



ORIGINAL

Evolución y tendencias de un programa de resonancia magnética cardíaca pediátrica en un hospital terciario durante 14 años

C. Marín Rodríguez^{a,*}, T. Álvarez Martín^b, Á. Lancharro Zapata^a, Y. Ruiz Martín^a, M.L. Sánchez Alegre^a y J. Delgado Carrasco^a

^a Radiología Pediátrica, Hospital Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

^b Cardiología Pediátrica, Hospital Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

Recibido el 27 de noviembre de 2018; aceptado el 3 de mayo de 2019

Disponible en Internet el 27 de junio de 2019

PALABRAS CLAVE

Resonancia magnética
cardíaca;
Radiología pediátrica;
Cardiopatías
congénitas;
Miocardiopatías

Resumen

Objetivos: 1) Revisar la actividad del programa de resonancia magnética cardíaca (RMC) de nuestro hospital desde su inicio hasta la actualidad; 2) evaluar la evolución del número de pacientes, estudios bajo anestesia, estudios con contraste (angiografía y realce tardío) y patologías representativas, y 3) estimar la tendencia de los mismos parámetros evaluados.

Material y métodos: El programa de RMC pediátrica de nuestro hospital comenzó el 14 de febrero de 2005. Revisamos los estudios hasta el 31 de diciembre de 2018. Los casos son incluidos en una tabla de cálculo que incluye sexo, fecha de nacimiento, fecha de exploración, clínica, diagnóstico radiológico, secuencias realizadas y anestesia. Obtenemos datos por años de la edad de los pacientes, la realización de estudios bajo anestesia, realización de angiografía por resonancia magnética con contraste, estudios de realce tardío y estudios posquirúrgicos. También valoramos la evolución de un grupo de patologías representativas: coartación aórtica, tetralogía de Fallot, D-transposición de las grandes arterias, correcciones univentriculares, síndrome del corazón izquierdo hipoplásico, retornos venosos pulmonares anómalos y miocardiopatías. Realizamos gráficos de barras, evolución de las medias y curvas logarítmicas de tendencia.

Resultados: El número total de casos fue 2.606. Se registró un incremento gradual del número de casos. La media de edad de los pacientes fue de 12,5 años y también se incrementó a lo largo del periodo; el 42% de los casos se realizaron con anestesia. En el 57,6% de los casos se realizó angio-RM con contraste, y en el 42,13%, estudio de realce tardío. La coartación aórtica ha representado la patología más frecuente (16,39%), aunque su número ha descendido paulatinamente a lo largo del periodo, y también lo ha hecho el corazón izquierdo hipoplásico. La patología del miocardio (7,25% de casos) ha aumentado paulatinamente, hasta representar el 9,35% en 2018.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carlos.marin@salud.madrid.org (C. Marín Rodríguez).

KEYWORDS

Cardiac magnetic resonance;
Pediatric radiology;
Congenital heart disease;
Myocardial pathology

Conclusión: A lo largo de estos 14 años, la patología estudiada, el tipo de pacientes y la técnica empleada han ido variando, con un aumento del número de pacientes y de su edad, una disminución de los estudios de angio-RM, y cambios en la prevalencia de los distintos grupos de patologías.

© 2019 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Evolution and trends in a pediatric cardiac magnetic resonance imaging program in a tertiary hospital over a 14-year period

Abstract

Objectives: 1. To review the activity in our hospital's pediatric cardiac magnetic resonance imaging (cMRI) program from its inception to the present. 2. To evaluate changes in the number of patients, in the number of studies done under anesthesia, in the number of studies done with contrast material (magnetic resonance angiography (MRA) and delayed enhancement), and in representative diseases studied. 3. To estimate trends in the parameters evaluated in objective 2.

Material and methods: The pediatric cMRI program at our hospital started on February 14, 2005. We assessed cMRI studies done between the inception of the program and December 31, 2018. The cases were entered in a calculation table that included sex, date of birth, date of examination, clinical presentation, radiologic diagnosis, sequences done, and anesthesia. For each year, we obtained data about patients' age, studies done under anesthesia, contrast-enhanced MRA, delayed enhancement studies, and postoperative studies. We also evaluated the evolution of the number of patients studied for a group of representative diseases (coarctation of the aorta; tetralogy of Fallot; dextro-transposition of the great arteries; corrections of uni-ventricular heart; hypoplastic left heart syndrome; anomalous pulmonary venous return; and cardiomyopathy). We analyzed these data with bar graphs, evolutions of means, and logarithmic trend curves.

Results: A total of 2606 cases were included. The number of cases per year increased gradually. The mean age of all patients was 12.5 years, and the age of the patients studied also increased during the 14-year period. Anesthesia was used in 42%. Contrast-enhanced MRA was done in 57.6% and delayed enhancement in 42.13%. The most common condition was aortic coarctation (16.39%), although the frequency of aortic coarctation and hypoplastic left heart syndrome decreased slightly during the period. By contrast, the frequency of cardiomyopathy (7.25% of cases) increased slightly, to the point where it represented 9.35% in 2018.

Conclusion: During the 14-year period in which pediatric cMRI has been done at our hospital, the conditions studied, the type of patients, and the techniques used has varied; the number of patients and patients' age has increased, whereas the frequency of MRA studies has decreased. The prevalence of the different conditions studied has also changed.

