

# Resonancia Magnética de Corazón (MRI-C)

## Introducción

De acuerdo a la Asociación Americana del Corazón, por más de un siglo las enfermedades cardiovasculares han sido la causa principal de muerte en los Estados Unidos (EU). A pesar de todos los avances médicos, las estadísticas continúan siendo poco alentadoras ya que cada 34 segundos una persona muere en los EU por alguna condición cardiovascular siendo la causa número uno de morbilidad y mortalidad. De esto se desprende la necesidad apremiante de nuevos métodos de diagnóstico, prevención y tratamiento. La evaluación multiseccional mediante imágenes tanto por tomografía computadorizada (CT) como por resonancia magnética (MRI) siempre ha constituido un reto debido al constante y complejo movimiento cardiaco.

Cuando se mencionan estudios de MRI, por lo general pensamos en aquellos dedicados al cerebro y cordón espinal, sistema musculoesquelético, abdomen y pelvis y más recientemente, senos. En 1982 se obtuvieron las primeras imágenes por MRI del corazón (MRI-C) y a partir de ese momento nace esta nueva aplicación de esta modalidad como alternativa para diagnosticar y caracterizar las enfermedades del corazón. Por los últimos 25 años la técnica ha evolucionado y hoy en el 2008 se ha convertido en una herramienta indispensable y complementaria de diagnóstico y tratamiento en los centros hospitalarios especializados de mayor renombre tanto en EU como en el resto del mundo que se dedican a tratar condiciones cardiovasculares.

El MRI-C es un estudio de imágenes no invasivo que no utiliza radiación y no requiere preparación previa, tomando entre 30 a 45 minutos en la mayoría de los casos. Provee una perspectiva multiplanar de la anatomía cardíaca (refiérase a imágenes 1A a 1E) en todas las fases del ciclo de contracción del músculo del corazón (refiérase a imágenes 2A y 2B). El MRI-C provee información precisa y detallada de la anatomía del corazón, del movimiento de la pared ventricular, perfusión y viabilidad del miocardio. Esto se logra mediante la adquisición tanto de imágenes estáticas como imágenes seriadas desplegadas en formato de movimiento o cine y la administración de gadolinio intravenoso. Las imágenes se obtienen sincronizando o gatillando la adquisición de la información guiada por electrocardiografía inalámbrica,

## Parámetros Generados por MRI-C

La técnica de cine obtiene información volumétrica objetiva y reproducible que incluye el volumen

de llenado final (EDV – end diastolic volume), volumen de vaciado final (ESV – end systolic volume), fracción de eyección (EF – ejection fraction), stroke volume (SV), masa ventricular y grosor de la pared ventricular, entre otros parámetros.

El contraste intravenoso paramagnético gadolinio funge como un agente de distribución extracelular en la situación normal. Cuando ha ocurrido daño a la integridad de la pared celular, el gadolinio permite evaluar el miocardio y diferenciar áreas de isquemia y fibrosis; la distribución y extensión de infartos o cardiomiopatías entre otros; y a su vez dirige al cirujano a localizar áreas de mayor posibilidad de éxito previo a una biopsia del ventrículo. Anteriormente las biopsias se llevaban a cabo al azar aumentando la frecuencia de hallazgos falsos positivos. Además, MRI-C ayuda a diferenciar masas cardíacas de masas tromboembólicas analizando el tipo de vascularidad de la lesión.

### MRI-C vs. ECOCARDIOGRAFÍA Y SPECT DE PERFUSIÓN

MRI-C presenta una serie de beneficios desde la perspectiva de seguridad para el paciente hasta su ejecutoria como prueba. La ventaja principal del MRI-C sobre la ecocardiografía y el estudio de medicina nuclear cardíaco utilizando SPECT (single photon emission computed tomography) es que el primero logra una resolución espacial 10 veces superior al SPECT (1 milímetro vs. 1centímetro respectivamente). Por otro lado, MRI-C no presenta la limitación de una ventana acústica requerida por la ecocardiografía. Las consideraciones de atenuación diafragmática y tejido mamario que aplican al SPECT nuclear son obviadas en la MRI-C. El MRI-C es más sensitivo que ecocardiografía y SPECT nuclear tanto para la detección de isquemia o infartos subendocárdicos como para enfermedad microvascular. El SPECT nuclear podría no detectar estos infartos hasta en un 40% de los casos.

