

PRINCIPIOS Y PROTOCOLOS DE LA CARDIO-RM: GUÍA PARA VERLO FÁCIL PARA RADIÓLOGOS Y TÉCNICOS



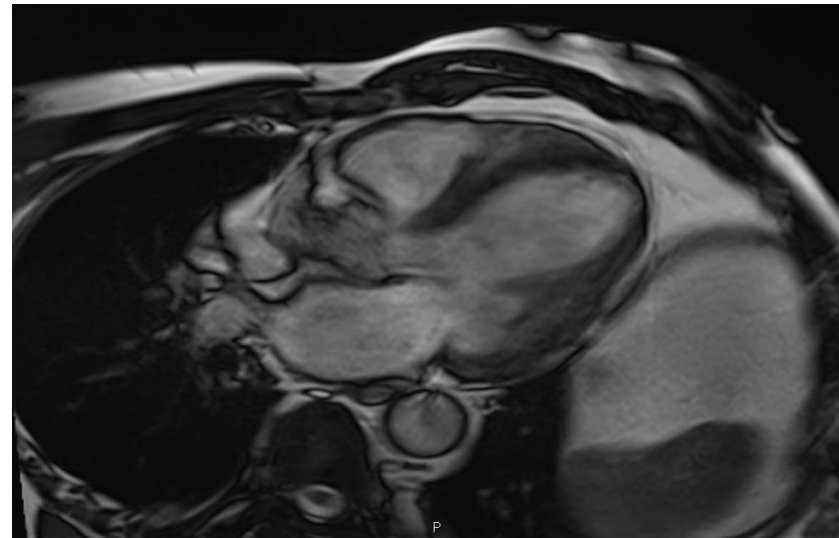
José Antonio Miras Ventura, Paola Villar Ortega, Elvira Pérez Cuenca,
Miguel Ángel García Cuesta, José Moya López, Diego René Reyes Becerra

Hospital Universitario Clínico San Cecilio, Granada

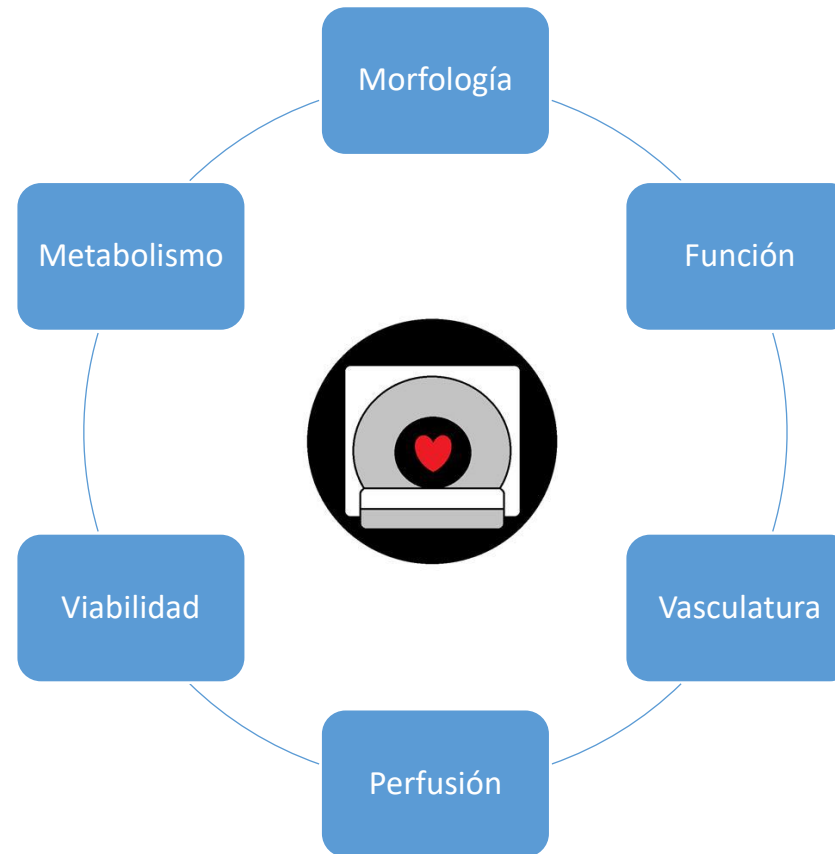


Objetivo docente:

Conocer las indicaciones y limitaciones de la Cardio-RM, los fundamentos de la preparación del paciente y de la sincronización cardíaca y los principales protocolos de estudio con las secuencias que los componen.

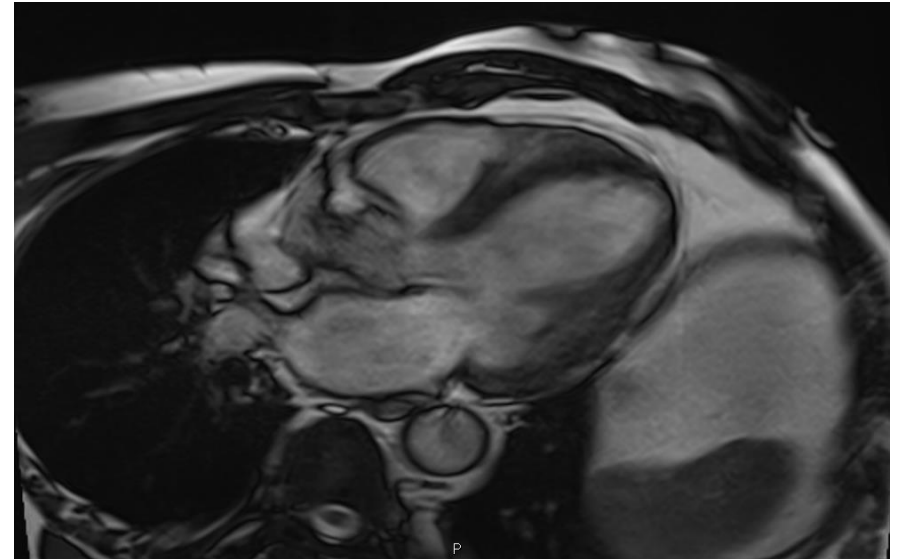


La **Cardio-RM** es la técnica de imagen que **más información nos aporta** acerca del corazón en una sola prueba.



¿Por qué?

- Imágenes de alto contraste y resolución en tejidos blandos.
- Reconstrucciones en cualquier plano del espacio sin mover al paciente.
- Amplio campo de visión.
- Ausencia de radiaciones ionizantes.
- El contraste paramagnético presenta baja tasa de reacciones adversas.
- Técnica no invasiva.



