

RM cardíaca: Guía básica para el residente

Alberto Díaz Herrero¹, Sergio Torondel Calaforra², Andreu Palacios Martínez³,
Eduardo Millán Soriano⁴, Madalina Doinita Scurt⁵, Francisco Alzueta Carrión⁶
^{1,2,3,4,5,6}Hospital Clínico Universitario de Valencia, Valencia (España).

OBJETIVOS DOCENTES

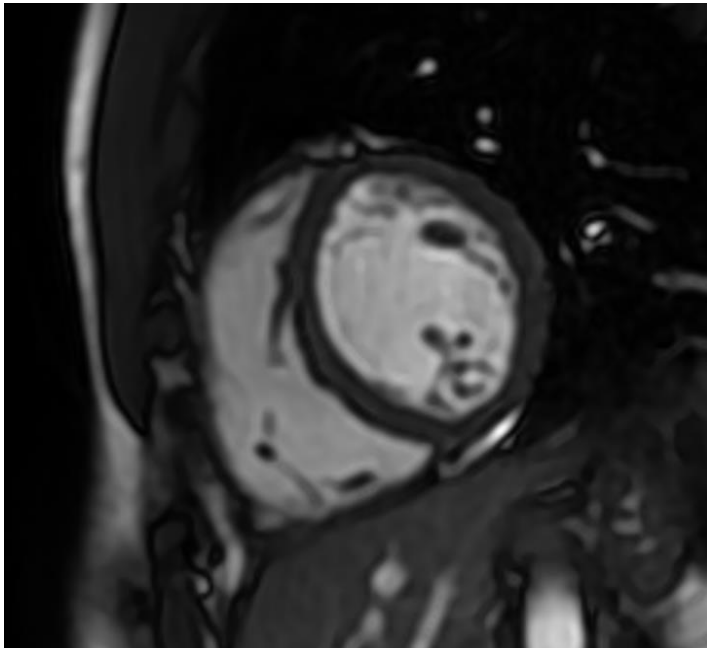
- Proporcionar una guía básica y accesible para el residente de radiología a la hora de abordar una RM cardíaca
 - Valorar las indicaciones de RM y los diferentes protocolos según el tipo de estudio
 - Conocer las principales secuencias empleadas, su utilidad y los parámetros de adquisición
 - Revisar la patología más frecuente y hallazgos clave en imagen que ayuden a detectarla
-

PLANIFICACIÓN

1. Localizadores en plano axial, coronal y sagital, con baja resolución y respiración libre
 2. Obtención de planos de planificación
 - Eje largo vertical (ELV) o pseudo 2 cámaras : Plano perpendicular al axial estricto pasando por ápex y válvula mitral.
 - Eje largo horizontal (ELH) o pseudo 4 cámaras: Plano ortogonal al ELV pasando por ápex y válvula mitral.
 3. Obtención de los planos estrictos (EC, 4C, 2C, 3C)
 4. Estudio estándar del VI, posibilidad de añadir secuencias de VD, arterias pulmonares...
-

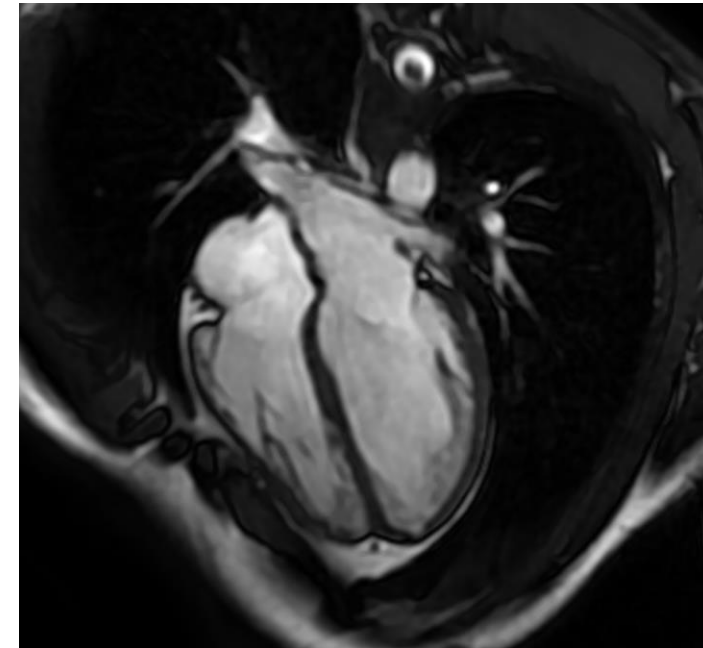
PLANIFICACIÓN

Eje corto verdadero (EC)



Plano ortogonal a ELV y ELH →
varios planos (todo el VI)

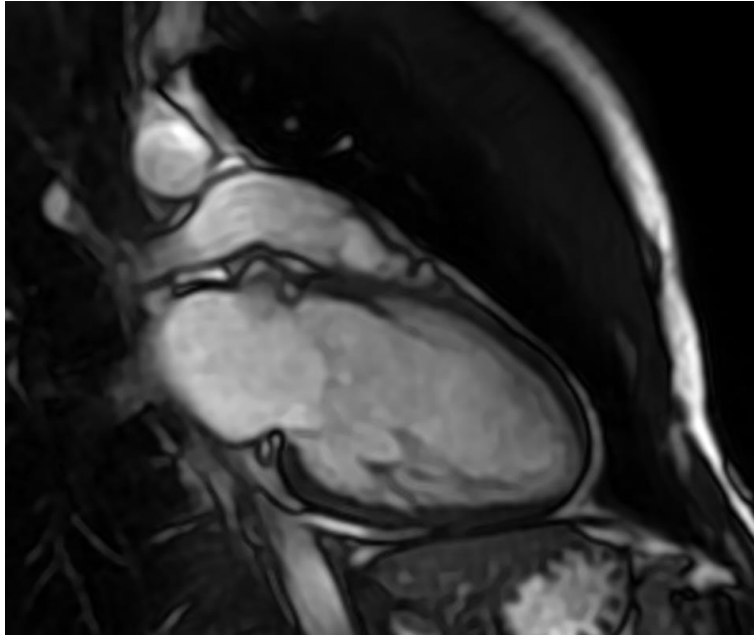
4 cámaras (4C)



Plano ortogonal al EC y ELV, cortando
RV en máxima anchura lateral

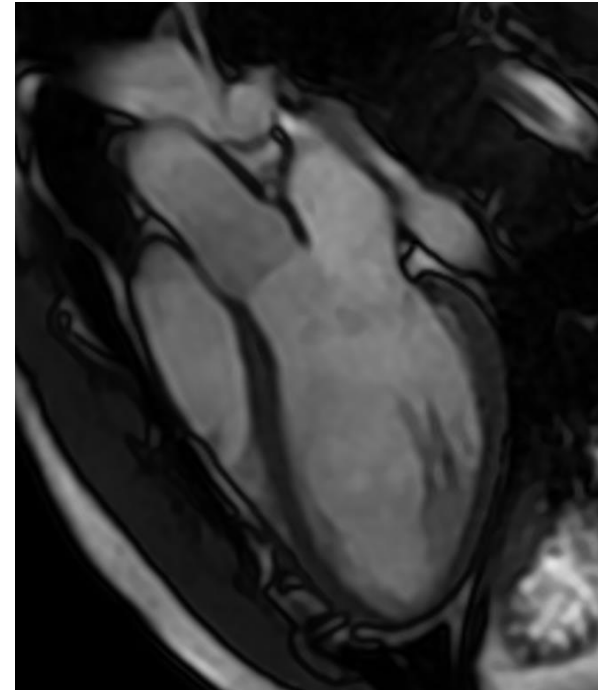
PLANIFICACIÓN

2 cámaras (2C)



Plano ortogonal a 4C y EC, cortando pared anterior e inferior paralelas al septo

3 cámaras (3C)



Plano ortogonal a 2C o 4C y EC basal, incluyendo VI, válvula aórtica y pared posterior

SECUENCIAS: CINE SSFP (Steady State Free Precession)