Las desventajas del MRI-C sobre las otras tecnologías tradicionales incluyen que no es portable, es más costoso y el proceso de gatillar o sincronizar la adquisición de la imagen con puntos específicos del ciclo cardíaco podría ser retante cuando el paciente presenta ritmos irregulares. Otra limitación específicamente en los estudios de perfusión con estrés consiste en detectar cambios agudos de elevación de ST.

### INDICACIONES CLÍNICAS PRINCIPALES DE MRI-C

Las indicaciones principales del MRI-C incluyen:  
Perfusión y viabilidad del miocardio. Ayuda a definir el tamaño, localización y extensión de un

infarto y a identificar enfermedad microvascular (refiérase a imagen 3). Permite evaluar contractilidad regional o global y podría predecir mejoría luego de re-vascularización quirúrgica mediante “by-pass”. Es posible obtener imágenes para evaluar isquemia antes y después de esfuerzo (“stress testing”) mediante la administración de fármacos (dobutamina o adenosina). La secuencia de b-SSFP en combinación con imágenes paralelas permite la evaluación del ventrículo en su totalidad en un período limitado de tiempo de cada nivel de esfuerzo (3 min.). La adquisición de cuatro imágenes de eje corto, dos en eje horizontal y vertical podrían realizarse en tres apneas voluntarias sucesivas.

## Cardiomiopatías

Recientemente se han descrito ciertos patrones de fibrosis característicos de diferentes condiciones que permiten diferenciar las posibles etiologías y su distribución en el miocardio. Por ejemplo, es posible diferenciar una cardiomiopatía dilatada que bien podría ser post-infecciosa, relacionada a agentes tóxicos, por anticuerpos o desordenes genéticos de una cardiomiopatía isquémica.

Frecuentemente, el ventrículo derecho esta afectado en cardiomiopatía dilatada o DCM (por sus siglas en inglés, dilated cardiomyopathy) y su morfología y función puede ser evaluado con MRI-C. MRI-C puede ser un estudio de seguimiento ya que es un método preciso y reproducible y varias investigaciones han demostrado sólo una leve variabilidad durante la comparación de estudios seriados.

Cardiomiopatía hipertrófica o HCM (por sus siglas en inglés, hypertrophic cardiomyopathy). La detección de áreas fibróticas y su distribución en el miocardio en HCM tiene un impacto significativo ya que podría representar un riesgo de muerte súbita, especialmente en pacientes con patrón de distribución difuso. También es posible evaluar fácilmente si hay una obstrucción del tracto de la salida del ventrículo izquierdo o LVOT (por sus siglas en inglés, left ventricular outflow tract) y también demostrar el movimiento anormal anterior de la valva anterior de la válvula mitral o aórtica, típica de esta condición (refiérase a imagen 4). Además MRI-C permite evaluar cambios funcionales causados por la ablación de la arteria septal como tratamiento para HCM. Aunque la ecocardiografía transtorácica es la modalidad primaria para el diagnóstico de HCM, el MRI-C provee una descripción más completa de la condición.

Cardiomiopatía dilatada o DCM (por sus siglas en inglés, dilated cardiomyopathy). Las imágenes de MRI-C en DCM se utilizan para evaluar el tamaño de la cavidad y el grosor de la pared y para excluir otras condiciones concomitantes tales como detección de masas intracardíacas, como lo son trombos apicales

, frecuentemente encontrados en esta condición (refiérase a imagen 5). MRI-C permite también evaluar el movimiento de la pared o la disfunción global característico de la condición.

