



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HOSPITAL SANTA FE  
GRUPO CT SCANNER

“UTILIDAD DEL METODO DE RESONANCIA  
MAGNETICA EN LA PATOLOGIA  
CARDIOVASCULAR.”

**TESIS DE POSTGRADO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO EN LA  
ESPECIALIDAD DE:

**RADIOLOGÍA E IMAGEN**

PRESENTA:

**DRA. MARY CARMEN HERRERA ZARZA**

ASESORA:

**DRA. ALOHA MEAVE GONZÁLEZ**



MÉXICO, D.F.

OCTUBRE 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

**A mi padre**, que con su amor, ternura y comprensión me dio el impulso necesario para lograrlo.

**A mi madre**, que con su ejemplo, apoyo y amor, hizo posible siempre la realización de mis sueños.

**A mi esposo José Antonio**; que con sus palabras de aliento, amor comprensión y cuidados, me ha ayudado siempre a seguir adelante, te amo.

**A mi hija**, que con su inocencia y amor es el mejor impulso para ser siempre mejor y nunca dejar de intentar algo, te amo Collette.

A mi familia y amigos, especialmente a Gaby, que estuvieron siempre a mi lado para salir de los momentos difíciles y disfrutar de los buenos momentos.

A todos mis maestros, por inculcarme el hambre de conocimiento y por compartir sus grandes conocimientos.

A la Dra. Aloha por ayudarme a hacer realidad este proyecto y ser una gran maestra, muchas gracias.

Al equipo de RM en CT Sur, especialmente a Laurita y Richi por su gran ayuda y por aguantarme.

A las chicas de RM del instituto de cardiología, que siempre con optimismo y sonrisas hacen menos pesado el trabajo.

A Dios, C.T. Scanner y a mi patria por permitirme ser quien soy.

## **INDICE:**

I. Introducción y aplicaciones clínicas.

II. Objetivo.

- A. Objetivo general.
- B. Objetivos específicos.

III. Material y Método.

- A. Aspectos metodológicos.
- B. Determinación de las fuentes de recolección.
- C. Determinación del universo de estudio.

IV. Hipótesis.

V. Justificación.

VI. Marco teórico.

- A. Anatomía del corazón.
- B. Técnica de exploración, secuencias utilizadas.
- C. Estudio morfológico – funcional por RM.
- D. Cardiopatía isquémica.
- E. Miocardiopatías.
- F. Cardiopatías congénitas.
- G. Tumores cardiacos.
- H. Patología vascular.
- I. Patología pericárdica.

VII. Contraindicaciones.

VIII. Conclusiones.

IX. Bibliografía.

## **INTRODUCCION Y APLICACIONES CLINICAS.**

La necesidad de métodos no invasivos para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares, ha hecho que la Resonancia magnética (RM) sufra una evolución en la última década. La RM es un método preciso, flexible y no invasivo para cuantificar el flujo sanguíneo, con aplicaciones usando dos fenómenos básicos que afectan la señal, el efecto del tiempo de vuelo y la fase transicional.<sup>1</sup>

Su utilidad actual es muy extensa y por eso es importante conocer el método y familiarizarse con las imágenes, para poder hacer uso de esta valiosa herramienta. Pueden adquirirse imágenes en cualquier orientación y elegir la dirección en que se mide la velocidad del flujo.<sup>2</sup>

Se aplica para monitorear el estado de la aorta torácica posterior a una cirugía por disección tipo A y para el seguimiento de las dimensiones de un aneurisma en la aorta, así como su evaluación prequirúrgica. Es útil en el estudio de pacientes con Síndrome de Marfan y otras enfermedades hereditarias que son propensas a desarrollar disección o aneurismas. Y también da información sobre los vasos pulmonares.<sup>3</sup>

La capacidad de la RM para la evaluación de volúmenes ventriculares, masas, alteraciones funcionales y cuantificación del volumen en casos de regurgitación valvular, hacen que este método sea muy importante para el estudio de enfermedades congénitas.

En años recientes la RM ha demostrado ventajas para evaluar la severidad de las cardiomiopatías y su seguimiento, monitoreo de la regresión de masa ventriculares en respuesta al tratamiento, define la hipertrofia del ventrículo izquierdo y tiene gran capacidad para medir volúmenes ventriculares por lo que se ha convertido en una técnica no invasiva muy atractiva.

Una evaluación integral de la enfermedad cardíaca isquémica consiste en la identificación de la presencia y extensión de isquemia miocárdica, el estudio de la severidad de la lesión miocárdica y complicaciones del infarto miocárdico y la definición precisa de la morfología de las lesiones obstructivas en las arterias coronarias, y aunque antes se utilizaban otros métodos invasivos para poder hacerlo, actualmente la RM se utiliza para estudiar la anatomía, función, perfusión y caracterización tisular, así como identificar alteraciones en las arterias coronarias en pacientes con enfermedad cardíaca isquémica.

Con la RM puede realizarse el diagnóstico de hallazgos morfológicos y funcionales de la enfermedad cardíaca congénita, en pacientes postoperados o programados para cirugía.<sup>4</sup>

La aplicación del medio de contraste en la RM se utiliza para la caracterización de masas intracardíacas, trombos, miocarditis, sarcoidosis, sospecha de isquemia o infarto miocárdico. Se emplean agentes extracelulares, que son los que cuentan con autorización comercial y que se distribuyen rápidamente en el espacio intravascular y en

el extracelular, con una vida media de 20 minutos. La mayoría de los quelatos del gadolinio pertenecen a esta categoría, y ocasionan una disminución en la velocidad de rotación molecular, incrementando la relajación en T1.

La necrosis aguda o crónica del miocardio en el ventrículo izquierdo, puede visualizarse directamente usando RM con contraste tardío y puede combinarse con otras técnicas como la del movimiento de la pared miocárdica y perfusión miocárdica para la diferenciación entre regiones de miocardio normal, con isquemia, con isquemia crónica (en hibernación) o infartado.

La RM se ha utilizado para observar el estado miocárdico (viabilidad), función ventricular izquierda global y regional, formaciones aneurismáticas postinfarto con o sin trombos y la insuficiencia mitral.

En este trabajo se adquirieron las imágenes de RM usando dos resonadores de 1.5T (Avanto y Sonata, Siemens Medical Solutions); obteniendo imágenes del eje corto del miocardio del ventrículo izquierdo en secciones contiguas que van de la válvula mitral al ápex del ventrículo (TR 4.1 msec / TE 2 msec, con ángulo de inclinación de 60°, grosor de 8-10mm, FOV 300-360mm, FOV rectangular de 80-100% y matriz de 256X256), aproximadamente 20 minutos después de la inyección intravenosa de 0.2mmol/kg de gadolinio, y se realizaron imágenes en eje corto tardías utilizando eco de gradiente T1 pesado con inversión recuperación (TR 8, TE 4, tiempo de inversión de 175-275, con ángulo de 30° y adquisición de 23 líneas cada intervalo R-R, con FOV y matriz similar al cine). El tiempo de inversión para anular la señal de miocardio viable se determina para cada paciente. Además, se adquieren imágenes de eje largo en cine y tardías con gadolinio en vertical ( dos cámaras), tracto de salida del ventrículo izquierdo (tres cámaras) y orientaciones horizontales (cuatro cámaras).

Para procesar las imágenes obtenidas, en las tardías se hace segmentación manual del ventrículo izquierdo delineando los bordes endocárdico y epicárdico en las imágenes de eje corto y largo, con postproceso con el software Argus.<sup>5</sup>

## **OBJETIVO GENERAL**

Mostrar la utilidad de la Resonancia magnética en el sistema cardiovascular y realizar una revisión de la anatomía normal y la patología de este sistema mediante el estudio de las imágenes obtenidas.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Realizar una descripción anatómica de las estructuras que sirven para evaluar el sistema cardiovascular por Resonancia Magnética.
- 2.- Establecer una técnica de exploración, con las secuencias y parámetros que se utilizan para la valoración adecuada del sistema cardiovascular en un equipo de 1.5 T.
- 3.- Describir la imagen normal del corazón en los diferentes planos y secuencias.
- 4.- Realizar una revisión bibliográfica de casos de patología cardiovascular, describiendo su fisiopatología y representación en imágenes de Resonancia magnética.

## **MATERIAL Y METODO.**

### **A. Aspectos metodológicos:**

Tipo de estudio: estudio descriptivo, no experimental y del tipo transaccional y correlacional.

### **B. Determinación de las fuentes de recolección del estudio:**

Fuentes primarias: Se analizaron las imágenes de las Resonancias magnéticas de corazón en los pacientes de C.T. Scanner del Sur y en el Instituto Nacional de Cardiología.

### **C. Determinación del universo de estudio:**

Se revisaron 758 casos de RM de corazón específicamente referidos al departamento de Resonancia Magnética en el Instituto Nacional de Cardiología y C.T. Scanner de México del Sur entre Septiembre del 2005 y Septiembre del 2006.

Se realizó una revisión bibliográfica sobre lo descrito en cuanto a patología cardíaca evaluada por Resonancia Magnética y se presentan imágenes de casos de las diferentes patologías cardíacas diagnosticadas en nuestro departamento, en dos magnetos de 1.5 Tesla, Magnetom (Avanto Siemens, TIM (76x38)) y otro de Siemens , acompañado de una explicación fisiopatológica de los hallazgos e imágenes ilustrativas.



## **HIPOTESIS.**

La resonancia magnética es un método diagnóstico no invasivo que ha evolucionado permitiendo el adecuado estudio del sistema cardiovascular.

## **JUSTIFICACION.**

El establecer una metodología secuencial para el estudio del corazón, lleva al reconocimiento de la anatomía normal del sistema cardiovascular por medio de la resonancia magnética y el oportuno diagnóstico de patología y su repercusión hemodinámica.

## MARCO TEORICO.

### ANATOMIA DEL CORAZON Y LOS GRANDES VASOS.

El corazón es un órgano piramidal que se orienta en segmento oblicuo en el tórax. La base, formada por la aurícula izquierda, se dirige posteriormente, y en sus cuatro esquinas desembocan las venas pulmonares superiores e inferiores y el vértice, formado por el ventrículo izquierdo, se dirige a la izquierda e inferiormente. La aurícula derecha forma el borde derecho, la vena cava superior drena el su tercio superior y la vena cava inferior en su región caudal. El ventrículo derecho forma la parte anterior.

La superficie inferior (diafragmática) del corazón queda delimitada por ambos ventrículos anteriormente y por una parte pequeña de la aurícula derecha dorsalmente, donde desemboca la vena cava inferior.

Su orientación oblicua y la rotación en sentido horario sobre su eje, hace que la aurícula y el ventrículo derechos sean más craneales que las cavidades izquierdas. Los tabiques interauricular e interventricular están en plano oblicuo anterior izquierdo. La válvula mitral, que separa la aurícula del ventrículo en el lado izquierdo y la válvula tricúspide que separa los derechos; están orientadas en plano vertical, inclinado ligeramente hacia abajo y a la izquierda. El eje transversal de las válvulas se dirige a la derecha y anteriormente, localizándose en el plano oblicuo anterior derecho.

El **pericardio** es un saco cerrado que consta de dos capas, parietal y visceral, separadas por un espacio virtual. La capa visceral o epicardio se adhiere al miocardio y la parietal es libre, excepto en su porción inferior, en que se une al tendón central del diafragma y superiormente donde se fusiona con las cubiertas de los grandes vasos. Las reflexiones pericárdicas están posteriormente alrededor de la VCI y las venas pulmonares y anterosuperiormente sobre la VCS, la aorta y la arteria pulmonar. El pericardio se extiende cranealmente 2-3 cm por encima de la aorta ascendente y sobre la arteria pulmonar hacia su bifurcación, y también sobre la vena cava y las venas pulmonares. Existe grasa entre el epicardio y el miocardio y entre el pericardio y la pleura mediastinal, que aumenta con la edad y puede aparecer en los senos cardiofrénicos.

La **aurícula derecha** tiene su pared posterior lisa en la que desembocan las grandes venas. El seno coronario drena en la pared posterior entre el orificio de la VCI y la válvula tricúspide. De la pared anterior parten fascículos musculares que se continúan con los de la orejuela auricular. El tabique interauricular presente una depresión ovalada en su tercio inferior (fosa oval), que es el foramen oval cerrado; y esta rodeada por un anillo o limbo prominente. La orejuela o apéndice de la aurícula derecha es triangular y forma parte del contorno cardiaco en la proyección lateral.

El **ventrículo derecho** es una cavidad triangular, aplanada por el del lado izquierdo. En una proyección lateral su mitad inferior contacta con el tercio distal del esternón. Visto de lado tiene un tracto de entrada muscular y uno de salida liso, separados por el infundíbulo. El tracto de salida se inclina superiormente a la izquierda y dorsal a la válvula pulmonar. La entrada al ventrículo derecho, es la válvula tricúspide, que tiene tres valvas que se insertan en los músculos papilares de la pared ventricular mediante las

cuerdas tendinosas. Su salida es por la válvula pulmonar, que tiene tres valvas semilunares, anterior derecha, anterior izquierda y posterior.

La **aurícula izquierda** es cuadrada y con pared lisa, forma el borde posterosuperior del corazón en la proyección lateral, recibe las cuatro venas pulmonares en su región superior. Presenta un apéndice largo, estrecho y trabeculado que se proyecta anteriormente a la izquierda del tronco de la pulmonar.

El **ventrículo izquierdo**, cavidad con paredes gruesas, finamente trabeculada y cónica. Esta separado de la aurícula izquierda por la válvula mitral, compuesta por dos valvas (anterior y posterior) cuyos bordes libres se adhieren a la pared ventricular mediante cuerdas tendinosas. La valva anterior de esta válvula separa los tractos de entrada y salida. La válvula aórtica tiene tres valvas semilunares anterior, posterior derecha y posterior izquierda y por encima de ellas hay una dilatación conocida como senos de Valsalva. La arteria coronaria derecha nace del seno anterior o seno coronario derecho, la coronaria izquierda del seno posterior izquierdo o seno coronario izquierdo y del seno anterior derecho, no surge ninguna arteria. Los ventrículos están separados por el tabique interventricular, grueso y muscular. Tiene una parte membranosa corta en el extremo proximal y protruye hacia el ventrículo derecho.

#### Las **arterias coronarias**.

La arteria coronaria derecha irriga el ventrículo derecho y la pared inferior del ventrículo izquierdo. Nace del seno anterior de Valsalva y se dirige a la derecha, entre el tronco pulmonar y la aurícula derecha, para descender por el surco auriculoventricular derecho como arteria marginal. En la superficie inferior del corazón se anastomosa con la arteria coronaria izquierda, en la zona del surco interventricular posterior. Sus ramas son: cono arterial para el tracto de salida de la arteria pulmonar, ramas auriculares y ventriculares, rama para el nodo sinusal, ramas marginales agudas, que se dirigen anteriormente desde la ACD para irrigar al ventrículo derecho, rama para el nodo auriculoventricular y arteria interventricular posterior, que sigue un curso anterior por el surco interventricular posterior desde el extremo distal de la ACD e irriga la superficie inferior del ventrículo izquierdo y dos tercios posteriores del tabique interventricular.

La arteria coronaria izquierda nace del seno de Valsalva izquierdo y nutre el resto del ventrículo izquierdo. Se origina como arteria coronaria izquierda principal y pasa por detrás y a la izquierda del tronco de la pulmonar, para llegar a la parte izquierda del seno auriculoventricular. Se bifurca tempranamente en la arteria circunfleja izquierda, que sigue lateralmente por el surco auriculoventricular para anastomosarse con la arteria coronaria derecha y la arteria descendente anterior, que baja por el surco interventricular. Sus ramas en el segmento descendente anterior son: ramas septales, diagonales, que discurren por la pared anterolateral del ventrículo izquierdo, irrigándolo y la rama para el ventrículo derecho (inconstante). Y las ramas de la arteria circunfleja izquierda son: ramas marginales obtusas y auriculares. La dominancia coronaria esta determinada por los vasos que irrigan las paredes inferior y lateral del ventrículo izquierdo, siendo la derecha la más frecuente y en esta la arteria coronaria derecha da la rama interventricular posterior y continua por el surco auriculoventricular, con ramas de la pared posterolateral del ventrículo izquierdo.

La **aorta** ascendente empieza en la válvula aórtica a la altura del borde inferior del tercer arco costal. Ascende por la derecha curvándose sobre el tronco de la pulmonar, los primeros centímetros de la aorta ascendente y del tronco de la pulmonar están

rodeados por una vaina común de pericardio. En su origen. La aorta es dorsal al tracto de salida del ventrículo derecho y al tronco de la pulmonar, y la orejuela auricular derecha se solapa sobre ella. Asciende anteriormente y por la derecha, pasando por la arteria pulmonar y el bronquio principal pulmonar derechos. Las arterias coronarias salen de los senos aórticos.

El **cayado aórtico** va posterior de derecha a izquierda, pasa anterior a la traquea y se incurva sobre el bronquio principal y la arteria pulmonar izquierdas. El borde inferior está en relación con el ligamento arterioso, resto fibromuscular del conducto arterioso. De la superficie superior del cayado nacen tres vasos que están cruzados anteriormente por la vena braquiocefálica izquierda. La vena intercostal superior izquierda discurre por debajo de la vena braquiocefálica, pasa anterior a la aorta y puede producir un pequeño abombamiento en el cayado. Las tres ramas que surgen del cayado son la arteria braquiocefálica, carótida común izquierda y subclavia izquierda. Las dos primeras ascienden a ambos lados de la tráquea, formando una “V”, para situarse por detrás de las articulaciones esternoclaviculares. En este punto el tronco arterial braquiocefálico se bifurca en las arterias carótida común y subclavia derechas y desde aquí las dos arterias carótidas suben simétricamente por el cuello.

El **istmo aórtico** representa la unión entre el cayado aórtico y la aorta descendente. Es un área relativamente fija y que se lesiona con frecuencia en los traumas cerrados.

La **aorta descendente** baja por el mediastino posterior a la izquierda de la columna vertebral, atravesando el diafragma a la altura de T12. A su izquierda quedan la pleura y el pulmón izquierdo y, dorsalmente, la columna vertebral y la vena hemiaórgos. Según desciende se hace dorsal al bronquio principal izquierdo, la arteria pulmonar izquierda, la aurícula izquierda, el esófago y la parte posterior del diafragma. Por la derecha se asocia con la vena árgos y el conducto torácico. Sus ramas son: nueve pares de arterias intercostales y un par de subcostales, dos o tres arterias bronquiales, cuatro o cinco ramas esofágicas, ramas mediastínicas, ramas frénicas y pericárdicas.

La **arteria subclavia** derecha se origina en la bifurcación del tronco braquiocefálico. Y la izquierda nace del cayado por delante de la traquea y asciende a la izquierda. Después ambas arterias subclavias siguen un trayecto similar. El músculo escaleno anterior las divide en tres partes, la primera parte se incurva sobre el vértice pulmonar y se introduce profundamente en el cuello. La segunda porción pasa lateral y posterior al músculo escaleno anterior. El tercer segmento va por el borde lateral de la primera costilla, desde donde sigue como arteria axilar.

Las **arterias pulmonares**. El tronco de la pulmonar se inicia en la válvula pulmonar y tiene unos 5 cm. de longitud. En su origen, es anterior a la aorta, situándose después dorsal y a su izquierda con la concavidad del cayado, donde se bifurca en las arterias pulmonares principales derecha e izquierda. La arteria pulmonar está recubierta en su totalidad por pericardio, en una vaina común con la aorta ascendente. Las orejuelas auriculares derecha e izquierda y las arterias coronarias derecha e izquierda rodean la base del tronco de la pulmonar. Por delante y a la izquierda está en contacto con la pleura y el pulmón izquierdo. La arteria pulmonar derecha sigue un curso horizontal y a la derecha, pasando dorsalmente a la aorta ascendente y la VCS y anterior al bronquio principal derecho. Por delante cruza la vena pulmonar superior derecha, que desemboca en la aurícula izquierda. La arteria pulmonar izquierda se dirige a la izquierda,

situándose anterior al bronquio principal izquierdo. Se curva sobre él en el origen del bronquio lobar superior. Esta arteria es más alta, corta y pequeña que la arteria pulmonar derecha. Está cruzada anteriormente por la vena pulmonar superior izquierda y se fija a la concavidad del cayado aórtico mediante el ligamento arterioso.

