

Utilidad de la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) en Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Algunas consideraciones.

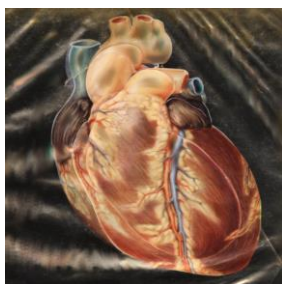
Autores: Dr. José Hidalgo Díaz *, Dr. Manuel Almeida Frutos **, Dr. J C Chachques *, Dr. Jesús Herreros ******

La resonancia magnética nuclear (RMN) es un procedimiento que se utiliza desde la década de los 80 para diagnosticar distintas enfermedades del organismo ya sean del sistema osteomioarticular, partes blandas y estructuras de todo tipo que componen el cuerpo humano¹.

Este examen es no invasivo pero requiere de contrastes cuando se emplea para medir parámetros cardíacos.

A partir del 2000 se ha desarrollado un Software para estudiar el corazón y los grandes vasos del organismo. Como un nuevo patrón oro en masa, volumen y flujo, la resonancia magnética nuclear (RMN) es probablemente la técnica con evolución más rápida en diagnóstico cardiovascular².

Un examen cardíaco completo con RMN permite la evaluación de la morfología, la función global y regional, la anatomía coronaria, la perfusión, la viabilidad y el metabolismo miocárdico así como diferenciar función normal, regiones inflamadas necrosadas, y tumorales de los tejidos cardíacos entre otros, todos ellos en una sola prueba diagnóstica. Los estudios de función ventricular y otros parámetros son bien estudiados por RMN. **(Figura de la pared anterior del Corazón.)**



En Cardiología y Cirugía Cardiovascular sus usos más comunes son:

Evaluar la anatomía y funcionamiento de las cámaras, las válvulas, el tamaño y el flujo de sangre a través de los vasos mayores, y las estructuras circundantes del corazón tales como el pericardio y los derrames pericárdicos así como diagnosticando una variedad de problemas cardiovasculares tales como malformaciones congénitas, enfermedades valvulares y coronarias, tumores, infecciones y enfermedades inflamatorias además del estudio de los grandes vasos que componen el organismo³.

En las miocardiopatías hipertrófica, dilatada y restrictiva también tiene indicación la RMN para su estudio incluso en patologías que son tratadas por especialistas de electrofisiología y otras, es de enorme utilidad⁴.

En el caso de las patologías coronarias se evalúan los efectos en las arterias coronarias tales como el flujo restringido de sangre hacia el

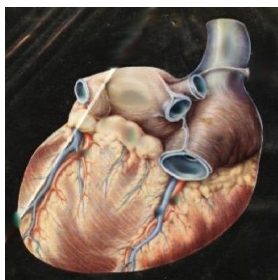
músculo del corazón y las cicatrices que quedan en el músculo del corazón luego de un ataque cardíaco.

Para evaluar los efectos de cambios quirúrgicos, especialmente en pacientes con enfermedad congénita, valvulares y coronarias del corazón.

En fin la RMN cardiovascular sirve tanto para el diagnóstico como para el seguimiento a corto y largo plazo de todas las enfermedades cardiovasculares.

Algunos estudios ya presentan una gran sensibilidad y especificidad para la detección de obstrucciones a nivel de puentes aortocoronarios.

En el caso de las patologías coronarias es de sumo interés pues da mucha información de la función global como segmentaria del VI y la anatomía coronaria, la perfusión, la viabilidad y el metabolismo del miocárdico, todos ellos en una sola prueba diagnóstica y en forma totalmente no invasiva. Aunque se pueden emplear productos como el gadolinio-DTPA (el único agente de contraste disponible para realizar pruebas con RMN ⁵).



El infarto de miocardio (agudo y subagudo) altera los tiempos de relajación normales, lo cual permite identificar el área infartada y el área amenazada en conjunto; la inyección de gadolinio muestra alteraciones del washin y washout regional, produciendo así una zona de alta captación (zona caliente) en imágenes tardías.

Los estudios de función ventricular y otros parámetros son bien estudiados por RMN. **(Figura de la pared posterior del Corazón.)**

Se estudian actualmente nuevos contrastes, que permitan evidenciar el área necrótica pura, lo cual nos posibilitará de alguna forma diferenciar los territorios comprometidos y territorios amenazados del corazón y los grandes vasos. Esto último, unido a la evaluación de la perfusión y de la contractilidad miocárdica, permitirá observar, con un solo método, el límite entre necrosis y área amenazada, poniendo de manifiesto así el verdadero territorio atontado ⁶.