Cardiomiopatía restrictiva o RCM (por sus siglas en inglés, restrictive cardiomyopathy). La utilidad del MRI-C en RCM está dirigida a evaluar la morfología, función y diferenciación de la pericarditis constrictiva efectuando un impacto significativo en su tratamiento. Mientras que la pericarditis constrictiva requiere una resección o “stripping” del pericardio, la RCM no requiere tratamiento quirúrgico. MRI-C puede detectar trombos intraatriales, la repercusión valvular y el impacto en el llenado.

### CARDIOMIOPATÍAS SECUNDARIAS

#### Amiloidosis

El MRI-C permite una descripción morfológica y la evaluación de la disfunción sistólica y diastólica cuya distribución en el miocardio podría ayudar a diferenciar la cardiomiopatía secundaria debido a amiloidosis de la RCM, la cual podría ser muy difícil en ocasiones.

#### Sarcoidosis

Pacientes con esta condición podrían tener hasta un 30% de involucramiento del miocardio y con hasta un 50% de mortalidad. El espectro de manifestaciones clínicas es muy amplio y depende de la localización y extensión de este proceso granulomatoso. Sólo el 5% de los pacientes con involucramiento cardíaco son sintomáticos. En esta condición un aumento de muerte súbita ocurre debido a arritmias ventriculares o bloqueo de conducción. Es imperativo un diagnóstico temprano para prevenir eventualidades y prolongar la vida. La histología muestra granulomas, pero la sensibilidad de las biopsias del endomiocardio es menor del 30%. El MRI-C funge como una guía para dirigir estas biopsias y sirve como instrumento para correlacionar el efecto de la terapia con esteroides.

#### Hemocromatosis

La distribución de la deposición de hierro en el miocardio es predominantemente subpericárdico de modo que la biopsia endomiocárdica podría resultar en un falso negativo. MRI-C detecta los depósitos de hierro. Este patrón asociado con un miocardio disfuncional y un hígado también con hallazgos característicos pueden ser diagnósticos obviando la necesidad de una biopsia.

Síndrome de No-Compactación del Miocardio (Miocardio Esponjoso) Esta condición congénita en la cual se afecta el desarrollo normal del miocardio temprano en la embriogénesis y no ocurre la compactación, también conocida como cardiomiopatía esponjiforme, tiene una incidencia de tan sólo 0.05%. Aunque usualmente envuelve la pared de ventrículo izquierdo también podría verse envuelto el derecho.

Puede estar asociado a otros desordenes cardíacos o ocurrir aisladamente. Aunque la ecocardiografía podría detectar la mayoría de los casos, MRI-C es más sensitivo para casos más sutiles.

#### Miocarditis

Las manifestaciones clínicas de la miocarditis son amplias o podrían ser no específicas al comienzo de la condición. Típicamente los pacientes recuperan espontáneamente, pero también esta inflamación podría ser fatal o eventualmente tener otras consecuencias tales como DCM. El diagnóstico definitivo es una biopsia endomiocárdica, pero esta tiene un valor negativo predictivo reducido durante etapas agudas. El MRI-C es sensitivo para detectar infiltrados linfocíticos y destrucción de células miocárdicas presentes en la miocarditis activa. Por otro lado, la administración de gadolinio intravenoso ayuda en la detección de daño permanente y fibrosis debido a la enfermedad.

En la enfermedad de Chagas el corazón es el órgano más afectado en la etapa crónica y el gadolinio intravenoso ayuda a detectar áreas de inflamación más severas. El MRI-C es particularmente útil para guiar la biopsia. Otros tipos de miocarditis que podrían ser evaluadas con MRI-C lo son la enfermedad de Lyme, granulomatosis de Wegener, lupus eritomatosa y otras condiciones causadas por drogas o luego de un trasplante de corazón.

### CONDICIONES VALVULARES

MRI-C permite la definición de la anatomía valvular, su caracterización y cuantificación al igual que la evaluación del efecto causado por disfunción valvular en otras estructuras cardíacas (refiérase a imágenes 6 a 8). Esta modalidad es el método no invasivo por excelencia disponible pues permite una cuantificación de todas las válvulas aún en la presencia de enfermedades valvulares mixtas.