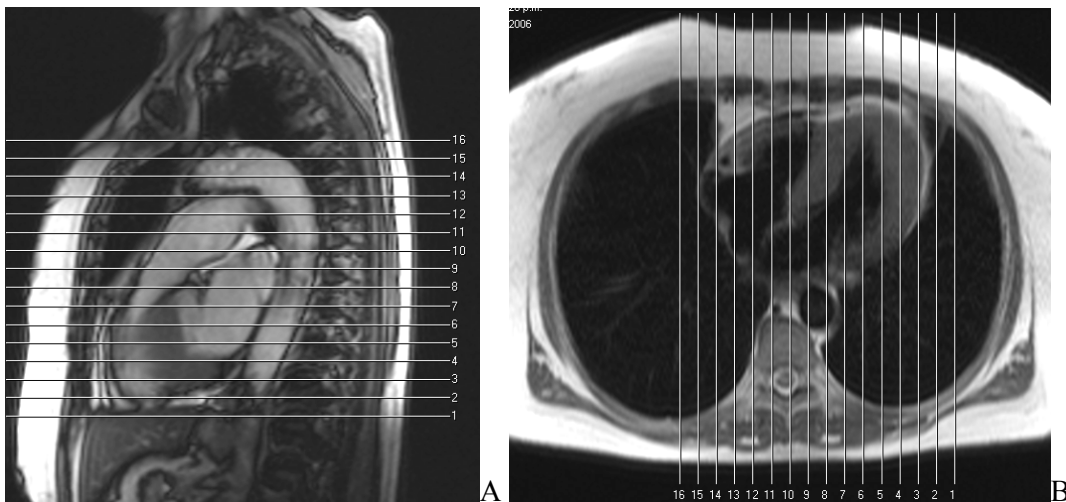
Las **venas braquiocefálicas** se forman por unión de la vena yugular interna y subclavia de cada lado, por detrás del extremo medial de las clavículas. En el lado derecho, la vena braquiocefálica discurre caudal y posterior al borde derecho del manubrio esternal, anterolateralmente a la arteria braquiocefálica. La vena braquiocefálica izquierda es más larga; desciende oblicuamente por detrás del manubrio, cruza el origen de las arterias carótida común y subclavia izquierdas y se une a la vena braquiocefálica derecha para formar la vena cava superior.

La **vena cava superior** desciende posterior al borde derecho del manubrio, para entrar en la aurícula derecha a la altura del tercer cartílago costal. Su única tributaria es la vena ácigos, que desemboca en su cara posterior, justo por encima del límite superior de la vaina pericárdica que la recubre.<sup>6,7</sup>

## TECNICAS DE EXPLORACION: SECUENCIAS UTILIZADAS.

Para suprimir el movimiento periódico de las contracciones cardiacas, el sincronizador electrocardiográfico (gating cardiaco) se usa para proveer un periodo funcional de tiempo para la adquisición de la imagen; generalmente se usa la onda R como señal. Cada paso de la fase de la imagen se colecta en cada serie de latidos y se une a cada paso obtenido de la misma fase de la contracción cardiaca (tiempo después referido al punto en el ciclo cardiaco, lo que dará una imagen en cierta fase del ciclo cardiaco y disminución de los artefactos por movimiento. Si las imágenes se toman muy cerca de la onda R, la adquisición será de la diástole final y si la imagen se obtiene a dos tercios del ciclo, entre dos ondas R, serán imágenes de sístole tardía. La resolución espacial de la imagen dependerá del tiempo de repetición y el rango cardiaco. El disminuir el grosor de corte, da menor resolución, por lo que debe utilizarse de 8-10mm en adultos y 5-8mm en niños.<sup>8,9</sup>

Debe empezarse con los localizadores sin sincronización cardiaca, de baja resolución. En pacientes capaces de realizar apneas, se escogen secuencias rápidas en apnea, para usarlas como localizadores (Trufi loc multi) en los tres planos, para marcar los límites cefálico, caudal, etc. y posteriormente con base en estos localizadores se planean las secuencias HASTE en los tres planos (FIG 1), las cuales se llevan a cabo con técnica de spin turbo y sirven para realizar una adquisición secuencial de imágenes de alta resolución ponderadas por T2, obteniendo 16 imágenes después de un único impulso de actividad, por medio de la reconstrucción semi-Fourier. En caso de que el paciente no pueda realizar apneas, se realizan las secuencias con sincronización respiratoria (monitoreo diafrágico), con el paciente respirando normalmente.



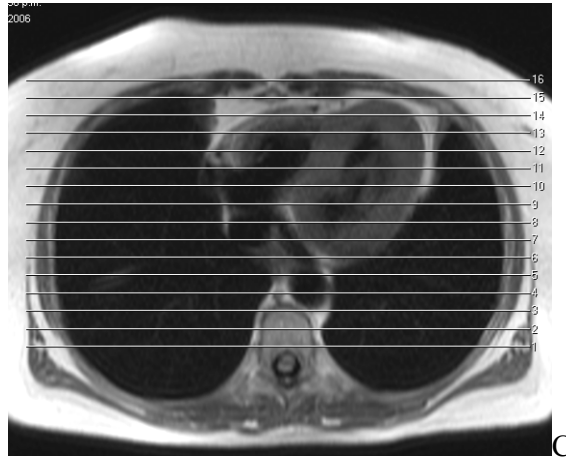


FIG 1. Muestra el uso de los localizadores para obtener las imágenes en HASTE axiales (A), sagitales (B) y coronales (C).

La información anatómica se obtiene con secuencias de sangre brillante o sangre negra con alta resolución espacial y para la información funcional se hacen secuencias con alta resolución temporal.

Las series de imágenes axiales (perpendicular al eje largo del cuerpo); en orientación coronal (perpendicular al eje antero posterior del cuerpo) y sagital (vista del eje largo perpendicular a la derecha o izquierda del tórax); son útiles para mostrar en detalle cada una de las estructuras cardiovasculares, por ejemplo, la secuencia sagital, demuestra la relación entre la aurícula derecha, la vena cava inferior y superior, mostrando el flujo de salida del ventrículo derecho, incluyendo la válvula pulmonar.

Para planear las imágenes orientadas al eje ventricular izquierdo, en el scout axial a la mitad de los ventrículos, se coloca una línea a la mitad de la válvula mitral y con dirección hacia el ápex; resultando una imagen sagital oblicua, que será el eje largo del ventrículo izquierdo.(FIG 2)

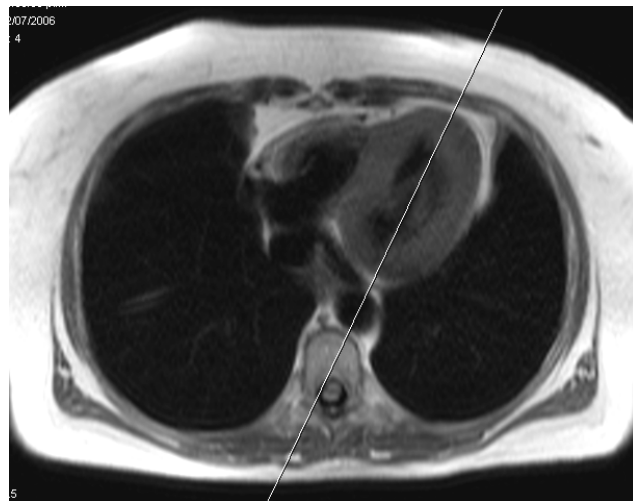


FIG 2 . Imagen para obtener el eje largo del ventrículo izquierdo

De la imagen obtenida se sacan tres localizadores en eje corto, uno a través de la válvula, uno intermedio (FIG 3) y uno en los músculos papilares, perpendicular a la válvula.

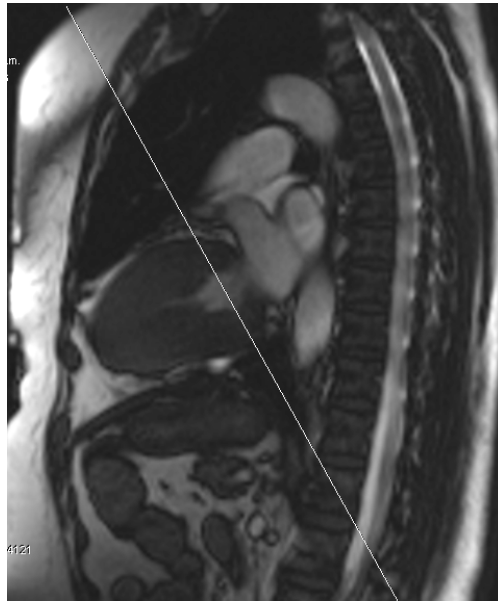


FIG 3. Muestra la forma para obtener los localizadores en eje corto.

La vista de cuatro cámaras se planea sobre los localizadores del eje corto, en la mitad de los ventrículos y se hace colocando una línea a través del centro geométrico del ventrículo izquierdo y el margen agudo, que es el más externo del ventrículo derecho, formado por la transición de las paredes diafragmática y libre del ventrículo derecho; este plano debe interceptar con el ápex y se adquiere utilizando el scout vertical del eje largo como segundo localizador (FIG 4). En esta vista cuatro cámaras, se ve: A) La pared lateral y el ápex del ventrículo izquierdo, la parte inferior del septum interventricular, el tracto de entrada y la pared libre del ventrículo derecho. B) Las aurículas derecha e izquierda, con el septum interauricular. C) El anulus mitral y tricúspideo con las válvulas mitral y tricúspide, respectivamente.

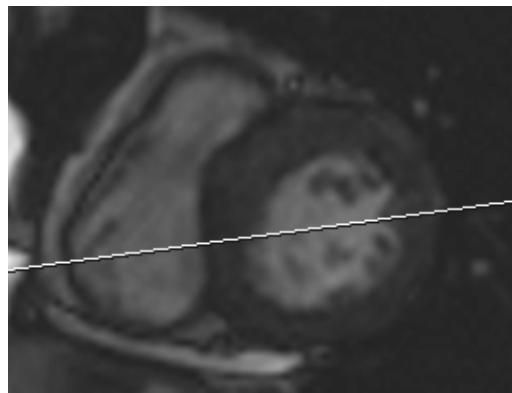


FIG 4. Planeamiento para obtener la vista cuatro cámaras.

La línea horizontal entre el antro del ventrículo izquierdo y perpendicular al septum interventricular resulta en vista horizontal del eje largo, poco distinto al cuatro cámaras



y que muestra parte del tracto de salida del ventrículo izquierdo, pero complica el análisis del contorno miocárdico en la base del ventrículo izquierdo.

Los ejes cortos se planean en la vista de cuatro cámaras, definiéndose por líneas perpendiculares al eje largo vertical obtenido por la imagen de cuatro cámaras (FIG 5); teniéndose ocho imágenes en cine con apnea del paciente, desde la base al ápex del ventrículo izquierdo, imágenes que posteriormente se utilizaran en el Argus.

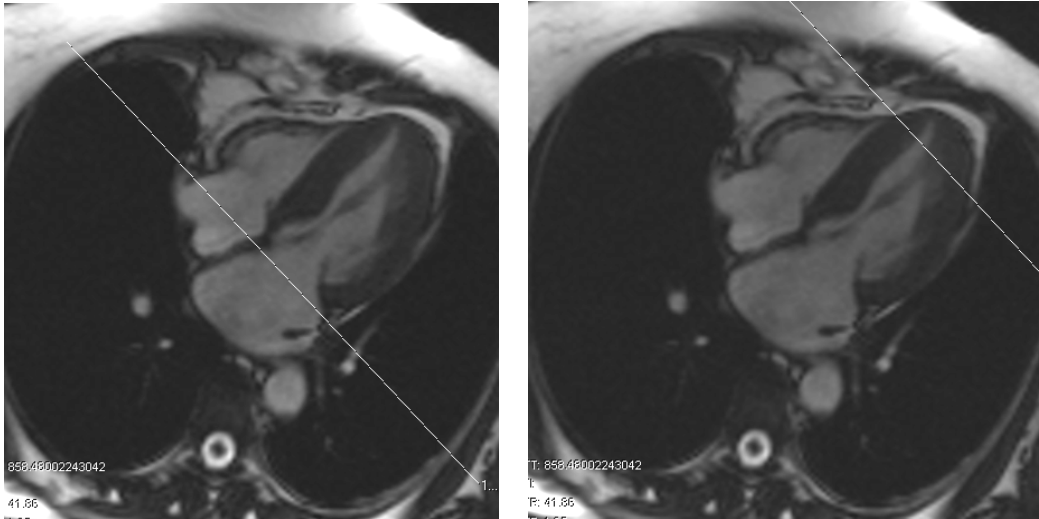


FIG 5 Planeación para obtener los ejes cortos.

La vista de dos cámaras se planea en el mismo scout de eje corto medioventricular y se define por una línea a través del centro geométrico del ventrículo izquierdo y debe hacerse a través de la pared anterior e inferior de este ventrículo, el ápex, el anulus y la válvula mitral y la aurícula izquierda.

La vista tres cámaras (tracto de salida del ventrículo izquierdo, FIG 6), se planea en el eje corto que muestra la válvula mitral abierta, definido por una línea a través del centro del ventrículo izquierdo y el tracto de salida de este ventrículo; mostrando la pared miocárdica lateral posterior, el ápex y la parte anterior del septum interventricular, observándose también las válvulas aórtica y mitral.

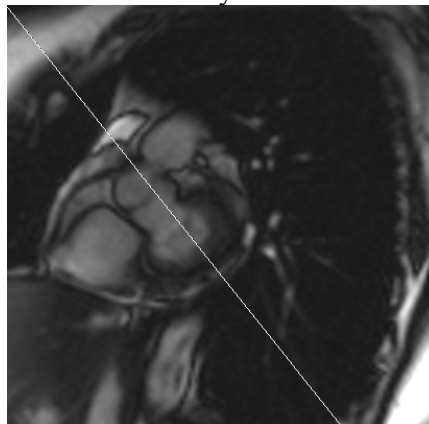


FIG 6 Planeación para obtener el tracto de salida del ventrículo izquierdo.

Un plano adicional en la vista de tres cámaras a través del eje largo del tracto de salida del ventrículo izquierdo, da una vista un poco oblicua del plano coronal, observándose la relación entre el tracto de salida del ventrículo izquierdo, la válvula aórtica y la aorta ascendente; útil en casos de estenosis de la válvula aórtica o regurgitación asociada a aneurisma dilatado de la aorta ascendente.

Para las imágenes de la raíz aórtica, se traza una línea perpendicular a la aorta en el HASTE sagital (FIG7).

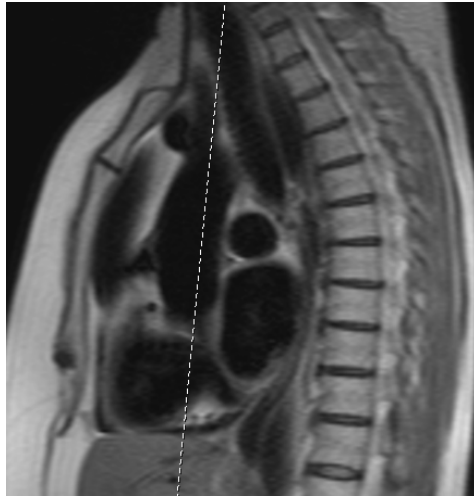


FIG 7 Planeación de la imagen de la raíz aórtica.

Para visualizar la válvula aórtica, del coronal obtenido para ver la raíz aórtica, se planea con una línea oblicua que pase por el sitio de la válvula (FIG 8).



FIG 8. Obtención de la imagen de la válvula aórtica.

El planeamiento de las arterias pulmonares se lleva a cabo primero obteniendo una imagen del HASTE coronal que siga el trayecto de la pulmonar derecha (FIG 9) e izquierda sucesivamente y después de la imagen axial obtenida se sacan imágenes coronales oblicuas.<sup>10</sup>



FIG 9 Planeación sobre el HASTE coronal para obtener la arteria pulmonar derecha.

Los parámetros para estudiar la función global son: el cálculo de la fracción de eyección, volumen corriente y gasto cardiaco, que dependen del volumen al final de la diástole y la sístole. El volumen del ventrículo izquierdo se determina al sumar las áreas de los cortes seccionales y multiplicarlos por el grosor de la sección. El volumen sistólico y diastólico final son obtenidos mediante una serie de imágenes del eje corto que abarcan ambos ventrículos en forma tridimensional al trazar los bordes endocárdicos en cada fase. La masa miocárdica se calcula al multiplicar el volumen miocárdico por la gravedad específica del músculo (1.05 g/ml.). La fracción de expulsión se calcula con una fórmula en donde al volumen diastólico se le resta el sistólico y se divide entre el diastólico, multiplicando el resultado por 100%.<sup>11</sup>

Para el análisis de la función regional del ventrículo izquierdo, se procesan con el software Argus, (FIG 10). las imágenes de eje corto y se delimitan los contornos epicárdicos y endocárdicos en sístole y diástole, y este software determina los parámetros fisiológicos cardiacos con el análisis del volumen ventricular, la masa del miocardio y los parámetros funcionales como el volumen sistólico, fracción de eyección y gasto cardiaco.

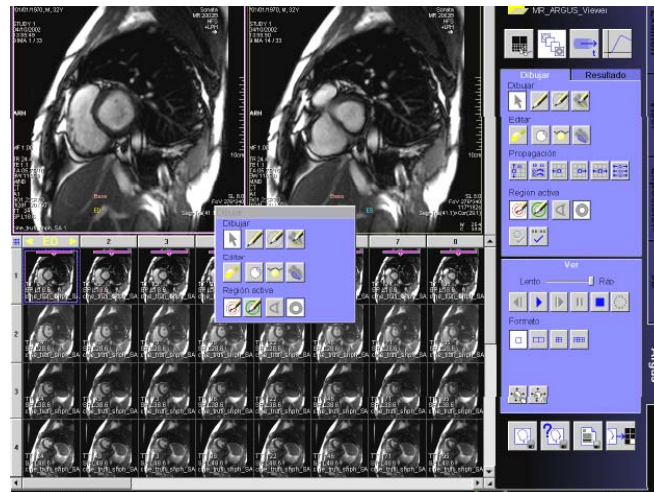


FIG 10. Pantalla del Argus para obtener la función del ventrículo izquierdo.

El análisis de engrosamiento, determina los cambios en el grosor de la pared miocárdica del ventrículo izquierdo, siendo necesarias las imágenes del final de la sístole y la diástole, dando los resultados en gráficos y tablas. En los gráficos de resultados se

visualizan dos para cada ventrículo evaluado: uno con el volumen ventricular en función del tiempo y otro con la velocidad del cambio de volumen en función del tiempo. Y en las tablas de resultados se visualizan dos con valores de los parámetros del volumen para cada ventrículo evaluado: 1) valores absolutos y rango normal, 2) Valores normalizados y rango normal. (FIG 11).

