



Resonancia magnética cardíaca. Principios básicos para el residente de radiología.

Guillermo Martín Salazar González , Carlos
Delgado Sánchez Gracian, Carmen Trinidad
López, Claudia Jurado Basildo

Hospital Ribera POVISA, Vigo.

INTRODUCCIÓN

□ La **Resonancia Magnética Cardíaca** es la prueba de elección para:

- Cuantificación de volúmenes y masa ventricular
- Caracterización tisular
- Viabilidad miocárdica
- Cardiopatía isquémica
- Evaluación del ventrículo derecho
- Enfermedad pericárdica
- Masas cardíacas
- Cardiopatías congénitas

Sin embargo es una técnica compleja que asusta al residente cuando empieza a conocerla. Sobre todo las secuencias que se utilizan que siempre se describen con nombres casi ininteligibles.

TrueFisp
T2 MAPPING
Turbo Spin Echo
Inversion Recovery
Steady free precesion
Turbo Field Echo



El objetivo de esta presentación es mostrar de una manera sencilla e informal las características principales de las secuencias utilizadas en Resonancia Cardíaca.



SECUENCIA CINE SANGRE BLANCA

Nombre científico de la secuencia SSFP (steady state free precession)

Nombre comercial de la secuencia: TrueFISP(Siemens) Balance FFE (Philips), FIESTA (GE)



Característica “informal” de la secuencia

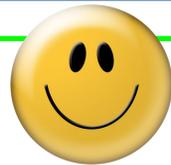
Secuencia de **cine** eco de gradiente utilizada para valorar la motilidad miocárdica, medir masa, función y volúmenes ventriculares.

Miocardio: señal intermedia gris.

Sangre: Señal alta blanca.

Grasa: Señal alta blanca.

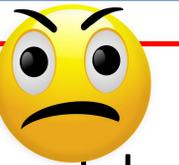
Secuencia anatómica y funcional (CINE)
Rápida adquisición.
Adecuada relación señal/ruido.
Buen contraste miocardio/sangre.



Sensible a las inhomogeneidades del campo magnético.

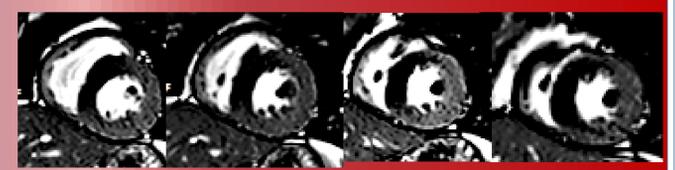
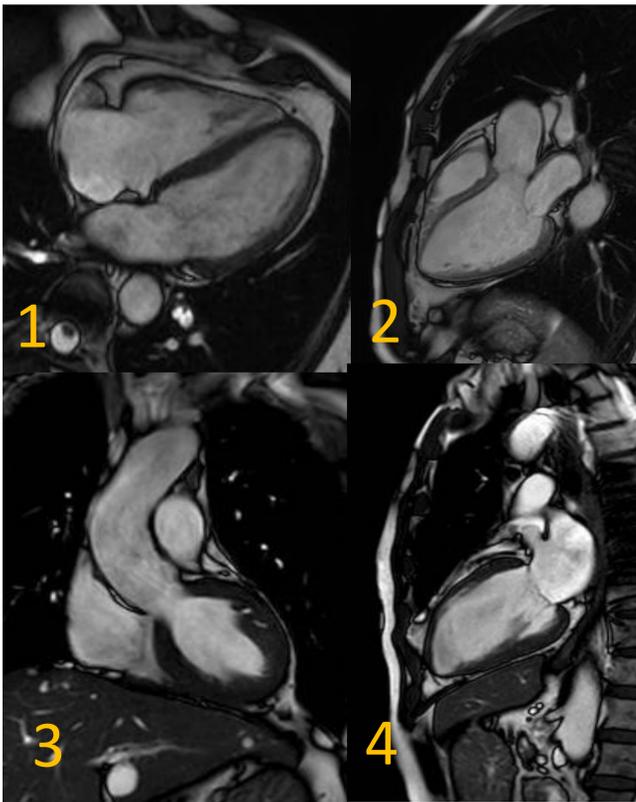
Aumento de la tasa de absorción específica de energía.

Artefacto de desplazamiento químico.



Diástole

Sístole



A la izquierda: secuencias cine sangre blanca en vista de cuatro cámaras (1), tres cámaras o tracto de salida del VI (2), plano coronal (3) y en dos cámaras (4). Valora la motilidad miocárdica y permite visualizar jet de insuficiencia valvulares.

Arriba: secuencia cine sangre blanca en eje corto a nivel medioventricular con múltiples cortes a lo largo del ciclo cardíaco que sirve para valorar la contractilidad global y segmentaria del miocardio como la función y volúmenes ventriculares.



SECUENCIA T1 SANGRE NEGRA

Nombre científico : Black Blood-Turbo Spin Echo

Nombre comercial: Turbo Spin Echo TFE (Siemens y Phillips), Fast Spin Echo (GE)



Característica “informal” de la secuencia

Se potencia en T1.

Existe supresión de la sangre en movimiento por un doble pulso de inversión.

Miocardio: intensidad de señal intermedia, gris.

Sangre: señal baja, negra.

Grasa: señal alta, blanca.

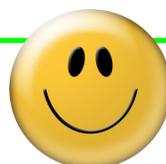
Valora la morfología del miocardio y de los grandes vasos, masas, pericardio, mediastino, infiltración grasa del miocardio (miocardiopatía arritmogénica) y para demostrar realce con gadolinio.

Excelente resolución y contraste

Secuencia muy anatómica.

