

Archivos de Cardiología de México

Volumen **75**
Volume

Número **4**
Number




Octubre-Diciembre **2005**
October-December

Artículo:

Aplicación del método de resonancia magnética cardiovascular en el estudio de las cardiopatías congénitas

Derechos reservados, Copyright © 2005
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

**Otras secciones de
este sitio:**

-  **Índice de este número**
-  **Más revistas**
-  **Búsqueda**

***Others sections in
this web site:***

-  ***Contents of this number***
-  ***More journals***
-  ***Search***

IMÁGENES EN CARDIOLOGÍA

Aplicación del método de resonancia magnética cardiovascular en el estudio de las cardiopatías congénitas

A Meave González,* E Alexanderson Rosas*

Palabras clave: Resonancia magnética. Cardiopatías congénitas. Defectos estructurales.

Key words: Imaging magnetic resonance. Congenital cardiopathies. Structural defects.

(Arch Cardiol Mex 2005; 75: 483-493)

Con el advenimiento de la resonancia magnética cardiovascular (RMCV) se han podido identificar y caracterizar de manera no invasiva y tridimensional los defectos estructurales del corazón y de los vasos periféricos.¹ La RMCV 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.^{1,2} Mediante esta técnica se analizan la anatomía, la disposición, las dimensiones y a su vez la funcionalidad de las estructuras cardíacas, así como de estructuras vasculares. El método de RMCV es no operador dependiente y permite un seguimiento a largo plazo facilitado por su alta reproducibilidad, no invasión, acceso a campos de visión relativamente com-

plejos y el estar exento de radiación ionizante. Este último punto es en especial importante al considerar la exploración de pacientes pequeños, en los que se realiza el procedimiento bajo anestesia por la necesidad de cortos períodos de apnea. La valoración se efectúa en aproximadamente 35 minutos con una exploración tanto cardíaca como vascular (*Fig. 1*).

Protocolo

En un examen completo de las cardiopatías congénitas se aplica el siguiente protocolo: Obtención de imágenes ortogonales (sagital, axial, coronal) en secuencia *turbo spin echo*, HASTE, con la finalidad de realizar una valoración inicial de la disposición, morfología y dimensiones de las cavidades cardíacas, su relación con las estructuras vasculares y resto de estructuras mediastinales; así como configuración de los hemitórax² (*Fig. 2*). La información funcional es obtenida con secuencias cine eco de gradiente en los planos cuatro cámaras, eje corto ventricular de la base al ápex, tractos de salida ventriculares y sagital oblicuo de la aorta (*Fig. 3*). Estos datos son analizados para obtener la función ventricular, vo-

* Departamento de Resonancia Magnética Cardiovascular y Cardiología Nuclear. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

Correspondencia: Dra. Aloha Meave González. Departamento de Resonancia Magnética Cardiovascular. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" (INCICH, Juan Badiano Núm. 1, Col. Sección XVI, 14080 Tlalpan, México, D.F.). Tel 5272-2886, Fax 5272-2678 E-mail: meavea@yahoo.com.mx

Recibido: 16 de noviembre de 2005

Aceptado: 18 de noviembre de 2005

lúmenes y masa tanto izquierda como derecha con un software denominado ARGUS o bien MASS.

Cuando la clínica lo amerita se realiza análisis con secuencias de mapeo de flujo para obtener medición de velocidades de flujo y volúmenes de flujo del corazón y vascular.

La utilización del material de contraste endovenoso denominado gadolinio es útil en la caracterización vascular arterial y venosa con la secuencia 3DTOF, posterior reformateo y análisis 3D.

En la planeación y análisis de la exploración se aplica el método de segmentación, el cual consta en determinar el situs atrial, 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.²

Morfología atrial, determinación del situs, isomerismo

Se define 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.



Fig. 1. Paciente escolar preparado para exploración de RMCV, sedado, asistido por anestesiólogo, con bobina colocada sobre el tórax e inyector de gadolinio. Todo este material compatible con RM.

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.

Morfología ventricular, conexión atrioventricular

La conexión atrioventricular es biventricular al conectarse los atrios a dos ventrículos 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 (*Fig. 4*).

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 (*Fig. 5*); 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 (*Fig. 6*).

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 (*Fig. 7*). 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 interatrial³ (*Fig. 8*).

Conexión ventriculoarterial

La conexión ventriculoarterial concordante es cuando la arteria pulmonar se conecta al ven-