La selección del método más apropiado para evaluar la viabilidad miocárdica incluirá la consideración de las características del paciente, la presencia del árbol arterial coronario amenazado, las técnicas de evaluación de la viabilidad disponibles y la experiencia en la revascularización coronaria en esa población de pacientes operados.

Por último, podemos evaluar el tamaño del área afectada y sus complicaciones, así como identificar hematomas en el área infartada. La

resonancia puede también cuantificar obstrucciones microvasculares. (OMV). La OMV ocurre debido a que la isquemia prolongada produce oclusión microvascular en el centro del infarto y se extiende hasta 48 horas luego de la reperfusión.

Por otra parte sería de gran ayuda la RMN cardiovascular en el estudio del comportamiento de las células madre cuando estas están implantadas en el corazón ²⁷⁻³¹.

Como se conoce los métodos actuales de obtención de estas células son por cultivo, aféresis y la técnica de Ficoll. Existen otros métodos de obtención de estas células de incierto reconocimiento científico.

Los tres primeros métodos de obtención de células señalados y utilizados por cirugía CV tanto experimentalmente como en humanos no han demostrado que dichas células madre se acoplen de forma electromecánica a la función cardíaca pero si se ha probado su poder angiogénico y miogénico lo que provoca que las propias células puedan oxigenarse y desarrollar nuevos tejidos provocando un engrosamiento de la cicatriz fibrosa que produce un infarto del miocardio y evitando el efecto de remodelación cardíaca post infarto. Las Células Madre Embrionarias y las Células Madre iPS (Induced Pluripotent Stem cells) al parecer serán en un futuro la resolución de este problema a nivel cardíaco.

No ocurre lo mismo en la cirugía vascular periférica donde jamás se ha demostrado por algún estudio angiográfico que estas células produzcan vasos de importancia para mejorar la circulación periférica.

En las cardiopatías congénitas permite una evaluación anatómica y funcional de las cardiopatías congénitas, en etapas preoperatorias y postoperatorias; pueden medirse en forma exacta masa, volúmenes ventriculares y las velocidades de los flujos en cualquier plano y determinar el Qp/Qs en forma incruenta en escasos minutos. La valoración cuantitativa de los flujos permite descartar y/o confirmar alteraciones patológicas (obstrucciones, trombosis, etc.) sobre las imágenes morfológicas previamente logradas ⁷.

En general, un estudio de RMN brinda información sobre los siguientes apartados ⁸ :

a) Análisis segmentario: para la descripción correcta del tipo de cardiopatía congénita, al identificar el situs auricular, conexiones auriculoventriculares, morfología ventricular y conexiones ventriculoarteriales.

b) Detección de malformaciones vasculares extracardíacas: una de las mayores ventajas es el gran campo de visión que brinda, ya que permite

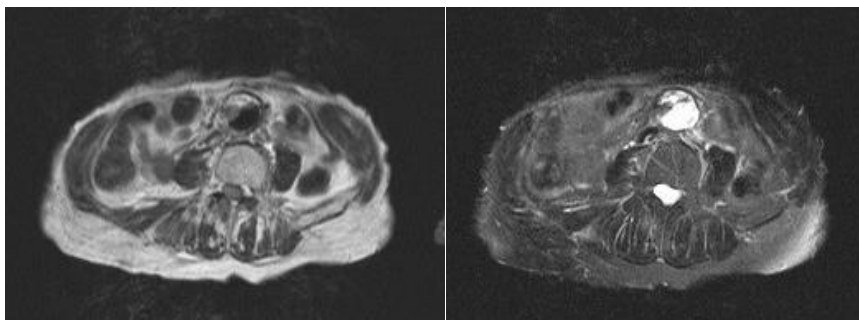
visualizar zonas que hasta ahora sólo eran evidenciables con dificultad por métodos cruentos; las malformaciones vasculares extracardíacas son un claro ejemplo.

Por otra parte en las enfermedades del pericardio congénitas o no como la agenesia de pericardio, divertículos y quistes congénitos, se diagnostican fácilmente en secuencias convencionales (T2).