© 2019 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El empleo de la resonancia magnética (RM) para el estudio del corazón es una de las indicaciones más antiguas de la técnica. Ya a principios de los años ochenta se muestran imágenes del corazón con "sangre negra"¹ y se sugiere la sincronización con el electrocardiograma. La aplicación en cardiología pediátrica es muy precoz², dadas sus ventajas multiplanares y la ausencia de radiaciones ionizantes, aunque se trataba de un estudio poco frecuente para aclarar aspectos puntuales en cardiopatías complejas. En 1994 se describe la angiografía con gadolinio³, y ha sido ampliamente utilizada en los niños⁴. La aparición de las secuencias de estado estacionario 3D para el estudio coronario y, más tarde, de todo el corazón⁵, permiten un estudio de alta

resolución que incluye cavidades, válvulas, grandes vasos y arterias coronarias sin necesidad de contraste intravenoso. Las secuencias cine-RM y de contraste de fase permiten la valoración funcional⁶, tanto de los ventrículos como de las válvulas o los cortocircuitos⁷. También las técnicas de perfusión y realce tardío⁸, o los mapas T1 y T2 han aumentado la información diagnóstica a disposición de los cardiólogos y radiólogos. Este crecimiento ha ampliado la utilidad de la resonancia magnética cardíaca (RMC) en pediatría, que ha pasado de ser una herramienta avanzada de uso poco frecuente a formar parte del protocolo de estudio de numerosas cardiopatías, incluidas las cardiopatías congénitas⁹, las miocardiopatías o los tumores cardíacos.

No podemos olvidar que, en los niños, la ecocardiografía es la técnica de elección para el diagnóstico inicial y el

seguimiento en la mayor parte de las cardiopatías. Este hecho provoca que la mayoría de las cardiopatías congénitas de diagnóstico pre- o neonatal son exploradas únicamente por ecocardiografía antes de su tratamiento. Sin embargo, con el crecimiento aumenta el tamaño del paciente y disminuye la ventana acústica (menor tamaño del tino, osificación costoesternal, alteraciones por la cirugía, etc.). Además, los cambios posquirúrgicos y las alteraciones del miocardio son con frecuencia difíciles de evaluar con ultrasonidos. De esta manera, se hacen necesarias otras técnicas de imagen. La RMC permite, por una parte, la valoración morfológica del corazón y los grandes vasos con alta resolución espacial y de contraste; el estudio de función ventricular y valvular como patrón de referencia, y la evaluación del estado del miocardio con alta especificidad; todo ello sin administrar radiaciones ionizantes ni contraste yodado intravenoso. Los inconvenientes de la RMC son la menor disponibilidad, el precio, la necesidad de anestesia en una proporción considerable de niños y, actualmente, la incertidumbre respecto a los riesgos de depósito de gadolinio en los tejidos humanos.

En nuestro hospital comenzamos el programa de RMC pediátrica en febrero de 2005. En diciembre de 2018 realizamos nuestro caso número 2.606. El objetivo de este trabajo es un análisis de la evolución de nuestra actividad, las variaciones demográficas, técnicas y patológicas de nuestros estudios, y la tendencia de estas variaciones. Como se comentará en el desarrollo del trabajo, debe tenerse en cuenta que durante el periodo estudiado se han producido cambios en la organización hospitalaria (creación de la unidad de cardiopatías congénitas del adulto); en la demografía (variaciones en la natalidad y las interrupciones del embarazo); en la técnica de RM (aparición de nuevas secuencias, riesgos, equipamiento); y en las técnicas de imagen (ecografía 3D y 4D, TC multicorte). Como conclusión, se muestra una evolución de la técnica, el número y tipo de pacientes, así como de las patologías, estimando unas tendencias especialmente respecto al tipo de cardiopatías que se estudiarán en el futuro.

Material y métodos

Todos los estudios de RMC realizados desde el 14 de febrero de 2005 hasta el 31 de diciembre de 2018 fueron añadidos a una hoja de cálculo, que se empleó para la colección y análisis de los datos, así como la creación de los gráficos (Excel, Microsoft). Se trató de un estudio retrospectivo de exploraciones clínicas ya existentes incorporadas a una hoja de cálculo sin datos de carácter personal, que no requiere, por tanto, de la aprobación del Comité de Ética de Investigación ni el consentimiento informado. Se incluyeron el sexo, la fecha de nacimiento y la fecha de la exploración, y se obtuvo la edad del paciente con los dos últimos. Se añadieron el motivo de petición, el diagnóstico radiológico, el empleo de anestesia y la técnica realizada, incluyendo las secuencias y la administración de contraste intravenoso. Se realizaron diagramas de barras de la evolución temporal del número de estudios, la edad de los pacientes, el empleo de anestesia, la realización de angio-RM y los estudios de realce tardío. Seleccionamos como grupos clínicos para estudio los estudios posquirúrgicos, la coartación aórtica (CoAo), la

D-transposición de las grandes arterias (D-TGA), la tetralogía de Fallot (TdF), las correcciones univentriculares, los retornos venosos pulmonares anómalos (RVPA), el síndrome del corazón izquierdo hipoplásico (SCIH) y las miocardiopatías. En todas las gráficas se incluyó el número total en barras y la línea de tendencia logarítmica. Se prefirió la línea logarítmica a la lineal, al producirse algunos cambios acusados entre grupos. En los gráficos pertinentes, se incluyó la proporción de casos respecto al total como una línea continua.

