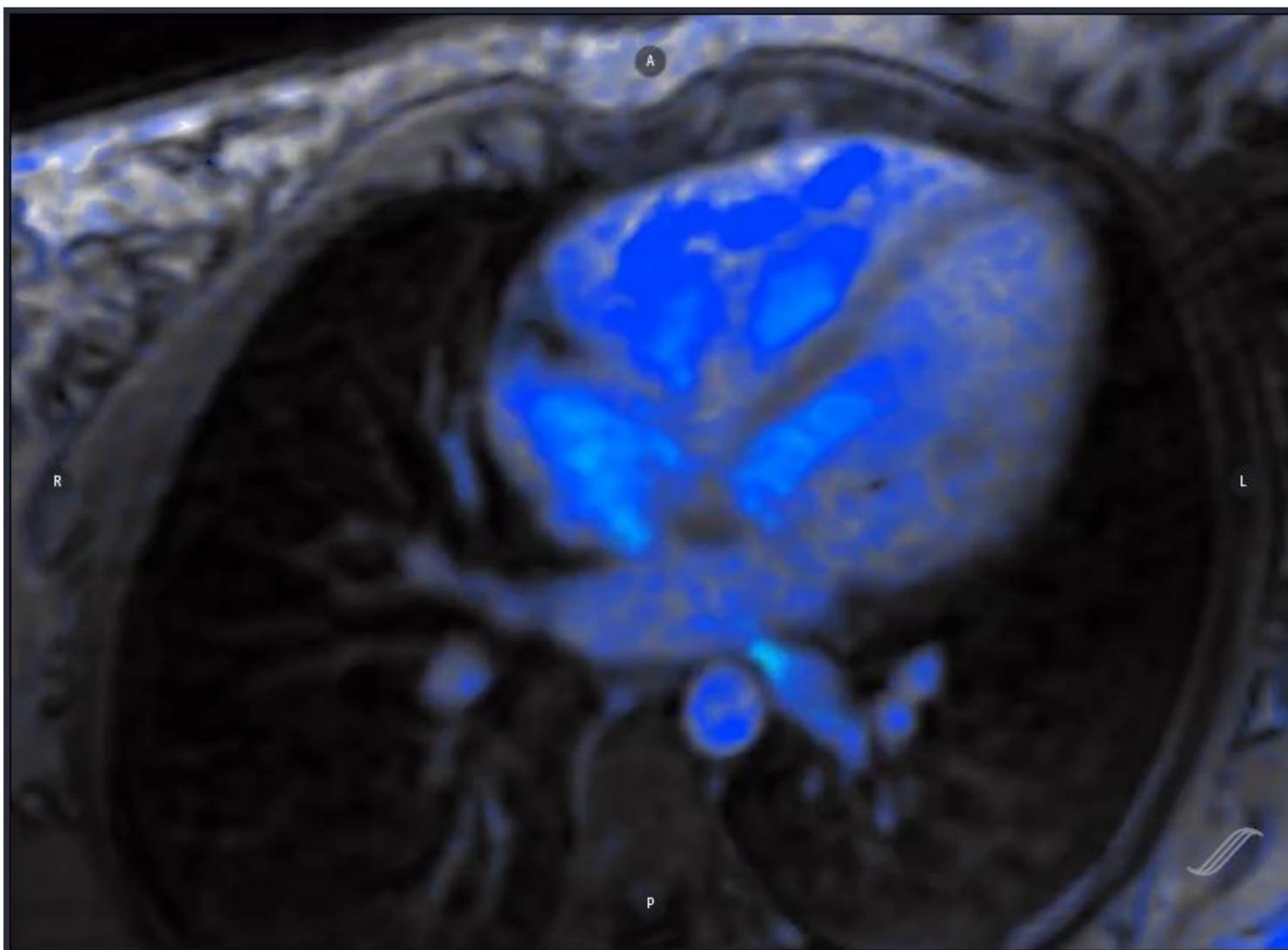


**CARDIO-RM EN LOS SHUNTS CARDIACOS:
VENTAJAS DE LA TÉCNICA 4D FLOW**



Vicente Martínez de Vega, Ana Alvarez Vázquez, Manuel Recio Rodríguez, Mar Jiménez de La Peña, Javier Carrascoso Arranz

Hospital Universitario Quirónsalud Madrid. Madrid. España

OBJETIVOS

Describir la técnica 4D Flow en el estudio cardiovascular por RM.

Mostrar las ventajas de la secuencia 4D Flow con respecto a las secuencias convencionales 2D Phase Contrast (2D PC) en la cuantificación del shunt.

Describir los hallazgos en casos de shunts cardiacos en pacientes adultos:

- . Comunicación interauricular (CIA)**
- . Comunicación interventricular (CIV)**
- . Ducto arterioso persistente (DAP)**
- . Drenaje venoso anómalo parcial**

REVISIÓN DEL TEMA

Los shunts (cortocircuitos) cardiacos se definen como comunicaciones entre el flujo vascular sistémico y el pulmonar.

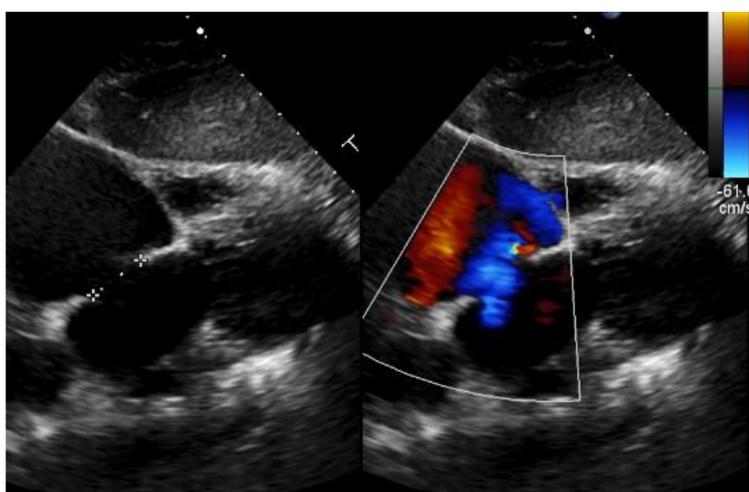
La gran mayoría se deben a anomalías congénitas.

Pueden tener una localización intracardiaca (comunicación interauricular, comunicación interventricular) o extracardiaca (ductus arterioso persistente, drenaje venoso pulmonar parcial anómalo).

La dirección del flujo en los shunts va desde las estructuras con mayor presión (circulación sistémica) a las de menor presión (circulación pulmonar), y el resultado es un shunt izquierda-derecha. Pero si las resistencias vasculares pulmonares aumentan, el flujo se puede invertir, derivando en un flujo derecha izquierda (Síndrome de Eisenmenger).

La herramienta clínica más común para la evaluación del flujo cardiovascular es la **ecocardiografía Doppler**, que puede medir el componente de la velocidad del flujo sanguíneo en la dirección del haz de ultrasonido o proporcionar una visualización bidimensional de las velocidades del flujo sanguíneo usando el modo Doppler color

La ecocardiografía Doppler se usa para evaluar las velocidades máximas y medias, para el cálculo de las caídas de presión máxima y media, conocidas como gradientes, a través de la ecuación de Bernoulli simplificada.



No obstante, la ecografía Doppler tiene algunas **LIMITACIONES**: la evaluación de velocidad variable (debido a la alineación del haz), mala ventana acústica y experiencia del operador. Además, el cálculo de las velocidades medias y el flujo neto a menudo se basa en suposiciones con respecto al perfil de flujo subyacente y al área de sección transversal del vaso que puede dar como resultado una cuantificación de flujo inexacta en presencia de flujo complejo y / o geometría irregular.

Por otro lado, la ecografía Doppler, aunque permite evaluar los shunts intracardiacos de forma muy fiable, es de poca utilidad en la valoración morfológica de los shunts extracardiacos.

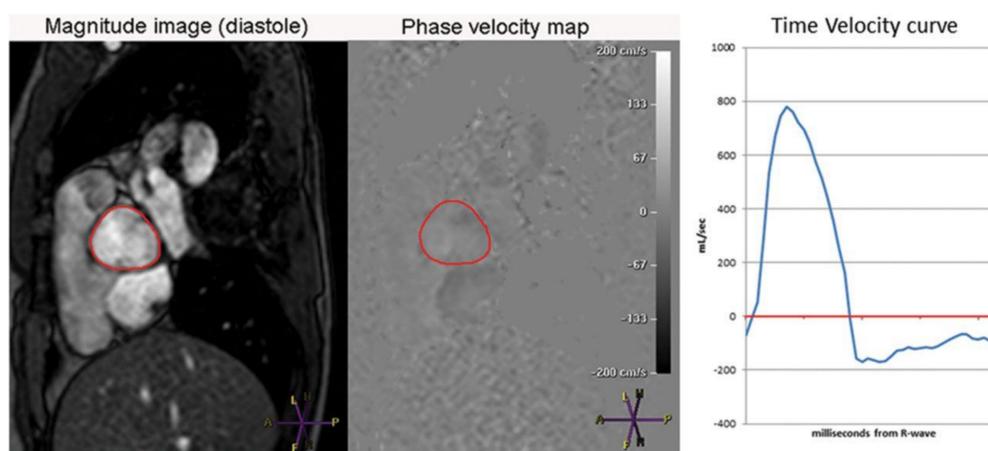
ANÁLISIS DEL FLUJO EN RM CARDIACA

SECUENCIA 2D PHASE CONTRAST (2D PC)

Se basa en los cambios de fase de los protones de la sangre con respecto a los de los tejidos estacionarios a lo largo de un gradiente. Se aplican gradientes bipolares. Los tejidos estacionarios no presentan una ganancia neta de la fase al compensarse el gradiente positivo con el negativo. La sangre, sin embargo, mantiene un cierto cambio de fase al moverse fuera del plano, que no se compensa con el segundo gradiente. Este desfase se puede medir.

VENTAJAS DE 2D PC EN RM CARDIACA

- Muy útil en la valoración del flujo en cavidades cardiacas y vasos
- Volumen del flujo vascular
- Dirección del flujo
- Velocidad pico
- Gradiente de presión
- Fracción de regurgitación



DESVENTAJAS DE 2D PC EN RM CARDIACA

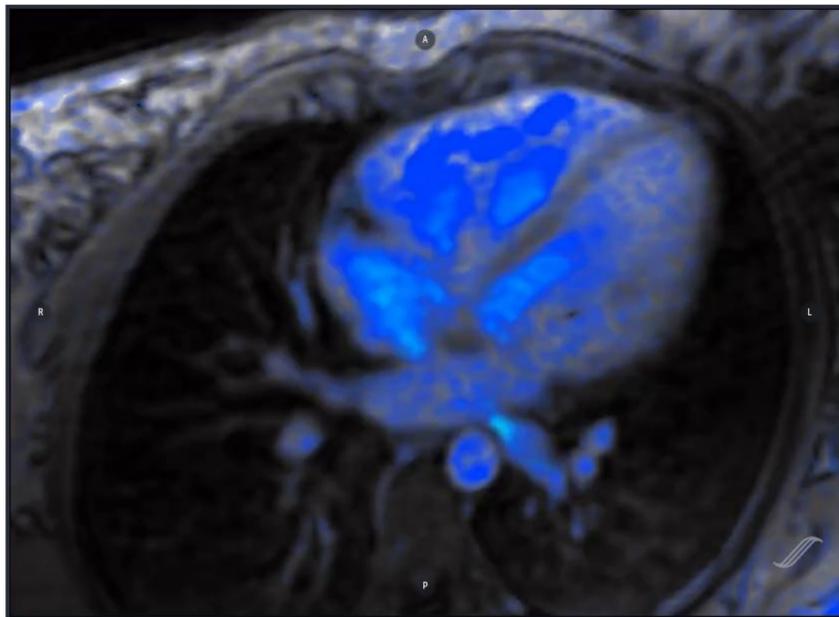
- Múltiples secuencias de planificación para cada adquisición 2D PC
- En casos complejos, se requieren múltiples adquisiciones 2DPC
- Adquisición prospectiva
- Muy sensible a la orientación del plano de adquisición
- Medida del flujo en una dirección (a través del plano de corte)

Ecocardiografía Doppler: la información de flujo se obtiene de forma rápida y sencilla

Por esta razón, la evaluación del flujo con RM cardiaca, se restringe a casos muy específicos como mala ventana acústica o hallazgos no concluyentes con ecografía

ANÁLISIS DEL FLUJO EN RM CARDIACA

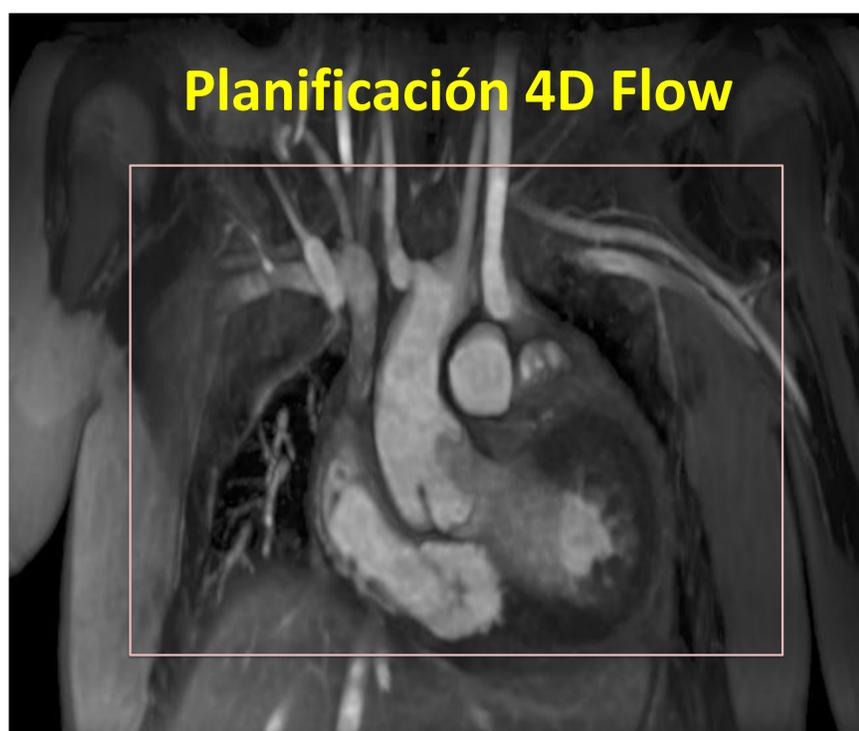
SECUENCIA 4D FLOW



Secuencia Phase Contrast capaz de codificar la información sobre el flujo de cavidades cardiacas y vasos en las tres direcciones del espacio (3DPC) en un tiempo variable que cubre todo el ciclo cardiaco (3D + tiempo = 4D).

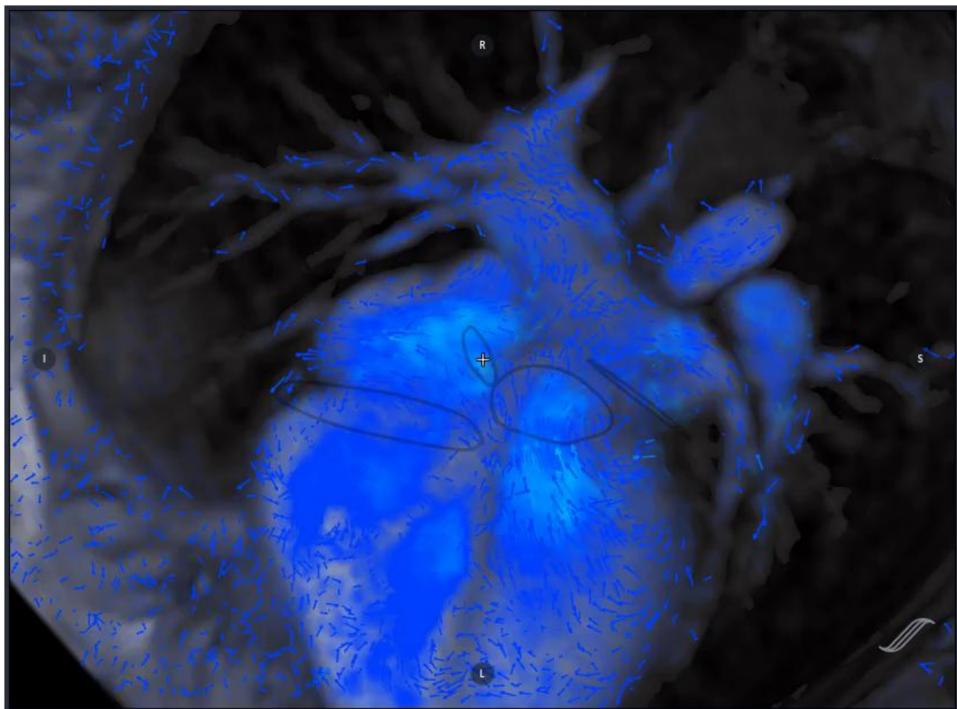
- ✓ 3D Phase Contrast con sincronización cardiaca
- ✓ Codificación en las 3 direcciones ortogonales del espacio.
- ✓ Utiliza un nuevo método de aceleración (HyperKat. GE)
- ✓ SMART Multi NEX → reducción de artefactos por movimientos
- ✓ Resolución isotropica que permite visualización isotrópica en cualquier plano del espacio

- Respiración libre
- No precisa experiencia ni guía clínica
- Examen cardiaco más rápido
- Visualización y postproceso en la nube (Arterys)

