

Resultados preliminares de un protocolo de RM aórtica con flujo 4D para la obtención de biomarcadores funcionales en la disección subaguda

Hug Cuellar-Calabria¹, Fabián Andrés Castrillo¹, Ana Calderwood Hlawaczek¹, Eduardo Baettig¹, Jose Luis Reyes-Juarez¹, Xavier Giménez Comet¹, Gisela Teixidó-Tura², Albert Roque Pérez¹

¹ AICV – Àrea d'Imatge Cardiovascular - Diagnòstic per la Imatge, ² Secció d'Imatge Cardíaca - Servei de Cardiologia
Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona

Introducción (I)

- La mayoría de los pacientes que sobreviven a un episodio de disección aórtica aguda presentan afectación residual de la aorta torácica descendente (tipo A intervenida o B con tratamiento médico).
 - El manejo clínico requiere seguimiento por técnicas de imagen para monitorizar la degeneración aneurismática y/o otras complicaciones.
 - La decisión de una (re-)intervención quirúrgica / endovascular y su momento adecuado es compleja y requiere valoración por equipos multidisciplinares dedicados.
-

Introducción (II)

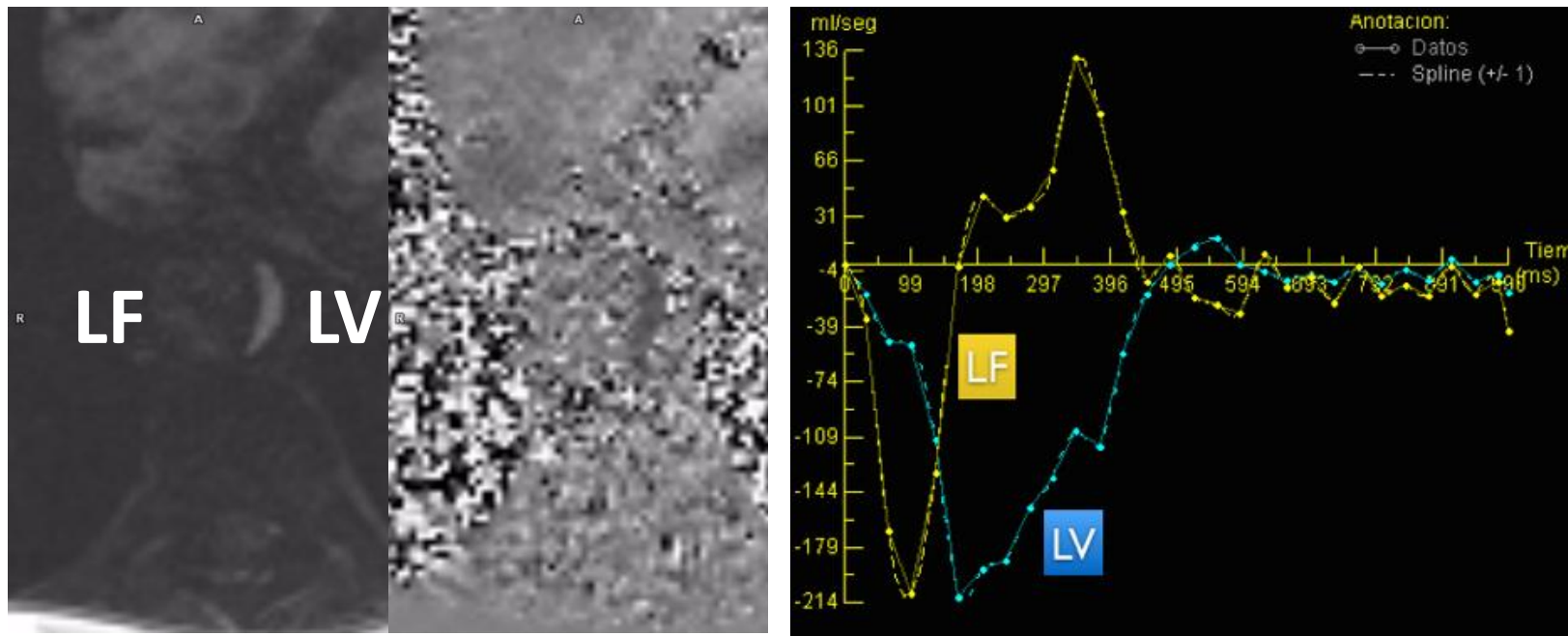
- La mayoría de los marcadores de riesgo evolutivo por técnicas de imagen en la disección aórtica crónica son morfológicos y están basados en la técnica TC¹.
- Sin embargo, la RM permite:
 - el análisis funcional de ambas luces mediante la secuencia de contraste de fase clásica en 2D, típicamente en un plano transversal de la aorta retroauricular².
 - el análisis morfológico mediante la angioRM.
- La evidencia disponible sobre el valor pronóstico del flujo está basada en estudios adquiridos en puntos temporales heterogéneos durante el seguimiento de los pacientes².

- 1. Cuellar-Calabria H, Burcet G, Roque A, et al. Differences in the Area of Proximal and Distal Entry Tears at CT Angiography Predict Long-term Clinical Outcomes in Aortic Dissection. *Radiology: Cardiothoracic Imaging*. 2021;3(6):e210029. doi:10.1148/ryct.2021210029

- 2. Evangelista, Arturo, Victor Pineda, Andrea Guala, Bart Bijmens, Hug Cuellar, Paula Rudenick, Augusto Sao-Aviles, et al. "False Lumen Flow Assessment by Magnetic Resonance Imaging and Long-Term Outcomes in Uncomplicated Aortic Dissection." *Journal of the American College of Cardiology* 79, no. 24 (June 2022): 2415–27. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.04.017>.

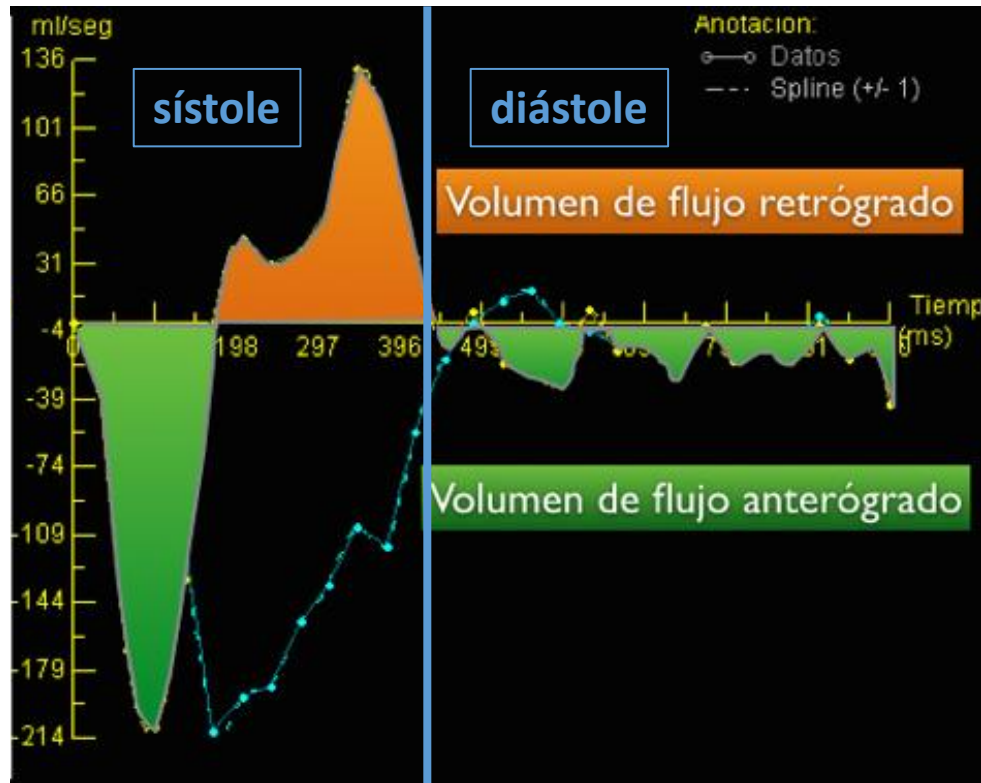
Introducción (III)

- En el método clásico obtenemos un corte transverso de la aorta retrocardíaca en secuencia de flujo de contraste de fase y trazamos las áreas de ambas luces: la luz verdadera (LV) y la luz falsa (LF).



