

Archivos de Cardiología de México

Volumen 74
Volume

Suplemento 2
Supplement

Abril-Junio 2004
April-June

Artículo:

Resonancia magnética cardiovascular (RMCV)

Derechos reservados, Copyright © 2004
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*



Edigraphic.com

Resonancia magnética cardiovascular (RMCV)

Aloha Meave*

Resumen

La resonancia magnética ha tenido una gran aplicabilidad en cardiología. Su excelente resolución temporal, espacial y de contraste de tejidos, hacen posible la caracterización de la morfología, las dimensiones y la función del corazón y de los vasos coronarios y periféricos.

Summary

MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN CARDIOLOGY

Magnetic resonance has been widely used in cardiology. Its excellent temporal and spatial resolution, as well tissue contrast, makes the characterization of the morphology, dimension and function of the heart, and of the coronary and peripheral vessels possible.

Palabras clave: Resonancia magnética nuclear. Cardiopatía isquémica. Cardiopatía congénita. Enfermedad valvular.

Key words: Nuclear magnetic resonance. Ischemic cardiopathy. Congenital cardiopathy. Valvular disease.

La resonancia magnética (RM) es un método de imagen no invasivo aplicado al análisis de la anatomía y función cardiovascular. Permite imágenes con excelente resolución temporal, espacial y contraste de tejidos al aplicar secuencias rápidas que permiten caracterizar la morfología, disposición, dimensiones y función de las cavidades cardíacas, así como también de las grandes arterias y vascularidad periférica.

La imagen de resonancia magnética se obtiene al exponer los protones de hidrógeno del cuerpo a un campo magnético (1.5T), se aplica un pulso de radiofrecuencia que cambia la dirección de los protones que al retirarse condiciona liberación de energía recibida y transmitida por una bobina colocada en la superficie del paciente, que es interpretada por el software del equipo como imagen. La RMCV se aplica al análisis cualitativo y cuantitativo de la función ventricular izquierda y derecha, al estudio de la cardiopatía isquémica al analizar la perfusión e identificar zonas de necrosis y viabilidad, al análisis de las valvulopatías, miocardiopatías, cardiopatías congénitas complejas, neoplasias cardíacas, patología pericárdica y vascular.

La adquisición de la imagen se realiza sincronizada con el ciclo cardíaco (gating) y con cortes multiplanares en relación al eje cardíaco.

Se aplica secuencia spin-echo con adquisición de imágenes en múltiples planos para delimitar la anatomía cardíaca, mediastínica, pericárdica y de los grandes vasos (*Fig. 1*).

Se realiza secuencia cine eco de gradiente obtenidas con períodos de apnea de aproximadamente 6 segundos en plano cuatro cámaras y eje corto de la porción basal a la apical, tracto de salida de ventrículo izquierdo y derecho, así como también se caracterizan las válvulas sigmoideas y semilunares en plano axial (*Figs. 2 y 3*).

Se analiza el engrosamiento sistólico en plano eje corto de la porción basal a la apical, se realiza el análisis cuantitativo con la obtención de volúmenes ventriculares: fracción de eyección, volumen diastólico y sistólico final, volumen latido, índice de masa cardíaca.

En resumen las secuencias utilizadas en la RMCV son las conocidas como imagen en sangre negra (spin-echo, fast spin-echo, doble inversión recupación spin-echo) y sangre blanca (imágenes de cine en las que la sangre dentro de las cavidades es hiperintensa y el tejido miocárdico hipointenso).

* Departamento de Medicina Nuclear. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

Correspondencia: Dra. Aloha Meave. Departamento de Medicina Nuclear. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" (INCICH, Juan Badiano No. 1, Col. Sección XVI, Tlalpan 14080 México, D.F.).



Fig. 1. Secuencia spin-echo (HASTE) en plano axial, coronal y sagital en donde se valora el detalle anatómico de las cavidades cardíacas y estructuras adyacentes.