Resultados

El número total de estudios durante el periodo (13 años y 11 meses) fue de 2.606, de los cuales 1.527 (59%) fueron niños. El reparto anual del número total junto a los estudios posquirúrgicos se representa en la [fig. 1](#). Se aprecia una línea de tendencia al alza clara en el volumen de exploraciones, que se modera paulatinamente a partir de 2010.

La evolución de la edad ([fig. 2](#)) es ligeramente ascendente, con un rango que oscila entre los dos días de vida y los 43 años (los pacientes adultos decrecen paulatinamente desde la creación de la Unidad de Cardiopatías Congénitas del Adulto, en 2008, hasta la actualidad). Inicialmente, la edad media fue de 8,15 años, oscilando entre los 10 y 11,5 años desde 2008 hasta 2015.

El número absoluto de pacientes anestesiados aumentó desde 2005 hasta 2011, si bien la proporción de exploraciones con anestesia ([fig. 2](#)) ha bajado lentamente, desde un promedio del 44-47% en los primeros años, hasta el 34-42% en los últimos.

El empleo de contraste para angio-RM ([fig. 3](#)) fue máximo en 2008. La proporción de estudios que incluyeron esta secuencia osciló en los primeros años entre el 71% y el 86%, siendo la proporción en los últimos 3 años del 40-42%.

Sin embargo, el estudio de realce tardío poscontraste ha ido aumentando con los años ([fig. 3](#)).

La cantidad de estudios posquirúrgicos se representa junto al total de estudios en la [fig. 1](#). Se puede apreciar que aumentó hasta 2013, desde el 41% en 2005 hasta el 74% en 2013, con un pico en 2009 del 76%. En la actualidad se encuentra entre el 60% y el 70%.

En cuanto a las diversas patologías, las más representativas se presentan en la [fig. 4](#). Dado que el SCIH (92 casos en total) es parte de las correcciones univentriculares, ambos grupos se representan con patrón rayado, formando parte, los casos de SCIH, del grupo de los univentriculares.

La evolución de las cardiopatías congénitas se muestra en la [fig. 5](#). La patología más numerosa fue la CoAo con 427 casos, que representa el 16,39% del total. El volumen de estudios por CoAo muestra una tendencia descendente, con un máximo en 2007 del 27% hasta el 8% en la actualidad. A continuación la D-TGA supone el 14,35% con 374 casos; presenta una tendencia creciente, con un 18% de estudios en 2017 y un 14% en 2018. La tetralogía de Fallot es la tercera cardiopatía en frecuencia, con 329 casos (12,62%), y con una leve tendencia al alza; presenta un número muy estable de entre el 10% y el 15%. Los corazones univentriculares en su conjunto (incluye ventrículos únicos y correcciones univentriculares quirúrgicas, como Norwood, Glenn o Fontan) suponen 265 casos, el 10,17% del total. Muestran una tendencia negativa, con un 15% máximo en

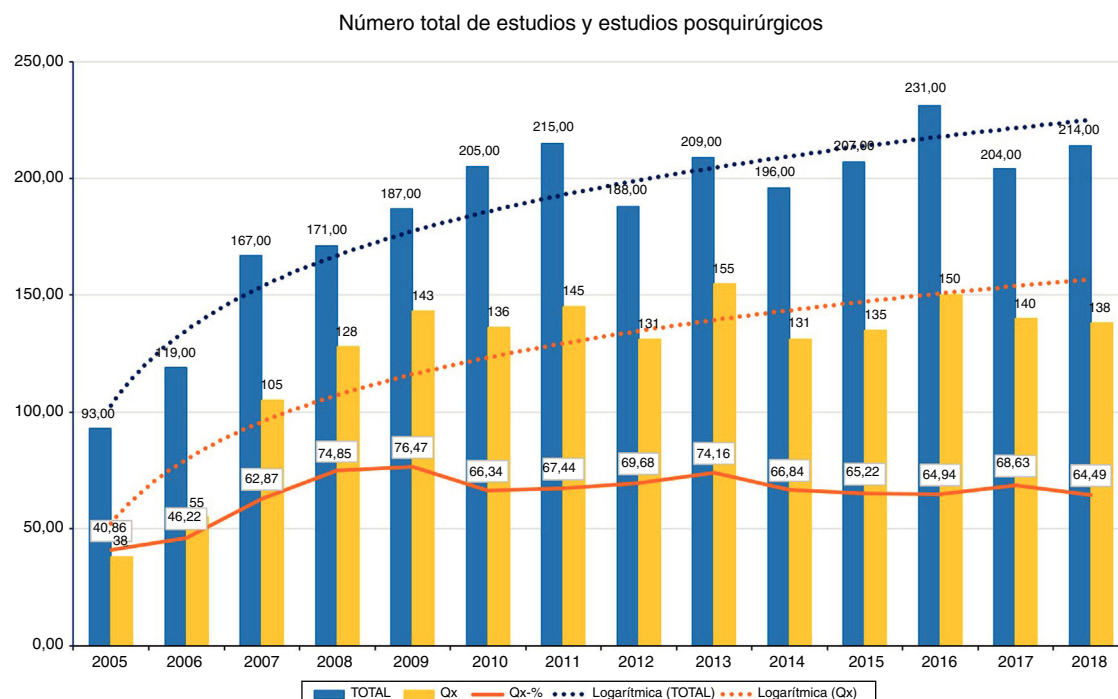


Figura 1 Gráfico de barras de la evolución del número total de estudios por año (azul) y de los estudios posquirúrgicos (amarillo). En línea discontinua, tendencia logarítmica del número de estudios.