- Podemos valorar de forma visual la relación entre ambas luces y cuantificar el flujo a lo largo de todo el ciclo y según la fase sistólica o diastólica.

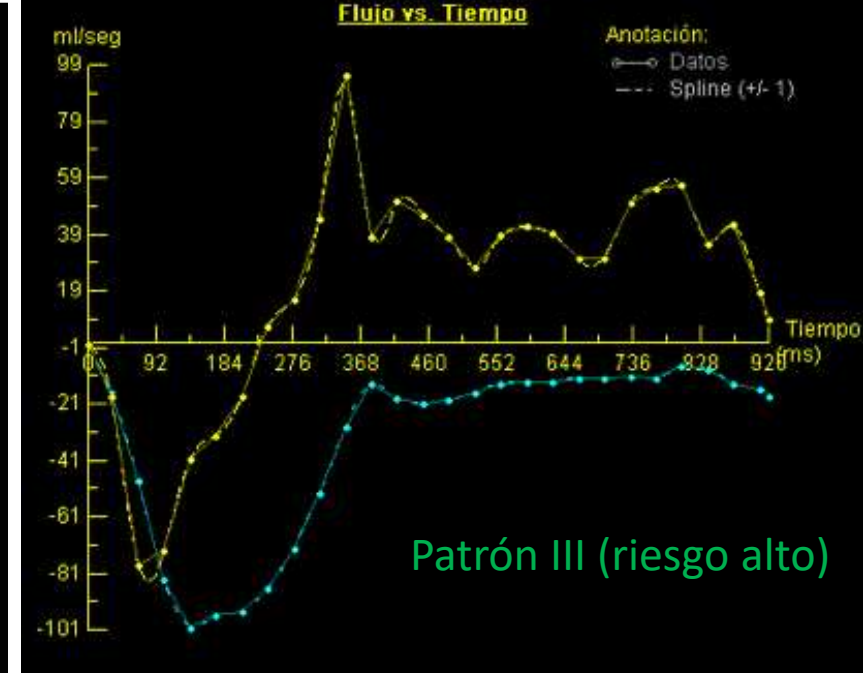
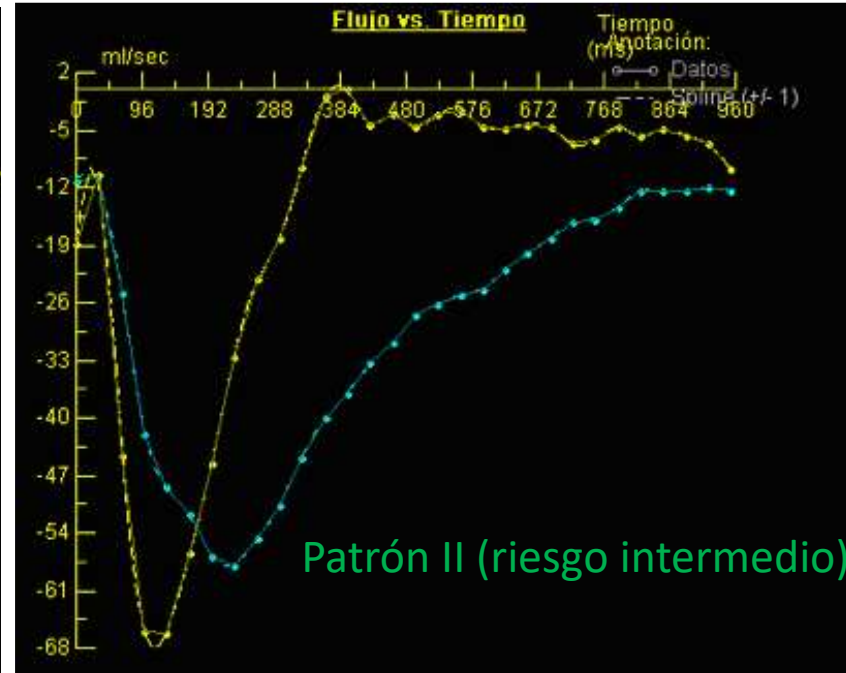
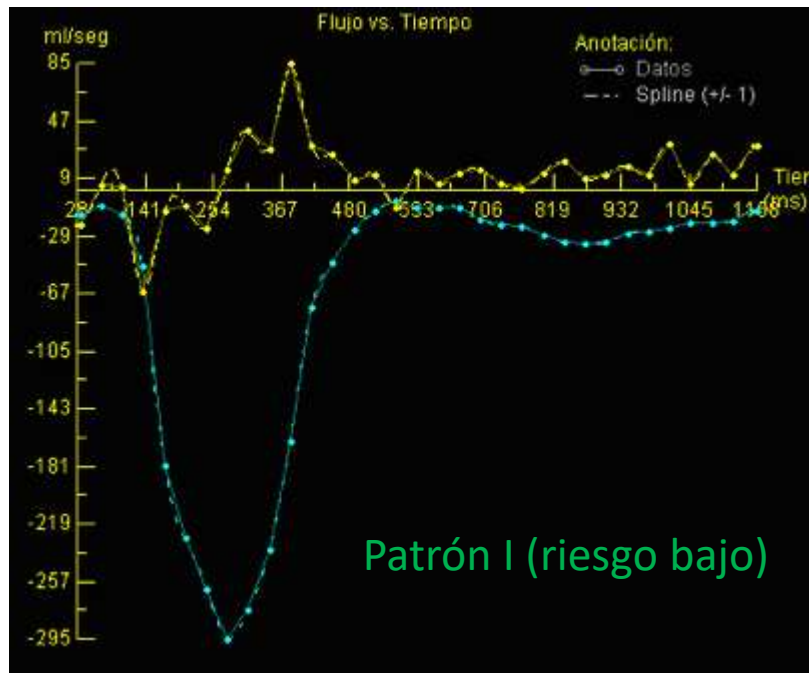
Introducción (IV)



- En esta gráfica el flujo anterógrado (hacia los pies) está representado con valores negativos. Durante la sístole la luz falsa presenta una fase inicial de flujo anterógrado (área verde) seguida por una de retrógrado (área naranja). Durante la diástole se mantiene un flujo anterógrado leve, interpretado como que la sangre que ha entrado por el desgarro proximal fluye hacia el desgarro terminal.

Introducción (V)

- Se han propuesto tres patrones de flujo asociados a niveles distintos de riesgo. El patrón I se caracteriza por la poca aportación sistólica de la LF y el tipo III por el flujo retrógrado diastólico, interpretado como dificultad para evacuar la sangre de la LF con reflujo ascendente de la misma.



- Victor Pineda, tesis doctoral UAB 2015. Valor pronóstico del análisis funcional del flujo de la sangre mediante resonancia magnética en la disección aórtica
- Evangelista, Arturo, Victor Pineda, Andrea Guala, Bart Bijmens, Hug Cuellar, Paula Rudenick, Augusto Sao-Aviles, et al. "False Lumen Flow Assessment by Magnetic Resonance Imaging and Long-Term Outcomes in Uncomplicated Aortic Dissection." *Journal of the American College of Cardiology* 79, no. 24 (June 2022): 2415–27. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.04.017>.

Hipótesis y objetivos

- **HIPÓTESIS:**

- Un protocolo dedicado de RM adquirido en la fase subaguda de la disección aórtica permite medir con fiabilidad el tamaño máximo de la aorta disecada y clasificar el patrón funcional mediante una secuencia de flujo 4D.

- **Objetivo 1:**

- Mostrar la factibilidad de un protocolo de RM sin material de contraste con flujo 4D (F4D) para la valoración de la disección aórtica en fase subaguda.