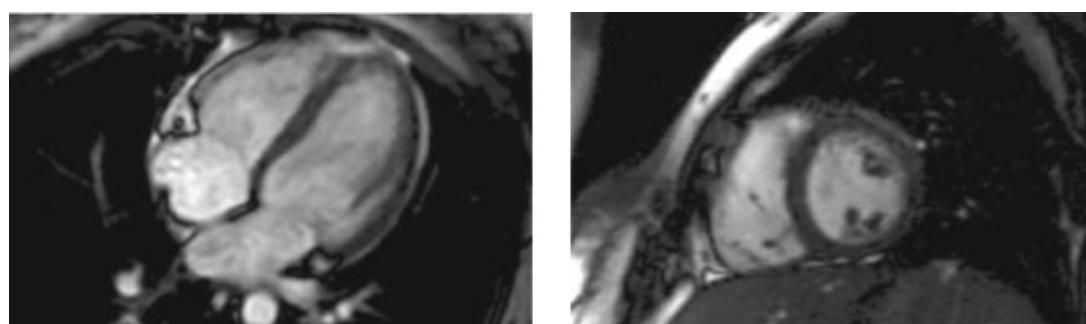


Fig. 2. Secuencia cine eco de gradiente en plano cuatro cámaras, en la que se caracteriza la morfología y dimensiones de las cavidades cardíacas; plano eje corto en el que se define contorno endocárdico y músculos papilares.

Se han desarrollado rápidas secuencias de cine (segmentadas, FASTCARD, turbo), que reducen el tiempo de escaneo de manera considerable al aplicar señales en grupo. Otra innovadora técnica se denomina imagen paralela (ASSET, SENSE, SMASH) que utiliza múltiples receptores para reducir el tiempo de escaneo e incrementa la resolución.

Estas secuencias ultrarrápidas permiten analizar la perfusión miocárdica tras la inyección de material de contraste.

En RM se utiliza material de contraste paramagnético denominado gadopentato dimeglubina (gadolinio) que produce acortamiento del T1 de la sangre circulante por lo que provoca aumento de señal de los tejidos vascularizados.

Cardiopatía isquémica

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. Al revascularizar tejido miocárdico hibernante

se incrementa la función sistólica global, se reducen los síntomas de falla o insuficiencia cardíaca y mejora el pronóstico a largo plazo.¹

Posterior al infarto agudo determinar la extensión del infarto ayuda a estratificar el riesgo e identificar tejido viable.

En el análisis de la cardiopatía isquémica por RM se obtiene la función ventricular de manera cualitativa y cuantitativa, así como también se estudia la perfusión miocárdica tanto en reposo con en estrés farmacológico (dipiridamol, adenosina) posterior a la administración de material de contraste endovenoso (Gadolinio) con la técnica denominada “first-pass” que permite delimitar defectos de perfusión. Así como también se delimitan zonas de fibrosis al aplicar una secuencia que tiene como objetivo anular el tejido miocárdico normal y dar mayor contraste a aquella zona en donde persiste el material de contraste denominadas con “reforzamiento tardío” que corresponden a zonas de necrosis.

El método permite delimitar con exactitud la extensión de la zona de necrosis: transmural, no transmural, subendocárdico y determinar el territorio coronario afectado.