#### Masas cardíacas y tromboembólicas

MRI-C es útil para identificar la localización precisa y la composición de una masa cardíaca, diferenciar masas tumorales de otras etiologías tales como trombos, su extensión y características de benignidad o malignidad y la obtención de medidas volumétricas. Refiérase a imágenes 9 a 11.

Las ventajas del MRI-C sobre otras técnicas para esta aplicación clínica incluyen una mejor resolución espacial, un campo visual (field of view) más amplio y la evaluación de la vascularidad de la masa luego de administrar gadolinio intravenoso. Esto permite un diagnóstico más temprano, más certero y una mejor planificación prequirúrgica.

Evaluación de condiciones congénitas, anatomía pre y post-operatorias, y defectos de la pared congénitos o adquiridos (septales) o aneurismas ventriculares.

MRI-C resulta excelente para delinear condiciones congénitas comunes y complejas, anatomía pre y post-operatoria, defectos septales y aneurismas ventriculares. Refiérase a imagen 12.

Displasia arritmogénica del ventrículo derecho o ARVD (por sus siglas en inglés, arrhythmogenic right ventricular dysplasia)

Esta condición descrita por primera vez en 1977 es una enfermedad del músculo del corazón en la cual tejido graso y fibrótico reemplaza el miocardio, causando taquiarritmias que podría causar muerte súbita. El espectro de esta condición podría incluir fallo congestivo cardíaco del lado derecho. En 30 a 50% de los casos hay una predisposición familiar y su diagnóstico constituye un reto, sobre todo en etapas tempranas. Esta condición envuelve, predominantemente, la pared libre del ventrículo derecho, pero podría también envolver el tracto de salida del ventrículo derecho y el ventrículo izquierdo. MRI-C podría contribuir al diagnóstico por la demostración de deposición de tejido adiposo, engrosamiento en casos tempranos de la pared del ventrículo o su disminución asociado a movimiento anormal de la pared. La deposición del tejido graso en el miocardio podría verse en otras condiciones como cardiomiopatía dilatada (DCM), miocarditis o daño causado por la ingesta de alcohol.

La biopsia de la pared libre del ventrículo derecho provee un diagnóstico definitivo, pero es riesgosa debido a que la pared, en algunos casos, puede estar tan atenuada que alcanza a medir menos de 1 milímetro en algunas áreas y la sensibilidad podría verse afectada por el patrón de distribución. Por lo tanto, se debe establecer un diagnóstico con métodos no invasivos que incluyen un historial detallado, un electrocardiograma e imágenes cardíacas para propósitos de cernimiento.

### ENFERMEDADES DEL PERICARDIO

El pericardio presenta una serie de condiciones congénitas y adquiridas entre las cuales figuran la distinción de masas y efusión. Es posible diferenciar pericarditis constrictiva de la restrictiva observando la deformidad regional del corazón producida por la enfermedad del pericardio observando imágenes de cine durante el ciclo cardíaco utilizando la técnica de “tagging”. Refiérase a imagen 13.

#### Evaluación de los vasos sanguíneos mayores.

MRI-C y MRA permiten la evaluación sin radiación de condiciones de las arterias mayores, tanto congénitas (coartación) como adquiridas (arteritis, disección y aneurismas). Refiérase a imagen 14.

## Contraindicaciones

Las contraindicaciones para MRI-C son las mismas que para cualquier otro estudio de MRI incluyendo

pero no limitándose a marcapasos, desfibriladores, bombas y cuerpos extraños metálicos. Cabe señalar que ninguna prótesis valvular presenta riesgo para el paciente. Puesto que si bien es cierto que la prótesis experimenta un torque en la presencia de campos magnéticos de unidades comercialmente disponibles, este es menor comparado con la fuerza que experimenta debido al mismo latido del corazón.

Las válvulas prostéticas no biológicas y las válvulas biológicas "stented" pueden resultar en una imagen distorsionada. Los homografts, autografts y válvulas porcinas "stentless" no producen artefactos de imagen y pueden ser evaluados sin eventualidad.

Realizar MRI-C en pacientes con puentes coronarios medicados aprobados por la FDA y otros puentes vasculares instalados por al menos 6 semanas es permisible. Pacientes con esternotomía, filtros de vena cava o arritmia tampoco presentan contraindicación.

