



Estado actual de la resonancia magnética cardíaca en Cuba. Perspectivas futuras

Current state of cardiac magnetic resonance in Cuba. Future perspectives

Aylen Pérez Barreda, Yamilé Marcos Gutiérrez, Amalia Peix González, Llimia Bencomo Rodríguez, Aniley Martínez González, Kenia María Padrón García, Reynel Pérez Mohamed, Carlos Oro Cortina

Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, La Habana, Cuba

Correspondencia: Dra: Aylen Pérez Barreda. Email: aylen@infomed.sld.cu

RESUMEN

La resonancia magnética cardíaca (RMC) es una técnica de imagen de elevada resolución espacial y temporal, exenta de radiaciones, cuyo empleo se hace cada vez más frecuente en la práctica cardiológica en el mundo. Sus principales aplicaciones están relacionadas con el estudio de la función ventricular y la caracterización tisular. Es la técnica diagnóstica más reproducible para la medición de las dimensiones, la masa y los volúmenes ventriculares. Permite describir el miocardio y sus cambios. Se realiza una revisión del estado actual de la técnica en Cuba, los protocolos de actuación, principales aplicaciones, contraindicaciones y contrastes empleados, además de expresarse las metas de desarrollo futuras.

Palabras clave: Resonancia magnética cardíaca, gadolinio, fibrosis sistémica nefrogénica

SUMMARY

Cardiac magnetic resonance (CMR) is an image technique with high spatial and temporal resolution, free of radiation, whose use is becoming more frequent in cardiology practice in the world. Its main applications are related to the study of ventricular function and tissue characterization. It is the most reproducible diagnostic technique for measuring dimensions, mass and ventricular volumes and allows to describe the myocardium and its changes. A review is made of the current state of the art in Cuba, the protocols of action, main applications, contraindications and contrasts used, in addition to expressing the future development goals.

Keywords: cardiac magnetic resonance, gadolinium, nephrogenic systemic fibrosis

Introducción

La resonancia magnética cardíaca (RMC) es una técnica de imagen de elevada resolución espacial y temporal que rara vez es utilizada de manera inicial o como único método diagnóstico. Provee un complemento a la ecocardiografía, es una alternativa no invasiva a la angiografía convencional y evita el uso de radiación ionizante de la tomografía computarizada y la medicina nuclear. Sus principales aplicaciones están relacionadas con el estudio de la función ventricular y la caracterización tisular, al ser la técnica diagnóstica más reproducible para la medición de las dimensiones, la masa y los volúmenes ventriculares, así como la caracterización del miocardio y sus cambios (fibrosis, grasa, amiloide, hierro), por lo que los protocolos están dirigidos a esos objetivos, con algunas particularidades, teniendo en cuenta las diferentes enfermedades cardiovasculares que pueden ser estudiadas con fines diagnóstico, pronóstico y de guía terapéutica¹.

Los estudios de RMC comenzaron en Cuba en el año 2009 en el Centro de Investigaciones Médico-Quirúrgicas (CIMEQ)^{2,3}. Recientemente, con la adquisición de un equipo Magnetom AERA (1.5 Teslas), de Siemens, su aplicación se ha extendido al Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, lo cual amplía la atención médica e investigativa.

Desde la introducción de la técnica en el país, se ha realizado una revisión y actualización periódica de los protocolos estandarizados a nivel mundial sobre las diferentes opciones para la obtención de las imágenes y su procesamiento. Se ha tenido en cuenta las guías y consensos que rigen la aplicación de esta técnica, elaborados por los expertos de las principales sociedades rectoras de las imágenes cardíacas¹

Esta revisión se ha aplicado al contexto del desarrollo de la imagen cardíaca en Cuba, vinculándola estrechamente con la experiencia que han ido alcanzando los autores en la práctica habitual.

Debido al alto costo de la técnica y los recursos necesarios para su implementación, surge la necesidad de incorporar el conocimiento general de sus protocolos de actuación en el abordaje clínico de los pacientes cardiovasculares, lo que facilitaría su aplicación de manera óptima, motivo por el cual se ha realizado este trabajo.