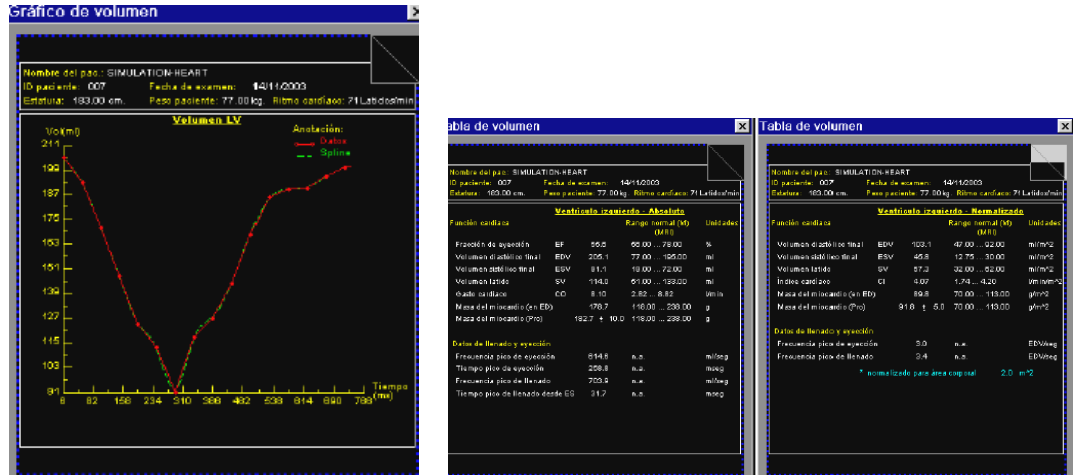


FIG 11 Muestra de la obtención de la gráfica de volumen ventricular en función del tiempo y tablas de valores absolutos y normalizados, con rangos normales.

Los parámetros anatómicos y funcionales del ventrículo derecho se evalúan usando las vistas del ventrículo izquierdo, en la vista de cuatro cámaras se evalúa la aurícula derecha, la válvula tricúspide, el tracto de entrada y la región apical del ventrículo derecho. Y las vistas del eje corto derivadas del ventrículo izquierdo, muestran el grosor y movimiento de la pared del ventrículo derecho.

La vista axial standard es perpendicular a la pared libre del ventrículo derecho, con vistas craneales perpendiculares al tracto de salida del ventrículo derecho. Útil para ver áreas discinéticas o pequeños aneurismas. La vista axial más caudal, muestra la válvula tricúspide y el tracto de entrada del ventrículo derecho.

El tracto de salida del ventrículo derecho y las válvulas pulmonares, se planean en la vista coronal y sagital oblicua a través del eje largo del ventrículo derecho. Permite ver el segmento diafragmático del miocardio, el margen agudo y el eje largo del tracto de salida, mostrando también la válvula pulmonar y la raíz de la arteria pulmonar.

Los estudios de perfusión son realizados mediante la administración de un bolo intravenoso de gadolinio y posteriormente se obtienen secuencias con imágenes en distintos momentos en los tres planos, en donde las zonas perfundidas por algún vaso dañado, tendrán disminución en la señal, por falla en la perfusión en las imágenes inmediatas y tendrá reforzamiento tardío, es decir se verán hiperintensas en las imágenes tomadas 15 a 30 minutos (promedio de 20) después de la administración del gadolinio, método utilizado para evaluar la viabilidad miocárdica.<sup>12</sup>

Para visualizar la aorta torácica, los segmentos ascendente y descendente se alinean con el eje largo del tórax obteniendo imágenes en sentido sagital (FIG12) y con la vista coronal puede observarse el arco aórtico y la salida de los troncos supra-aórticos.

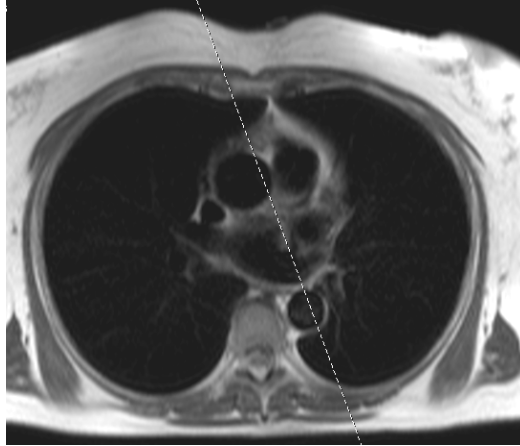


FIG 12 Imagen para obtener la aorta torácica en plano sagital oblicuo.

Con la RM se pueden adquirir imágenes en cualquier orientación y escoger la dirección en que se medirá la velocidad con respecto al plano de la imagen y la habilidad de medir velocidades en píxeles a través del plano de adquisición resulta en el potencial de adquirir el volumen del flujo con la velocidad promedio y el área del vaso. Además puede obtenerse información adicional, como imágenes en 3D, componentes de velocidad y tiempo. Para el mapeo de velocidad de fase, se usa el principio de la excitación de radiofrecuencia, que tiene tres componentes: frecuencia, amplitud y fase, usados para reconstrucción de imágenes. Para hacer la fase de señal dependiente de la velocidad de flujo, se usa un gradiente bipolar de pulso, Inversión-Recuperación. Este pulso es útil para el tejido en movimiento y consta de dos componentes, un primer gradiente positivo encendido en un periodo de tiempo corto, resultando en un desvío sobre lo similar al tejido estacionario, que cuando el gradiente se apaga las señales tendrán una fase dependientes de las distancias de los tejidos al centro del magneto. En un segundo tiempo el gradiente de reversa se aplica, dando una frecuencia opuesta al tejido estacionario, dando una tejido con diferente frecuencia, la diferencia de fase entre el flujo, el tejido estacionario y el tamaño de la diferencia, estarán en relación a la velocidad del flujo. Debido a que muchos factores intervienen en los shift de fase, se adquieren dos imágenes con gradientes diferentes para producir sensibilidad a la velocidad. Las fases son substraídas píxel por píxel y se dejan únicamente los relacionados con la velocidad.

El mapeo de velocidad de fase por substracción de fase reconstruida se llama “Fase de contraste”. Con leve modificación del gradiente, la velocidad puede obtenerse en cualquier dirección en los tres planos ortogonales que se usan durante la imagen. Las típicas imágenes de velocidad de mapa incluyen; tejido estacionario que tiene fase zero y se ven como gris suave y el flujo sanguíneo que se ve oscuro o brillante dependiendo de la dirección y la velocidad. El mapeo de velocidad generalmente se combina con una secuencia de eco gradiente (field echo) y hay estudios de cine sincronizados con el corazón en una apnea utilizando la imagen FLASH segmentada (también llamada MAST= técnica de supresión de artefacto por movimiento o GMR= refocusing gradient moment), con velocidad compensadora y velocidad asociada con pulsos de gradiente en dos intervalos de repetición de la secuencia de cada cine. La velocidad compensadora reduce la pérdida de señal eliminando la fase de dispersión causada por variaciones espaciales en velocidad en cada píxel y da señal alta en sangre, por lo menos en el sitio seleccionado y los puntos de lectura de salida deben ser compensados por la velocidad, sino se pierde el flujo.<sup>2,13</sup>

## ESTUDIO MORFOLÓGICO Y FUNCIONAL POR RM.

Cuando se ven los ejes cortos del ventrículo izquierdo, se asemeja a una dona, con una hiperintensidad rodeando el vacío de señal por el flujo sanguíneo. En diástole el miocardio del ventrículo izquierdo no debe ser más grueso de un cm en adultos normales y debe tener intensidad homogénea; y la cavidad de este ventrículo se ve como un círculo, con los músculos papilares como focos hiperintensos dentro del vacío de señal o hipointensos en inversión de gradiente. (FIG 13).

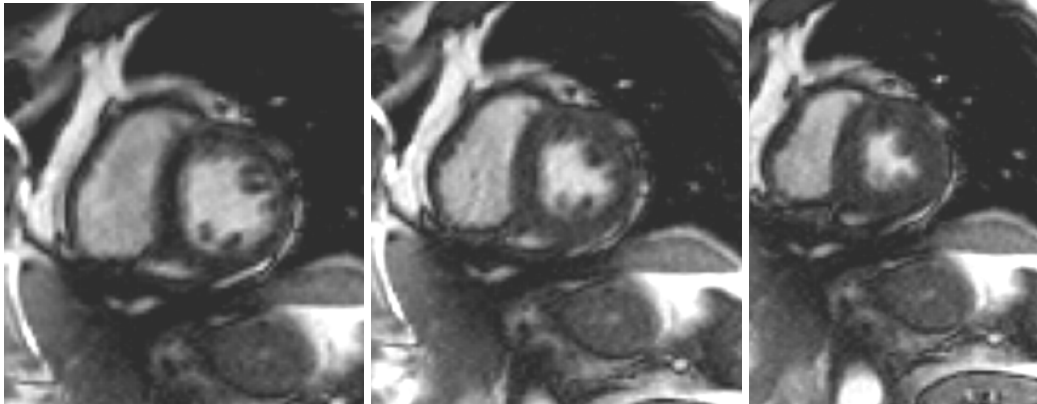


FIG 13 Imágenes de ejes cortos ventriculares con inversión de gradiente que muestran fase diastólica y sistólica.

La segmentación convencional del ventrículo izquierdo (según Cerqueira) se representa como un ojo de toro, con el anillo externo representando la parte basal del eje corto y el anillo interno la región apical; siendo los segmentos resultantes nominados como: 1. Basal anterior, 2. Basal anteroseptal, 3. Basal inferoseptal, 4. Basal inferior, 5. Basal inferolateral, 6. Basal anterolateral, 7. Medio anterior, 8. Medio anteroseptal, 9. Medio inferoseptal, 10. Medio inferior, 11. Medio inferolateral, 12. Medio anterolateral, 13. Apical anterior, 14. Apical septal, 15. Apical inferior, 16. Apical lateral y 17. Ápex. Para definir el punto de inicio de la circunferencia se toma la inserción inferior del ventrículo derecho al ventrículo izquierdo, definido en la final de la diástole y posteriormente se ajusta al final de la sístole para tener en cuenta la rotación ventricular.<sup>14,15</sup>

La perfusión coronaria de estos segmentos es:

La arteria descendente anterior izquierda irriga: 1,2,7,8,13,14 y 17.

Arteria coronaria derecha irriga: 3,4,9,10 y 15.

La arteria coronaria circunfleja irriga: 5,6,11,12 y 16.

En las imágenes de cuatro cámaras se pueden visualizar las cuatro cavidades cardiacas, válvulas mitral y tricúspide (FIG 14), así como su función por medio de las imágenes de cine.

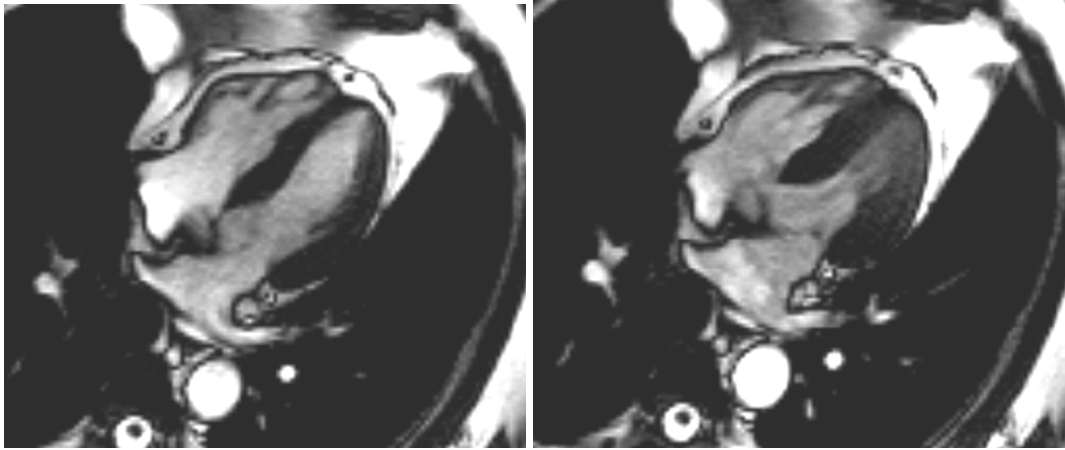


FIG 14 Imágenes en cuatro cámaras en fases diastólica y sistólica.  
Las imágenes de dos cámaras, son útiles para la valoración de la aurícula y ventrículo en cualquier lado (derecho o izquierdo), así como la válvula que los comunica. (FIG 15)

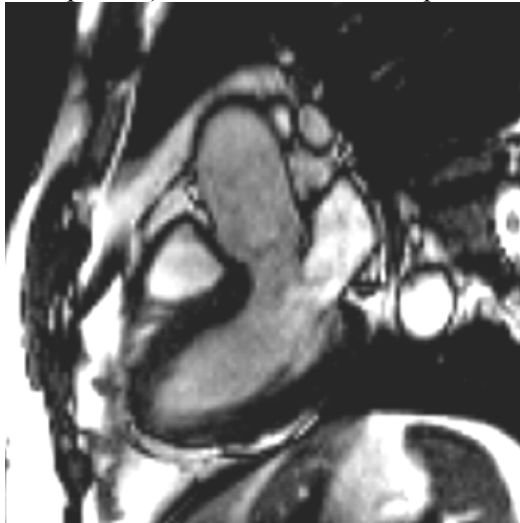


FIG 15 Imagen de dos cámaras que muestra las cavidades izquierdas.  
Las imágenes de la válvula aórtica son útiles para la evaluación de la cavidad ventricular izquierda y la función de la válvula aórtica, y son tomadas en distintos planos. (FIG 16 y 17).

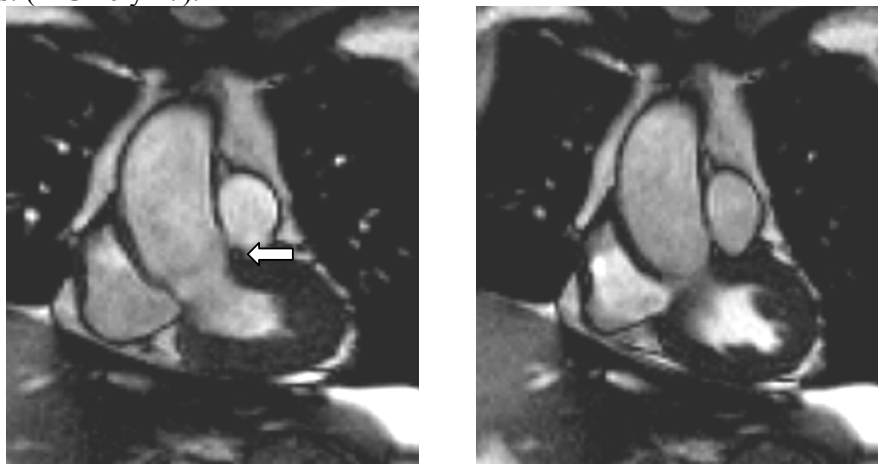


FIG 16 Muestra de las imágenes de la válvula aórtica en la salida del ventrículo izquierdo.

Para analizar las válvulas cardiacas, se obtienen imágenes axiales sobre ellas, para evaluación de su acoplamiento y descartar patología intrínseca. (FIG 17)

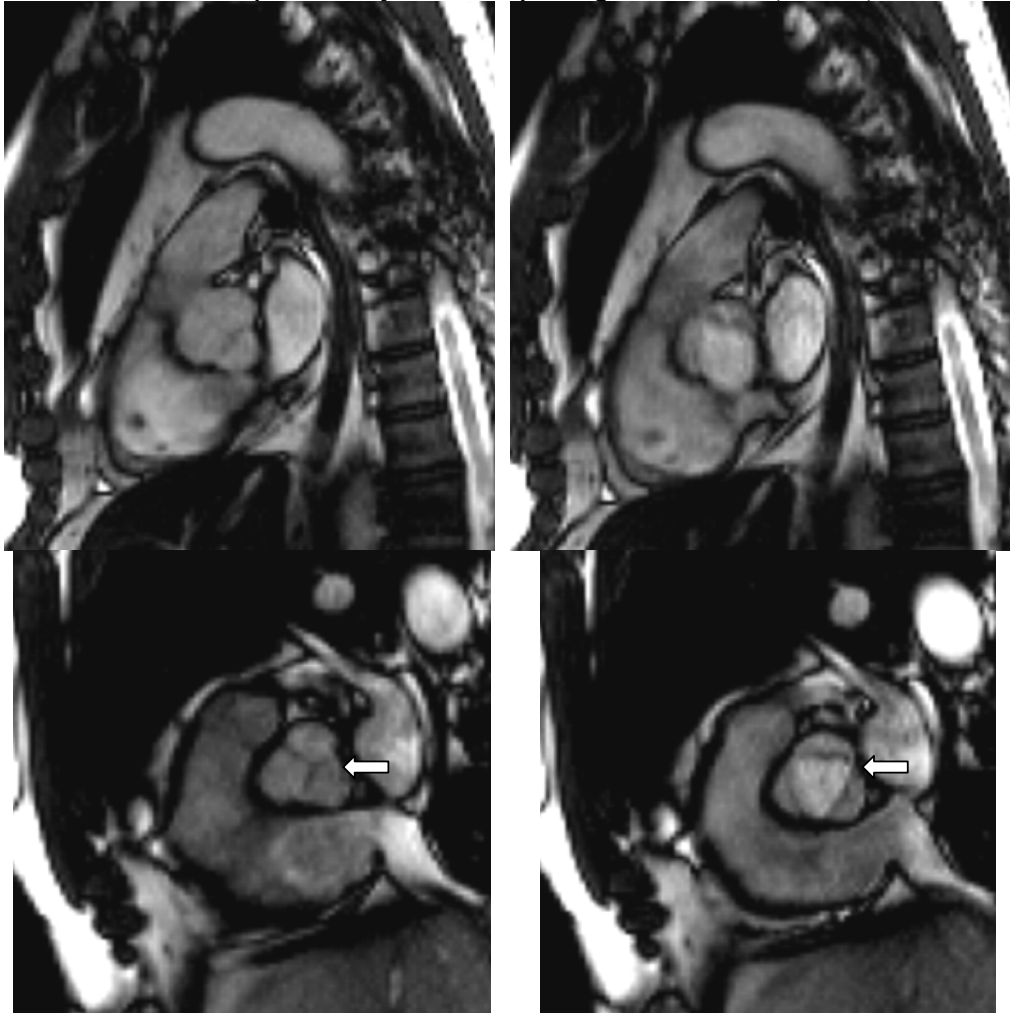


FIG 17 Imagen axial de la válvula aórtica en la que se observan sus tres valvas y su adecuado funcionamiento (flechas).

La obtención de las imágenes de las arterias pulmonares, permite valorar su lumen, relación con las estructuras cardiacas y descartar algún evento patológico o alteración congénita. (FIG 18).

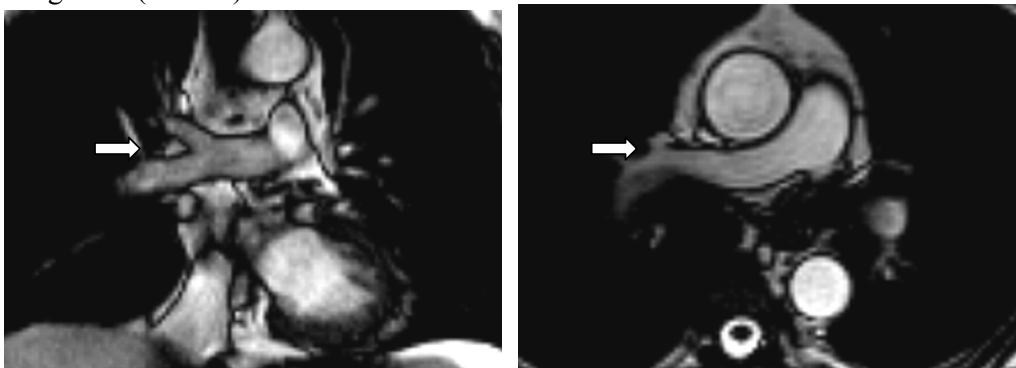


FIG 18 Imágenes coronal a la derecha y axial de la izquierda de la arteria pulmonar derecha (flechas), que muestra su trayecto sin patología.