### Datos Generales de MRI-C

El MRI-C es un estudio que no requiere preparación previa y usualmente puede tomar entre 30 y 45 min. En ocasiones, el estudio podría extenderse dependiendo del protocolo seleccionado y la serie de preguntas clínicas que se interesa investigar.

Las orientaciones anatómicas de las imágenes generadas son similares a las utilizadas en los estudios de medicina nuclear incluyendo vistas de eje corto y vistas para dos, tres y cuatro cámaras, entre otras.

Colegio Americano de Radiología (ACR) y el Colegio Americano de Cardiología (ACC)

El ACR y el ACC han desarrollado guías de criterios y requerimientos necesarios para la realización de MRI-C. Entre ellas figuran el contar con el equipo de MRI con campo magnético de 1.5 Tesla y el personal técnico y médico a cargo de la realización e interpretación de estos estudios debe estar debidamente adiestrado y certificado.

### Presente y futuro de MRI-C

Al presente, MRI-C pretende complementar no reemplazar los otros estudios diagnósticos disponibles. Se anticipa un incremento en la necesidad de estos estudios a medida que se tornen más accesibles y se dé a conocer sus beneficios por sobre otras modalidades. Es imperativo diseminar que esta modalidad de imágenes ya está disponible en Puerto Rico para el beneficio tanto de médicos generalistas como especialistas y sus pacientes.

Para el futuro vislumbramos estudios de MRI intervencional en equipos de MRI de 3 Tesla, nuevas y más eficientes bobinas "coils" dedicadas al corazón y mayor rapidez de adquisición del estudio optimizando factores de aceleración de imágenes paralelas reduciendo el tiempo que toma su realización.

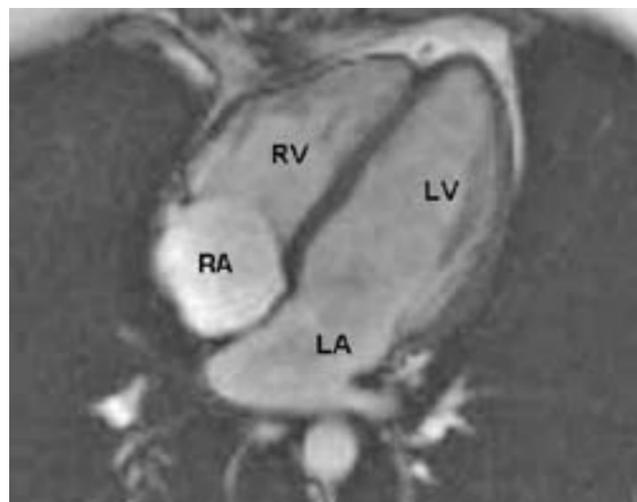


Imagen 1A. MRI-C vista de 4 cámaras. RA - right atrium; RV - right ventricle; LV left atrium; LV - left ventricle.jpg