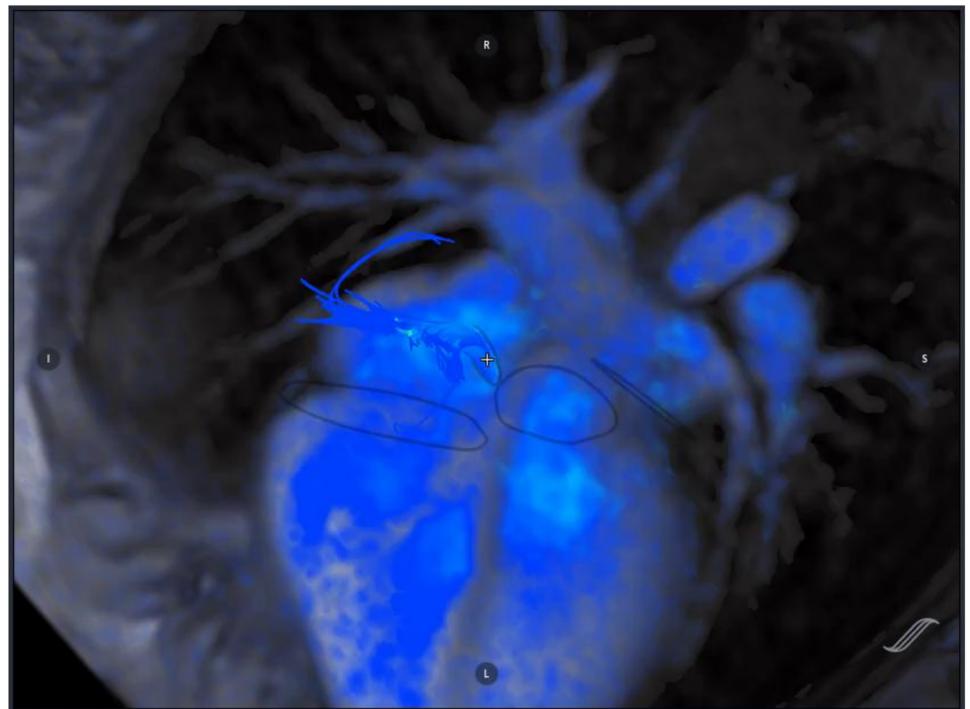


VISUALIZACIÓN DE 4D FLOW CMR

- ❑ **VECTOR:** flechas que representan la dirección y magnitud de la velocidad por voxel
- ❑ **STREAMLINE:** líneas paralelas a los vectores de velocidad en una fase temporal específica
- ❑ **PATHLINE:** muestra la trayectoria de una partícula en el tiempo desde una posición (vóxel)

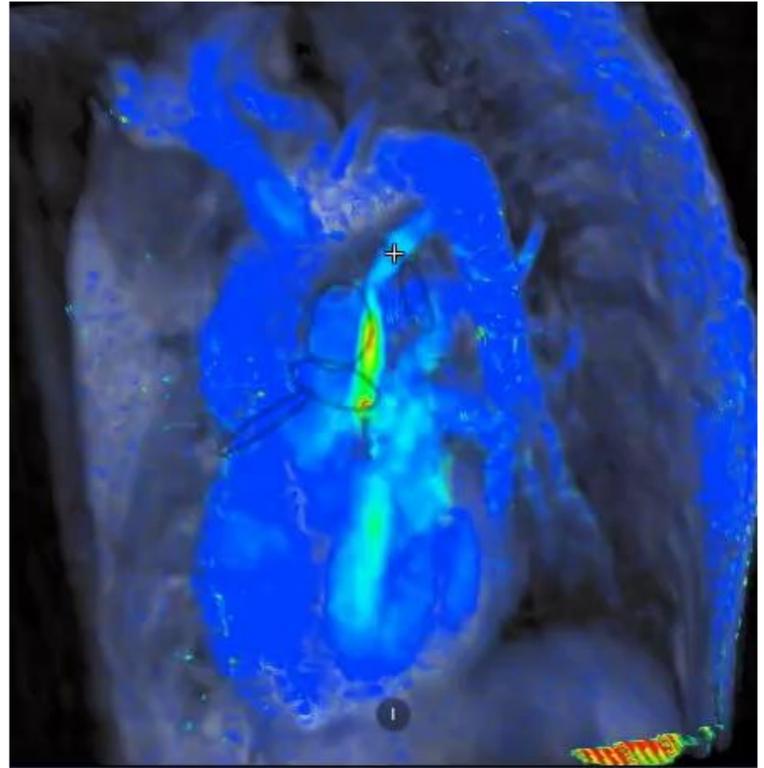


VECTOR



STREAMLINE

SECUENCIA 4D FLOW



VENTAJAS DE 4D FLOW

- Las medidas de flujo con 4D Flow son consistentes
- QP/QS se obtiene en la misma adquisición (mismo ciclo cardiaco)
- Análisis retrospectivo en cualquier localización
- Posibilidad de seguimiento Valvular: mejora el análisis de patología valvular
- Respiración libre
- Fácil de prescribir

DESVENTAJAS DE 4D FLOW

- Uso de contraste intravenoso (recomendado para mejorar la relación señal/ruido)
- En flujos rápidos se requiere ajustar la velocidad de codificación (VENC) con 2DPC
- Artefactos por Corrientes Eddy (menos patentes en 4D Flow que en 2D PC)
- El postproceso es largo en casos complejos

DUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

- . Conducto vascular que comunica el istmo aórtico con el origen de la arteria pulmonar izquierda
- . Durante la vida fetal permite que la mayoría del flujo del VD pase a la aorta (bypass de la circulación pulmonar).
Generalmente se cierra tras el nacimiento.
- . Su persistencia es frecuente en pacientes prematuros y se asocia con mayor morbilidad. También puede persistir en pacientes con otras malformaciones congénitas
- . Cuando la anomalía es aislada, el curso clínico depende del tamaño del ducto y la dirección del flujo.
En ausencia de aumento de las resistencias vasculares pulmonares, se establece un shunt izquierda-derecha con aumento del flujo vascular pulmonar y aumento del volumen en cavidades izquierdas.
- . Si el flujo pulmonar es grande puede causar distres respiratorio y fatiga. Existe mayor riesgo de endocarditis.
- . En ausencia de Hipertensión pulmonar existe indicación de tratamiento cerrando el Ducto mediante cirugía o utilizando un dispositivo de cierre transcater

CARDIO RM EN LA EVALUACIÓN DEL DUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

- La cardio RM es la técnica de elección diagnóstica
- Angio-RM 3D con contraste: permite evaluar la morfología y localización del Ducto
- 2DPC permite determinar la dirección del flujo en el Ducto y cuantificar QP/QS

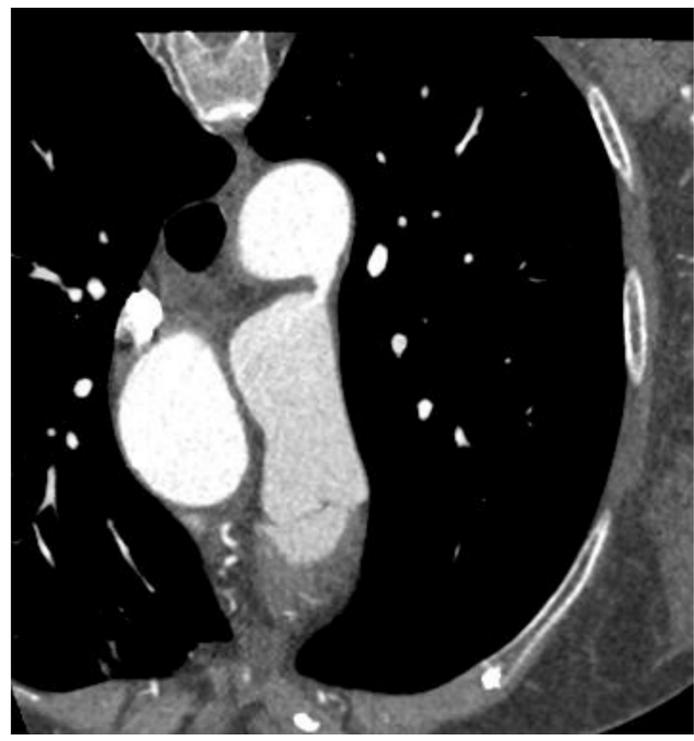
En DAP el flujo sistémico (QS) es igual al flujo de la arteria pulmonar y el flujo pulmonar (QP) es igual al flujo en la aorta ascendente

CASO 1. DUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

- Varón de 25 años
- Fatiga tras esfuerzos
- Dolor en pecho
- Ecocardiografía sin alteraciones
- Se indica un TC Cardíaco

Angio-TC

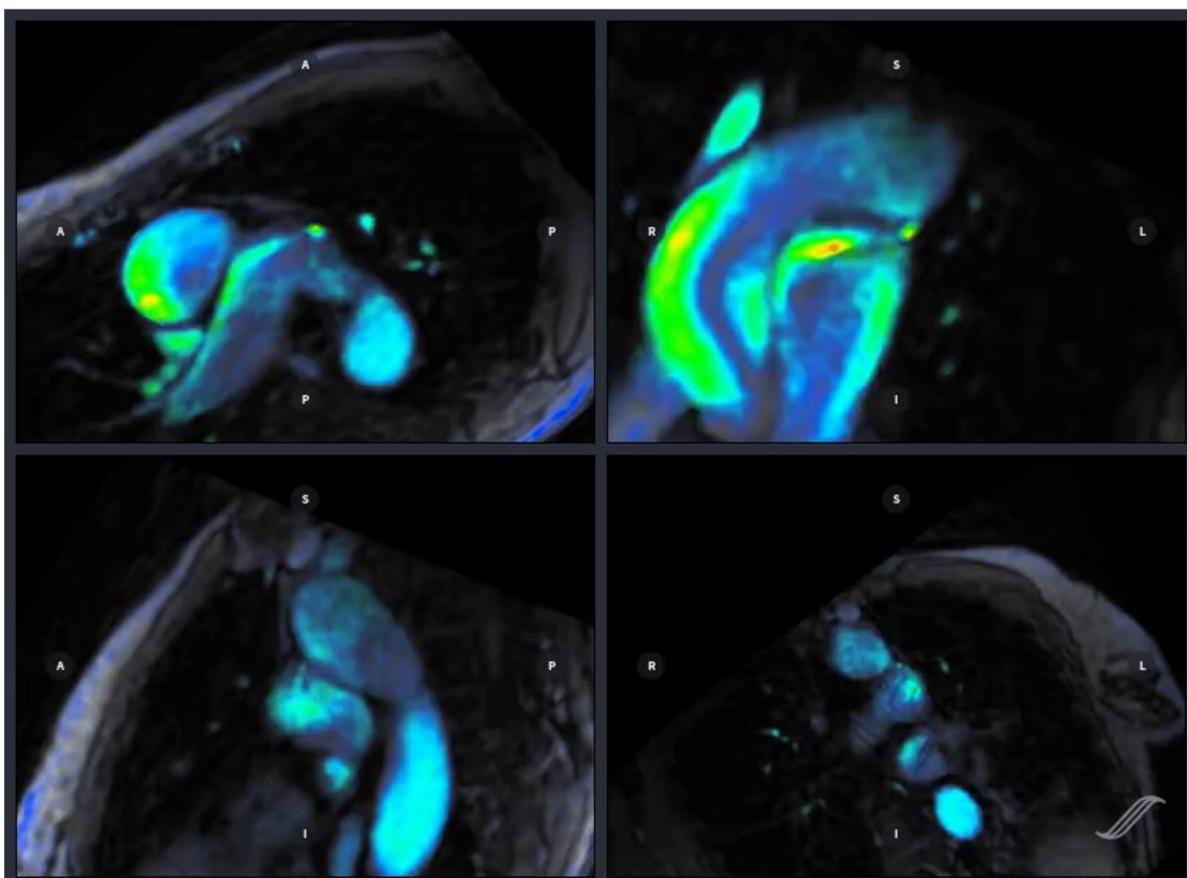
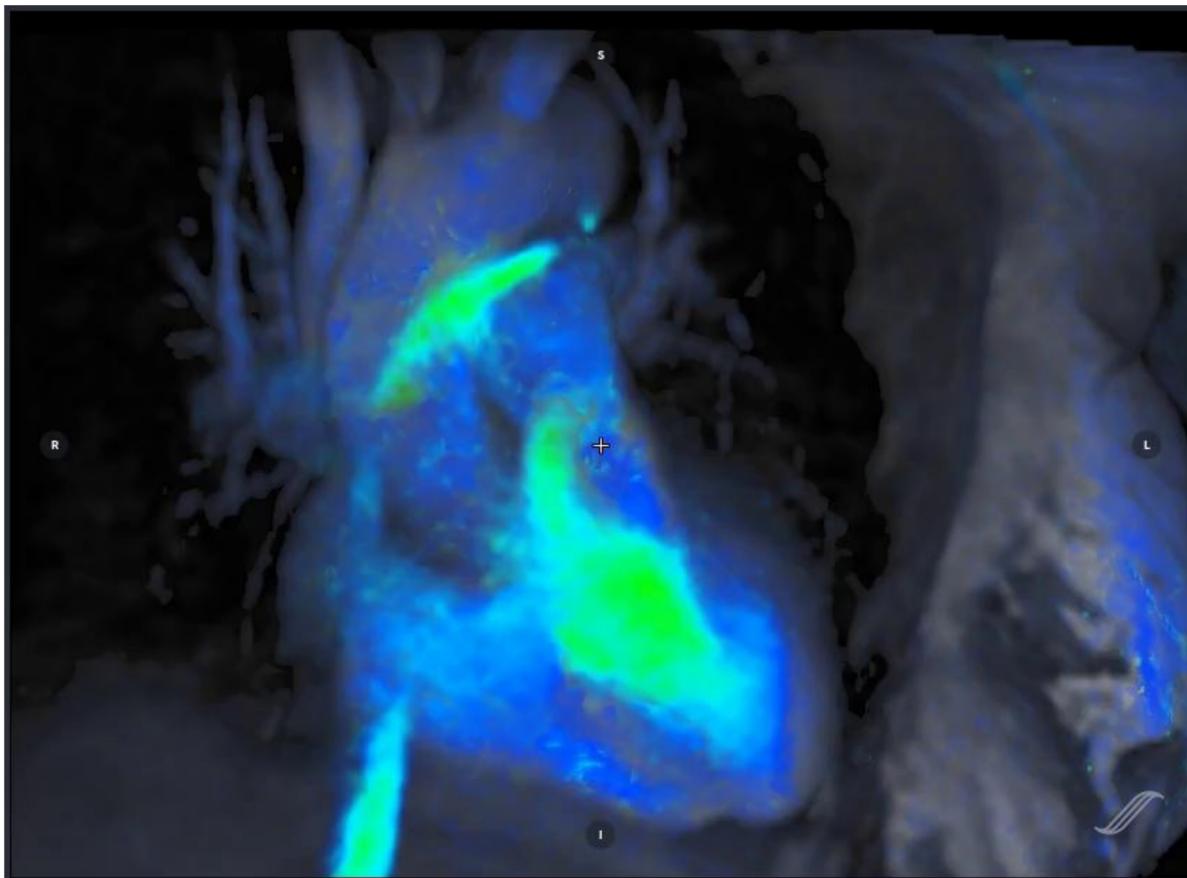
Ductus arterioso persistente conectando aorta con el origen de la art. Pulmonar izquierda



CASO 1. DUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

4D Flow

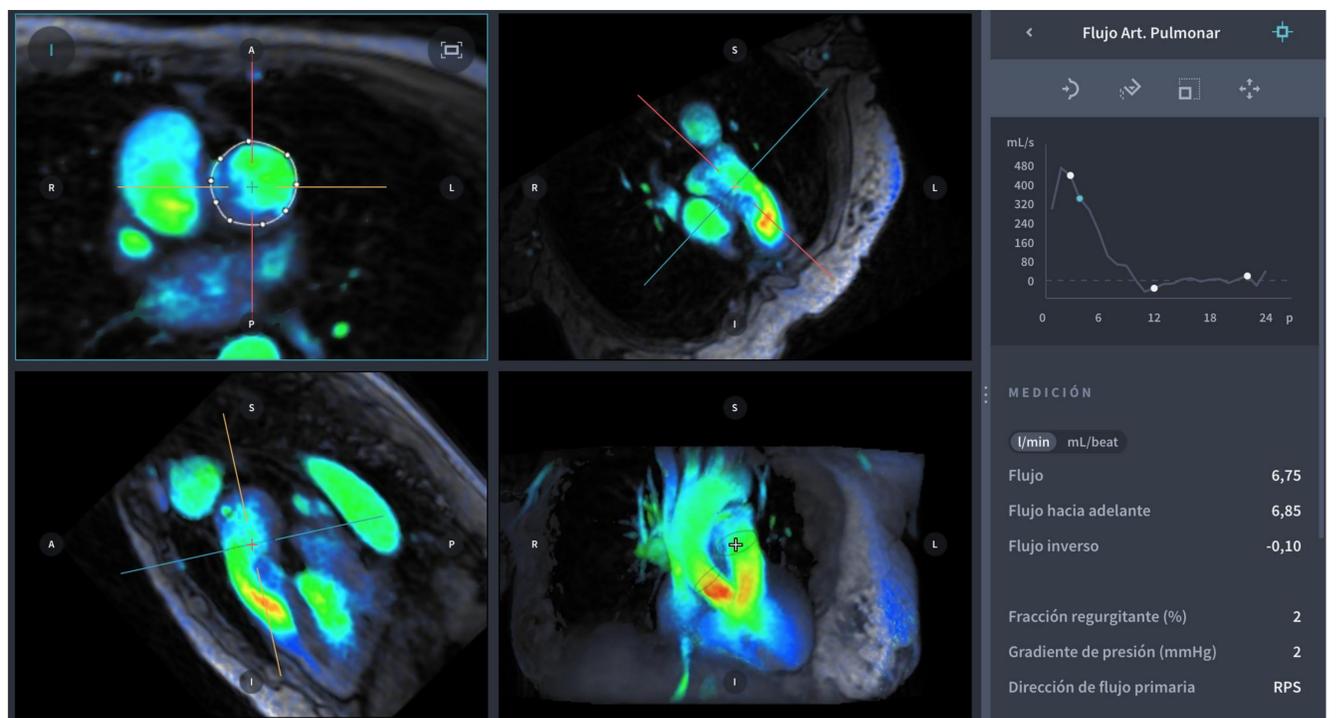
Flujo a través de DAP que se dirige a la arteria pulmonar derecha. El flujo es unidireccional de aorta a arteria pulmonar derecha y es continuo durante todo el ciclo cardiaco.