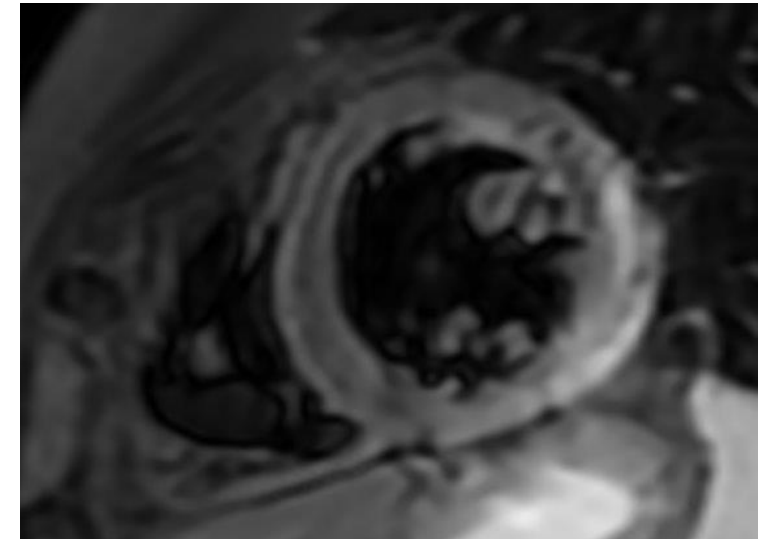
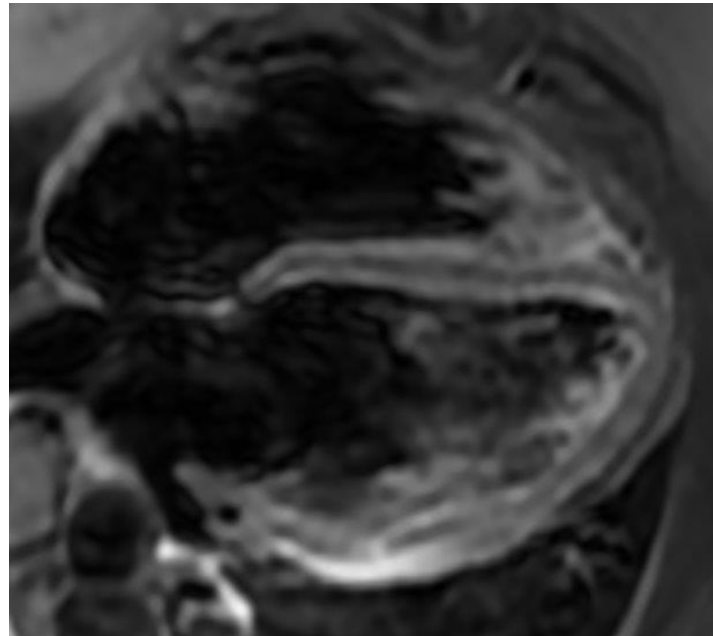
- Su utilidad principal es la valoración morfológica del corazón, el cálculo de volúmenes, masa miocárdica y de la fracción de eyección de VI y VD
 - Planos EC desde anillo mitral hasta ápex cardiaco + 2C, 3C y 4C
 - Grosor de corte en EC de 6-10 mm + gap 0-4 mm (Total 10mm)
 - Resolución temporal $\leq 45\text{ms}$
 - Seleccionar los planos en el punto de mayor contracción (sístole) y relajación (diástole) para los cálculos volumétricos y FEVI/FEVD
 - Valoración de la contractilidad miocárdica (segmentos hipo/ acinéticos)
 - Permite valorar jet de insuficiencia valvular
 - Posibilidad de hacer sin y con estrés
-

SECUENCIAS: T2 y T2 MAPPING

- Secuencias sensibles al edema

T2 sangre negra (STIR/TIR)

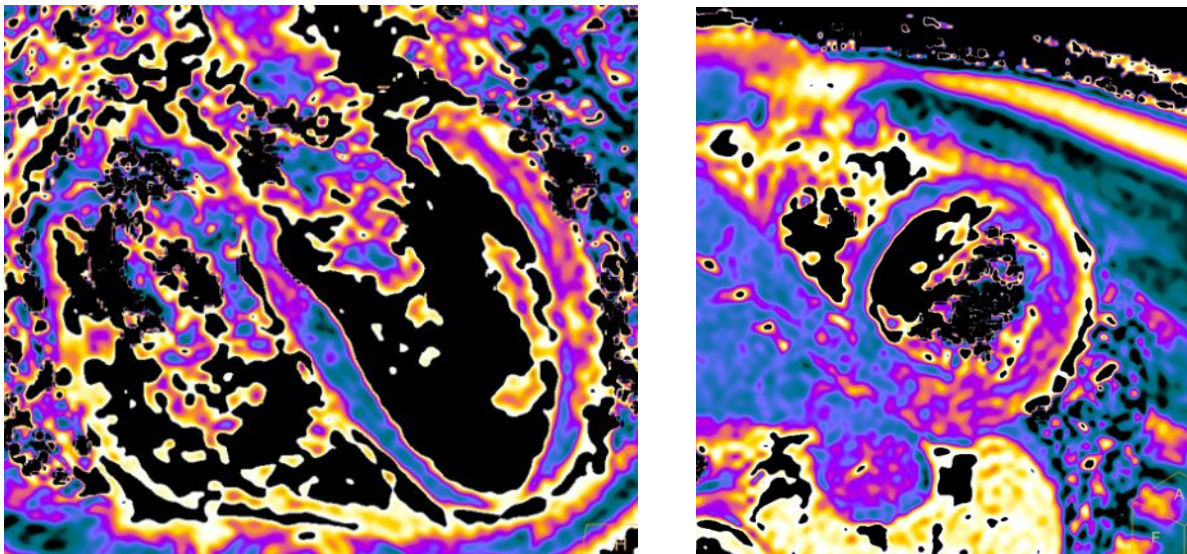
- Excelente detección del edema miocárdico
- Pobre relación señal ruido
- Previo a la administración de Gd



Aumento de señal T2 TIR en pared inferior e inferolateral en relación con edema en paciente con miocarditis aguda

SECUENCIAS: T2 y T2 MAPPING

- Secuencias sensibles al edema



Mapa T2 Nativo: Miocardio (65-70ms) en pared inferior e inferolateral en relación con edema en paciente con miocarditis. Cortesía de Feger J

T2 mapping

- Medición cuantitativa del agua intra y extracelular
- Valoración objetiva del edema miocárdico
- 3 cortes : basal, medio y apical
- Normal T2 <50ms

SECUENCIAS: PERFUSIÓN

- Secuencia ECO de gradiente
- Comparación de la perfusión miocárdica en estado basal y tras el estrés farmacológico (vasodilatadores)
- El miocardio normal tiene señal intermedia y realza de forma uniforme

¿Defecto de
perfusión?