Los derrames pericárdicos se localizan en forma exacta, diferenciándolos de tejido adiposo.

Los engrosamientos pericárdicos en pericarditis fibrosas, como la enfermedad del colágeno, infecciones, postratamiento con radiaciones en que se produce hemopericardio y fundamentalmente las pericarditis constrictiva, son algunas de las indicaciones especiales de este método, ya que permite diferenciar a esta última de la miocardiopatía restrictiva, y tumores pericárdicos, entre otras patologías pericárdicas.

En el caso de los grandes vasos como el estudio de la Aorta y sus ramas:



En la aorta y grandes vasos la RMN es el estudio más importante para el diagnóstico correcto de las enfermedades

de la aorta porque permite valorar entre otros aspectos, afecciones congénitas como coartación, anillos vasculares y otras anomalías del arco aórtico y sus ramas así como controles preoperatorios y postoperatorios, entre otros aspectos. En enfermedades subclínicas de la aorta: la RMN puede detectar enfermedades en etapa subclínica al evaluar las propiedades elásticas y la distensibilidad de la aorta, **(En las Figuras se observan un Aneurisma de la aorta abdominal, secuencias convencionales T1 y T2 que evidencian complicación de placa)** lo cual permite identificar patologías en pacientes asintomáticos y facilita la realización de un tratamiento precoz, cuando aún las alteraciones son mínimas, lo mismo que el monitoreo de los resultados de intervenciones terapéuticas.

Se demostró la correlación entre la aterosclerosis aórtica subclínica y la enfermedad cardiovascular, por lo cual la RMN por aterosclerosis aórtica subclínica puede brindar un novedoso método de medir riesgo cardiovascular⁹.

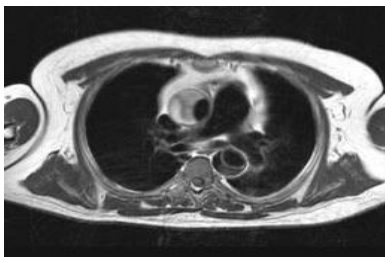
En los aneurismas torácicos es el método por excelencia del análisis anatomofuncional de la aorta porque evalúa afecciones en todas sus etapas: preclínica como se mencionó anteriormente, clínica para el seguimiento controlado del tamaño y la tasa de crecimiento anual del aneurisma, preintervención, única en este sentido, ya que brinda al cirujano o hemodinamista una visión no sólo de la localización, la extensión, la relación con estructuras vecinas y la emergencia de los vasos del arco aórtico que son datos de importancia tanto para el clampeo como para la ubicación de las endoprótesis, pero además, proporciona una reconstrucción tridimensional de los aneurismas y permite el control posquirúrgico con individualización adecuada de las complicaciones, incluida la evaluación de los flujos periprotésicos.

Cuando la dilatación aortica se acerca a los valores de indicación quirúrgica (más de 6 cm de diámetro máximo y límites algo inferiores si tiene síndrome de Marfán o insuficiencia aórtica, el estudio con técnicas de alta resolución se convierte en el ideal, por ejemplo, a partir de los 5 cm de diámetro, ya que la tasa de crecimiento varía en forma significativa ¹⁰.

Las complicaciones postcirugía protésica de la aorta ascendente más frecuentes son, el hematoma periprotésico y el falso aneurisma protésico, diagnósticos que llevan a la reintervención. También en aneurismas abdominales evalúa tanto la enfermedad como sus complicaciones; individualiza y diferencia trombosis de pared y hemorragias intraparietales y perivasculares y establece su antigüedad; es decir, si la extravasación es aguda, subaguda o si se trata de un hematoma o trombosis antigua. La búsqueda de este tipo de complicaciones en el espacio retroperitoneal (la rotura se produce en el 80% de los casos en el espacio retroperitoneal posterior), por la sencillez con que se evidencia, se constituye en una de las mayores ventajas que presenta la RMN respecto a otras técnicas de estudios existentes. La angiorresonancia con gadolinio Gd-DTPA (Gadolinio-ácido dietilentriaminopentaacético) clasifica el tipo, el tamaño y la localización anatómica e identifica el flap de entrada y los puntos de reentrada si existen y valora la dirección de los flujos en la falsa luz presentando una sensibilidad y una especificidad que alcanzan el 100%.