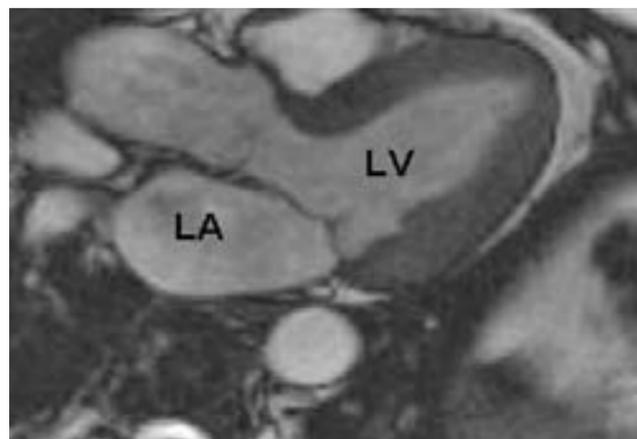


Imagen 1B. MRI-C vista de 3 cámaras. LV left atrium; LV - left ventricle.jpg

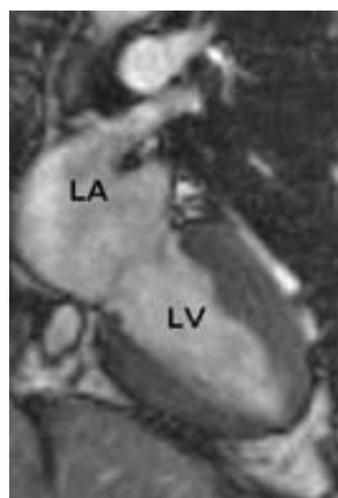


Imagen 1C. MRI-C vista de 2 cámaras. LV left atrium; LV - left ventricle.



Imagen 1D. MRI-C vista eje corto. RV right ventricle; LV - left ventricle.



Imagen 1E. MRI-C vista coronal de tracto de escape del ventrículo izquierdo ortogonal a válvula aórtica. AO - thoracic aorta; AV - aortic valve; LV - left ventricle.

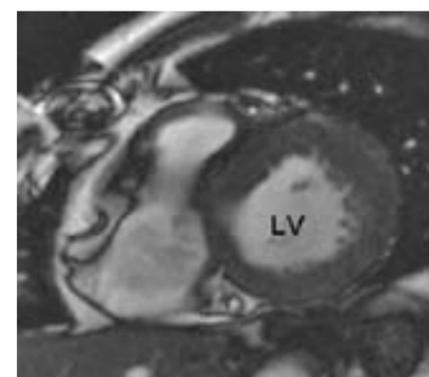


Imagen 2A. MRI-C Eje corto. Corazón en sístole. LV - left ventricle.

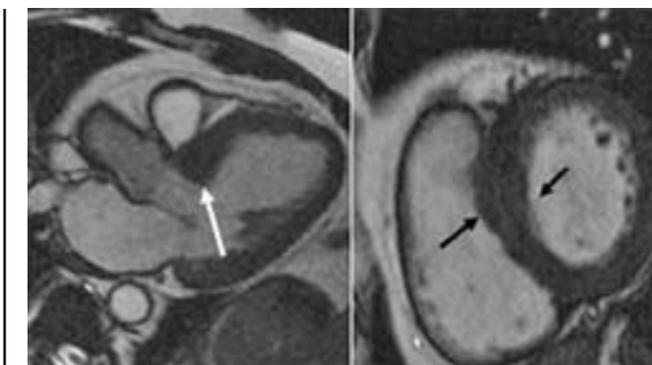


Imagen 2B. MRI-C Eje corto. Corazón en diástole.

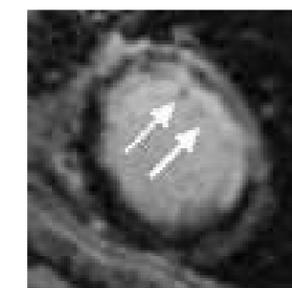


Imagen 3. MRI-C Eje corto en ventrículo izquierdo. Imagen post contraste intravenoso demuestra captación de gadolinio tardía pared anterolateral ventrículo izquierdo indicando infarto isquémico.

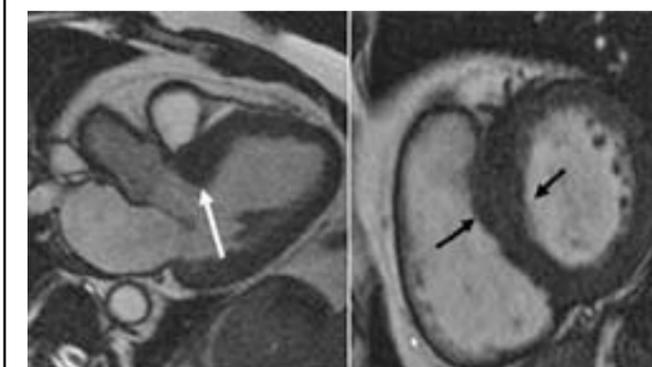


Imagen 4. MRI-C Vistas de 3 cámaras y vista de eje corto. Hipertrofia del ventrículo izquierdo causando obstrucción de la salida hacia aorta. Flechas indican miocardio hipertrofiado.