CASO 1. DUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

4D Flow

En DAP el flujo sistémico (QS) es igual al flujo de la arteria pulmonar y el flujo pulmonar (QP) es igual al flujo en la aorta ascendente

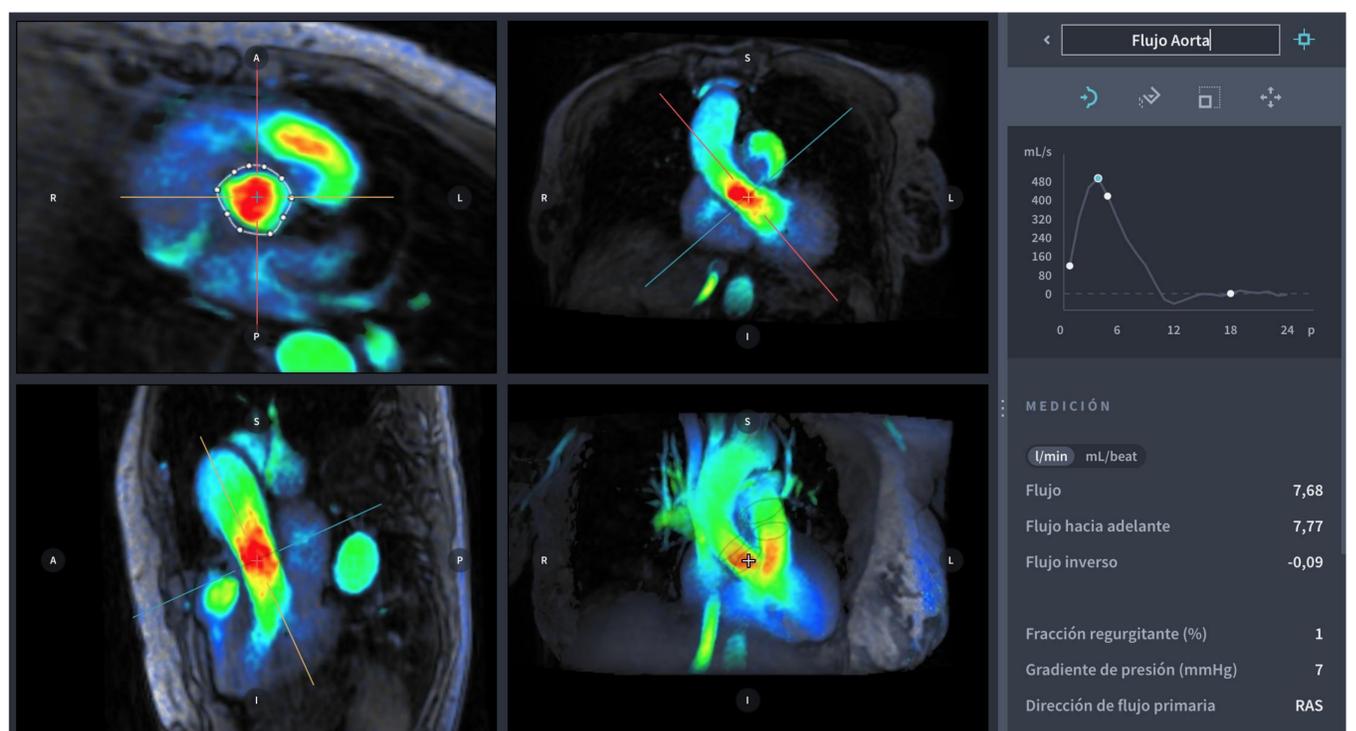


QP / QS

Flujo pulmonar (QP) = Flujo en Aorta (7,77 l/min)

Flujo sistémico (QS) = Flujo en Art. Pulmonar (6,85 l/min)

1,13



CASO 1. DUCTO ARTERIOSO PERSISTENTE

4D Flow

El flujo del DAP se dirige principalmente a la arteria pulmonar derecha que muestra mayor tamaño y flujo que la arteria pulmonar izquierda

FLUJO EN ART. PULMONAR DERECHA

4,23 l/min

Flujo APD + API = Flujo Aorta

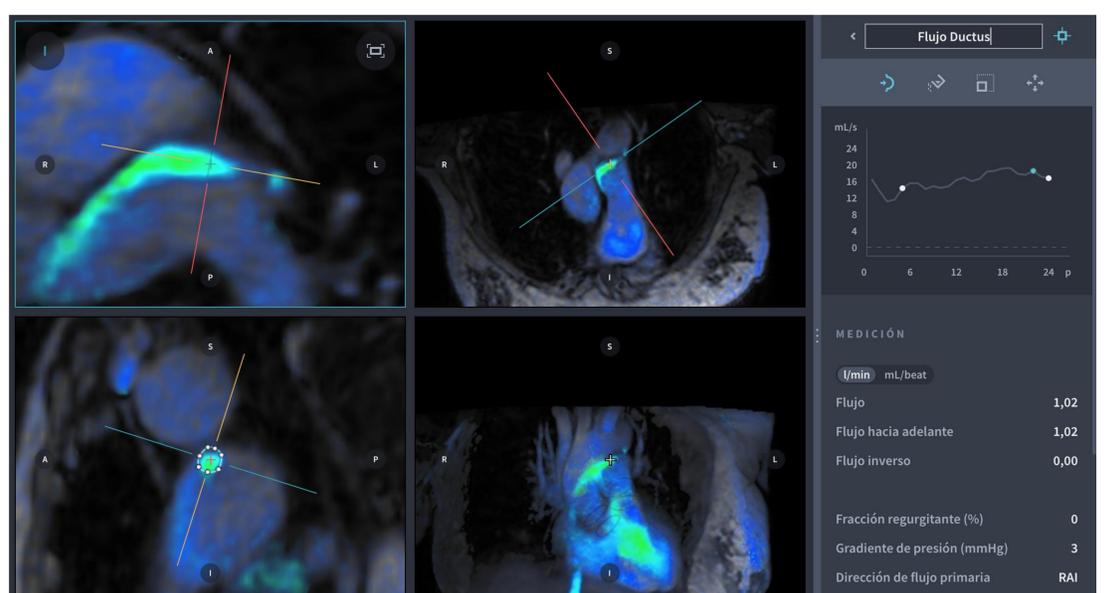
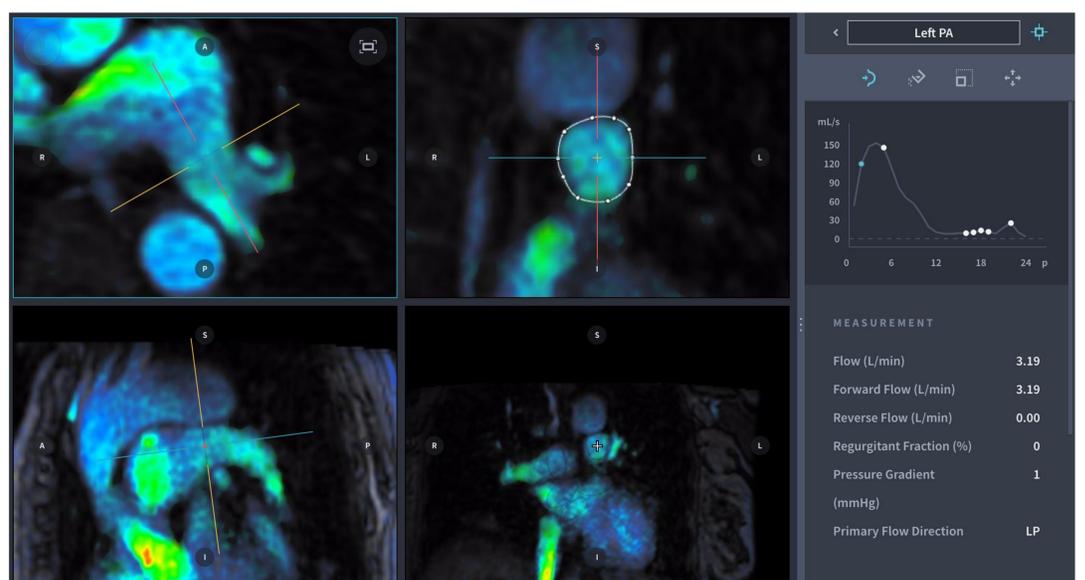
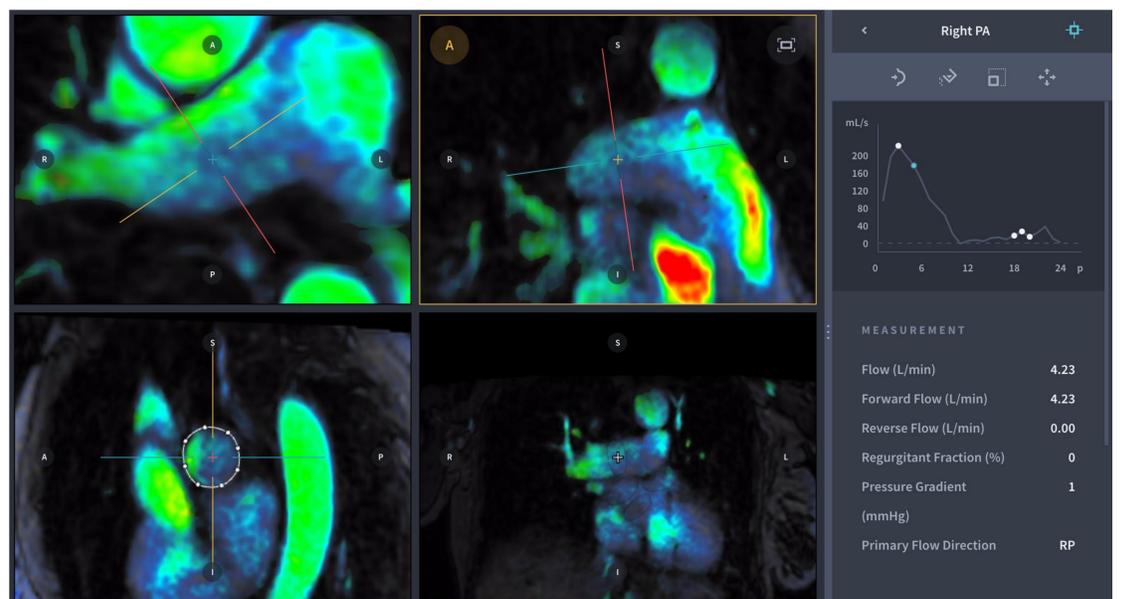
Flujo AP + Flujo Ductus = Flujo Aorta

FLUJO EN ART. PULMONAR IZQUIERDA

3,19 l/min

Medición directa del flujo en DAP

1,02 l/min



DRENAJE VENOSO PULMONAR ANÓMALO PARCIAL

. Una o mas venas pulmonares (no todas) conectan con venas sistémicas

. Hallazgo aislado o asociado a otras malformaciones, especialmente a Síndrome de Heterotaxia con polisplenia

Existe una gran variabilidad, aunque las mas frecuentes incluyen conexión a vena innomunada, a vena cava superior derecha, a vena ácigos o a vena cava inferior. La conexión de venas pulmonares derechas con vena cava inferior se conoce con el nombre de Síndrome de la cimitarra

. Estos drenajes constituyen un shunt izquierda-derecha.

Aumento del flujo arterial pulmonar, similar a la CIA

La magnitud del shunt depende del número de venas pulmonares implicadas en el drenaje anómalo, la resistencia de la circulación pulmonar y la presencia de defectos septales asociadas.

. Puede existir dilatación de AD, VD y arterias pulmonares.

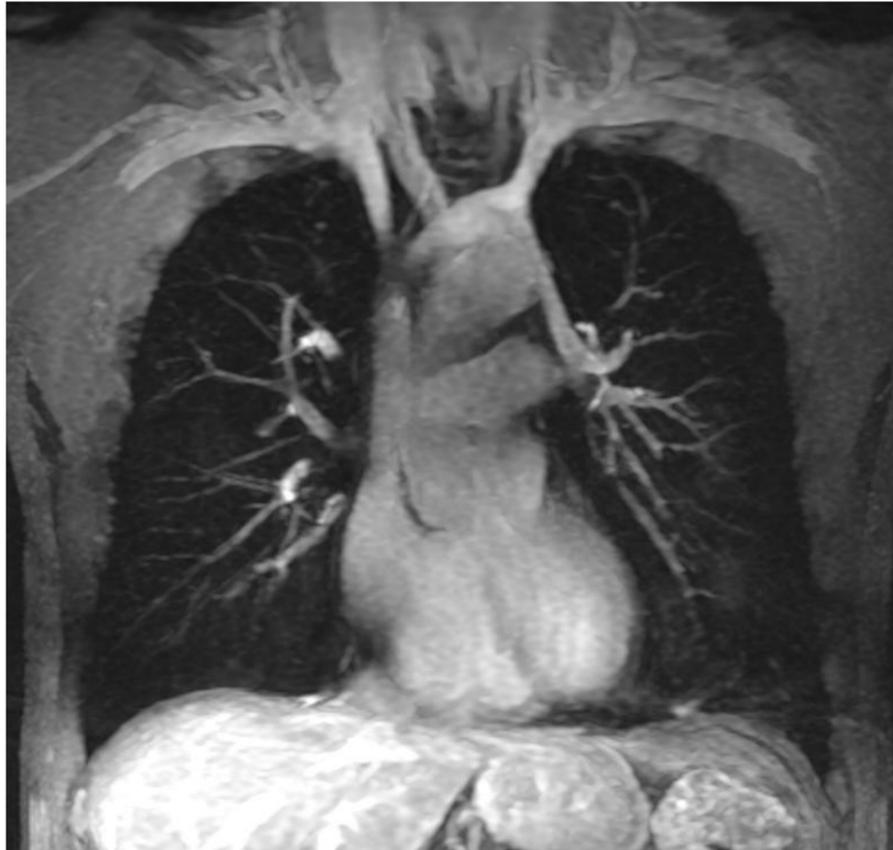
Cuando aparece como hallazgo aislado, suele haber poco shunt y no requiere corrección

CARDIO RM EN LA EVALUACIÓN DEL DRENAJE VENOSO PULMONAR ANÓMALO PARCIAL

- La cardio RM es la técnica muy útil en el diagnóstico y evaluación
- La Angio-RM 3D con contraste delimita la anatomía de la malformación
- Las secuencias cine de sangre blanca (SSFP-FIESTA) permiten evaluar volúmenes y función ventricular
- 2DPC permite determinar la dirección del flujo en el Ducto y cuantificar QP/QS

DRENAJE VENOSO PULMONAR ANÓMALO PARCIAL

Angio-RM



4D Flow

Permite evaluar la morfología de la malformación.
Cuantificación del shunt evaluando la relación QP/QS o bien midiendo el flujo directamente en la vena de drenaje.