Permite ver grasa intramiocárdica

Valora captación global miocárdica

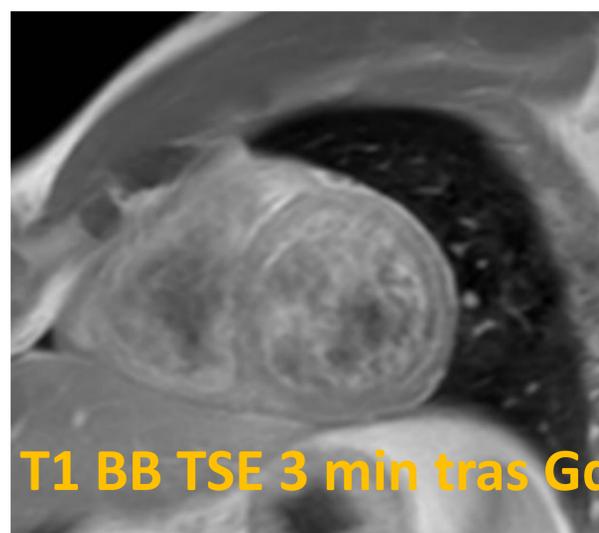


Baja relación señal/ruido

Dificultad para suprimir correctamente la sangre en zonas de flujo lento o trabeculadas (ápex).



T1 BB TSE basal



T1 BB TSE 3 min tras Gd

Secuencia T1 sangre negra basal y tras la administración de gadolinio EV a los 3 minutos de administración del contraste para valorar hiperemia en un paciente con miocarditis.



SECUENCIA STIR-T2

Nombre científico : Black Blood-T2w Short Tau Inversion Recovery (STIR-T2)

Nombre comercial: STIR-T2 (Siemens, Phillips y GE)



Característica “informal” de la secuencia

Secuencia de sangre negra potenciada en T2 basada en tres pulsos de inversión, los dos primeros anulan la sangre y el tercer pulso anula los tejidos que tienen un tiempo de inversión corto, como la grasa.

Sirve para valorar el edema e inflamación aguda

Miocardio: intensidad de señal intermedia, gris

Sangre: señal baja, negra

Grasa: señal baja, negra

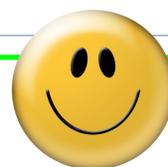
Edema: señal alta, hiperintensa

Excelente valoración del
EDEMA MIOCARDICO

Miocarditis

Infarto agudo de miocardio

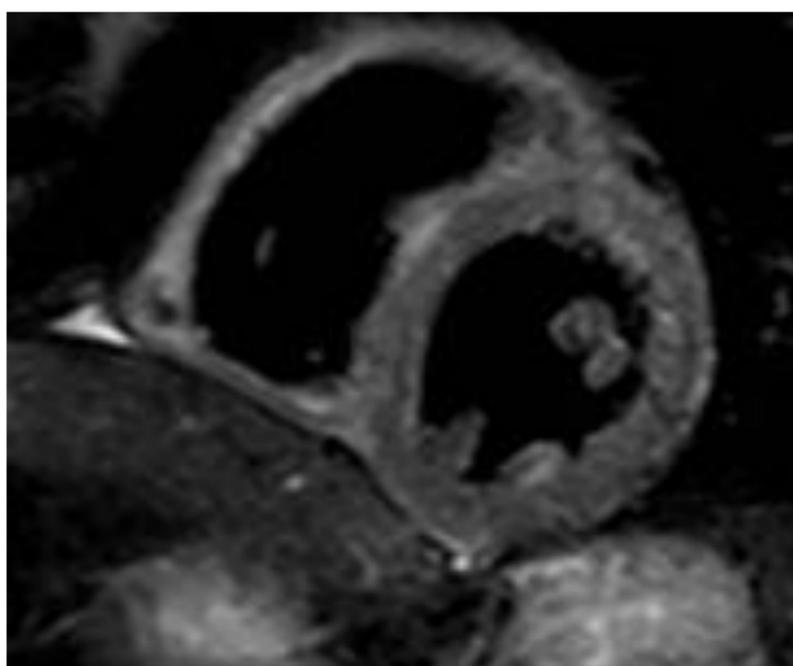
Miocardiopatía por estrés



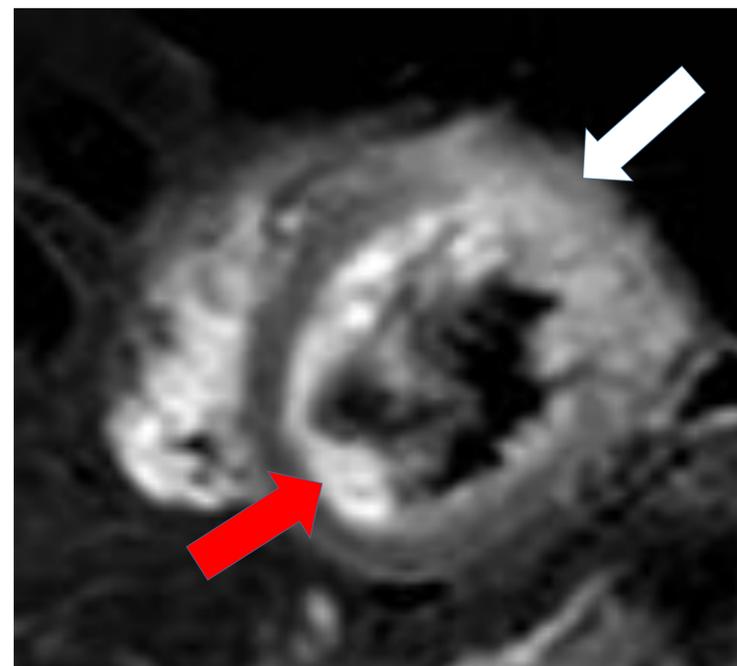
Pobre relación señal/ruido.

No se debe usar después del gadolinio

Artefacto de sangre retenida.