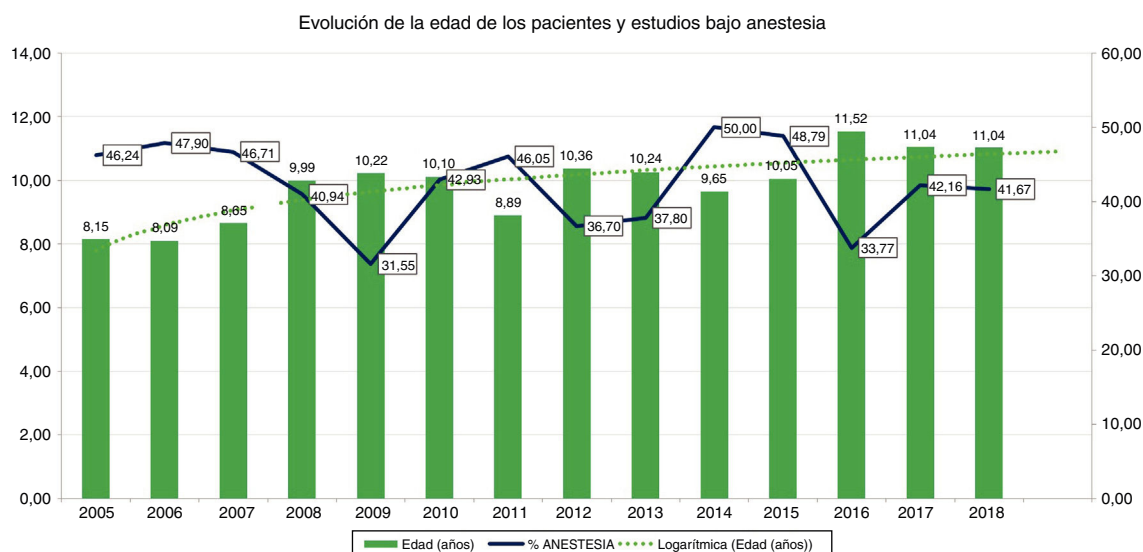


Figura 2 Gráfico de barras de la evolución de la edad de los pacientes por año (verde) y de la proporción de estudios bajo anestesia (línea azul). En línea discontinua, tendencia logarítmica del número de la edad.

2007 y alrededor del 8% en la actualidad. El síndrome del corazón izquierdo hipoplásico, aunque pertenece al grupo de los corazones univentriculares, también lo hemos estudiado separadamente para mostrar la clara tendencia a la baja de esta patología, que comenzó representando casi el 9% de los estudios, y se encuentra en torno al 3% en la actualidad. Los retornos pulmonares venosos anómalos son un grupo bastante estable, con una muy leve tendencia al alza. Por último, las miocardiopatías (fig. 6) sí muestran un aumento progresivo en la proporción de nuestros estudios,

inferior al 5% en los primeros años, y con un 13% en la actualidad.

Discusión

En nuestro hospital, el programa de RMC pediátrica comenzó en febrero de 2005. Tanto la curva de aprendizaje de los técnicos de imagen diagnóstica como de los radiólogos, anestesistas y cardiólogos requirió de unas citaciones laxas

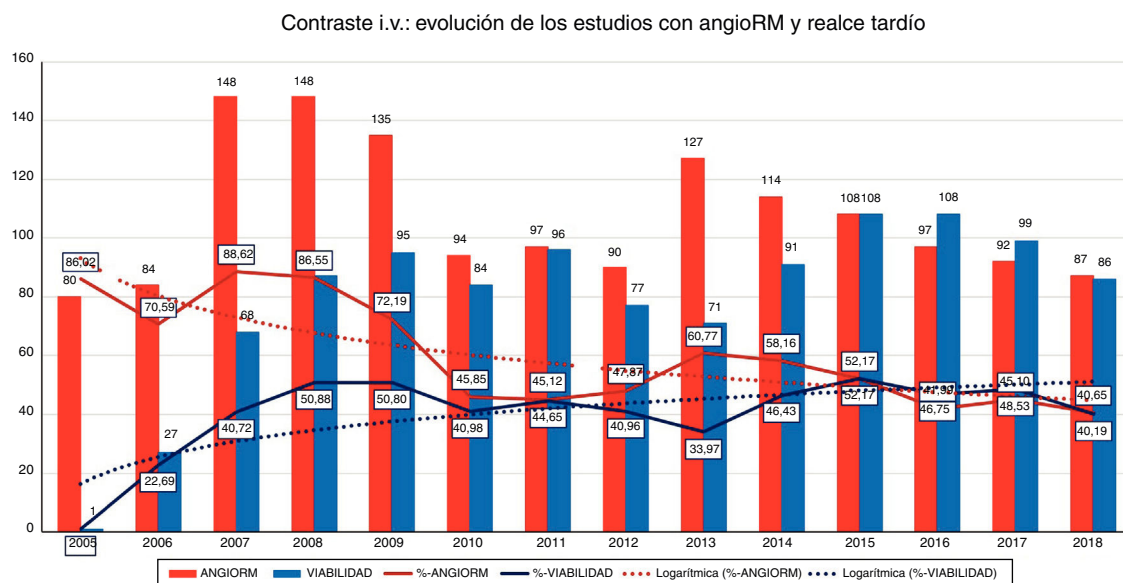


Figura 3 Gráfico de barras de la evolución del número de angio-RM (rojo) y estudios de realce tardío o viabilidad (azul) por año. La línea continua representa la evolución de la media. En línea discontinua, tendencia logarítmica.