- **Objetivo 2:**

- Valorar el riesgo a corto plazo mediante patrones de F4D en la luz falsa (LF) y estudiar su concordancia con el flujo 2D (F2D).
-

Material y método (I)

- 24 pacientes consecutivos supervivientes de una disección aórtica aguda.
- Inicio de inclusión 27/08/23; último paciente analizado con evento agudo en 21/07/25.
- 21 hombres (87,5%), edad media en el debut 58 años +/- 11 años.
- 17 casos de disección tipo A (70,8%).
- Etiología:
 - 16 hipertensión arterial (83,3%),
 - 4 sin causa adjudicada (16,7%),
 - 3 conectivopatía o enfermedad aórtica genética (12,5%),
 - 1 yatrogénico (4,2%).

Material y método (II): Protocolo RM

- Equipo 1,5T Siemens Magnetom Sola Cardiovascular Edition (Siemens Healthineers).
- *Protocolo inicial: AngioRM convencional con material de contraste y dos secuencias de Flujo 4D (75 cm/s y 150 cm/s) (n=11) (Duración total 60 minutos).*

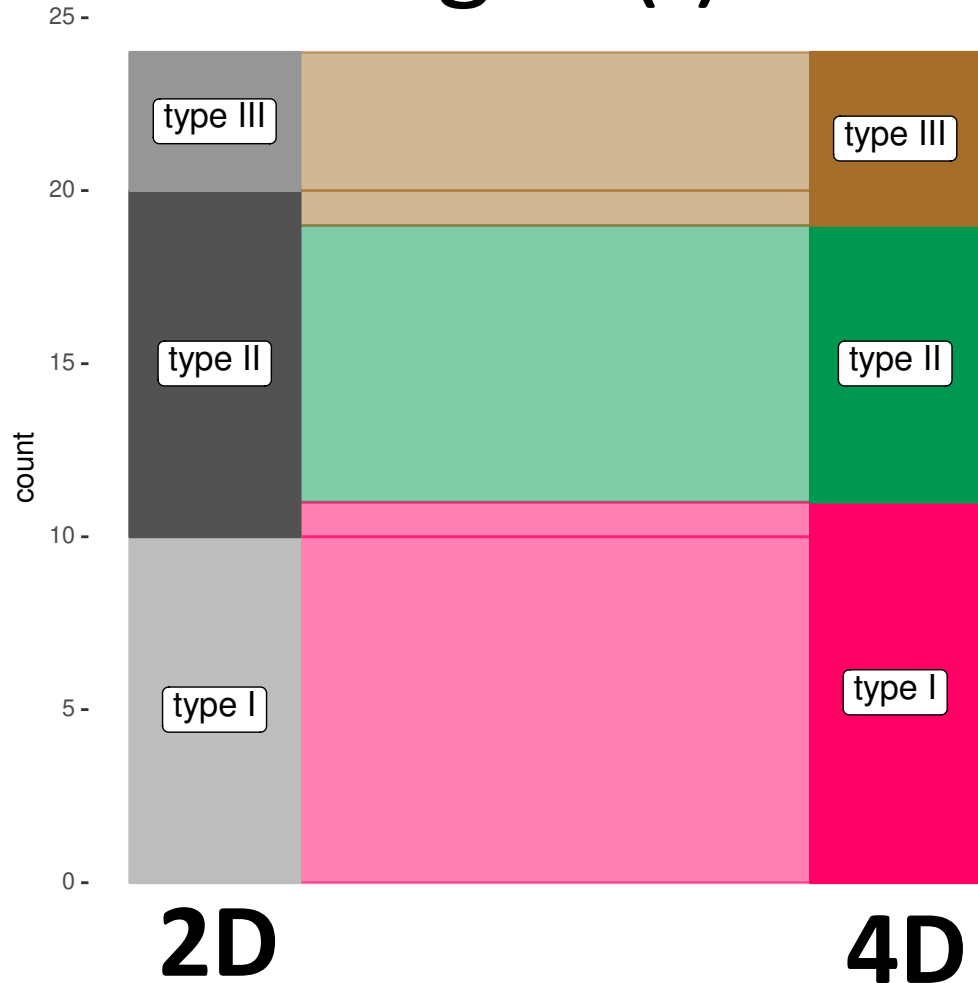
Protocolo final sin material de contraste (n=13):

1. Localizadores + rastreo anatómico axial + coronal sangre negra (5 minutos).
 2. Flujo 2D en corte transverso aorta retroauricular (5 minutos).
 3. Secuencias Whole Heart torácica + abdominal con navegador respiratorio adquiridas en fase diastólica (10 minutos).
 4. Secuencia Flujo 4D de doble VENC (75 cm/s + 150 cm/s) con “compressed sensing” sin navegador respiratorio (10 minutos).
-

Material y método (III): Análisis

- Las curvas de flujo 2D fueron analizadas con el módulo de flujo de MR Cardiac Analysis de syngo.via (Siemens Healthineers).
 - La manipulación de la secuencia de flujo 4D y la creación de las curvas siguiendo la metodología 2D fue realizada con el módulo de flujo 4D de Circle (CVI42).
 - El análisis estadístico fue realizado con Jamovi (The jamovi project. (2024). jamovi (Versión 2.7.6) [Software de ordenador]. Recuperado de <https://www.jamovi.org/>)
-

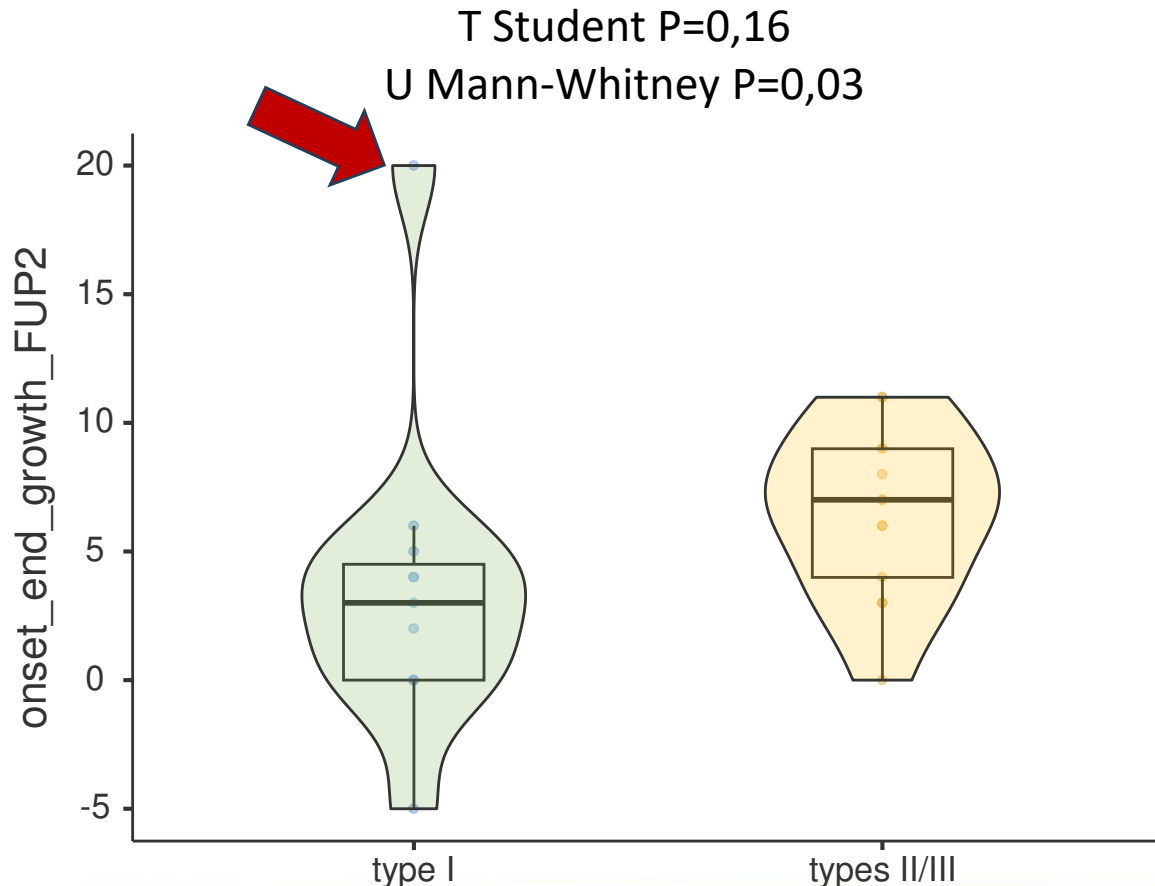
Hallazgos (I): Concordancia entre métodos