## CARDIOPATIA ISQUEMICA.

La cardiopatía isquémica en México y el mundo forma parte de la primera causa de muerte en la población, de ahí su importancia para estudiarla. La introducción de secuencias con contraste en inversión-recuperación, ha aumentado el valor clínico de la RM de corazón, no sólo en la cardiopatía isquémica, sino en otras patologías. El concepto de viabilidad miocárdica es de gran importancia en la toma de decisiones clínicas en el paciente con cardiopatía isquémica. El tejido miocárdico de ventrículo izquierdo disfuncional pero viable (aturdido o hibernante) es aquel que se beneficia de la revascularización. Ya que al ser revascularizado, el tejido miocárdico hibernante incrementa la función sistólica global, se reducen los síntomas de falla o insuficiencia cardiaca y mejora el pronóstico a largo plazo.<sup>16,17</sup>

El estudio de la cardiopatía isquémica por RM se realiza analizando la función ventricular de manera cualitativa y cuantitativa, así como con secuencias de inversión recuperación aplicadas posterior a la administración de material de contraste endovenoso (gadolinio) con la técnica de first-pass (toma inmediatamente después de la administración del contraste) y reforzamiento tardío, con el fin de valorar la perfusión y determinar zonas de necrosis miocárdica (FIG 19). La especificidad de las imágenes cine eco de gradiente mejoran su especificidad al aplicar estrés con dobutamina a dosis baja (10 gammas). La función contráctil del tejido viable mejora posterior a la estimulación inotrópica (reserva contráctil).<sup>18,19</sup>

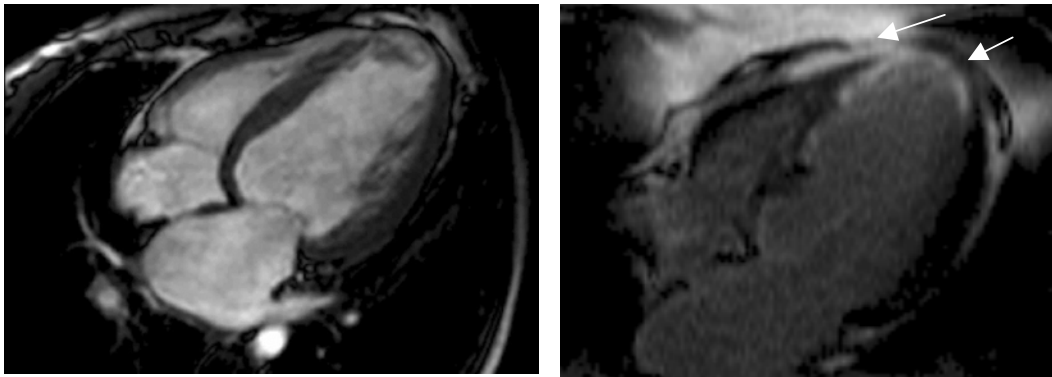


FIG. 19 Imágenes que muestra zona de infarto en el apex y que posterior al gadolinio tiene reforzamiento tardío y se identifica extensión hacia el ventrículo derecho(flechas).

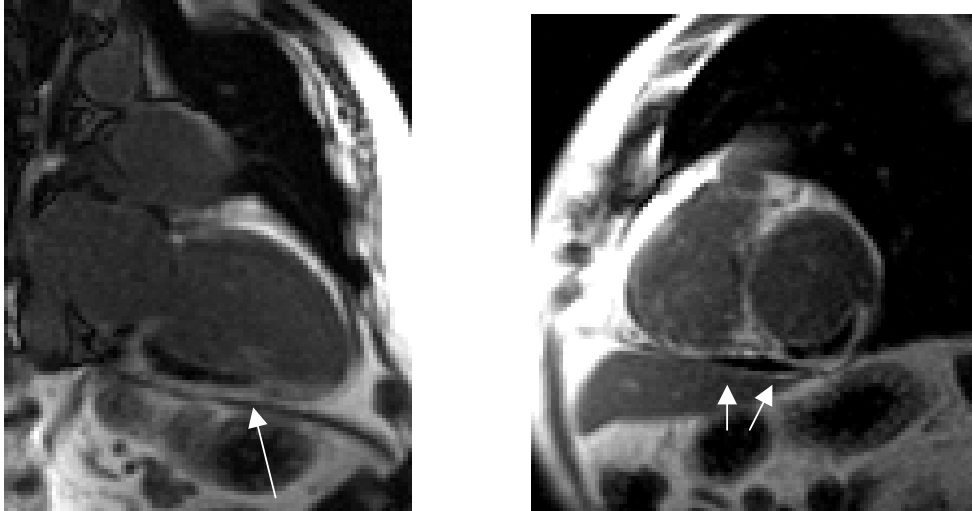


FIG. 19 Imágenes que muestran una zona de infarto en cara inferior del ventrículo izquierdo con extensión al ventrículo derecho en el eje corto (flechas).

Una de las maneras de determinar viabilidad es al analizar el engrosamiento del tejido miocárdico al final de la diástole y sístole con imágenes en eje corto obtenidas con la secuencia cine eco de gradiente de la región basal a la apical. La sensibilidad al analizar el engrosamiento sistólico al final de la diástole es del 90%, con especificidad de aproximadamente 55%.<sup>25,26</sup>

El fenómeno de reforzamiento tardío se define como aquella región o segmento miocárdico que persiste hiperintenso más de cinco minutos después de la administración del material de contraste endovenoso. Se considera tejido no viable aquel que muestra reforzamiento tardío veinte minutos después de haberse administrado el material de contraste. (FIG 20A). El método permite definir la extensión del reforzamiento ya sea subendocárdico, afección de menos del 50% del grosor miocárdico o bien compromiso transmural.<sup>20,21,22</sup>

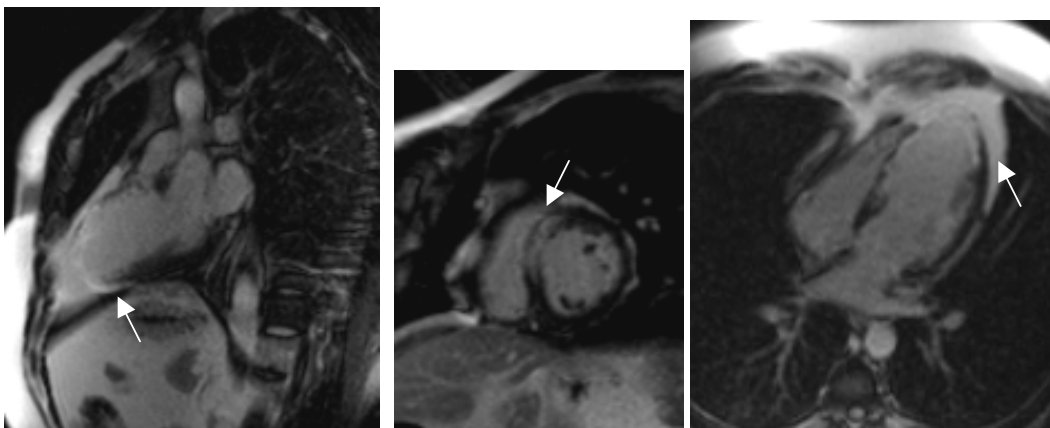


FIG 20A. Imágenes de reforzamiento tardío que muestran la presencia de áreas que persisten hiperintensas después de cinco minutos en relación a infarto lateral septal no transmural e infarto apical transmural.

La resonancia magnética tiene especial utilidad para el estudio de las complicaciones posteriores a un infarto como dilataciones aneurismáticas. (FIG 20B)

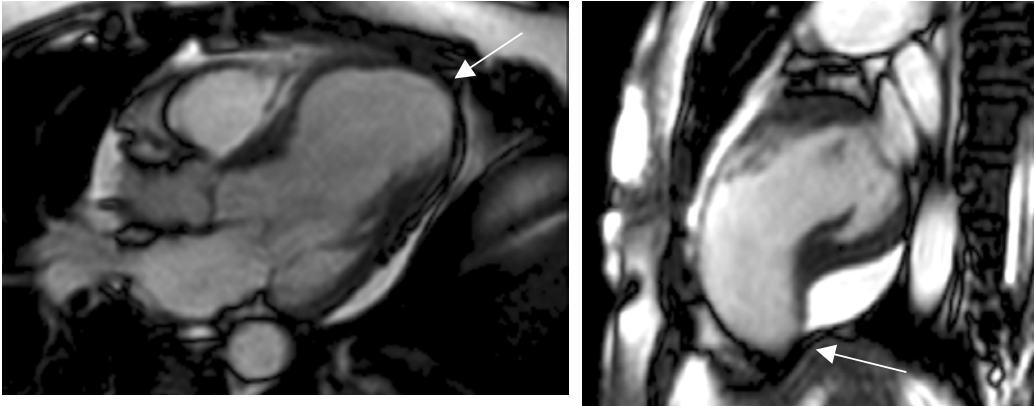


FIG 20B Imágenes que muestran la dilatación aneurismática del apex del ventrículo izquierdo posterior a infarto.(flechas)

Las aplicaciones de la angiorenancia magnética coronaria han aumentado recientemente debido a las nuevas técnicas de estudio y a su alta resolución espacial en comparación con otros métodos, tiene la ventaja de no utilizar radiación o contraste, y la desventaja de que el calcio no produce señal, por lo que no se pueden detectar placas calcificadas, únicamente placas ricas en lípidos, para detectar las placas se ha utilizado secuencias en TSE (T2 pesadas de sangre negra), de alta resolución, que permiten la adquisición durante la apnea, identificándose la placa y dando seguimiento a la progresión de esta. También se ha encontrado la posibilidad de ver el daño endotelial por medio de la acumulación de gadolinio en los sitios con placas. Para la valoración de estenosis coronaria, se ha visto que la RM tiene sensibilidad en las porciones proximales y tronco de la coronaria izquierda, pero está limitada en las regiones distales. El método de RM hace posible el excluir la presencia de lesión significativa proximal y medial en pacientes con sospecha de enfermedad trivascular. Y es posible el determinar complicaciones propias de la cardiopatía isquémica como: ruptura de músculos papilares, formación de aneurismas o pseudoaneurismas de ventrículo izquierdo, presencia de trombos intracavitarios, disección septal, ruptura septal o bien hematoma intramiocárdico.<sup>23,24</sup>

## MIOCARDIOPATIAS

Las cardiomiopatías son un grupo de padecimientos que afectan en forma primaria al músculo cardíaco, excluyendo la disfunción ventricular causada por malformaciones congénitas, valvulopatías, enfermedad isquémica o hipertensión arterial. Se clasifican en las que predomina la dilatación, la cardiomiopatía hipertrófica con o sin obstrucción de la cámara de salida del ventrículo izquierdo y la cardiomiopatía restrictiva, que restringe el llenado ventricular.<sup>27</sup>

Mediante la RM es posible detectar cardiomiopatías, determinar su tipo y su repercusión hemodinámica. Esto se obtiene al analizar la función ventricular, delimitar la configuración, las dimensiones de las cavidades cardíacas y estudiar el grosor del tejido miocárdico, ya que la RM nos proporciona información morfológica con las imágenes estáticas y la información de la función con las dinámicas. Además, la RM puede ser utilizada para diferenciar entre los subtipos de miocardiopatía y definir si ésta afecta la porción superior, media o baja del septum, si se presenta de manera difusa en el miocardio del VI o bien si está localizada a una región (FIG 21, 22 y 23). Se han establecido diferentes patrones de reforzamiento posterior a la administración del material de contraste en diversas miocardiopatías.<sup>28</sup>

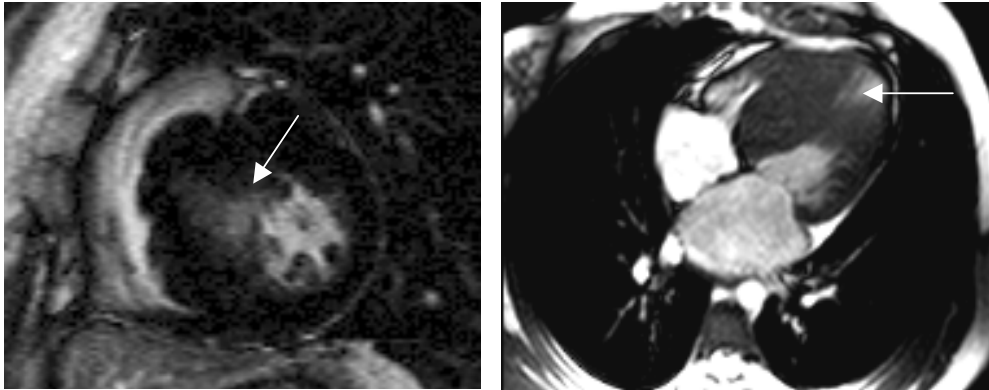


FIG 21. Imágenes que ejemplifican una miocardiopatía hipertrófica septal asimétrica que en la primera imagen muestra reforzamiento tardío.

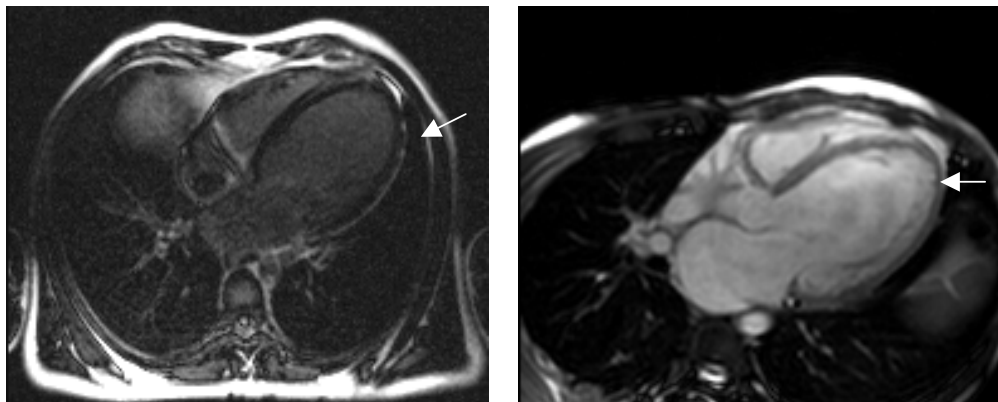


FIG 22. Imágenes en cuatro cámaras y vía de salida del ventrículo izquierdo que ejemplifican una miocardiopatía dilatada.

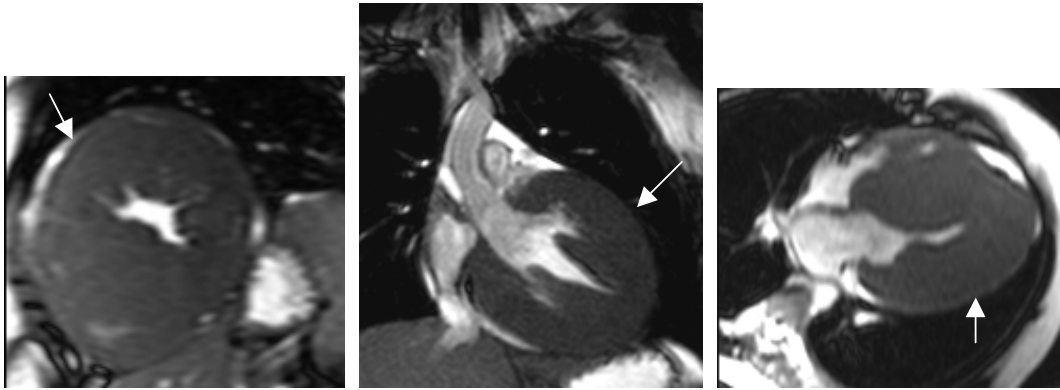


FIG 23. Imágenes en eje corto, tracto de salida del ventrículo izquierdo y cuatro cámaras que muestran una miocardiopatía hipertrófica concéntrica severa.

El principal diagnóstico diferencial es la displasia arritmogénica del ventrículo derecho (VD), y por medio de la RM es posible caracterizar la pared libre del VD y determinar la presencia de sustitución grasa o fibrosis, así como estudiar la función del VD de manera cuantitativa

La miocarditis es una enfermedad inflamatoria del miocardio que se acompaña de disfunción ventricular, con criterios histológicos, inmunológicos e inmunohistoquímicos específicos. En miocarditis se ha definido un patrón de reforzamiento de epicardio a endocardio de carácter heterogéneo( FIG 24).<sup>21</sup>

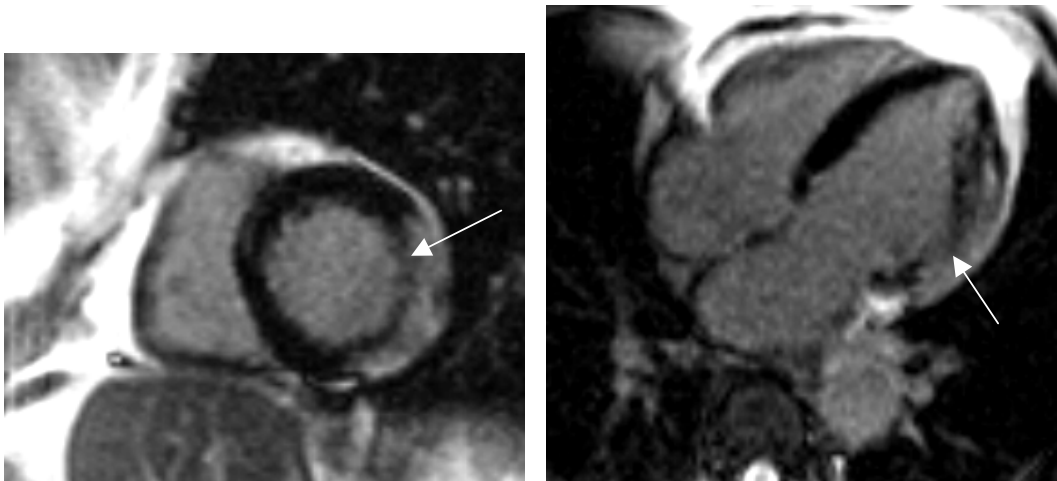


FIG 24. Imágenes en eje corto y cuatro cámaras que muestran reforzamiento tardío epicárdico con preservación del endocardio y heterogéneo, lo que aunado a la clínica del paciente, favorece el diagnóstico de miocarditis

## CARDIOPATIAS CONGENITAS

La RM es el método ideal en la valoración integral de cardiopatías congénitas, por las siguientes razones: la resolución espacial y capacidad multiplanar del método permite una adecuada valoración de la anatomía cardíaca y vascular, esta información anatómica se complementa con el análisis funcional tanto ventricular como de flujo en sistema valvular y a nivel vascular. La Resonancia Magnética Cardiovascular se ha constituido como una verdadera herramienta complementaria a la ecocardiografía en la evaluación detallada de las cardiopatías congénitas simples y complejas.