STIR-T2: Miocardio normal. Se observa la sangre y la grasa con señal suprimida (negra)



STIR-T2 con presencia edema por miocarditis (flecha blanca) y artefacto de sangre retenida entre las trabéculas (flecha roja) que se visualiza hiperintensa

SECUENCIAS DE PERFUSIÓN

Nombre científico: Saturation Recovery Turbo Field Echo

Nombre comercial: Saturation TFE/EPI, B-FFE, TFE (Phillips) SS TrueFisp, 2D Turbo Flash (Siemens) FGR-ET (GE)



Característica “informal” de la secuencia

Secuencia eco de gradiente, donde antes de cada tren de ecos se aplica un pulso de saturación para tener mayor potenciación en T1.

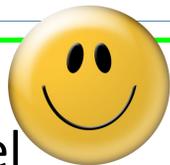
Sirve para valorar isquemia miocárdica tras estrés farmacológico mediante fármacos vasodilatadores (mecanismo de robo coronario).

Miocardio: intensidad de señal intermedia, gris.

Defecto de perfusión: lesión hipointensa subendocárdica con distribución en territorio coronario. Si es reversible en reposo se trata de isquemia. Si es fijo en reposo corresponde a un infarto crónico.

Valora perfusión miocardio en el tiempo.

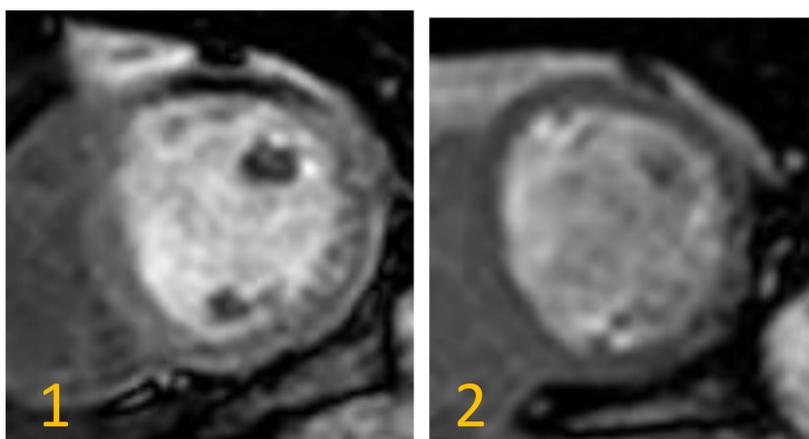
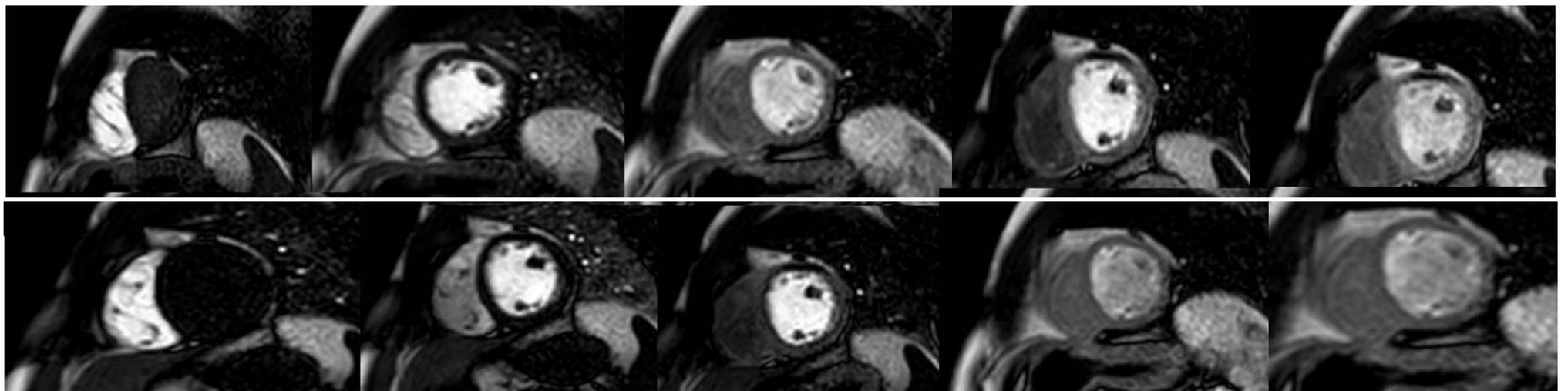
Rápida y sensible a los defectos de perfusión.



Duración de casi un minuto.

Imposible pausar durante toda la adquisición.

Artefacto en anillo subendocárdico (simula trastorno de perfusión).



Arriba: en la primer fila secuencia de perfusión de estrés con adenosina en eje corto medioventricular. En las últimas dos imágenes se observa un área de hipoperfusión (hipointensa) subendocárdica localizada en el segmento anterior medio del VI. Segunda fila secuencia de perfusión en reposo donde no se observa ese defecto de perfusión. Esto refleja isquemia en el territorio de la arteria descendente anterior.

A la izquierda: imágenes magnificadas tanto de la perfusión de estrés como la de reposo.



SECUENCIAS DE REALCE TARDÍO

Nombre científico: Inversion Recovery Turbo Field Echo (IR-TFE) y Phase Sensitive Inversion Recovery (PSIR)



Característica “informal” de la secuencia

Secuencias gradiente eco, donde antes de cada tren de ecos se aplica un pulso de saturación para tener mayor potenciación en T1

Sirve para valorar las áreas con realce tardío con gadolinio secundario a fibrosis, necrosis o depósito de amiloide.

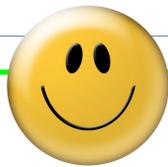
Se adquiere a los 10 minutos de inyectado el contraste con un primer secuencia (IR-TFE rápida) con diferentes pulsos de inversión y tiempos de inversión y se elige el tiempo de inversión (mapeo de TI /Look Locker) en la cual exista mayor anulación del miocardio. Con ese tiempo de inversión se programa la secuencia PSIR donde se puede valorar de forma más elocuente el realce tardío.