CASO 2. DRENAJE VENOSO PULMONAR ANÓMALO PARCIAL

4D Flow

Vena pulmonary superior izquierda drenando a vena innominada

FLUJO EN ART. PULMONAR QP

5,39 l/min

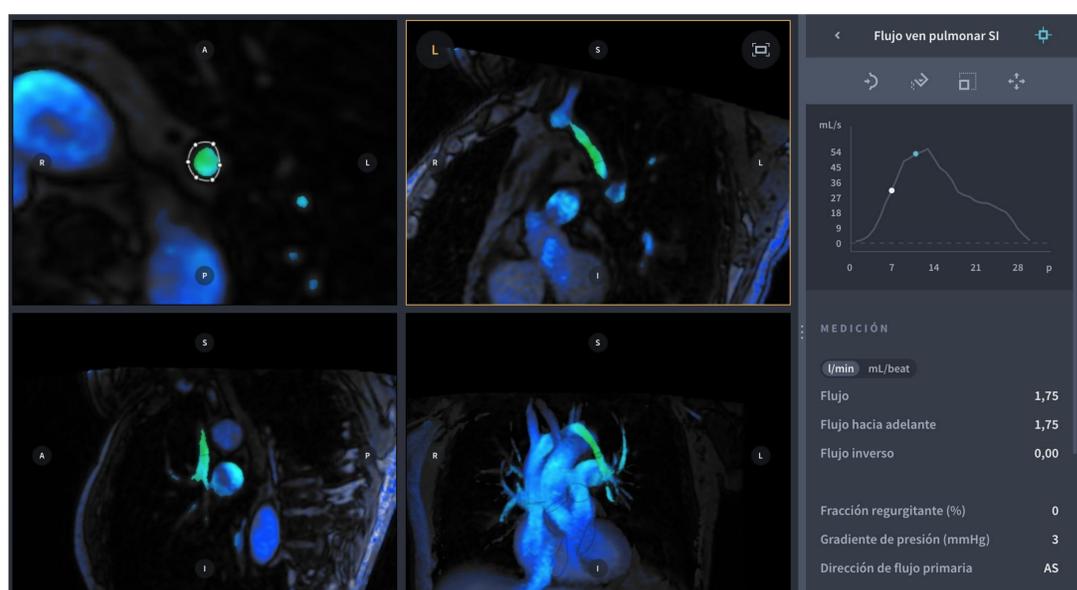
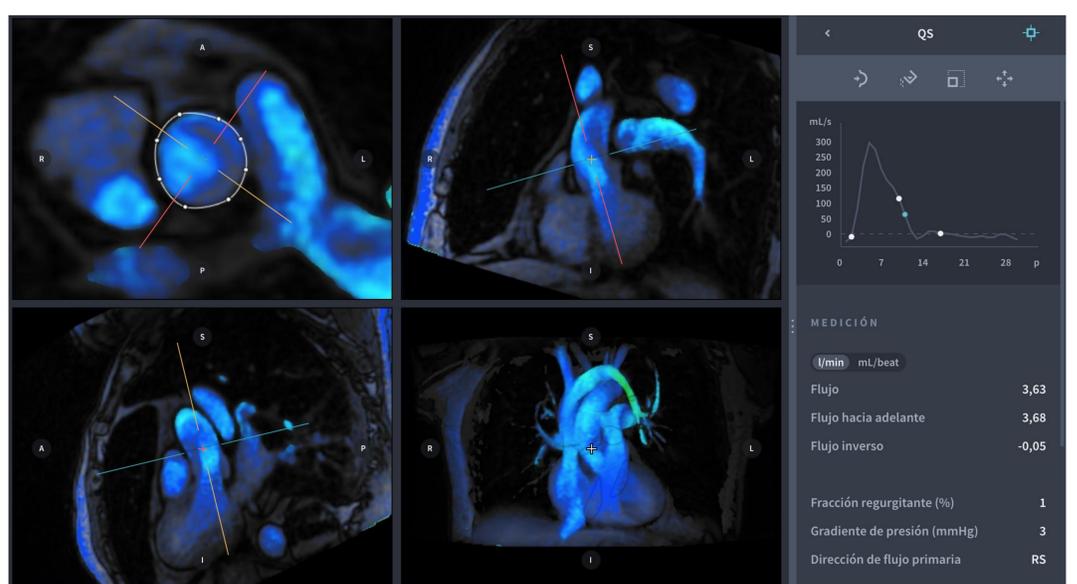
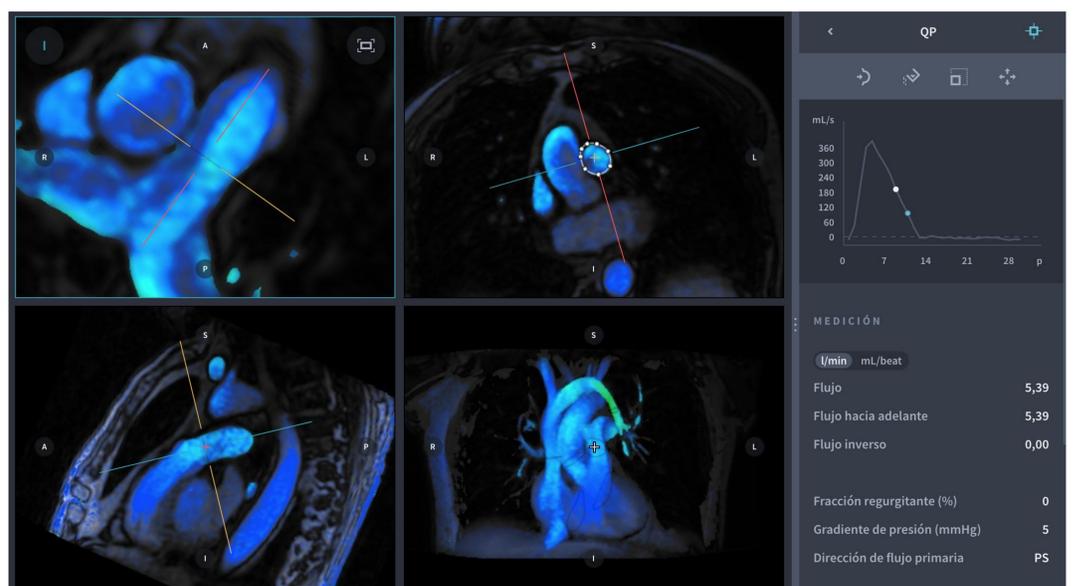
$$QP / QS = 1,48$$

FLUJO EN AORTA QS

3,63 l/min

Medición directa del flujo en Vena

1,75 l/min

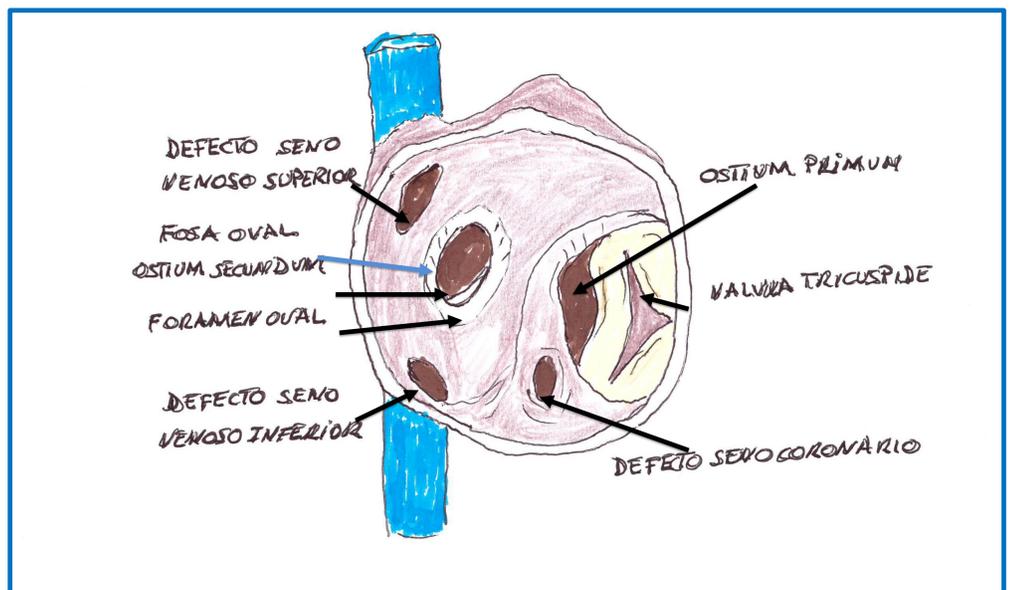
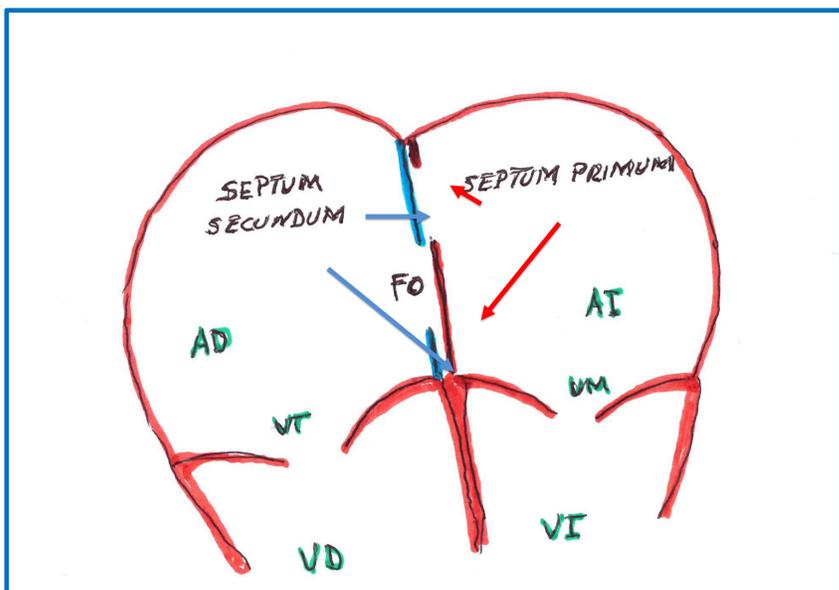


COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

. Defecto en el septo interauricular y comunicación entre ambas aurículas

Existen 5 tipos de comunicación interauricular

- 1. Foramen oval permeable (FOP).** Bordeado en la izquierda por el septum primum y en la derecha por la banda superior de la fosa oval (septum secundum). Esta comunicación está presente en la vida fetal. En la circulación postnatal el septum primum y el septum secundum se aproximan y el foramen oval se estrecha. El FOP está permeable en casi todos los recién nacidos y su frecuencia se reduce con la edad.
- 2. CIA tipo Ostium Secundum.** Es la causa más común de shunt atrial tras el FOP. Generalmente se debe a deficiencia del ostium primum y más raro a deficiencia del ostium secundum. El defecto puede ser único o múltiple con varias fenestraciones del ostium primum.
- 3. CIA tipo Ostium Primum.** Es una variante incompleta del canal atrioventricular común. Afecta al septo del canal AV y se asocia a un defecto de la valva anterior de la válvula mitral.
- 4. CIA tipo Seno Venoso.** Se debe a un defecto del seno venoso que separa las venas pulmonares de la aurícula derecha. El defecto más frecuente se produce entre la vena pulmonar superior derecha y la entrada de la vena cava superior en la aurícula derecha. En sentido estricto no es una comunicación interauricular.
- 5. CIA tipo Seno Coronario.** Rara. Comunicación entre el seno coronario y la aurícula izquierda permitiendo una comunicación de la AD y la AI a través del orificio del seno coronario. A veces asocia una vena cava superior izquierda drenando a seno coronario-AI (Síndrome de Raghیب) que resulta en cianosis.



COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

- ✓ El volumen del shunt depende del tamaño del defecto septal y de la distensión de los ventrículos. En los primeros años de vida, la distensión de VD aumenta y el shunt es izquierda-derecha. En la edad adulta, la distensión del VI se reduce y el shunt I-D aumenta.
- ✓ El shunt produce dilatación de AD, VD, Arterias pulmonares y Venas pulmonares
- ✓ La mayoría de los pacientes jóvenes soportan bien esta situación y permanecen asintomáticos. Algunos desarrollan disnea. Un 10-15% desarrollan hipertensión pulmonar. En esta situación el flujo se puede invertir y establecer un shunt D-I que causa cianosis, intolerancia al ejercicio, arritmias auriculares, embolismo paradójico y policitemia.

CIERRE DE LA CIA

Puede realizarse por cirugía o con la colocación de un dispositivo transcater (Amplatzer). El cierre está indicado:

- EN PACIENTES SINTOMÁTICOS
- CUANDO EL SHUNT I-D ES SIGNIFICATIVO
- PRESENCIA DE APLANAMIENTO DEL SEPTO INTERVENTRICULAR EN DIÁSTOLE
- RELACIÓN FLUJO PULMONAR/FLUJO SISTÉMICO (QP/QS) > 1,5-2

EVALUACIÓN DE LA CIA

La ecografía transtorácica es la técnica de imagen de elección.

La RM cardíaca puede ser útil en adultos jóvenes con hallazgos no concluyentes.

Es necesario:

- **Delimitar la localización y tamaño del defecto septal**
- **Evaluar el retorno venoso**
- **Cuantificar la relación Flujo Pulmonar / Flujo sistémico (QP/QS)**
- **Evaluar el tamaño del VD y la función ventricular sistólica**
- **Cuando se ha cerrado con un dispositivo por cateterismo se puede evaluar malposición, trombosis, flujo residual en el shunt**

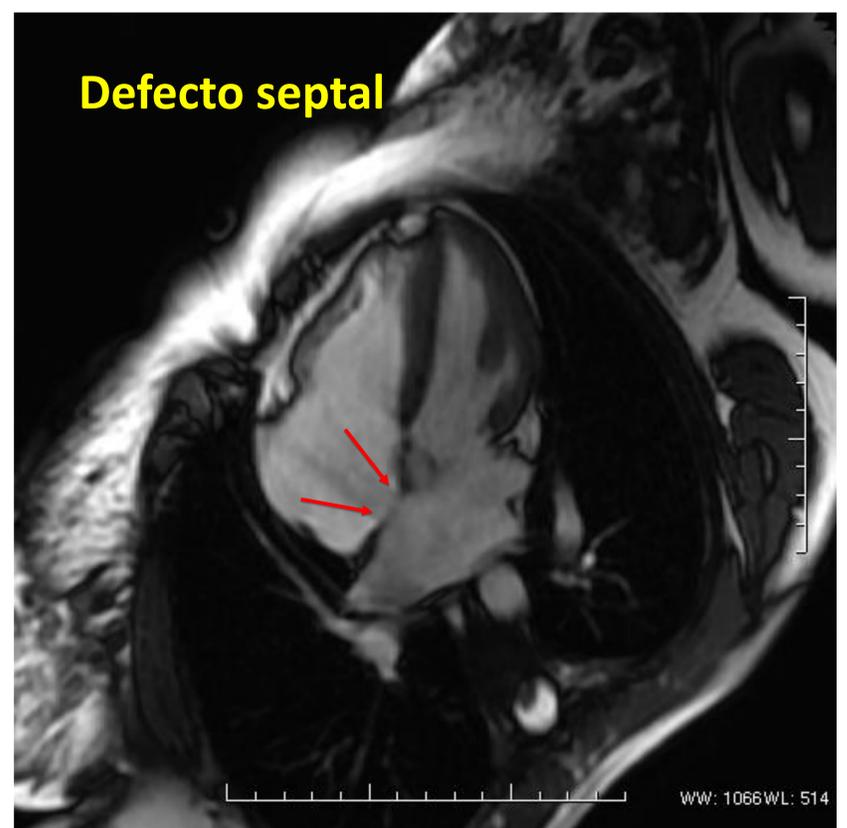
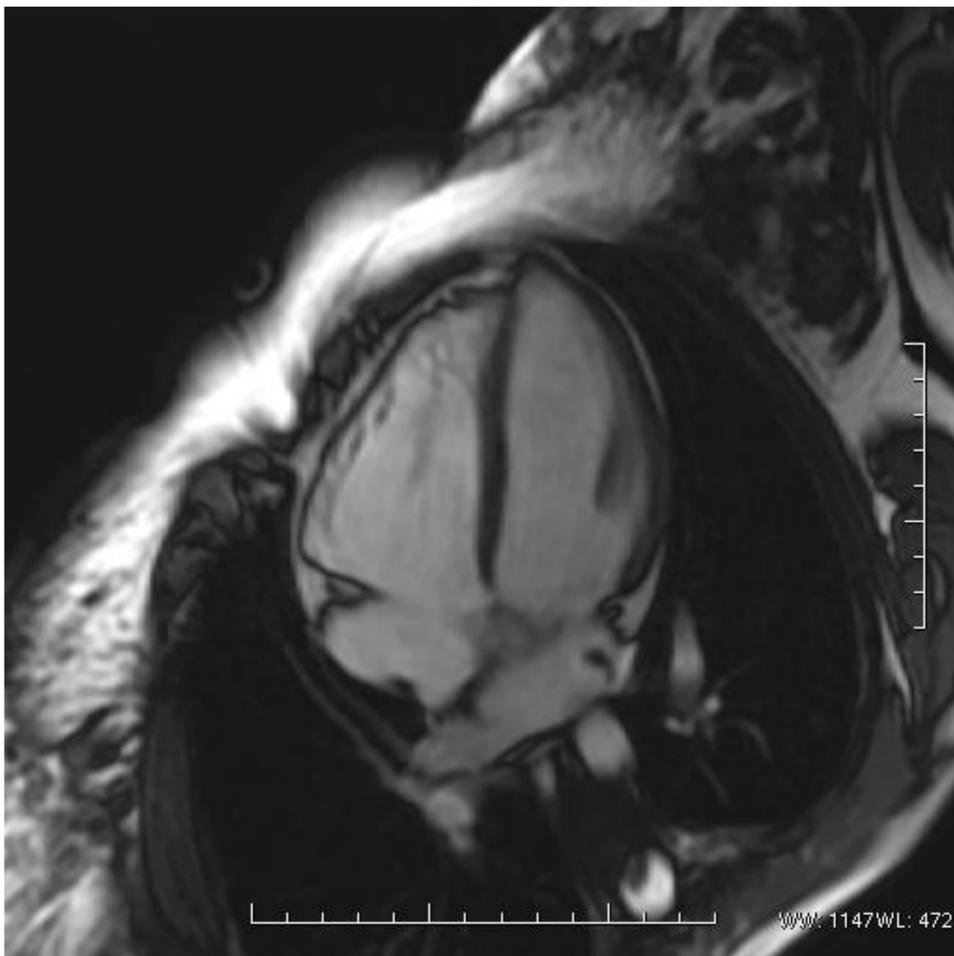
CASO 3. COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

Mujer de 24 años, asintomática.
Soplo a la auscultación

Ecocardiografía:

- . CIA tipo Ostium Secundum
- . Defecto septal 12 mm

CIA tipo OSTIUM SECUMDUM



RM CARDIACA

Con secuencias de sangre blanca SSFP (FIESTA) es posible evaluar:

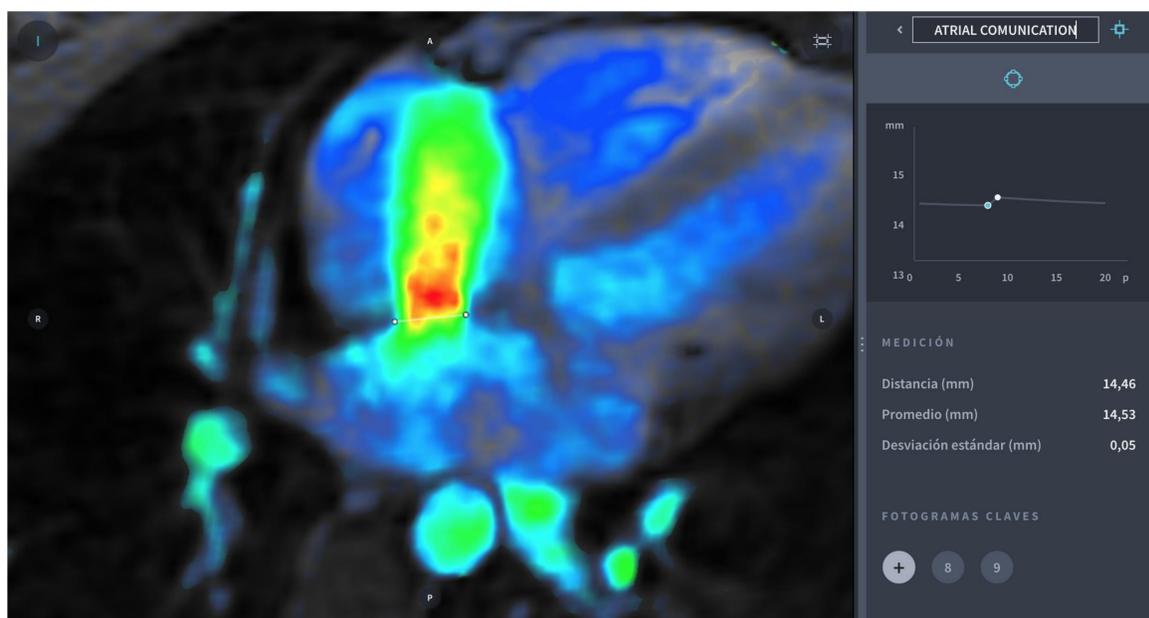
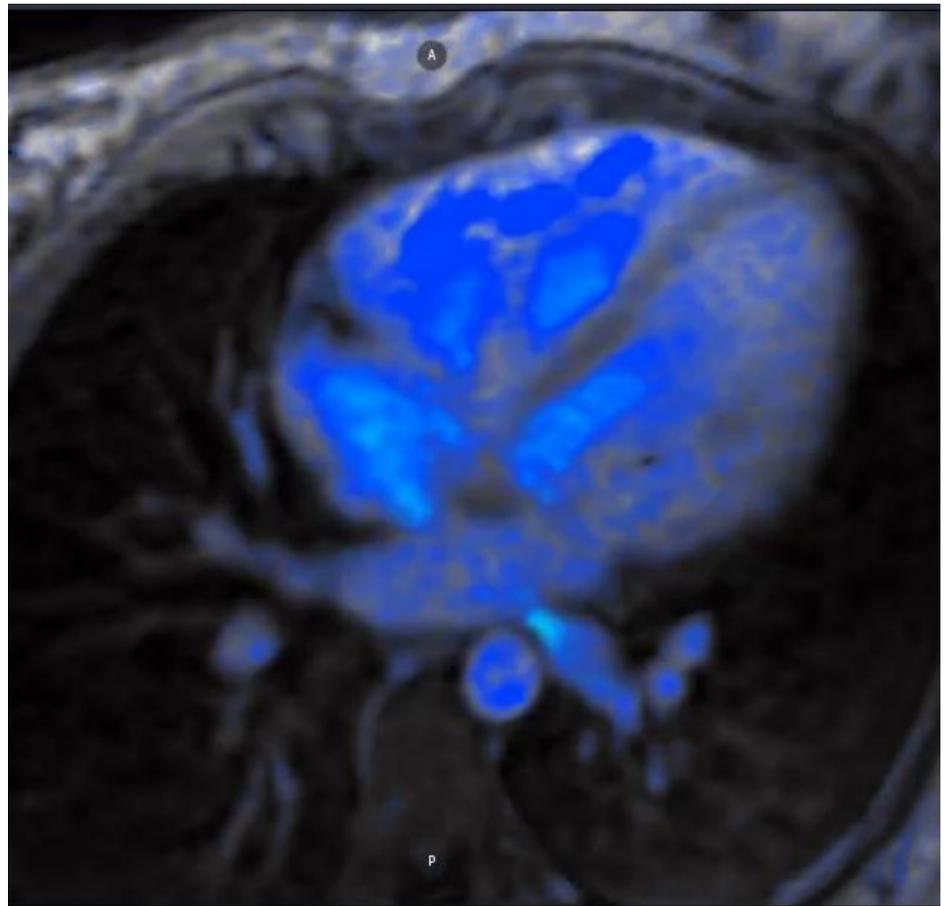
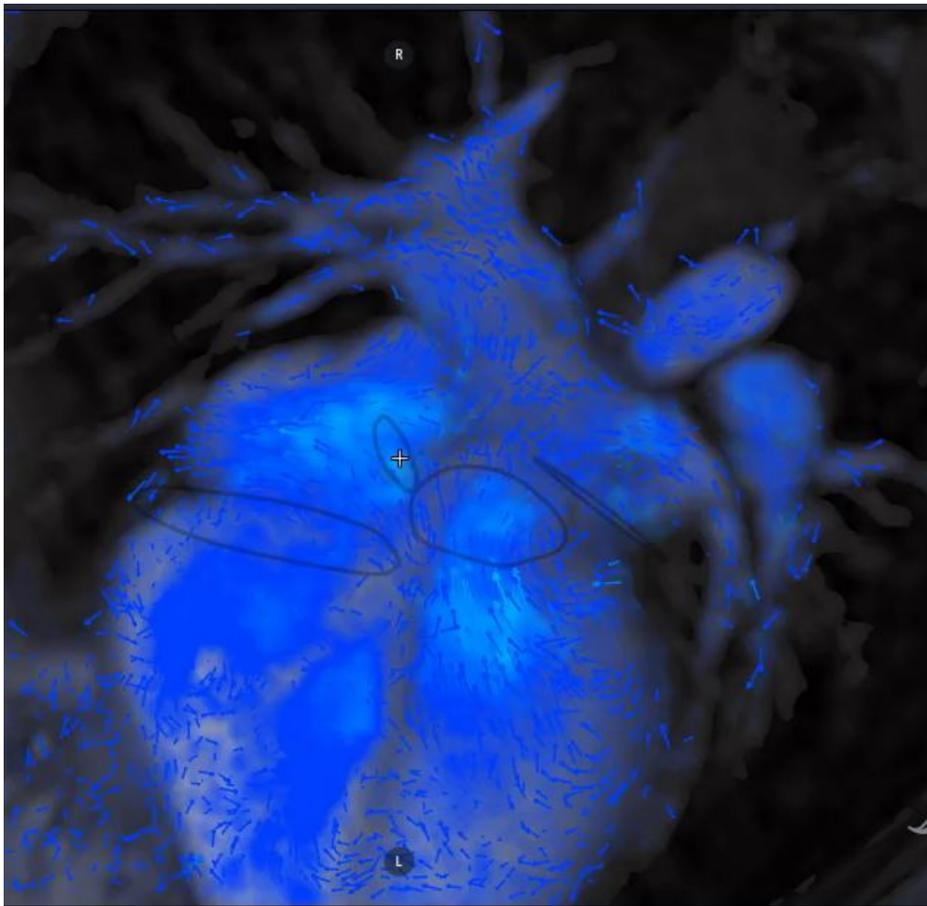
- Localización y tamaño del defecto septal
- Tamaño del VD
- Función sistólica ventricular
- Tamaño de arteria pulmonar

CASO 3. COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

Con la **secuencia 4D Flow** se valora:

- Localización del defecto septal (ostium secundum)
- Tamaño del defecto (14 mm)
- Dirección del flujo (unidireccional I-D)
- Relación QP/QS
- Valoración directa del flujo en el defecto septal

CIA tipo OSTIUM SECUMDUM



CASO 3. COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

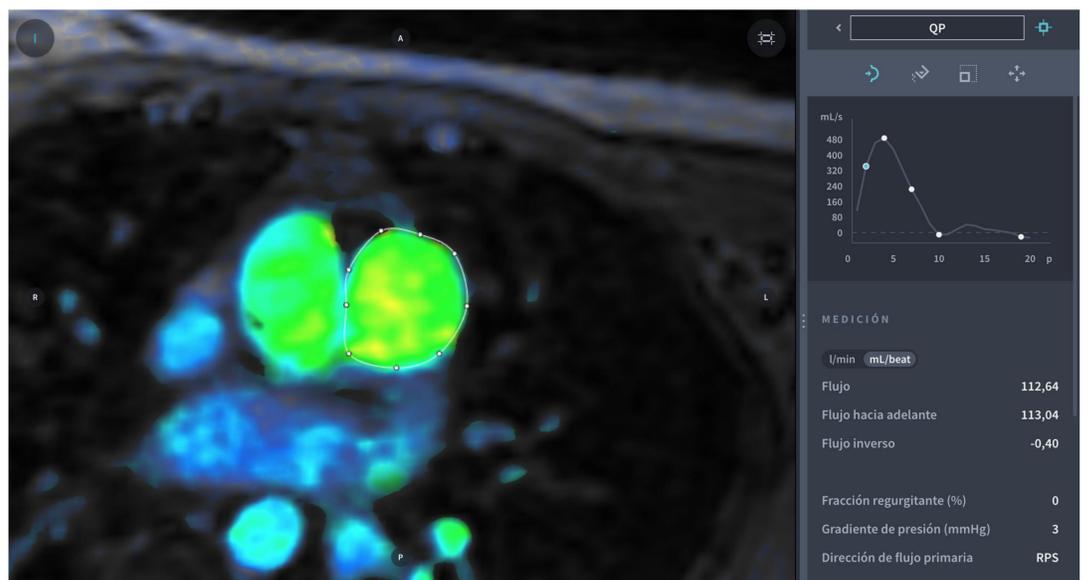
4D Flow

Valoración de flujos en arteria pulmonar, aorta y CIA

FLUJO EN ART. PULMONAR QP

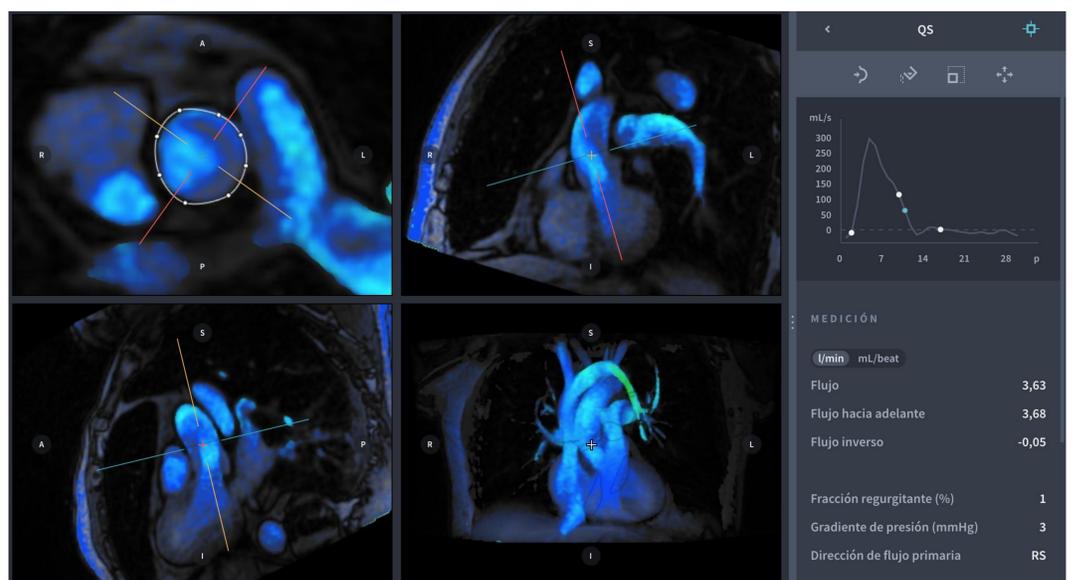
112 ml/latido

$$QP / QS = 1,9$$



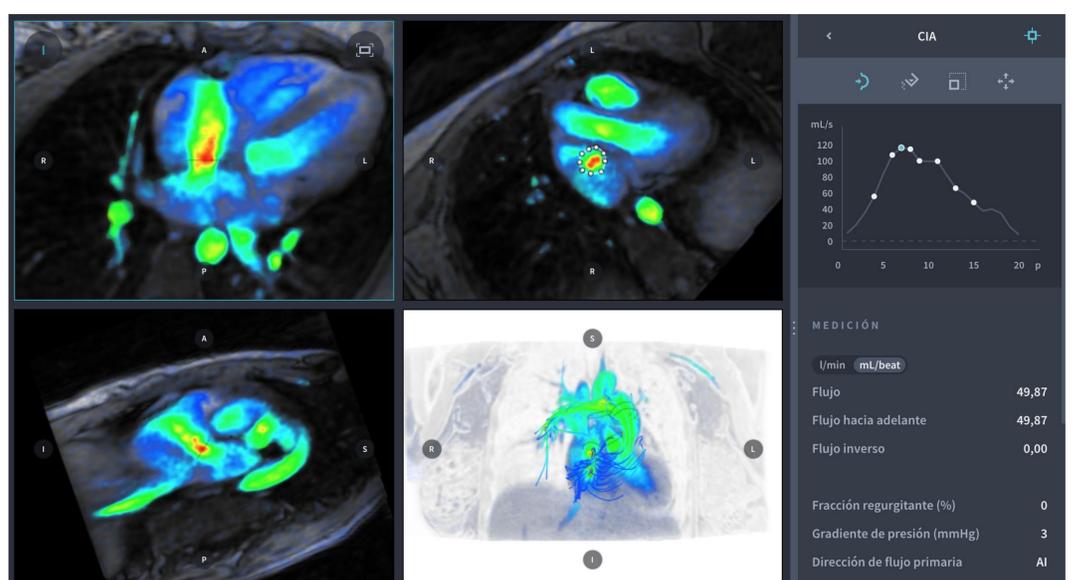
FLUJO EN AORTA QS

58 ml/latido



Medición directa del flujo en CIA

50 ml/latido



CASO 4. COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

Mujer de 39 años con disnea de grandes esfuerzos

Remitida por TC: arterias pulmonares dilatadas, cavidades derechas dilatadas

ECOGRAFÍA TRANSESOFÁGICA:

- . Defecto de más de 4mm con rim aórtico mayor de 5mm tipo ostium secundum grande con shunt I-D
- . HTP moderada

CIA tipo OSTIUM SECUMDUM



RM CARDIACA

Con secuencias de sangre blanca SSFP (FIESTA) es posible evaluar:

- Dilatación de arteria pulmonar (42 mm)
- Tamaño del defecto septal (22 mm)
- Dilatación de VD y AI
- Función sistólica ventricular (FEVD 46%)
- Relación Flujo Pulmonar /Flujo sistémico

