

Resonancia magnética en las cardiopatías congénitas

A. Cabrera Duró¹, F. Sáez Garmendia², A. Cabrera-Zubizarreta³, J.R. Rumoroso Cuevas¹, D. Rodrigo Carbonero¹, N. Basterra Sola¹, J.M. Galdeano Miranda¹, J. Alcibar Villa¹, E. Pastor Menchaca¹

Resumen. *Objetivo.* La resonancia magnética nuclear se puede utilizar para el diagnóstico y seguimiento de determinadas cardiopatías congénitas.

Material y métodos. Durante el período 1992-94 hemos estudiado 250 pacientes, edad: 1 día-22 años, afectados de una cardiopatía congénita. Para el estudio se utilizó una instalación Philips-Gyrosan 0,5 Tesla. Los registros se realizaron con secuencias multicortes con tiempo de repetición variable adaptada a la frecuencia cardíaca. Los cortes fueron de 3-10 mm y el campo de visión de 100-400. Se usaron tres proyecciones: axial, coronal con oblicuidad y sagital oblicua a 30-60 grados. Se consideraron tres grupos: A) Pacientes para los que la resonancia magnética era una técnica fundamental para el diagnóstico. B) Como técnica alternativa. C) Técnica complementaria. A todos se les realizó Eco-Doppler color o cateterismo.

Resultados. Grupo A: 151 pacientes, incluye 82 coartaciones de aorta o interrupción, 12 anillos vasculares, 5 truncus-ramas pulmonares, 28 postcirugía Fallot-transposición ramas pulmonares, 16 foramen bulbo-ventricular del ventrículo único izquierdo, 5 cardiopatías complejas, 3 agenesias pericardio-divertículo. Grupo B: 65 pacientes, 10 circulación colateral aorto-pulmonar, 13 anomalías de drenaje de las venas sistémicas-venas pulmonares, 38 anomalías tronco-conales, 4 estenosis supraaórticas. Grupo C: 34 pacientes, 10 canal A-V común, 6 atresias tricúspides, 6 discordancias aurículo-ventriculares y ventrículo arteriales, 12 con otras anomalías.

Conclusión. La resonancia magnética nuclear puede sustituir a otras técnicas en el diagnóstico y seguimiento de algunas cardiopatías. No es traumática.

An Esp Pediatr 1997;47:23-32.

Palabras clave: Resonancia magnética; Cardiopatías congénitas; Técnica prioritaria.

MAGNETIC RESONANCE IN CONGENITAL CARDIOPATHIES

Abstract. *Objective:* The objective of this study was to determine the usefulness of magnetic resonance in the diagnosis and follow-up in congenital heart disease.

Patients and methods: Between 1992 and 1994, we have evaluated 250 patients (between 1 day-22 years of age) with congenital heart disease. We used a Philips-Gyrosan 0.5 Tesla set-up and the studies were made with ECG-gated multislice sequences with the time of repetition adapted to the cardiac frequency. The slice thicknesses were 3-10 mm and the field of view was 100-400 mm. Three axes were used: axial, oblique coronal and 30-60° oblique sagittal. Three groups were made: A) Patients in whom MR imaging was the elected technique for

establishment of the diagnosis; B) Patients where MR imaging was an alternative technique; and C) Patients where MR imaging was complementary to other techniques. All patients underwent a Doppler echocardiographic study or an angiocardioradiogram.

Results: Group A) One hundred and fifty-one patients were included with the following conditions: Eighty-two with coarctation of the aorta or aortic arch interruption, 12 with vascular ring, 5 with truncus arteriosus in order to evaluate the pulmonary branches, 28 cases operated for Fallot or transposition of the great vessels for the evaluation of the pulmonary branches, 16 with single ventricle for the evaluation of the bulboventricular foramen, 5 with complex congenital heart disease and 3 with pericardial agenesia-herniation. Group B) Sixty-five patients were included in this group with the following diagnoses: Ten with aorto-pulmonary collateral arteries, 13 with anomalous pulmonary drainage of the systemic veins, 38 with tronco-conal anomalies and 4 with supraaortic stenosis. Group C) Thirty-four patients with the following conditions were included in this group: Ten with common atrioventricular septal defects, 6 with tricuspid atresia, 6 with atrioventricular and ventriculoarterial discordance and 12 with other anomalies.

Conclusions: MR imaging can replace other techniques in the diagnosis and follow-up of some congenital heart diseases and in a non-invasive way.

Key words: Magnetic resonance. Congenital heart disease. Elective technique.