Miocardio sano: baja señal, negro.

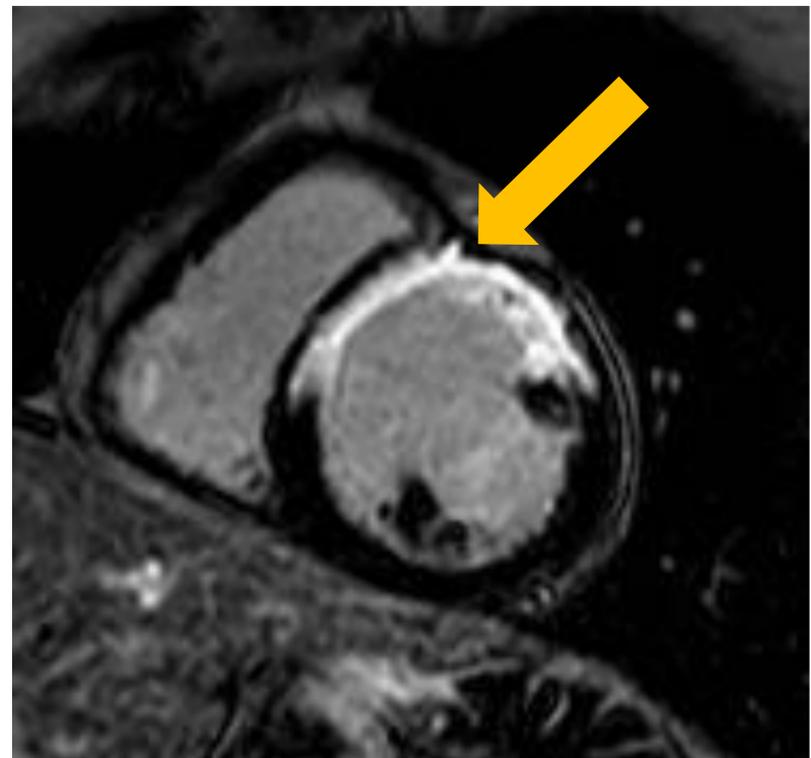
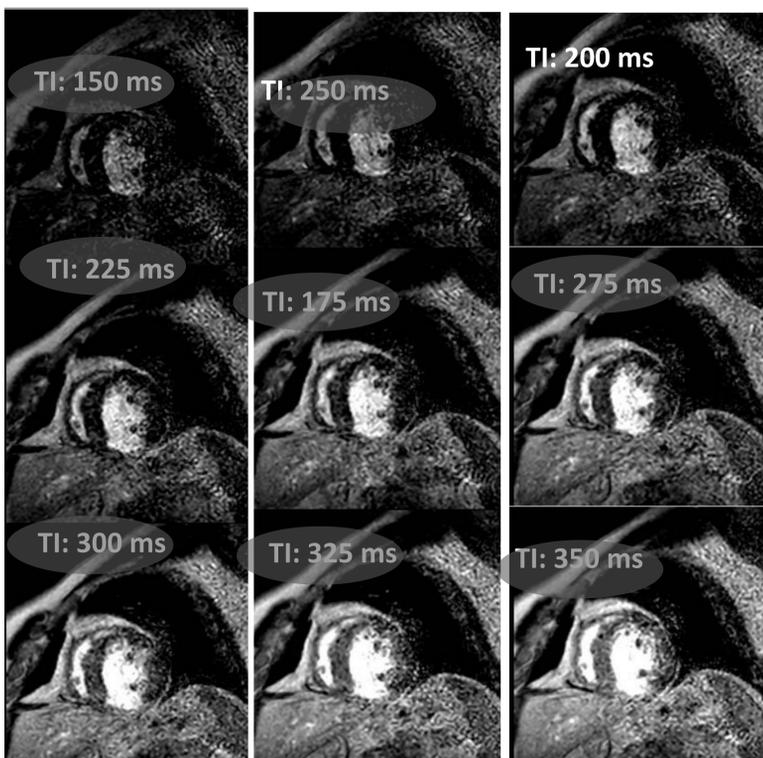
Realce tardío: señal alta, hiperintenso.

Grasa: señal alta, hiperintenso.

Única técnica que valora
NECROSIS Y FIBROSIS MIOCARDICA
Según el tipo de realce:
miocardiopatías de origen coronario y de
origen no coronario.



Requiere apneas con colaboración del paciente.
Artefactos por movimientos respiratorio y cardíaco.



Arriba a la izquierda: secuencia de mapeo de TI (TI scout/Look Locker). Imágenes en EC medioventricular adquiridas como parte del mapeo de TI, con TI que aumentan progresivamente desde 150 a 350 ms. En este caso la mayor supresión de la señal del miocardio normal se visualiza en la 3ª imagen con un TI de 200 ms.

Arriba a la derecha: secuencia PSIR en la cual el miocardio sano se visualiza hipointenso, mientras que el miocardio patológico (en este caso por un infarto de miocardio crónico) presenta realce con Gd y es hiperintenso.

SECUENCIA DE CONTRASTE DE FASE

Nombre científico y comercial : Phase contrast (contraste de fase)



Característica "informal" de la secuencia

Secuencia eco de gradiente en donde se aplica un gradiente bipolar que provoca desfase de los tejidos.

Sirve para visualizar flujos y cuantificar la velocidad y gradientes de los mismos.

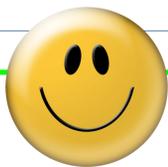
A partir de la codificación de velocidad determinada (Velocity Encoding Sensitivity-VENC) se genera una imagen de **fase** y otra de **magnitud** que representan la dirección y velocidad del flujo.

El VENC se debe programar de antemano en base a la velocidad de flujos esperados según la patología (entre 200 a 500 cm/s). Se debe utilizar el VENC más bajo sin que aparezca aliasing.