En fin la RMN Cardiovascular reconoce con exactitud el tipo de disección, la localización del flap, el tamaño y extensión de la disección, el sitio de reentrada, el compromiso valvular aórtico y de las arterias coronarias, de vasos de cuello, las arterias renales, las arterias mesentéricas e ilíacas, la función ventricular, FEVI, etc; También la presencia de trombos en la falsa luz, la presencia de hematomas intramurales en la aorta ascendente, las hemorragias perivasculares o rupturas parciales, presencia de derrame pericárdico con la angiorresonancia con gadolinio Gd-DTPA (Gadolinio-ácido dietilentriaminopentaacético) de la zona afectada ¹¹.

También la RMN en Cirugía Cardiovascular permite evaluar el área en expansión y la tipificación de placas ateromatosas en las carótidas, clasificándolas según su contenido lipídico.



Hay algunas consideraciones a tener en cuenta cuando se emplea la RMN tanto en Cardiocirugía como en cualquier otra especialidad. **(En la Figura se observa un Aneurisma Aortico disecante tipo A de Stanford.)**¹²

También en algunas enfermedades, como la enfermedad grave del riñón, pueden hacer imposible que se le administre material de contraste como el gadolinio para una RMN. Se ha usado la RMN desde los 80 para la exploración de pacientes, sin ningún informe de malos efectos en las mujeres embarazadas o en sus bebés que aún no han nacido. Sin embargo, debido a que el bebé sin nacer estará en un fuerte campo magnético, las mujeres embarazadas no deben hacerse este examen durante los primeros tres a cuatro meses de embarazo, a menos que se asuma que el potencial beneficio de la RMN supera con creces los riesgos posibles. Las mujeres embarazadas no deben recibir inyecciones de material de contraste con gadolinio, excepto cuando sea absolutamente necesario.

Tiene contraindicación la RMN en los pacientes a quienes se les implantó marcapasos, desfibriladores, clips en aneurismas cerebrales, implantes metálicos cocleares o intraoculares aunque hay autores que no la contraindican en el caso de prótesis valvulares metálicas, prótesis metálicas aorticas y stens coronarios.

No obstante reiteramos se debe tener precaución en reemplazos valvulares cardíacos y se debe conocer el tipo de válvula que presenta el paciente (las prótesis de Star-Edwards previas a la serie 6000 son una contraindicación). Las prótesis vasculares y los clips vasculares en otros territorios que como el cerebral no son una contraindicación, como tampoco los filtros en la vena cava¹³.

Debe informarle al tecnólogo si tiene algún dispositivo médico o electrónico en su cuerpo. Estos objetos pueden interferir con el examen o suponer potencialmente un riesgo, de acuerdo con su naturaleza.

También debe valorarse la utilización de la RMN en puertos implantables para administrar medicamentos, extremidades artificiales o prótesis metálicas para las articulaciones, estimuladores nerviosos implantables y broches metálicos, tornillos, placas, stents o grapas quirúrgicas. Por lo general, los objetos utilizados en las cirugías quirúrgicas no suponen ningún riesgo durante la RMN.

La presencia de un implante u otro objeto metálico a veces dificulta la obtención de imágenes claras debido a los artefactos creados por los objetos metálicos. El movimiento del paciente durante el procedimiento puede tener el mismo efecto.

Un latido del corazón muy irregular puede afectar la calidad de las imágenes obtenidas usando técnicas que espacian las imágenes en base a la actividad eléctrica del corazón, tales como la electrocardiografía. Un latido del corazón irregular o la fibrilación auricular pueden causar artefactos en las imágenes de RMN cardíaca ¹⁴.

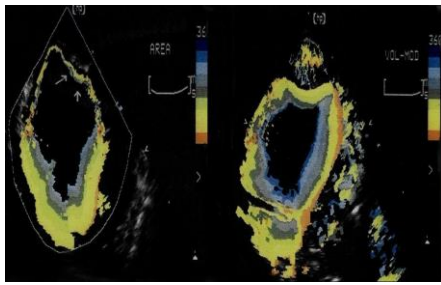
El movimiento constante del corazón crea problemas en la obtención de imágenes claras. Este problema se puede superar mediante varias técnicas que incluyen la sincronización de la resonancia con el trazado del ECG, la sincronización de la resonancia con la respiración, o la retención de la respiración del paciente durante períodos cortos, en forma repetitiva, durante la toma de imágenes.

