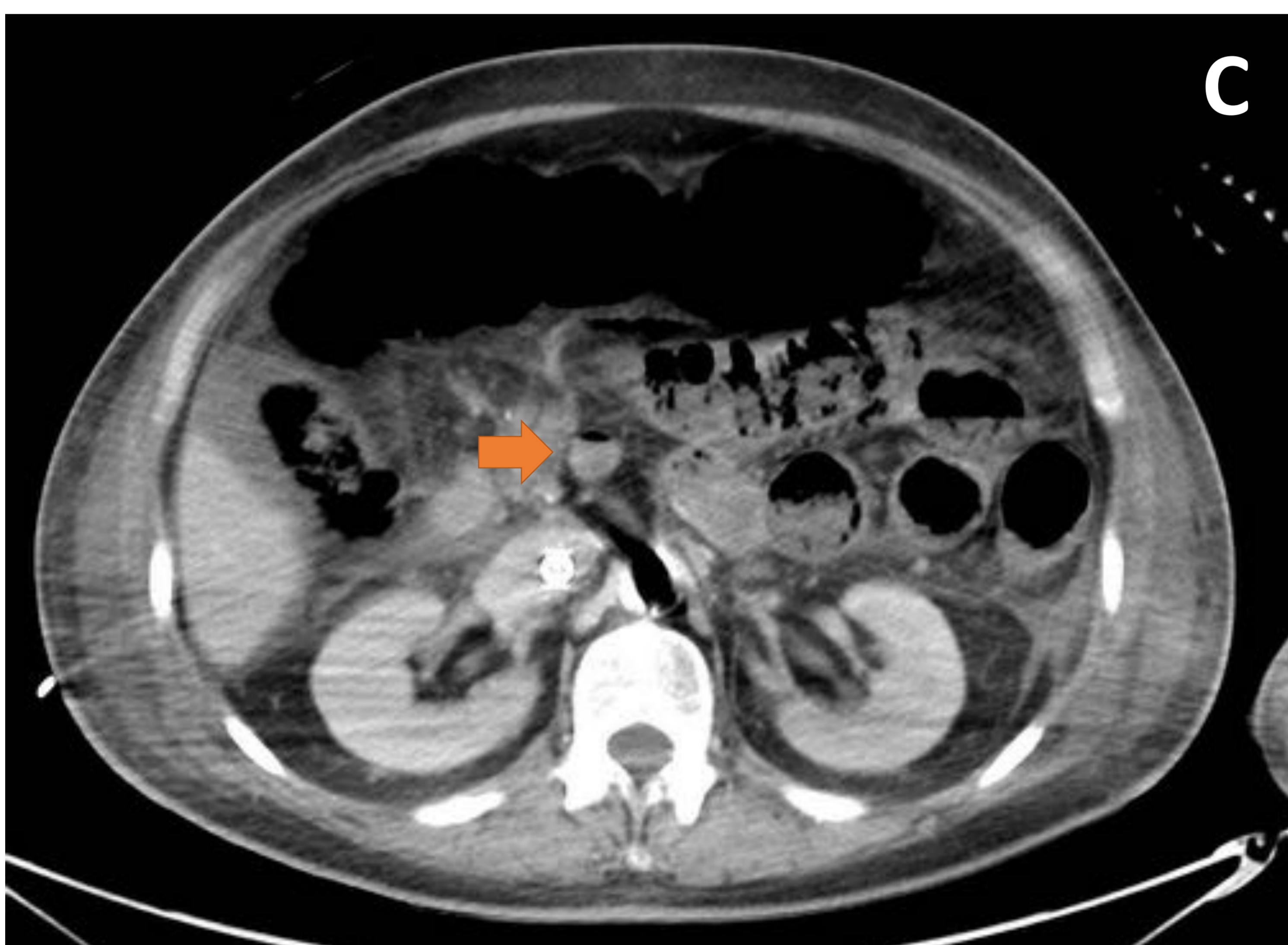
Se decide revisión quirúrgica con ligadura de varias colaterales venosas femorales y fasciotomía en el miembro afectado.





# Complicaciones isquémicas

## Caso 8



**Fig 10. Isquemia intestinal masiva.** Varón de 56 años portador de balón intraaórtico de contrapulsación (BIACP) y ECMO-VA de configuración femoral-femoral por shock cardiogénico post-IAM.

**TC:** distensión difusa de asas de intestino delgado con escaso realce de su pared y zonas de neumatosis. Gas en vena mesentérica (flecha en C) y neumoperitoneo. Hallazgos en relación con isquemia intestinal masiva condicionando el fallecimiento del paciente.

## Revisión del tema

### 2.2. Complicaciones tromboembólicas

Las complicaciones tromboembólicas en relación con los potenciales factores trombogénicos asociados a DAV:

- Contacto con superficies extrañas (cánulas y circuitos) [5]
- Éstasis sanguíneo en el circuito del sistema de asistencia ventricular o secundario a la dilatación de cámaras cardíacas
- Terapia anticoagulante insuficiente [1]

Los procesos tromboembólicos son además, una de las principales causas de complicaciones isquémicas

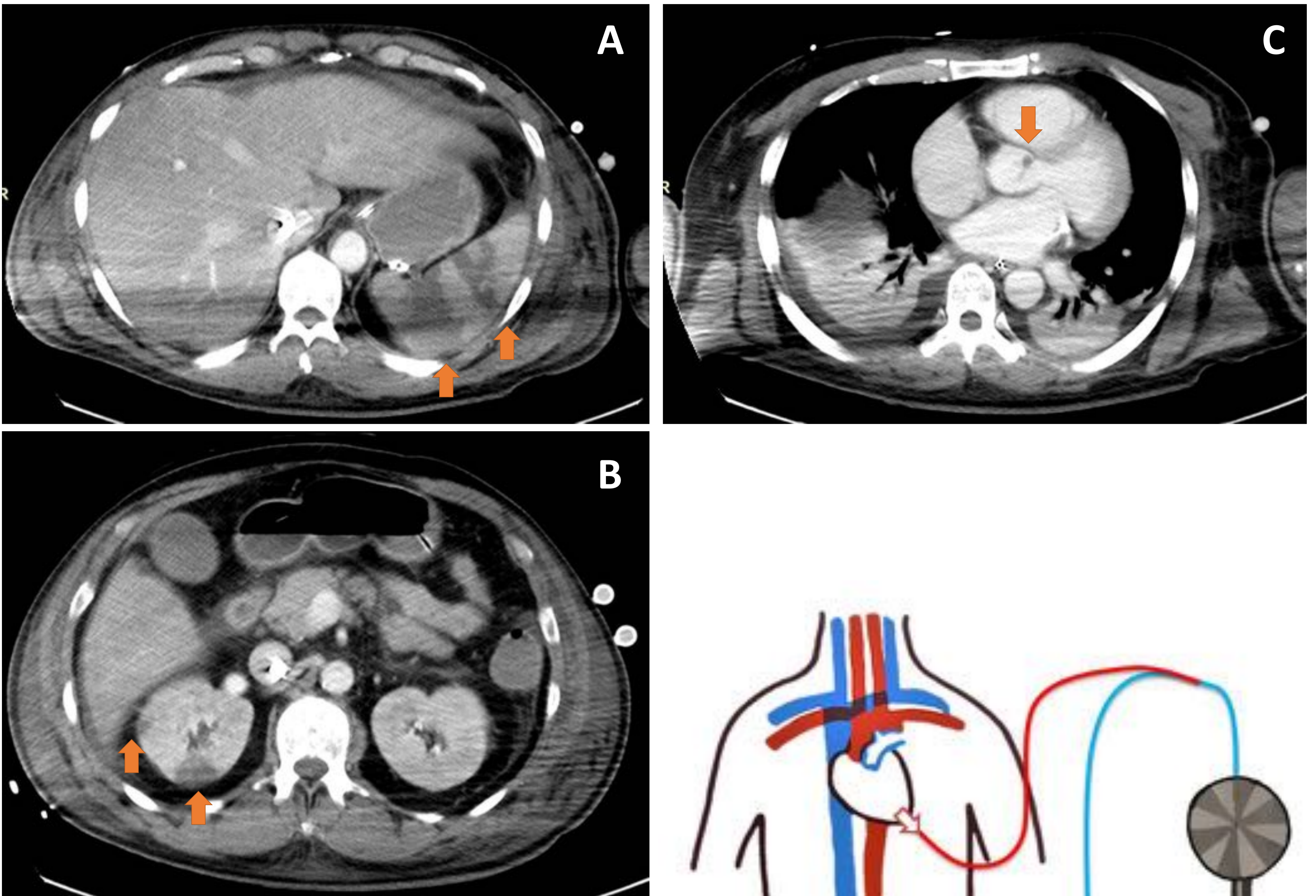
En el diagnóstico radiológico de trombosis:

- Ecografía: ausencia de compresibilidad del vaso, aumento de su calibre con contenido ecogénico (trombo), ausencia de flujo en su interior (Doppler color o Energía).
- TC: la trombosis se visualizará como un defecto de repleción de baja atenuación en el interior de los vasos y de las cavidades cardíacas.