DEFECTO



NORMAL

ESTRÉS

REPOSO

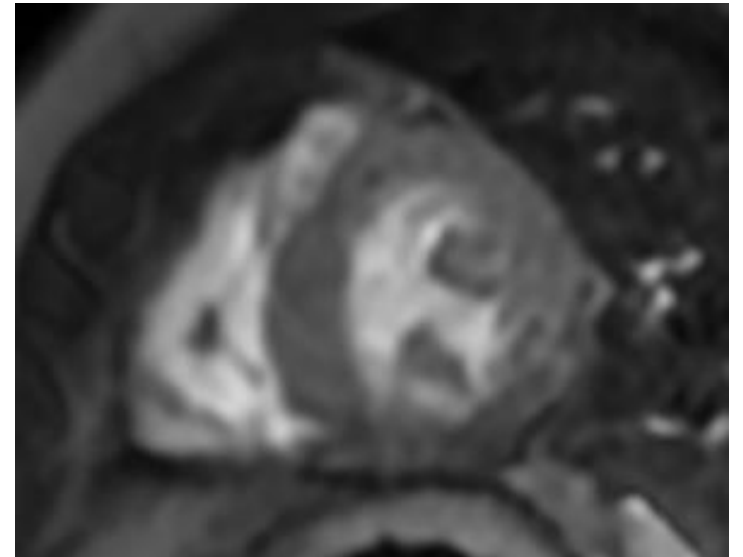
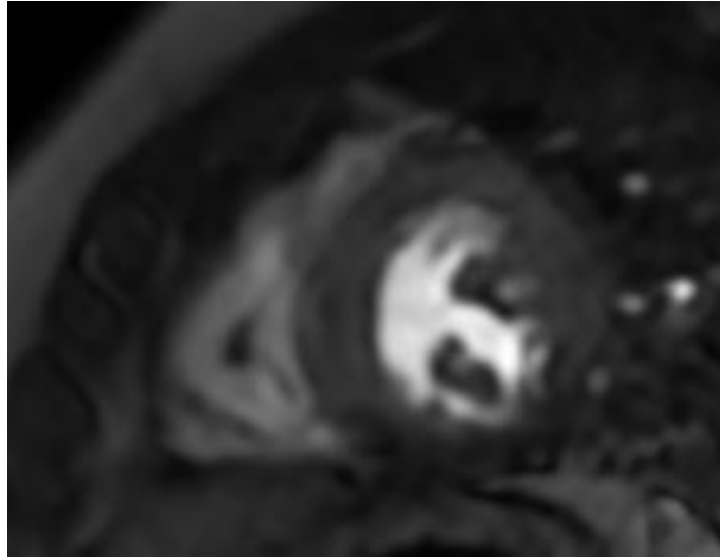
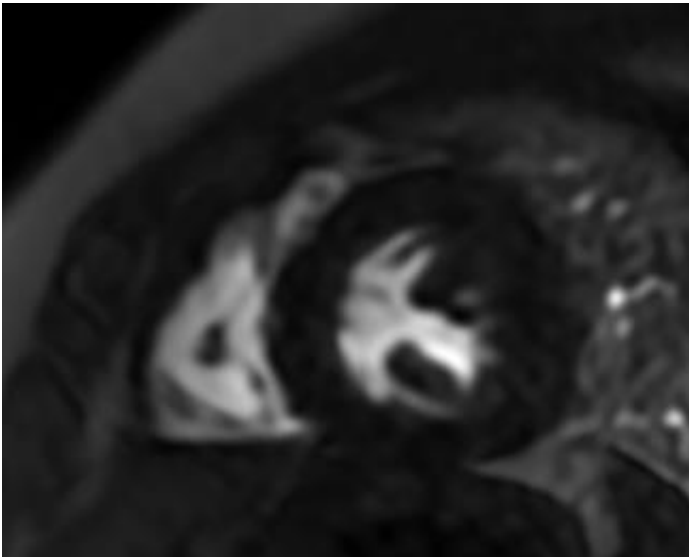
ISQUEMIA

ESTRÉS

REPOSO

INFARTO ESTABLECIDO

SECUENCIAS: PERFUSIÓN



Secuencia de perfusión en tres tiempos diferentes a nivel medioapical. Estudio normal

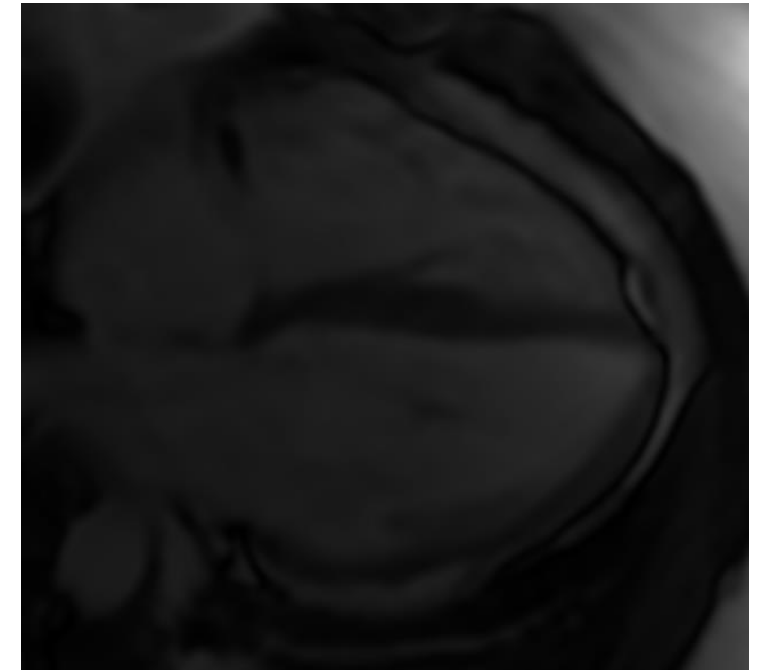
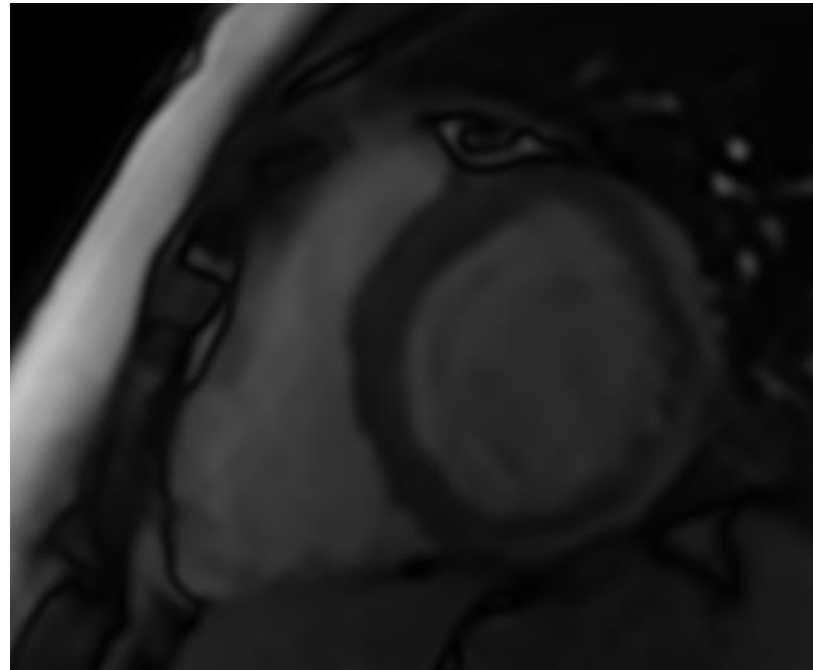
SECUENCIAS: REALCE POST GD

- Valoran la captación miocárdica
 - El realce tardío es la secuencia para valorar necrosis, fibrosis o depósito de amiloide
 - Aumento de señal en miocárdio patológico
 - Diferentes patrones de realce según patología de base
 - Adquisición a los 10 min
 - IR – TFE: Secuencia rápida de baja resolución. **Elegir el TI que mejor anula la señal del miocardio**
 - Con ese TI se programan las diferentes secuencias (SS, PSIR, MAG-MDE) cada cual con mayor resolución pero requieren de mayores tiempos de apnea
 - La secuencia SS es la más rápida y útil en pacientes no colaboradores
-

SECUENCIAS: REALCE PRECOZ

Realce precoz

- Secuencia adicional en el intervalo hasta los 10 min
- Valoración de la captación precoz de contraste en el miocardio (hiperemia)
- Útil para la detección de trombos intraventriculares

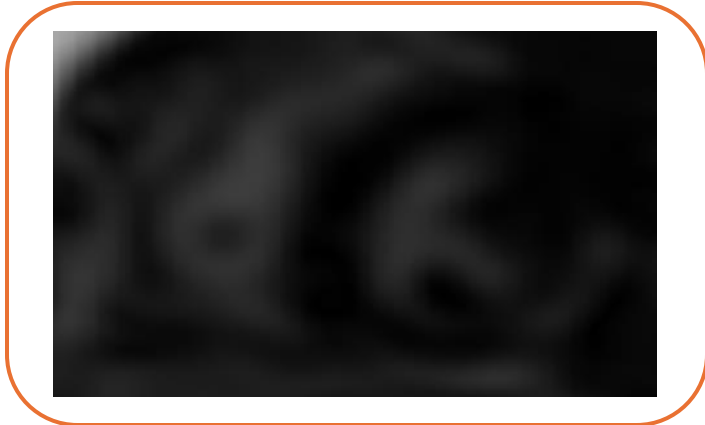


*Realce precoz en pared inferior e inferolateral en paciente con miocarditis.
No se detectan trombos intracavitarios*