Introducción

Hasta la década de los 70 los pacientes con cardiopatía congénita se estudiaban mediante el cateterismo y la angiografía; estas dos técnicas fueron sustituidas en muchos pacientes por la ecocardiografía bidimensional y el Doppler color. Con la introducción de la resonancia magnética para el estudio clínico en 1973 y en cardiología en 1983⁽¹⁾ se abre un campo alternativo a las técnicas clásicas. La resonancia magnética no usa radiaciones ionizantes y nos permite la obtención de secciones tomográficas del organismo axiales, coronales y sagitales con sus variedades oblicuas⁽²⁻⁷⁾. Igualmente, nos ofrece una imagen superior de la anatomía interna del corazón a la dada por los restantes métodos disponibles. Sangre circulante en negro y estructuras cardiovasculares con señal de intensidad variable en grises. Por otra parte, no existen las limitaciones que generan el aire pulmonar o la caja torácica en la ecocardiografía bidimensional. La adición de secuencias ponderadas en T₂ permite efectuar la caracterización hística de algunas estructuras, que puede completarse con el estudio funcional con cine-resonancia.

En este estudio presentamos nuestra experiencia en los 3 últimos años sobre el diagnóstico de las cardiopatías congénitas

¹ Servicio de Cardiología Pediátrica, ²Servicio de Radiología, Hospital Infantil de Cruces, Vizcaya. ³Servicio de Radiología, Hospital «Gregorio Marañón», Madrid.

Correspondencia: Alberto Cabrera
Alameda de Recalde, 35B-2D. 48011 Bilbao.

Recibido: Mayo 1996

Aceptado: Enero 1997

con resonancia magnética, con especial mención en aquellos casos en los que la resonancia es una técnica fundamental para el diagnóstico.

Material y método

Antecedentes

La resonancia magnética nuclear se construye según una señal que proviene de los núcleos de hidrógeno del organismo al emitir la energía que previamente han absorbido, al estar sometidos a ondas de radio bajo un campo magnético. Para que absorban energía es necesario que la frecuencia de emisión sea igual a la frecuencia de percepción.

Para la producción es necesario un imán principal, un sistema de gradiente magnético, un emisor de radiofrecuencia, un receptor de radiofrecuencia, un ordenador central para control de la orientación y tratamiento de la serie, un blindaje para la radiofrecuencia y campos magnéticos, unos programas de software y un sistema de impresión en placas radiográficas.

Para su utilidad en cardiología es necesario que el imán sea solenoide superconductor proporcionando campos de 0,5 a 2 Teslas con campos homogéneos, tiempo de eco y repetición cortos.

Técnica

Se realizan proyecciones múltiples en 3 ejes: axial, coronal oblicuo y sagital oblicuo 30-60 grados, relacionando el corazón con todos los órganos. Secuencias de multicortes con tiempo de repetición variable en función de la frecuencia cardíaca. La duración de la exploración osciló entre 30-60 minutos (10 minutos para cada proyección). Los pacientes menores de 5 años fueron sedados con flutane 0,6-0,8%. La secuencia spin-echo en multicortes con TR variable sincronizados con el electrocardiograma ocupó todo el intervalo R-R. El primer corte se realizó posterior al QRS a 40-60 mseg. El número de cortes osciló entre 8-15, con un grosor de 3-10 mm. El tiempo de eco fue de 30 mseg y el campo de visión de 100-400 mm. Se utilizó bobina C1. Como complemento se practicó cine-resonancia en casos seleccionados.

Es necesario para el estudio la ausencia en el paciente de marcapaso, desfibrilador, cuerpos extraños metálicos en ojos, región intracraneal o torácica, implantes en cóclea o audífono, prótesis metálica y no padecer claustrofobia.

Estudio segmentario

Se consideraron seis niveles: 1) aurículas; 2) válvulas auriculoventriculares; 3) ventrículos; 4) grandes vasos; 5) circulación arterial y venosa; y 6) bronquios, tráquea, hígado y bazo. En todas las cardiopatías se realizó una valoración anatómica.

Se consideraron para el estudio tres grupos:

A) La resonancia como técnica fundamental para el diagnóstico.

B) La resonancia como técnica alternativa. En algunas patologías puede sustituir al ecocardiograma o a los estudios hemodinámicos.