Indicaciones:

- Determinación de la **función ventricular**.
 - Diagnóstico y seguimiento de la **miocarditis**.
 - Estudios de **perfusión miocárdica**.
 - Evaluación del **infarto miocárdico** y de la **viabilidad miocárdica** y la **función cardíaca** tras un evento isquémico.
 - Diagnóstico y seguimiento de **cardiopatías congénitas**.
 - Importancia creciente en la evaluación de las **valvulopatías**.
 - Diagnóstico de **enfermedad pericárdica**, **trombosis intracavitaria** y **tumores cardíacos**.
 - Valoración de **complicaciones de prótesis e injertos aórticos** y **valvulares**.
-

Limitaciones:

- Elevado **tiempo de estudio** (40-50 min).
 - Calidad muy dependiente de la **colaboración** del paciente (apneas).
 - Pacientes con **arritmias muy irregulares** (calidad de imagen).
 - Pacientes con un filtrado glomerular **<30 ml/min**: se recomienda no administrar gadolinio para evitar la fibrosis sistémica nefrogénica.
-

Limitaciones:

- Incompatibilidad con determinados **marcapasos, DAI y otros dispositivos cardíacos** (dispositivos “no modernos”).
 - Si los marcapasos son compatibles, será necesario programarlos en “modo RM” antes de estudio.

En general,
los stents coronarios y las válvulas mecánicas
NO se consideran una contraindicación.



- Incompatible con pacientes con **claustrofobia**.

Preparación del paciente:

- **Ayunas de 4 h**, sin toma de excitantes (café) en las últimas 12 h.
- Información y firma del **consentimiento informado**.
- Verificación de presencia **dispositivos metálicos**.
- Se toma una vía venosa, preferiblemente con acceso por la vena antecubital derecha, usando un **catéter 18-20G** que permita un alto flujo de CIV(5-6 ml/s).
- **Paciente en decúbito supino** con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo y **monitorización ECG** (3 derivaciones) y de la **frecuencia respiratoria**.



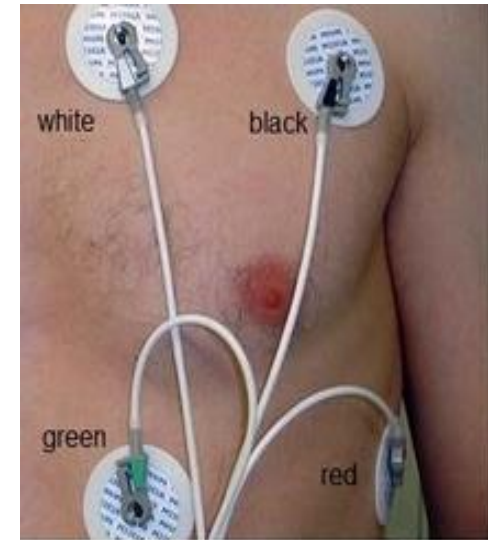
Sincronización cardíaca:

- El latido cardíaco provoca artefactos de movimiento que distorsionan la imagen. La forma de “parar” el corazón y evitar los artefactos es **combinar imágenes obtenidas exactamente en el mismo momento del ciclo cardiaco**. Se consigue colocando unos electrodos al paciente, lo que permite al equipo de RM situar de forma precisa cada imagen en el tiempo y en relación con el latido cardíaco.
 - Esto es lo que conocemos como **técnica de sincronización o *gating* cardíaco**.
 - Las imágenes, por defecto, se adquieren durante la **diástole** (menor movimiento y coronarias más dilatadas).
-

Sincronización cardíaca:

- Los electrodos deben colocarse de tal forma que se obtenga un buen trazado ECG.
- **Depilar el vello**, secar la piel y evitar colocarlos sobre la mama o el esternón.
- El empleo de gel de contacto entre el electrodo y la piel puede mejorar la señal.
- Si no se obtiene una buena señal, es mejor desechar los electrodos y **cambiarlos por unos nuevos**.

La obtención de un **buen registro ECG**
y la **realización adecuada de las apneas**
son vitales para un estudio de calidad



1- PROTOCOLO NORMAL:

1. Localizadores multiplanares
2. Secuencias cine (2C, 4C, EC, 3C de VI)
3. Realce tardío (2C, 4C, EC, 3C de VI)

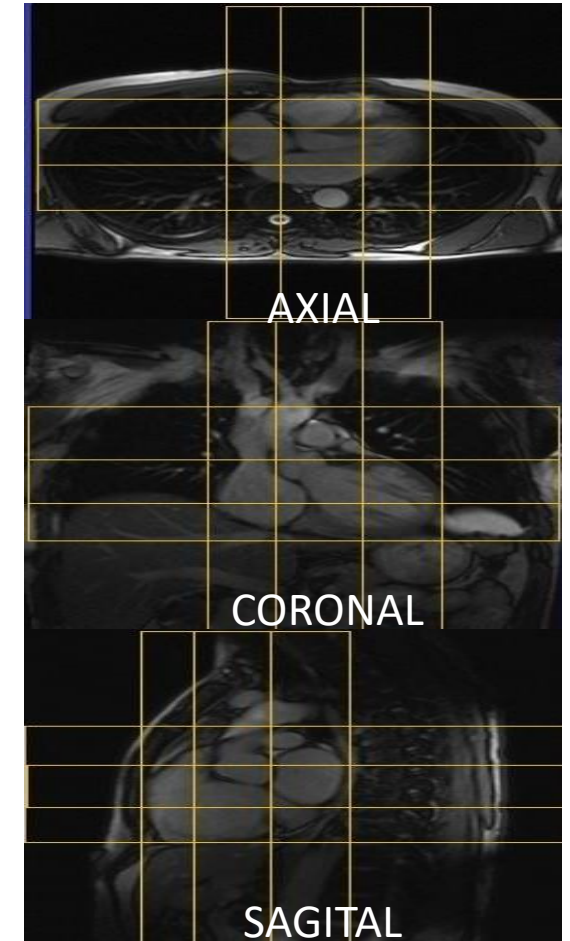
- Es el **protocolo básico** de estudio del **ventrículo izquierdo (VI)**.
- Unos 30-40 min de duración.
- Permite obtener una estimación exacta de la función cardiaca.
- En función de la sospecha, se añaden secuencias adicionales:

Miocarditis	→	<i>T2 STIR + Realce precoz</i>
Hemocromatosis	→	<i>T2*</i>
Insuficiencia aórtica	→	<i>Contraste de fase</i>

1- PROTOCOLO NORMAL:

■ LOCALIZADORES:

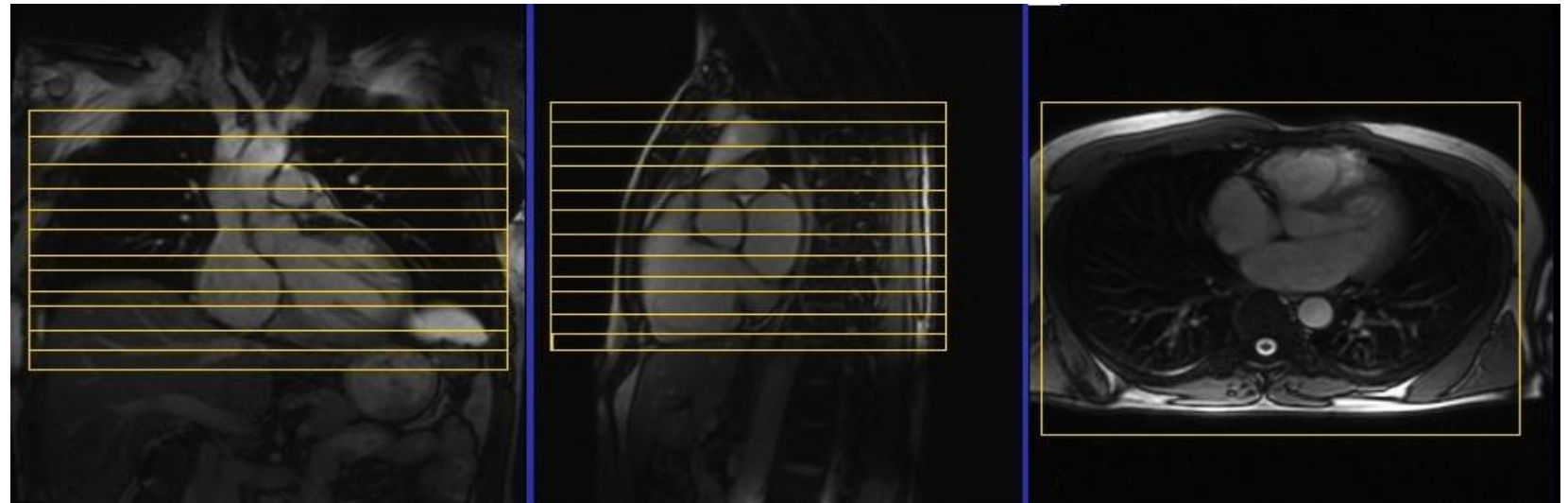
- Las primeras imágenes a obtener son planos localizadores con un protocolo multiplanar multicorte y en espiración, en los planos axial, coronal y sagital del tórax.
- Sobre estos se planifican los localizadores cardíacos específicos:
 - Plano **2 cámaras (2C)**: paralelo al septo IV
 - Plano **4 cámaras (4C)**: coronal al eje mayor
 - Plano **eje corto (EC)**: perpendicular al septo IV
 - Plano **3 cámaras (3C)**: tracto de salida del VI



1- PROTOCOLO NORMAL:

■ “SANGRE NEGRA” AXIAL:

- Secuencia HASTE axial del tórax.
- Se planifica con los localizadores coronal y sagital: perpendicular a la columna vertebral e incluyendo desde arco aórtico hasta diafragma.
- Sirve para estudiar la anatomía torácica.

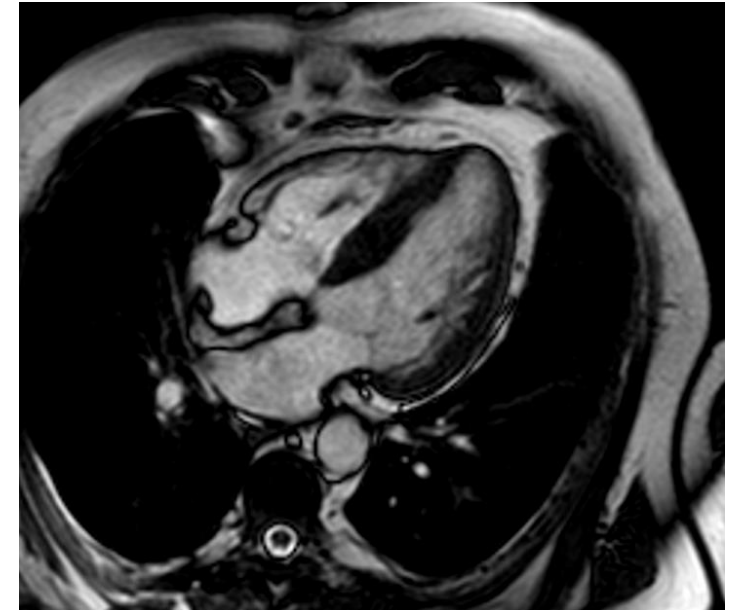


1- PROTOCOLO NORMAL:

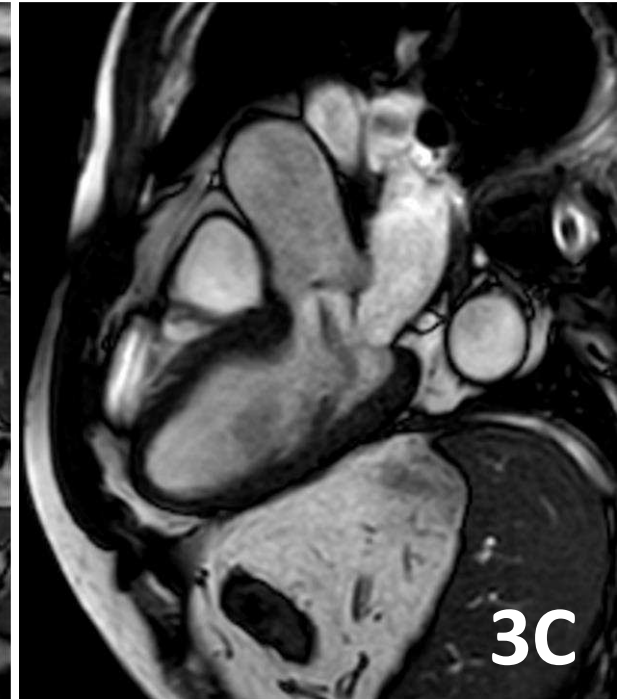
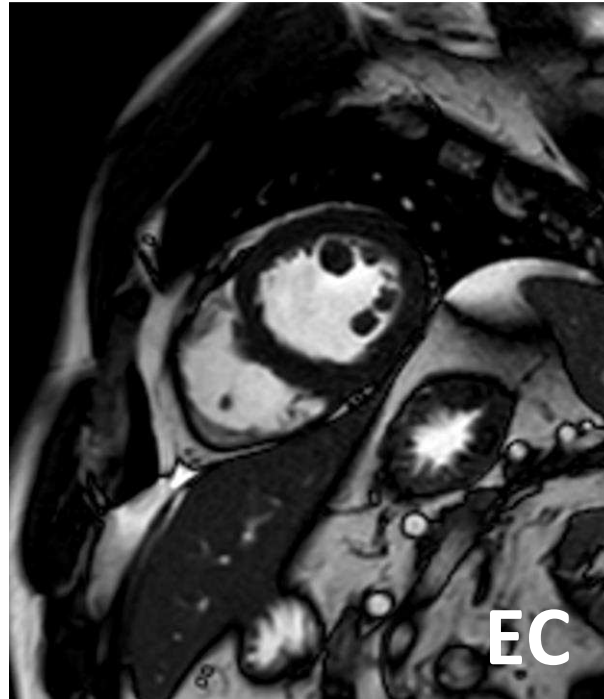
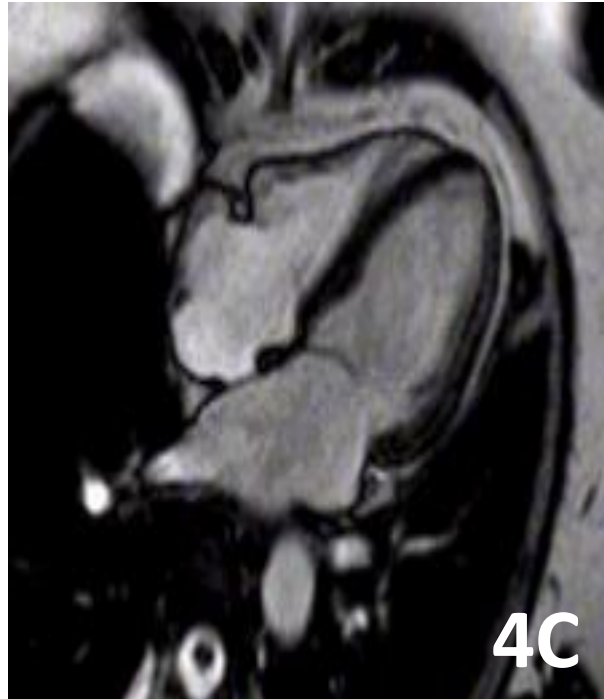
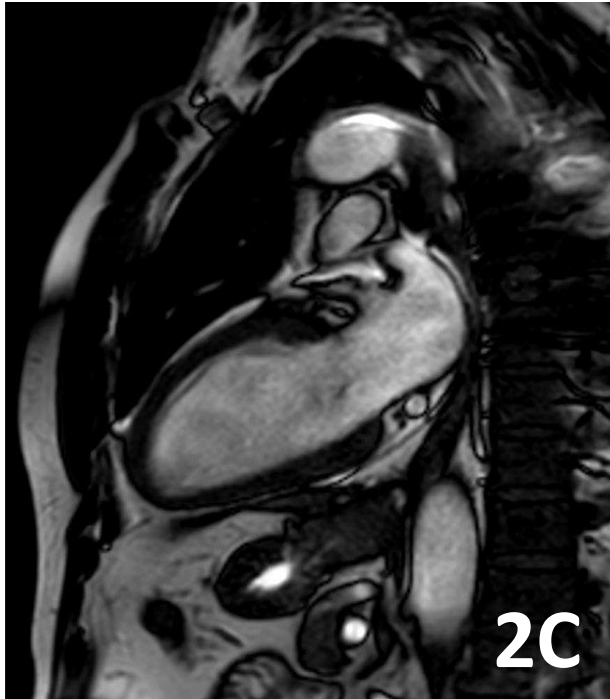
■ SECUENCIAS CINE:

- También llamadas secuencias SSFP “**sangre blanca**”.
- Se realizan siguiendo los **planos específicos del corazón (2C, 4C, EC y 4C))**.
- Son las más importantes, pues nos permiten valorar el corazón **secuencialmente a lo largo del ciclo cardíaco**.
- Sirven para **valorar la función y contractilidad cardíacas** y realizar el **cálculo de los volúmenes cardíacos**.

SIEMENS	<i>TrueFISP</i>
GENERAL ELECTRIC	<i>FIESTA</i>
PHILIPS	<i>balanced-FFE</i>



1- PROTOCOLO NORMAL:



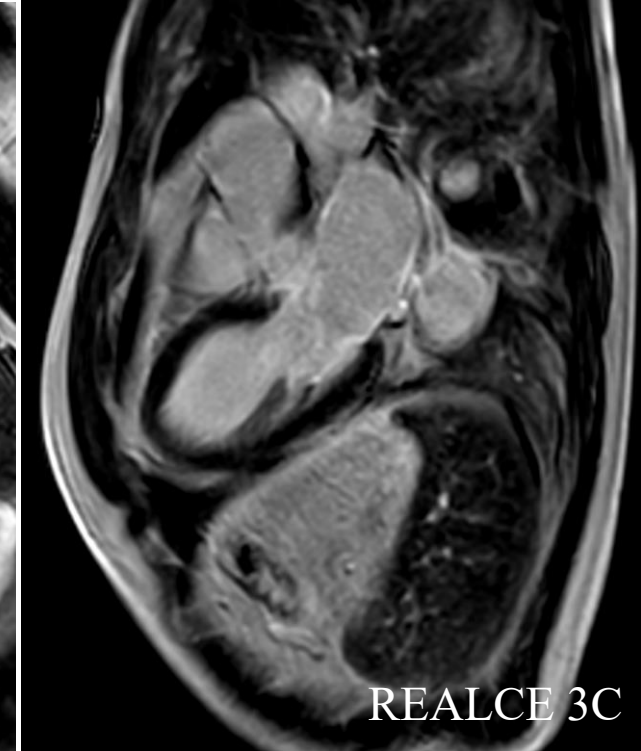
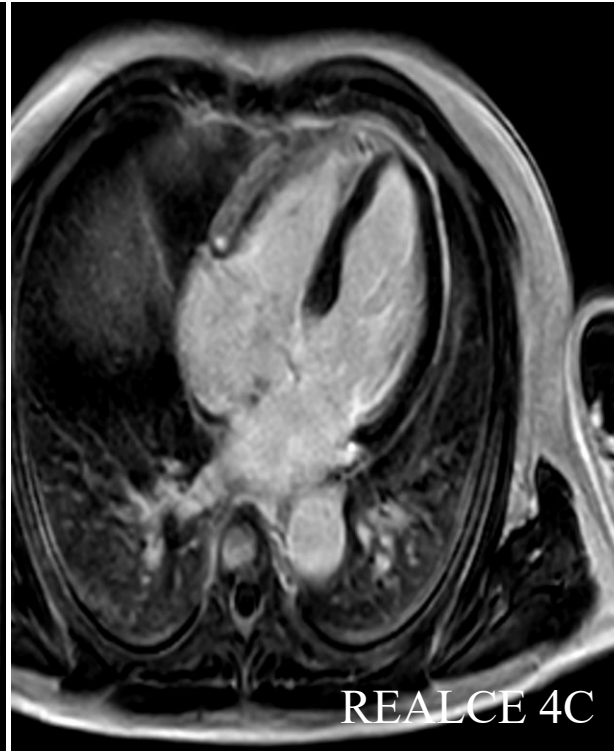
1- PROTOCOLO NORMAL:



■ REALCE TARDÍO:

- Es la secuencia con contraste I.V. principal en Cardio-RM.
- Su objetivo principal es determinar la existencia de zonas de **fibrosis miocárdica**.
- Gadolinio I.V, 0,1 mmol/kg a 2-3 ml/s + lavado de 20 ml de suero fisiológico.
 - Efectos secundarios: cefalea, dolor en zona de punción, frialdad, náuseas y vómitos, erupción cutánea, reacción alérgica grave (0,001-0,1 %).
- **Tras 7-8 min de retraso**, se realizan el Look-Locker: una serie de secuencias I-R con un tiempo de inversión (TI) ajustado manualmente entre 150 y 400 ms.
 - Se selecciona aquel TI **que anule mejor la señal del miocardio** (“miocardio negro”).
 - Se adquieren las secuencias de realce en los mismos planos cardíacos en los que se han hecho las secuencias CINE.

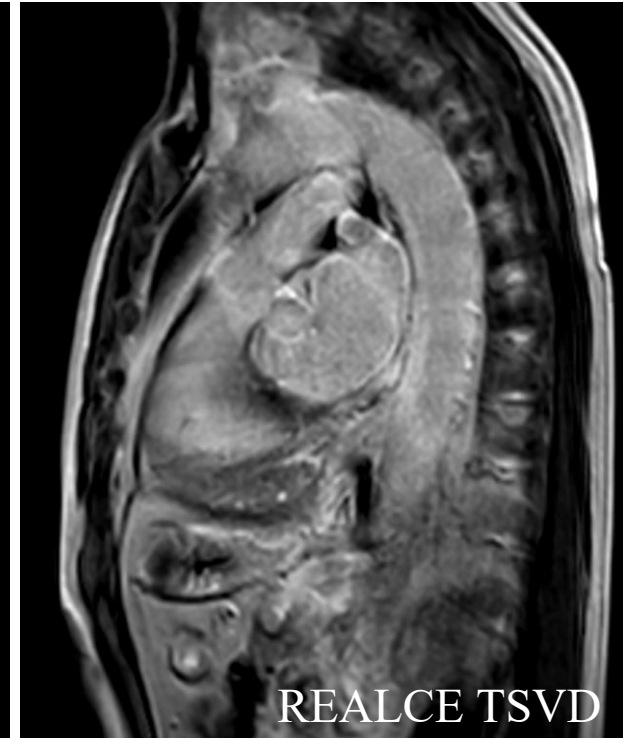
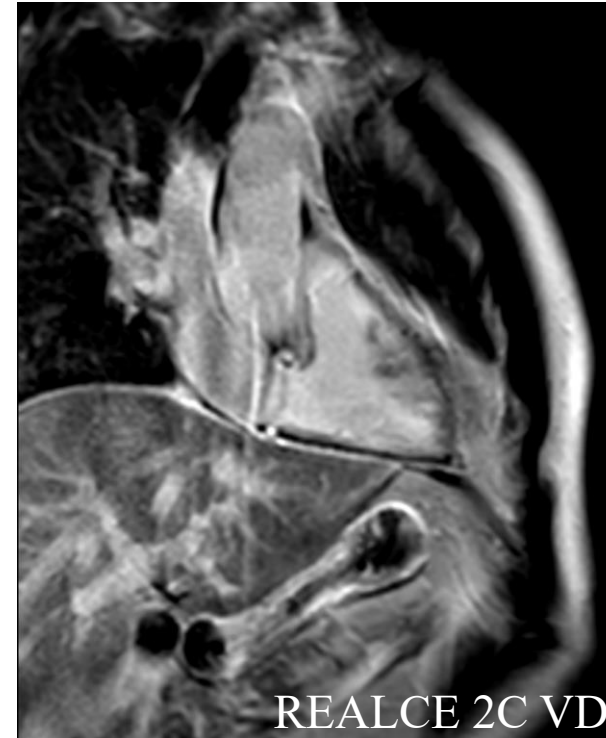
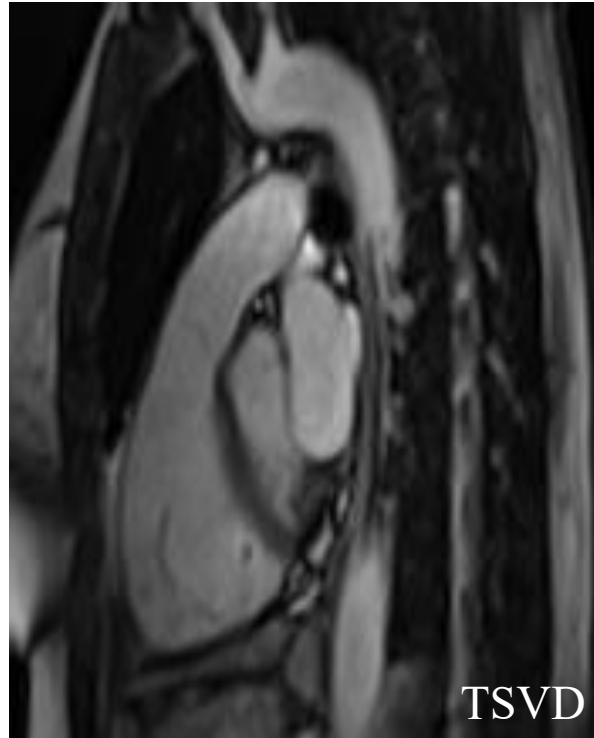
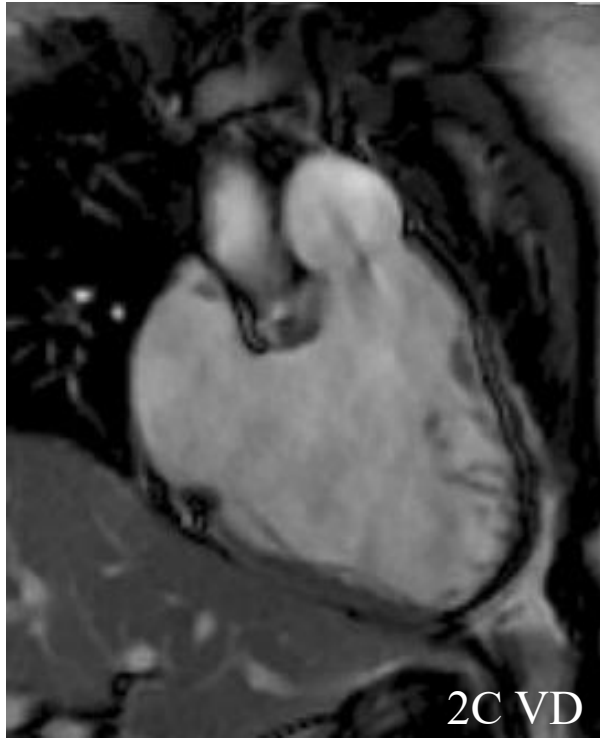
1- PROTOCOLO NORMAL:



2- PROTOCOLO DERECHO:

1. Localizadores multiplanares
 2. Secuencias CINE (2C, 4C, EC, 3C de VI + 2C y TSVD)
 3. Realce tardío (2C, 4C, EC, 3C de VI + 2C y TSVD)
- Se usa cuando se quiere estudiar en profundidad el **ventrículo derecho** (VD).
 - Se añade al PROTOCOLO NORMAL las secuencias **CINE 2C de VD y tracto de salida de VD** (TSVD), así como sus correspondientes secuencias de realce tardío.
-

2- PROTOCOLO DERECHO:



3- PROTOCOLO MIOCARDITIS:

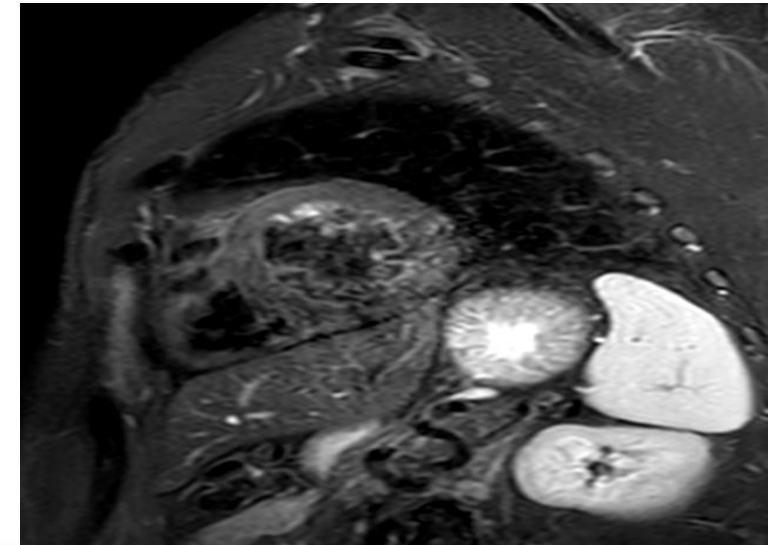
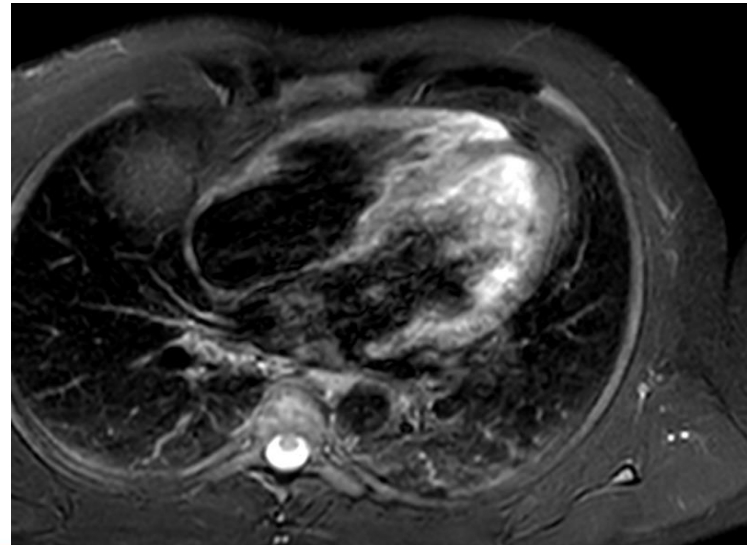
1. Localizadores multiplanares
2. Secuencias CINE (2C, 4C, EC, 3C de VI)
3. Secuencias T2 STIR (EC y 4C)
4. Realce precoz (EC y 4C)
5. Realce tardío (2C, 4C, EC, 3C de VI)

- Se usa en las sospechas de **miocarditis, tako-tsubo o infarto de miocardio sin obstrucción coronaria (MINOCA)**.
 - Se añade al PROTOCOLO NORMAL secuencias **T2 STIR** y secuencias de **REALCE PRECOZ**.
-

3- PROTOCOLO MIOCARDITIS:

■ SECUENCIAS T2 STIR:

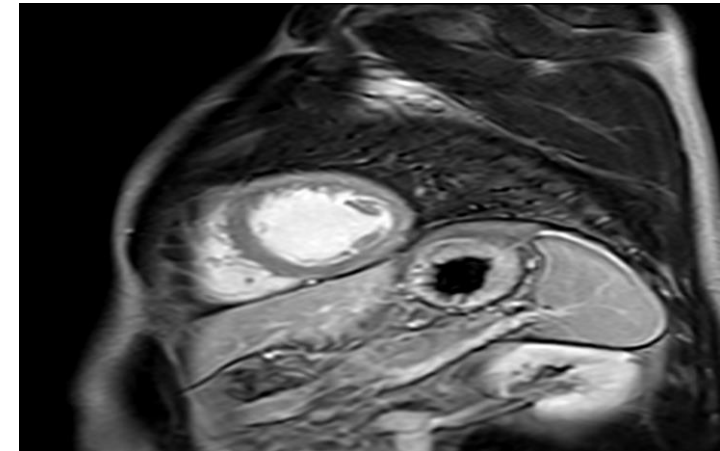
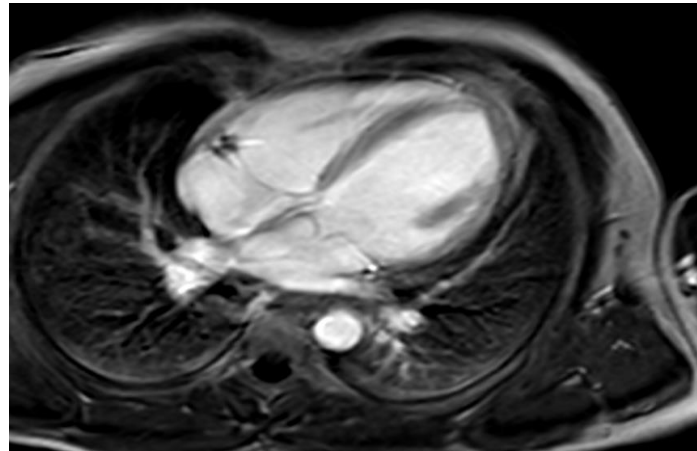
- Son secuencias de saturación grasa.
- Se obtienen en los planos 4C y EC.
- La presencia de zonas de aumento de señal en la pared cardíaca indica **edema miocárdico**.