I- Protocolos

El paciente antes del estudio debe recibir una explicación detallada sobre el mismo, momento en que será firmado su consentimiento, para lo cual existe una planilla institucional. Antes de posicionar al paciente dentro del equipo, el personal capacitado (médico, personal técnico o de enfermería) debe revisar la historia clínica y

el formato de seguridad para identificar la existencia de implantes que pudieran ser peligrosos para la realización de la RMC o producir artefactos de imagen. Para los pacientes con procedimientos cardiacos recientes o que tienen una historia clínica incompleta o no confiable, se debe obtener una radiografía de tórax para ayudar a la evaluación⁴.

De manera básica se propone (Figura 1):

1. Secuencias localizadoras en los planos corporales axial, coronal y sagital y de planos oblicuos cardiacos en dos cámaras (2C), cuatro cámaras (4C), tres cámaras (3C), ejes cortos, ventrículo izquierdo y tracto salida del ventrículo izquierdo.
2. Secuencias de spin echo (HASTE) axiales, coronales y sagitales empleadas para la evaluación morfológica cardiaca y extracardiaca.
3. Secuencias para evaluación del primer paso del gadolinio (Gradiente de eco, T1, ultrarrápida, alta resolución temporal y máxima relación señal/ruido, empleadas para la detección de isquemia miocárdica).
4. Secuencias de gradiente de eco para estudio de la función ventricular. Su característica principal es la elevada resolución temporal (permite adquirir una imagen a intervalos de 20-40 ms durante el ciclo cardiaco), lo que permite analizarlas en modo cine-RM.
5. Secuencias con inversión de la recuperación para la evaluación del realce

tardío del gadolinio, empleadas para detectar la fibrosis miocárdica^{5,6}.

En dependencia de la indicación puede ser necesario el uso de otras secuencias añadidas al protocolo básico.

Protocolo

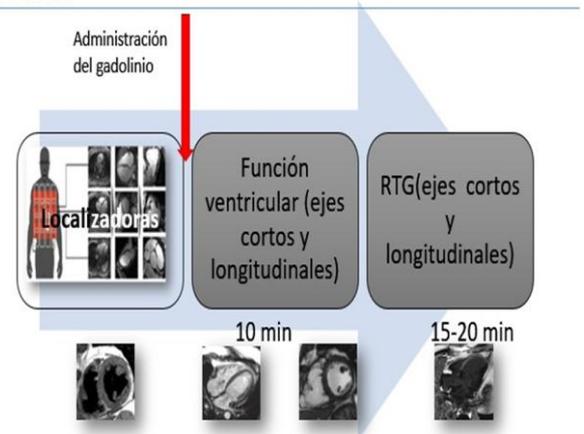


Figura 1. Modificado de: Valbuena-López S, et al. Resonancia magnética cardiovascular en la práctica cardiológica: una guía concisa para la adquisición de imágenes y la interpretación clínica. Rev Esp Cardiol. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2015.11.012>.

Es esencial contar con una señal de electrocardiograma (ECG) de alta calidad para generar datos óptimos en secuencias con sincronización cardiaca, para lo cual se utilizan electrodos especiales paramagnéticos. Para minimizar el efecto del movimiento respiratorio, los estudios cardiacos se realizan en espiración sostenida o con sincronización respiratoria utilizando diversos dispositivos que, colocados sobre el paciente, registran los movimientos respiratorios.

II- Principales aplicaciones puestas en práctica.

Enfermedad coronaria/ Cardiopatía isquémica

- Realce tardío del gadolinio (RTG) para diagnóstico de infartos subendocárdicos, si el ecocardiograma no es concluyente (Clase I).
- Estudio de la función ventricular en pacientes infartados si el ecocardiograma no es concluyente (Clase I).
- RTG para evaluación de viabilidad previo a la revascularización (Clase IIa).
- Detección de infarto silente, estratificación de riesgo y pronóstico (Clase IIa).
- Detección de infartos pequeños después de revascularización miocárdica. (Clase IIa).
- Realce tardío de gadolinio en infarto agudo de miocardio (para evaluación de tamaño del infarto, obstrucción microvascular) (Clase IIa).
- Detección de complicaciones mecánicas del infarto (Clase IIa).
- Evaluación en pacientes con troponina positiva y que no presentan lesiones angiográficas en la coronariografía (Clase IIa)⁷.