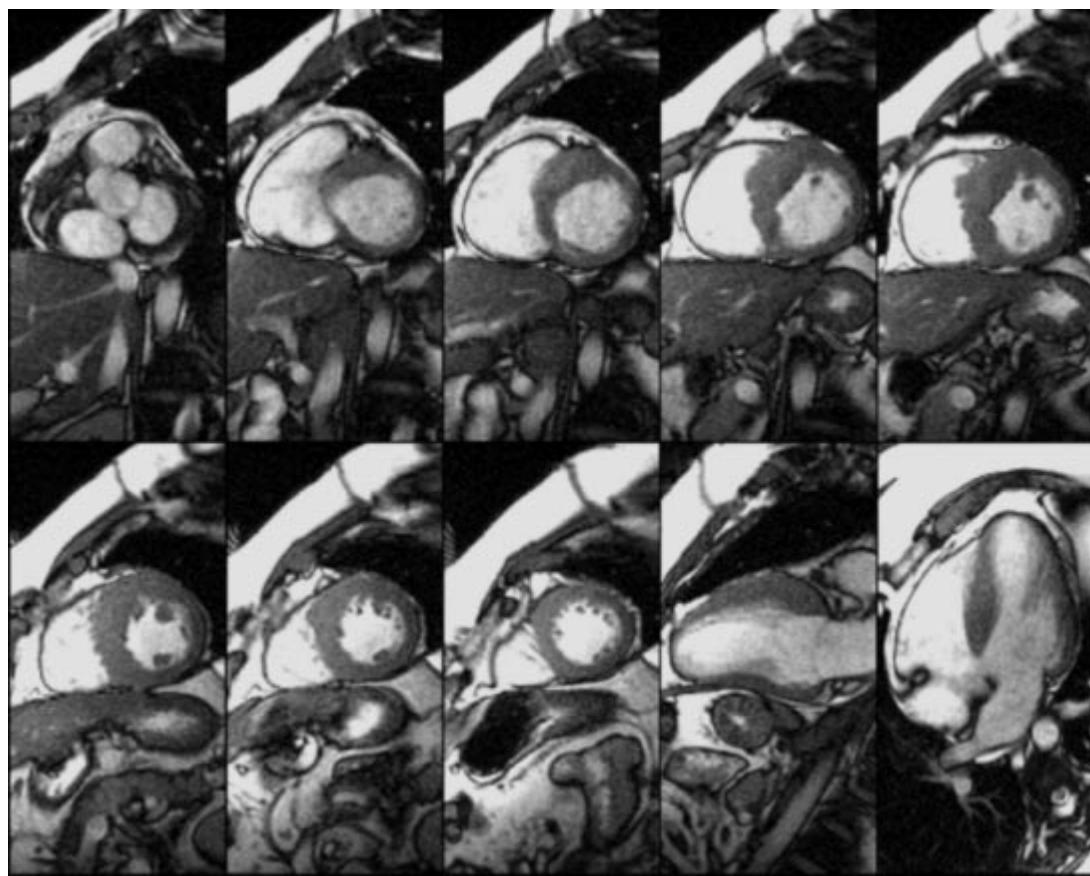


Fig. 3. Secuencia cine eco de gradiente en plano cuatro cámaras, dos cámaras y eje corto de la porción basal a la apical.

Reserva inotrópica

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%.²

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) (Fig. 4).

En una población de 208 pacientes la prueba de estrés con dobutamina valorada con RM demostró mayor sensibilidad y especificidad (aproximadamente 86%) que con ecocardiografía (sensibilidad 74%, especificidad 70%) en enfermedad coronaria significativa (50% de estenosis).³

Perfusión

La técnica aplicada por RM en el estudio de perfusión es una adquisición de imagen dinámica del paso del material de contraste paramagnético (Gadolinio) a través del corazón.

El material de contraste es administrado en bolo intravenoso compacto a alta velocidad con adquisición de imagen de manera multifase con secuencia inversión recuperación.

La señal del tejido miocárdico es anulada en un inicio y posteriormente se observa el paso del material de contraste a través de las cavidades derechas y después izquierdas. El miocardio reforzará de manera homogénea, lo cual hace posible la identificación de defectos de perfusión como una zona marcadamente hipointensa que persiste.

Los fármacos vasodilatadores utilizados con esta técnica son la adenosina y el dipyridamol con el fin de identificar isquemia subendocárdica.^{5,6}