SECUENCIAS: REALCE TARDÍO IR - TFE

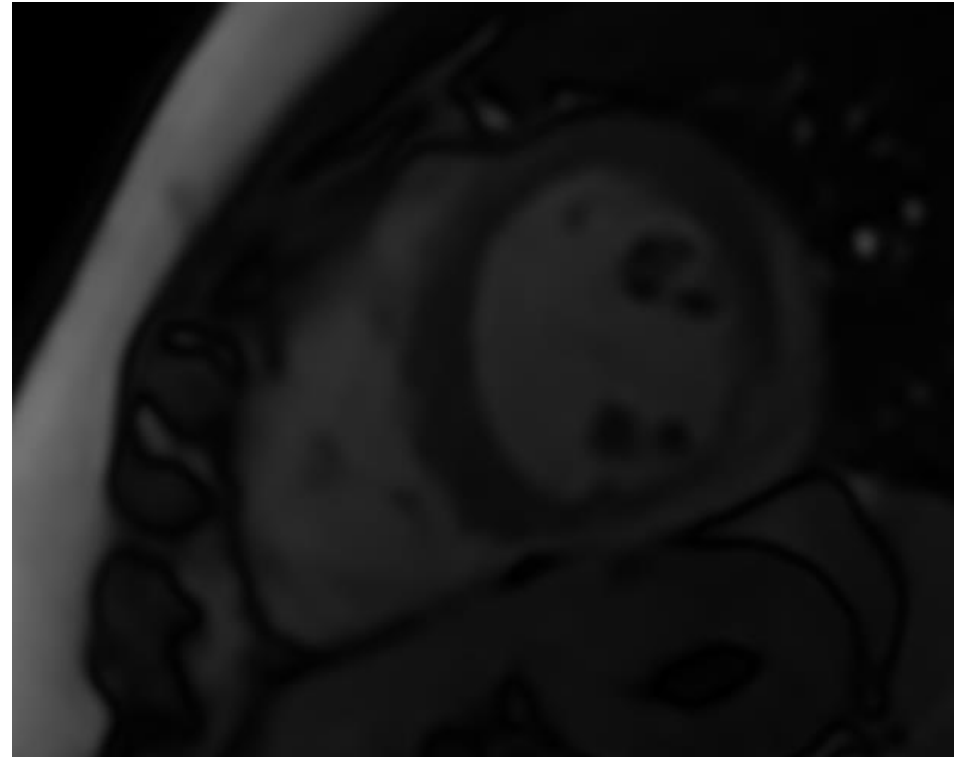


TI



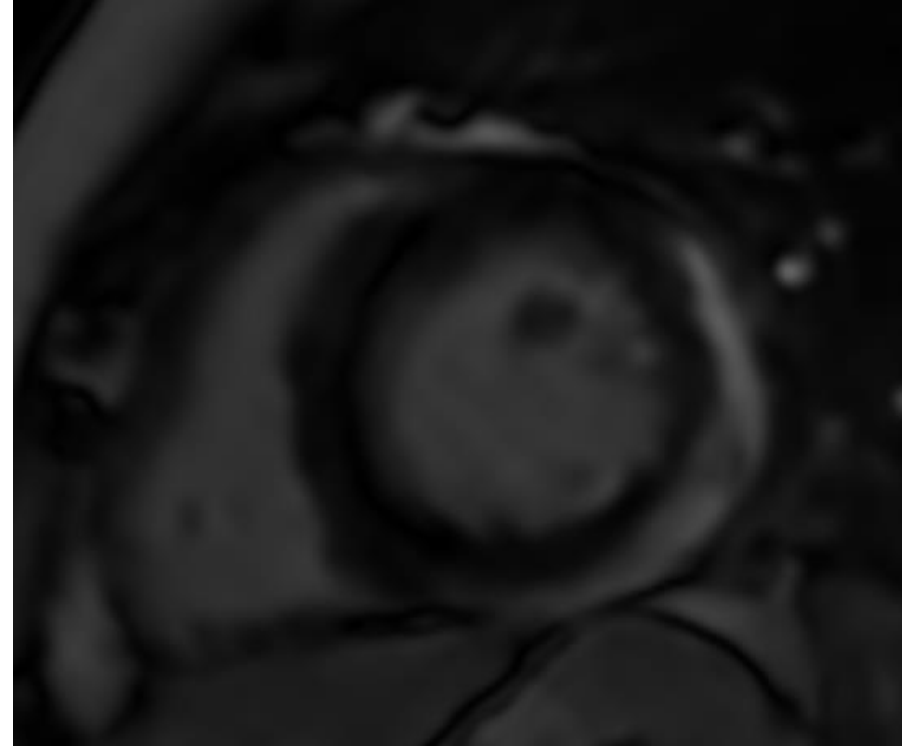
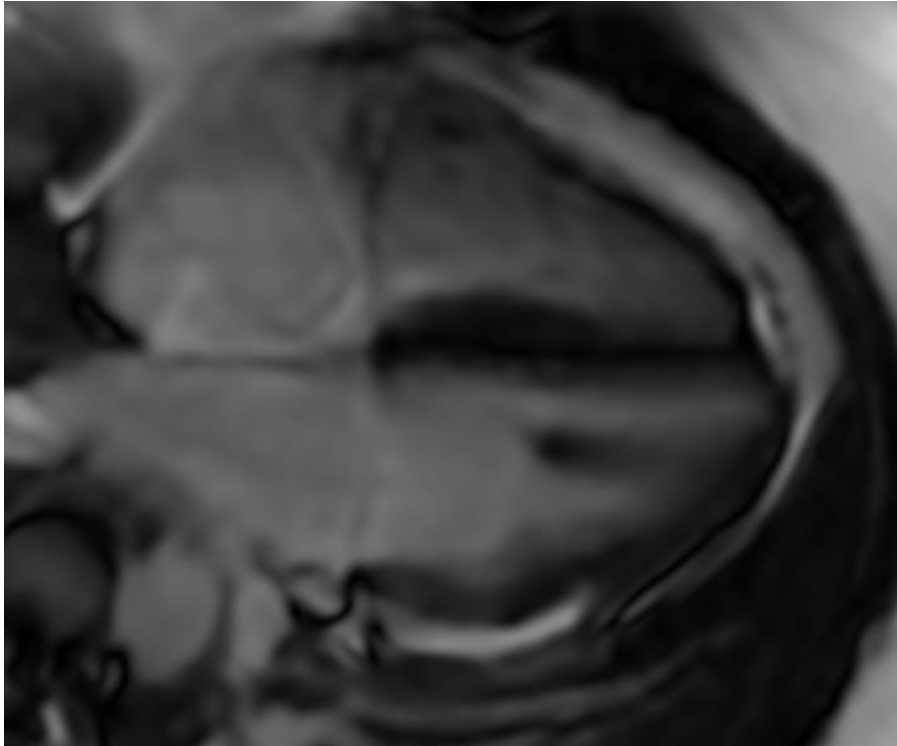
Secuencia IR –TFE con diferentes tiempos de inversión para la elección del mejor TI (imagen 3)

SECUENCIAS: REALCE TARDÍO SINGLE SHOT (SS)