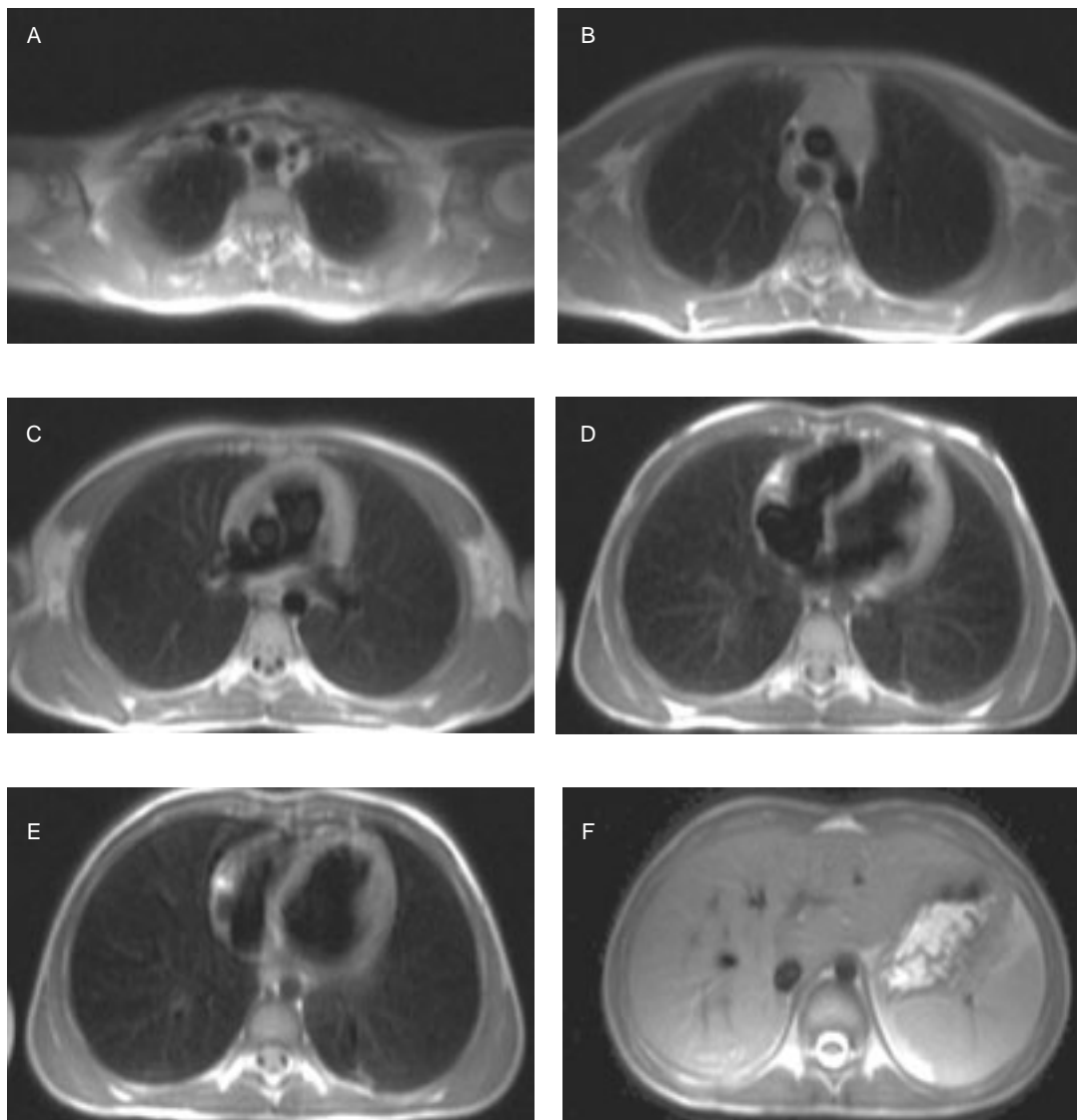


Fig. 2. Secuencia HASTE en plano axial torácico, en donde se observan las cavidades cardíacas y su relación con estructuras vasculares y mediastinales.

trículo 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.

Única vía de salida de un ventrículo cuando un solo tronco arterial se conecta a la masa ventricular (*Fig. 9*), por lo que el tronco común, la atresia pulmonar sin conexión del tronco arte-

rial con la masa ventricular y la atresia aórtica sin conexión de la aorta con la masa ventricular se consideran como única vía de salida.⁴

Valoración de la función ventricular

En el caso de las cardiopatías congénitas el uso de cines eco de gradiente permite una adecuada, rápida y reproducible valoración ventricular en ejes cortos de la base al ápex, método con el que se obtiene un valor cuantitativo de la función ventricular izquierda y derecha, así como del flujo volumétrico.

Los cines proporcionan información completa en 3D de imágenes al final de la diástole y final