3- PROTOCOLO MIOCARDITIS:

■ REALCE PRECOZ:

- Son secuencias con contraste I.V.
- Se obtienen en los planos 4C y EC.
- Se lanzan **tras 1 minuto de retraso** después de la administración del cte.
- La presencia de zonas de aumento de señal en la pared cardíaca indica **hiperemia miocárdica**.



3- PROTOCOLO MIOCARDITIS:

El diagnóstico por imagen de la miocarditis aguda se basa en la presencia de al menos dos de cualquiera de los siguientes tres criterios:

1. Presencia de **edema miocárdico** en secuencias **T2 STIR**.
 2. Presencia de **hiperemia miocárdica** en secuencias de **realce precoz**.
 3. Presencia de **realce típico y no isquémico** en secuencias de **realce tardío**.
- El realce tardío más típico de la miocarditis es el subepicárdico.
-

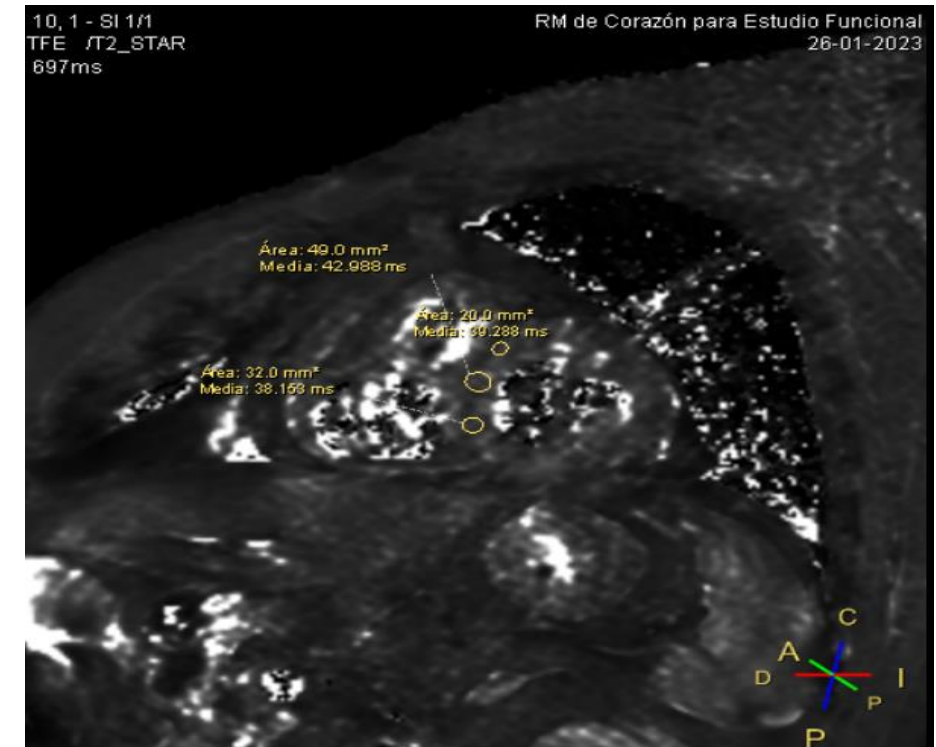
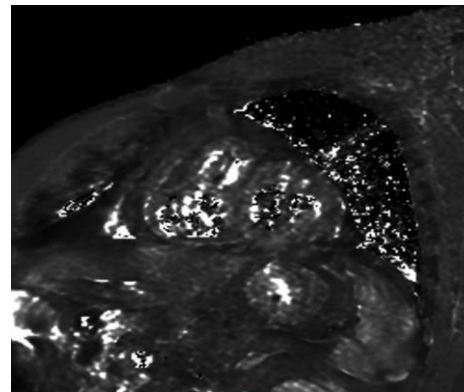
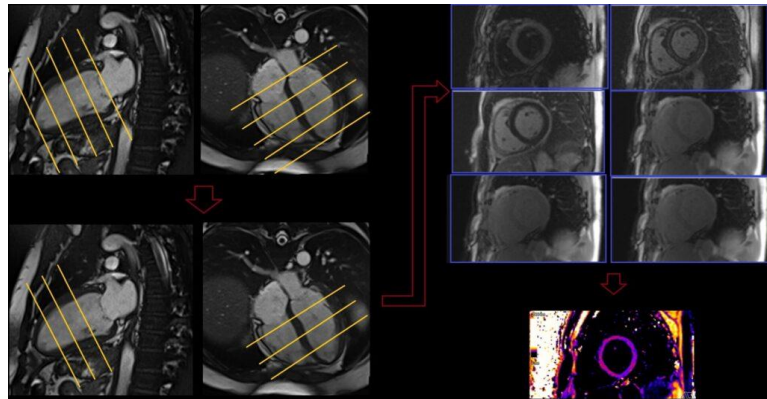
4- PROTOCOLO HEMOCROMATOSIS

1. Localizadores multiplanares
2. Secuencias CINE (2C, 4C, EC, 3C de VI)
3. Secuencia T2* (EC)
4. Realce tardío (2C, 4C, EC, 3C de VI)

- Se usa para valorar la presencia de depósito significativo de hierro miocárdico.
 - Se añade al PROTOCOLO NORMAL una secuencia **T2***.
-

4- PROTOCOLO HEMOCROMATOSIS

- **SECUENCIA T2*:**
 - Se realiza en el plano EC.
 - Debe medirse el tiempo T2* en el espesor del miocardio del VI mediante un ROI.
 - Un $T2^* \leq 20$ ms es compatible con hemocromatosis cardiaca.



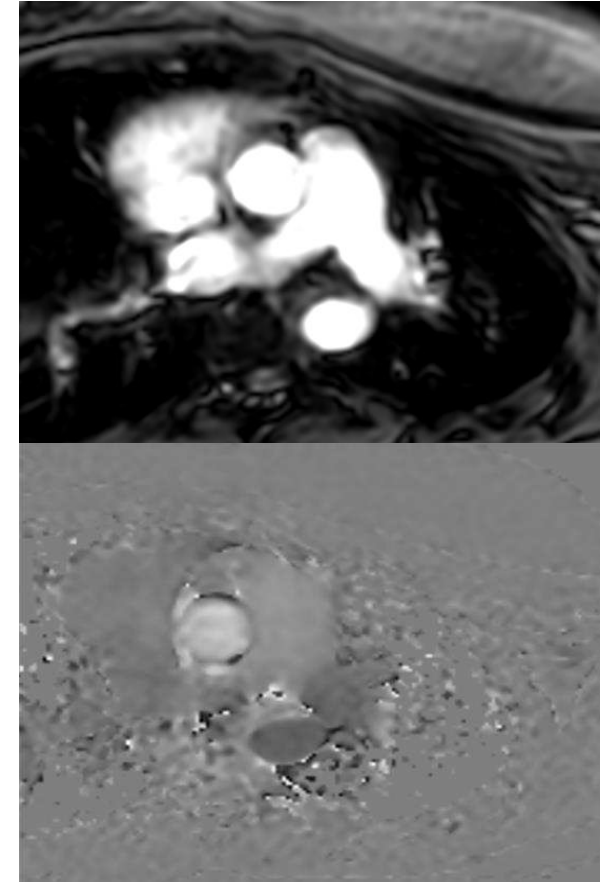
5- PROTOCOLO VALVULAR

1. **Localizadores multiplanares**
 2. **Secuencias CINE (2C, 4C, EC, 3C de VI $\pm$ VD)**
 3. **Contraste de fase de válvula aórtica/pulmonar**
 4. **Realce tardío (2C, 4C, EC, 3C de VI $\pm$ VD)**
- Indicado principalmente en casos de estudio de **insuficiencias valvulares**.
 - Se añade al PROTOCOLO NORMAL una o más secuencias de **CONTRASTE DE FASE** de la válvula a estudio.
-