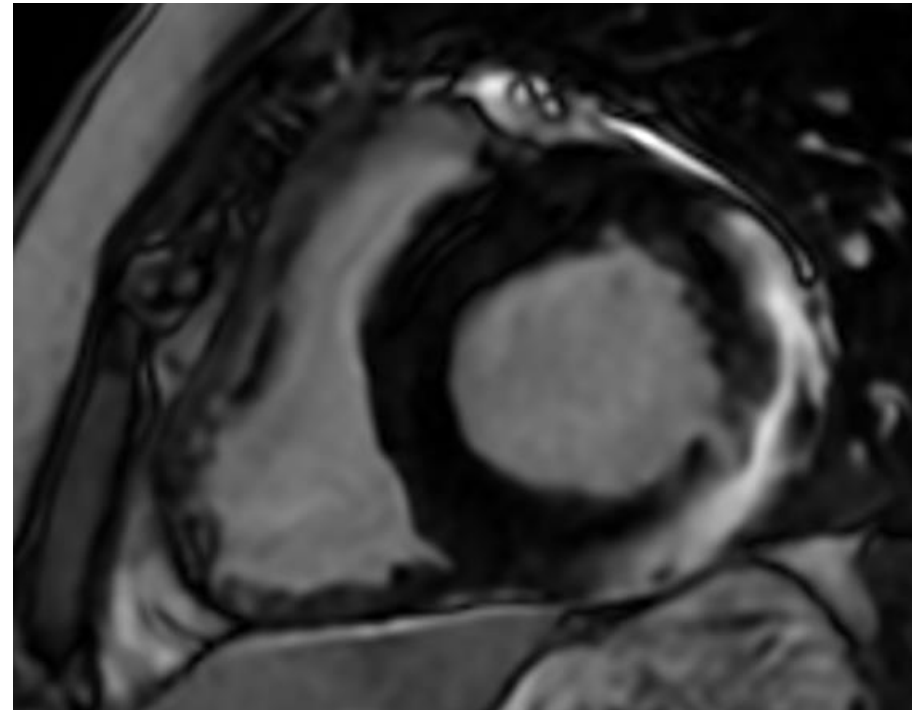
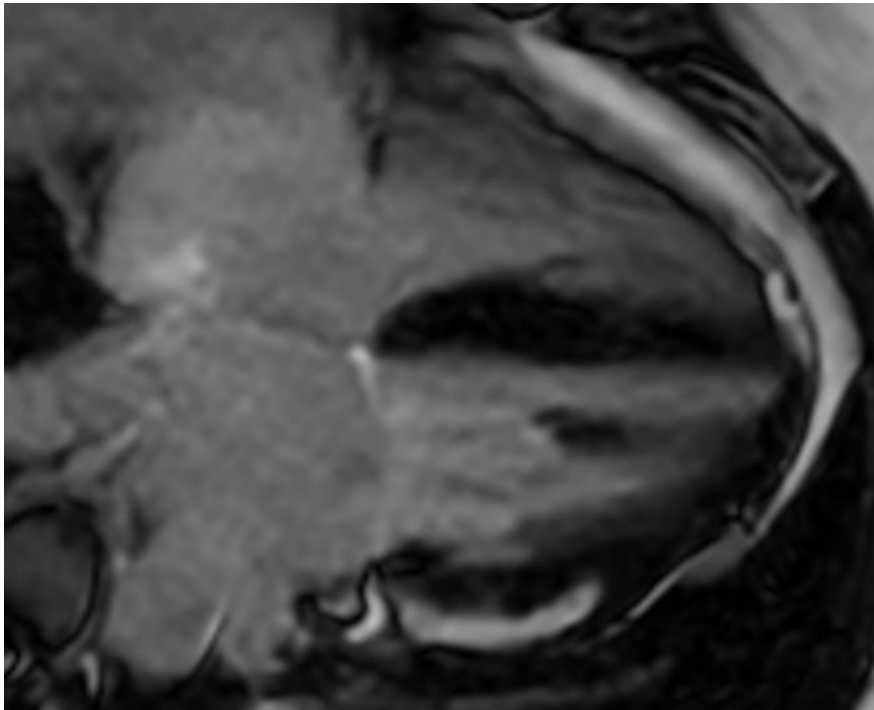
Realce tardío en secuencia SS

SECUENCIAS: REALCE TARDÍO PSIR



Realce tardío en secuencia PSIR

SECUENCIAS: REALCE TARDÍO MAG MDE 2RR



Realce tardío en secuencia MAG MDE

SECUENCIAS: T1 MAPPING

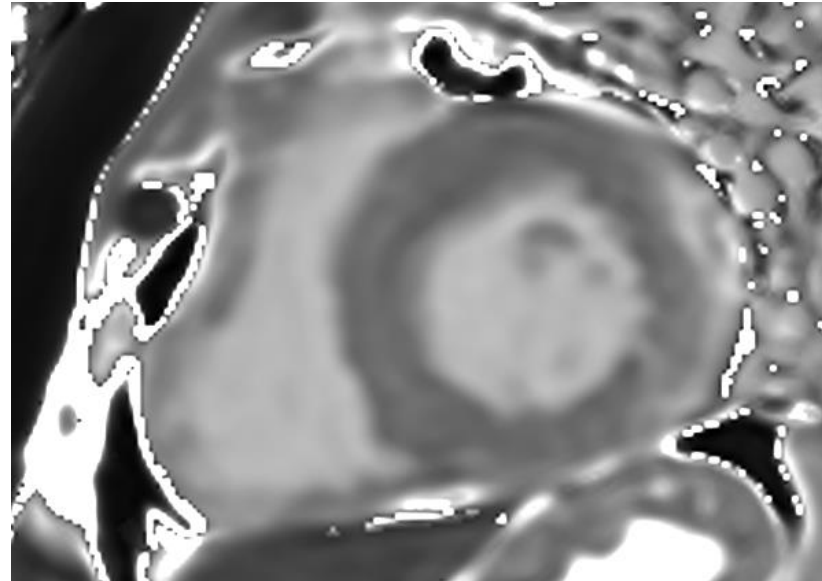
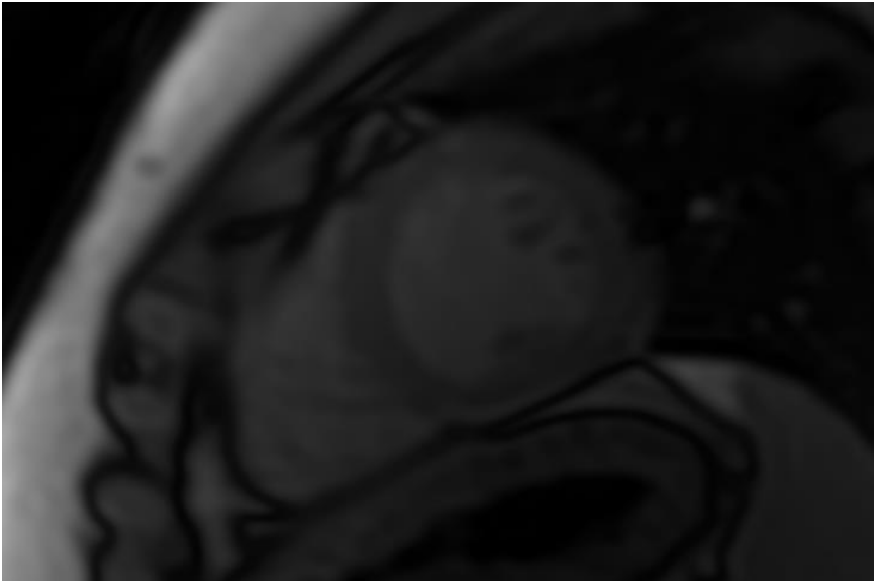
T1 Mapping

- T1 Nativo: Mide el tiempo T1 del miocardio
- T1 con contraste: Permite el cálculo del VEC (volumen extracelular)
- Necesario conocer el hematocrito
- $VEC = (1-Hto) \times \Delta R1 \text{ miocardio} / \Delta R1 \text{ sangre}$

Valores T1

- T1 nativo $\uparrow$: edema agudo, inflamación, fibrosis, amiloidosis.
- T1 nativo $\downarrow$: depósito de grasa o esfingolípidos (p. ej. Anderson-Fabry).
- ECV $\uparrow$: fibrosis difusa, amiloidosis (valores muy elevados).