	Flujo 4D			
Flujo 2D	Tipo I	Tipo II	Tipo III	
Tipo I	10	0	0	42% (10/24)
Tipo II	1	8	1	42% (10/24)
Tipo III	0	0	4	16% (10/24)
	46% (11/24)	33% (8/24)	21% (5/24)	

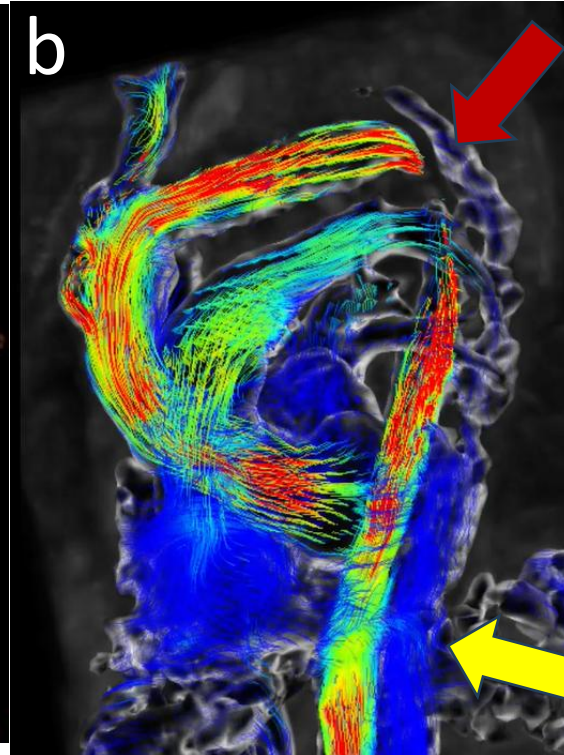
La concordancia entre los patrones de flujo clásicos 2D y el 4D obtenidos en la misma posición anatómica fue casi perfecta (Kappa de Cohen 0,869; $p < 0,001$). El método 4D reclasificó dos casos del grupo II de riesgo intermedio según el método clásico 2D, uno hacia el grupo I (n2) y el otro hacia el III (n19).

Hallazgos (II): Dilatación según patrón



- El aumento de tamaño durante el seguimiento es un marcador clásico de riesgo, junto a el tamaño máximo, y la causa más frecuente de indicación de cirugía electiva.
- El crecimiento del grupo I (46%) en el último control fue de 3,4 mm, inferior al del agregado de los grupos II+III (54%), de 6 mm, con una $p=0,03$ en las pruebas no paramétricas.
- Las pruebas paramétricas no resultaban significativas a causa de un caso extremo en el grupo de bajo riesgo, que presentó 20 mm de expansión en 3 meses. ¿Cómo podemos explicar este resultado discordante?

Hallazgos (III): Dilatación según patrón

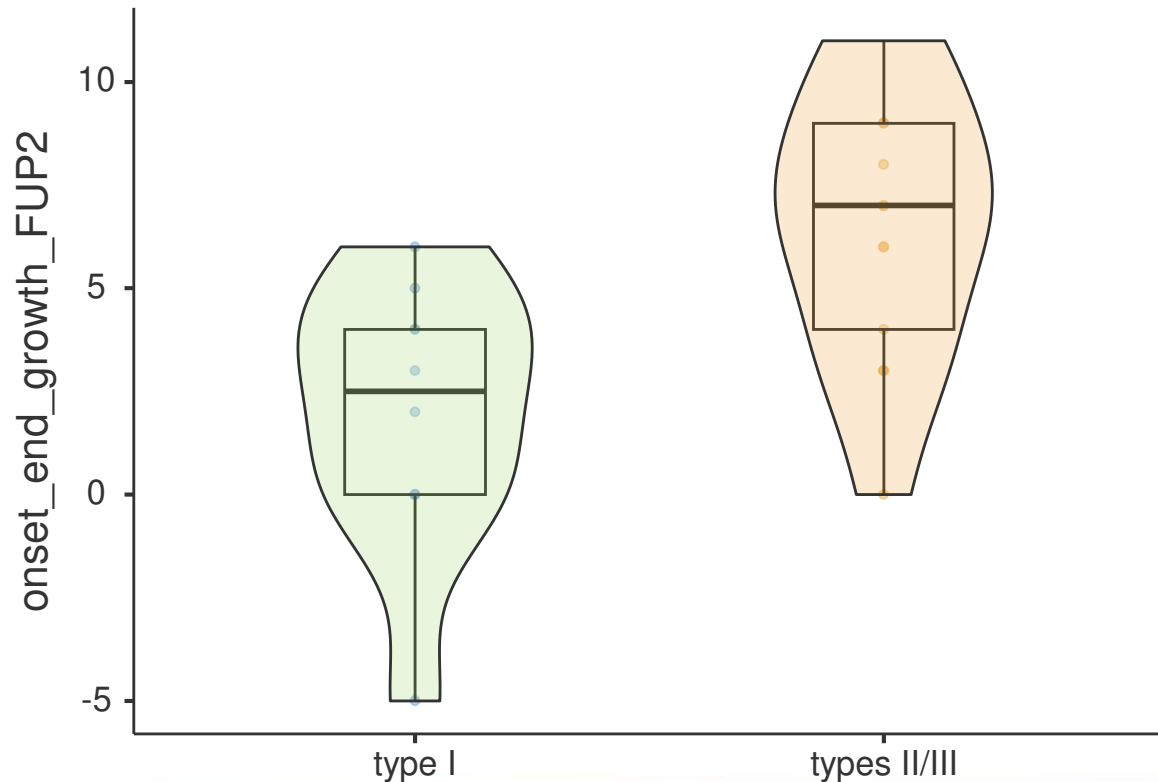


- Imagen a: reconstrucción volumétrica de TC subaguda del caso extremo, el crecimiento era atribuible a aceleración extrema del flujo por falta de expansión de la trompa quirúrgica (flecha roja), sin relación con el proceso evolutivo de la disección.
- Imagen b: reconstrucción de velocidad de flujo 4D que muestra vacío de señal por velocidad alta en la zona no expandida de la trompa congelada (flecha roja) y aumento del flujo en la LF a través de las fenestraciones (flecha amarilla).