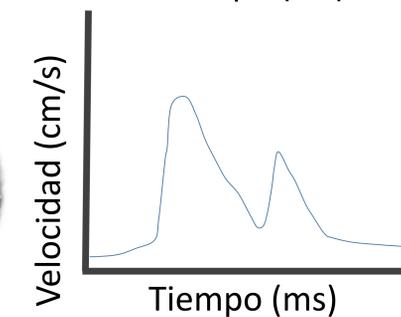
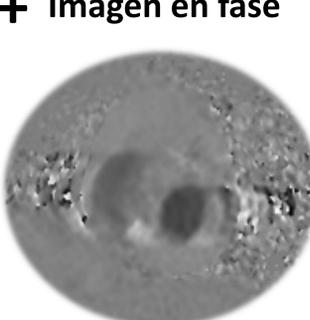
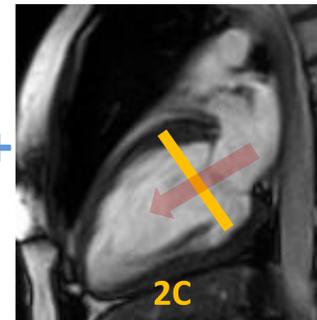
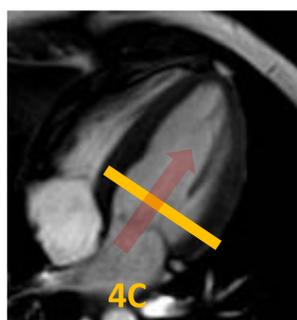
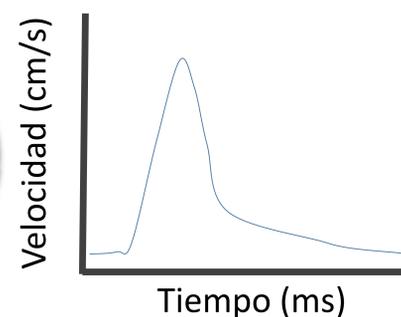
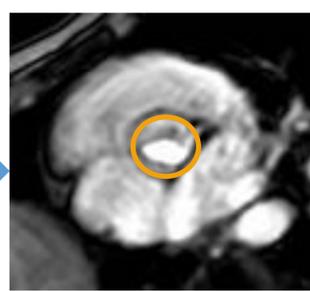
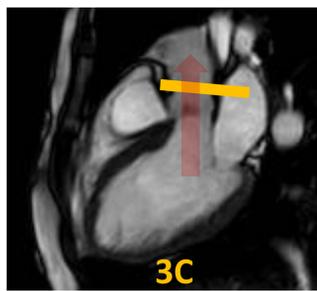
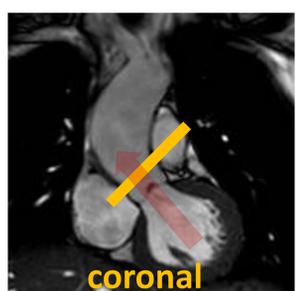
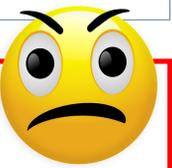
Cálculo de velocidad

Cálculo del flujo anterógrado y retrógrado

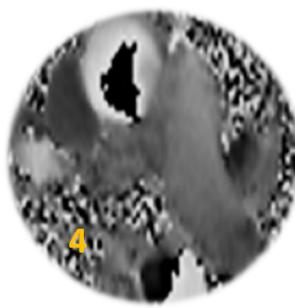
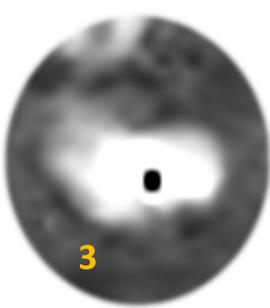
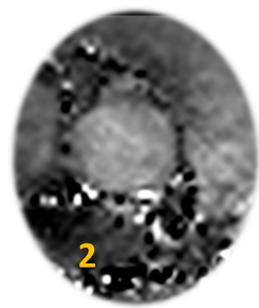
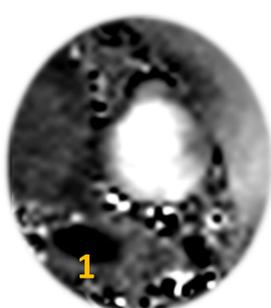
Muy útil para valorar valvulopatías y shunts
Secuencia rápida



Programación con el VENC adecuado
Menos sensible y específica que la ecocardiografía



Programación de los planos de corte para la válvulas mitral y aórtica. Luego de la aplicación de los gradientes bipolares y la codificación de la velocidad a través del VENC se forma un set de dos imágenes en escalas de grises: en magnitud que según el brillo determina la velocidad (mayor brillo mayor velocidad) y en fase: flujo de dirección ascendente de color blanco y flujo de dirección descendente de color negro. Se traza un ROI en la imagen de magnitud y luego se calcula la velocidad en función al tiempo.



Ejemplos de secuencias PC con distintos valores de VENC y su traducción en imágenes en fase:

- 1: VENC óptimo (max blanco-negro sin *aliasing*)
- 2: VENC muy alto (blanco-negro "lavado")
- 3: VENC un poco bajo (poco *aliasing*)
- 4: VENC muy bajo (mucho *aliasing*)



SECUENCIA T2 * MULTIECO

Nombre científico: Spoiled GRE-Fast GRE (FLASH, turboFLASH, incoherent SSGRE....)



Característica "informal" de la secuencia

Secuencia eco de gradiente que sirve para valorar la sobrecarga de hierro, útil en hemocromatosis y en hemosiderosis, como también en infartos de miocardio con transformación hemorrágica

Se aplican diferente tiempo de eco, iniciando con un tiempo de eco de 2 ms, incrementándose progresivamente hasta 18 ms

Se realiza un ROI en el septum interventricular y el cálculo del T2* se realiza a través de un software especial que recoge los valores de intensidad de señal obtenidos en cada tiempo de eco. Un T2* menor a 10 ms significa sobrecarga de hierro significativa.