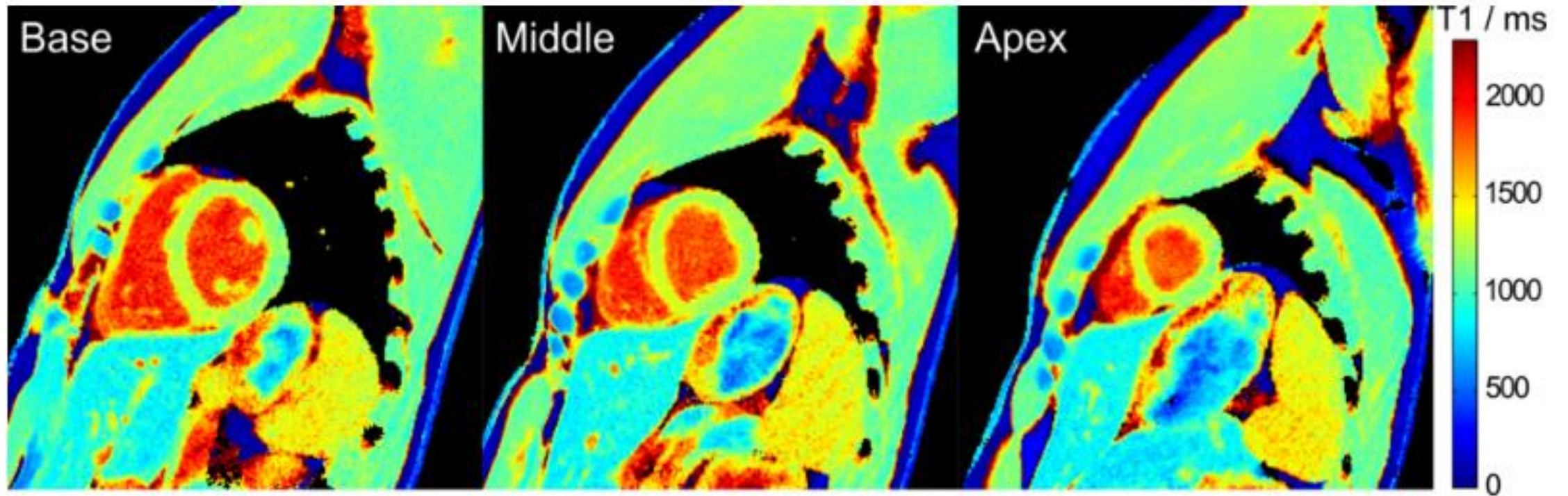
SECUENCIAS: T1 MAPPING



Para el post-procesado se
necesita secuencia Nativa
+ post CTE

Secuencias T1 Mapping post CTE. Imágenes no procesadas

SECUENCIAS: T1 MAPPING



Mapas T1 a nivel basal, medio-ventricular y apical. SS IR- FLASH a los 43 ms. *Cortesía de BIOMEDNMR*

SECUENCIAS: T2*

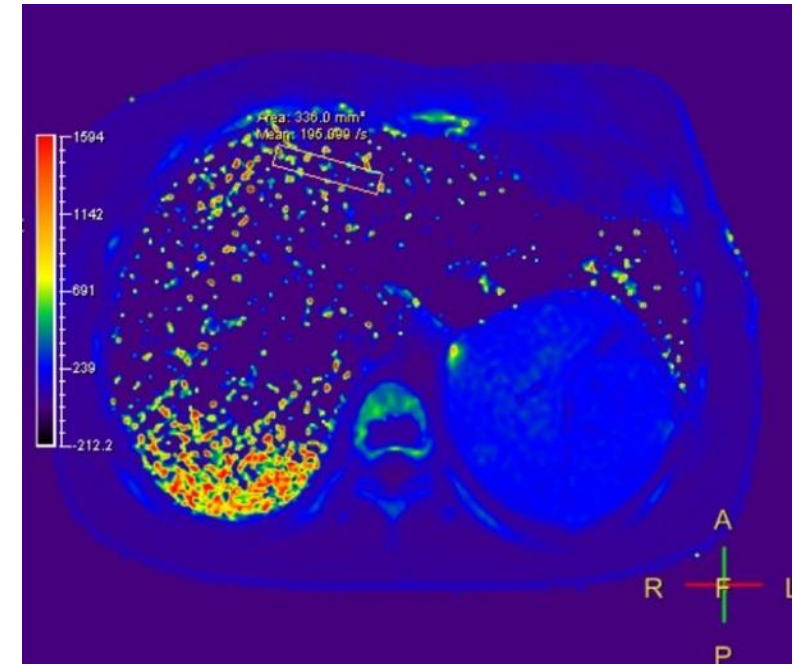
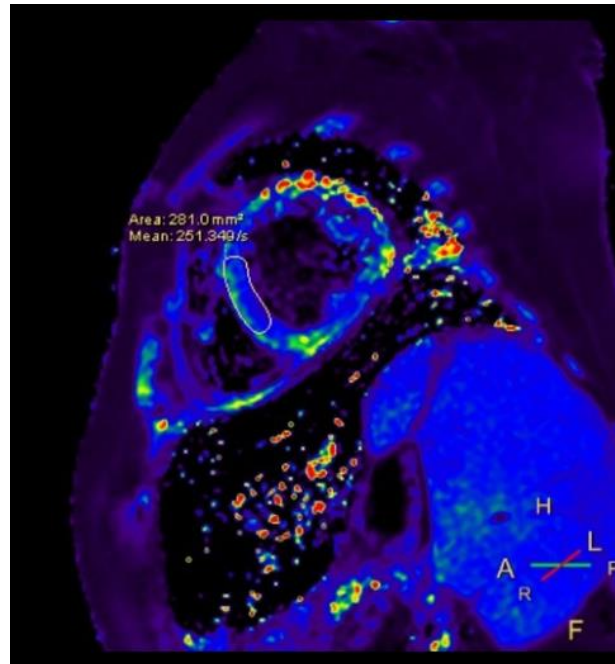
T2*

- Secuencia multi-eco en una única apnea
- Plano medio ventricular (ROI en septo)
- Posibilidad de añadir un corte hepático
- Cálculo del T2*

T2* > 20 ms: No sobrecarga férrica

T2* 10 - 20 ms: Sobrecarga moderada

T2* < 10 ms: Sobrecarga férrica significativa

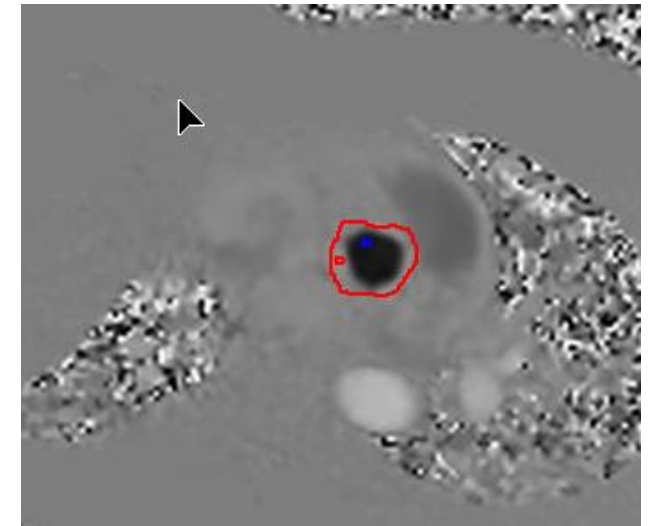
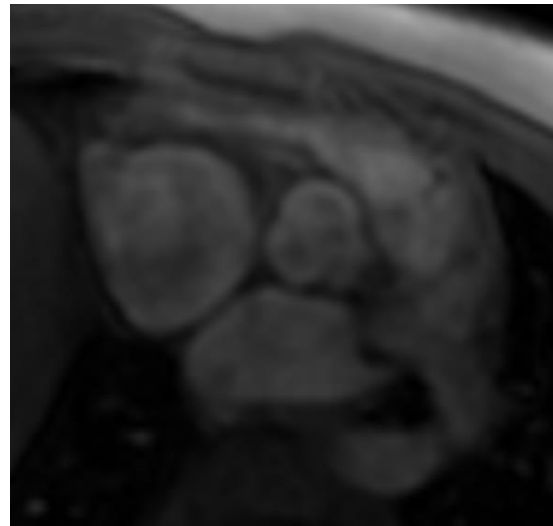


Mapa T2: Miocardio (4ms) Hígado (7ms). Sobrecarga férrica en paciente con múltiples transfusiones. Cortesía de Cuenza T*

SECUENCIAS: CONTRASTE DE FASE

Contraste de fase

- Útil para visualizar flujos y cuantificar velocidad y gradientes
- Valorar dirección del flujo y si existe regurgitación
- Programar el VENC (Velocity Encoding Sensitivity) lo más bajo posible sin generar aliasing



Secuencia contraste de fase con ROI en válvula aórtica. Flujo en diferente dirección en válvula y aorta descendente