En los cuadros agudos su uso es de utilidad en pacientes que acuden al cuerpo de guardia con diagnósticos dudosos (clínico, electrocardiográfico y enzimático) de injuria miocárdica (Infarto agudo del miocardio

(IMA), miocarditis, enfermedad de Takotsubo).

Miocardopatías

- Evaluación de volúmenes, función sistólica o masa ventricular en pacientes con miocardopatía dilatada idiopática con ventana ecocardiográfica inadecuada o resultados discordantes (Clase I).
 - Evaluación de volúmenes ventriculares y motilidad regional del ventrículo derecho, así como la extensión de la fibrosis en pacientes con sospecha de Displasia Arritmogénica del Ventrículo Derecho (DAVD) (Clase I y IIa respectivamente).
 - Sospecha de miocardio no compacto (independientemente del resultado del ecocardiograma (Clase I).
 - Evaluación de función ventricular y caracterización tisular en pacientes con sospecha de sarcoidosis, amiloidosis, enfermedad de Chagas, enfermedad de Fabry, hemocromatosis, miocardopatía hipertrófica (Clase I).
 - Evaluación de la función ventricular y caracterización tisular en pacientes oncológicos con enfermedad activa o en remisión para el estudio de la cardiotoxicidad cuando la ventana acústica por ecocardiografía sea deficiente o la fracción de eyección sea limítrofe⁸.
- ### Valvulopatías (Clase I)



- Sospecha de válvula bicúspide u otra malformación valvular no confirmada por ecocardiografía.

- Determinación de grado de severidad de las lesiones valvulares, si la ecocardiografía es no concluyente.

Enfermedades del pericardio

- Evaluación de pericarditis constrictiva conocida o sospechada (Clase I).

- Sospecha de pericarditis aguda (Clase IIa).

- Evaluación del derrame pericárdico (Clase IIa).

Masas cardíacas (Clase I)

- Evaluación de masa cardíaca si el ecocardiograma es no diagnóstico.

- Caracterización tisular y extensión a estructuras vecinas.

Electrofisiología

- Evaluación de cardiopatía estructural en pacientes con ecocardiograma normal (Clase IIa).

- Terapia de resincronización cardíaca: presencia y extensión de la fibrosis miocárdica para colocación de electrodo del ventrículo izquierdo y anatomía del sistema venoso.

- Identificación de sustrato para guía en la ablación de arritmias complejas⁹.

Patología de la aorta torácica

Aguda

- Diagnóstico de hematoma intramural aórtico (Clase I).

- Diagnóstico de la úlcera penetrante ateromatosa aórtica (Clase I).

- Diagnóstico de disección aguda en pacientes estables hemodinámicamente (Clase IIa).

- Diagnóstico de disección aguda en pacientes estables hemodinámicamente con ecocardiograma transesofágico o tomografía axial computarizada no concluyentes o contraindicadas (Clase I).

Crónica (Clase I)

- Diagnóstico y seguimiento de aneurisma de la aorta.

- Diagnóstico y seguimiento de dilatación de la aorta no evaluable por ecocardiografía.

- Diagnóstico y seguimiento de dilatación de la aorta sumado a evaluación de enfermedad valvular aórtica y repercusión hemodinámica ventricular izquierda, no evaluable por ecocardiografía.

- Diagnóstico y seguimiento de disección aórtica crónica.

Hipertensión pulmonar

- Evaluación de volúmenes, función y masa ventricular derecha en pacientes con hipertensión pulmonar (Clase I).