Hallazgos (IV): Dilatación según patrón

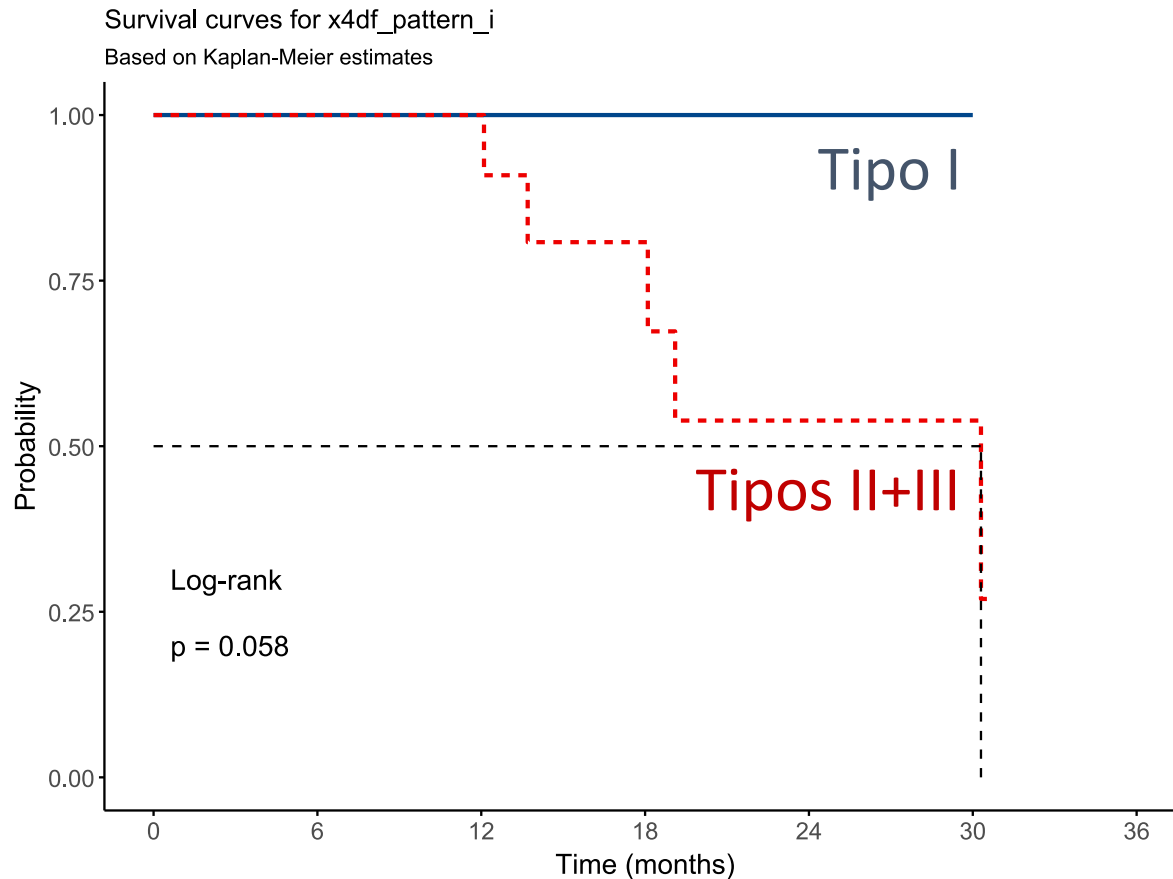
T Student $P=0,003$

U Mann-Whitney $P=0,006$



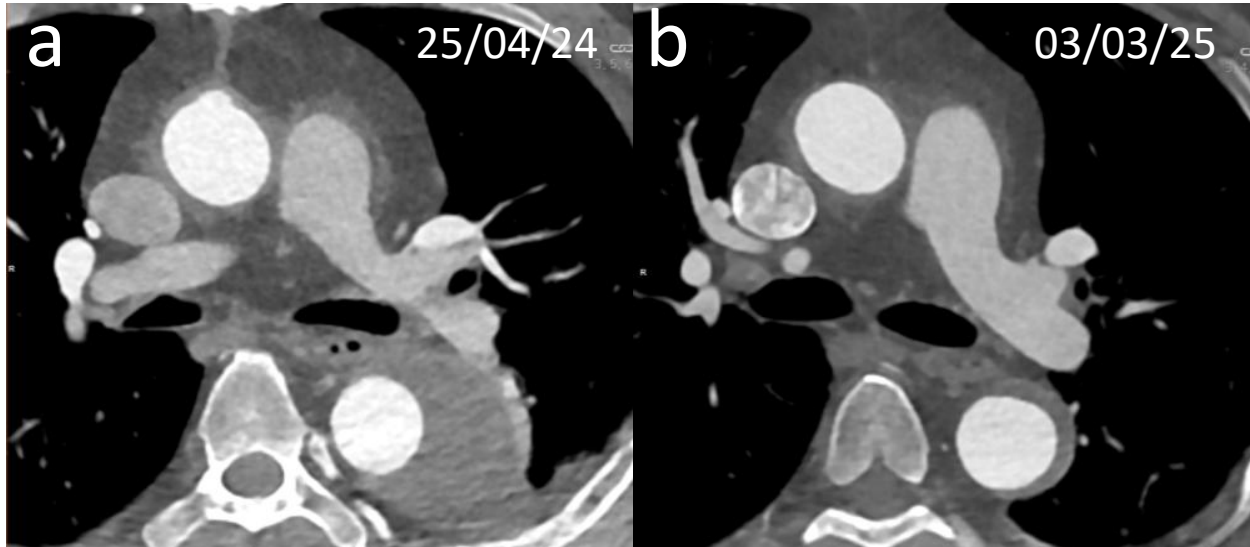
- Eliminando este caso, el grupo I reduce su crecimiento a 2,2 mm y la diferencia es muy significativa mediante ambos métodos estadísticos.

Hallazgos (V): Supervivencia sin eventos



- Las curvas de Kaplan-Meier mostraron una separación de las curvas desde los 12 meses, en el límite de la significación estadística ($p=0.058$), a pesar del escaso tamaño muestral.
- El grupo II+III tiene una supervivencia estimada del 27% a 36 meses, en contraste con el 100% del grupo I.