La presencia de tromboembolismos sistémicos debido a la formación de trombos en el circuito de circulación extracorpórea es una complicación infrecuente que puede ser devastadora. Su efecto será mayor en ECMO-VA que en las ECMO-VV ya que en el primero la sangre tratada se introduce en la circulación arterial sistémica [6] (Fig.11, Fig.12), mientras que en el VV se drena y se infunde de nuevo la sangre en el mismo sistema circulatorio venoso.

# Complicaciones tromboembólicas

## Caso 9



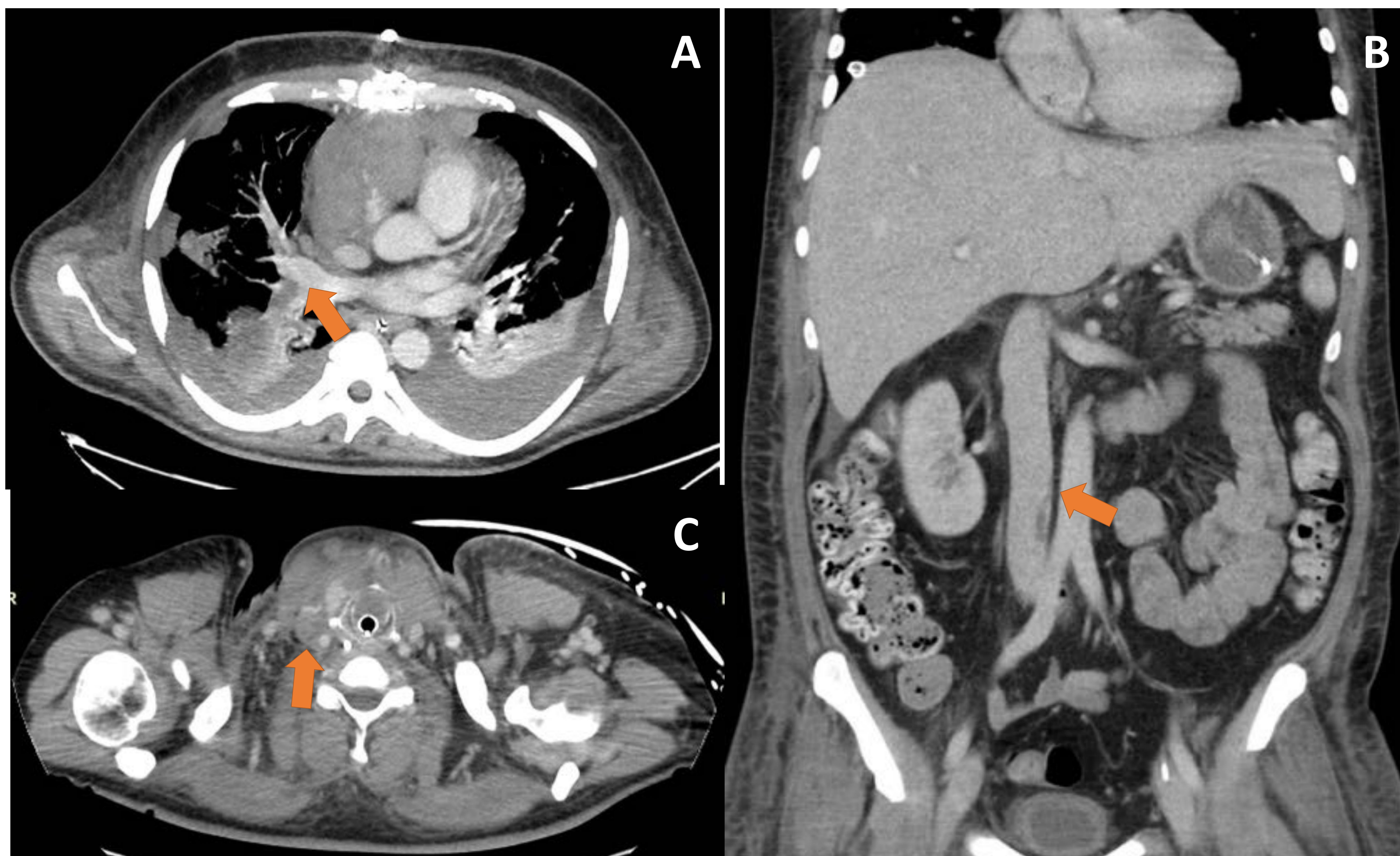
**Fig 11. Trombosis y embolismos sistémicos.** Varón de 56 años portador de ECMO-VA por shock cardiogénico secundario a infarto inferior.

**A y B:** Lesiones hipodensas, con morfología triangular de base periférica, localizadas en el parénquima esplénico y el riñón derecho (flechas), compatibles con infartos.

**C:** Defecto de repleción hipodenso en la raíz aórtica en relación con trombo (flecha).

# Complicaciones tromboembólicas

## Caso 10

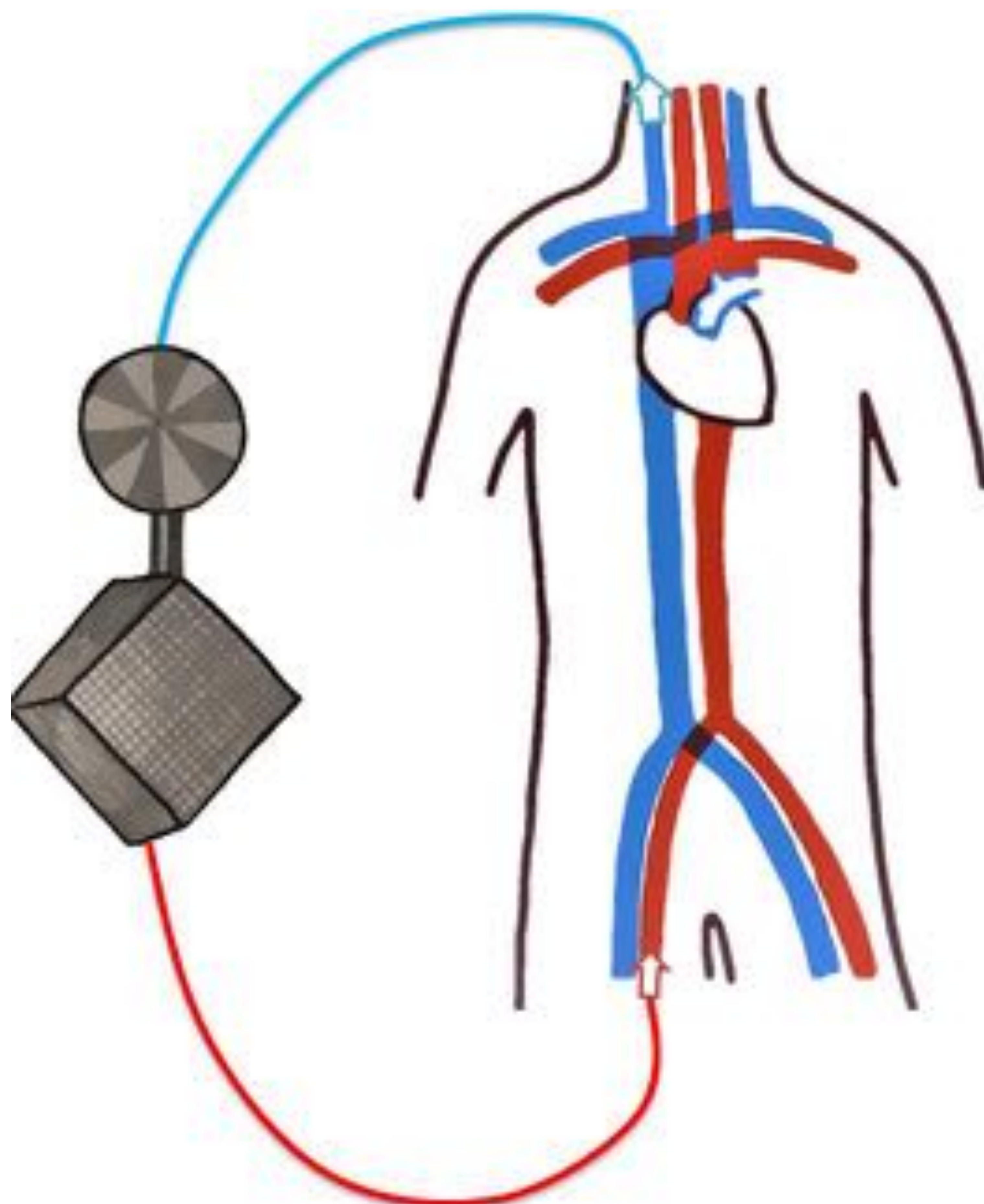


**Fig 12. Trombosis VCI y en vena yugular izquierda y tromboembolismo pulmonar.** Varón de 46 años que precisa soporte cardio-respiratorio por SDRA por inhalación de humo.