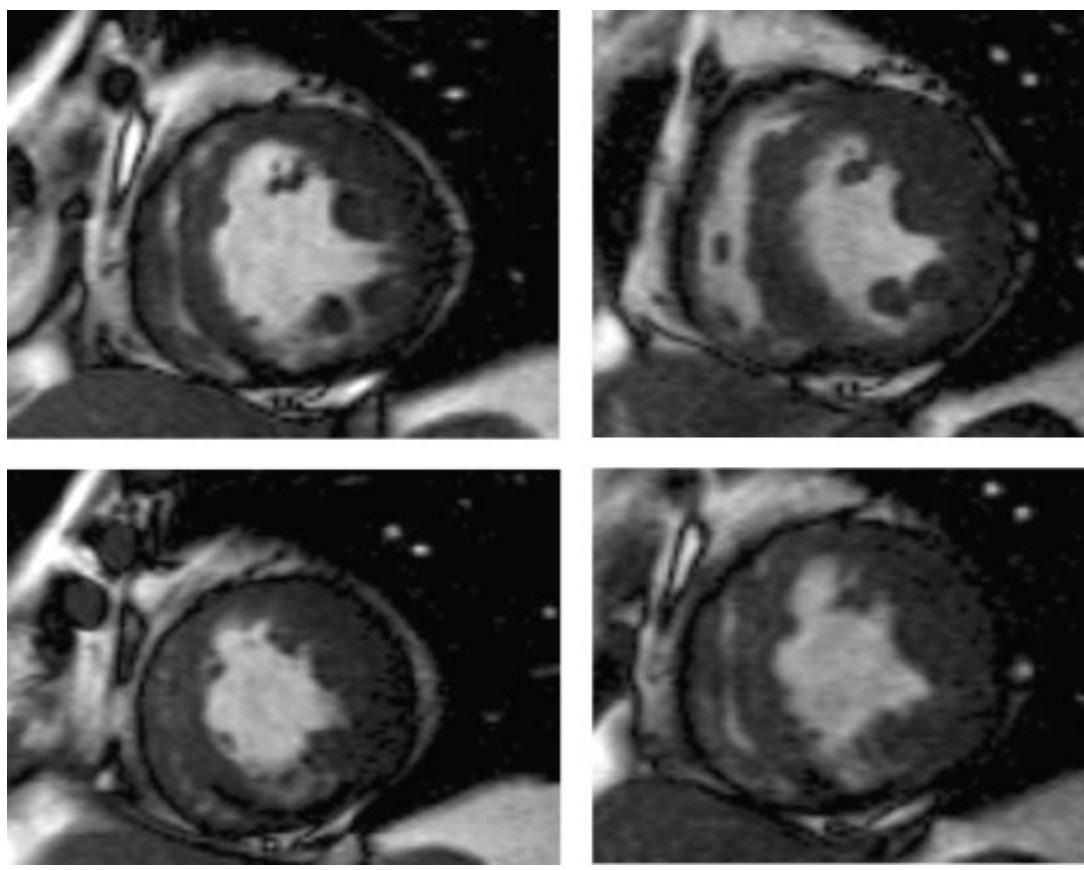


Fig. 4. Secuencia cine eco de gradiente en eje corto de ventrículo izquierdo en donde se observa mejoría en el engrosamiento sistólico del segmento septal-inferior post-estrés inotrópico.

Viabilidad

Se ha demostrado que más de la tercera parte de los pacientes con enfermedad coronaria crónica y disfunción ventricular mejoran la función ventricular posterior a la revascularización.

La RM cuenta con una técnica de gran utilidad en la evaluación de viabilidad que determina zonas de necrosis y su extensión posterior a la administración de material de contraste al aplicar una secuencia inversión recuperación que anula el tejido miocárdico normal, lo cual favorece el contraste de las zonas que permanecen hiperintensas.

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.^{7,8} El método permite definir la extensión del reforzamiento ya sea subendocárdico, (afección de menos del 50% del grosor miocárdico) o bien compromiso transmural (*Fig. 5*).

Caracterización coronaria

La caracterización de arterias coronarias es el gran reto del área de la RM. La angiorresonancia coronaria se realiza en centros de investigación utilizando novedosas técnicas, recientemente el primer análisis multicéntrico reportó sus hallazgos por angiorresonancia comparados con angiografía digital con los siguientes resultados una alta sensibilidad (97%), especificidad (78-92%) y certeza (81-93%) en la detección de enfermedad coronaria severa.

El método de RM hace posible el excluir la presencia de lesión significativa proximal y medial en pacientes con sospecha de enfermedad trivascular (*Figs. 6A y B*).