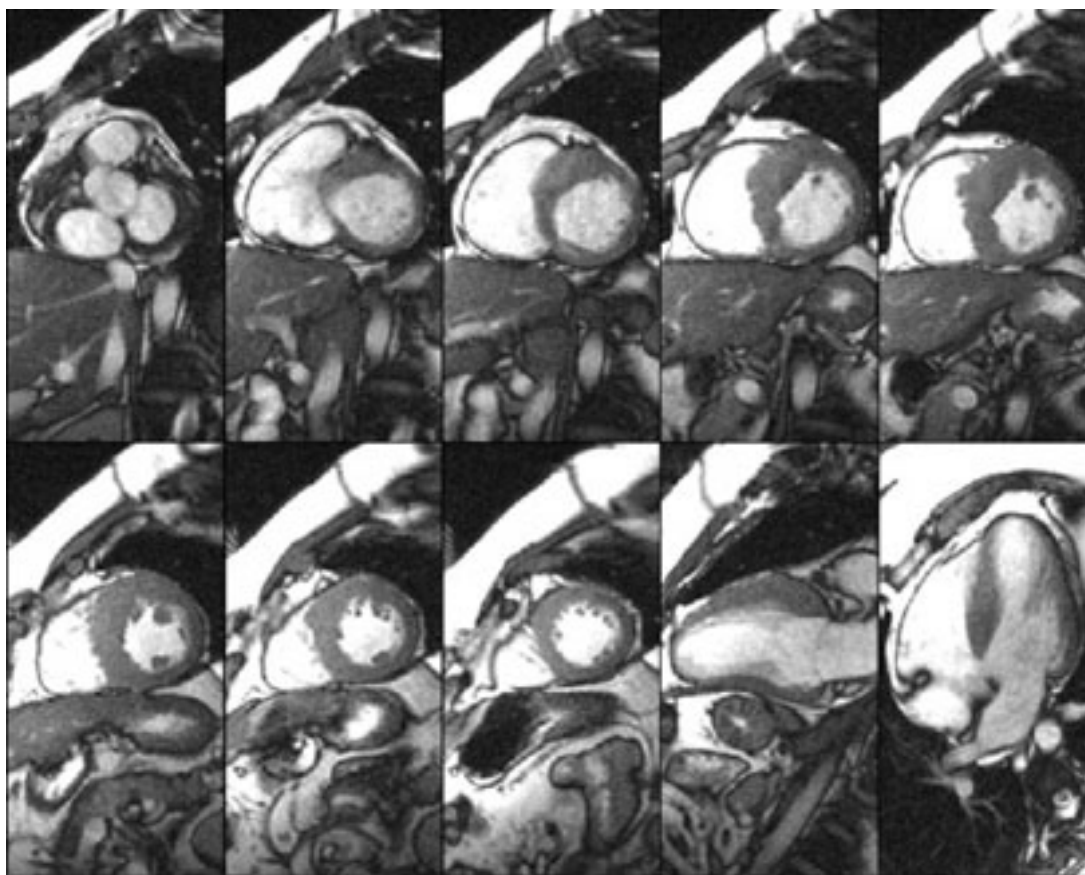


Fig. 3. Imagen cine eco de gradiente en plano cuatro cámaras, dos cámaras y eje corto ventricular de la base al ápex.

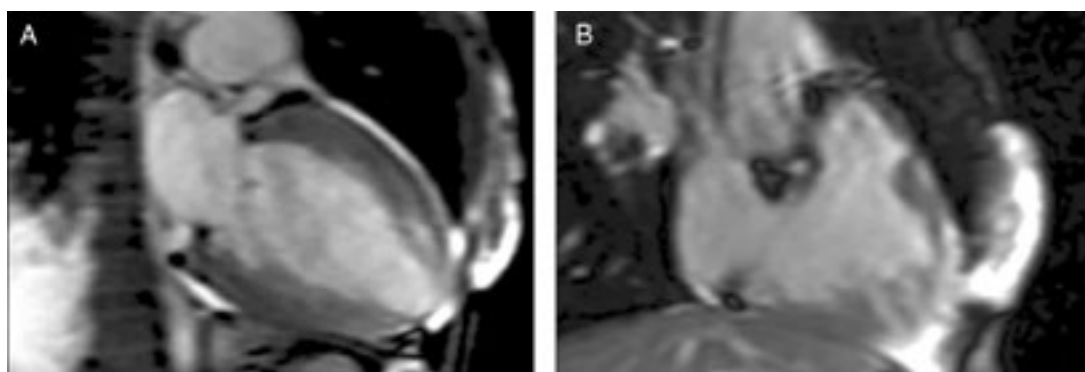


Fig. 4. Dos cámaras ventriculares, izquierdo (A) y derecho (B). Se caracterizan claramente la morfología tanto auricular como ventricular.

de la sístole cubriendo la totalidad de ambos ventrículos permitiendo el cálculo de la masa ventricular izquierda y derecha, volúmenes y fracción de expulsión.

En pacientes pediátricos en especial el método tiene una aplicación importante ya que al contar

con una excelente resolución espacial delimita claramente el contorno endocárdico y epicárdico, lo que permite una valoración exacta del engrosamiento y masa miocárdica. Se ha planteado la posibilidad de calcular la masa ventricular derecha, la cual se dificulta por la configu-

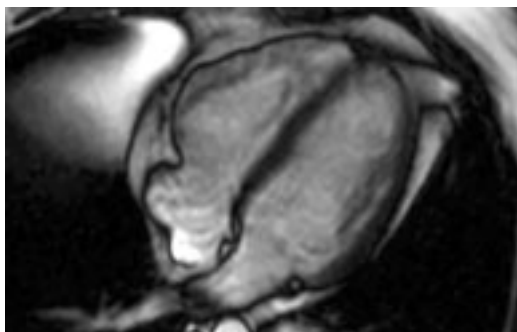


Fig. 5. Cuatro cámaras ventriculares. Se observa la morfología de las cavidades cardíacas y se define la concordancia aurículo-ventricular.