C) La resonancia como técnica complementaria. Puede aportar

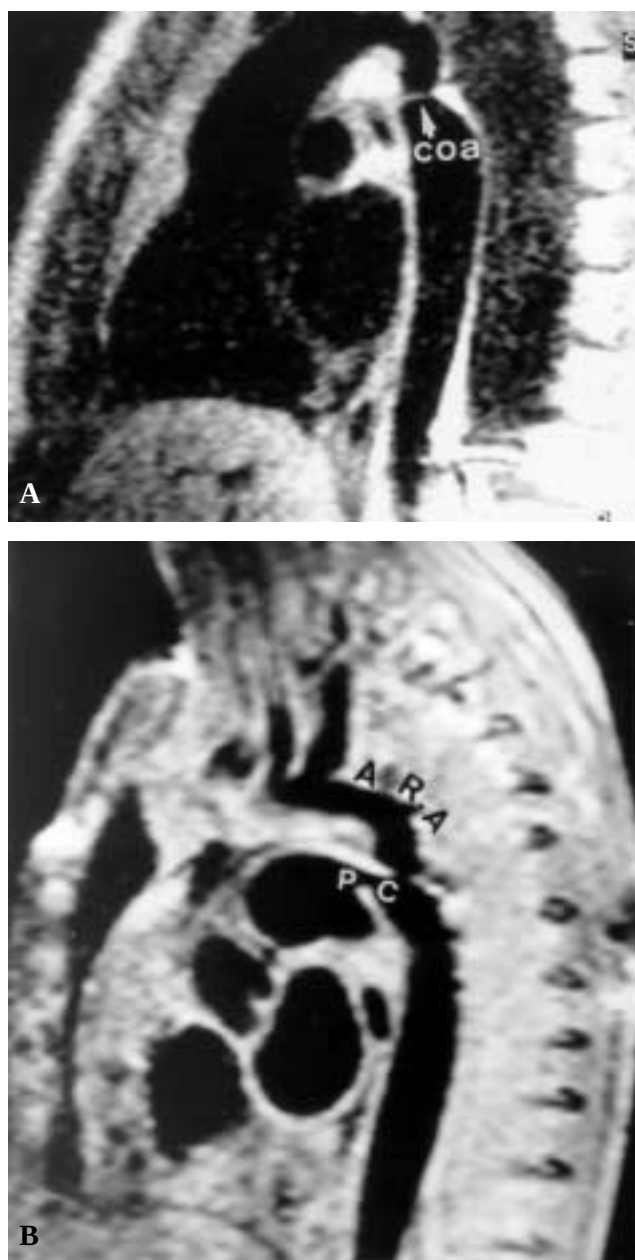


Figura 1. Patología del arco. **A)** Proyección sagital oblicua. Coartación de aorta severa localizada con dilatación postestenótica. CoA + flecha = coartación de aorta. **B)** Proyección sagital oblicua. Coartación preductal severa con hipoplasia moderada del arco. PC = persistencia conducto arterioso. ArA = arco aórtico. Flecha blanca: estenosis.

tar información para mejorar el diagnóstico.

En los resultados comentamos los grupos A y B.

Resultados

A) Técnica fundamental (151 pacientes)

Aporta la mayor información. Debe realizarse tras la ecocardiografía y en los apartados 1, 3, 6 y 8 puede evitarse una angiografía.

La introducción de proyecciones oblicuas y un mejor conocimiento de la resonancia ha incrementado las posibilidades de esta técnica en el estudio de las cardiopatías congénitas.

1. Coartación de aorta (79 casos)

La obstrucción de la aorta puede ser localizada o difusa (hipoplásica) (Fig. 1A-B). Las mejores proyecciones para esta cardiopatía son la axial y la sagital oblicua. Se visualiza la aorta desde el plano valvular hasta la aorta descendente a nivel del diafragma. Es necesario medir el diámetro de la aorta a cinco niveles: aorta ascendente, tronco innominado-carótida izquierda, carótida-subclavia izquierda, zona de coartación y la aorta descendente a 1 cm sobre el nivel del diafragma. Una relación de diámetro coartación/diámetro de aorta descendente inferior a 0,7 afirma el diagnóstico de estenosis.

Si el índice diámetro arco aórtico/diámetro aorta descendente es inferior a 0,8 existe una hipoplasia asociada. Si el cálculo no es definitivo se medirá el área de la coartación y de la aorta descendente relacionándolas. Un índice inferior al 50% es patológico. Se puede realizar un seguimiento postcirugía para comprobar la existencia de un aneurisma o recoartación. En pacientes jóvenes o adultos no intervenidos se demostró la presencia de la circulación colateral. Los valores obtenidos en nuestros pacientes fueron los siguientes: un índice coartación/aorta descendente con un valor medio de $0,56 \pm 0,1$, $p < 0,001$. Cincuenta y nueve con coartación localizada y 30 con hipoplasia del arco. En 26 el estudio se completó con cine-resonancia.