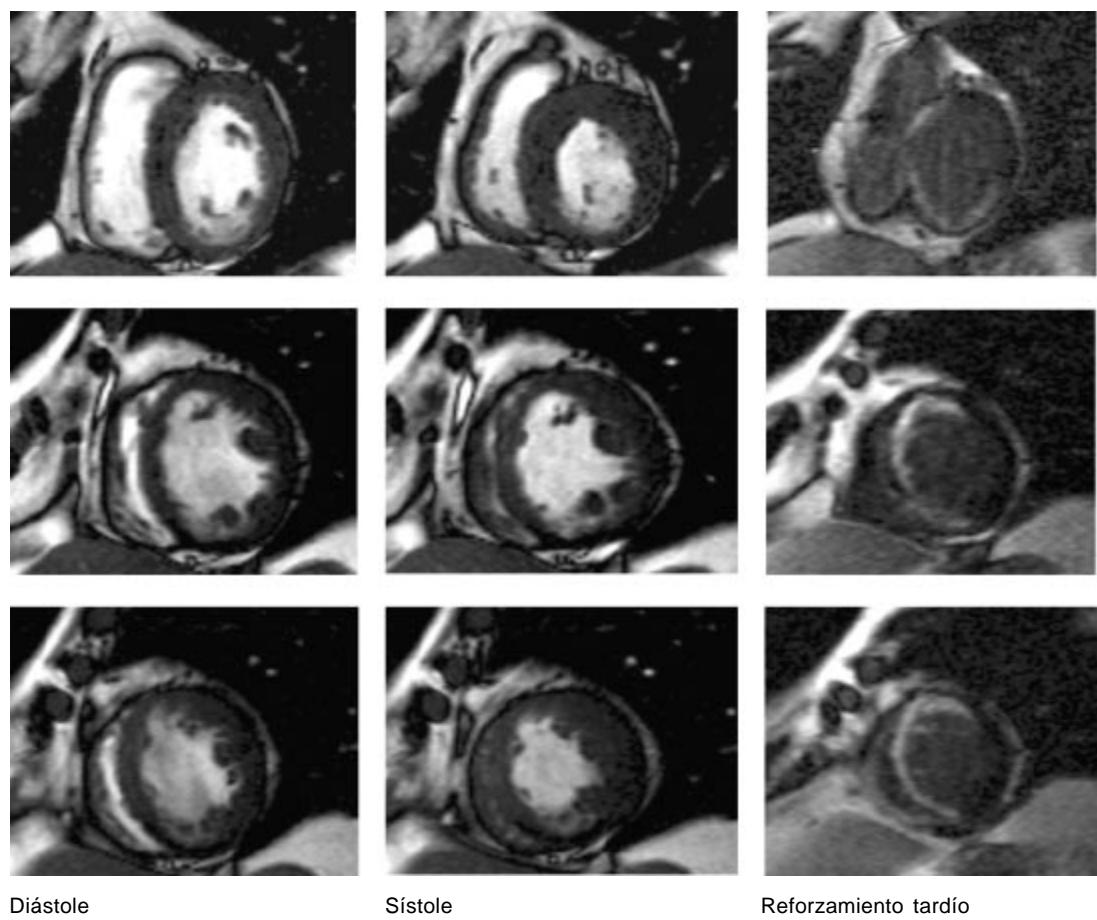


Fig. 5. Secuencia cine eco de gradiente en plano eje corto en sístole y diástole, en el cual se evidencia adelgazamiento con inadecuado engrosamiento sistólico de la región septal y septal inferior. Posterior a la administración de material de contraste.

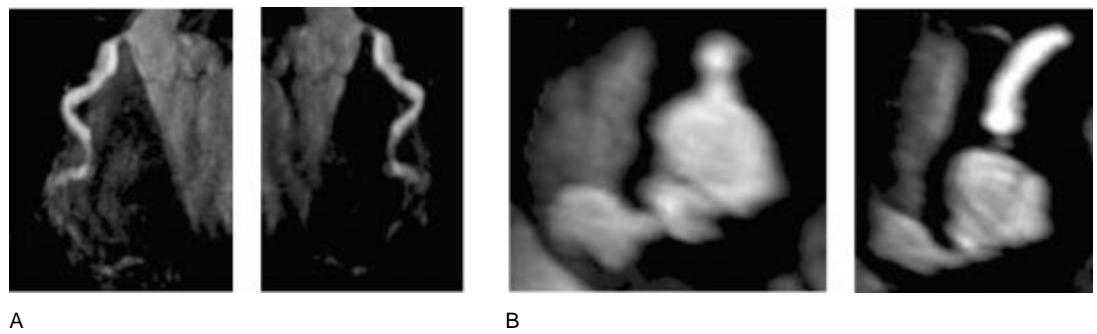
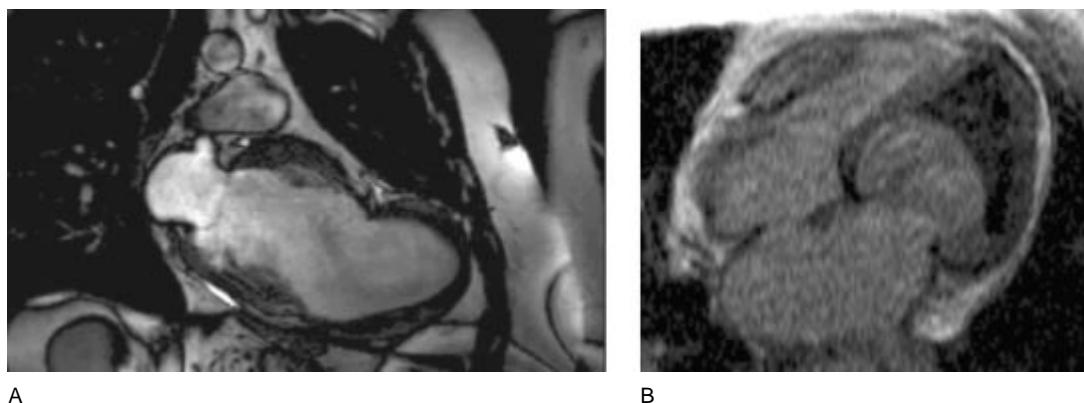


Fig. 6. Angiorresonancia coronaria. A. Se visualiza coronaria derecha con estenosis ostial y aspecto aneurismático del trayecto. B. Imagen en plano axial en la que se confirma afección coronaria.