5- PROTOCOLO VALVULAR

■ CONTRASTE DE FASE:

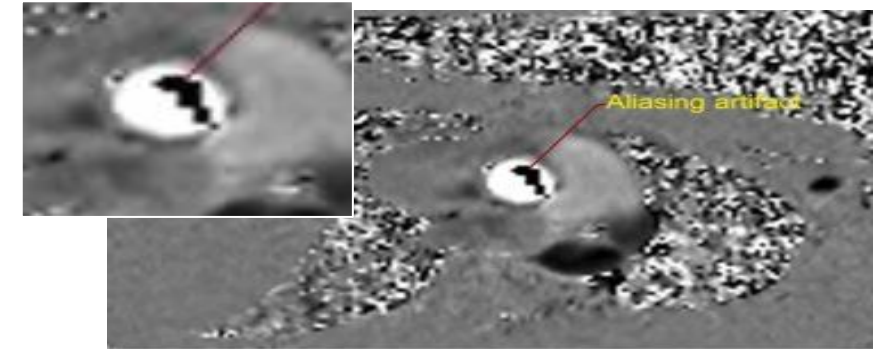
- Es una secuencia que informa de la **velocidad y dirección del flujo de sangre** a través de un vaso (o la abertura de una válvula).
- Se obtiene colocando el eje del plano **perpendicular al flujo de la sangre**, posicionándolo aprox. **1 cm por encima del plano valvular**.
- El resultado es una imagen en escala de grises, donde los protones de tejidos estacionarios aparecen en gris y los protones sanguíneos en movimiento aparecen en blanco (si viajan en la dirección de codificación de velocidad) o negro (si lo hacen en la dirección opuesta).



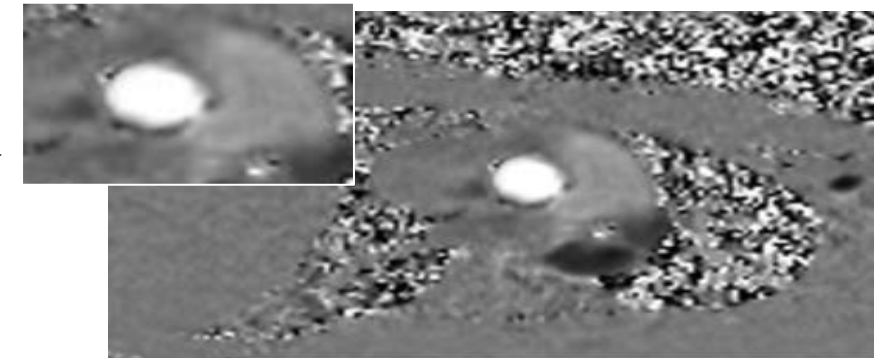
5- PROTOCOLO VALVULAR

■ CONTRASTE DE FASE:

- La secuencia es de calidad si:
 - El plano es **perpendicular al flujo de sangre**.
 - **No existen artefactos de *aliasing***.
- El *aliasing* se presenta como zonas de píxeles negros o blancos sobre un fondo del otro color.
- Ocurre cuando la velocidad de codificación (velocidad PC) es menor que la velocidad del flujo de sangre.
- Si existe aliasing será necesario volver a lanzar la secuencia ajustando manualmente la velocidad PC de la misma a una mayor (habitualmente ≥ 200 -250 cm/s).



VELOCIDAD PC BAJA



VELOCIDAD PC ÓPTIMA

Conclusiones:

- La Cardio-RM es la mejor prueba de imagen para el diagnóstico morfológico y funcional del corazón, siendo de elección en el diagnóstico de miocardiopatías.
 - El protocolo normal o básico de estudio del VI se realizará en todos los pacientes:
 - Localizadores multiplanares.
 - Secuencias CINE para valorar la función y contractilidad (“sangre blanca”).
 - Secuencias de realce tardío tras contraste para valorar el patrón de fibrosis.
 - A dicho protocolo se añadirán secuencias adicionales en función de la sospecha clínica.
 - Ventrículo derecho: CINE 2C VD y TSVD y realce tardío de VD.
 - Miocarditis: T2 STIR y realce precoz.
 - Hemocromatosis: T2*.
 - Válvulas: Contraste de fase valvular.
-

Bibliografía:

- Aspectos básicos sobre cardio-RM. Publicado: 6 de Mayo, 2009. Disponible en: <https://secardiologia.es/imagen/formacion/1071-aspectos-basicos-sobre-cardio-rm>
 - Dickstein K. Clinical utilities of cardiac MRI. E-journal of the ESC Council for Cardiology Practice. Vol. 6, N° 39 - 17 Jun 2008.
 - C. Barrera Portillo, A. Guisasola Iñiguez, C. Gervás Wells, A. Capelastegui Alber, J. Sánchez González, J. M. Alústiza Echevarría. RM cardíaca: Una valiosa herramienta para caracterizar el tejido miocárdico. Presentación electrónica educativa. SERAM 2014 / S-0849.
 - A. Vilaplana López, A. Cortés González, J. Vivancos García, J. Marín Morgado, M. A. García Sánchez, B. Pérez Cano. ¿Cómo suena la RM cardíaca? Presentación electrónica educativa. SERAM 2012 / S-1005.
 - José Alberto San Román, Rafaela Soler Fernández, Esther Rodríguez García, Francisco Fernández-Avilés. Conocimientos básicos necesarios para realizar resonancia magnética en cardiología. Rev Esp Cardiol Supl. 2006;6(E):7-14 - Vol. 6
 - C. Hernández, B. Zudaire, S. Castaño, P. Azcárate, A. Villanueva, G. Bastarrika. Principios básicos de resonancia magnética cardiovascular (RMC): secuencias, planos de adquisición y protocolo de estudio. Anales Sis San Navarra vol.30 no.3 Pamplona sep./dic. 2007.
-