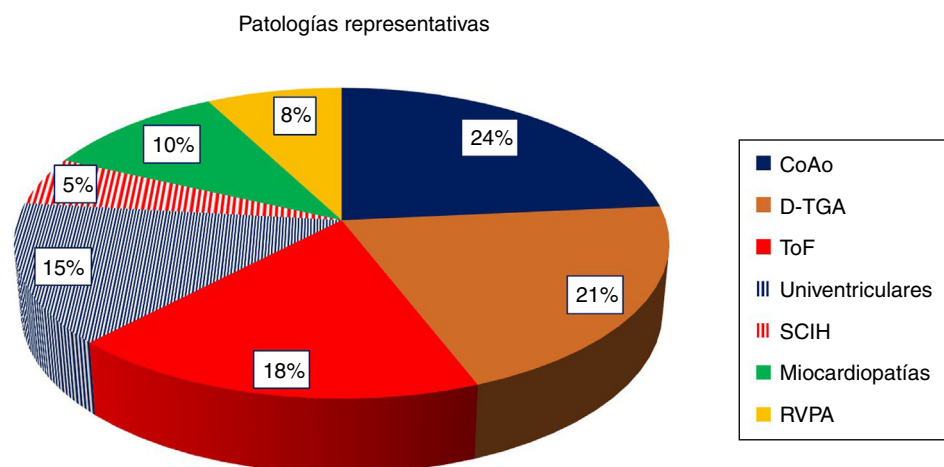


Figura 4 Gráfico de sectores de las patologías más representativas de la serie y su proporción relativa (dentro del grupo). Las correcciones univentriculares y el SCIH presentan ambas un patrón rayado, pues ambas juntas forman parte de la fisiología univentricular.

durante los primeros meses, como puede verse en la evolución del número de estudios inicial. También el empleo de secuencias de sangre negra en los tres planos ortogonales habituales supuso un tiempo de exploración considerablemente prolongado. Este tiempo se redujo a partir del año 2009 con la incorporación a nuestro equipo de la secuencia WH3D (fig. 7), si bien el tiempo de adquisición de esta secuencia es variable, dependiendo de la frecuencia cardiaca y respiratoria, así como de la colaboración del paciente, que implica una variabilidad en la eficiencia del pulso navegador respiratorio. Habitualmente, este tiempo de adquisición oscila entre 5 y 15 minutos, aunque en pacientes poco colaboradores, con respiración irregular y movimientos voluntarios, puede superar la media hora. Sin embargo, uno de los aspectos en que más influyó la secuencia WH3D fue la disminución paulatina de estudios de

angio-RM (fig. 8), que además de suponer una menor cantidad de dosis de contraste administrada a nuestros pacientes, también redujo los tiempos de exploración. Hay que añadir que, en muchos casos, la no realización de angio-RM no solo disminuye el tiempo de secuencias, sino la necesidad de acceso venoso a los niños y secundariamente de anestesia. Hay pacientes de edades limítrofes para la realización del examen con anestesia en que el hecho de necesitar un acceso venoso dificulta la exploración por la ansiedad, el llanto, etc.

Respecto a la edad de los pacientes, aunque bastante estable, ha crecido ligeramente a lo largo de los años, incluso a pesar del inicio de la Unidad de Cardiopatías Congénitas del Adulto en 2008. Este paulatino incremento puede estar relacionado con la proporción creciente de pacientes en seguimiento evolutivo posquirúrgico, así como con