Tras retirada de ECMO-VA con configuración femoral y yugular derechas, se produce empeoramiento clínico con hipoxemia e inestabilidad hemodinámica, por lo que se realiza AngioTC

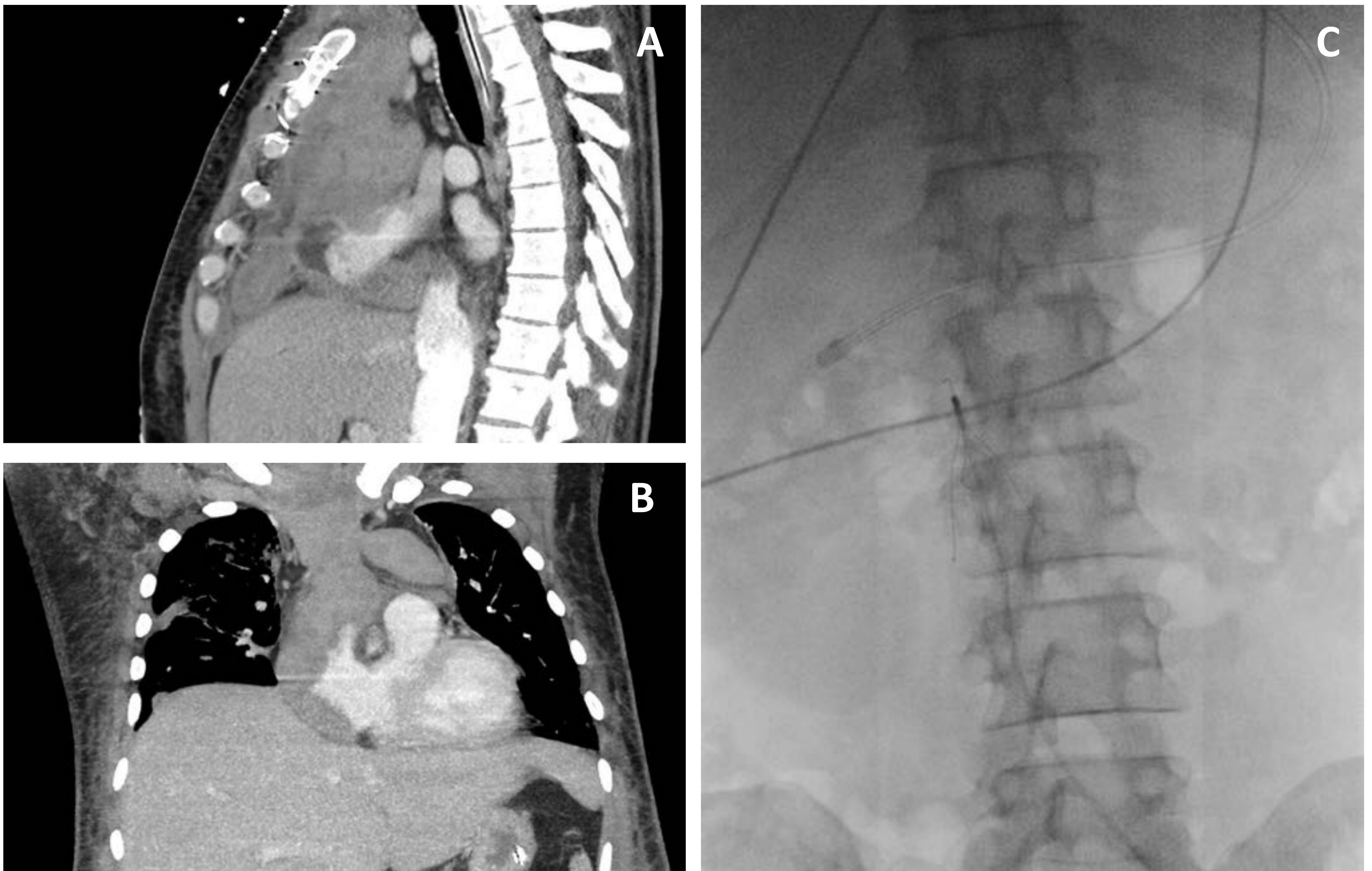
**TC:** Trombo en arteria pulmonar inferior derecha (A), trombo flotante en VCI (B) y trombosis de vena yugular interna derecha (C).

Se decide inicio de anticoagulación.



## Complicaciones tromboembólicas

### Continuación del caso 10



**Fig 13. Trombosis VCI y en vena yugular izquierda y tromboembolismo pulmonar.**

**A, B:** TC en reconstrucción sagital (A) y coronal (B) muestran una colección hiperdensa en el mediastino anterior en relación con hematoma y hemopericardio con taponamiento cardíaco que requiere intervención quirúrgica.

**C:** Filtro temporal de VCI que se implanta dado el riesgo de sangrado y se retira 3 meses más tarde sin complicaciones.