Por lo general, la RMN no se recomienda para pacientes que han sido gravemente heridos; sin embargo, esta decisión se basa en una evaluación clínica. Esto se debe a que los dispositivos de tracción y muchos equipos de asistencia vital pueden distorsionar las imágenes por RMN y, por consecuencia, deben mantenerse lejos del área a explorar. Además, el examen dura más tiempo que otras modalidades de diagnóstico por imágenes (comúnmente los rayos X y las TAC) y probablemente los resultados no estén disponibles de forma inmediata tal como se necesita a menudo en situaciones de trauma ¹⁵.

Reiteramos a pesar de que no existe razón alguna para pensar que la resonancia magnética nuclear puede dañar el feto, generalmente se les advierte a las mujeres embarazadas que no se realicen exámenes de RMN durante el primer trimestre, a menos que sea necesario desde el punto de vista médico.

Existen innumerables exámenes en Cardiología y Cirugía cardiovascular que también aportan los parámetros que la RMN a patologías cardiovasculares y de grandes vasos del sistema arterial humano por lo que es una prueba más de importancia en el estudio de patologías cardíacas y de otros órganos a la que se le debe dar más importancia y valor para el estudio de los pacientes en general.

Tanto la Ecocardiografía estándar, intraesofágica o por color-kinesis ²⁹, la Medicina nuclear (Ventriculografía nuclear) (VN) ya sea con tecnecio 99, o talhalium 201 o una VN Gateada, el Multicorte, los estudios hemodinámicos entre otros son igualmente importantes en el estudio de las patologías cardiovasculares y algunos de ellos insustituibles hasta el momento como



es el caso de las coronariografías para definir conducta quirúrgica en los pacientes. **(En la Figura se observa la significativa diferencia entre el implante de células madre en un infarto de pared anterior del corazón antes y después de tres meses de haberles colocado las células. El grosor de**

la pared es evidente que aumento de forma demostrativa en este estudio de ecocardiograma por Color-Kinesis)²⁹

Resumiendo los beneficios y riesgos y de la RMN podemos decir que son:

Beneficios

- La RMN es una técnica de exploración no invasiva que no implica exposición a la radiación ionizante ¹⁶.
- Para ciertas enfermedades, las imágenes de RMN del corazón son mejores que las obtenidas con otros métodos de diagnóstico por imágenes. Esta ventaja hace que la RMN sea una herramienta valiosísima para la detección y evaluación tempranas de ciertas anomalías cardíacas, especialmente aquellas que afectan al músculo cardíaco.
- Se ha comprobado que la RMN es una herramienta valiosa para el diagnóstico de una amplia gama de patologías, incluyendo las anomalías anatómicas cardiovasculares (ej., defectos congénitos del corazón), anomalías funcionales (ej., insuficiencia valvular), tumores y condiciones relacionadas con la enfermedad de las arterias coronarias y cardiomiopatía.
- La RMN puede ser utilizada durante ciertos procedimientos de intervención, tales como procedimientos de ablación basados en catéteres para tratar ritmos cardíacos irregulares, incluyendo la fibrilación atrial. El uso de RMN puede acortar substancialmente el tiempo requerido para llevar a cabo estos procedimientos, obteniéndose así resultados más precisos ¹⁷.
- La RMN hace posible descubrir anomalías que pueden quedar ocultas por los huesos con otros métodos de exploración.
- El material de contraste utilizado en los exámenes de RMN tiene menos probabilidades de producir una reacción alérgica que los materiales a base de yodo, utilizados para rayos X convencionales y exploraciones por TAC.
- La RMN cardíaca permite la evaluación de las estructuras y el funcionamiento del corazón y de los vasos sanguíneos más importantes, sin los riesgos de exposición a la radiación que podrían estar asociados con procedimientos más invasivos o con alguno de los otros exámenes no invasivos.

- En un futuro se podrá emplear para medir los parámetros de contractilidad del Ventrículo izquierdo cuando se realicen transplantes cardiacos celulares con células madre iPS (Induced Pluripotent Stem cells, células madre adultas reprogramables, “células de la tercera vía” o células madre de pluripotencia inducida) o Embrionarias que son el futuro de la regeneración miocárdica a nuestro modo de ver.