Por RM es posible el determinar complicaciones propias de la cardiopatía isquémica como son demostrar hematomas intramiocárdicos, ruptura de músculos papilares, formación de aneurismas o pseudoaneurismas de ventrículo izquierdo, presencia de trombos intracavitarios (*Figs. 7 y 8*).

A diferencia de otros métodos diagnósticos no invasivos la RM ofrece una examinación integral de la anatomía, función, perfusión y determinación de viabilidad cardíaca en una sola sesión. Los protocolos por RM para analizar la estructura cardíaca, así como función segmentaria y global es-



A

B

Fig. 7. A. Secuencia eco de gradiente en dos cámaras en la que se observa dilatación aneurismática apical del ventrículo izquierdo. B. Plano cuatro cámaras en donde se visualiza trombo fibroso apical.

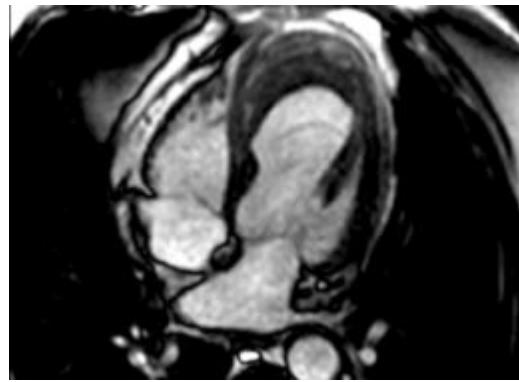


Fig. 8. Secuencia de cine en plano cuatro cámaras. Dilatación del VI con evidencia de engrosamiento y aspecto heterogéneo de la señal de la porción apical y septal en relación a hematoma intramiocondíco.

tán bien establecidos. El valor diagnóstico del engrosamiento sistólico en respuesta al estrés inotrópico es superior al aplicado con ecocardiografía. En la actualidad la aplicación clínica del análisis de la perfusión miocárdica por RM se está estableciendo al ser estudiado en varios centros. La combinación de cines eco de gradiente e imágenes con material de contraste permite determinar viabilidad miocárdica, y así predecir la probabilidad de recuperación en la función ventricular posterior a la revascularización.

La RM es un novedoso método no invasivo que utiliza radiación no ionizante con excelente resolución temporal y espacial que ha demostrado ser útil herramienta en el estudio de la cardiopatía isquémica.



Fig. 9. Secuencia 3DTOF posterior a la administración de gadolinio. Se localiza la zona de mayor estrechez, asociada a severa circulación colateral.

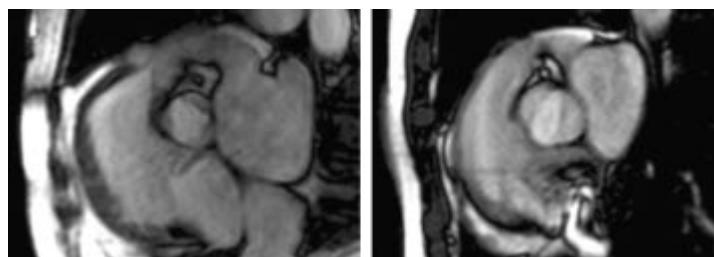


Fig. 10. Válvula aórtica trivalva, válvula bivalva.

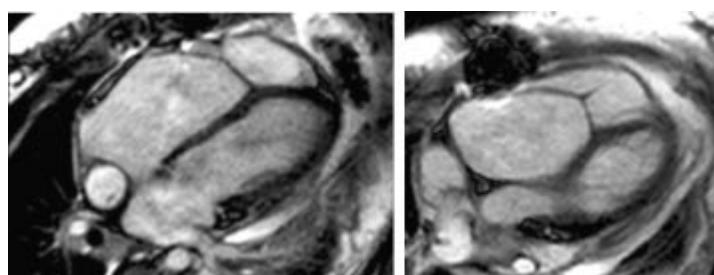


Fig. 11. Enfermedad de Ebstein. Cine en plano cuatro cámaras en el que se observa la atrialización del ventrículo derecho y situación de la válvula tricúspide.