Hallazgos (VI): Pacientes reclasificados

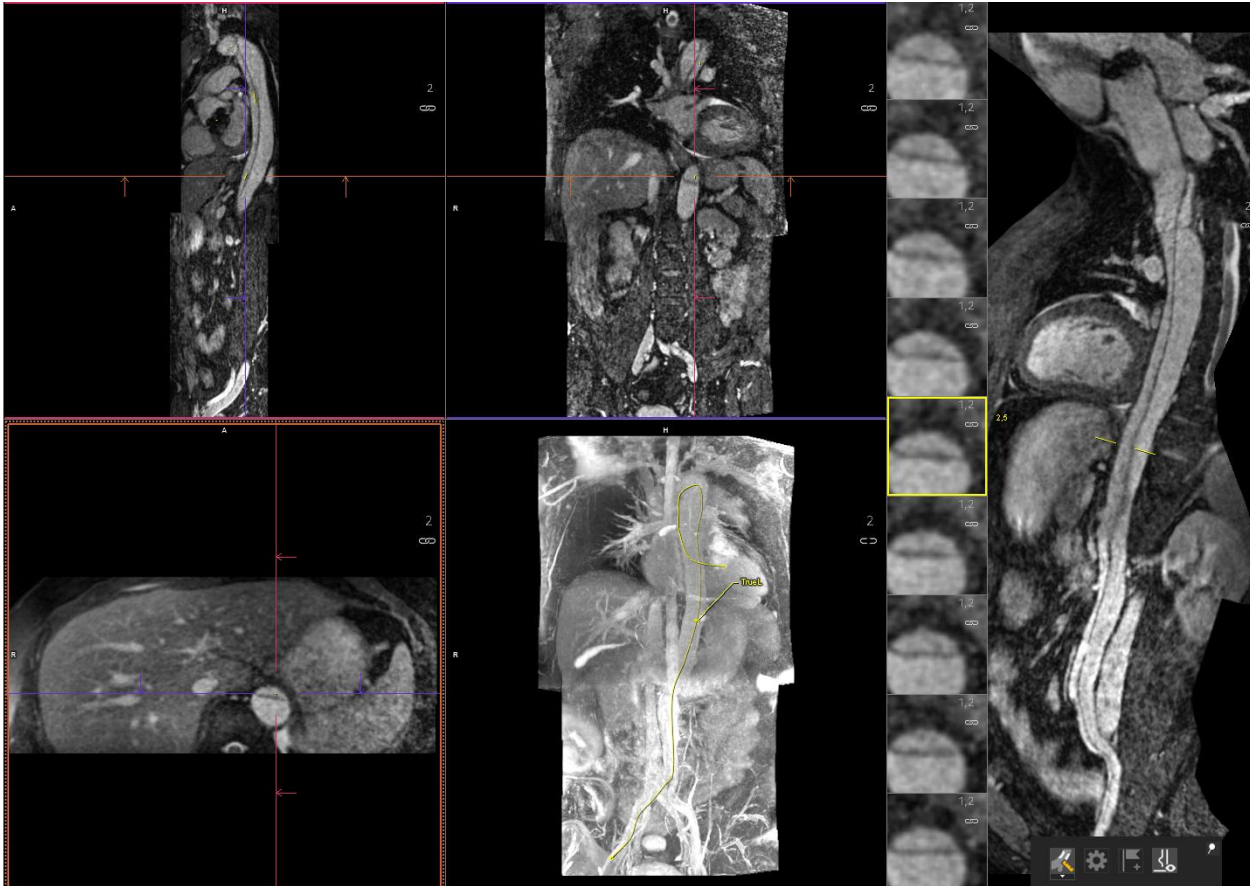


- **N2.** Grupo II → Grupo I. Tipo A intervenida en paciente hipertenso. Experimentó trombosis de la LF torácica con reducción de tamaño aórtico, sin complicaciones a los 2 años y medio.
- a: Imagen axial de TC que muestra una LF gruesa, sin flujo en la fase arterial;
- b: una imagen axial de TC al mismo nivel 10 meses después muestra práctica reabsorción completa de la LF.
- **N19.** Grupo II → III. Tipo A familiar intervenida. Sin crecimiento o complicaciones a 1 año de seguimiento.

Ejemplos: Patrón tipo I

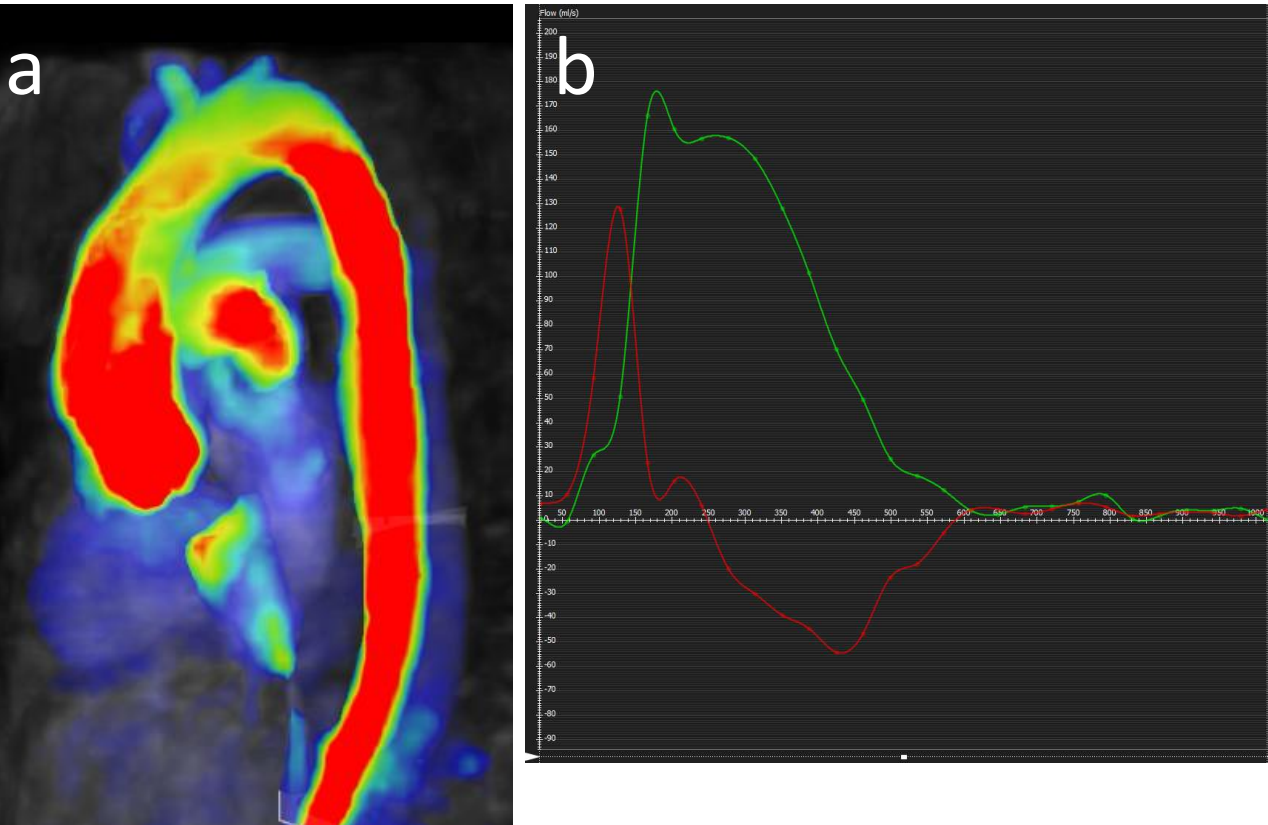
- Hombre de 40 años sin antecedentes.
 - Disección tipo A intervenida con prótesis valvular aórtica y tubo.
 - Sin desgarros de tamaño relevante.
 - Crecimiento 4 mm fase subaguda, estabilidad posterior.
 - Tamaño máximo en aorta torácica descendente proximal de 42 mm.
 - Patrón de flujo I (riesgo bajo).
 - Sin eventos adversos tras 8 meses de seguimiento.
-

Ejemplos: Patrón tipo I



- Reconstrucciones multiplanares y curvada de la composición de angiografías sin contraste torácica y abdominal con secuencias Whole Heart.

Ejemplos: Patrón tipo I

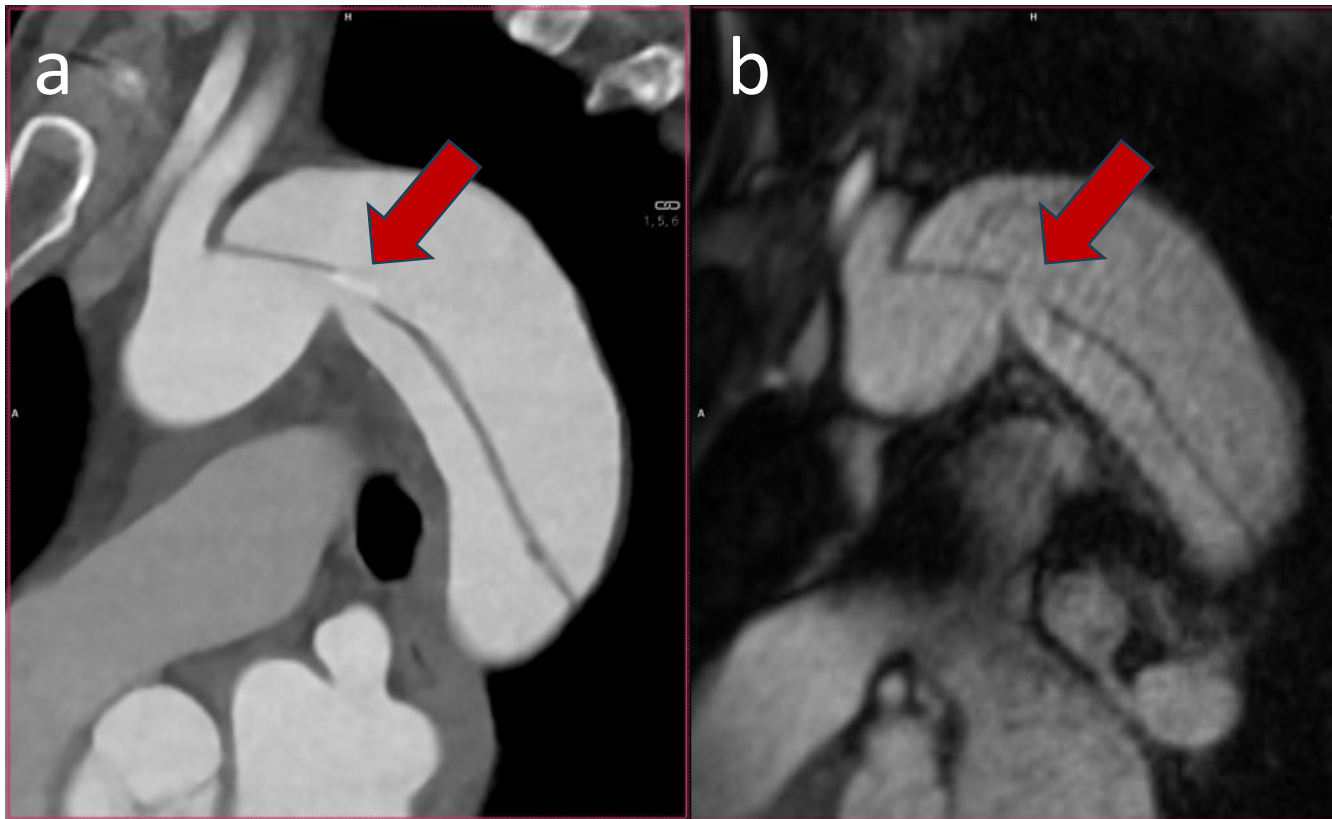


- a) Mapa de velocidad 4D en fase sistólica. El flujo de la LF no es apreciable.
- b) Gráfica de flujo del corte retroauricular, que muestra una aportación pequeña de la LF al flujo anterógrado sistólico (trazo rojo), sin reflujo diastólico.