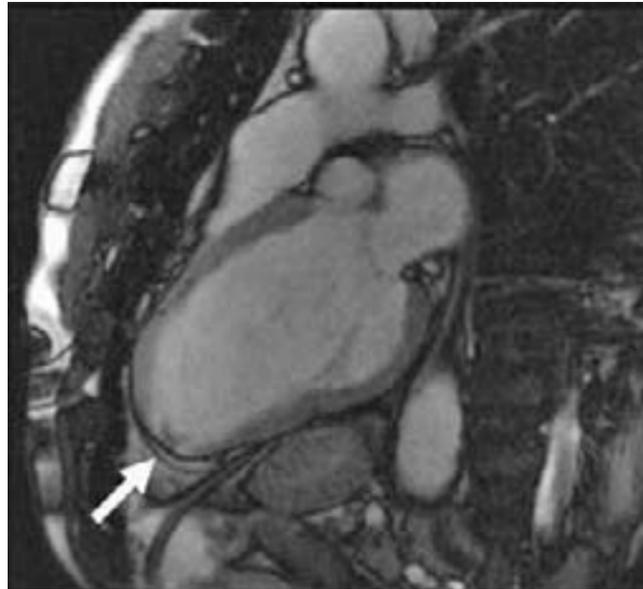


Imagen 5. MRI-C Eje vertical. Dilatación ventrículo izquierdo con disminución del grosor de la pared y trombo apical señalado por flecha.



Imagen 6A. MRI-C Válvula aórtica cerrada. Se aprecian las 3 cúspides.



Imagen 6B. MRI-C Válvula aórtica abierta. Triángulo central brillante indica flujo a través de válvula abierta.

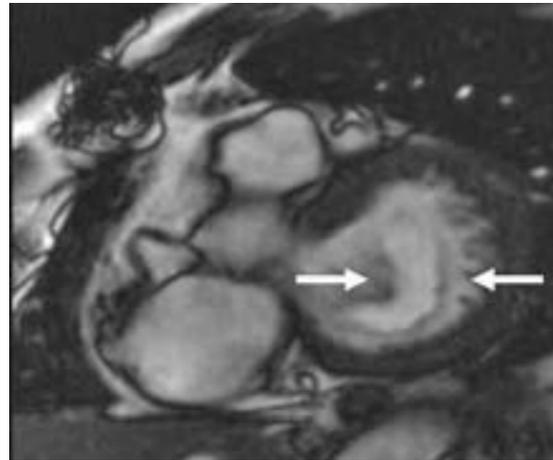


Imagen 7. MRI-C Eje corto. Válvula mitral delineada por flechas.



Imagen 8. MRI-C Jet de regurgitación a través de válvula aórtica indicando insuficiencia valvular visto como región oscura. LV - left ventricle.

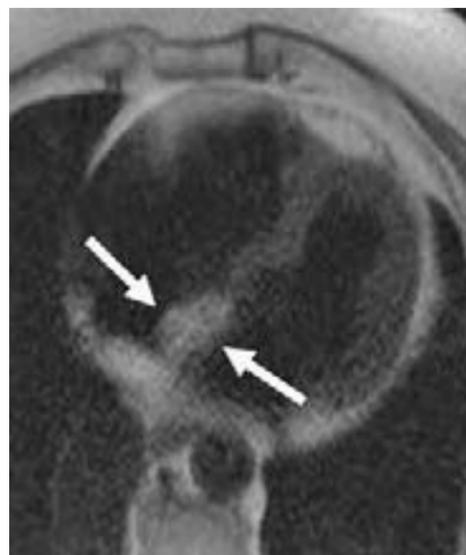


Imagen 9. MRI-C Vista axial. Hiper-trofia lipomatosa del septo interatrial, foco brillante indicado por flecha.