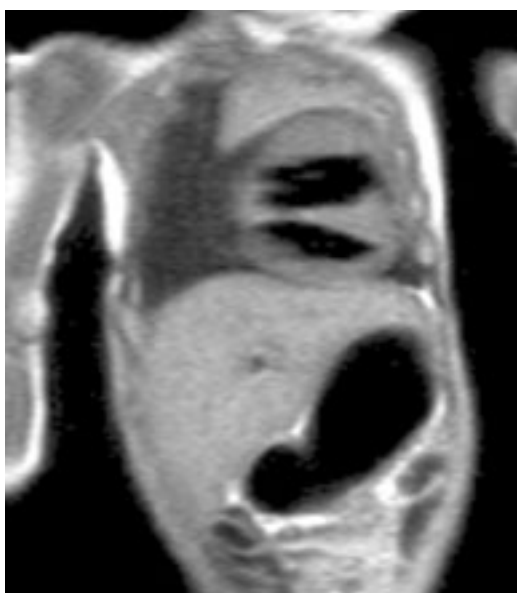


Fig. 6. Criss-Cross, caracterización ventricular izquierda y derecha con delimitación horizontal del septum interventricular.

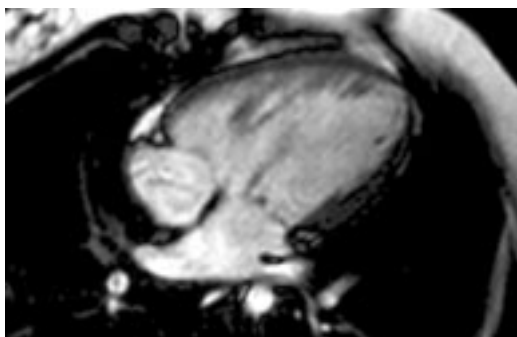


Fig. 7. Doble entrada a ventrículo izquierdo.

ración marcadamente trabeculada, sin embargo es posible² (Fig. 10).

Valoración de cortocircuitos

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.

Evaluaciones específicas

Comunicación interatrial e interventricular. Los defectos septales son causas comunes de cortocircuitos en ocasiones detectados hasta la edad adulta (Figs. 11 y 12).

El defecto septal atrial más común es el septum secundum o fosa ovalis, localizado en la porción central del septum atrial. El seno venoso localizado más alto justo por debajo a la entrada de la vena cava superior al atrio derecho y algunas veces asociado a conexión anómala de venas pulmonares.

Los defectos septales son también causa de cortocircuito de izquierda a derecha y se pueden presentar de manera aislada o bien en combinación con otras malformaciones. Los defectos septales son diagnosticados con ecocardiografía transtorácica o bien transesofágica; sin embargo en el caso de lesiones asociadas (discordancia atrioventricular, ventriculoarterial, conexiones anómalas sistémicas o pulmonares) se dificulta el definir la topografía de los segmentos por lo que la resonancia magnética permite una excelente definición tanto anatómica como funcional.

Los cines eco de gradiente y mapeo de flujos permiten delimitar claramente la localización del

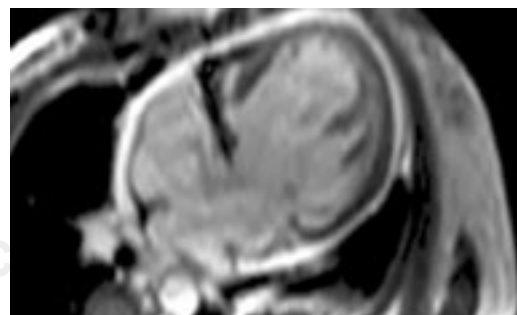


Fig. 8. Atresia tricuspídea. Se define la banda fibrosa conformada por el piso del atrio derecho, la amplia comunicación interauricular y estrecha comunicación ventricular con ventrículo derecho hipoplásico.

defecto, dimensiones, así como también pueden ser medidos los flujos sistémico-pulmonares. Toda esta información es indispensable para la planeación del abordaje. La repercusión hemodinámica de la afección es posible cuantificarse como ya se mencionó previamente. En el caso de una comunicación atrial o ventricular, además de que es factible encontrar el defecto septal con los cortes ordinarios, se puede realizar una prueba en la cual se anula la señal de la sangre que existe en el lado izquierdo con el fin de delimitar un cortocircuito, de esta forma, incluso en presencia de defectos septales muy pequeños, el defecto se hace evidente. La sensibilidad y especificidad de la RMCV es del 100% en la identificación de defectos del septum atrial y ventricular.⁵

El método permite además excluir la presencia de otros cortocircuitos como es la conexión anómala de venas pulmonares en el que a la ecocardiografía se le dificulta el diagnóstico.

Anormalidades valvulares

Anormalidades valvulares congénitas simples (estenosis mitral) y complejas (Ebstein) son po-

sibles evaluar con resonancia magnética (*Fig. 13*). Especialmente útil es en los casos de insuficiencias y la repercusión hemodinámica de la patología valvular en los volúmenes y función de los ventrículos.

Tetralogía de Fallot

La tetralogía de Fallot es bien caracterizada por resonancia magnética tanto en el diagnóstico y caracterización inicial como en el seguimiento. 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. Se realiza una exploración completa para realizar una caracterización de la patología ya diagnosticada por ecocardiografía.⁶ 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. El seguimiento de adultos corregidos es altamente reproducible y permite valorar la función ventricular derecha^{6,7} (*Fig. 14*).