Ejemplos: Patrón tipo II

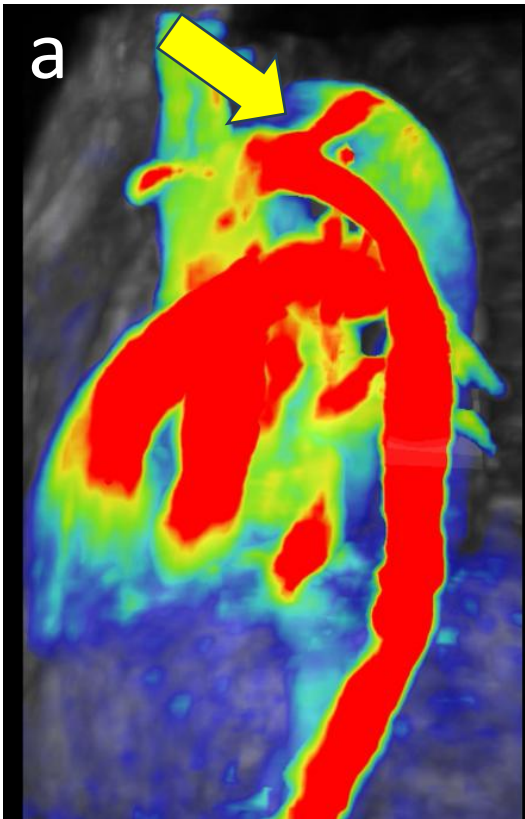
- Hombre de 69 años con antecedentes de hipertensión arterial.
 - Disección tipo B con tratamiento médico.
 - Desgarro proximal de tamaño intermedio (1 cm^2) pero equilibrado con desgarro terminal.
 - Crecimiento 6 mm fase subaguda, pendiente de control.
 - Tamaño máximo en aorta torácica descendente proximal de 42 mm.
 - Patrón de flujo II (riesgo intermedio).
 - Sin eventos adversos tras 12 meses de seguimiento.
-

Ejemplos: Patrón tipo II



- a) Reconstrucción multiplanar sagital de la TC de control en fase subaguda. Apreciamos el desgarro original no tratado, de tamaño intermedio.
- b) Reconstrucción multiplanar sagital de la angioRM sin contraste, que muestra el desgarro con calidad comparable.

Ejemplos: Patrón tipo II

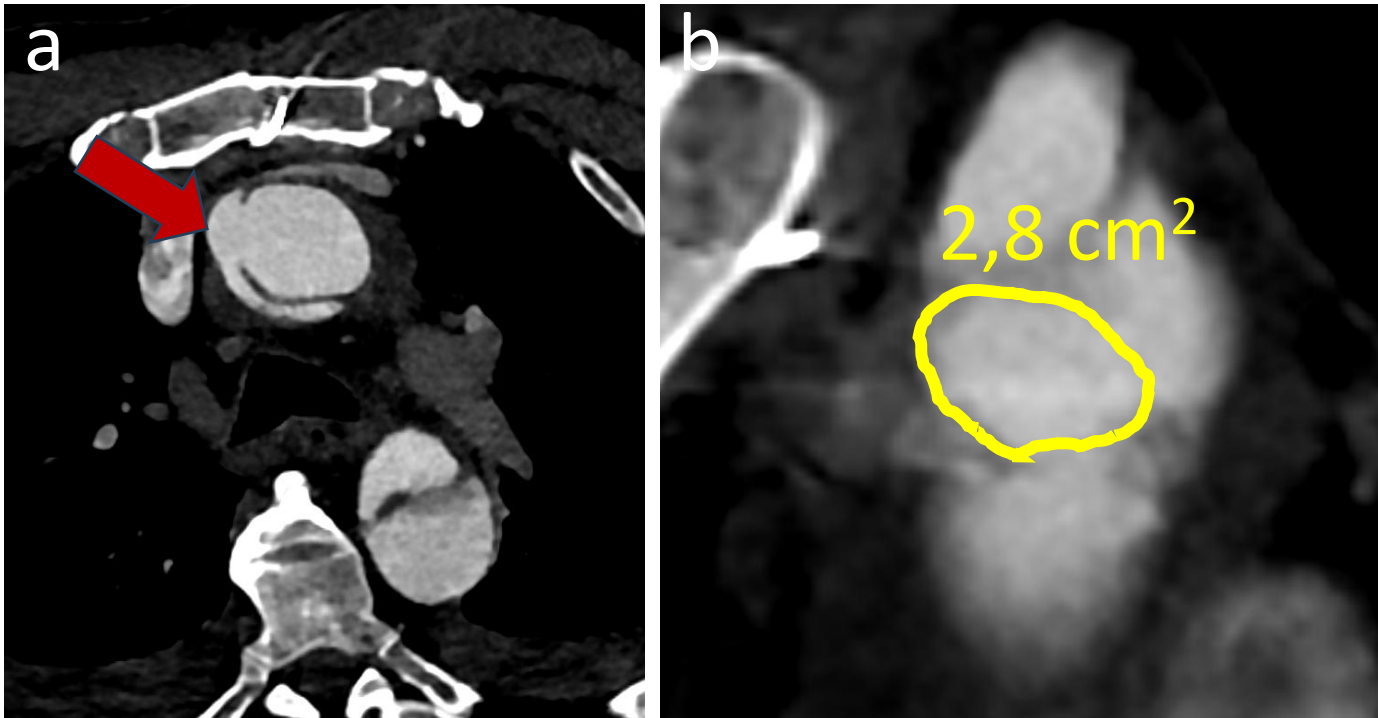


- a) Mapa de velocidad 4D en fase sistólica. Chorro de sangre entrando en la LV desde el desgarro original (flecha amarilla).
- b) Gráfica de flujo del corte retroauricular, que muestra una aportación importante de la LF al flujo anterógrado sistólico (trazo rojo), sin reflujo diastólico.