El protocolo para el estudio de las cardiopatías congénitas, consiste en realizar las secuencias ya mencionadas al principio de este escrito y en la planeación y análisis de la exploración se aplica el método de segmentación, el cual consta en determinar: el situs atrial, en que se debe definir la anatomía propia del atrio derecho cuya orejuela tiene una base ancha y triangular, a diferencia del atrio izquierdo con orejuela elongada y de base angosta. El atrio derecho recibe las venas cavas superior e inferior y el izquierdo las venas pulmonares. Y en el situs solitus el atrio derecho es anterior y derecho, y el izquierdo, posterior e izquierdo. En el caso del situs inversus se refiere a la imagen en espejo del situs solitus (FIG 25).<sup>29</sup>

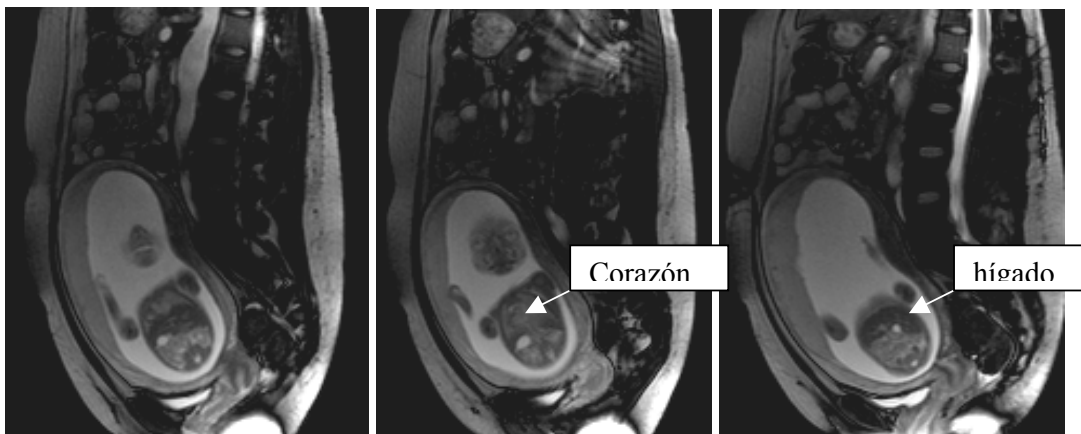


FIG 25. Resonancia magnética en mujer embarazada, en la que se identifica en plano coronal en imágenes secuenciales la presencia de situs inversus en el feto, con hígado a la izquierda y estómago a la derecha.

También se debe determinar la concordancia tanto auriculoventricular como ventriculoarterial y la valoración de la configuración y función valvular e integridad del septum interauricular e interventricular. Posteriormente se caracteriza la configuración, el diámetro y disposición de la aorta, de la arteria pulmonar y el drenaje venoso.

La conexión atrioventricular es biventricular al conectarse los atrios a un ventrículo y univentricular cuando los atrios se conectan a un ventrículo. Se caracteriza morfológicamente a cada ventrículo y se determina su disposición. El ventrículo izquierdo con aspecto compacto del músculo y dos músculos papilares. El ventrículo derecho de morfología triangular con aspecto trabeculado y banda moderadora.

En la conexión atrioventricular se analiza el tipo y el modo de unión entre los atrios y ventrículos. El tipo de unión atrioventricular se refiere a la anatomía de la unión atrioventricular. En la conexión atrioventricular concordante, el atrio derecho se conecta al ventrículo derecho y el atrio izquierdo se conecta al ventrículo izquierdo; en la conexión atrioventricular discordante el atrio derecho se conecta al ventrículo izquierdo y el atrio izquierdo, al ventrículo derecho, independientemente de la posición espacial que guardan estos segmentos entre sí. Es posible que exista conexión atrioventricular concordante con el atrio derecho a la derecha y el ventrículo derecho a la izquierda, y un atrio izquierdo a la izquierda con un ventrículo izquierdo a la derecha. Esta forma de relación espacial se conoce como criss-cross o conexiones atrioventriculares cruzadas. Existe doble entrada a un ventrículo cuando la mayor parte del diámetro de los orificios atrioventriculares de una válvula atrioventricular común se conecta a uno de los ventrículos. Y se conoce como ausencia de una conexión atrioventricular a aquel tipo de conexión en el que falta una de las válvulas atrioventriculares. Como es el caso de la atresia tricuspídea, en la que el atrio derecho no se conecta a la masa ventricular; está separado del corazón por el surco atrioventricular y el atrio derecho se comunica con el izquierdo por medio de un defecto septal interatrial.

La conexión ventrículo-arterial concordante es cuando la arteria pulmonar se conecta al ventrículo derecho, y la aorta, al izquierdo; en la discordante, la aorta se conecta al ventrículo derecho, y la arteria pulmonar, al izquierdo.

Existe doble cámara de salida del ventrículo derecho o del izquierdo cuando un orificio sigmoideo se conecta completamente, y el otro en más del 50%, con uno de los ventrículos, o bien cuando más de la mitad de los dos orificios sigmoideos se conectan con una cámara ventricular. La única vía de salida de un ventrículo se denomina a un solo tronco arterial que se conecta a la masa ventricular, por lo que el tronco común, la atresia pulmonar sin conexión del tronco arterial con la masa ventricular y la atresia aórtica sin conexión de la aorta con la masa ventricular se consideran como única vía de salida.<sup>30,31</sup>

En el caso de las cardiopatías congénitas el uso de cines eco de gradiente proporcionan información completa en 3D de imágenes al final de la diástole y final de la sístole cubriendo la totalidad de ambos ventrículos permitiendo el cálculo de la masa ventricular izquierda y derecha, volúmenes y fracción de expulsión.

La secuencia de mapeo de flujo aporta una medición directa de flujo pulmonar y aórtico valorando el volumen latido de ambos ventrículos. Además de valorar anomalía valvular la secuencia de mapeo de flujo permite caracterizar cortocircuitos.<sup>32,33,34</sup>

## **PATOLOGIAS CONGENITAS**

### **CONEXIÓN ANOMALA TOTAL DE LAS VENAS PULMONARES.**

En esta todas las venas pulmonares están conectadas a la circulación venosa sistémica y tienen una comunicación interatrial como defecto obligado. Se clasifica de acuerdo a su localización anatómica: supracardiaca cuando el colector venoso se conecta a la vena cava superior, a la vena innominada o a la ácigos (55%), se denomina cardiaco cuando la conexión es al seno coronario o al atrio derecho (30%), el infracardiaco tiene la

conexión a la vena cava inferior o a la vena porta (13%) y el 5% restante tiene una conexión mixta.

La RM permite confirmar el diagnóstico localizando la conexión de las venas pulmonares, ver la anatomía del septum interatrial para determinar si hay defecto y de que tamaño es, el tamaño de las cavidades, el grado de hipertensión pulmonar y si hay obstrucción.

#### CONEXIÓN ANOMALA PARCIAL DE VENAS PULMONARES.

La conexión parcial ocurre cuando una o dos venas pulmonares están conectadas al atrio derecho o a alguna de las venas sistémicas que desembocan en él. Generalmente se asocia con otro tipo de defectos cardiacos, más común defecto septal atrial del tipo ostium secundum o seno venoso superior (10%) de los casos. La asociación de conexión anómala de venas pulmonares derechas a la vena cava inferior relacionada a hipoplasia o secuestro pulmonar constituye el síndrome de cimitarra (FIG 26).

La RM con gadolinio nos puede dar la anatomía vascular del pulmón derecho, identificar si existe secuestro pulmonar.

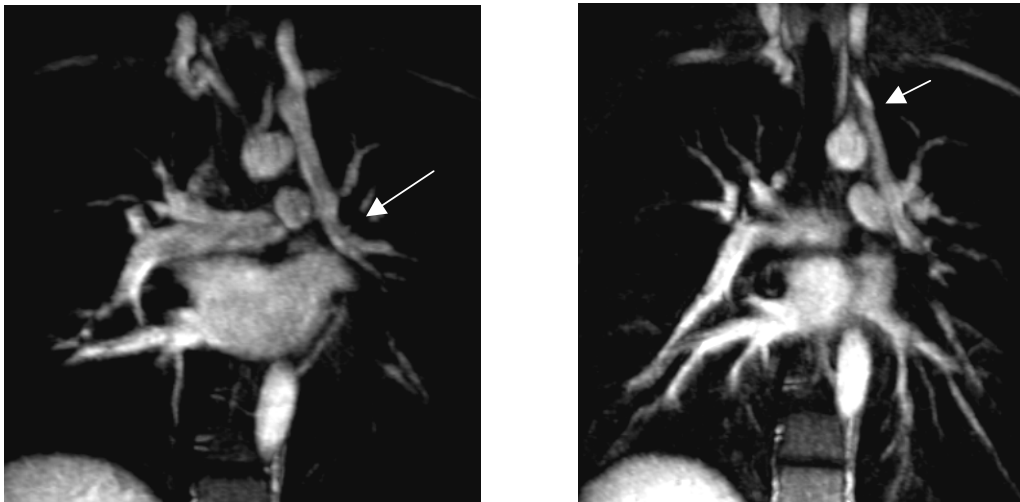


FIG 26. Imágenes coronales en donde se ve el origen anómalo de la vena pulmonar izquierda superior, observándose en la primera imagen que no drena en la aurícula izquierda, sino que asciende y posteriormente se une a la yugular.

#### COMUNICACIÓN INTERATRIAL (CIA).

La comunicación interatrial o interauricular es de las cardiopatías congénitas más frecuentes y es dos veces más común en mujeres. Se clasifica de acuerdo al sitio del septum interatrial donde se encuentre, siendo el más común en la fosa oval, llamado ostium secundum. El llamado seno venoso se localiza cerca de la vena cava superior y de la vena superior derecha. Otros tipos menos comunes son el ostium primum y el de tipo seno coronario. La enfermedad vascular pulmonar es rara en los niños y adolescentes, se presenta entre el 6 y 8% antes de la segunda década de la vida. En pacientes adultos, son también comunes las arritmias auriculares, como el floter o la fibrilación auricular.

La RM permite medir su tamaño, la localización y ver la repercusión hemodinámica, se puede realizar una imagen axial del septum interatrial, para ver el defecto en imágenes de sangre negra y en cine, lo que permitirá medir el defecto, así como las aurículas derecha e izquierda (FIG 27).<sup>35</sup>



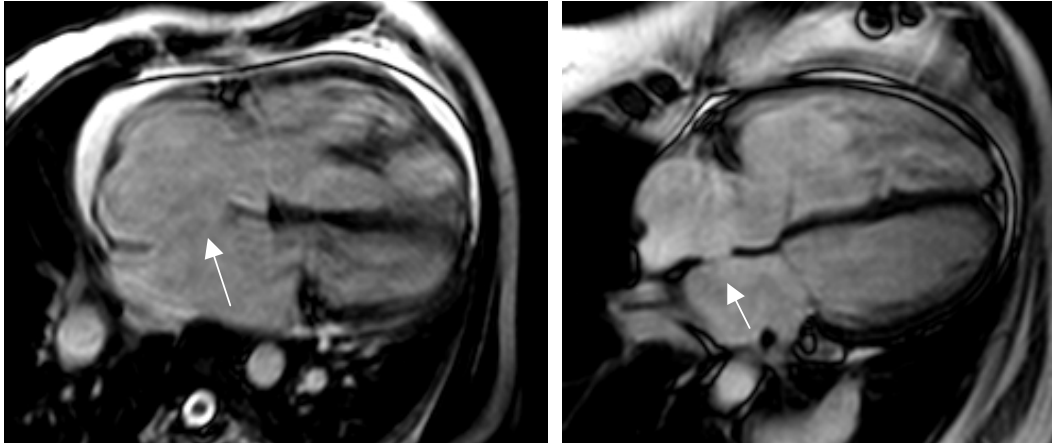


FIG 27. Imágenes en distintos pacientes que ejemplifican CIA de tipo ostium secundum, en diferentes grados de severidad.

#### COR TRIATRIATUM Y MEMBRANA SUPRAVALVULAR MITRAL.

Son malformaciones poco frecuentes que tienen en común la obstrucción al vaciamiento del atrio izquierdo. El cor triatriatum se refiere a la presencia de una membrana fibromuscular en el atrio izquierdo que lo divide en dos cámaras: la cámara venosa superior recibe el drenaje de las venas pulmonares y se comunica con la cámara inferior (atrio izquierdo verdadero) a través de uno a más orificios, que pueden o no ser obstructivos. El origen de la orejuela de esta cámara inferior es lo que hace la diferencia con la membrana supravalvular mitra, donde la orejuela está en la cámara superior. Habitualmente se asocia con un foramen oval permeable o una comunicación interatrial que comunica casi siempre el atrio derecho con la cámara inferior y menos con la superior.

La membrana supravalvular mitral es una delgada capa de tejido fibroso que se localiza generalmente a nivel del anillo, muy cercana al plano valvular y que incluso puede fusionarse con la valva anterior de la mitral.

La RM permite establecer la relación de la orejuela con la membrana, la localización de la comunicación interatrial, la cardiomegalia asociada, el grado de obstrucción, la repercusión hemodinámica y la hipertensión arterial pulmonar.

#### ESTENOSIS MITRAL CONGENITA.

Cardiopatía poco frecuente (1-2%), y hay que estudiarle el tamaño del anillo, las valvas, las cuerdas tendinosas y los músculos papilares, para identificar las variantes anatómicas en las que están involucrados estos elementos anatómicos; que puede ser: válvula mitral en paracaídas, hipoplasia anular, mitral en hamaca, prolapso mitral, hipoplasia o fusión de músculos papilares, anillo supravalvular mitral, elongación o ruptura de cuerdas tendinosas y doble orificio mitral. Se asocia con otras malformaciones como son los defectos de la tabicación auriculoventricular, la obstrucción de la vía de salida del ventrículo izquierdo y la coartación aórtica.

La RM determina la anatomía, el diámetro del anillo mitral, la movilidad de la válvula, el número de músculos, tamaño del ventrículo izquierdo y defectos asociados.

### INSUFICIENCIA MITRAL CONGENITA.

Puede presentarse asociado con estenosis o en niños asintomáticos y con anatomía valvular normal, La RM por medio de la técnica de cine y sangre negra permite el diagnóstico y determina la repercusión hemodinámica.

### DEFECTO DE LA TABICACION ATRIOVENTRICULAR.

Incluyen un amplio espectro de malformaciones cardiacas que tienen como característica común la presencia de un solo anillo fibroso atrioventricular común con uno o dos orificios valvulares, CIA tipo ostium primum, comunicación interventricular de la vía de entrada, modificación geométrica del ventrículo izquierdo, alteraciones del esqueleto fibroso del corazón, alteración del desarrollo de las válvulas atrioventriculares y del sistema de conducción. Cuando hay un orificio atrioventricular común o forma completa hay corto circuito tanto entre los atrios, como entre los ventrículos y la mayoría tiene insuficiencia valvular. La presión pulmonar esta elevada de forma importante. La cianosis es leve, y si es moderada o importante debe sospecharse estenosis pulmonar o enfermedad pulmonar vascular.

La RM permite visualizar el tabique atrioventricular y definir sus características y función de la válvula atrioventricular , ver su relación con los ventrículos y medir su tamaño, datos asociados y ver la vascularidad pulmonar.

### ANOMALIA DE EBSTEIN

Es la lesión congénita más frecuente de la válvula tricúspide, consiste en el adosamiento de los velos valvulares en el ventrículo derecho; el espectro de esta malformación es por el grado de adosamiento de las valvas tricúspides que en un extremo pueden llegar hasta por debajo de la válvula pulmonar y causar obstrucción y en el otro ser tan ligero que cursan asintomáticos. La porción del ventrículo derecho que esta cubierta por el velo valvular es delgada y se conoce como la porción atrializada del ventrículo derecho. Puede consistir en una fusión de las valvas, principalmente de la valva septal y posterior, fusionándose en una estructura membranosa que se extiende hacia la cavidad del ventrículo derecho y dividiendo al ventrículo derecho en una cámara proximal y distal. La porción proximal, consiste en el seno del ventrículo derecho, el cual se continúa con la aurícula derecha, mientras que la porción distal está compuesta por el tracto de salida del ventrículo derecho, funcionando como un ventrículo derecho. La valva anterior de la válvula tricuspídea frecuentemente es normal. Las valvas septal y posterior están deformadas y pueden estar completamente fusionadas con el endocardio del ventrículo y no insertan sobre el anillo fibroso. Un defecto del septo atrial frecuentemente está presente y puede consistir anatómicamente como una persistencia del forámen ovale o un verdadero defecto del septo atrial. La pared ventricular de la porción atrializada del ventrículo derecho es delgada y ha sido considerada como una parte integral de esta malformación. La porción distal o funcional del ventrículo derecho muestra hipertrofia de su musculatura.

La RM puede establecer el diagnóstico de los aspectos anatómicos y funcionales de la válvula tricúspide y de la patología asociada con detalle. (FIG 28)

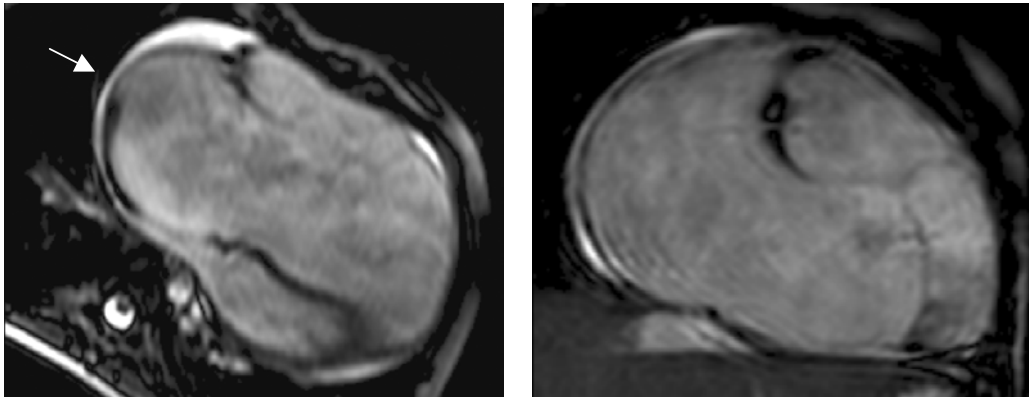


FIG 28 . Paciente con anomalía de Ebstein severo. Imágenes en cine eco de gradiente en planos de cuatro cámaras a la izquierda y dos cámaras a la derecha, en donde se observa dilatación severa de cavidades derechas, atrialización del ventrículo derecho (flecha) y adosamiento de la válvula tricúspide, con la disposición del anillo tricúspideo más claramente en la imagen de dos cámaras.

#### DISCORDANCIA ATRIOVENTRICULAR Y VENTRICULO ARTERIAL.

En esta la conexión entre los atrios y los ventrículos es discordante, el atrio derecho conecta con el ventrículo izquierdo y éste con la pulmonar, el atrio izquierdo esta conectado con el ventrículo derecho y éste con la aorta, sino hay defectos asociados la circulación es normal, por lo que se le conoce como transposición corregida de las grandes arterias. Los defectos cuando están presentes tienen una frecuencia de: comunicación interventricular 60-80%, estenosis de la pulmonar en 30-50% y en menor porcentaje anomalía de la tricúspide, obstrucción de la vía de salida del ventrículo izquierdo y del arco aórtico.

La RM permite el análisis detallado de los aspectos anatómicos y hemodinámicos.

#### COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR (CIV)

Orificio en el tabique músculo-fibroso que separa ambos ventrículos. Por su ubicación se clasifica en perimembranosa, en la vía de entrada, infundibulares y musculares. La perimembranosa se localiza en el área de continuidad fibrosa entre las válvulas tricúspide, mitral y aorta, es el tipo más frecuente y puede extenderse a otros segmentos, ya sea hacia la vía de entrada, o a la porción trabecular y hacia la vía de salida. En la de tipo de vía de entrada el orificio esta ubicado en el sitio de las válvulas auriculoventriculares, es el tipo más frecuente en los pacientes con síndrome de Down. Y por último las infundibulares se localizan en la vía de salida de los ventrículos. Los defectos de tipo muscular están situados en la porción trabecular del tabique. Estos defectos pueden ser múltiples y se suelen asociar con otras cardiopatías.

La RM es útil para realizar el diagnóstico y determinar la localización y las patologías concomitantes (FIG 29).



FIG 29. Imagen en cine eco gradiente cuatro cámaras en paciente con CIV y CIA.