Riesgos

- El examen de RMN casi no supone riesgos en el paciente medio si se siguen las pautas de seguridad apropiadas ¹⁸.
- Si se ha usado sedación, puede haber riesgos de exceso de sedación. No obstante, el tecnólogo o el enfermero controlarán sus signos vitales para minimizar el riesgo.
- Si bien el potente campo magnético no es perjudicial en sí mismo, los dispositivos médicos implantables que contienen metales pueden funcionar mal o causar problemas durante el examen de RMN.
- La fibrosis sistémica nefrótica es actualmente una complicación reconocida pero rara de la RMN, que se cree que es causada por la inyección de altas dosis del material de contraste a base de gadolinium en los pacientes con disfunción renal severa. La evaluación cuidadosa de la función de los riñones antes de considerar una inyección de contraste, minimiza el riesgo de esta complicación que de por sí es muy rara.
- Existe un leve riesgo de que se produzcan reacciones alérgicas al inyectar el material de contraste. Dichas reacciones por lo general son benignas y de fácil control mediante la medicación. Si usted experimenta síntomas alérgicos, un radiólogo u otro médico estará disponible para ayuda inmediata ¹⁹.
- Los fabricantes del medio de contraste intravenoso indican que las madres no deben amamantar a sus bebés por 24-48 horas después de que las madres reciban medio de contraste. No obstante, tanto el Colegio Americano de Radiología (ACR) como la Sociedad Europea de Radiología Urogenital dicen que los datos disponibles sugieren que no hay riesgo en seguir amamantando después de recibir contraste intravenoso.

Limitaciones

- Se garantizan imágenes de alta calidad sólo si uno es capaz de permanecer completamente inmóvil y seguir las instrucciones para retener la respiración mientras se graban las imágenes. Si siente ansiedad, confusión o tiene mucho dolor, le será muy difícil permanecer inmóvil durante la exploración ²⁰.

- Puede ocurrir que las personas de talla muy grande no puedan acomodarse en la abertura de ciertos tipos de máquinas de RMN.
- La presencia de un implante u otro objeto metálico a veces dificulta la obtención de imágenes claras debido a los artefactos creados por los objetos metálicos. El movimiento del paciente durante el procedimiento puede tener el mismo efecto.
- Un latido del corazón muy irregular puede afectar la calidad de las imágenes obtenidas usando técnicas que espacian las imágenes en base a la actividad eléctrica del corazón, tales como la electrocardiografía (EKG) ²⁶
- Un latido del corazón irregular o la fibrilación atrial pueden causar artefactos en las imágenes de RMN cardíaca.
- El movimiento constante del corazón crea problemas en la obtención de imágenes claras. Este problema se puede superar mediante varias técnicas que incluyen la sincronización de la resonancia con el trazado del ECG, la sincronización de la resonancia con la respiración, o la retención de la respiración del paciente durante períodos cortos, en forma repetitiva, durante la toma de imágenes ²⁵.
- Por lo general, la RMN no se recomienda para pacientes que han sido gravemente heridos; sin embargo, esta decisión se basa en una evaluación clínica. Esto se debe a que los dispositivos de tracción y muchos equipos de asistencia vital pueden distorsionar las imágenes por RMN y, por consecuencia, deben mantenerse lejos del área a explorar. Además, el examen dura más tiempo que otras modalidades de diagnóstico por imágenes (comúnmente los rayos X y las TC) y probablemente los resultados no estén disponibles de forma inmediata tal como se necesita a menudo en situaciones de trauma ²⁴.
- A pesar de que no existe razón alguna para pensar que la resonancia magnética nuclear puede dañar el feto, generalmente se les advierte a las mujeres embarazadas que no se realicen exámenes de RMN durante el primer trimestre, a menos que sea necesario desde el punto de vista médico ²¹.
- La adquisición de imágenes detalladas de las arterias coronarias y sus ramificaciones es más difícil con la RMN, razón por la que a menudo se toman estas imágenes con TAC cardíaca o con un procedimiento más invasivo usando un catéter que se coloca dentro de los vasos sanguíneos a través de la ingle o el brazo ²³.
- Por lo general, la RMN es más costosa y tarda más tiempo en llevarse a cabo que otras modalidades de diagnóstico por imágenes.

Un particular desafío de la resonancia es el potencial de incluir anatomía, función, perfusión, metabolismo y angiografía coronaria en un solo estudio ²².