Valora severidad de hemocromatosis

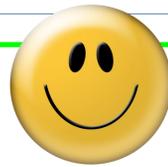
Un T2* >20ms indica ausencia de sobrecarga férrica.

Un T2* entre 10-20ms, indica sobrecarga de hierro moderado.

Implicaciones clínicas: 2% insuficiencia cardíaca, 7% arritmias.

Un T2* <10ms indica sobrecarga de hierro importante.

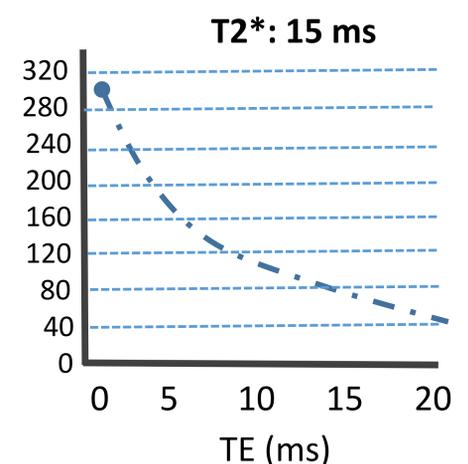
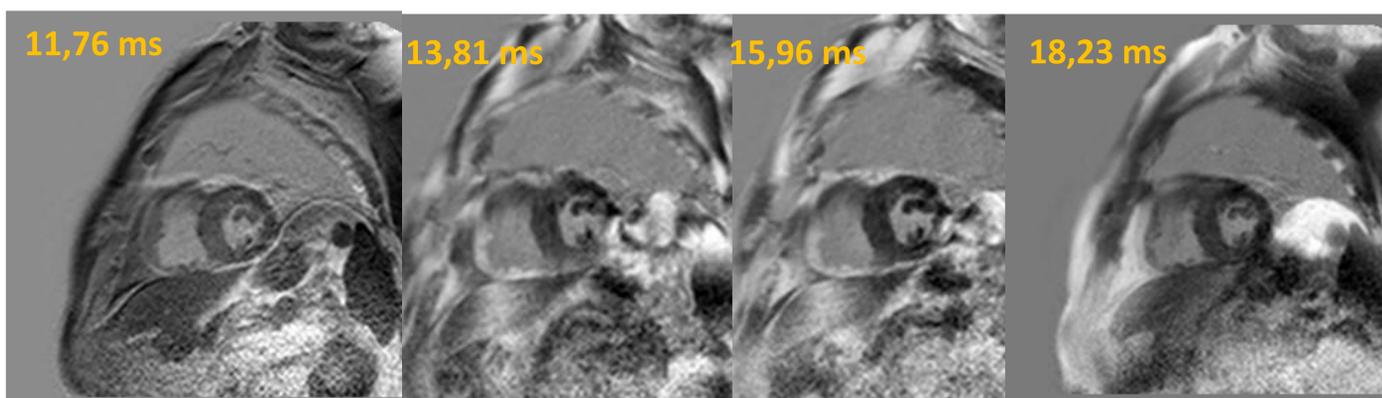
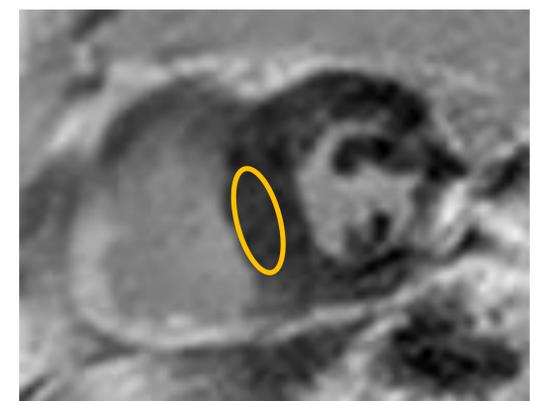
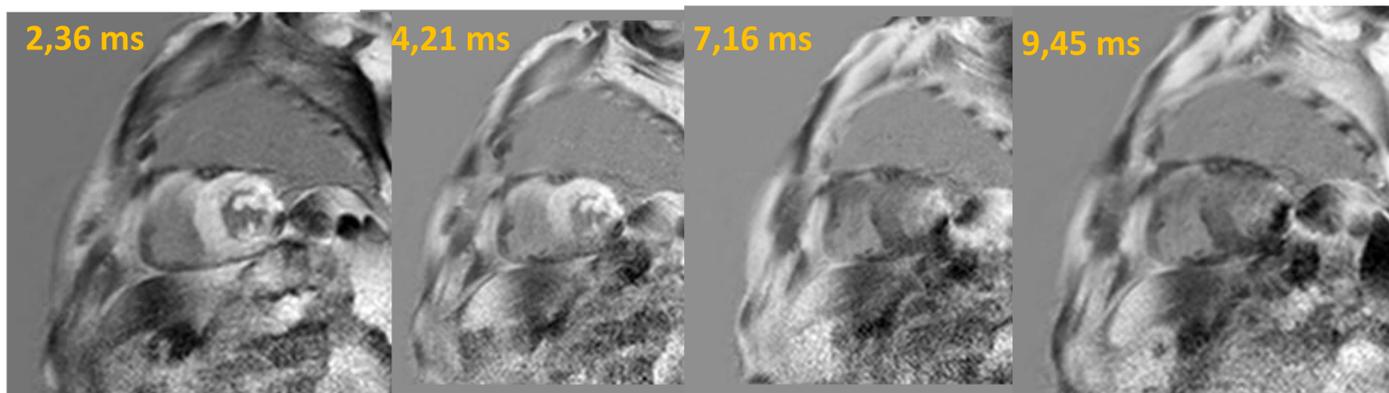
Implicaciones clínicas: 38% insuficiencia cardíaca, 17% arritmias.