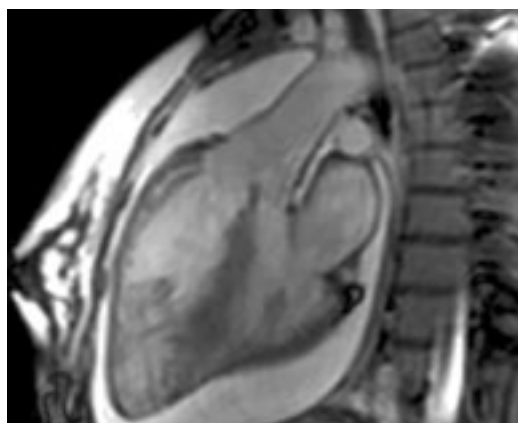
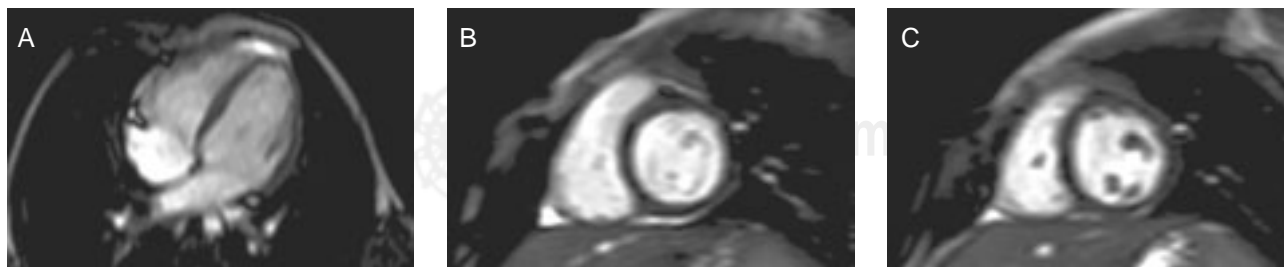


Fig. 9. Tronco común.

Anomalías de las arterias coronarias

La resonancia magnética es de utilidad en el diagnóstico de patología congénita o inflamatoria de las arterias coronarias, como es el caso de la enfermedad de Kawasaki. En el origen anómalo de las arterias coronarias se caracterizan los troncos principales así como vistas inaccesibles como es el caso del trayecto aortopulmonar (*Fig. 15*). En el caso de enfermedad de Kawasaki se delimita el tronco de las coronarias con caracterización de los aneurismas y valoración de permeabilidad de los mismos. Se realiza una valoración cardíaca integral con diámetros ventriculares, valoración de la movilidad y engrosamiento miocárdico. Así



Figs. 10 A, B y C. Delimitación exacta de los contornos endocárdico y epicárdico en cuatro cámaras y ejes cortos ventriculares.

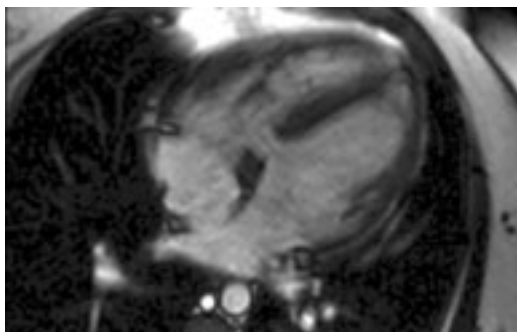


Fig. 11. Comunicación interventricular en paciente adulto.

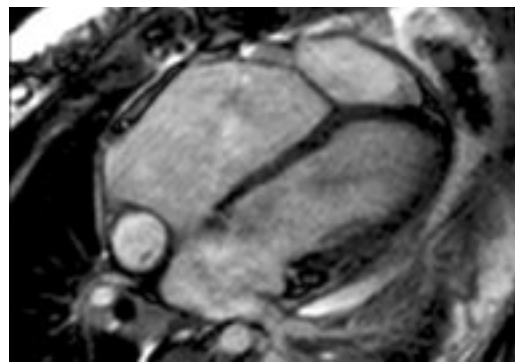


Fig. 13. Ebstein. Se define la atrialización ventricular y adosamiento tricuspídeo.

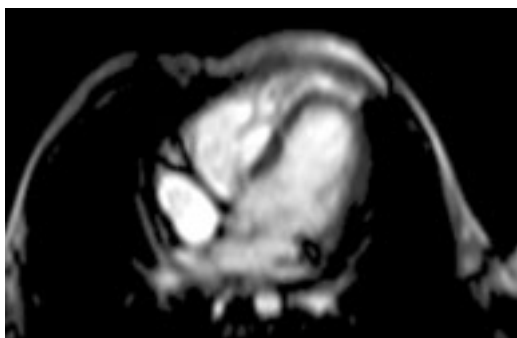


Fig. 12. Comunicaciones interventriculares en neonato.

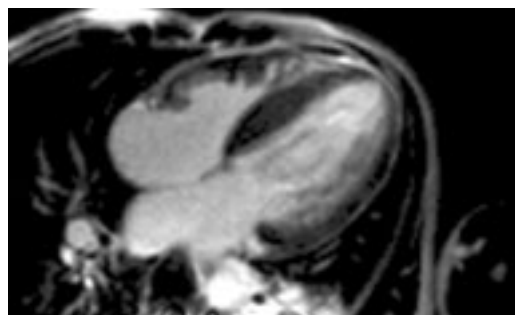


Fig. 14. Caracterización tisular, miocardio sin evidencia de fibrosis.

como también se identifican y delimitan zonas necróticas miocárdicas, lo cual es de importante valor pronóstico. El seguimiento es posible en estos pacientes sin condicionar afección ya que se trata de un método no invasivo (*Fig. 16*).