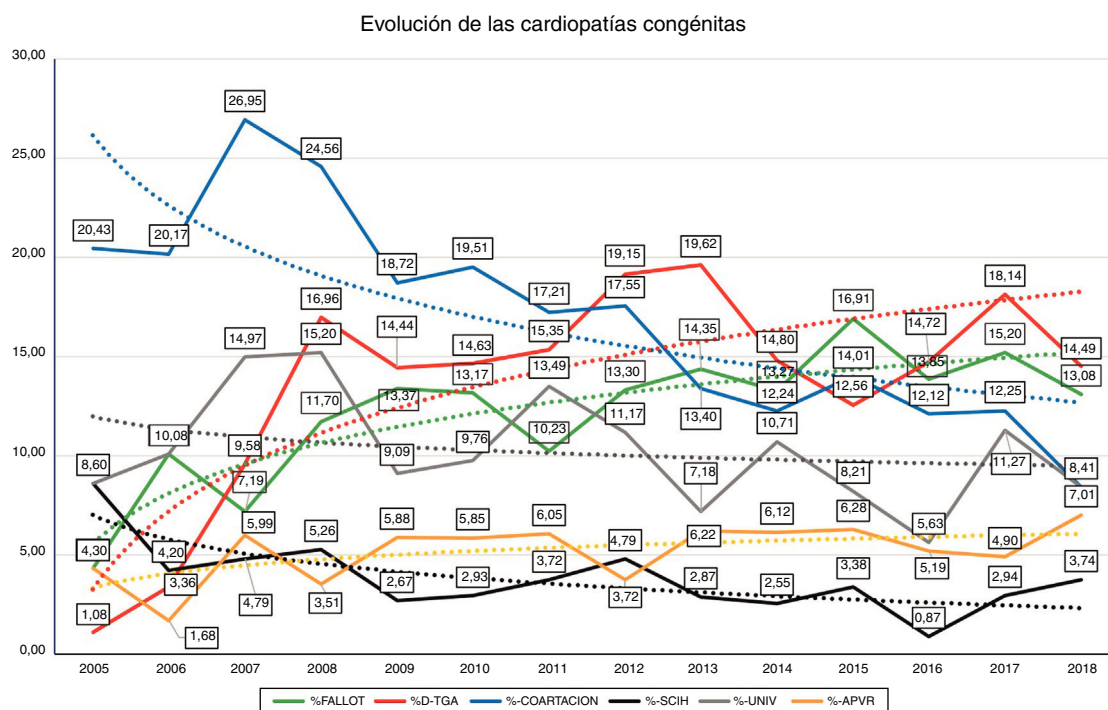


Figura 5 Gráfico de líneas de las cardiopatías congénitas más representativas de la serie. En línea continua se representa la proporción de casos, y en línea discontinua, en el mismo color, la tendencia logarítmica.

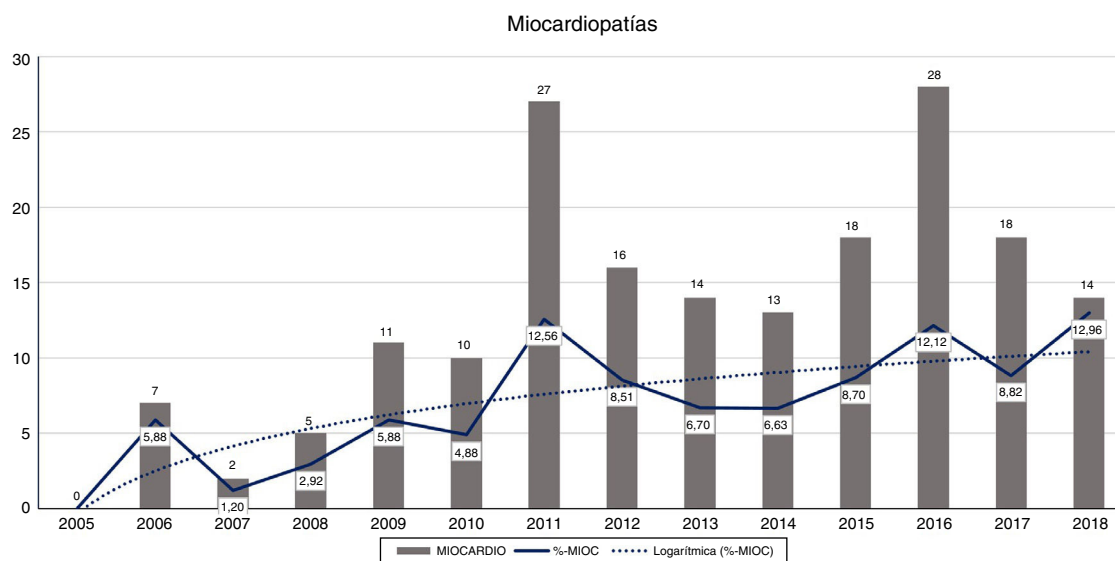


Figura 6 Gráfico de barras de la evolución del número de estudios de miocardiopatías por año. La línea continua representa la evolución de la media. En línea discontinua, tendencia logarítmica.

la disminución de la natalidad de cardiopatías congénitas complejas por un incremento progresivo de la interrupción del embarazo en estas cardiopatías, tanto en estudios nacionales¹⁰ como internacionales^{11,12}. Asociado a este dato está el descenso en la proporción de pacientes con anestesia.

La irrupción de la fibrosis sistémica nefrogénica en 2006 y de los depósitos cerebrales de gadolinio en 2017 han provocado una preocupación generalizada respecto al uso de contrastes en los últimos años, especialmente en los niños¹³.

La secuencia WH3D nos ha permitido disminuir claramente el empleo de contraste intravenoso con la disminución de estudios de angio-RM con contraste a lo largo de los años. Sin embargo, existe un incremento progresivo de la realización de estudios de realce tardío con contraste, relacionado, por una parte, con el seguimiento de pacientes posquirúrgicos (incluimos sistemáticamente un estudio de realce tardío en el primer examen tras la cirugía) y, especialmente, con el aumento progresivo de estudios por miocardiopatía. Probablemente en el futuro, para diagnósticos como la miocarditis