Cardiopatías congénitas (Clase I): La capacidad para delinear la compleja anatomía cardíaca sin exposición radioactiva, supone una ventaja en los pacientes jóvenes que necesitan estudios secuenciales. Puede cuantificar un cortocircuito cardíaco para facilitar el

tratamiento y el pronóstico. Es particularmente útil para el seguimiento postoperatorio en casos en los que la valoración del ventrículo derecho y la compleja anatomía postoperatoria plantea dificultades para la ecocardiografía bidimensional y en el estudio de la insuficiencia de la válvula pulmonar. El resto de las aplicaciones constituyen, en estos momentos un desafío futuro^{Error! Marcador no definido.}.

Perspectivas futuras de aplicaciones en nuestro medio

Estudios de estrés: La RMC contrastada con gadolinio junto con fármacos como: la adenosina, el dipiridamol o el regadenoson, visualiza la isquemia en forma de áreas de hipoperfusión miocárdica a medida que el contraste va desvaneciéndose a través del miocardio. La combinación de este estudio con la evaluación del realce tardío del gadolinio permite determinar la viabilidad miocárdica y predecir la recuperación del miocardio tras la revascularización.

- Evaluación de isquemia/viabilidad mediante RMC de estrés con dosis baja de dobutamina, en pacientes con eco estrés con dobutamina o SPECT con resultado equívoco o dudoso. (Clase I)
- Evaluar significación funcional de estenosis coronarias conocidas en pacientes con posibilidad o no de ejercicio, ECG interpretable o no en los que no se puedan

emplear otras técnicas validadas en la institución para este fin como la medicina nuclear o el ecocardiograma de estrés (Clase IIa).

- Probabilidad pretest intermedia de enfermedad coronaria con resultado equívoco en otro test (Clase IIa).

Cardiopatías congénitas: Para establecer diagnóstico de cardiopatías simples y complejas, en especial en aquellos casos que persistan dudas luego de la evaluación ecocardiográfica o previo a realizar el cateterismo.

- Para evaluación del ventrículo derecho, sobre todo en patologías tales como tetralogía de Fallot, atresia pulmonar, comunicación interventricular, anomalía de Ebstein, doble cámara del ventrículo derecho, ventrículo único, transposición congénitamente corregida de los grandes vasos (L-TCGV) y en aquellos con transposición de los grandes vasos (TGV) con *switch* auricular (cirugía de Senning o Mustard).
- En pacientes con *switch* auricular para evaluar la permeabilidad u obstrucción de los canales venosos y sistémicos.
- Para el diagnóstico de defectos tipo seno venoso y aquellos asociados con anomalías del retorno venoso pulmonares (aisladas o asociadas con comunicación interauricular).
- Para el diagnóstico de membranas auriculares como el *cortriatriatum*.



- Para el diagnóstico del síndrome de la cimitarra (drenaje anómalo de vena pulmonar en la vena cava inferior): evalúa el colector venoso anómalo, las alteraciones de la arteria pulmonar derecha e hipoplasia del pulmón.
- Para el diagnóstico de la comunicación interauricular tipo *ostium secundum* o *primum* y el cálculo del cortocircuito (Qp/Qs) a partir del análisis del flujo arterial sistémico y pulmonar.
- Pacientes operados con corrección del retorno venoso pulmonar anómalo o retorno venoso sistémico.
- En aquellos casos en que la comunicación interventricular se asocia con anomalías complejas, la indicación de la RMC aporta información anatómica.
- Para diagnóstico de ductus arterioso persistente o ventana aortopulmonar en pacientes con ventana ultrasónica dificultosa.
- En pacientes con conductos ventrículo-subpulmonares para evaluar fracción de eyección, volúmenes ventriculares y permeabilidad del conducto.
- En pacientes con fisiología tipo ventrículo único, independientemente de la variante, para evaluación de la fracción de eyección, volumen ventricular y posterior a intervenciones paliativas.^{10,11}

A lo anterior le añadimos la actualización en los programas de análisis, donde

incluimos el estudio cuantitativo con la incorporación de los Myomaps (adquisición y análisis de los tiempos en T1, T2, T2 estrellado y cálculo del volumen extracelular), así como el entrenamiento y superación de los recursos humanos dedicados al desarrollo de la técnica en el país.^{Error! Marcador no definido.}

III- Contraindicaciones.