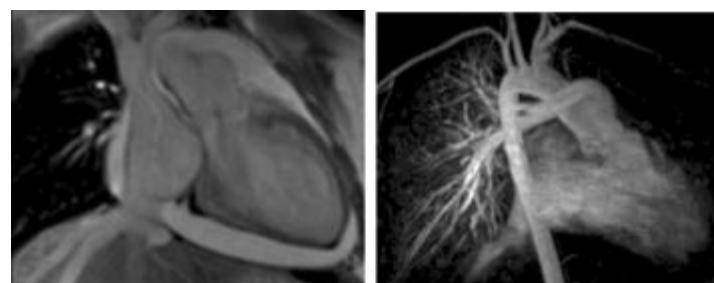


Fig. 12. Tronco común. Cine y angiorresonancia. Se observa en el TSVI el tronco común con emergencia de la rama pulmonar derecha de la aorta ascendente.

Cardiopatía congénita

La resonancia magnética cardiovascular (RMCV) es complementaria a la ecocardiografía en la evaluación detallada de las cardiopatías congénitas simples y complejas. Se analiza la anatomía, disposición, dimensiones y función de las cavidades cardíacas, así como de estructuras vasculares. Se aplica el método de segmentación en el que se delimita el situs atrial, concordancia auriculoventricular y ventriculoarterial, integridad de septum interauricular e interventricular. Se caracteriza la configuración, diámetro y disposición de aorta, arteria pulmonar y drenaje venoso.

En el caso de coartación de aorta patología congénita frecuente se determina la severidad fisiológica al analizar la función ventricular izquierda, se caracteriza la válvula aórtica con el fin de analizar la configuración ya sea bivalva o trivalva y la función. El segmento aórtico estrecho se caracteriza con secuencias de cine en sagital oblicuo sagitales oblicuas y se les realiza angiorresonancia aórtica con secuencia 3DTOF posterior a la administración de material de contraste endovenoso con el fin de lograr una adecuada caracterización anatómica y realizar mediciones segmentarias en plano perpendicular a la aorta. Se aplica la secuencia de mapeo de flujo para estimar el gradiente a través de la zona de coartación, así como para cuantificar la circulación colateral. El volumen de flujo es estimado en dos localizaciones: en la porción justo distal a la coartación y a nivel diafragmático. La presencia de circulación colateral indica coartación significativa (*Fig. 9*). La sensibilidad y especificidad de la RMCV es del 90% en la identificación de defectos del septum

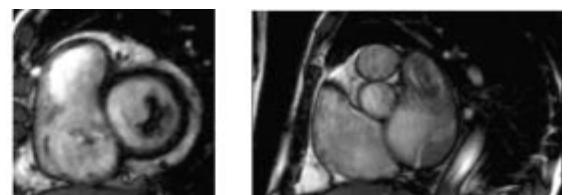


Fig. 13. Estenosis mitral. Cines en plano cuatro cámaras y eje corto. Dilatación atrial izquierda, calcificación valvular con disminución del área valvular y evidencia de trombos en atrio.

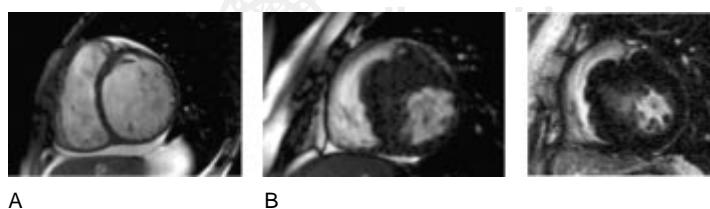


Fig. 14. **A)** Miocardiopatía dilatada de ventrículo izquierdo, **B)** Miocardiopatía hipertrófica septal del ventrículo izquierdo, reforzamiento tardío en parches.

atrial. Se aplica la secuencia mapeo de flujo a nivel del defecto con el fin de calcular el grado de severidad del shunt. De la misma manera se caracterizan los defectos del septum interventricular.

Al aplicar secuencias de cine con planos en relación al eje cardíaco se logra caracterizar malformaciones complejas. Se demuestra el *situs* atrial, la concordancia atrio-ventricular y ventrículo-arterial, se delimitan tractos de salida ventricular, la disposición y situación tanto de aorta como arteria pulmonar y drenaje venoso. Se delimitan los anillos valvulares y situación de las valvas que las conforman (*Figs. 10 y 11*).

Se caracterizan con angiorresonancia las estructuras vasculares arteriales y venosas (*Fig. 12*).

Enfermedad valvular

Es posible el caracterizar con secuencias de cine tanto la estenosis como la insuficiencia valvular al caracterizar el jet que condicionan, el cual se observa delimitado con ausencia de señal.