SECUENCIAS: CONTRASTE DE FASE

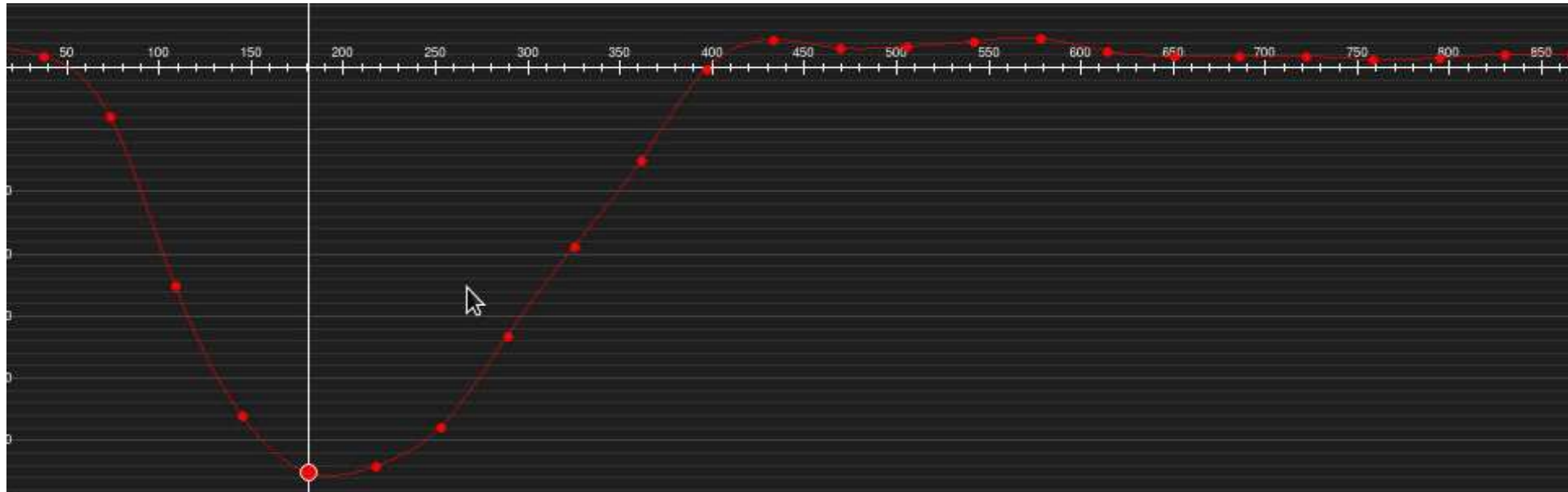


Gráfico de velocidad / tiempo del flujo valvular

PATOLOGÍA MÁS FRECUENTE

Como patología más frecuente sometida a estudios de RM cardíaca destaca:

- Cardiopatía isquémica
 - Miocardiopatía dilatada (Isquémica vs no isquémica)
 - Miocardiopatía hipertrófica
 - Miocarditis aguda
 - Otros: Amiloidosis, Anderson Fabry, Sarcoidosis, sobrecarga férrica, Cardiomiopatía no compactada del VI, Cardiomiopatía de Tako-Tsubo, Cardiomiopatía arritmogénica...
-

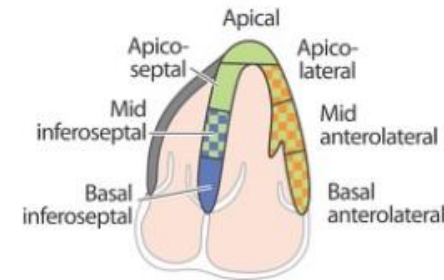
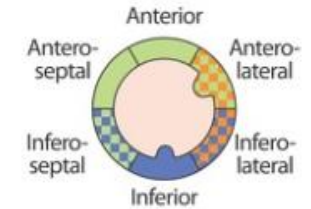
CARDIOPATÍA ISQUÉMICA

- CINE:
 - Defectos de contractilidad segmentarios
 - Adelgazamiento y remodelado (Crónico)
- T2 / T2 Mapping
 - Edema miocárdico en segmentos afectados (Agudo)
- Realce tardío
 - Patrón subendocárdico o transmural en territorio coronario
 - Grado de transmuralidad (0-25, 25-50, 50-75, 75-100%) con implicación en viabilidad.
 - Obstrucción microvascular (OMV): zona hipointensa central dentro del realce (mejor en EGE TI 400 ms) marcador de alto riesgo

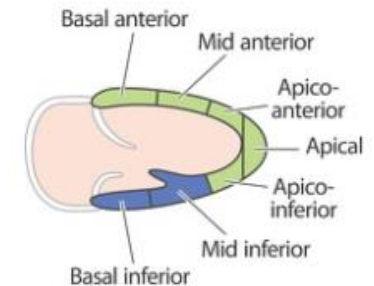
Coronary vessel plot



Short axis (SA)



Horizontal long axis (HLA)

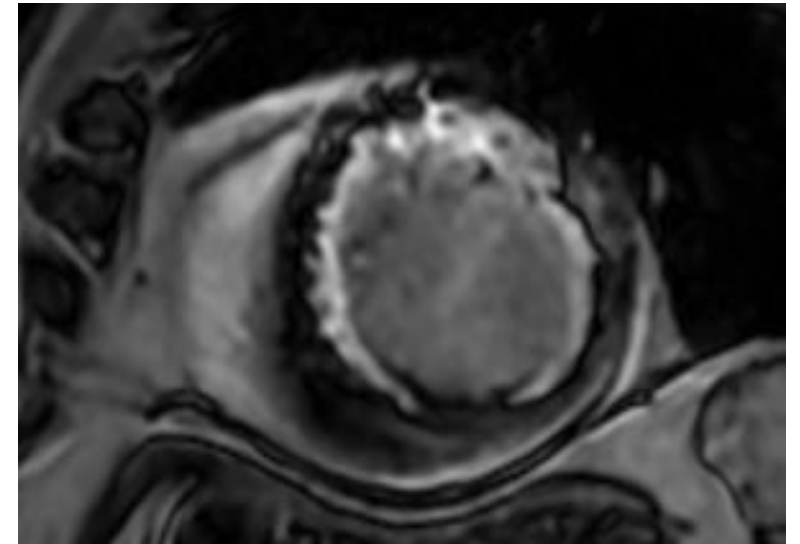
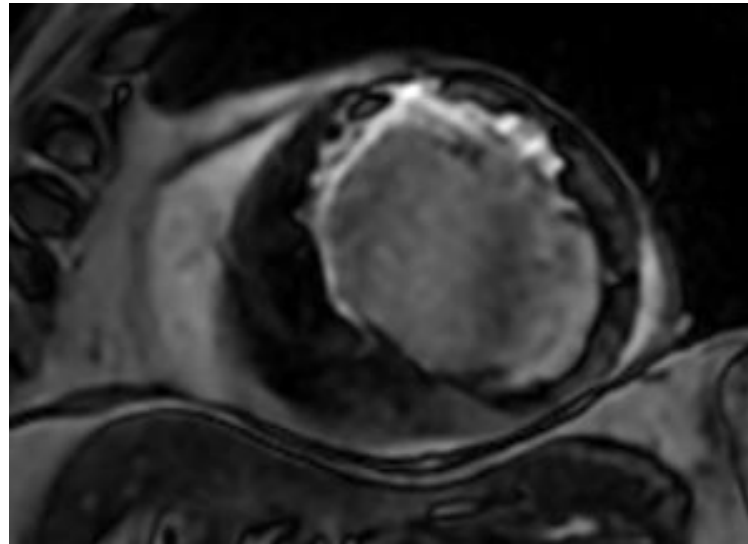
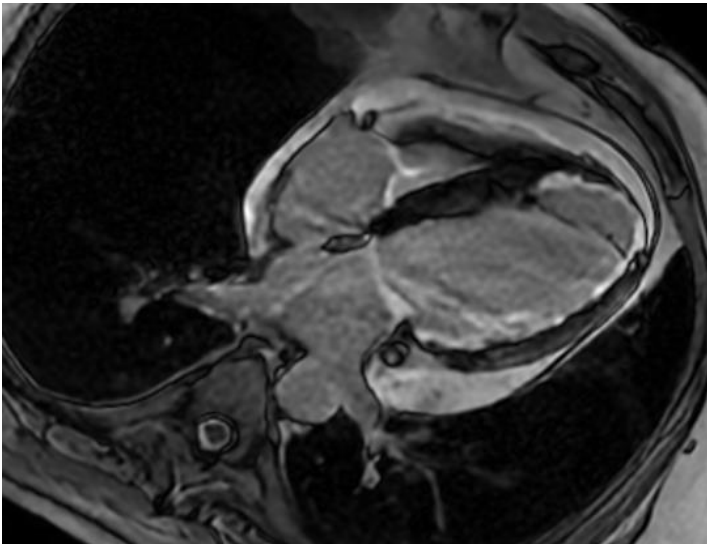