## Revisión del tema

### **3. Otras complicaciones no vasculares, relacionadas con la punción vascular**

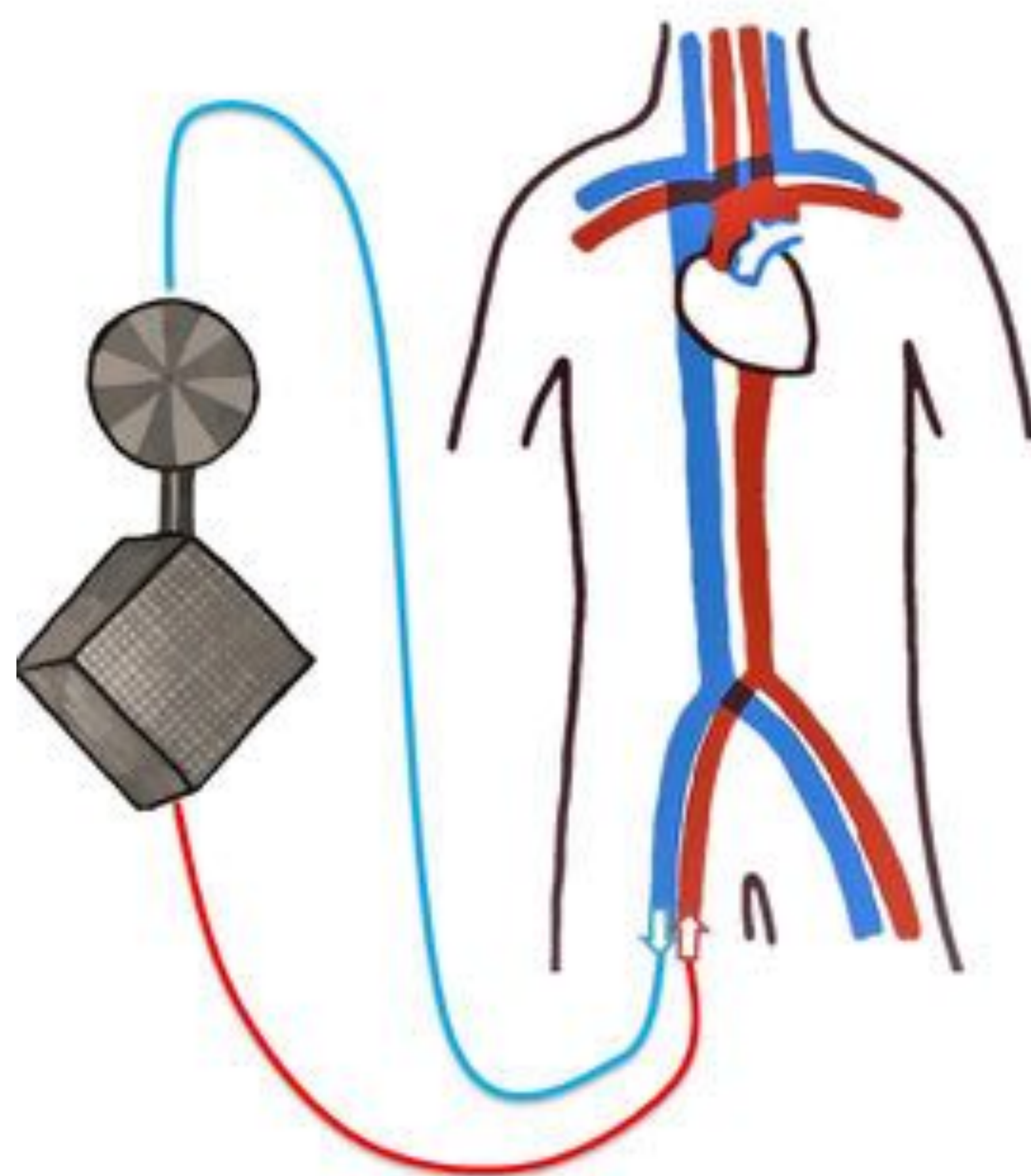
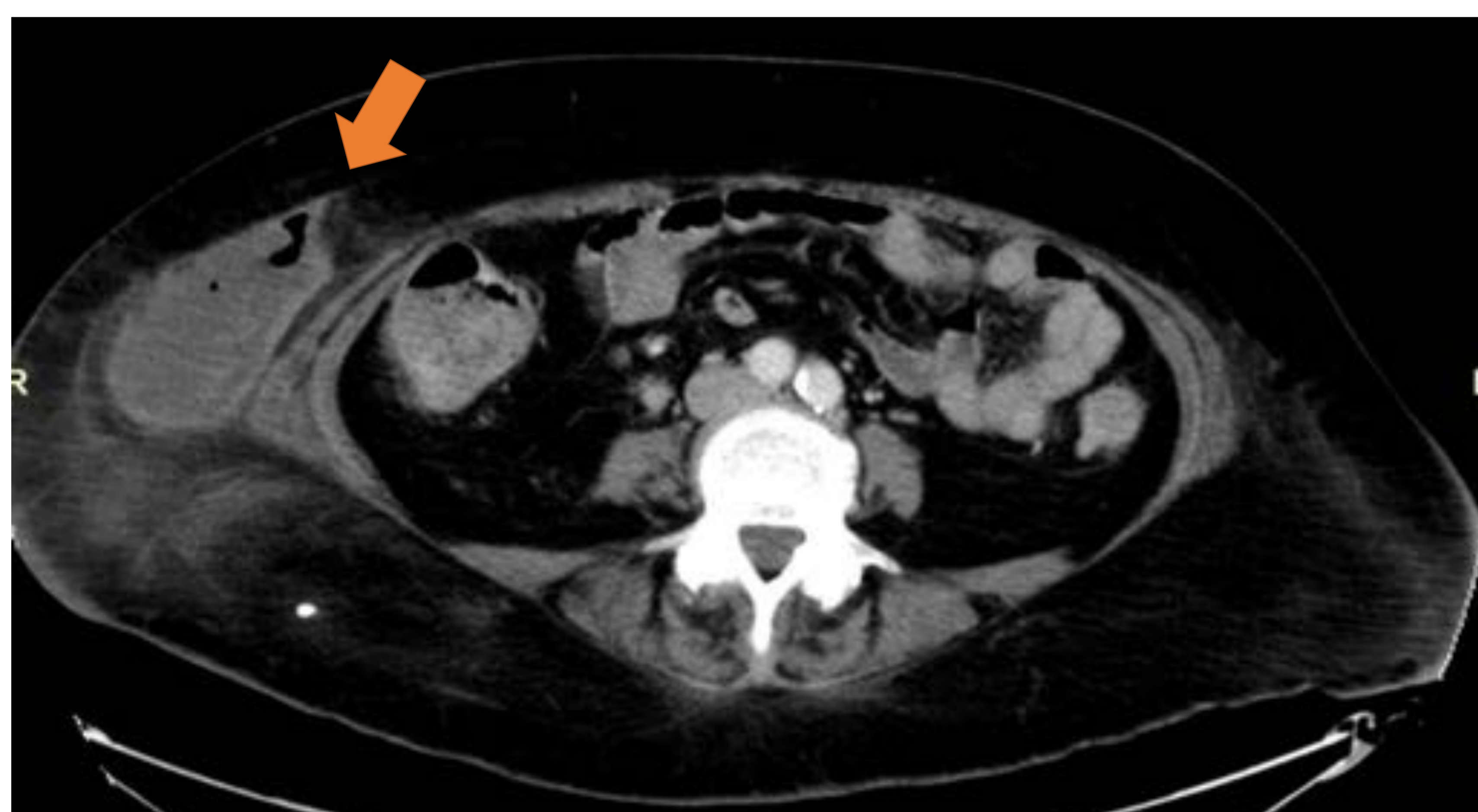
Además de las complicaciones vasculares, la radiología puede ser útil en la confirmación de otras complicaciones como la infección.

Entre los factores relacionados con las complicaciones infecciosas se encuentran: el estado crítico del paciente, la malnutrición, las infecciones nosocomiales y la propia intervención.

Las complicaciones infecciosas tardías suelen relacionarse con el tamaño del dispositivo interno o las líneas de conexión con la consola [5].

Radiológicamente se puede poner de manifiesto en la TC como colecciones con o sin presencia de gas en su interior, alrededor de la cánula o en la zona donde se encontraba su inserción [7] (*Fig.14*).

## Complicaciones no vasculares, relacionadas con la punción vascular **Caso 11**



**Fig 14. Infección en la zona de inserción de la cánula femoral.** Mujer de 72 años con shock cardiogénico secundario a IAM anterior que precisa soporte con BIACP y, posteriormente, con ECMO-VA.

**TC:** colección con burbujas aéreas en su interior (flechas) que se extiende por el tejido celular subcutáneo, desde el la región inguinal hasta el tercio inferior del flanco derecho. Preciso tratamiento antibiótico y desbridamiento quirúrgico que evolucionó favorablemente.

## Revisión del tema

### 4. Fenómenos hemodinámicos a considerar en la interpretación de los estudios

Para la adecuada programación y adquisición de un estudio de TC es necesario tener en cuenta, además de la sospecha clínica, algunos parámetros hemodinámicos del paciente.

Son particularmente relevantes la fracción de eyección, la frecuencia cardíaca y la medicación vasopresora que pueda estar modulando estas constantes.

Son factores determinantes también el volumen de contraste yodado y la velocidad de inyección. Estos estudios requieren de 100 - 120 ml de contraste (350-370 mg de yodo/ml) a una velocidad de 4 ml/seg a través de una vena periférica.

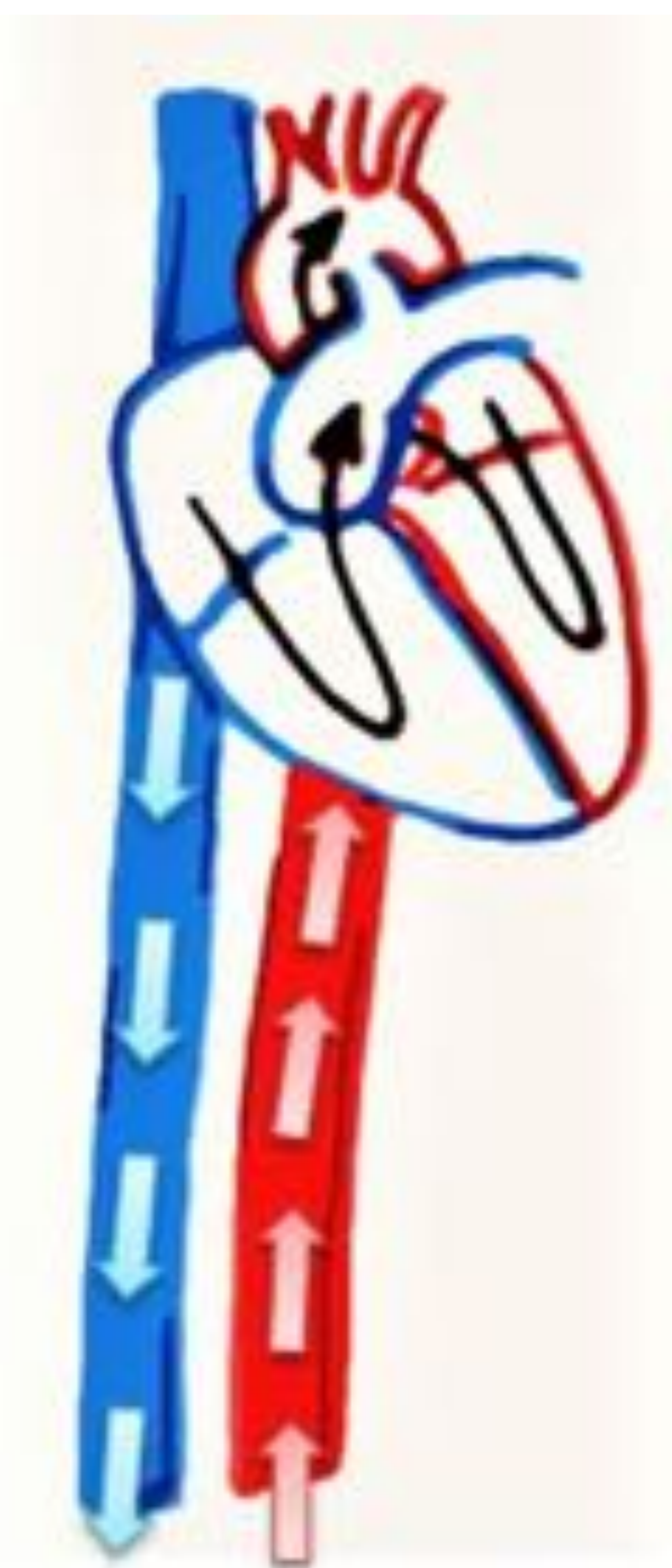
Sin embargo, las alteraciones hemodinámicas por la situación basal del paciente (asistolia, etc..) y la hemodinámica del propio ECMO (extracción de sangre de la aurícula derecha y reinyección retrógrada a través de la ilíaca) provoca modificaciones hemodinámicas que alteran la distribución del contraste intravascular y pueden provocar ausencia de opacificación de segmentos intravasculares y plantea el diagnóstico diferencial con trombosis y con disección aórtica (*Fig. 17-19*).