#### TETRALOGIA DE FALLOT

Es la más frecuente de las cardiopatías con cianosis. La tetralogía incluye cabalgamiento de la aorta, defecto septal membranoso, estenosis pulmonar infundibular e hipertrofia ventricular derecha., en algunos casos además de estenosis de las arterias pulmonares y en casos severos colaterales pulmonares. El arco aórtico puede ser derecho hasta en 20%.

La tetralogía de Fallot es bien caracterizada por RM tanto en el diagnóstico y caracterización inicial, como en el seguimiento. La valoración de función ventricular así como de caracterización tisular para descartar fibrosis miocárdica son de vital importancia como factor pronóstico del paciente llevado a corrección (FIG 30).

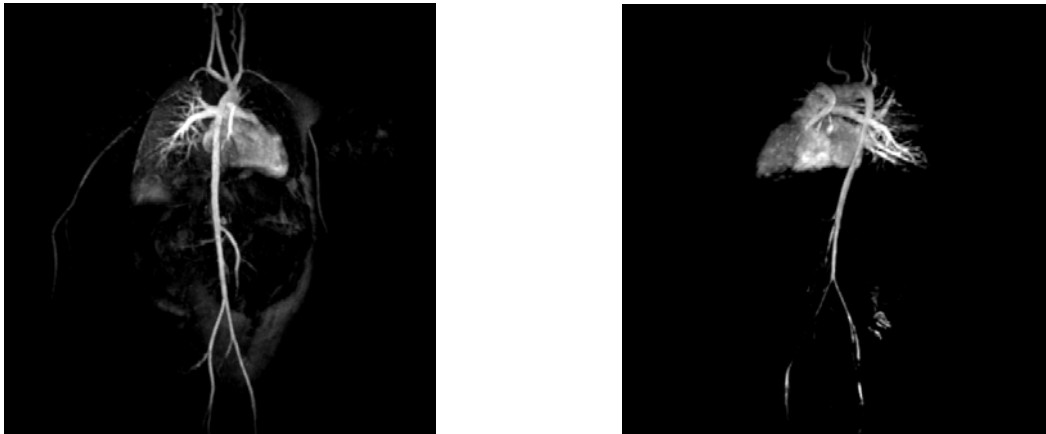


FIG 30. Imágenes de angiografía tomadas a un paciente con diagnóstico de tetralogía de Fallot.

#### ATRESIA PULMONAR

##### -CON COMUNICACIÓN INTERVENTRICULAR.

Es el extremo de la tetralogía de Fallot y se asocia con anomalías vasculares como las colaterales aorto-pulmonares, arco aórtico a la derecha y arteria subclavia aberrante. En esta ausencia de conexión, el flujo pulmonar se abastece a través de la circulación sistémica por medio del conducto arterioso y de colaterales aorto-pulmonares. En los pacientes con arterias pulmonares confluentes y que tienen flujo a través del conducto arterioso, la irrigación a los 20 segmentos pulmonares es completa. Sin embargo, 80% de las arterias pulmonares son no confluentes con una distribución incompleta que irriga

menos de 10 segmentos pulmonares. El tamaño y calibre de las pulmonares son distintas dependiendo del flujo que reciben y el sitio en que se produce. Las arterias colaterales emergen de la aorta torácica, menos frecuentemente de las arterias subclavias y excepcionalmente de la aorta abdominal o de la arteria coronaria izquierda. El número varía de seis o más, son diámetro de 1 a 20mm.

#### -CON SEPTUM INTACTO

Entidad poco frecuente con importancia en la etapa del recién nacido ya que el flujo pulmonar depende del conducto arterioso y al ocurrir el cierre fisiológico neonatal compromete el flujo del lecho vascular pulmonar y torna una emergencia el tratamiento. Habitualmente el ventrículo derecho cuenta con sus tres porciones pero es pequeño, hay obstrucción en la salida a nivel de la válvula que está fusionada. Las otras variantes anatómicas se refieren a ausencia de la porción trabeculada y una tercera donde también participa la porción infundibular. Es obligada la permeabilidad del conducto y una comunicación interauricular para desahogar el retorno venoso sistémico. El tamaño del anillo tricuspídeo es importante, cuando hay anillo pequeño y suficiencia valvular la presión dentro del ventrículo derecho es muy alta, lo que determina la presencia y función de sinusoides intramiocárdicos que drenan al sistema venoso coronario y de ahí las arterias coronarias en forma retrógrada.

La RM permite conocer la anatomía, medir la válvula tricuspídea, observar su función, determinar el tamaño del ventrículo derecho, tamaño del defecto interauricular y la permeabilidad o estenosis de la válvula pulmonar.

#### DOBLE VIA DE SALIDA DEL VENTRICULO DERECHO.

Es un tipo de conexión ventrículo-arterial donde ambas arterias o más de 50% del porcentaje de diámetro de ambos orificios sigmoideos se conectan con el ventrículo derecho. Se clasifica en relación a la proximidad que haya entre el sitio de la comunicación interventricular y las sigmoideas aórtica y pulmonar, es necesario describir la posición de las arterias (FIG 31). Y la CIV puede ser subaórtica, subpulmonar, doblemente relacionada y la no relacionada.

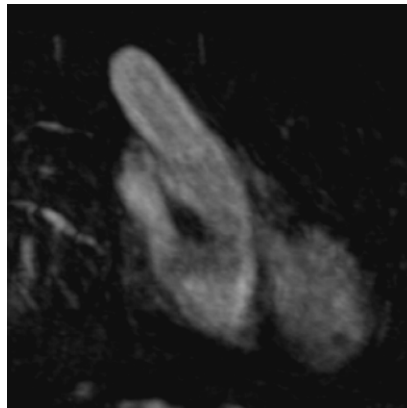


FIG 31. Imagen de reconstrucción en máxima intensidad de proyección que muestra una doble salida del ventrículo derecho.

#### DOBLE VIA DE SALIDA DEL VENTRICULO IZQUIERDO.

Tipo de conexión ventrículo-vascular donde ambos vasos o la mayor parte de sus diámetros sigmoideos se conectan con el ventrículo izquierdo, entidad muy rara. Los tipos son de acuerdo a la conexión interventricular y la relación de las grandes arterias. La CIV subaórtica es la más común con la aorta anterior y a la derecha o izquierda de la

pulmonar. La estenosis pulmonar es una lesión asociada. En ocasiones el ventrículo derecho puede ser pequeño o hipoplásico.

#### TRANSPOSICION DE GRANDES ARTERIAS.

Es una de las cardiopatías más frecuentes en la infancia. Embriológicamente es producto de una rotación y reptación anormal del truncus arterial lo que da origen a la discordancia ventrículo-arterial, por lo que la aorta emerge del ventrículo derecho y la pulmonar del izquierdo. Se asocia frecuentemente con conducto arterioso, defecto en septum interatrial, CIV, obstrucción del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la coartación.

La RM puede dar detalle anatómico que aporte datos importantes para el tratamiento oportuno (FIG 32).

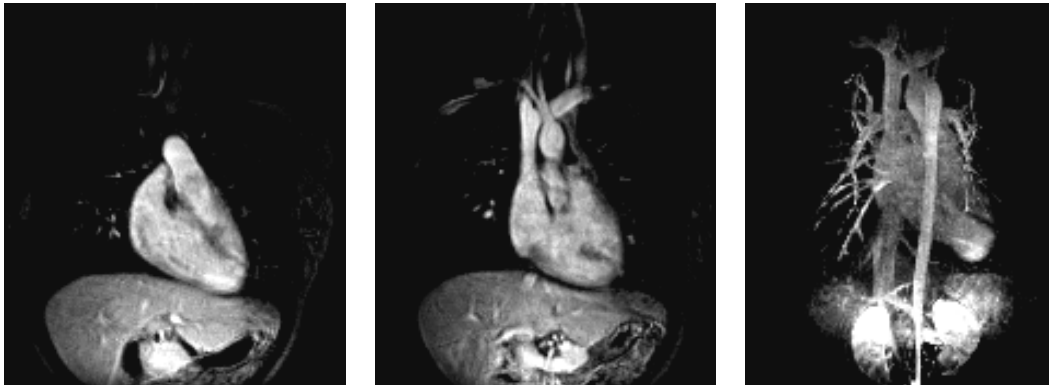


FIG 32. Imágenes que ejemplifican la presencia de transposición de grandes arterias, en donde la aorta emerge del ventrículo derecho y la arteria pulmonar del izquierdo.

#### TRONCO ARTERIOSO COMUN.

Esta única vía de salida del corazón se caracteriza por un solo vaso da origen a la circulación coronaria, pulmonar y sistémica por un aparato sigmoideo que puede tener de dos a cuatro valvas y una comunicación interventricular que hace que la válvula se situé a caballo entre los dos ventrículos. El tronco se clasifica de acuerdo a la emergencia de la pulmonar y sus ramas; en el tipo I después de la sigmoidea hay un tronco de la pulmonar que se divide en sus dos ramas y la aorta con su arco derecho; en el tipo II de la aorta ascendente por su cara posterior emergen las dos ramas de la pulmonar, en el III las ramas de la pulmonar emergen de las porciones laterales de la aorta ascendente; y hay un IV que no tiene ramas pulmonares y que corresponde más bien a la atresia pulmonar con CIV.

#### PERSISTENCIA DEL CONDUCTO ARTERIOSO

Se trata de una estructura vascular que conecta la arteria pulmonar con la aorta descendente. La unión a nivel de la arteria pulmonar se encuentra inmediatamente a la izquierda de la bifurcación del tronco de la arteria pulmonar y en la unión del arco aórtico con la aorta descendente y distal del origen de la arteria subclavia izquierda. Posterior al nacimiento el conducto persistente tiende a cerrarse fisiológicamente entre las primeras 12 y 15 horas de vida y anatómicamente en las primeras 4 semanas. La fisiopatología de la persistencia del conducto arterioso dependerá de dos factores: tamaño del conducto arterioso t la relación de resistencias pulmonares y sistémicas (FIG 33).

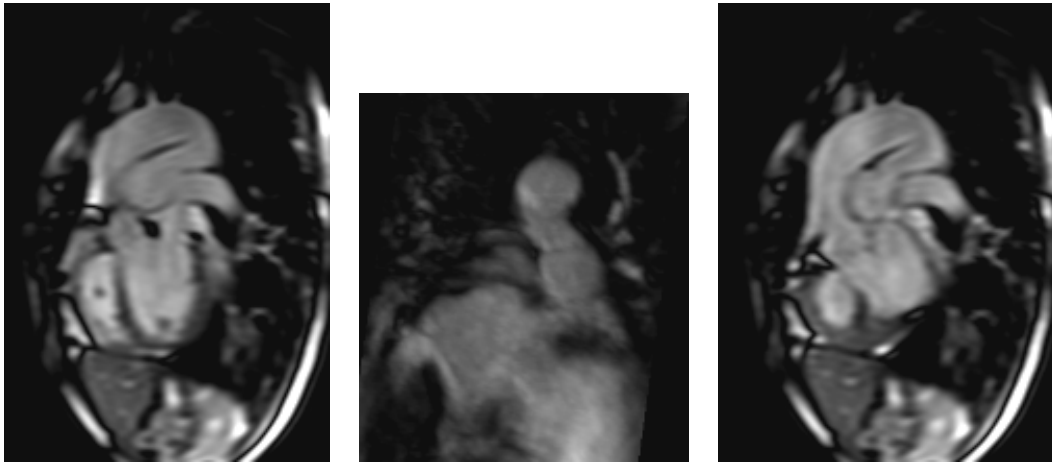


FIG 33. Imágenes en distintos planos que muestra la persistencia del conducto arterioso.

#### VENTANA AORTOPULMONAR

Es una entidad poco frecuente donde hay una comunicación a través de un orificio, entre la aorta ascendente y la arteria pulmonar. El orificio es de tamaño variable y suele detectarse más en edades pediátricas y excepcionalmente en el adulto. La clasificación más usada la divide en: I proximal, en donde existe comunicación entre el tronco pulmonar y la aorta ascendente; II distal, hay una comunicación entre la pared posterolateral izquierda de la aorta y la zona de bifurcación del tronco de la arteria pulmonar con su rama derecha; III total, falta del septum aortopulmonar pero las válvulas semilunares se encuentran separadas, anatómica y funcionalmente, lo que permite el diagnóstico diferencial con tronco común (FIG 34).

En la RM se ve el defecto entre la aorta y la arteria pulmonar, se ve la dilatación secundaria de las cavidades cardiacas y se caracterizan las válvulas semilunares.

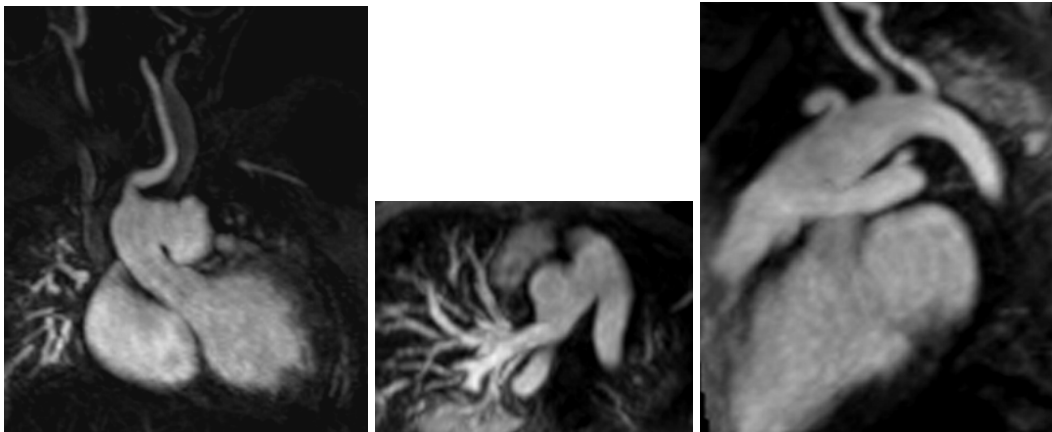


FIG 34. Imágenes de paciente con ventana aortopulmonar clase II, en las que se identifica en los diferentes planos la comunicación entre la aorta ascendente y la arteria pulmonar a nivel de su bifurcación.

#### INTERRUPCION DEL ARCO AORTICO

Se define como la falta de continuidad anatómica entre la porción transversa o istmo aórtico con la aorta descendente. Es rara, pero con elevada mortalidad. Se clasifica de acuerdo al sitio de interrupción en: Tipo A después del nacimiento de la subclavia izquierda. Tipo B (50%) entre la carótida y la subclavia izquierda. Tipo C después del nacimiento del tronco braquiocefálico.

## ANILLO VASCULAR

Malformación que se establece por la persistencia o la pérdida de segmentos específicos del arco aórtico rudimentario. En el desarrollo embrionario, alrededor del día 36, seis pares de arcos faríngeos dan origen a seis respectivos arcos aórticos con simetría izquierda-derecha y constituyen el soporte vascular primitivo de las estructuras braquiocefálicas. El sistema de arcos aórticos son vasos comunicantes bilaterales que conectan las aortas ventrales con las dorsales, se forman dentro de los respectivos arcos braquiales en número de seis con involución del quinto par. Los arcos aórticos, las aortas ventrales y las dorsales forman un sistema vascular bilateral que rodea al intestino anterior. De las formas de anillo vascular incompleto con arco aórtico derecho la más frecuente es el origen anómalo de una arteria subclavia izquierda desde un divertículo retroesofágico. El anillo vascular se extiende más por la presencia de ligamento arterioso que no completa totalmente el anillo, pasando desde la arteria subclavia izquierda aberrante a la porción proximal de la arteria pulmonar.

## ENFERMEDAD VALVULAR.

Dentro de las enfermedades congénitas que afectan las válvulas cardiacas se encuentran la estenosis valvular pulmonar, estenosis aórtica, atresia tricuspídea, entre otras, sin embargo, las enfermedades de las válvulas cardiacas adquiridas constituyen un grupo de patologías muy frecuentes en el campo de la cardiología en nuestro país, por la presencia de fiebre reumática, de endocarditis infecciosa y de otras patologías que pueden llevar a lesiones del aparato valvular, por lo que la detección oportuna y precisa de las lesiones valvulares tenga una gran importancia.

Mediante la RM es posible el caracterizar con secuencias de cine, tanto la estenosis como la insuficiencia valvular al observar un “jet” (flujo sanguíneo diferenciable del resto de la sangre contenida en una misma cavidad) condicionado por la patología valvular, el cual se observa en las imágenes como ausencia de señal. Con esta técnica es posible definir la configuración estructural de la válvula, el anillo y área valvular, se puede aplicar la secuencia denominada mapeo de flujo que permite cuantificar la velocidad del flujo y determinar un gradiente transvalvular. En la misma exploración se caracterizan las cavidades cardiacas y se obtienen los volúmenes ventriculares con el fin de determinar la repercusión hemodinámica y severidad de la valvulopatía. Y se excluye la presencia de trombos intracavitarios. El método de RM tiene una sensibilidad del 98% y una especificidad del 95% con una precisión diagnóstica del 97% en la identificación de insuficiencia aórtica y mitral. A través del análisis de la insuficiencia tricuspídea se puede calcular la presión sistólica de la arteria pulmonar (FIG 35, 36, 37 y 38).

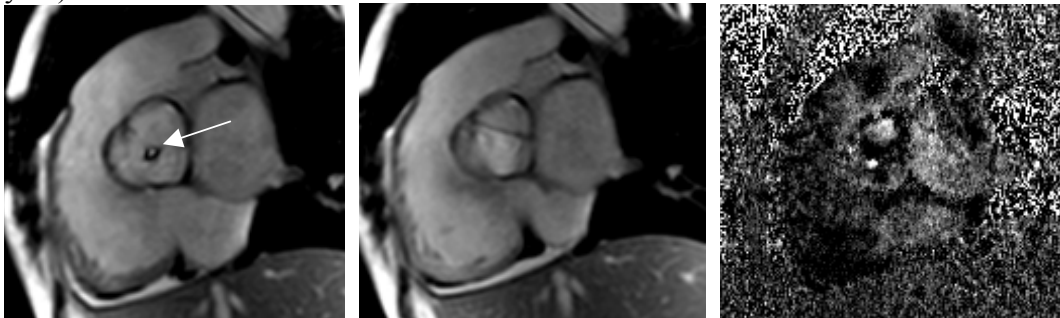


FIG 35. Imágenes en eco gradiente en fase sistólica y diastólica de la válvula aórtica y de flujo en las que se observa insuficiencia valvular aórtica (flecha).



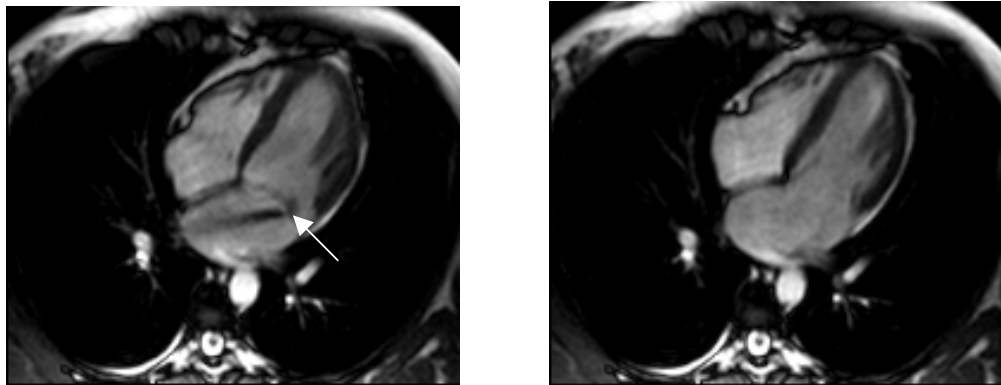


FIG 36. Imágenes de eco gradiente en cuatro cámaras con insuficiencia mitral severa.