Anormalidad vascular

La coartación de la aorta es una patología congénita frecuente en nuestro medio. Mediante la RMCV es posible determinar la presencia de la coartación, la extensión, severidad, involucro del arco aórtico, dilatación postestenótica y definir la repercusión fisiológica que ha tenido sobre el corazón mediante el análisis de la función ventricular izquierda. Además, se estima el gradiente de flujo a través de la zona de coartación aplicando la secuencia de mapeo de flujo, cuantificando a su vez la circulación colateral. El volumen de flujo es estimado en dos localizaciones: en la porción justo distal a la coartación y a nivel infradiafragmático. La presencia de circulación colateral indica coartación significativa⁸ (*Fig. 17*).

La RMCV muestra a detalle las características de los anillos vasculares, su relación con anomalías del arco aórtico y otras estructuras. El doble arco aórtico condiciona compresión de la tráquea y el esófago bien caracterizado con una angiorresonancia. En el caso de anomalías en la emergencia de la subclavia izquierda es posible seguir el trayecto claramente y determinar si condiciona algún compromiso. En el caso de interrupción de aorta (*Fig. 18*) el método permite definir la localización exacta, así como el conducto arterioso asociado y la repercusión de la patología. En niños la determinación del conducto arterioso persistente se realiza con ecocardiografía; sin embargo la RM complementa la información en caso de existir asociación a alguna otra patología. En el paciente adulto es necesaria la exploración con RM ante la sospecha clínica de cortocircuito sin lograr demostrarlo con ecocardiografía.^{8,9}

Síndrome de Marfán

El desarrollo de aneurismas en esta patología es de gran importancia en el pronóstico. La cirugía



Fig. 15. Anatomía coronaria. Arteria coronaria izquierda.

profiláctica y en especial la terapia endovascular han contribuido a incrementar la sobrevida en estos pacientes. El método permite un seguimiento estrecho del diámetro aórtico, función valvular aórtica y ventricular izquierda. Se realiza una exploración completa de aorta con adquisición en planos axiales y coronales en cines eco de gradiente de la raíz en donde se caracteriza claramente la porción sinotubular² (Fig. 19). Por lo general se complementa con angiorresonancia para caracterización completa de la aorta y cortes axiales de cines en diversos niveles para valorar la distensibilidad de la misma. En el caso de complicaciones como es la disección se valora la localización y extensión involucrada, el sitio de entrada, la integridad del FLAP, diámetro y trayecto de la luz verdadera y falsa, se determina el compromiso de troncos supra-aórticos y emergencia de arterias viscerales (Fig. 20). Se aplica en estos casos cines eco de gradiente, mapeos de flujo y angiorresonancia. Todo esto para normar la conducta terapéutica que por lo general es combinada (cirugía-terapia endovascular). El enfoque multidisciplinario en estos pacientes es de vital importancia. Posterior al manejo, en el caso de colocación de endoprótesis se realiza seguimiento de la exclusión de la luz falsa y remodelación de la pared de la aorta.

Transposición de las grandes arterias

La transposición de las grandes arterias es una de las malformaciones congénitas más cianóticas.

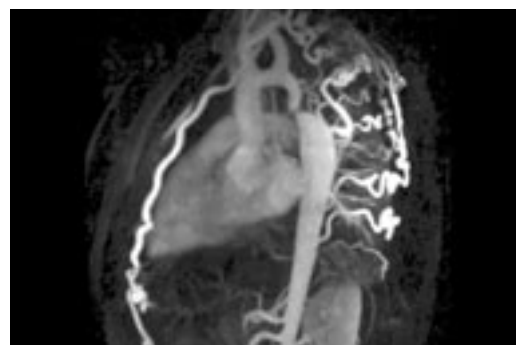


Fig. 16. Coartación aórtica.

cas. En el caso de la transposición completa existe discordancia ventriculoarterial en presencia de concordancia auriculoventricular. Al ser corregidos los pacientes con redirección del flujo la RM es el método ideal para valoración, la función ventricular y morfología.

Estenosis o atresia de la arteria pulmonar

La valoración del tracto de salida del ventrículo derecho se realiza con cines eco de gradiente con análisis de la función valvular, diámetro del tronco de la arteria pulmonar y confluencia de las ramas. Incluso es posible el obtener medición del flujo de las ramas pulmonares de manera independiente al aplicar mapeo de flujo.

Miocardiopatías

En el caso de la miocardiopatía hipertrófica, restrictiva y dilatada se evalúan con una exploración única, no invasiva en la que se valora la morfología de ambos ventrículos con obtención de volúmenes ventriculares tanto izquierdo como derecho, masa, engrosamiento y caracterización tisular. Para esto último se aplica material de contraste endovenoso y se determina un patrón de reforzamiento tardío, que puede orientar hacia alguna patología específica, como sería la fibroelastosis endomiocárdica en el caso de una miocardiopatía restrictiva. En el caso de la miocardiopatía hipertrófica se caracteriza la afección, se valora si existe compromiso del tracto de salida del ventrículo izquierdo y posterior a la administración del material de contraste endovenoso se determinan zonas fibróticas las cuales son potenciales focos arritmogénicos, lo que nos demuestra el importante valor pronóstico del método^{2,3} (Figs. 21 y 22).