## Revisión del tema

### 4. Fenómenos hemodinámicos a considerar en la interpretación de los estudios

Para lograr un diagnóstico correcto es necesario considerar las alteraciones hemodinámicas y si es necesario obtener adquisiciones tardías para diferenciar trombos de flujo no opacificado o flujo lento.



**Fig 15. Factores hemodinámicos que influyen en la distribución del contraste en pacientes con ECMO VA.**

Por un lado, la sangre extraída por el ECMO a través de la cánula venosa (flechas azules); la sangre movilizada por las cavidades cardiacas del paciente (flechas negras); por último, el flujo inyectado por el ECMO a través de la cánula arterial (flechas rojas).

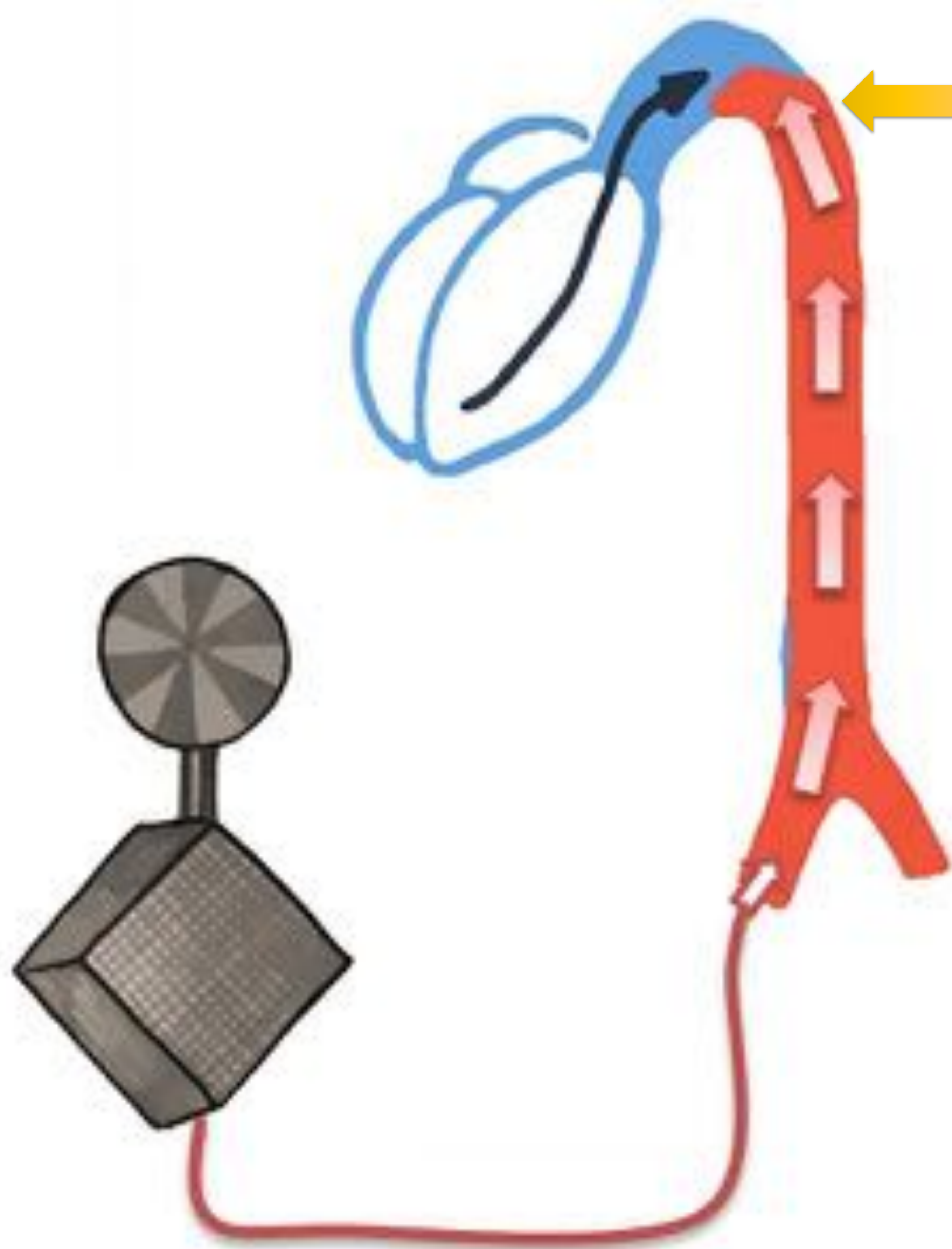
## Revisión del tema

### 4. Fenómenos hemodinámicos a considerar en la interpretación de los estudios

Uno de los fenómenos a considerar es el denominado “watershed phenomenon”, también conocido como hipoxia diferencial o síndrome Norte-Sur [8]. Se produce en pacientes portadores de ECMO V-A en los que el flujo cardíaco nativo anterógrado se encuentra en la aorta con el flujo retrógrado introducido por el ECMO.

El punto de encuentro entre ambos flujos viene determinado por el gasto cardíaco (cuanto mayor sea, más distal será ese punto) y el flujo introducido por el ECMO (cuanto mayor sea, más craneal será el encuentro).

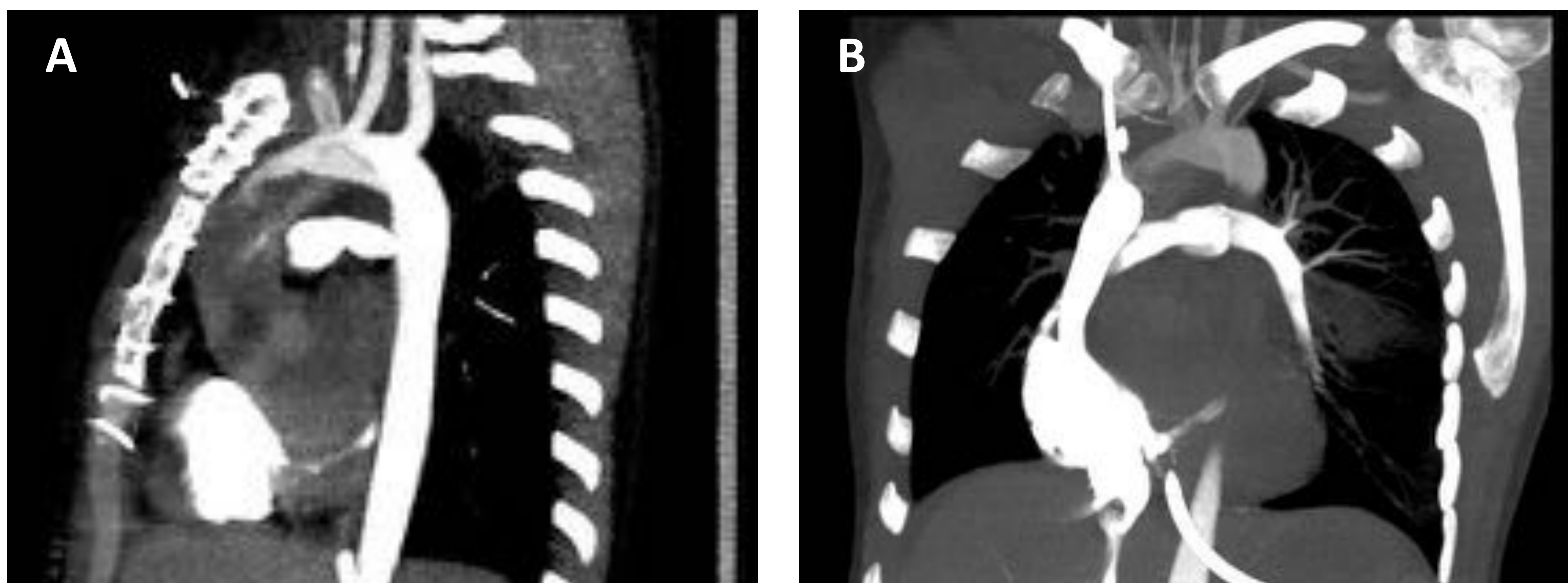
Este fenómeno debe ser correctamente interpretado para evitar errores diagnósticos.



**Fig 16. “Watershed phenomenon”.**

La flecha amarilla indica el punto de encuentro entre el flujo cardíaco anterógrado (flecha negra) y la sangre oxigenada inyectada por el ECMO en la aorta (flechas rojas).