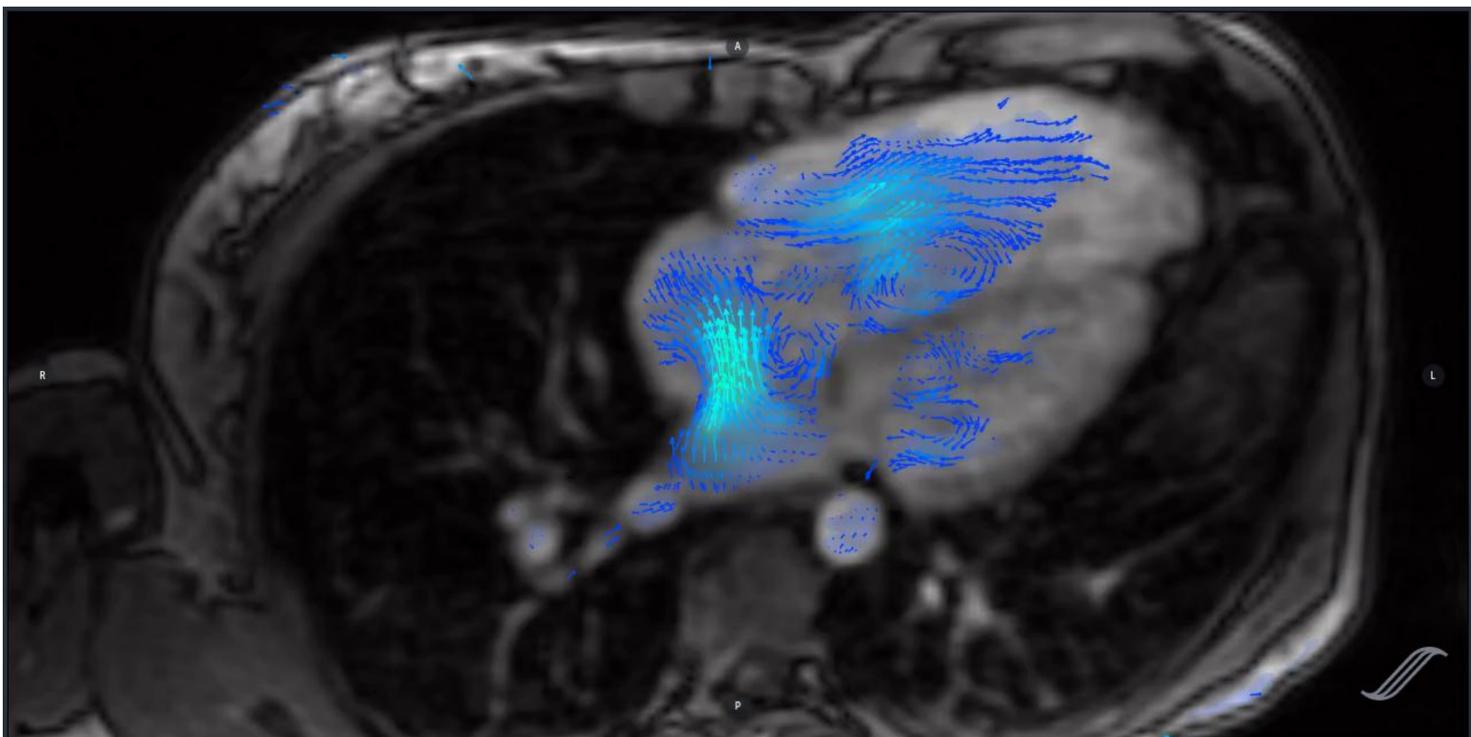
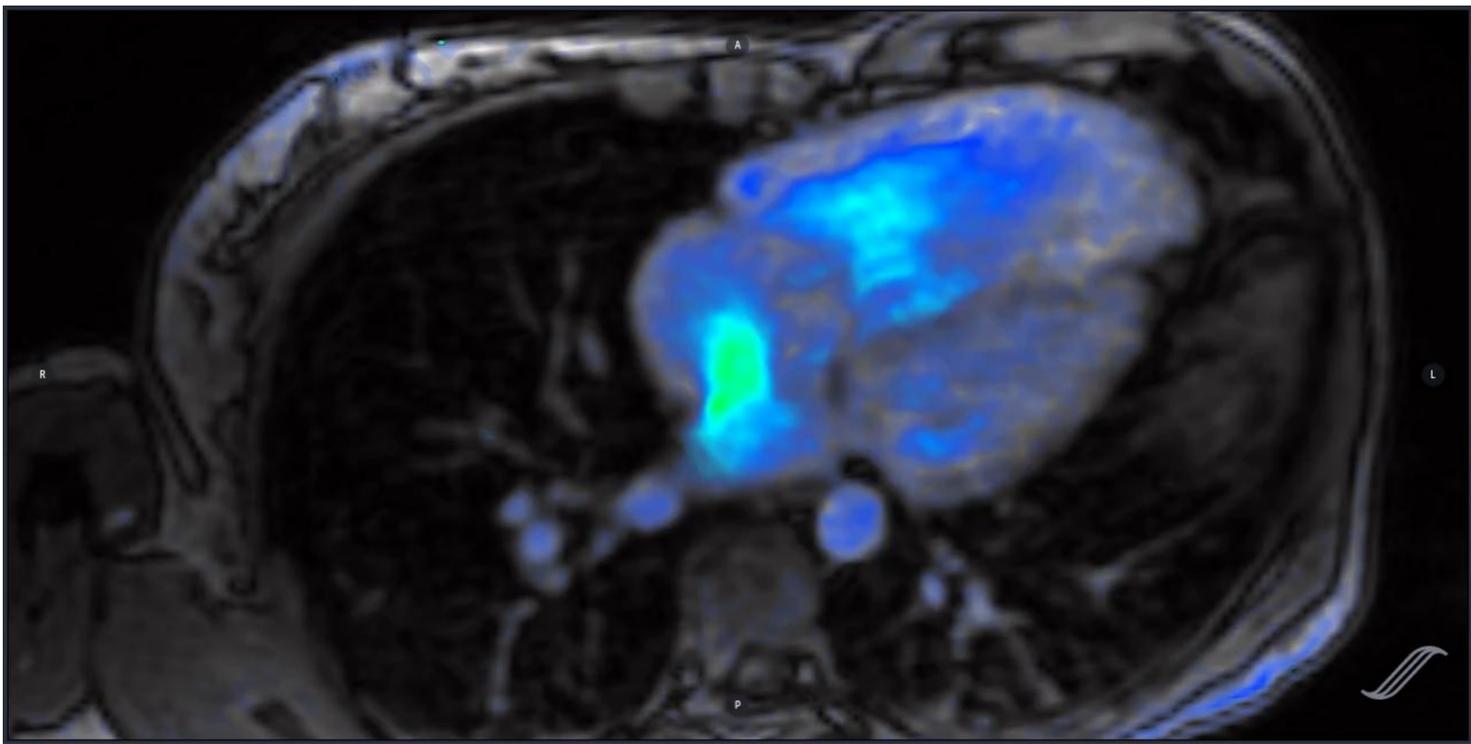
$$= \text{Volumen sistólico VD (127 ml) / Volumen sistólico VI (42 ml)} = 3$$

CASO 4. COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

Con la **secuencia 4D Flow** se valora:

- Localización del defecto septal (ostium secundum)
- Tamaño del defecto (22 mm)
- Dirección del flujo (unidireccional I-D)
- Relación QP/QS (3,4)
- Valoración directa del flujo en el defecto septal (7,04 l/min)

CIA tipo OSTIUM SECUMDUM



CASO 4. COMUNICACIÓN INTERAURICULAR (CIA)

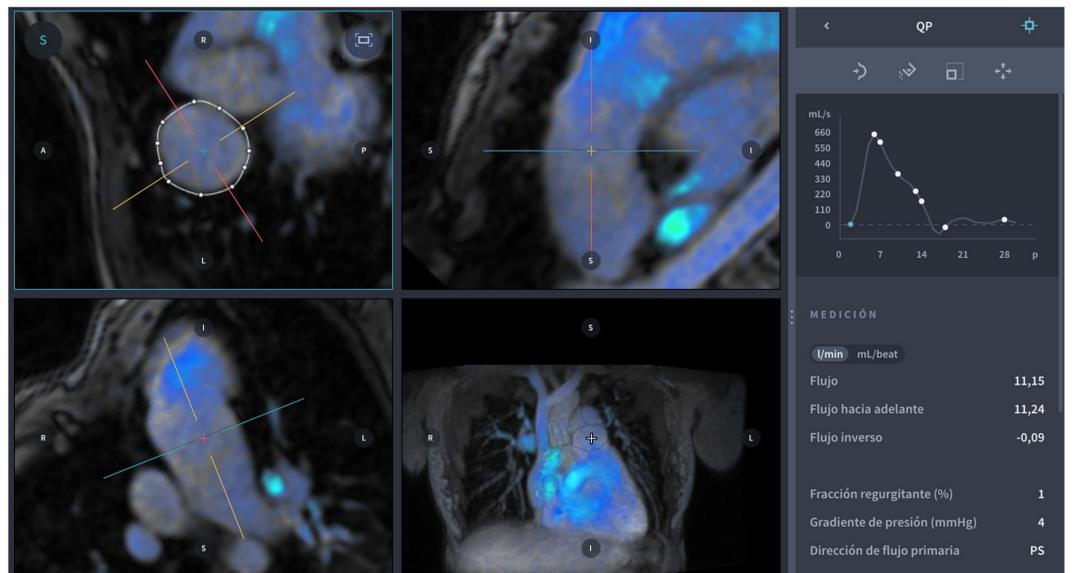
4D Flow

Valoración de flujos en arteria pulmonar, aorta y CIA

FLUJO EN ART. PULMONAR QP

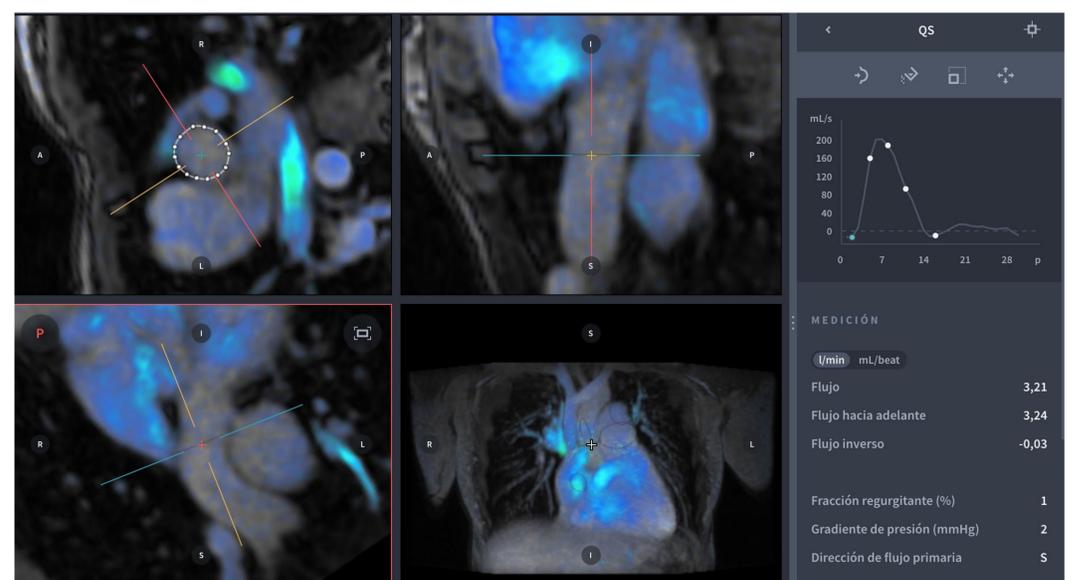
11,15 l/min

$$QP / QS = 3,4$$



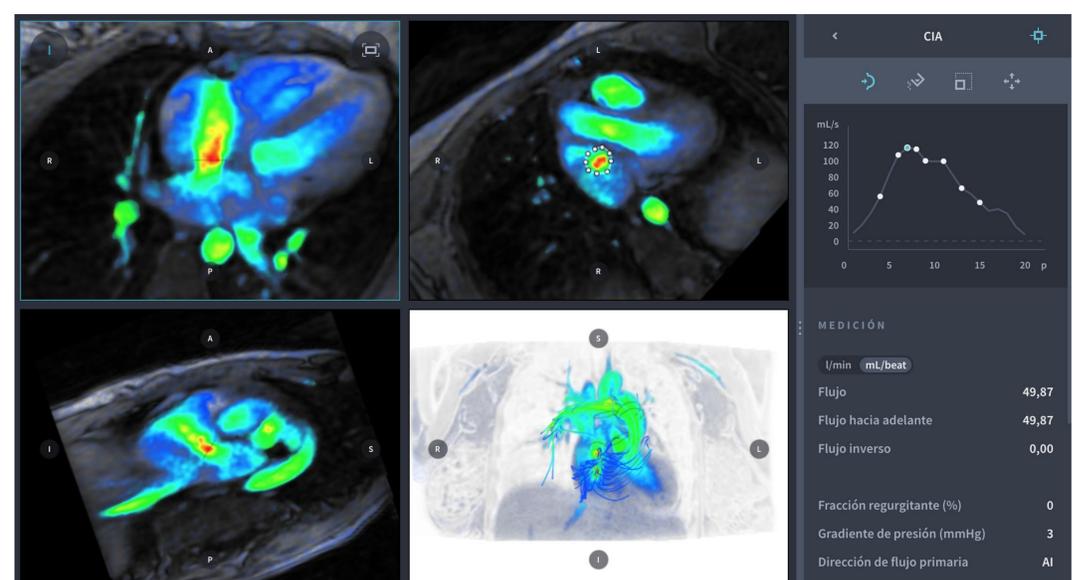
FLUJO EN AORTA QS

3,21 l/min



Medición directa del flujo en CIA

7,04 l/min



COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR (CIV)

- ✓ Defecto en el septo interventricular y comunicación entre ambos ventrículos
Puede asociarse a otras malformaciones congénitas como Tetralogía de Falot
- ✓ Puede localizarse en el septo membranoso o en la porción muscular
La historia natural depende del tamaño y localización del defecto y del volumen del shunt
- ✓ Generalmente producen un shunt izquierda-derecha con dilatación de venas pulmonares, AI y VI
Debido a que el flujo pasa de VI a VD en sístole, el VD generalmente no se dilata.
Cuando aparecen de forma aislada, se trata de shunts pequeños en pacientes asintomáticos
- ✓ Si el shunt es significativo, con taquipnea, ausencia de ganancia de peso, se cierra en la infancia

EVALUACIÓN DE LA CIV

La ecografía transtorácica es la técnica de imagen de elección.

La RM cardiaca puede ser útil en adultos jóvenes con hallazgos no concluyentes.

Es necesario:

- **Delimitar la localización y tamaño del defecto septal**
- **Cuantificar la relación Flujo Pulmonar / Flujo sistémico (QP/QS)**
- **Evaluar el tamaño de los ventrículos y la función ventricular sistólica**
- **Cuando se ha cerrado con un dispositivo por cateterismo se puede evaluar malposición.**

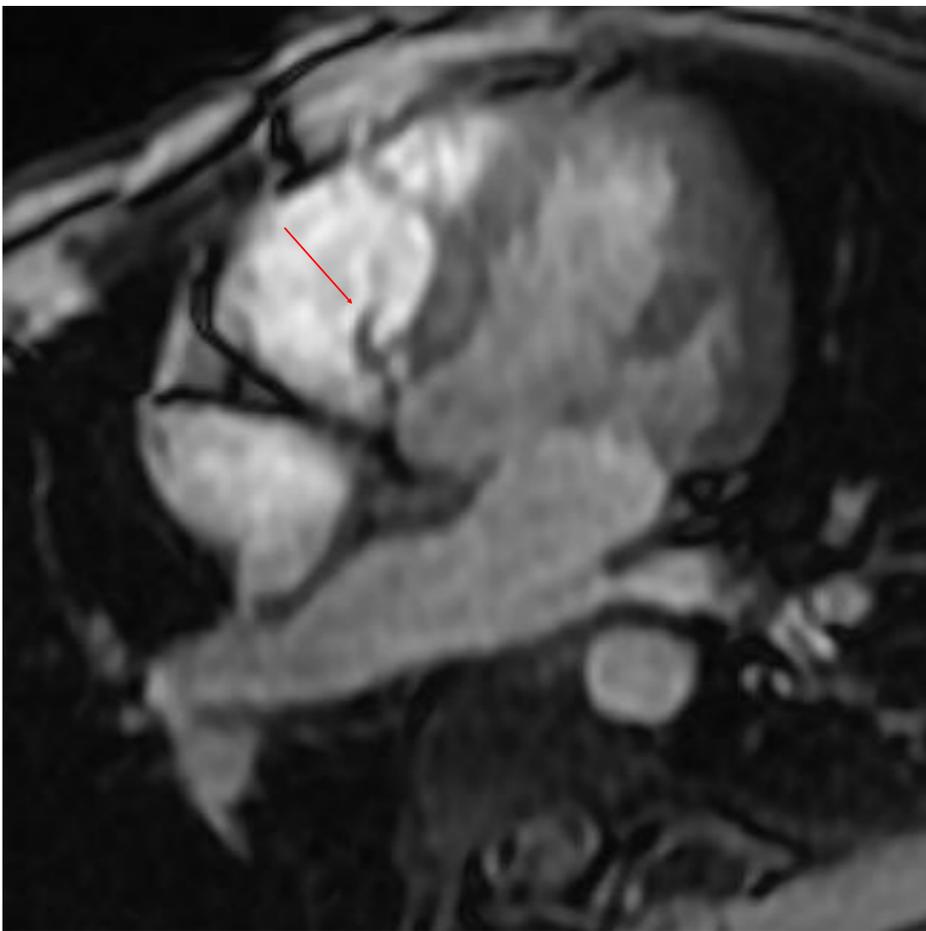
CASO 5. COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR (CIV)

Mujer de 29 años, asintomática.
Soplo a la auscultación

Ecocardiografía:

- . CIV en la pars membranosa
- . Defecto septal 5 mm

CIV en PARS MEMBRANOSA



RM CARDIACA

Con secuencias de sangre blanca SSFP (FIESTA) es posible evaluar:

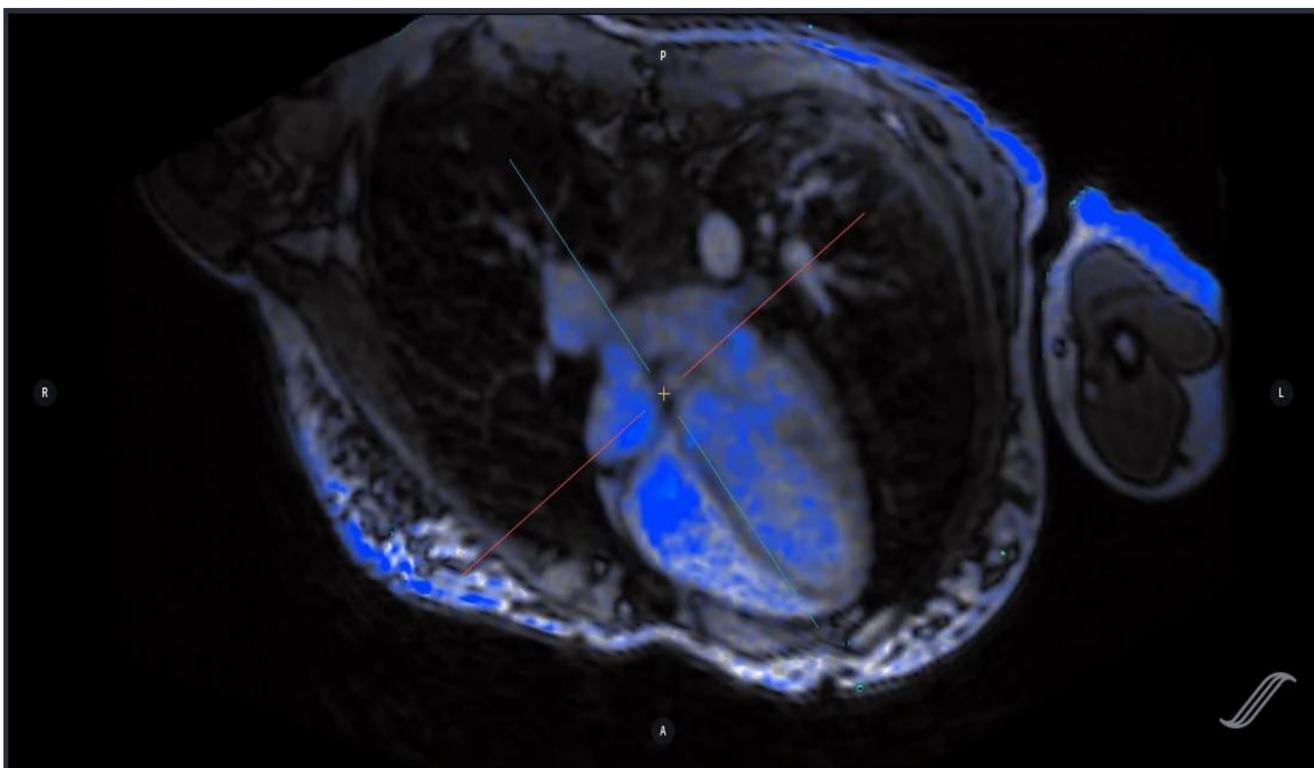
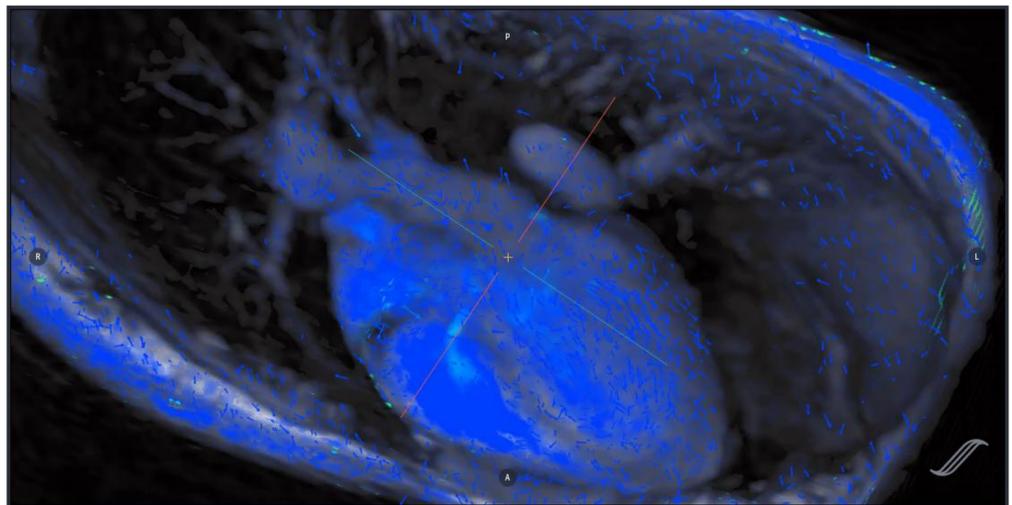
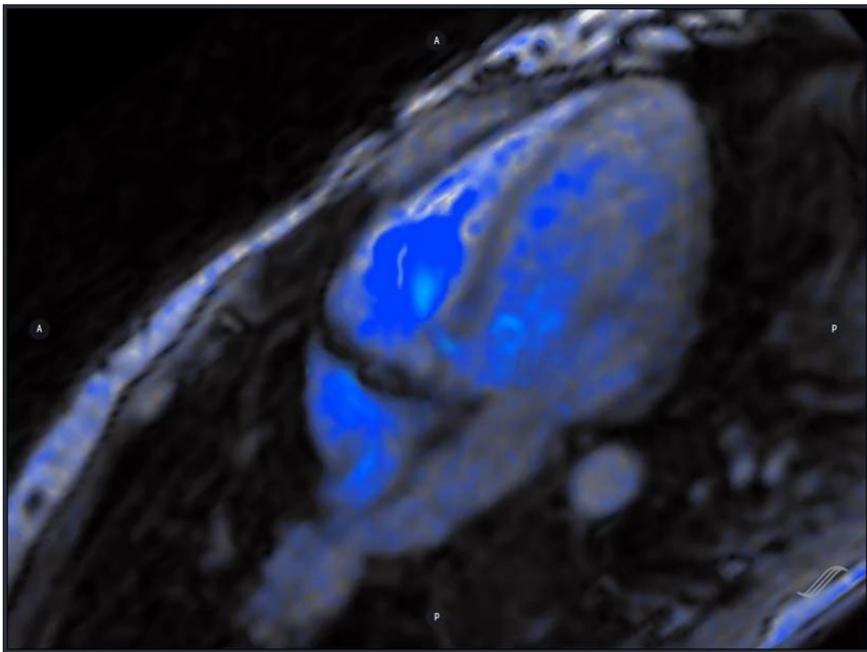
- Defecto septal interventricular en la pars membranosa (flecha amarilla)
- Tamaño del defecto 5 mm
- Jet por flujo turbulento hacia el VD (flecha roja)
- Ventricúlos de tamaño normal

CASO 5. COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR (CIV)

Con la **secuencia 4D Flow** se valora:

- Localización del defecto septal (pars membranosa)
- Tamaño del defecto (5 mm)
- Dirección del flujo (unidireccional I-D)
- Relación QP/QS (1,3)
- Valoración directa del flujo en el defecto septal (0,76 l/min)

CIV en PARS MEMBRANOSA



CASO 5. COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR (CIV)

4D Flow

Valoración de flujos en arteria pulmonar, aorta y CIV

FLUJO EN ART. PULMONAR QP

4,35 l/min

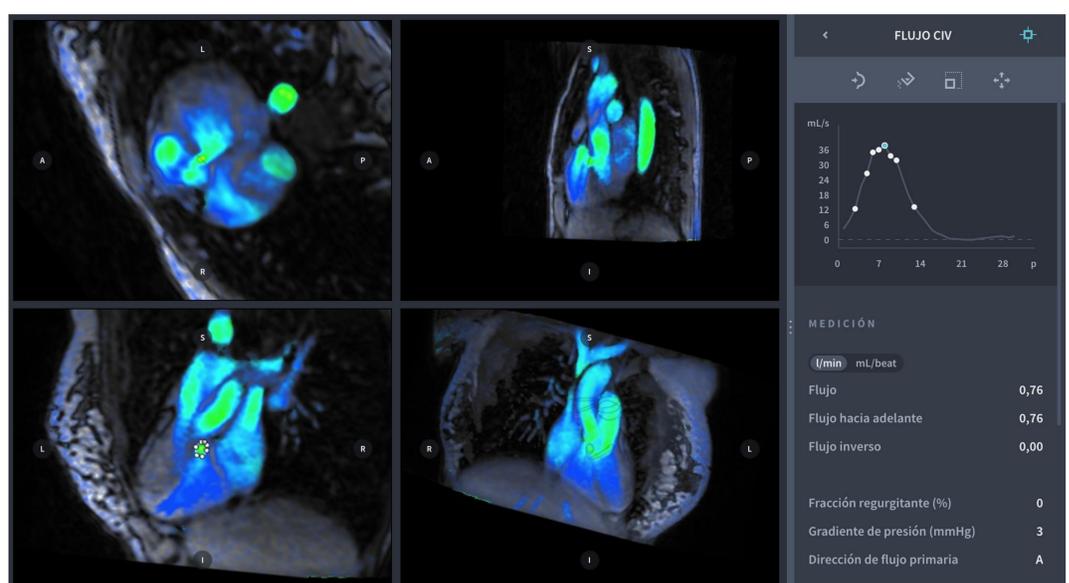
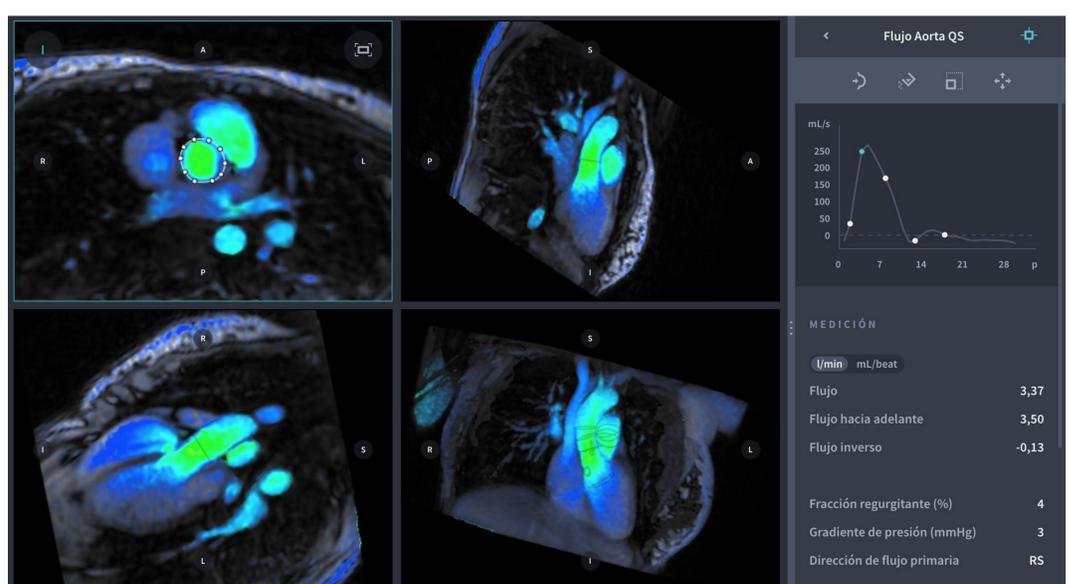
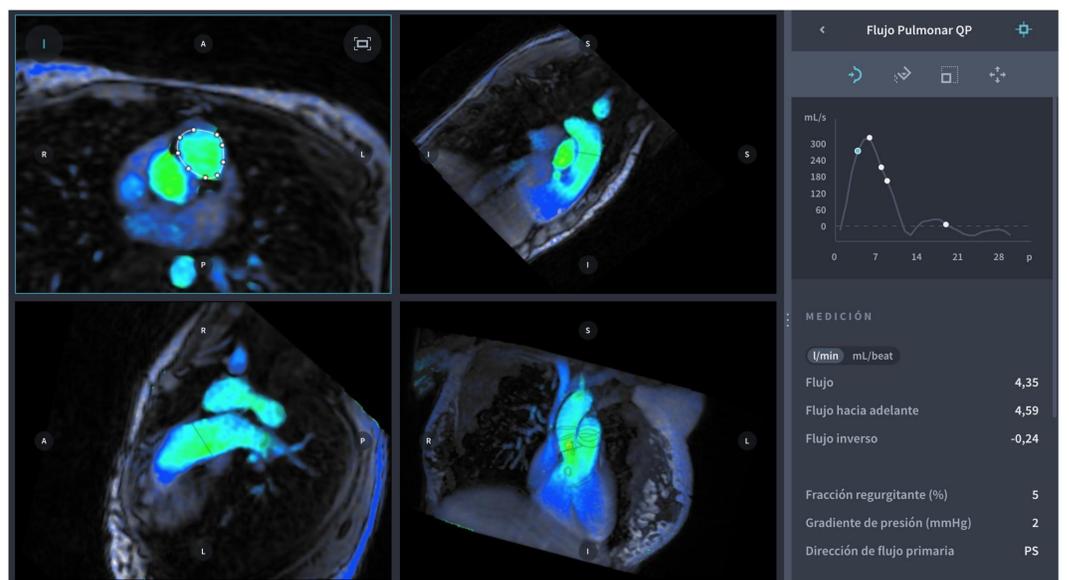
$$QP / QS = 1,3$$

FLUJO EN AORTA QS

3,37 l/min

Medición directa del flujo en CIV

0,76 l/min



CASO 6. CIV POSTINFARTO AGUDO DE MIOCARDIO

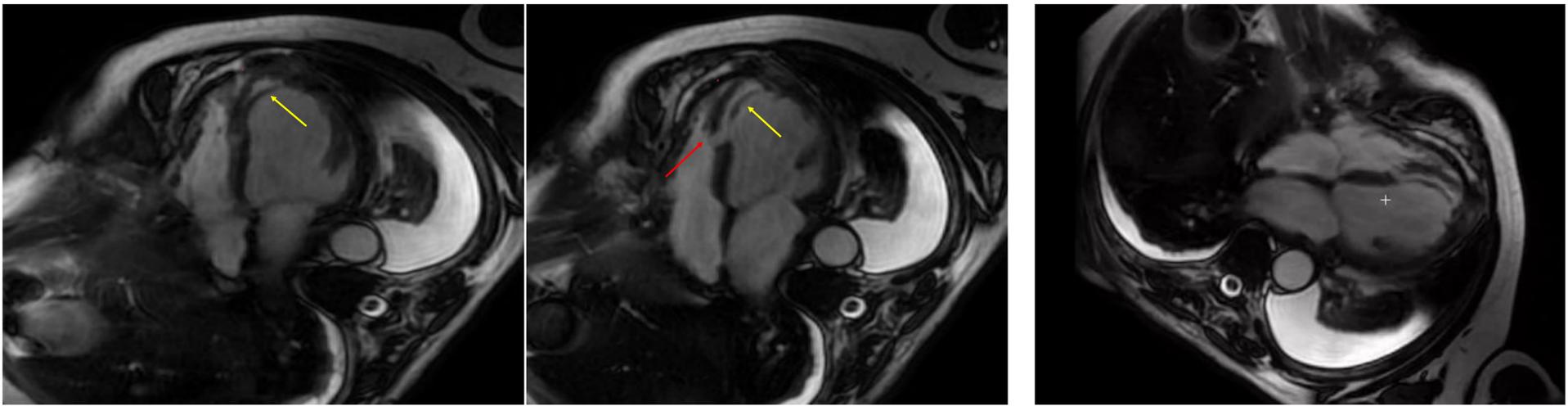
La comunicación interventricular (CIV) es una complicación infrecuente (1-2%) del infarto agudo de miocardio (IAM), asociándose a una mortalidad superior al 80% con tratamiento médico.

La cirugía es el tratamiento establecido para esta complicación, pero cuando ésta debe practicarse de manera temprana (< 2 semanas) conlleva también una elevada mortalidad (30-50%) y una incidencia de defectos residuales significativos superior al 40%

- ✓ Varón de 65 años.
- ✓ Defecto septal ventricular tras infarto de miocardio
- ✓ Reparación quirúrgica (parche pericárdico, Técnica de David)
- ✓ Historia de 15 días con vómitos y dolor en región escapular derecha
- ✓ Angio-TC: embolismo pulmonar
- ✓ Ecocardiografía: presencia de flujo en la cavidad virtual entre el septo interventricular y el parche pericárdico. No se visualiza el origen del flujo.

CASO 6. CIV POSTINFARTO AGUDO DE MIOCARDIO

Reparación quirúrgica con parche pericárdico (Técnica de David)

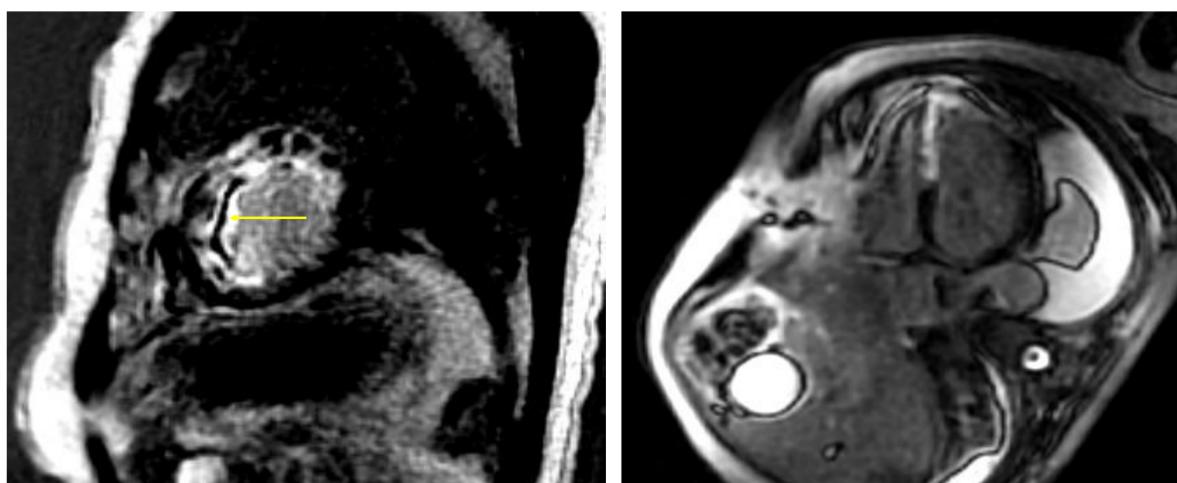


RM CARDIACA

- Con secuencias de Sangre Blanca se aprecia el defecto septal interventricular en la pars muscular (flecha roja).
- El parche pericárdico aparece como una imagen lineal hipointensa (flecha amarilla)
- Existe flujo entre el parche pericárdico y el septo apical que comunica con el defecto septal.
- Dilatación de cavidades izquierdas y derrame pleural bilateral (insuficiencia cardiaca)