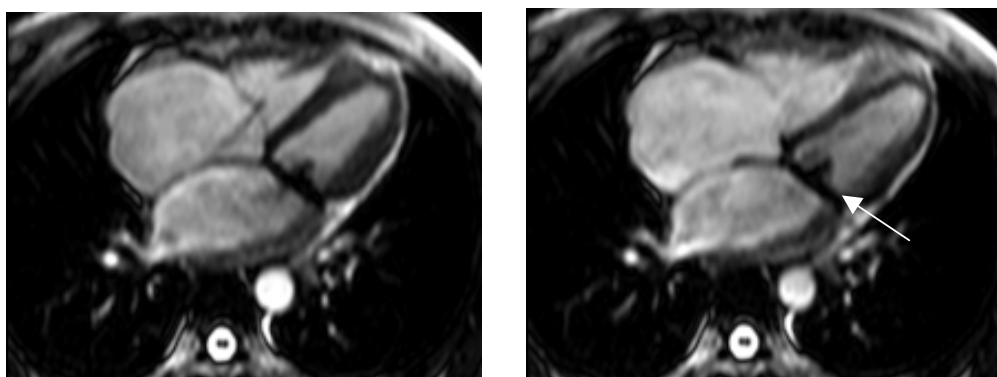


FIG 37. Imágenes de eco gradiente en cuatro cámaras que ejemplifica la presencia de insuficiencia tricuspídea y doble lesión mitral en el mismo paciente.

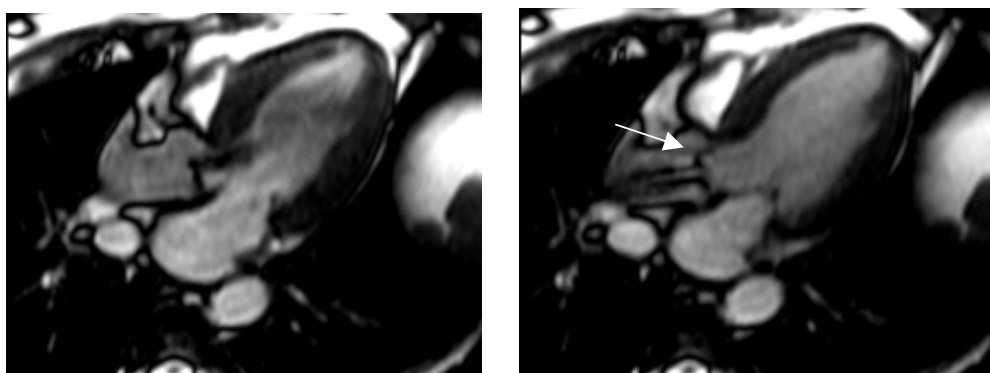


FIG 38. Imágenes de eco gradiente de vía de salida del ventrículo izquierdo en el que se observa doble lesión aórtica con calcificación de las valvas y jet de insuficiencia.

## TUMORES CARDIACOS.

La excelente resolución espacial y la habilidad de dar la caracterización tisular, hace a la resonancia magnética una herramienta ideal para la evaluación de tumores; ya que puede eficazmente confirmar la presencia, dar la localización y caracterizar las masas cardíacas. Así mismo ayuda de imágenes en cine de eco gradiente, se puede determinar el efecto hemodinámico del tumor y proporcionar al cirujano la vía de abordaje quirúrgico ideal. Ocasionalmente un flujo lento puede enmascarar la apariencia de una masa cardíaca, y esto se mejora al utilizar RM. Además situaciones como músculos papilares prominentes, ventrículos trabeculados y banda moderadora prominente, son estructuras normales, que pueden enmascarar una masa al evaluarse por ultrasonido. La utilización de T1 pesado y T1 con supresión grasa, puede ayudar al diagnóstico de tumores grasos.<sup>36</sup>

Los tumores cardíacos pueden clasificarse en primarios y secundarios, dividiendo al grupo de los primarios en benignos y malignos. La frecuencia de los tumores cardíacos es baja, con una prevalencia estimada en autopsias de 0.002% a 0.3% y 0.15% en las series ecocardiográficas. La mayoría de los tumores cardíacos primarios son benignos, siendo el más común de estos el mixoma y menos frecuentemente los lipomas y los fibromas. El involucro metastático es 40 veces más frecuente que los tumores primarios. Y los primarios malignos, son realmente raros, siendo la mayoría de origen sarcomatoso. El angiosarcoma es el más frecuente en los adultos y el rhabdomioma en los niños.

Para la diferenciación de los tejidos en normal y anormal, la RM se basa en las diferencias intrínsecas de la densidad de protones de hidrógeno y las propiedades de relajación en T1 y T2. Las células malignas son más grandes que las normales y contienen más agua intracelular libre, además por la reacción inflamatoria asociada, tienen más líquido intersticial extracelular; implicando contenido más alto de agua libre y por lo tanto un tiempo de relajación mayor en T1 y T2. Para obtener una imagen adecuada, es necesario contar con sincronización cardíaca y técnicas de imagen SE (spin eco) ecoplanares. Con el uso de gadolinio, un reforzamiento moderado o importante es predictivo de malignidad, y en contraste poco reforzamiento será encontrado en 40 a 50% de tumores cardíacos.<sup>37</sup>

Los mixomas se presentan generalmente entre las décadas cuarta y séptima, con una minoría (7%) formando parte del síndrome de Carney, que incluye mixomas, lesiones hiperpigmentadas en la piel y tumores extracardíacos. Los síntomas que generalmente se atribuyen a la presencia de mixomas son: obstrucción del flujo, eventos embólicos, fiebre, malestar general o pérdida de peso.

En la RM la mayoría tendrán intensidad de señal heterogénea, con el tejido mixomatoso más hipointenso en relación con el tejido miocárdico en T1 e hiperintenso en T2, por el contenido de agua extracelular y el tejido fibroso se verá hipointenso en T1 y T2. Si existen áreas de hemorragia aguda dentro del mixoma, estas se verán hipointensas en T1 y T2, mientras que la sangre vieja con metahemoglobina serán hiperintensas en ambas secuencias y la hemosiderina hipointensa. Posterior a la administración de gadolinio el reforzamiento será con patrón heterogéneo, por la inflamación y aumento en la

vascularidad. Las imágenes en cine demostrarán la movilidad del mixoma aclarando la presencia o ausencia de prolapso a través de la válvula mitral (FIG 39).<sup>38</sup>

Los principales diagnósticos diferenciales son: trombo intraauricular o fibroelastoma papilar; siendo los mixomas más comunes en localización anterior al septum interauricular, mientras que los trombos son más comunes en la región posterior de la aurícula izquierda; además con la administración de gadolinio, generalmente los trombos no presentan reforzamiento y los fibroelastomas papilares son más pequeños y tienen diferente intensidad de señal.

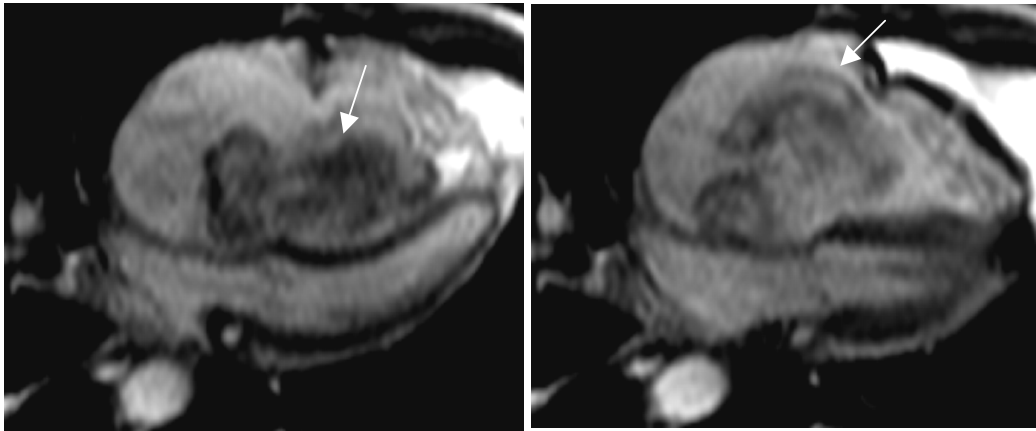


FIG 39. Imagen en cuatro cámaras en la que se observa una imagen hipointensa en cine eco gradiente, que corresponde con un mixoma auricular; que durante la diástole (imagen de la izquierda) se origina en la aurícula derecha y protruye hacia el ventrículo derecho; y que en la sístole (imagen derecha), se mueve, teniendo su mayor componente en aurícula derecha.

Los lipomas son los segundos tumores benignos más frecuentes, son colecciones encapsuladas de células adiposas y la mayoría son hallazgos incidentales, aunque pueden dar sintomatología. Pueden crecer del epicardio o endocardio, aunque la mayoría son subepicárdicos y se expanden al pericardio.

El angiosarcoma es el tumor maligno más común en adultos, representa el 37%. Es un tumor de las células mesenquimatosas caracterizado por espacios vasculares anastomóticos mal definidos delineados por células endoteliales atípicas. Típicamente involucra la aurícula derecha. Su presentación es tardía, por lo que generalmente cuando se diagnostica ya tiene metástasis pulmonares. En RM, típicamente se ve como masa grande heterogénea que involucra la aurícula derecha con o sin alteración pericárdica; se ve heterogéneo en T1 con áreas de señal de intensidad baja, alta o isointensas; que reflejan el tejido tumoral, la necrosis o la presencia de metahemoglobina. En T2 se ve heterogéneamente hiperintenso. Posterior a la administración de gadolinio se ve reforzamiento heterogéneo con superficie marcadamente reforzada también se ha descrito apariencia de rayos de sol) y áreas centrales de necrosis.

El sarcoma indiferenciado es la segunda causa de tumor maligno, con prevalencia de 24 a 37.5%. Por lo menos 80% crecen en la aurícula izquierda, aunque pueden involucrar las válvulas. Su apariencia en RM es similar a los sarcomas; masa irregular isointensa que infiltra al miocardio.

El rhabdiosarcoma es el tumor maligno más frecuente de los niños. Crece del músculo estriado y tiene dos tipos histológicos: embrionario y pleomórfico (menos frecuente y en adultos). En RM isointenso al miocardio en T1 con reforzamiento más o menos homogéneo posterior a la administración del contraste, aunque puede tener áreas sin reforzamiento por la necrosis.<sup>39</sup>

#### INVOLUCRO METASTASICO.

El involucro maligno secundario es 20 a 40 veces más frecuente que las neoplasias primarias. La neoplasia primaria más frecuente a dar metástasis al corazón es carcinoma broncogénico, seguido por linfomas, leucemias y carcinomas de mama y esófago. El sitio de involucro es frecuentemente el pericardio con o sin invasión del miocardio adyacente. La dispersión es primariamente por vía retrograda a través de los linfáticos mediastinales, algunos como el melanoma y ocasionalmente los sarcomas pueden tener diseminación hematogéna. Y la invasión directa puede ocurrir con tumores bronquiales, de mama y esofágicos.

En RM no hay características específicas que distingan tumores malignos primarios de metástasis, teniendo ambos la misma apariencia, excepto el melanoma que será hiperintenso en T1 y T2. El derrame pericárdico generalmente se asocia con diseminación metastásica y puede ser hemorrágico o serosanguinolento que será hiperintenso en T1 (FIG 40).<sup>40</sup>

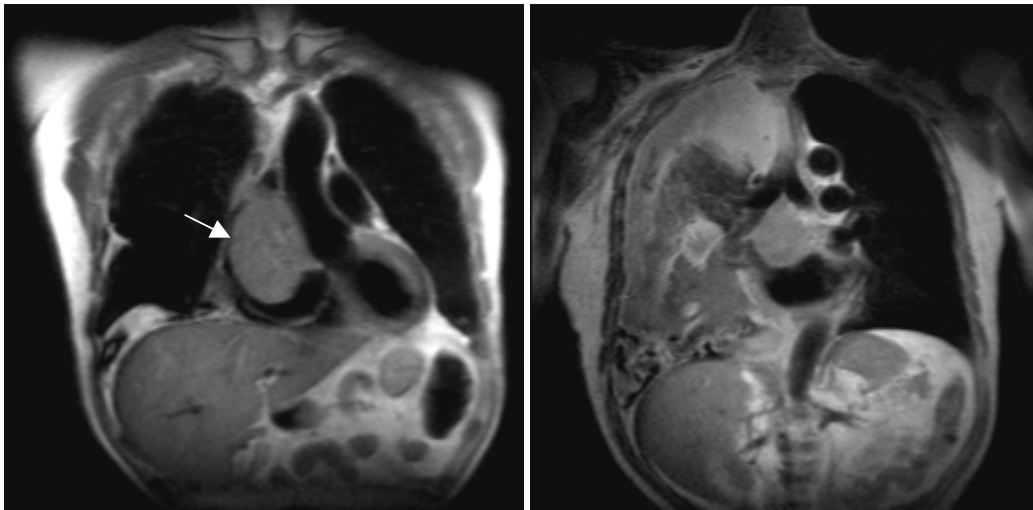


FIG 40. Paciente femenina con antecedente de melanoma. La primera imagen muestra una imagen coronal en donde se aprecia el tracto de salida del ventrículo izquierdo y una tumoración hiperintensa en T1, que ocupa casi la totalidad de la aurícula derecha. En la segunda imagen es un plano axial en T1, en donde se ve el involucro de la aurícula derecha, derrame pleural serohemático y áreas de consolidación pulmonar.

## PATOLOGÍA VASCULAR.

En los últimos años la resonancia magnética contrastada en 3D ha evolucionado como una importante herramienta diagnóstica para la enfermedad vascular aórtica, ya que aunque la angiografía por sustracción digital ha sido considerada como el método de elección durante años, conlleva riesgos y efectos adversos. Y la tomografía computada multidetector ha sido utilizada como medio diagnóstico no invasivo, sin embargo, una importante desventaja es el uso de radiación ionizante y el efecto nefrotóxico de los materiales de contraste empleados.<sup>41</sup>

Dentro de las aplicaciones clínicas principales se pueden mencionar las siguientes:

La disección aórtica resulta del paso de sangre de la luz verdadera a través de un defecto de la pared a la capa media, separándola de la íntima; resultando en una luz verdadera y otra falsa separadas por un colgajo (FLAP) de íntima. Por medio de la resonancia es posible realizar el diagnóstico, llevar a cabo su clasificación e identificar datos tempranos como el hematoma intramural, úlcera penetrante o lesiones en la pared de la aorta, para prevenir su desarrollo.

Se realiza una valoración por medio de secuencias de sangre negra de forma multiplanar para observar el FLAP e identificar su extensión y también se puede valorar el movimiento del FLAP en cortes sagitales oblicuos. La secuencia T1 eco de gradiente con saturación grasa pre-contraste y post-contraste es esencial en la detección de hematoma intramural y falso lumen trombosado asociado a disección. La hemorragia intramural reciente se observa hiperintensa en imágenes no contrastadas. Y permite caracterizar la extensión proximal o distal de la disección y el involucro de troncos supra-aórticos o bien arterias viscerales. Esta misma permite demostrar el llenado secuencial de la luz verdadera y falsa para identificar los puntos de entrada y salida de la disección (FIG 41).<sup>42</sup>



FIG 41 Imágenes de la aorta torácica en las que se identifica una disección aórtica cuyo origen esta en la raíz aórtica, la cual también muestra un aneurisma y se extiende a la aorta descendente en su región suprarrenal.

La causa más común de aneurismas es la aterosclerosis en la que se afecta más frecuentemente la aorta descendente. Causas menos frecuentes son trauma, anomalías congénitas, desordenes del tejido conectivo como Ehlers-Danlos y síndrome de Marfan. Se denomina aneurisma verdadero cuando la dilatación incluye las

tres capas de la aorta y pseudoaneurisma o aneurisma falso, se denomina a la perforación de la pared que produce la extravasación de la sangre, afuera de la luz aórtica, que se acumula generalmente en la pared del mediastino; la sangre puede contenerse por el tejido conectivo perivascular y el trombo, que le forma una cápsula fibrosa. La RM es el método ideal en la evaluación de aneurismas por su capacidad multiplanar. La técnica más útil en este caso es el angioresonancia para determinar la localización, extensión, diámetro exacto, así como involucro de troncos supra-aórticos o arterias viscerales. La RM es utilizada en el monitoreo y seguimiento en la progresión de la enfermedad, para obtener resultados óptimos es importante el realizar mediciones en la misma localización para que exista exactitud en el seguimiento. Se realiza complemento con imágenes de cine para evaluar la repercusión hemodinámica de la enfermedad en el ventrículo izquierdo y la función valvular aórtica. (FIG 42)<sup>43</sup>

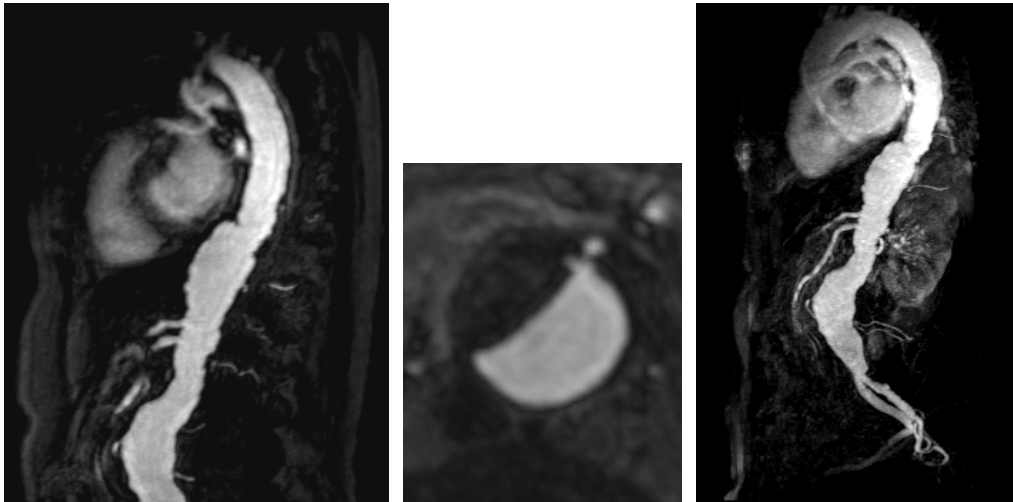


FIG 42 Imágenes en donde se observa la presencia de un pseudoaneurisma y disección de la aorta descendente.

Otra aplicación es el diagnóstico de vasculitis, como es el caso de la enfermedad de Takayasu, la cual es una vasculitis granulomatosa idiopática, más frecuente en mujeres jóvenes y en la que se logra identificar el adelgazamiento de las ramas proximales de la aorta, la aorta torácica o abdominal. Su clasificación se basa en la distribución de la patología; siendo la tipo 1 cuando la estenosis involucra el arco aórtico y sus ramas, la tipo 2 involucra la aorta torácica descendente, la aorta abdominal y ramas medias; la tipo 3 combina el involucro del arco aórtico y la aorta abdominal; y la tipo 4 es la combinación de afección en las arterias pulmonares y la aorta. Se asocia con aneurismas en 10 a 15% de los casos. (FIG 43A)<sup>44</sup>

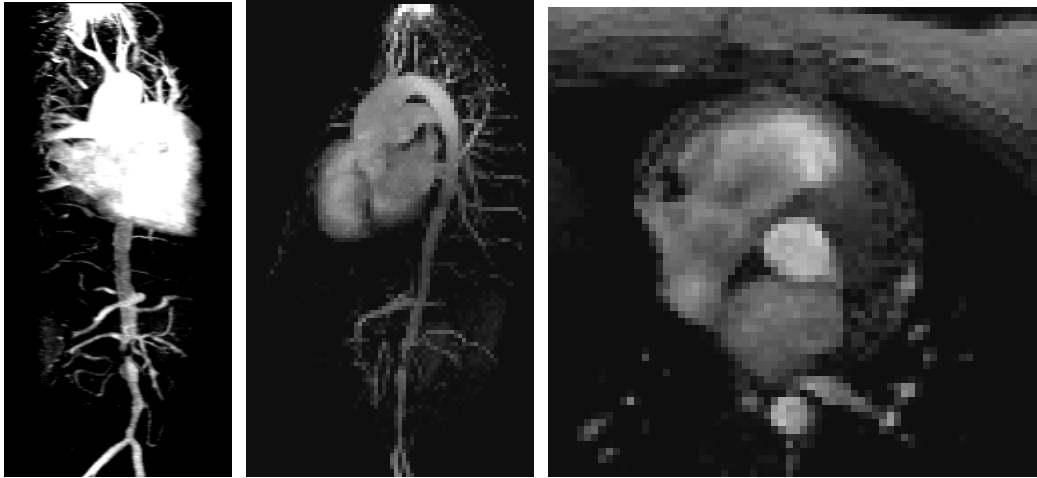


FIG 43A Paciente con enfermedad de Takayasu en donde se observa importante adelgazamiento de la aorta.