Criterios generales

1. Implantación de marcapasos, desfibriladores o cualquier otro dispositivo ferromagnético que pudiera afectarse en su funcionamiento o interferir en la calidad del estudio por la acción del campo magnético. Actualmente Cuba cuenta con marcapasos y electrodos compatibles con la resonancia magnética.
2. Presencia de clips de aneurisma intracraneal o elementos metálicos intraoculares.
3. Pacientes cuyo hábito corporal exceda las restricciones propias del equipo de resonancia magnética (peso, talla, circunferencia corporal). Claustrofobia significativa (no respondedora a ansiolíticos).
4. En el caso de mujeres embarazadas o en periodo de lactancia, aunque no se han demostrado efectos nocivos sobre el embrión, el feto puede ser más sensible a los efectos del calor y el ruido. Los compuestos de gadolinio atraviesan la

placenta, y no se recomienda su uso durante el embarazo.

5. Tasa de filtración glomerular (TFG) < 30 ml/min (si se va a administrar gadolinio)^{Error! Marcador no definido.}.

Otras consideraciones

Pacientes con ritmo no sinusal o extrasistolia frecuente (\geq 6/min).

Pacientes que no puedan soportar el decúbito supino durante al menos 30 minutos.

Pacientes que no puedan realizar apneas de al menos 10 segundos.

Se debe tener precaución con los tatuajes con pinturas que contengan metales ferromagnéticos porque puede calentarse la piel. Las prótesis valvulares actuales pueden ser sometidas a la acción del campo magnético, al igual con los STENTS coronarios, incluso en la urgencia^{Error! Marcador no definido.}.

IV- Contrastes

Las imágenes de RMC se benefician del uso de contrastes. Estas sustancias generan efectos al modificar el campo magnético local y relajar los parámetros dentro del tejido que va a visualizarse. Los contrastes de uso más frecuente son los quelatos de gadolinio. El gadolinio es un contraste extracelular que en condiciones normales no es retenido en el miocardio al no penetrar en el interior de la célula. Permanece más tiempo en el miocardio donde se ha dañado

la integridad de la membrana, o donde existe aumento del espacio extracelular por sustitución colágena (infarto agudo, crónico o fibrosis e infiltración), lo cual se detecta como una señal brillante en la imagen debido a una prolongación del lavado del mismo. Se han observado reacciones anafilactoides con estas sustancias en menos del 0,1 % de los casos.

- Fibrosis sistémica nefrogénica:
 - Es una complicación poco frecuente, pero grave.
 - Se describe con la administración de ciertos quelatos de gadolinio.
 - Produce fibrosis de la piel, articulaciones, ojos y órganos internos.
 - Los contrastes de gadolinio deben evitarse, salvo que la información diagnóstica resulte esencial y no pueda obtenerse mediante una RMC sin contraste en los siguientes pacientes:

- 1- Insuficiencia renal grave aguda o crónica.
- 2- Disfunción renal de cualquier gravedad secundaria a síndrome hepatorenal.
- 3- En el postoperatorio del trasplante hepático.
- 4- Los pacientes en diálisis sólo deben recibir gadolinio cuando sea imprescindible, y en ese caso, la diálisis debe realizarse lo antes posible tras la prueba.

La seguridad de los contrastes de gadolinio está relacionada con su estructura química:



- ✓ Contrastes más seguros (estructura cíclica): Dotarem, Gadovist, ProHance.
- ✓ Seguridad intermedia (estructura iónica lineal): Magnevist, MultiHance, Primovist, Vasovist.
- ✓ Menor seguridad (estructura lineal no iónica): Omniscan, OptiMARK¹². Los que más se han utilizado en Cuba son el Gadovist y el Magnevist.

Conclusiones

El examen de resonancia magnética cardíaca representa una gran diferencia en calidad para la atención médica cardiovascular y provee informaciones clínicas fundamentales para el paciente y sus médicos asistentes. El potencial tecnológico que representa y su óptimo uso traen beneficios clínico directo asistencial, docente e investigativo por medio de diagnósticos precisos y bien estructurados al servicio de la salud pública cubana.