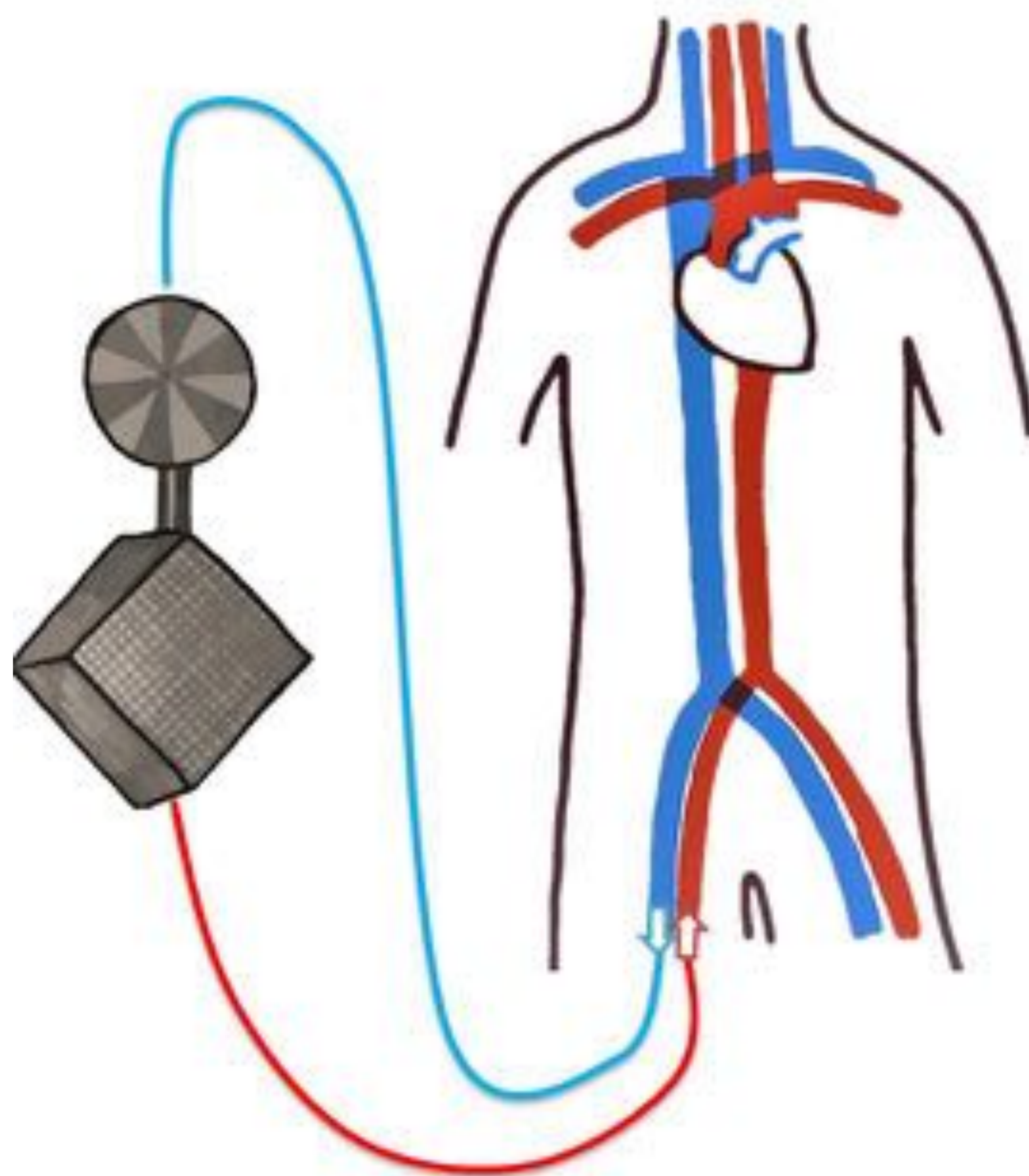
## Complejidad de interpretación de la TC Caso 12