Requiere apneas largas

Postproceso complejo

Software adecuado



Secuencia sangre blanca multieco para la valoración de hierro intramiocárdico en un paciente con miocardiopatía restrictiva y sospecha de hemocromatosis. A nivel medioventricular se aprecia una disminución de la IS del miocardio según aumenta el TE. En la curva de píxeles obtenida mediante un ROI a nivel del septum interventricular, se aprecia una caída del T2* según aumenta el TE, con un valor de 15 ms, considerada como una sobrecarga férrica significativa.



MAPA T1

Nombre científico: LL: look-locker; MOLLI: modified look-locker inversion recovery; SAPHIRE: saturation pulse prepared heart rate independent inversion recovery; SASHA: saturation recovery single-shot acquisition; ShMOLLI: *shortened modified look-locker inversion recovery*.



Característica “informal” de la secuencia

Cuantifica la señal T1 del tejido correspondiente a los compartimentos extracelular e intracelular del miocardio.

Secuencia en apnea y con ECG en un único corte, en la misma fase del ciclo cardíaco:

Adquiere una misma imagen con varios tiempos de eco (TE) para conseguir varias imágenes con diferentes influencias T1. Se deriva la curva de relajación y el tiempo de relajación de cada tejido en ms. El tiempo de relajación se traslada pixel a pixel a la imagen. Se aplica una escala de colores que facilita el análisis visual.

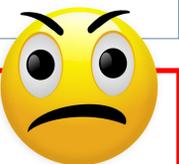
T1 Nativo: Sin contraste. Mide el tiempo T1 del miocardio.

Aumenta: Fibrosis, edema, amiloidosis

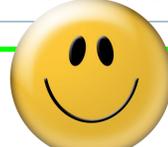
Dsiminuye: Enfermedad de Fabry , sobrecarga de hierro

T1 con contraste: Permite cálculo del volumen extracelular (VEC) del miocardio. Debe conocerse el hematocrito del paciente para poder calcularlo. $VEC = (1-H_{to}) \times \Delta R1 \text{ miocardio} / \Delta R1 \text{ sangre}$

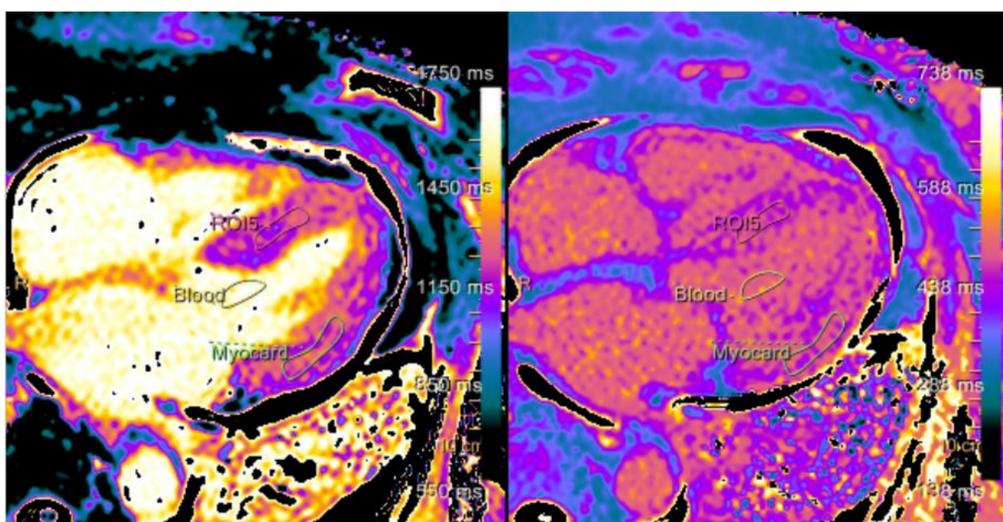
Aumenta: Depósito de colágeno (fibrosis intersticial) o amiloide



Valoración no invasiva de la fibrosis intersticial.
Reversible en fases iniciales
Valoración depósito amiloide (mayor confianza)



Alta variabilidad valores T1 nativo
Postprocesado complejo
Variabilidad entre diferentes equipos



T1 Mapping: Local Result-1101 , 1801			
	Myocard sl.1	ROI5 sl.1	Blood sl.1
T1 Native	1233±52.3 ms	1197±66.5...	1610±66.6 ...
R1 Native	0.81±0.03 Hz	0.84±0.05 ...	0.62±0.03 Hz
T1 Enhanced	473±21.2 ms	465±13.9 ms	495±14.3 ms
R1 Enhanced	2.12±0.10 Hz	2.15±0.07 ...	2.02±0.06 Hz
ε	54.9 %	55.5 %	N/A
ROI Area Native	136 mm ²	102 mm ²	84.0 mm ²
ROI Area Enhanced	139 mm ²	105 mm ²	85.3 mm ²
Hematocrit	40.9 %	40.9 %	40.9 %
Field Strength	1.5 T	1.5 T	1.5 T

Mapas paramétricos T1 nativo y T1 con contraste. Los ROI se realizan sobre el miocardio evitando la grasa epicárdica y en la sangre de la cavidad cardíaca.

Tabla con los valores de T1 nativo y del VEC obtenidos una vez introducido la cifra de hematocrito.