Para mas información usted puede consultar las siguientes bibliografías:

1. Botnar RM, Stuber M, Kissinger KV, Kim WY, Spuentrup E, Manning WJ. Noninvasive coronary vessel wall and plaque imaging with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2000;102:2582-7.
2. Molinari G, Sardanelli F, Zandrino F, Balzan C, Masperone MA. Magnetic resonance assessment of coronary artery bypass grafts. *Rays* 1999;24:131-9.
3. Cardiac MRI: past promise, present problems, future prospects? Hartnell G. *Cardiovascular Radiology. Council Newsletter* 2000; 3-6
4. Baer FM, Theissen P, Crnac J, Schmidt M, Jochims M, Schicha H. MRI assessment of coronary artery disease. *Rays* 1999;24:46-59.
5. Hundley WG, Li HF, Lange RA, Pfeifer DP, Meshack BM, Willard JE, et al. Assessment of left-to-right intracardiac shunting by velocity-encoded, phase-difference magnetic resonance imaging. A comparison with oximetric and indicator dilution techniques. *Circulation* 1995;91:2955-60.
6. Mohiaddin RH, Underwood R, Romeira L, Anagnostopoulos C, Karwatowski SP, Laney R, et al. Comparison between cine magnetic resonance velocity mapping and first-pass radionuclide angiocardiology for quantitating intracardiac shunts. *Am J Cardiol* 1995; 75:529-32.
7. Metafratzi ZM, Efremidis SC, Skopelitou AS, De Roos A. The clinical significance of aortic compliance and its assessment with magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson* 2002;4:481-91.
8. Boese JM, Bock M, Schoenberg SO, Schad LR. Estimation of aortic compliance using magnetic resonance pulse wave velocity measurement. *Phys Med Biol* 2000;45:1703-13.
9. Jaffer FA, O'Donnell CJ, Larson MG, Chan SK, Kissinger KV, Kupka MJ, et al. Age and sex distribution of subclinical aortic atherosclerosis: a magnetic resonance imaging examination of the Framingham Heart Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002;22:849-54.
10. Dapunt OE, Galla JD, Sadeghi AM, Lansman SL, Mezrow CK, de Asla RA, et al. The natural history of thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:1323-32.
10. David TE, Armstrong S, Ivanov J, Barnard S. Surgery for acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 1999;67:1999-2001.
11. Mesana TG, Caus T, Gaubert J, Collart F, Ayari R, Bartoli J, et al. Late complications after prosthetic replacement of the ascending aorta: what did we learn from routine magnetic resonance imaging follow-up? *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;18:313-20.
12. Bhirangi K, Gilfeather M, Siegelman ES, Schnall MD, Holland GA, Carpenter JP. Comparison of preoperative three-dimensional gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging to the operative assessment of abdominal aortic aneurysm anatomy: a retrospective study. *Vascular Surgery*. 2000; 34:107-113.

13. Higgins CB, Ingwall JS, Pohost GM. A Current and Future Applications of Magnetic Resonance in Cardiovascular Disease. American Heart Association (Monograph Series) 1998; p. 109-130
14. Nishigami K, Tsuchita T, Shono H, Horibata Y, Honda T. Disappearance aortic intramural hematoma and its significance to the prognosis. *Circulation* 2000;102:III 243-7.
15. Coady MA, Rizzo JA, Elefteriades JA. Pathologic variants of thoracic aortic dissections. Penetrating atherosclerotic ulcers and intramural hematomas. *Cardiol Clin* 1999;17:637-57.
16. Wu KC, Kim RJ, Bluemke DA, Rochitte CE, Zerhouni EA, Becker LC, et al. Quantification and time course of microvascular obstruction by contrast-enhanced echocardiography and magnetic resonance imaging following acute myocardial infarction and reperfusion. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:1756-64
17. Soulen RL, Stark DD, Higgins CB. Magnetic resonance imaging of constrictive pericardial disease. *Am J Cardiol* 1985;55:480-4.
18. Posma JL, van der Wall EE, Blanksma PK, van der Wall E, Lie KI. New diagnostic options in hypertrophic cardiomyopathy. *Am Heart J* 1996;132:1031-41.
19. Pons-Llado G, Carreras F, Borrás X, Palmer J, Llauger J, Bayes de Luna A. Comparison of morphologic assessment of hypertrophic cardiomyopathy by magnetic resonance versus echocardiographic imaging. *Am J Cardiol* 1997;79:1651-6.
20. Friedrich MG, Strohm O, Schulz-Menger J, Marciniak H, Luft FC, Dietz R. Contrast media-enhanced magnetic resonance imaging visualizes myocardial changes in the course of viral myocarditis. *Circulation* 1998;97:1802-9.
21. Gagliardi MG, Bevilacqua M, Di Renzi P, Picardo S, Passariello R, Marcelletti C. Usefulness of magnetic resonance imaging for diagnosis of acute myocarditis in infants and children, and comparison with endomyocardial biopsy. *Am J Cardiol* 1991;68:1089-91.
22. Castro PF, Bourge RC, Foster RE. Evaluation of hibernating myocardium in patients with ischemic heart disease. *Am J Med* 1998;104:69-77.
23. Baer FM, Theissen P, Schneider CA, Kettering K, Voth E, Sechtem U, et al. MRI assessment of myocardial viability: comparison with other imaging techniques. *Rays* 1999;24:96-108.
24. Horn M, Weidensteiner C, Groot M, Remkes H, Meininger M, vonn Kienlin M, et al. Determination of size post myocardial infarction by ²³Na NMR. *J Cardiovasc Magn Reson* 1999;1:311A.
25. Fogel MA. Assessment of cardiac function by magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 2000;21:59-69.
26. Brenner LD, Caputo GR, Mostbeck G, Steiman D, Dulce M, Cheitlin MD, et al. Quantification of left to right atrial shunts with velocity-encoded cine nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*