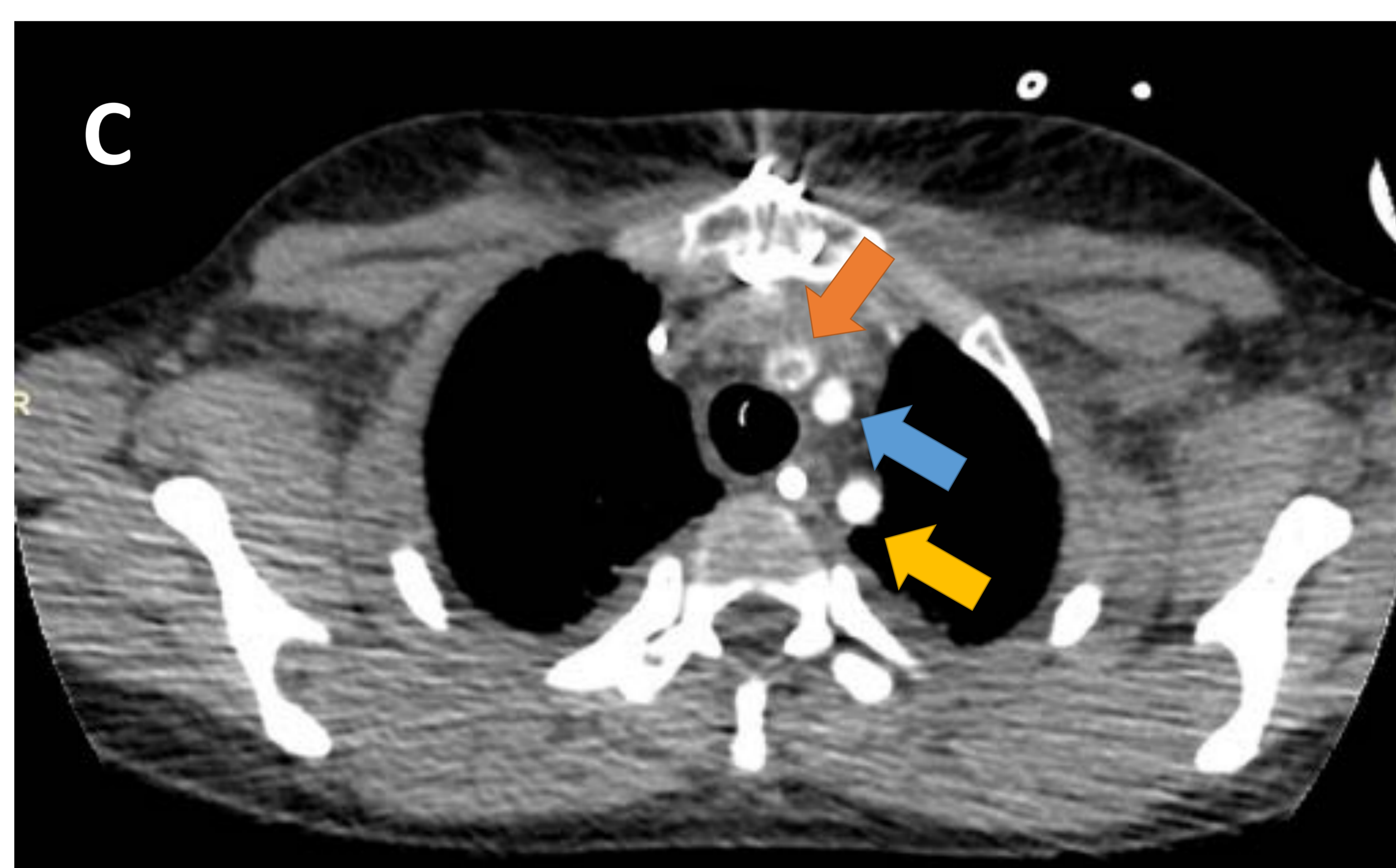
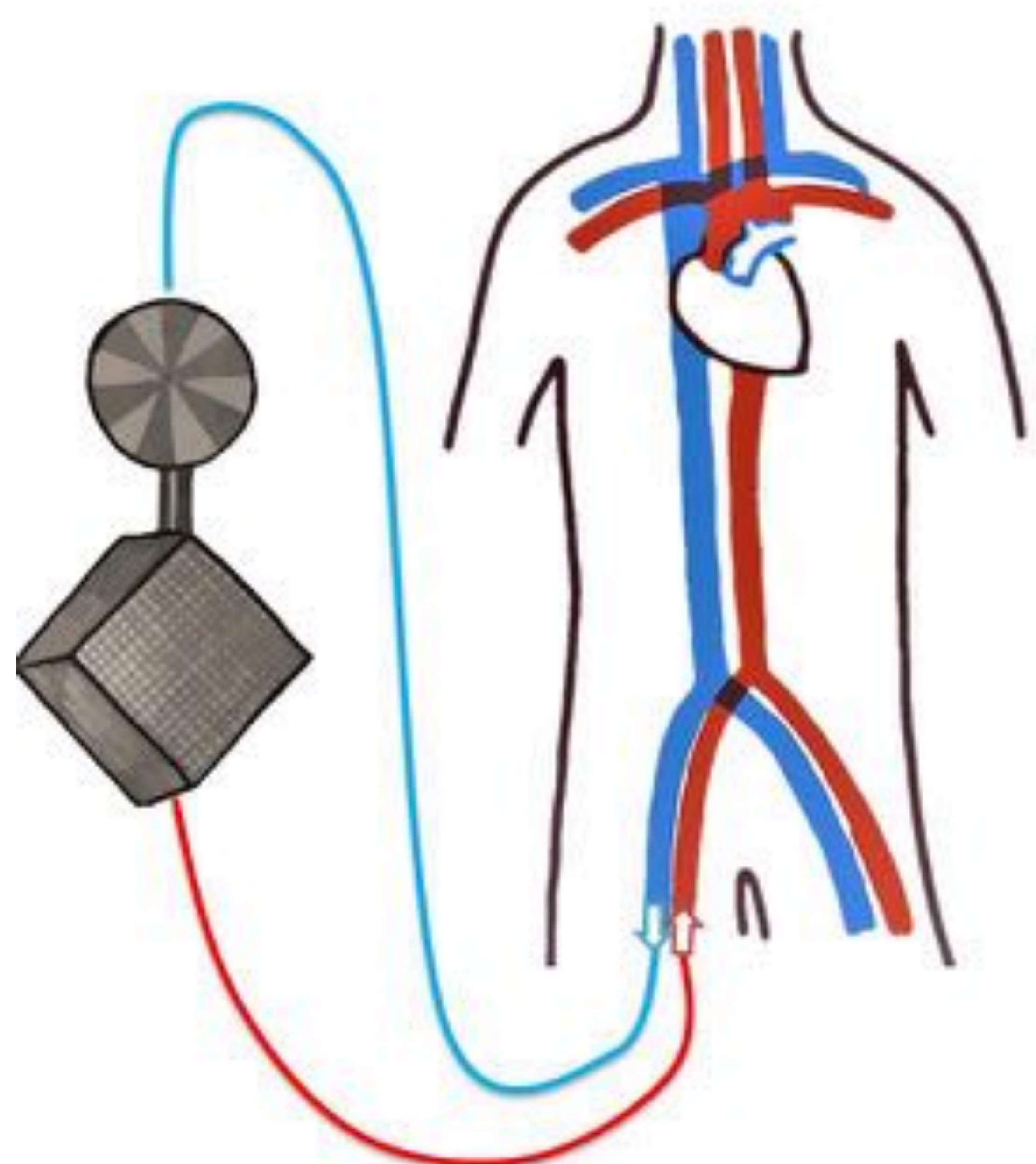
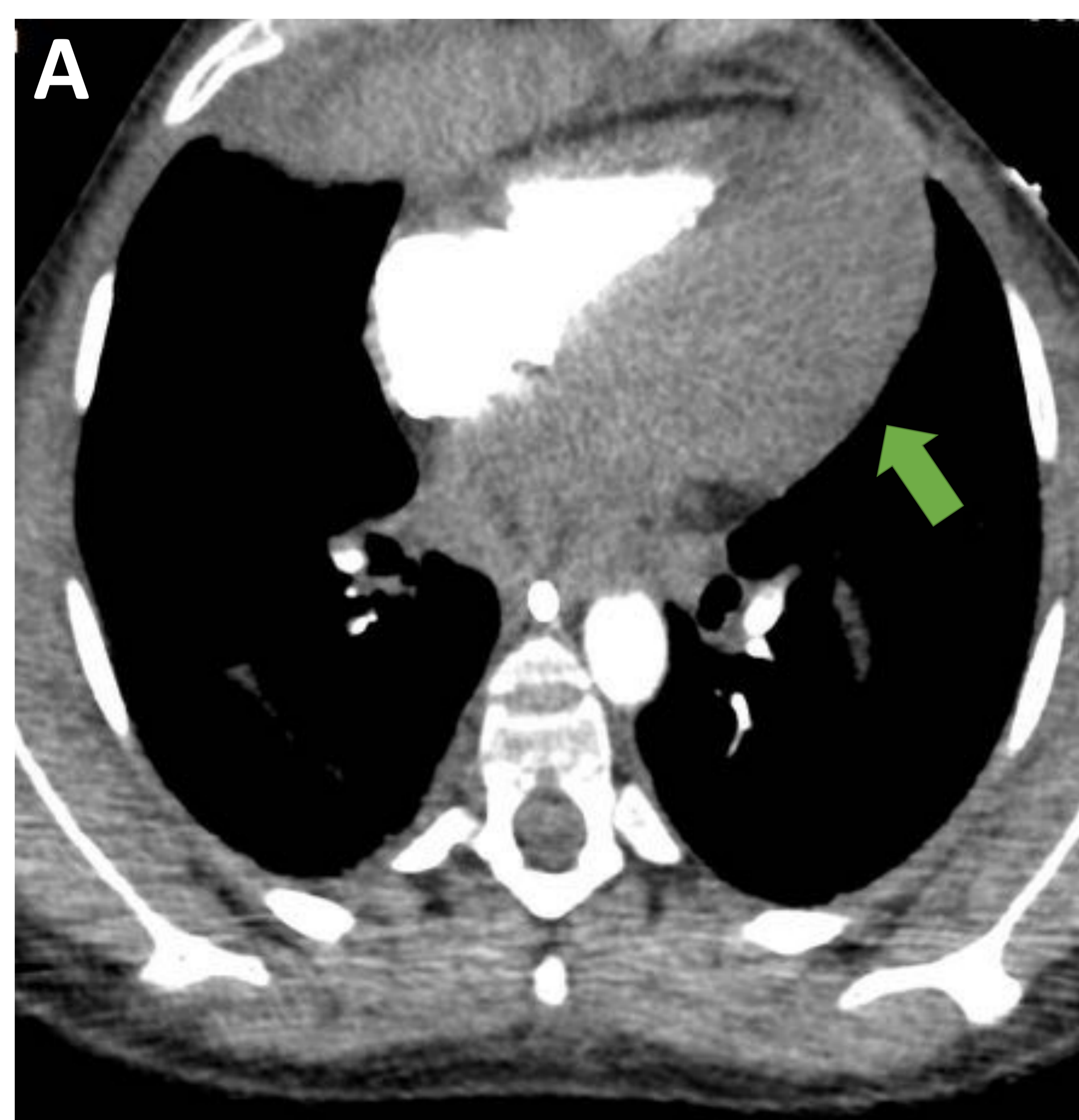
**Fig. 17 “Watershed phenomenon” en el cayado aórtico.** Paciente trasplantada cardíaca hace 7 años que sufre parada cardiorrespiratoria, por lo que se decide implante de ECMO-VA (configuración femoral) y se solicita AngioTC de arterias pulmonares para descartar TEP.

**A:** Reconstrucción sagital: adecuada repleción con contraste de la aorta descendente y parte del cayado aórtico, así como de los troncos supraaórticos. No se objetiva contraste en la aorta ascendente.

**B:** Reconstrucción coronal: adecuada repleción de cavidades derechas y de las arterias pulmonares (sin evidencia de defectos de repleción sugestivos de TEP), así como ausencia de contraste en el ventrículo izquierdo.