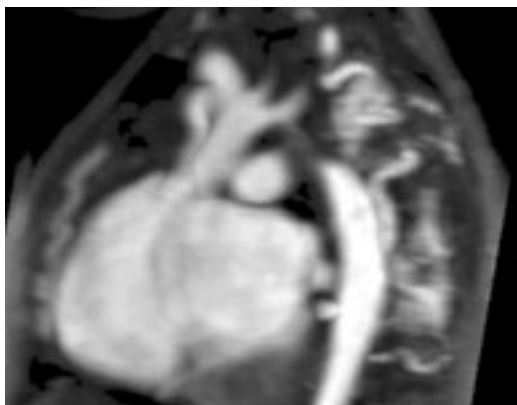


Fig. 17. Interrupción del arco aórtico.

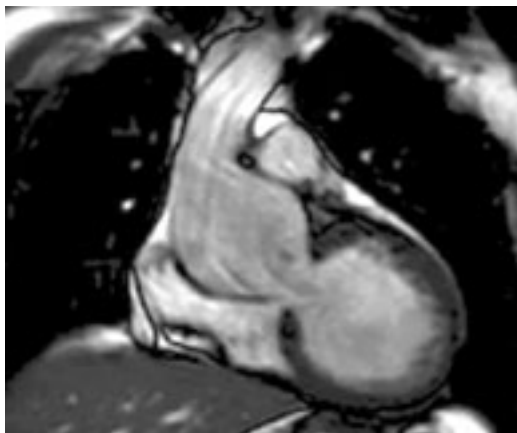


Fig. 18. Dilatación sinotubular en Marfán.

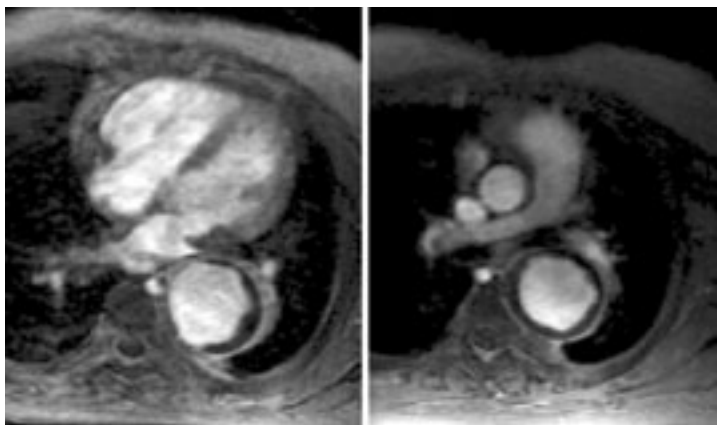


Fig. 19. Aneurisma de aorta descendente asociado a hematoma intramural.

Tumores

La RM es el método de imagen ideal en el diagnóstico de neoplasias. Al contar con diversas secuencias que optimizan la caracterización del tumor, es posible determinar la localización, configuración, bordes y componentes del mismo, lo que permite el concluir una sospecha diagnóstica bastante acertada.

Cardiopatías congénitas en el paciente adulto

La resonancia magnética cardiovascular contribuye al manejo informado de los pacientes con cardiopatías congénitas. A diferencia de la ecocardiografía, la RMCV se vuelve más sencilla de practicar conforme el paciente crece. La capacidad de la RMCV de proporcionar información tanto estructural como funcional le proporciona una amplia gama de aplicaciones clínicas. En el estudio del paciente con cardiopatías congénitas, la RMCV ofrece información anatómica de la alteración, la cual puede ser utilizada por el cardiólogo intervencionista o por el cirujano para realizar procedimientos claramente planeados y con una visión tridimensional del campo con el que se enfrentarán durante estos procedimientos. Además, permiten el seguimiento a corto y largo plazo de los pacientes una vez que se haya corregido la alteración congénita.

Contraindicaciones

Las contraindicaciones para la realización de un estudio de RMCV a diferencia de la creencia que existe son muy pocas, las cuales se enumeran a continuación:¹⁰

- 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.

Conclusiones

En conclusión, la RMCV es un método de imagen no invasivo novedoso y complejo con diversas aplicaciones clínicas que cubre por completo las necesidades diagnósticas en las

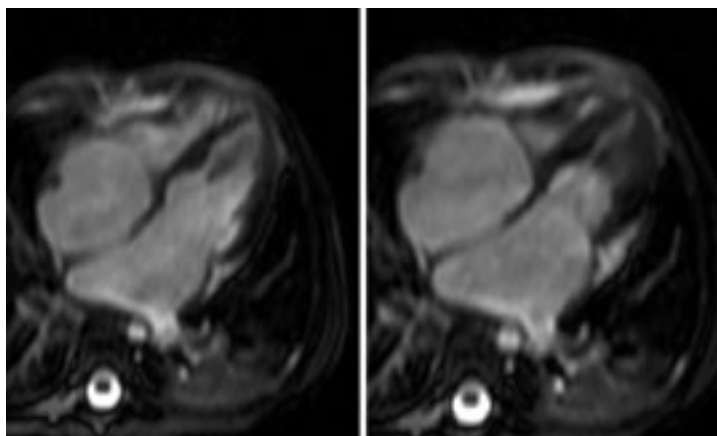


Fig. 20. Miocardiopatía restrictiva. Dilatación biauricular.