Algunas otras aplicaciones de la RM vascular es la evaluación de las arterias periféricas, las arterias carótidas, las arterias renales y el resto de las estructuras vasculares que pueden contener patología.(FIG 43B y C)<sup>45,46</sup>

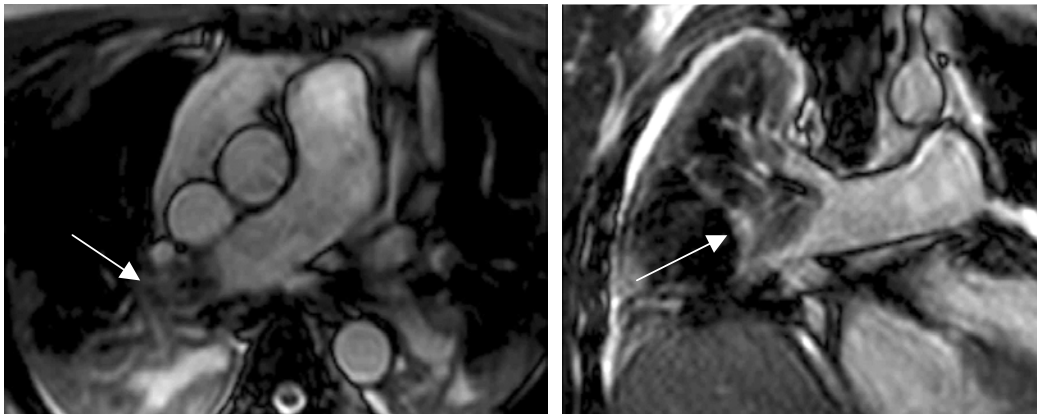


FIG 43B Imágenes que ejemplifican la presencia de un trombo en la arteria pulmonar derecha, en plano axial y coronal oblicuo.

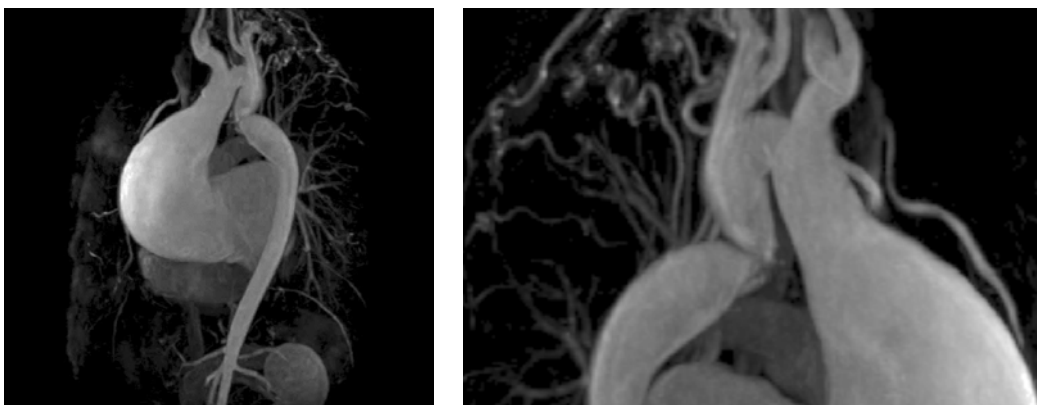


FIG 43C Imágenes de angiorresonancia de coartación aórtica.

## **PATOLOGÍA PERICARDICA.**

El pericardio está constituido por dos hojas de tejido, una adherida al pericardio que es visceral y otra hoja parietal la cual provee estabilidad; y entre ambas hay 33 a 50 ml de líquido para disminuir la fricción, en el espacio pericardico. El pericardio fibroso se fusiona con la adventicia de la aorta, la vena cava superior, arterias pulmonares derecha e izquierda, pero no cubre la vena cava inferior. La porción visceral del pericardio seroso se continúa con la porción parietal del pericardio seroso a nivel de los grandes vasos. En la evaluación de la enfermedad pericárdica, la RM es un método no invasivo particularmente útil y sensible. Sus desventajas son; la imposibilidad para ver calcificaciones pericárdicas, el mayor tiempo necesario para obtener imágenes y la claustrofobia. La RM proporciona una excelente delineación de la anatomía pericárdica y ofrece información sobre la localización precisa de varias lesiones pericárdicas, incluyendo los derrames, la pericarditis constrictiva y la rigidez pericárdica, la presencia de masas pericárdicas y anomalías congénitas del pericardio como lo son la ausencia parcial o total del pericardio. Las secuencias típicamente usadas son: T1 en relación al eje cardiaco y para determinar la función ventricular en caso de patología se adquieren cines. En el caso de derrame la RM nos permite determinar la cantidad, la distribución y las características del líquido, lo cuál permite definir si se trata de líquido de aspecto exudativo, inflamatorio, infiltrativo, o bien hemático, y determinar si existe compromiso en la función de las cavidades como es en el caso de tamponade. La RM es el método de elección en el diagnóstico de pericarditis constrictiva al caracterizar las cavidades cardiacas, analizar la función ventricular y determinar el grosor pericárdico.

Además la técnica permite no solo evaluar el pericardio de una manera aislada, sino que en el mismo proceso de adquisición de imágenes es posible estudiar el resto de las estructuras cardiacas y su funcionamiento, así como del resto de las estructuras intratorácicas, lo cual lo hace un método de diagnóstico no invasivo, relativamente rápido y bastante completo para el estudio del pericardio, sus enfermedades y patología concomitante.

La lesión quística más común del pericardio es el quiste pericárdico congénito, que esta delineado por células mesoteliales, con pequeño porcentaje con comunicación con la cavidad pericárdica, llamándose divertículo. La mayoría de los quistes peicárdicos son de localización anterior, adyacente al diafragma, se ha reportado 70% en ángulo cardiofrénico derecho, 18% en el izquierdo y el resto en cualquier lado del pericardio. Son generalmente redondeados u ovals con bordes lisos, la mayoría uniloculares.

Debido a que el corazón crece principalmente a la izquierda, la ausencia congénita del pericardio total es más frecuente en este lado, asociado a defecto pleural. La mayoría de los pacientes son asintomáticos, excepto cuando el defecto es parcial que puede acompañarse de dolor torácico, síncope, disnea o hasta muerte súbita, debido a que por este defecto puede herniarse el corazón o estrangularse. La RM puede confirmar perfectamente el diagnóstico.

La evaluación de la RM es muy completa en el derrame pericárdico, no sólo porque permite determinar la presencia de líquido y aproximar su cantidad, sino también la



repercusión hemodinámica sobre el corazón, el tipo de líquido y hasta determinar la causa.

La pericarditis constrictiva, se presenta en el caso en que existe cicatriz, que llega a obliterar el espacio pericárdico potencial. La pericarditis constrictiva tiene efectos fisiológicos sobre el corazón, ya que al estar rodeado por cicatriz o calcificaciones hay disminución en el gradiente de presión normal entre la vena pulmonar y el ventrículo izquierdo, llevando a alteración en el llenado del ventrículo izquierdo, siendo mayor en la diástole temprana. Con la RM es posible determinar el engrosamiento pericárdico y miocárdico.(FIG 44)

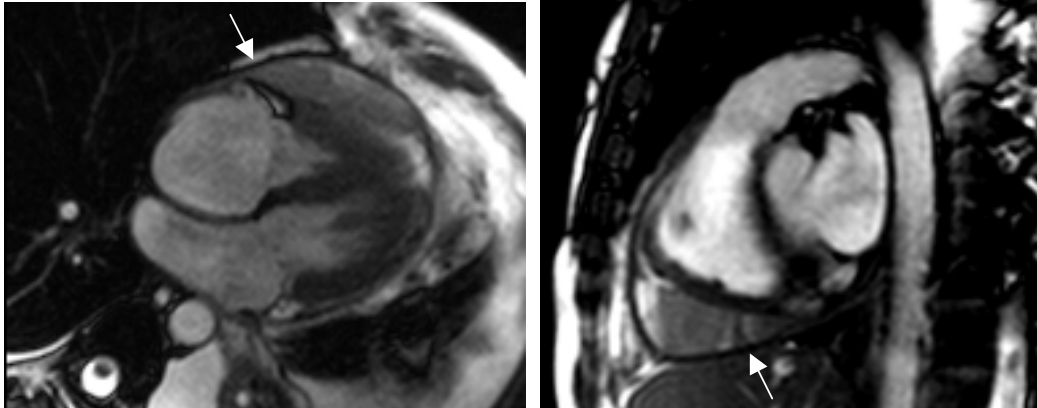


FIG 44. Imágenes en las que se identifica engrosamiento pericárdico con restricción sobre los ventrículos y dilatación auricular.

En el pericardio es más frecuente la presencia de tumores metastáticos, que los primarios, siendo más por cáncer pulmonar, de mama, leucemia o linfoma. Y la RM tiene un importante papel en su estudio, ya que sirve para estadiaje, evaluación de respuesta a tratamiento y búsqueda de derrame o engrosamiento pericárdico.<sup>1,47</sup>

## **CONTRAINDICACIONES.**<sup>48</sup>

Las contraindicaciones para la realización de un estudio de RM son:

Presencia de marcapaso, desfibrilador implantable o neuroestimulador.

Clips férricos intracraneales.

Implantes o cuerpos extraños metálicos intraoculares.

Fragmento metálico (ej. proyectil) cercano a una estructura vital.

Implante coclear o audífono.

Prótesis valvular Starr-Edwards modelo 6000 .

Claustrofobia

## **MEDIDAS DE SEGURIDAD:**

Debe tenerse en mente que: los objetos magnetizables introducidos en el campo magnético se convierten en proyectiles, por lo que pueden ocasionarse lesiones al paciente y al usuario y no debe utilizarse dispositivos de reanimación, como desfibriladores o botellas de oxígeno, en la sala de examen: no usar carros de transporte, camas móviles o camillas que estén compuestas de piezas metálicas; nunca vestir o llevar cosas magnetizables, como plumas, relojes, tijeras, etc.; y deben usarse sólo accesorios y artículos desechables compatibles con la RM.

## **CONCLUSIONES.**

El advenimiento de la RM como método no invasivo para el estudio del sistema cardiovascular, aunado a la optimización de la metodología en la adquisición de imágenes de RM, da como resultado un nuevo método para obtener un estudio diagnóstico, que precise la anatomía, la patología y su repercusión hemodinámica en el sistema cardiovascular.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- 1.- Nagel E., van Rossum A., Fleco E. Cardiovascular Magnetic Resonance. Ed. Stein-Kopff Verlag Darmstadt 2004.
- 2.- Lotz J. y cols. Cardiovascular Flow Measurement with phase contrast MR Imaging: Basic Facts and Implementation. Radiographics 2002; 22: 651-671.
- 3.- Lederman Robert. Cardiovascular Interventional Magnetic Resonance Imaging. Circulation 2005; 112; 3009-3017.
- 4.- Boxt. From the RSNA Refresher Courses: Cardiac MR Imaging: A guide for the beginner. Radiographics 1999; 19 (4):1009-1025.
- 5.- Fuster and Kim. Frontiers in Cardiovascular Magnetic Resonance. Circulation 2005; 112 (1): 135-144.
- 6.- Ryan S., McNicholas M. Anatomía radiológica. 1997. London. Ed. Marban.
- 7.- Gardner, Gray y O'Rahilly. Anatomía. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México 1989.
- 8.- Higgins C. y cols. Nuclear Magnetic Resonance imaging of the cardiovascular system. Radiographics January 1984; Special edition Vol. 4: 122-136.
- 9.- Higgins C. Cardiac Imaging. Radiology 2000; 217: 4-10.
- 10.- Gaba R. y cols. Cardiovascular MR Imaging: Technique Optimization and Detection of Disease in Clinical Practice. Radiographics 2002; 22: e6.
- 11.- Kramer H. y cols. Cardiovascular screening with Parallel Imaging Techniques and a Whole-Body MR Imager. Radiology 2005; 236; 300-310.
- 12.- Edelman R. Contrast-enhanced MR imaging of the Heart: Overview of the literature. Radiology 2004; 232: 653-668.
- 13.- Didier y cols. Detection and Quantification of Valvular Heart Disease with Dynamic Cardiac MR Imaging.. Radiographics 2000; 20 (5):1279.
- 14.- Edwards W., Tajik A., Seward J. Standardized nomenclature and anatomic basis for regional tomographic analysis of the heart. Mayo Clin Proc. 1981;56:479-497.
- 15.- Randolph M. y cols. Coregistered MR Imaging Myocardial Viability Maps and Multi-Detector Row CT Coronary Angiography Displays for surgical revascularization Planning: Initial experience. Radiology. 2005;217 (2): 465-473.
- 16.- Reeder S. y cols. Advanced Cardiac MR Imaging of Ischemic Heart Disease. Radiographics 2001; 21: 1047.
- 17.- Stephan C. y cols. Assessment of Myocardial Viability with Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging: Comparison with Positron Emission Tomography. Circulation 2002; 105: 162-167.
- 18.- Al-Saadi. N. y cols. Noninvasive Detection of Myocardial Ischemia from perfusion Reverse Based on Cardiovascular Magnetic Resonance. Circulation 2000; 101: 1379-1383.
- 19.- Higgins. Prediction of myocardial viability by MRI. Circulation 1999; 99: 727-9.
- 20.- Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization. J Am Coll Cardiol 1993; 33: 1848.
- 21.- Vogel-Claussen J. Delayed Enhancement MR Imaging: Utility in myocardial Assessment. Radiographics 2006;26 (3): 795-810.
- 22.- Yan A. y cols. Characterization of the Peri-infarct zone by Contrast-Enhanced Cardiac Magnetic Resonance Imaging Is a Powerful Predictor of Post-Myocardial infarction Mortality. Circulation July 4 2006; 114: 32-39.
- 23.- Van der Wall E. y cols. Magnetic Resonance Imaging in Coronary Artery Disease. Circulation 1995; 92: 2723-2739.

- 24.- Kim W. y cols. Coronary Magnetic Resonance Angiography for the detection of coronary stenosis. *N Eng J Med* 2001; 345: 1863-1869.
- 25.- Abdel y cols. Delayed Enhancement and T2-Weighted Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging Differentiate Acute from Chronic Myocardial Infarction. *Circulation* 2004; 109 (20): 2411.
- 26.- Rustemli A. and Wolff S.. Assessment of myocardial perfusion by adenosine contrast-enhanced MRI. *Supplement to applied radiology*. May 2006; 20-25.
- 27.- Castillo y cols. Regional Myocardial Function Advances in MRI Imaging and Analysis. *Radiographics* 2003; 23 (supplement 1): 127.
- 28.- Al-Saadi N. Cardiovascular MR in nonischemic cardiomyopathy. *Supplement to applied radiology*. May 2006; 32-39.
- 29.- Mojibian H., Flamm S. Congenital Heart Disease evaluation by MRI. *Supplement to applied radiology*. May 2006: 48-55.
- 30.- Dr. Jesús Vargas Barrón. Tratado de cardiología. Sociedad mexicana de cardiología. Ed. Intersistemas. 2006.
- 31.- Hartnell and Meier. MR angiography of Congenital heart disease in adults. *Radiographics* 1995; 15 (4): 781.
- 32.- Rebergen S. y cols. Cine gradient-echo MR imaging and MR velocity mapping in the evaluation of congenital heart Disease. *Radiographics* 1996; 16: 467-481.
- 33.- Varaprasathan y cols. Quantification of flow Dynamics in congenital heart Disease Applications of velocity-encoded Cine MR Imaging. *Radiographics* 2002; 22 (4): 895.
- 34.- Vannier M. y cols. Three-dimensional magnetic resonance imaging of congenital heart disease. *Radiographics* September 1985; 8 (5): 857-871.
- 35.- Nusser T. y cols. Cardiac Magnetic Resonance Imaging and Transesophageal Echocardiography in Patients with Transcatheter Closure of Patent Foramen Ovale. *JACC*. July 2006; 26 (3): 795-810.
- 36.- Martin D., Merchant N., MacDonald C. MR Imaging of cardiac masses: A review of current application and approach. *Applied Radiology*. May 2000: 10-20.
- 37.- Sparrow P. y cols. MR imaging of cardiac tumors. *Radiographics* 2005; 25: 1255-1276.
- 38.- Grebenc y cols. From the Archives of the AFIP: Cardiac Mixoma: Imaging Features in 83 patients. *Radiographics* 2002; 22(3): 673.
- 39.- Raney A.y Bello A. Cardiac MR evaluation of cardiac tumors and pericardial disease. *Supplement to applied radiology*. May 2006: 40-47.
- 40.- Mader y cols. Malignant tumors of the Heart and great vessels MR imaging appearance. *Radiographics* 1997; 17 (1): 145.
- 41.- Barbaric Z., Wegenius G., Anderson G. MR Imaging: Vascular anatomy of the abdomen. *Radiographics*. January 1989; 9 (1):69-84.
- 42.- Juerg Schwitter. MRI and MRA of the thoracic aorta. *Supplement to applied radiology*. May 2006; 6-13.
- 43.- Dymarkowski S. Evaluation of atherosclerosis with MRI. *Supplement to applied radiology*. May 2006: 14-19.
- 44.- Ho and Price. Thoracic MR aortography imaging technique and strategies. *Radiographics* 1998; 18 (2): 287.
- 45.- Stephen Wilmot Miller. *Cardiac Imaging: The Requisites*. Ed. Elsevier Mosby. USA 2005.
- 46.- Cardoso M., Criales J., Moncada R. *Tórax. Pulmón, Pleura y Mediastino*. Ed. Lippincott Williams and Wilkins. USA 1999.
- 47.- Olson M. y cols. Computed tomography and magnetic resonance imaging of the pericardium.. *Radiographics* July 1989; 9 (4): 633-649.

- 48.- Shellock F Reference manual for magnetic resonance safety.. 2003 Amirsys. 101-5.
- 49.- Papavassiliu T. y cols. Effect of endocardial Trabeculae on left ventricular measurements and measurement reproductibility at cardiovascular MR Imaging. Radiology 2005; 236: 57-64.
- 50.- Malayeri A., Lima J., Bluemke D. Magnetic Resonance Imaging in acute and chronic myocardial infarction. Supplement to applied radiology. May 2006: 26-31.
- 51.- Glockner J. y cols. Parallel MR Imaging: A User's Guide. Radiographics 2005; 25: 1279-1297.
- 52.- Page McAdams, P. Reddy. Cardiopulmonary Imaging. Categorical Course Syllabus. American Roentgen Ray Society . May 2005.
- 53.- Brant William, Helms Clyde. Fundamentals of Diagnostic Radiology. Ed. Lippincott Williams and Wilkins. USA 1999.