Vertical long axis (VLA)

DR. ELNUR MEHDI

*Segmentos miocárdicos y su irrigación.
Cortesía de Medhi E*

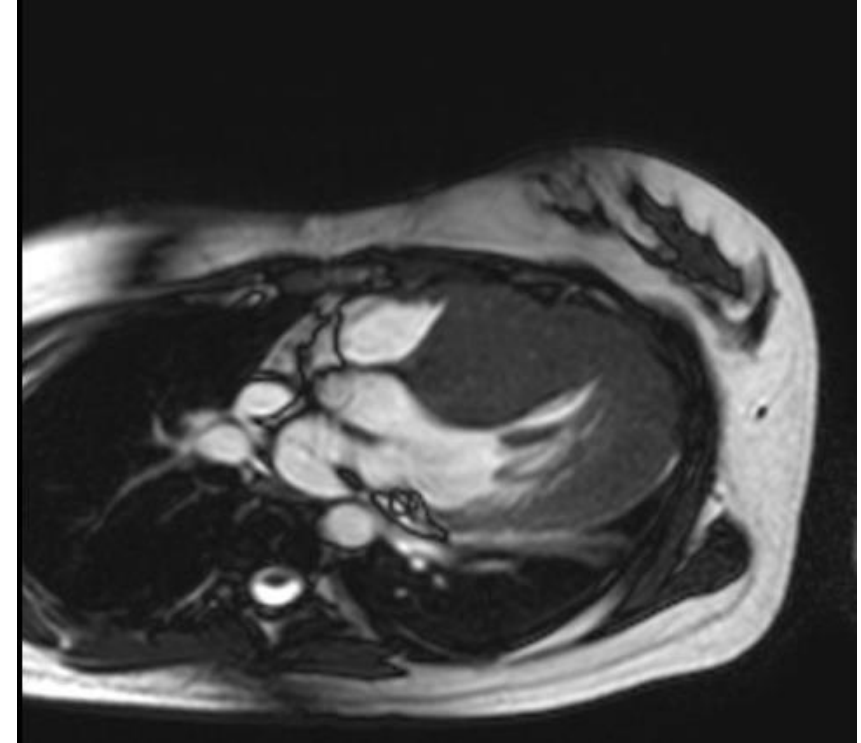
MIOCARDIOPATÍA DILATADA ISQUÉMICA



*Realce tardío en segmentos anteroseptal + anterior a nivel medio y todos los segmentos apicales en paciente con IAM
Cálculo de volúmen de VI levemente reducidos y FEVI severamente deprimida (31%) (No incluido)*

MIOCARDIOPATÍA HIPERTRÓFICA

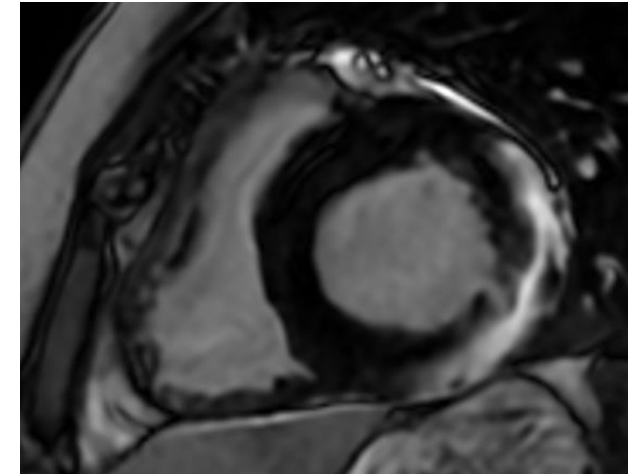
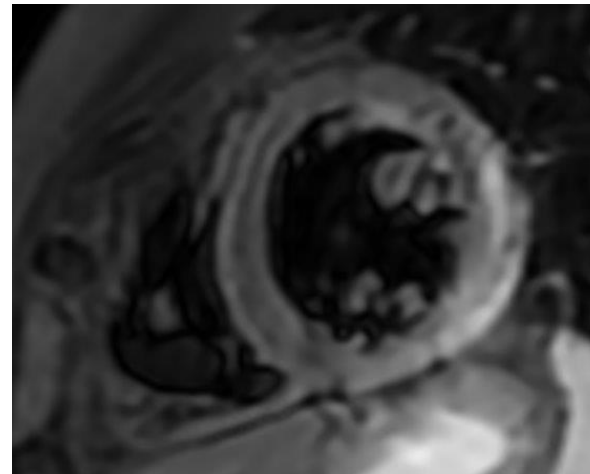
- CINE:
 - Grosor ≥ 15 mm (≥ 13 mm en familiar; hasta ≥ 20 mm en ciertos grupos étnicos).
 - Relación septo:lateral $>1,3$; apical:basal $>1,3-1,5$ en forma apical.
 - SAM mitral y obstrucción dinámica del TSVI en sístole.
- T1 Mapping
 - T1 nativo y VEC elevados en áreas de fibrosis
- Realce tardío
 - Realce en puntos de inserción del VD (hallazgo frecuente y no específico)
 - Fibrosis en zonas hipertróficas, suele asociarse a riesgo arrítmico



Miocardiopatía hipertrófica. Cortesía de Tatco V

MIOCARDITIS AGUDA

- T2 / T2 Mapping
 - Edema miocárdico en segmentos afectados (Agudo)
- Realce precoz
 - Rápido aumento de señal (hiperemia)
- Realce tardío
 - Patrón no isquémico (Respetando subendocardio)
 - Frecuentemente pared inferolateral



Edema y realce tardío en pared inferolateral en paciente con miocarditis aguda

Criterios de Lake Louise modificados

CONCLUSIÓN

- La RM cardíaca es el Gold estándar para la cuantificación de volúmenes y función ventricular,
 - Esta técnica permite una valoración integral, ofreciendo una valoración dinámica gracias a las secuencias CINE y el comportamiento tras la administración de contraste, así como la posibilidad de obtener datos paramétricos para caracterizar los tejidos
 - Existen múltiples secuencias que nos aportan información concreta (edema, fibrosis, gradiente valvular) según la sospecha diagnóstica
 - Como residente de Radiodiagnóstico es fundamental conocer tanto las secuencias básicas empleadas en RM cardíaca como las principales patologías y sus hallazgos característicos, de tal modo que pueda decidir qué secuencias complementarias añadir al protocolo de rutina según la sospecha diagnóstica
-

BIBLIOGRAFÍA

- Herzog B, Greenwood JP, Plein S, Garg P, Haaf P, Onciul S. Cardiovascular magnetic resonance pocket guide. 2nd ed. Brussels: European Society of Cardiology; 2017.
 - Martín Salazar G, Delgado C, Trinidad C, Jurado C. Resonancia magnética cardíaca: principios básicos para el residente de radiología. PIPER - SERAM. 2022.
 - Mehdi E, Left ventricular myocardial segmentation and coronary artery territories. Case study, Radiopaedia.org <https://doi.org/10.53347/rID-52808>
 - Cuenza T, Iron overload cardiomyopathy. Case study, Radiopaedia.org <https://doi.org/10.53347/rID-77340>
 - Feger J, Myocarditis. Case study, Radiopaedia.org <https://doi.org/10.53347/rID-80018>
 - Tatco V, Hypertrophic cardiomyopathy with cor triatriatum. Case study, Radiopaedia.org <https://doi.org/10.53347/rID-44339>
 - Moon JC, Messroghli DR, Kellman P, Piechnik SK, Robson MD, Ugander M, et al. Myocardial T1 mapping and extracellular volume quantification: a Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) and CMR Working Group of the European Society of Cardiology consensus statement. J Cardiovasc Magn Reson. 2013;15:92.
-