Referencias bibliográficas

1. Kim RG, Simonetti OP, Westwood M, Kramer CM, Narang A, Friedrich MG et al. Guidelines for training in cardiovascular magnetic resonance (CMR). J Cardiovasc Magn Reson [Internet]. 2018 [cited 2018 sept 23] 20:57. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6094559/>
2. Pérez Barreda A, Abreu Cruz Á, Ravelo Llanes K, Castro Ballester J, Téllez Pérez R. Realce tardío del gadolinio en el diagnóstico de la necrosis miocárdica. Rev Cubana Cardiol Cir Cardiovasc [Internet]. 2012 [citado 2018 sept 20]; 18(2):123-124. Disponible en: <http://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/249/244>
3. Pérez Barreda A, Abreu Cruz Á, Ravelo Llanes K, Álvarez Pelegrino A, Rojas Y. Contribución de la resonancia magnética cardíaca en la confirmación diagnóstica de la infiltración amiloidea. Rev Cubana Cardiol Cir Cardiovasc [Internet]. 2014 [citado 2018 sept 20]; 2(2):104-106. Disponible en: <http://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/375>
4. Fratz S, Chung T, Greil GF, Samyn MM, Taylor AM, Valsangiacomo Buechel ER et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. J Cardiovasc Magn Reson [internet]. 2013 [cited 2018 sept 23] Jun 13; 15:51. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23763839>
5. Valbuena-López S, Hinojar R, Puntmann V. Resonancia magnética cardiovascular en la práctica cardiológica: una guía concisa para la adquisición de imágenes y la interpretación clínica. Rev Esp Cardiol [Internet]. 2016 [citado 2018 sept 20]; 16(2):202-210. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2015.11.012>
6. Schulz-Menger J, Bluemke DA, Bremerich J, Flamm SD, Fogel MA, Friedrich MG et al. Standardized image interpretation and post processing in cardiovascular magnetic resonance: Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) board of trustees task force on standardized post processing. J Cardiovasc Magn Reson [Internet]. 2013 May 1; 15:35. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3695769/>
7. Thygesen K, Alpert J, Jaffe A, Chaitman B, Bax JJ, Morrow D. Fourth Universal Definition of Myocardial Infarction. J Am Coll Cardiol. [Internet]. 2018 [cited 2018 nov 25] Oct 30; 72(18):2231-2264.

- Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.1038>
8. Jordan J, Todd RM, BS, Vasu S, Hundley G. Cardiovascular Magnetic Resonance in the Oncology Patient. J Am Coll Cardiol Img [internet]. 2018 [cited 2018 aug 18];11(8):1150–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.06.004>
9. De Maria E, Aldrovandi A, Borgh A, Modonesi L, Cappelli S. Cardiac magnetic resonance imaging: Which information is useful for the arrhythmologist? World J Cardiol [Internet]. 2017 [cited 2018 sept 23];9(10): 773-786. Available from: URL: <http://www.wjgnet.com/1949-8462/full/v9/i10/773.htm> DOI: <http://dx.doi.org/10.4330/wjc.v9.i10.773>
10. Kramer CM, Barkhausen J, Flamm S, Kim RJ, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. J Cardiovasc Magn Reson [internet]. 2013 [cited 2018 sept 23];15:91. Disponible en: <http://jcmr-online.com/content/15/1/91>
11. Consenso de imágenes cardiovasculares no invasivas en adultos / Versión resumida. Rev Argent Cardiol [internet]. 2017 [citado 2018 sept 20]; 85 :149-181. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v85.i2.10252>
12. Carrasco Muñoz S, Calles Blanco C, Marcin J, Fernández Álvarez C, Lafuente Martínez J. Contrastes basados en gadolinio utilizados en resonancia magnética. Radiología [internet]. 2014 [citado 2018 sept 20]; 56(S1):21-28. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2014.06.005>

Recibido: 10-12-2018

Aceptado: 06-02-2019



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