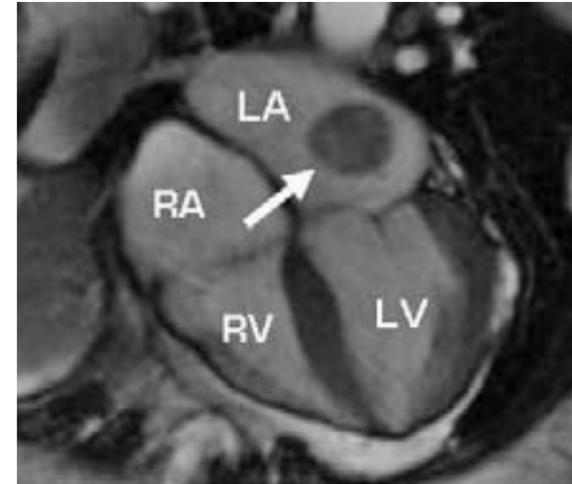


Imagen 10. MRI-C Vista de 4 cámaras Masa en atrio izquierdo (mixoma) indicado por flecha.



Imagen 11. MRI-C Eje vertical. Trombo apical en ventrículo izquierdo.

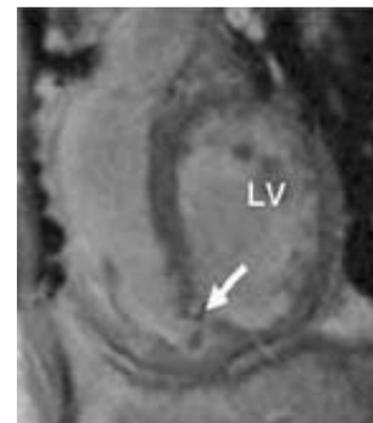


Imagen 12. MRI-C Vista de eje corto. Defecto en el septo con jet producido por sangre pasando del ventrículo izquierdo al ventrículo derecho.

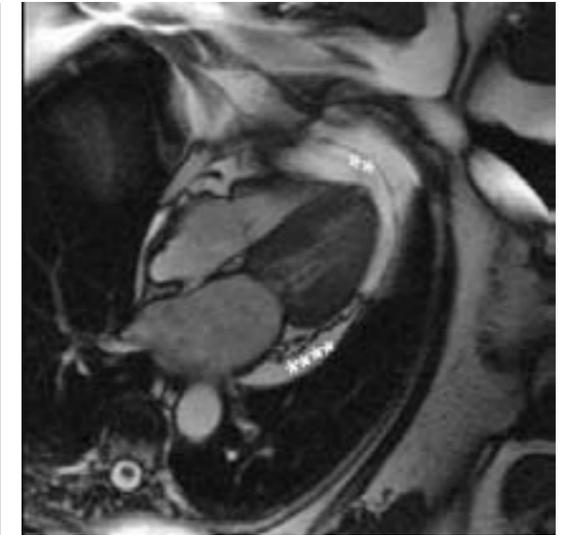


Imagen 13. MRI-C Vista de 4 cámaras. Efusión pericardiaca indicado por asteriscos.



Imagen 14. MRA. Diseción de aorta torácica descendente. Flechas indican íntima desplazada de esta diseción.

**Sobre la autora:**

La Dra. Frances Aulet (aulet@sanpatriciomrict.com) es radióloga con subespecialidad en MRI y CT de corazón habiendo completado su fellowship en esta modalidad en la Universidad de Pennsylvania. La Dra. Aulet es la Directora de Radiología Cardíaca, una nueva división de San Patricio MRI & CT Center localizado en Guaynabo. Otros especialistas en este Centro de Imágenes incluyen el Dr. Fernando Zalduondo, Director de Neurorradiología y Director Médico del Centro; Dra. Eva Cruz, Directora de Women's Imaging a cargo de biopsias de seno guiadas por todas las modalidades; Dr. Manuel Espinosa, Director de Body Imaging; Dr. Carlos Jiménez, Director PET-CT y Medicina Nuclear; y Dra. Maribel Rodríguez, Emergencióloga, Directora de Sedaciones pediátricas y adultas. Para más información visite [www.sanpatriciomrict.com](http://www.sanpatriciomrict.com) (787) 620-5757.