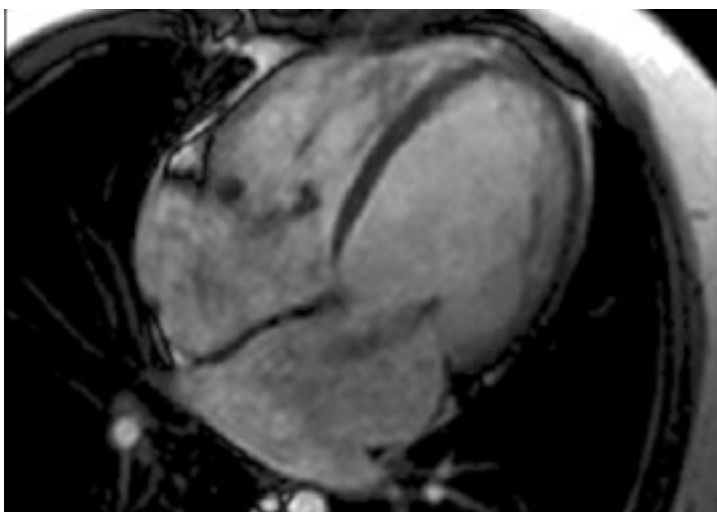


Fig. 21. Miocardiopatía dilatada.

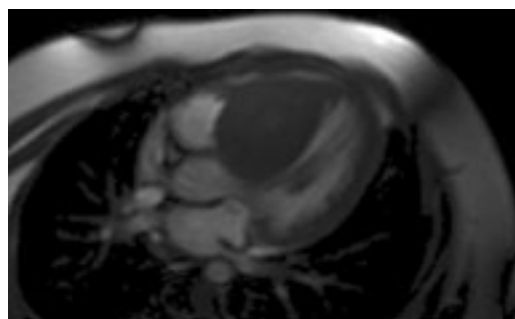


Fig. 22. Miocardiopatía hipertrófica septal.

cardiopatías congénitas y vascular. Es un método que utiliza radiación no ionizante con capacidad multiplanar y excelente resolución tanto temporal como espacial con la capacidad de caracterizar los tejidos. La utilización de materiales de contraste sin nefrotoxicidad u otro efecto tóxico incrementa la utilidad del método. A diferencia de otros métodos diagnósticos no invasivos la RM ofrece una evaluación integral de la anatomía cardíaca, función, perfusión y determinación de zonas de fibrosis en una sola sesión. Los protocolos por RM para analizar la estructura cardíaca, así como función segmentaria y global están bien establecidos. La RMCV se encuentra en una importante etapa de desarrollo con aplicaciones clínicas claras hoy en día en el estudio del paciente con cardiopatía congénita, tanto para el diagnóstico, pronóstico, seguimiento del paciente, y evaluación de la terapéutica efectuada.

Referencias

1. GERALD M POHOST, LYNNE H, MARK DOYLE: *Clinical use of Cardiovascular Magnetic Resonance*. Circulation 2003; 10: 647-653.
2. European Society of Cardiology, in collaboration with the Association of European Pediatric Cardiologists: *The clinical role of magnetic resonance in cardiovascular disease*. Eur Heart J 1998; Suppl 1.
3. PARSONS JM, BAKER EJ, ANDERSON RH, LADUSANS EJ, HAYES A, QURESHI SA, ET AL: *Morphological evaluation of atrioventricular septal defects by magnetic resonance imaging*. Br Heart J 1990; 64: 138-45.
4. DONNELLY LF, HIGGINS CB: *MR imaging of conotruncal abnormalities*. Am J Roentgenol 1996; 166: 925-8.
5. BAKER EJ, AYTON V, SMITH MA, PARSONS JM, LADUSANS EJ, ANDERSON RH, ET AL: *Magnetic Resonance imaging at a high field strength ventricular septal defects in infants*. Br Heart J 1989; 62: 305-10.
6. HOLMQVIST C, HOCHBERGS P, BJORKHEM G, BROCKSTEDT S, LAURIN S: *Pre-operative evaluation with MR in tetralogy of Fallot and pulmonary atresia with ventricular septal defect*. Acta Radiol 2001; 42: 63-9.
7. HELBING WA, DE ROOS A: *Clinical applications of cardiac magnetic resonance imaging after repair of tetralogy of Fallot*. Pediatr Cardiol 2000; 21: 70-9.
8. BOGAERT J: *Follow up of patients with previous treatment for coarctation of the aorta: Comparison between contrast-enhanced MR angiography and fast spin-echo MR imaging*. Eur Radio 2000; 10: 1847-54.
9. RIQUELME C, LAISSY JP, MENEGAZZO D, DEBRAY MP, CINQUALBRE A, LANGLOIS J, ET AL: *MR imaging of coarctation of the aorta and its postoperative complications in adults: Assessment with spin-echo and cine-MR imaging*. Magn Reson Imaging 1999; 17: 1737-46.
10. AHMED S, SHELLOK FG: *Magnetic Resonance imaging safety*. J Cardiovasc Magn Reson 2001; 3(3): 171-182.