1992;20:1246-50.

27. Hidalgo Díaz José MD, Chachques JC. MD, Hernández Cañero A. MD, Herreros Jesús MD, Paredes Á, MD .Células Madre Embrionarias VS Células Madre iPS (Induced Pluripotent Stem cells). Sitio <http://www.INFOMED> sección Cirugía CV. 1/7/2017

28. Hidalgo Díaz José MD, Chachques JC. MD, Hernández Cañero A. MD, Herreros Jesús MD, Células Madre Mesenquimales VS Células Madre de Cordón Umbilical. Sitio <http://www.INFOMED> sección Cirugía CV. 1/7/2017

29. Chachques JC, MD, Hidalgo Díaz José MD, et al. JC. Cardiomioplastia Celular: Un nuevo enfoque en la disfunción Ventricular (Revisión Maestra). *Intercontinental Cardiology*: 2001; Vol. 10 N° 1.

30. Hidalgo José MD, Chachques JC. MD, Hernández Cañero A. MD, La regeneración del corazón y la terapia celular con células madres. *Revista CENIC-Ciencias Biológicas* 2004; 35-3:210.

31. Hidalgo Díaz José, Las células madre y sus debates: nociones muy básicas para no entendidos. 31/7/2017 <http://www.temas.cult.cu/catalejo/las-c-lulas-madre-y-sus-debates-nociones-muy-b-sicas-para-no-entendidos>,

(*) Dr., José Hidalgo Díaz Especialista de Segundo Grado en Cirugía Cardíaca, Profesor Auxiliar del ISCM-H, Hospital Militar “ADB”, Managua. Nicaragua. Miembro de la Asociación Internacional de Bioasistencia Cardíaca. Paris. Francia.

() Dr. Manuel Almeida Frutos Especialista de Primer Grado en Radiología, Profesor Instructor del ISCM-H, Clínica Internacional “Cira García.” Habana. Cuba.**

(*) Investigador Principal de la Universidad “Pierre et Marie Curie” y Jefe de Investigaciones del Hospital Europeo “Georges Pompidou”, Paris. Francia. Miembro de la Legión de Honor de la Republica Francesa.**

(**) Catedrático de Cirugía Cardiovascular y Torácica, Jefe de la Unidad de Cirugía Cardiovascular del Hospital “Nisa Pardo de Aravaca”. Madrid. España. Director de la Cátedra de Ingeniería Biomédica de la Universidad Católica de Murcia, Director General de la Fundación de Ingeniería Biomédica y Tecnologías Sanitarias. España.**

Para mas información; Dr. José Hidalgo Díaz, Cirujano Cardiovascular IIº y Dr. Manuel Almeida Frutos Especialista de Primer Grado en Radiología.

Fijo: (53) 7-8303076 y 78361877. Habana. Cuba

Email: manuelcaf@infomed.sld.cu, j.chachques-ext@aphp.fr y jesus.herreros@gmail.com