El valor del VEC tanto en septo como en pared lateral esta aumentado (>30%) en un paciente con amiloidosis



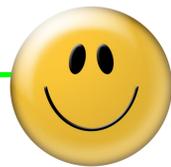
MAPA T2

Nombre científico: Gradient Spin Echo (GRASE), Tau inversion recovery (T2-STIR), steady-state free precession en T2 (T2p-SSFP), ACUTE (T2-acquisition for cardiac unified T2 edema)



Característica “informal” de la secuencia

Es una secuencia eco de gradiente potenciada en T2 que proporciona información sobre el agua intra y extracelular, con una medición cuantitativa y objetiva del edema miocárdico. Es útil en procesos inflamatorios como la miocarditis, infarto agudo de miocardio, en la miocardiopatía por estrés y en el rechazo agudo de trasplante cardíaco. Se planean 3 cortes del ventrículo izquierdo en eje corte, a nivel basal, medio y apical. El valor normal de T2 es < 50 ms.



CUANTIFICACIÓN DEL EDEMA MIOCARDICO

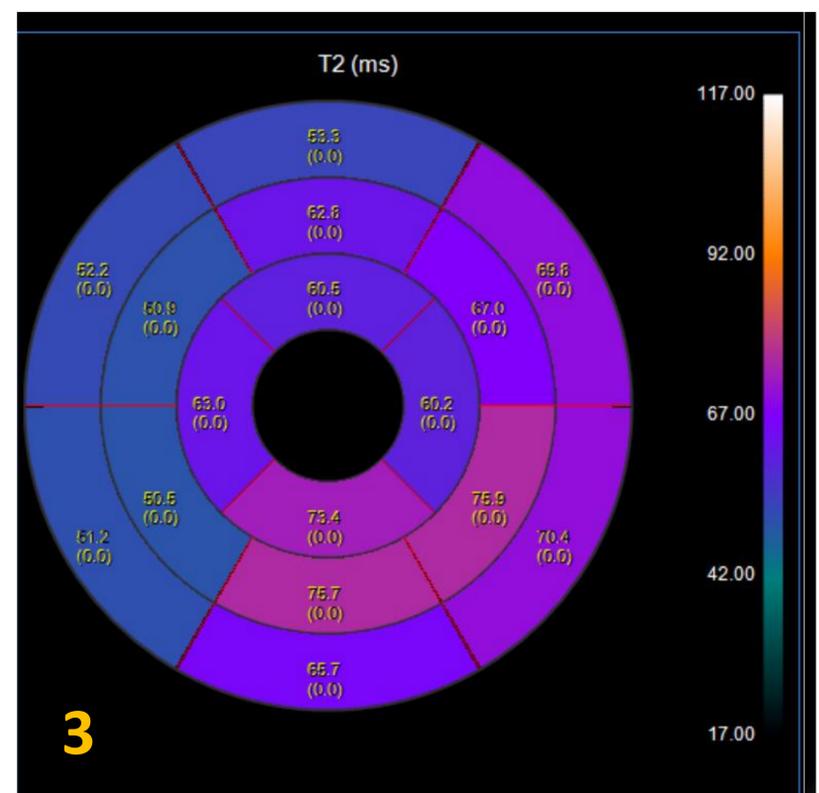
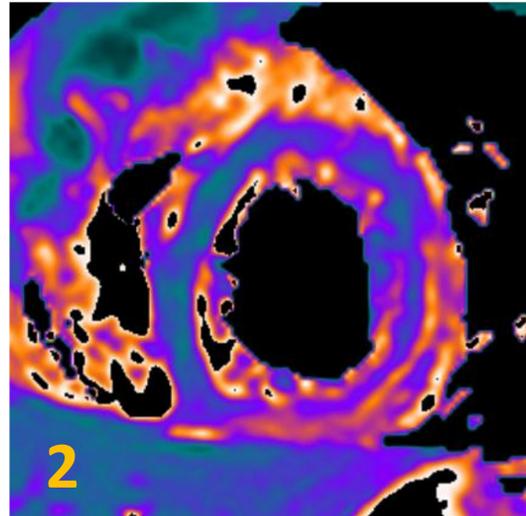
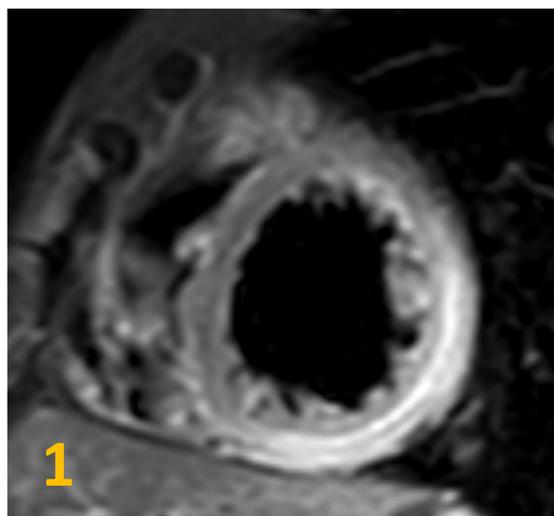
Una apnea por corte y es una secuencia rápida.

Reproducibile en el postprocesado cuando se realiza un ROI septal.



Es una secuencia muy sensible a :

- Frecuencia cardíaca
- Artefactos de movimiento
- Artefactos de ghosting debido al flujo sanguíneo turbulento
- Ribetes o anillos subendocárdicos brillantes.



Paciente varón de 18 años con antecedentes de miocarditis aguda. **Imagen 1:** secuencia STIR-T2 con aumento de señal en pared inferior e inferolateral en relación con inflamación y edema. **Imágenes 2 y 3:** mapa paramétrico en color y mapa en *ojo de buey* que muestra aumento de los tiempos T2 superiores a 50 ms, hallazgos que se correlacionan de manera cuantitativa y objetiva con la presencia de edema.



CONSIDERACIONES FINALES

- ✓ La física de la Resonancia Magnética Cardíaca es compleja.
- ✓ Suele ser motivo de abandono en el estudio de esta técnica de imagen.
- ✓ No se debe desistir y es fundamental conocer de manera sencilla las aplicaciones clínicas de cada secuencia.
- ✓ Esperamos que este sencillo trabajo sirva de ayuda a su entendimiento.