Secuencias de realce tardío

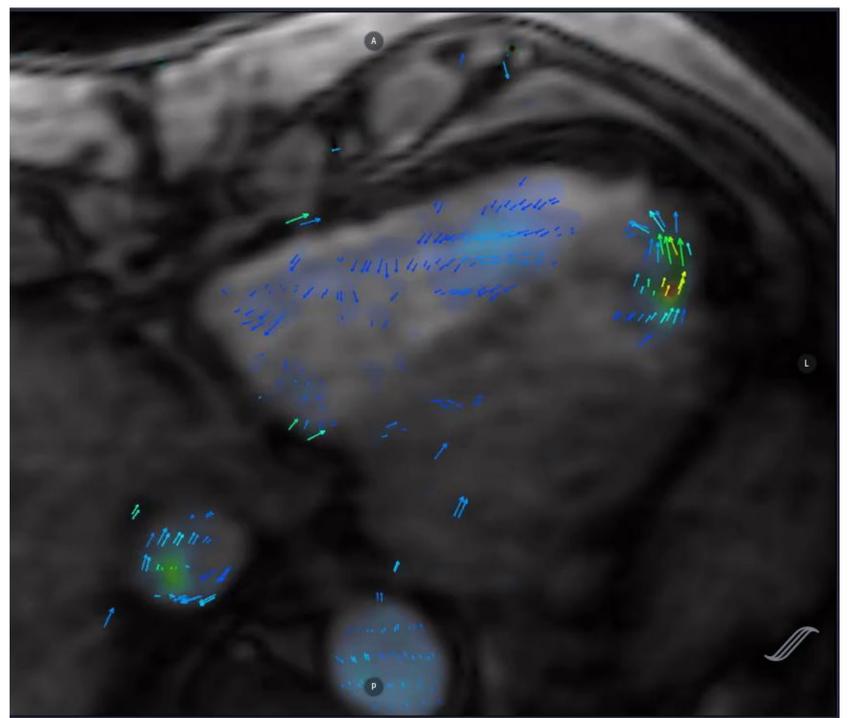
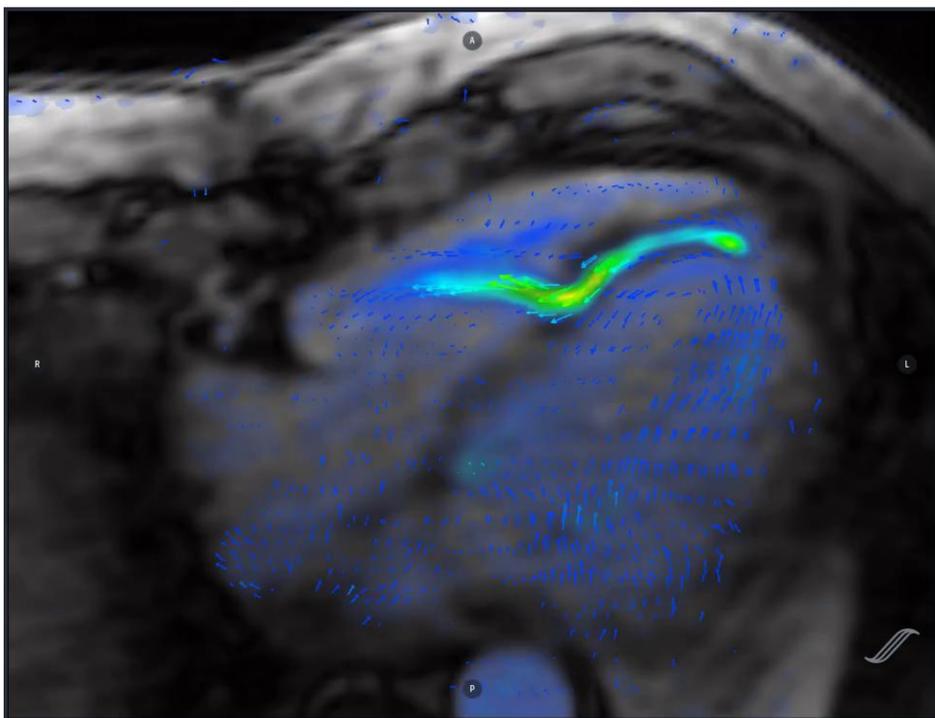
Se aprecia captación en miocardio infartado en región anteroseptal de segmentos medios y apicales del VI secundarios a infarto en territorio de la arteria descendente anterior. El parche pericárdico aparece hipocaptante (flecha amarilla)



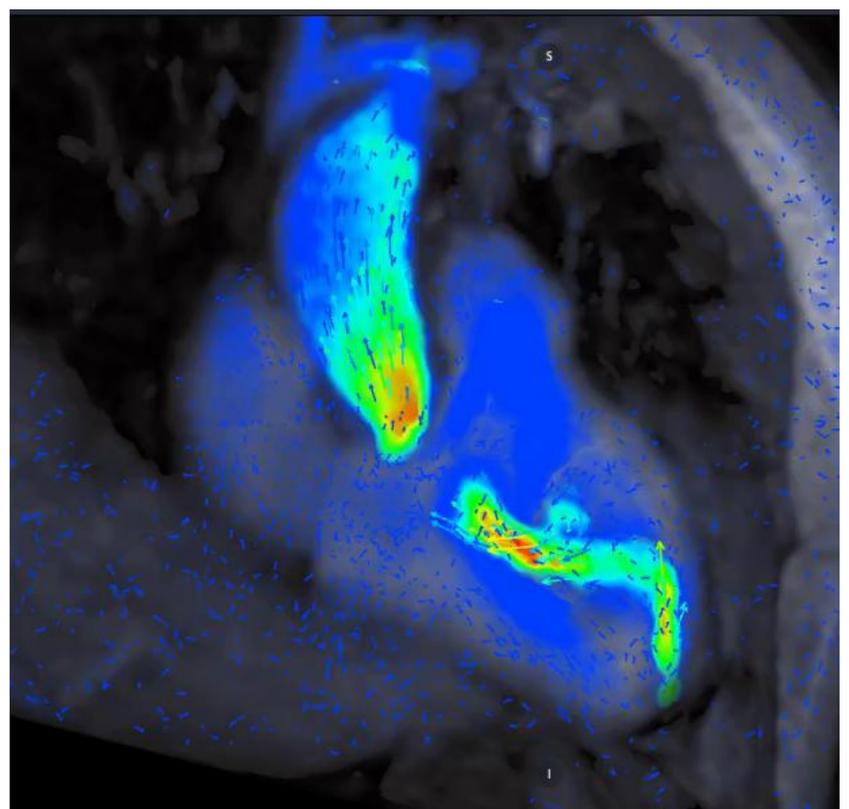
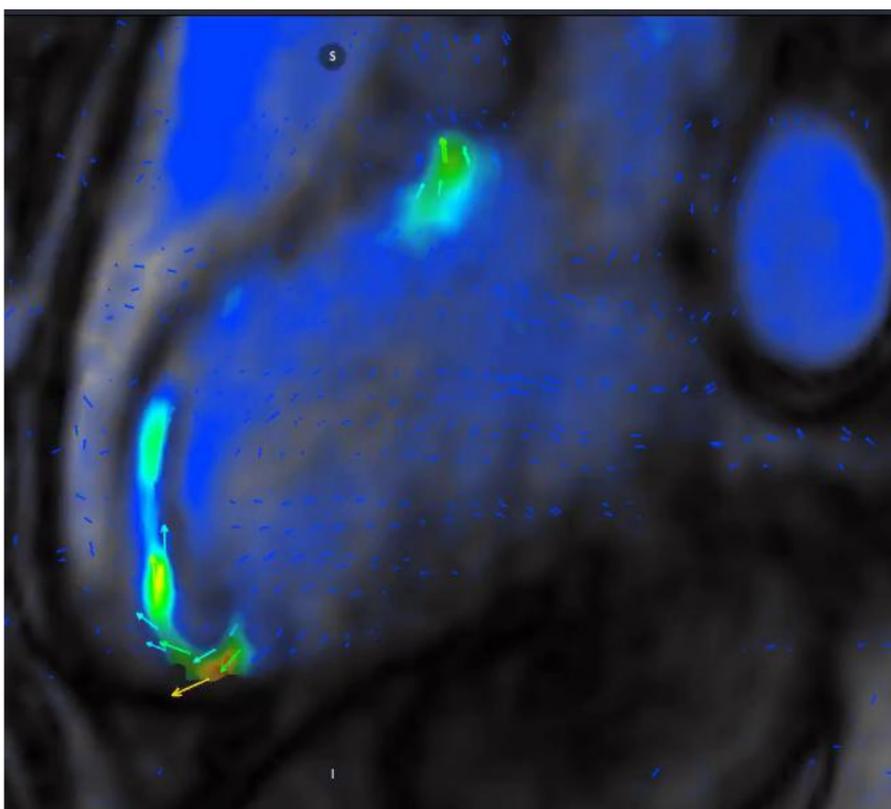
CASO 6. CIV POSTINFARTO AGUDO DE MIOCARDIO

Con la **secuencia 4D Flow** se valora:

. Se demuestra presencia de flujo unidireccional I-D a través del defecto septal
El origen de este flujo está en el anclaje distal del parche pericárdico, en el ápex del VI



. El flujo proveniente del VI tiene un trayecto posterior y ascendente, entre el parche pericárdico y el septo interventricular, hacia el defecto septal y de ahí se dirige directamente al tracto de salida del VD



CASO 6. CIV POSTINFARTO AGUDO DE MIOCARDIO

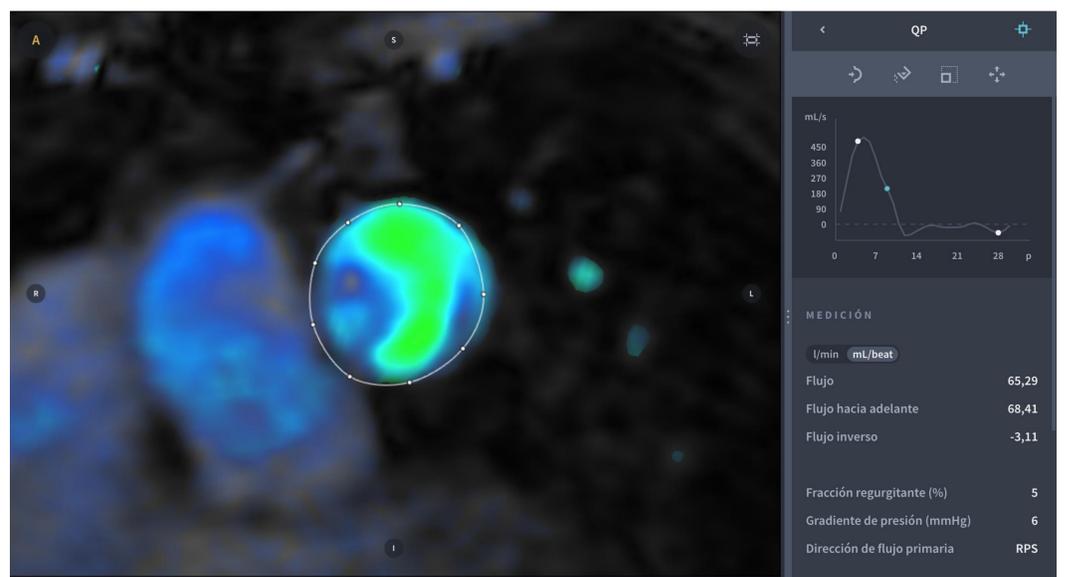
4D Flow

Valoración de flujos en arteria pulmonar, aorta y CIV

FLUJO EN ART. PULMONAR QP

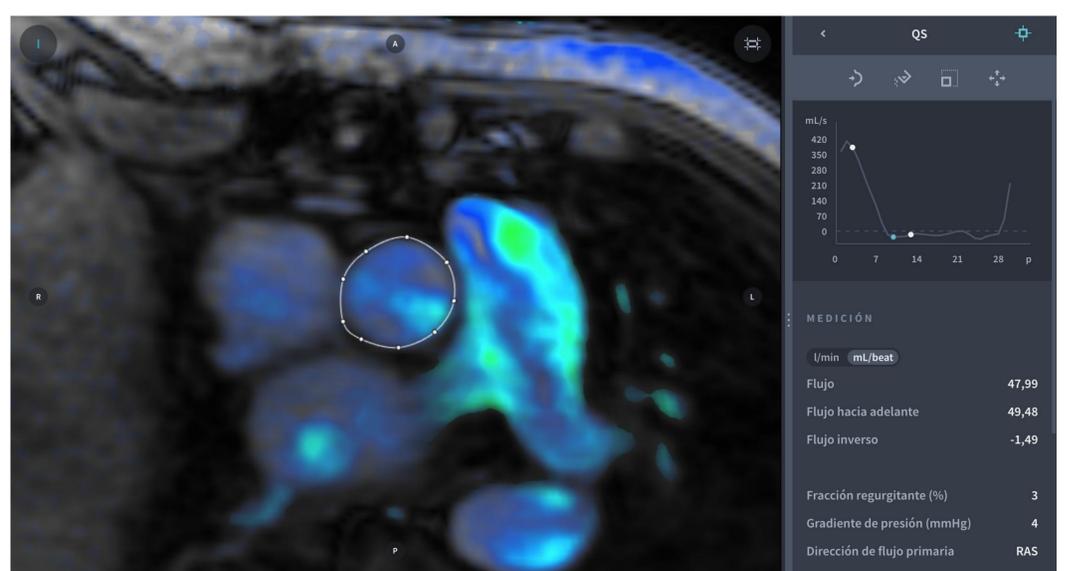
62,29 ml/latido

$$QP / QS = 1,3$$



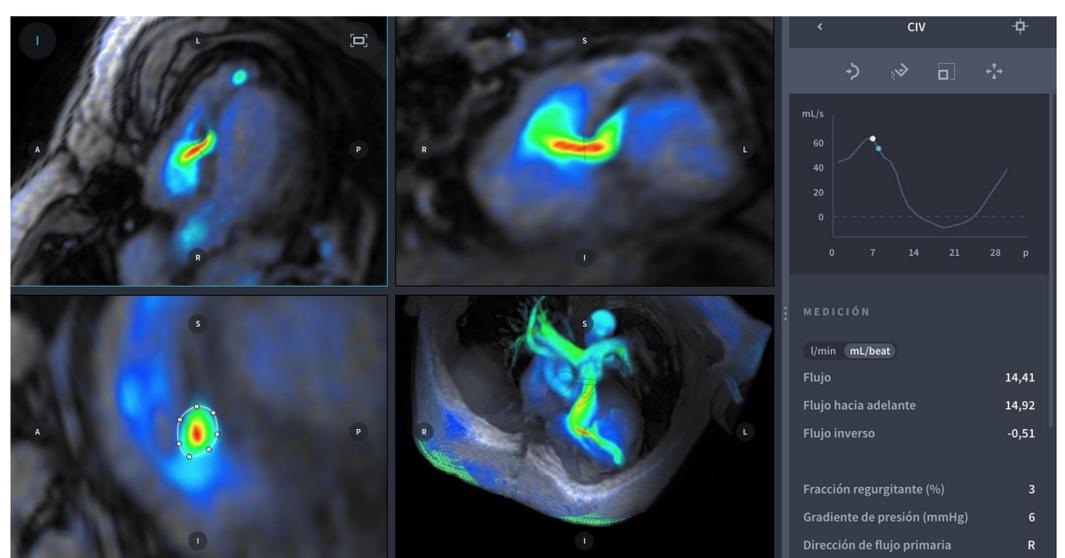
FLUJO EN AORTA QS

47,99 ml/latido



Medición directa del flujo en CIV

14,41 ml/latido



CONCLUSIONES

- **La secuencia 4D Flow es fácil de prescribir y se adquiere en respiración libre.**
- **Posibilidad de calcular retrospectivamente el flujo en cualquier estructura vascular o válvula dentro del FOV adquirido.**
- **La cuantificación de un shunt se puede realizar mediante la valoración de QP/QS o bien directamente midiendo el flujo a través del shunt.**
- **La secuencia 4D Flow aporta una información global sobre flujos cardiovasculares ofreciendo datos consistentes y en ocasiones no accesibles con el estudio ecocardiográfico.**

BIBLIOGRAFÍA

1. Crandon S, Elbaz MSM, Westenberg JJM, van der Geest RJ, Plein S, Garg P. [Clinical applications of intra-cardiac four-dimensional flow cardiovascular magnetic resonance: A systematic review.](#) Int J Cardiol. 2017 Dec 15;249:486-493.
2. Chelu RG, Wanambiro KW, Hsiao A, Swart LE, Voogd T, van den Hoven AT, van Kranenburg M, Coenen A, Boccalini S, Wielopolski PA, Vogel MW, Krestin GP, Vasanawala SS, Budde RPJ, Roos-Hesselink JW, Nieman K. [Cloud-processed 4D CMR flow imaging for pulmonary flow quantification.](#) Eur J Radiol. 2016 Oct;85(10):1849-1856. doi: 10.1016/j.ejrad.2016.07.018. Epub 2016 Jul 26. PubMed PMID: 27666627.
3. Bollache E, van Ooij P, Powell A, Carr J, Markl M, Barker AJ. [Comparison of 4D flow and 2D velocity-encoded phase contrast MRI sequences for the evaluation of aortic hemodynamics.](#) Int J Cardiovasc Imaging. 2016 Oct;32(10):1529-41
4. Dyverfeldt P, Bissell M, Barker AJ, Bolger AF, Carlhäll CJ, Ebbers T, Francios CJ, Frydrychowicz A, Geiger J, Giese D, Hope MD, Kilner PJ, Kozerke S, Myerson S, Neubauer S, Wieben O, Markl M. [4D flow cardiovascular magnetic resonance consensus statement.](#) J Cardiovasc Magn Reson. 2015 Aug 10;17:72.
5. Tariq U, Hsiao A, Alley M, Zhang T, Lustig M, Vasanawala SS. [Venous and arterial flow quantification are equally accurate and precise with parallel imaging compressed sensing 4D phase contrast MRI.](#) J Magn Reson Imaging. 2013 Jun;37(6):1419-26.