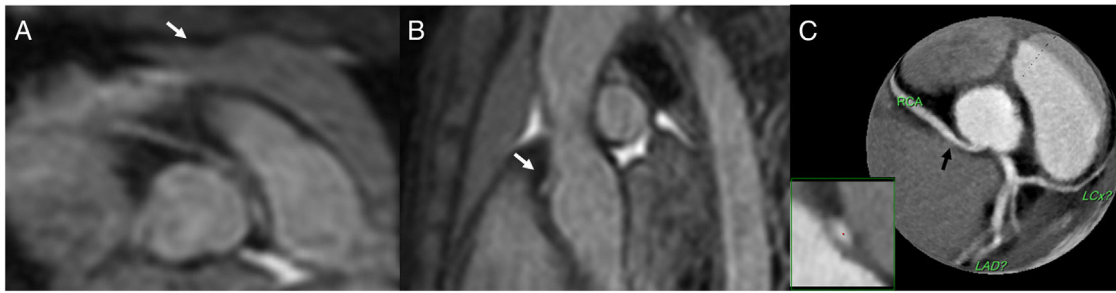


Figura 7 Niña de 7 años con dolor torácico. En las reconstrucciones multiplanares axiales (A) y sagitales (B) secuencia WH3D se observa el origen anómalo de la coronaria derecha desde el seno coronario izquierdo (flechas), que se confirma mediante TC coronaria (C). La morfología fusiforme o en “lenteja” sugiere la presencia de estenosis significativa.



Figura 8 Lactante de 6 meses de edad, con una D-transposición de las grandes arterias, bibanding de las arterias pulmonares y una gran ventana aortopulmonar (flechas). Se demuestran claramente estos hallazgos en las reconstrucciones VR (A) y MIP (B) de la angio-RM con contraste. En la secuencia WH3D (C) se puede ver la misma alteración anatómica con mayor resolución espacial.

aguda, con los mapas T1 y T2¹⁴ tampoco necesitaremos los quelatos de gadolinio. Los tumores cardíacos en los niños son raros y representan únicamente 14 casos en nuestra serie. Los estudios de perfusión miocárdica son infrecuentes en pediatría, se limitan a 27 casos en nuestra serie, y tampoco tienen influencia significativa en la administración de quelatos de gadolinio, ya que en todos ellos se habría realizado la secuencia de realce tardío.

Dentro de los grupos de patologías, indudablemente el más numeroso es el de pacientes posquirúrgicos, que supone cerca del 60% de estudios. Por grupos frecuentes de patologías, los más numerosos globalmente fueron la CoAo, la D-TGA y la TdF. Sin embargo, la evolución descendente del estudio de la CoAo ha hecho que en los últimos años pasase al tercer lugar, siendo actualmente los más frecuentes la D-TGA y la TdF. Globalmente, los pacientes con corrección univentricular (Norwood, Glenn, Fontan), sufren una disminución constante, especialmente marcada en el caso del SCIH. Este hecho está relacionado con la disminución de cirugías por esta patología, que se debe a un aumento del diagnóstico prenatal y a la interrupción voluntaria del embarazo en estas enfermedades¹⁵. Por su parte, los RVPA son relativamente frecuentes, especialmente el RVPA parcial asociado a la comunicación interauricular tipo seno venoso,

y su número ha aumentado ligeramente a lo largo de los años. El grupo que comenzó siendo muy minoritario (entre el 0% y el 5%) en los primeros años, y que supera el 10% de estudios en la actualidad, es el de las miocardiopatías. El aumento de la preocupación clínica y social respecto a las miocardiopatías como causa de muerte súbita en niños y jóvenes deportistas ha hecho aumentar el número de consultas y pacientes, que junto con la evolución de la RMC y su importancia en los criterios diagnósticos de estas enfermedades ha implicado un continuo aumento de peticiones de RMC. A este hecho hay que añadir la calificación de nuestro hospital como centro de referencia nacional para miocardiopatías pediátricas desde 2010. No se pretende en este trabajo una enumeración exhaustiva de las patologías estudiadas en nuestra serie. Se ha incluido las enfermedades más importantes en el número total de estudios, que suponen en conjunto el 69,44% de los estudios. En el 30% restante se encuentran otras patologías, que incluyen, entre otras, la anomalía de Ebstein, el ventrículo derecho de doble salida, los defectos de los cojinetes endocárdicos, los síndromes de heterotaxia, defectos septales, diversas anomalías del arco aórtico, como la interrupción o el doble arco y otros anillos vasculares, la enfermedad de Kawasaki o los tumores cardíacos. Aunque en conjunto suponen grupos relativamente

numerosos, su evolución cronológica no es tan relevante al tratarse de poblaciones pequeñas.

Nuestra experiencia tiene aspectos en común con otras series publicadas¹⁶, si bien la casuística dependerá del tipo de hospital, servicio de radiología y tecnología disponible. En nuestro caso, se trata de un hospital materno-infantil incluido en un hospital general, con un equipo de RM en la sección de radiología pediátrica. Este equipo se comparte con todas las secciones de pediatría (neuropediatría, oncología, traumatología, etc.) y con la sección de imagen de la mujer (mama, pelvis femenina). Esto limita la disponibilidad de la RM y condiciona las indicaciones de las pruebas. Hasta julio de este año disponíamos de un equipo de tomografía computarizada (TC) de cuatro cortes, insuficiente para la realización de TC cardiaca. En julio de 2018 se instaló en nuestra sección un tomógrafo de 128 cortes.

Debido a los cambios en la tecnología y la población, se pueden esperar cambios en el futuro de la RMC y de la imagen cardiaca en general. Por una parte, se encuentran la disminución de cardiopatías complejas por las interrupciones del embarazo, como ya se ha comentado, así como el aumento de casos con miocardiopatías. Desde el punto de vista de la tecnología, disponemos en la actualidad de una secuencia de contraste de fase 3D con resolución temporal (4D *flow*), sin bien no contamos con el programa de posproceso adecuado por su alto coste. Para el estudio de la patología miocárdica, ha crecido de manera muy importante el valor de los mapas T1 y T2, de los que no disponemos en la actualidad. Por último, la incorporación de la TC multicorte hará variar, sin duda, las indicaciones, realizando más TC en exploraciones puramente vasculares o coronarias, lo que facilitará el acceso a la RMC a otras patologías más complejas o las miocardiopatías.