Se caracteriza el anillo y área valvular, se aplica la secuencia denominada mapeo de flujo que permite cuantificar la velocidad del flujo y determinar un gradiente. En la misma exploración se caracterizan las cavidades cardíacas y se obtienen los volúmenes ventriculares con el fin de determinar la severidad de la valvulopatía. Y se excluye la presencia de trombos intracavitarios.

El método de RMCV tiene una sensibilidad del 98%, especificidad del 95% y diagnostic accuracy del 97% en la identificación de insuficiencia aórtica y mitral (*Fig. 13*).

Enfermedad pericárdica

El método de RMCV permite caracterizar la distribución y grosor de las capas pericárdicas con secuencias T1, así como también se determina afección de la función ventricular con cines en caso de patología.

En el caso de derrame se delimita la cantidad, distribución y características del líquido, lo cual permite determinar si se trata de líquido de aspecto exudativo, inflamatorio, infiltrativo, o bien hemático, y determinar si existe compromiso como es en el caso de tamponade.

La RMCV es el método de elección en el diagnóstico de pericarditis constrictiva al caracterizar las cavidades cardíacas, analizar la función y determinar el grosor pericárdico.

Neoplasias

Se caracteriza la configuración, localización e infiltración de la neoplasia, así como la afección hemodinámica que condiciona. Al aplicar material de contraste endovenoso (Gadolinio) se caracteriza la presencia y tipo de reforzamiento. El método permite diferenciar perfectamente ante la duda diagnóstica de trombo intracavitario o bien neoplasia al aplicar material de contraste. La lesión neoplásica refuerza por la importante vascularidad que las caracteriza.

Miocardiopatías

El método determina el tipo de afección al analizar la función, delimitar la configuración, dimensiones de cavidades cardíacas y estudiar el grosor del tejido miocárdico. Se han establecido diferentes patrones de reforzamiento posterior a la administración del material de contraste en diversas miocardiopatías (*Fig. 14*).

En el caso de displasia arritmogénica del ventrículo derecho (VD) permite 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.

Como ya se señaló previamente es el método de elección en el diagnóstico diferencial de miocardiopatía restrictiva *versus* pericarditis constrictiva.

Patología vascular

En el caso de patología vascular se realiza una exploración cardiovascular integral en la que se caracteriza la configuración y función de las cavidades cardíacas, y se aplica la secuencia 3DTOF posterior a la administración de material de contraste endovenoso que permite caracterizar con exactitud la anatomía vascular tanto de grandes vasos como de vascularidad periférica.

La RMCV es el método de imagen no invasivo más novedoso y complejo con diversas aplicaciones clínicas que cubre por completo las necesidades diagnósticas en la patología cardiovascular. La RMCV 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 material de contraste sin nefrotoxicidad u otro efecto tóxico incrementa la utilidad del método.

La RMCV se encuentra en una importante etapa de desarrollo con aplicaciones clínicas claras hoy en día.

Referencias

1. BAER FM, THEISSEN P, SCHENEIDER CA, ET AL: *Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization*. J Am Coll Cardiol 1999; 33: 1848.
2. SENIOR R, KAUL S, LAHIRI A: *Myocardial viability on echocardiography predicts long-term survival after revascularization in patients with ischemic congestive heart failure*. J Am Coll Cardiol 1999; 33: 184.
3. PENNELL DJ, UDERWOOD SR, MANZARA CC, ET AL: *Magnetic Resonance imaging during dobutamine stress in coronary artery disease*. AM J Cardiol 1992; 70: 34.
4. NAGEL E, LEHMKUL HB, BOCKSCH W, ET AL: *Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography*. Circulation 1999; 99: 763.
5. AL-SAADIN, NAGEL E, GROSS M, ET AL: *Noninvasive detection of myocardial ischemia from perfusion reserve based on cardiovascular magnetic resonance*. Circulation 2000; 101: 1379-1383.
6. CULLEN JH, HORSFIELD MA, REEK CR, ET AL: *A myocardial perfusion reserve index in humans using first-pass contrast-enhanced magnetic resonance imaging*. J Am Coll Cardiol 1999; 33: 1386-1394.
7. HIGGINGS CB: *Prediction of myocardial viability by MRI*. Circulation 1999; 99: 727-729.
8. KIM RJ, WU E, RAFAEL A, ET AL: *The use of contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging to Identify reversible myocardial dysfunction*. N Engl J Med 2000; 343: 1445-1453.