## Complejidad de interpretación de la TC Continuación del caso 12



**Fig. 18. "Watershed phenomenon" en el cayado aórtico**

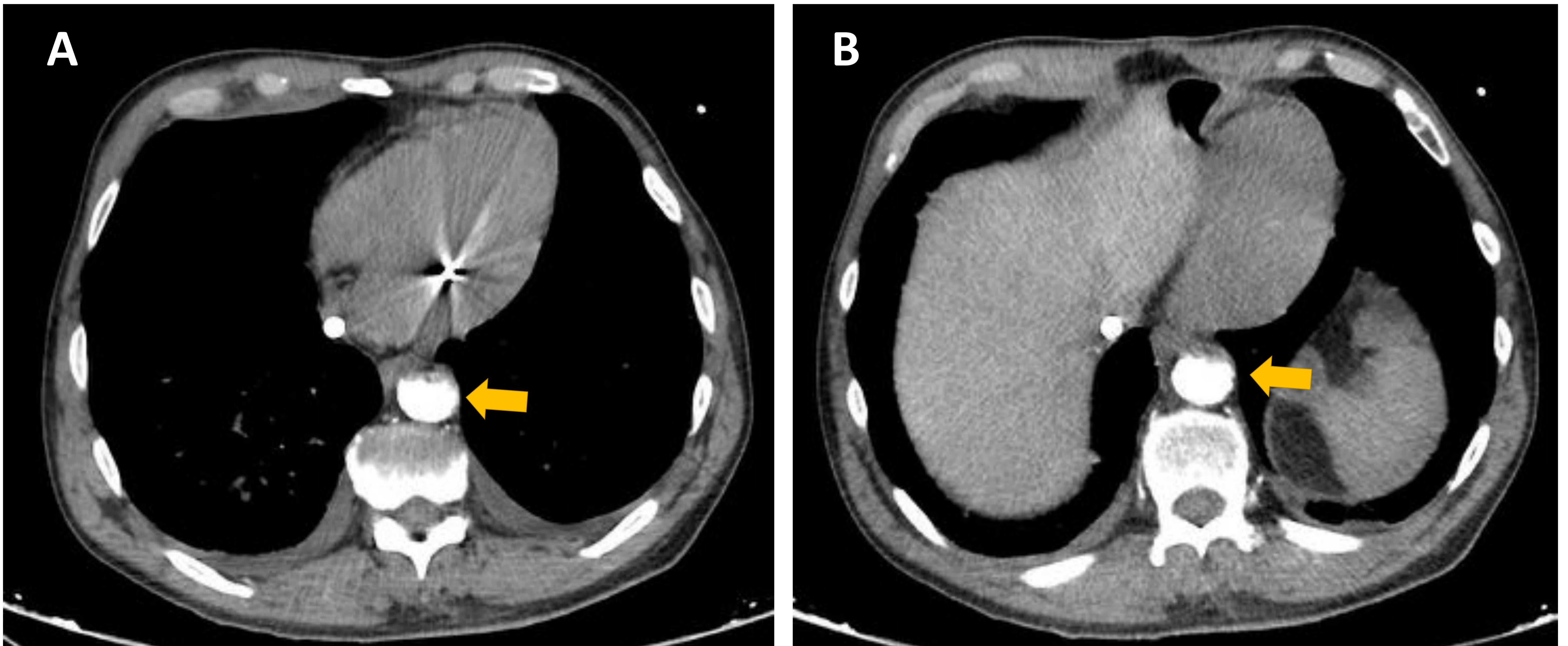
**A:** Ausencia de opacificación del ventrículo izquierdo (flecha) con presencia de contraste en cavidades derechas.

**B:** Relleno de contraste de la aorta descendente con ausencia del mismo en parte del cayado aórtico, hallazgo que simula una disección aórtica.

**C:** Corte axial en el que observamos los troncos supra-aórticos, con una adecuada repleción de la arteria subclavia (flecha amarilla) y carótida izquierdas (flecha azul), y relleno incompleto de la arteria braquiocefálica (flecha naranja), simulando la presencia de un defecto de repleción.

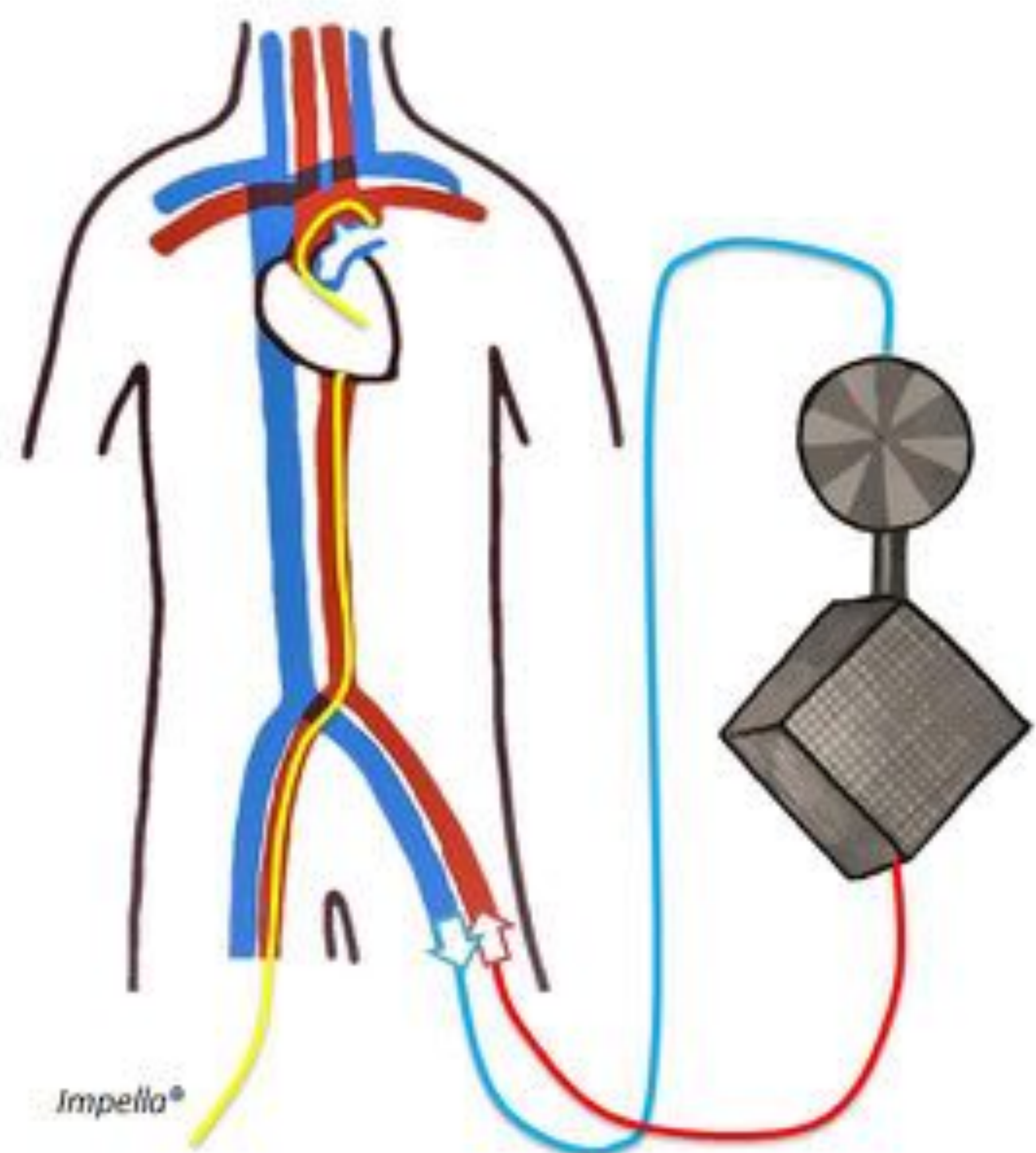
# Complejidad de interpretación de la TC

## Caso 13



**Fig.19. “Watershed phenomenon” en la aorta descendente.** Paciente varón de 68 años que sufre SCACEST con parada cardiorespiratoria y shock cardiogénico secundario, precisando soporte mecánico circulatorio con dispositivo ECPELLA (dispositivo *Impella*<sup>®</sup> vía femoral derecha y ECMO V-A vía femoral izquierda).

**A y B:** Nivel de sangre no contrastada en la aorta abdominal (flechas), hallazgo que simula una disección aórtica.



# Conclusiones

Conocer las complicaciones asociadas al uso de DAV, especialmente las complicaciones vasculares mayores y sus manifestaciones radiológicas, permite realizar el diagnóstico precoz y, en ocasiones, el tratamiento mediante procedimientos de radiología vascular- intervencionista.

El análisis de la TC requiere conocer de la hemodinámica de los ECMO para interpretar correctamente las alteraciones intravasculares debidas a trastornos del flujo y diferenciarlos de otras alteraciones como trombosis o disecciones.

# Referencias

1. García M, Eiguren K. Soporte vital extracorpóreo. Oxigenación por membrana extracorpórea. ECMO. Rev Esp Perfusión. 2017; 62: 5-26
2. Lee S, Chaturvedi A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). Insights Imaging. 2014;5(6):731-42.
3. Anil K. Pillai, Zagum Bhatti, Andrew J. Bosserman, Manoj C. Mathew, Kaza Vaidehi, Sanjeeva P. Kalva. Management of vascular complications of extra-corporeal membrane oxygenation. Cardiovasc Diagn Ther 2018;8(3):372-377
4. Bonicolini E, Martucci G, Simons J, Raffa GM, Spina C, Coco VL et al. Limb ischemia in peripheral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a narrative review of incidence, prevention, monitoring, and treatment. Crit Care. 2019 Jul 30;23(1):266
5. Castells E. Contraindicaciones y complicaciones de la asistencia circulatoria mecánica. Cir. Cardiovasc. 2009;16(2):179-86
6. Inas Mohamed, Charles T. Lau, Michael A. Bolen, Ahmed H. El-Sherief, Joseph T. Azok, Jamshid H. Karimov et al. Building a Bridge to Save a Failing Ventricle: Radiologic Evaluation of Short- and Long-term Cardiac Assist Devices. RadioGraphics 2015;35(2):327-356
7. Carr CM, Jacob J, Park SJ, Karon BL, Williamson EE, Araoz PA. CT of left ventricular assist devices. Radiographics. 2010;30(2):429-44.
8. Dudzinski JE, Gnall E, Kowey PR. A Review of percutaneous mechanical support devices and strategies. Rev. Cardiovasc. Med. 2018; 19(1): 21--26