Este trabajo es un estudio observacional retrospectivo, que presenta entre sus limitaciones sesgos de selección de pacientes, por el tipo de centro (de referencia) y las características y dotación tecnológica del servicio de radiodiagnóstico. El número de casos, la variedad de patologías y tratamientos, la evolución de la técnica empleada y de la experiencia de los radiólogos y demás personal, impiden la obtención de inferencias estadísticas respecto a hallazgos radiológicos, validez de la técnica o características de las distintas secuencias.

Se puede concluir que durante el periodo estudiado ha aumentado el número de exploraciones, con una tendencia al alza, y se ha limitado el empleo de contraste intravenoso fundamentalmente a expensas de la disminución de estudios angiográficos. Asimismo, se constata una disminución del número de cardiopatías complejas o graves, reflejado en el número decreciente de correcciones univentriculares, así como un incremento de los estudios de pacientes con miocardiopatías.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: CMR.
2. Concepción del estudio: CMR, TAM.
3. Diseño del estudio: CMR, TAM, ALZ, YRM, JDC.
4. Obtención de los datos: CMR, ALZ, MSA, YRM.

5. Análisis e interpretación de los datos: CMR.
6. Tratamiento estadístico: CMR.
7. Búsqueda bibliográfica: CMR.
8. Redacción del trabajo: CMR, TAM, ALZ.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: CMR, TAM, ALZ, MSA, YRM, JDC.
10. Aprobación de la versión final: CMR, TAM, ALZ, MSA, YRM, JDC.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Herfkens RJ, Higgins CB, Hricak H, Lipton MJ, Crooks LE, Lanzer P, et al. Nuclear magnetic resonance imaging of the cardiovascular system: normal and pathologic findings. *Radiology*. 1983;147:749–59.
2. Fletcher BD, Jacobstein MD, Nelson AD, Riemenschneider TA, Alfidi RJ. Gated magnetic resonance imaging of congenital cardiac malformations. *Radiology*. 1984;150:137–40.
3. Prince MR. Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology*. 1994;191:155–64.
4. Marín Rodríguez C, Maroto Álvaro E, Sánchez Alegre ML, Ruiz Martín Y, Delgado Carrasco J. Angiografía con contraste por resonancia magnética en las cardiopatías congénitas. *Radiología*. 2009;51:261–72.
5. Maintz D, Ozgun M, Hoffmeier A, Quante M, Fischbach R, Manning WJ, et al. Whole-heart coronary magnetic resonance angiography: Value for the detection of coronary artery stenoses in comparison to multislice computed tomography angiography. *Acta Radiol*. 2007;48:967–73.
6. Keenan NG, Pennell DJ. CMR of ventricular function. *Echocardiography*. 2007;24:185–93.
7. Marín Rodríguez C, Sánchez Alegre ML, Lancharro Zapata A, Alarcón Rodríguez J. Cuantificación de la circulación pulmonar y sistémica: Qp/Qs. Qué es, cómo se calcula y para qué sirve. Lo que el radiólogo debe saber. *Radiología*. 2015;57:369–79.
8. Ordovas KG, Higgins CB. Delayed Contrast Enhancement on MR Images of Myocardium: Past, Present. Future. *Radiology*. 2011;261:358–74.
9. 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*. 2013;15:51.
10. Galindo A, Herraiz I, Escribano D, Lora D, Melchor JC, de la Cruz J. Prenatal detection of congenital heart defects: a survey on clinical practice in Spain. *Fetal Diagn Ther*. 2011;29:287–95.
11. Lytzen R, Vejlsstrup N, Bjerre J, Petersen OB, Leenskjold S, Dodd JK, et al. Live-Born Major Congenital Heart disease in denmark: Incidence Detection Rate, and Termination of Pregnancy Rate From 1996 to 2013. *JAMA Cardiol*. 2018;3:829–37.
12. Egbe A, Uppu S, Lee S, Ho D, Srivastava S. Changing prevalence of severe congenital heart disease: a population-based study. *Pediatr Cardiol*. 2014;35:1232–8.
13. Rozenfeld MN, Podberesky DJ. Gadolinium-based contrast agents in children. *Pediatric Radiology*. 2018;48:1188–96.
14. Pan JA, Lee YJ, Salerno M. Diagnostic Performance of Extracardiac Volume Native T1, and T2 Mapping Versus Lake Louise Criteria by Cardiac Magnetic Resonance for Detection of

- Acute Myocarditis: A Meta-Analysis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018;11:e007598.
15. Beroukhi RS, Gauvreau K, Benavidez OJ, Baird CW, Lafranchi T, Tworetzky W. Perinatal outcome after prenatal diagnosis of single-ventricle cardiac defects. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2015;45:657–63.
 16. Fratz S, Hess J, Schuhbaeck A, Buchner C, Hendrich E, Martinoff S. Routine clinical cardiovascular magnetic resonance in paediatric and adult congenital heart disease: Patients, protocols, questions asked and contributions made. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2008;10:1–6.