Ejemplos: Patrón tipo III

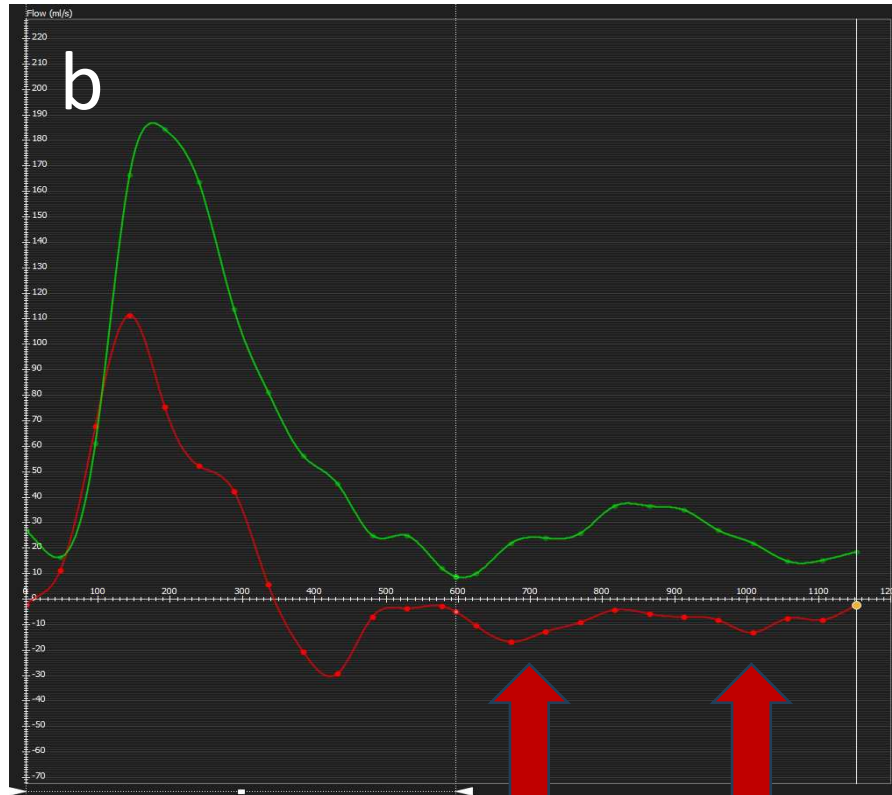
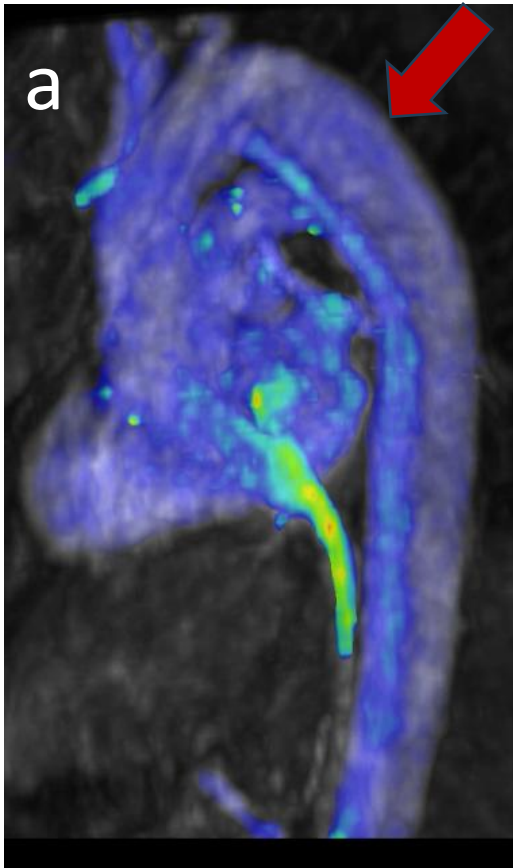
- Hombre de 57 años con antecedentes de hipertensión arterial.
 - Disección tipo A intervenida con tubo aórtico.
 - Desgarro proximal residual en sutura de gran tamaño.
 - Crecimiento 3 mm fase subaguda y 6 mm en fase crónica de 22 meses (total 9 mm).
 - Tamaño máximo en aorta torácica descendente proximal de 45 mm.
 - Patrón de flujo III (riesgo elevado).
 - Sin eventos adversos tras 25 meses de seguimiento.
-

Ejemplos: Patrón tipo III



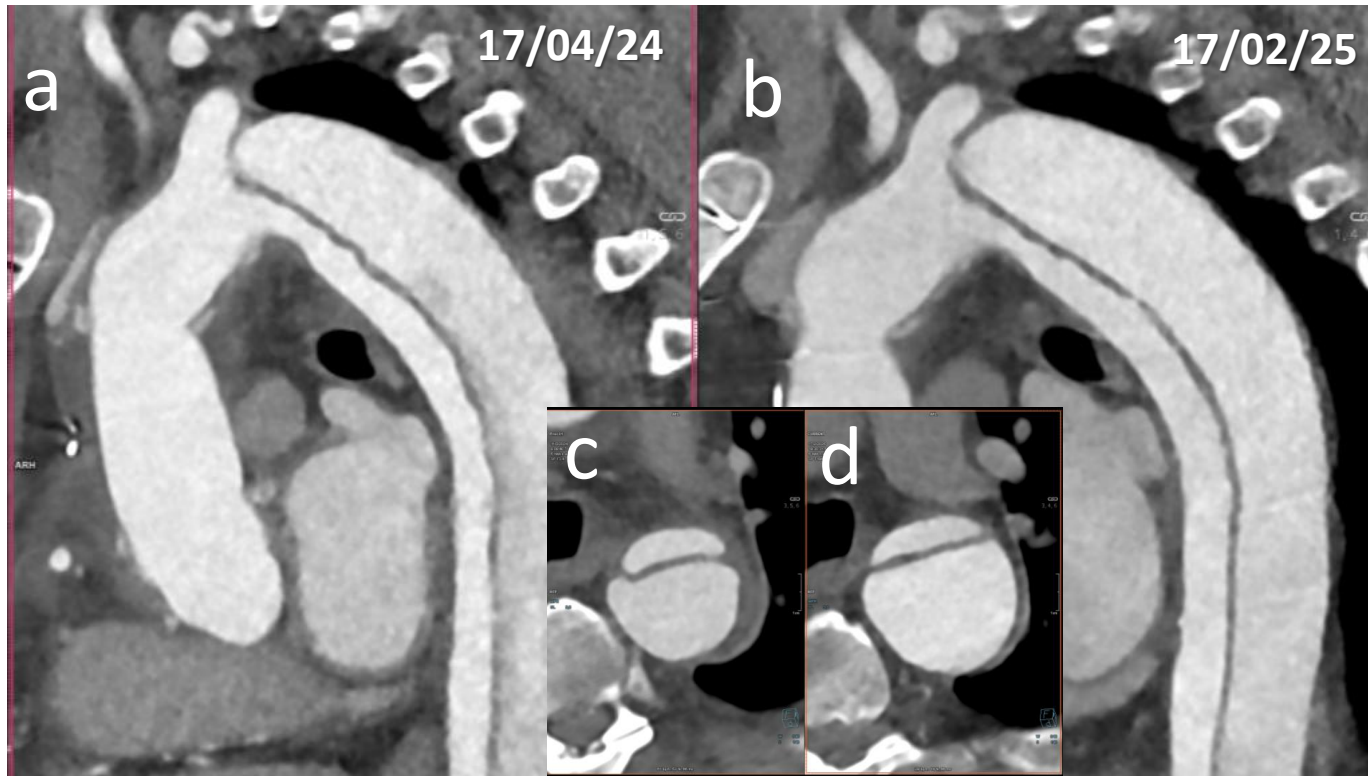
- a) Imagen axial de la TC de control en fase subaguda. Apreciamos el desgarro postquirúrgico de gran tamaño.
- b) Reconstrucción multiplanar del desgarro, que permite medir su tamaño.

Ejemplos: Patrón tipo III



- a) Mapa de velocidad 4D en fase diastólica. Flujo persistente en la LF proximal (flecha roja).
- b) Gráfica de flujo del corte retroauricular, que muestra una aportación relevante de la LF al flujo anterógrado sistólico (trazo rojo), con reflujo diastólico (flechas rojas).

Ejemplos: Patrón tipo III



- a) Reconstrucción sagital de la TC en fase subaguda.
- b) Reconstrucción idéntica de la TC de control adquirida 10 meses después, que muestra dilatación relevante de la LF.
- c) y d) Imágenes transversas de la aorta descendente proximal de los estudios a) y b).

Conclusiones

- La RM de flujo 4D en la fase subaguda de la disección aórtica reproduce los patrones de riesgo descritos en 2D con una concordancia casi perfecta.
 - El patrón de bajo flujo en la luz falsa detectó un grupo de pacientes con crecimiento lento a corto plazo y con menos eventos clínicos a corto plazo.
-