2. Interrupción del arco

Sólo estudiamos tres pacientes con esta anomalía, uno con truncus arterioso asociado. En esta patología no existe proyección específica. La proyección coronal determina el nivel de la interrupción y el diámetro de la aorta ascendente y su relación con la arteria pulmonar. En el recién nacido normal estos valores calculados por resonancia están entre 0,9/1. Los tres pacientes tenían una interrupción tipo B y la relación aorta ascendente/aorta descendente era de 0,5, 0,4 y 0,17, respectivamente. La proyección sagital oblicua nos mostró la continuidad arteria pulmonar ductus-aorta descendente y la salida posterior de las ramas pulmonares. En proyección axial una aorta ascendente hipoplásica puede confundirse con la vena cava superior derecha en los cortes superiores. Los cortes inferiores evidenciaron la comunicación interventricular que tenía un diámetro longitudinal de 0,9-1 cm.

3. Anillos vasculares

Se incluyen 12 pacientes entre 1 mes-10 años. Seis con subclavia retroesofágica, tres con doble arco aórtico, dos con aorta circunfleja y uno, con sling de arteria pulmonar. Todos presentaban sintomatología digestiva y respiratoria.

3.1. Subclavia retroesofágica (6 casos). Cuatro, arco izquierdo y dos de arco derecho. Las mejores proyecciones son la axial y la coronal.

3.2. Doble arco aórtico (3 casos). Comprime la porción pos-

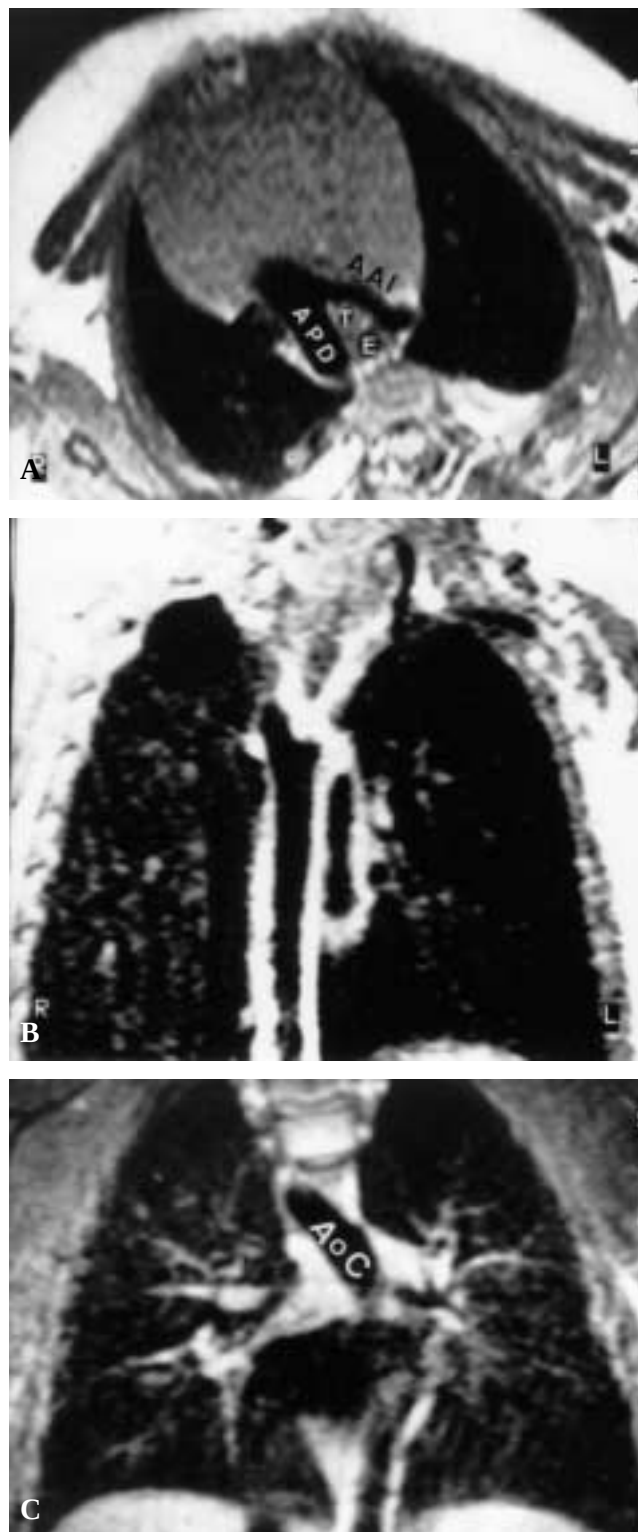


Figura 2. Anillo vascular. **A)** Proyección axial. Doble arco con arco predominante posterior derecho (APD). AAI = arco anterior izquierdo. T = tráquea. E = esófago. **B)** Proyección coronal. Unión de ambos arcos con la aorta descendente. **C)** Aorta circunfleja. Proyección coronal. La aorta cruza de derecha a izquierda, detrás de la tráquea y esófago. AoC = aorta circunfleja.

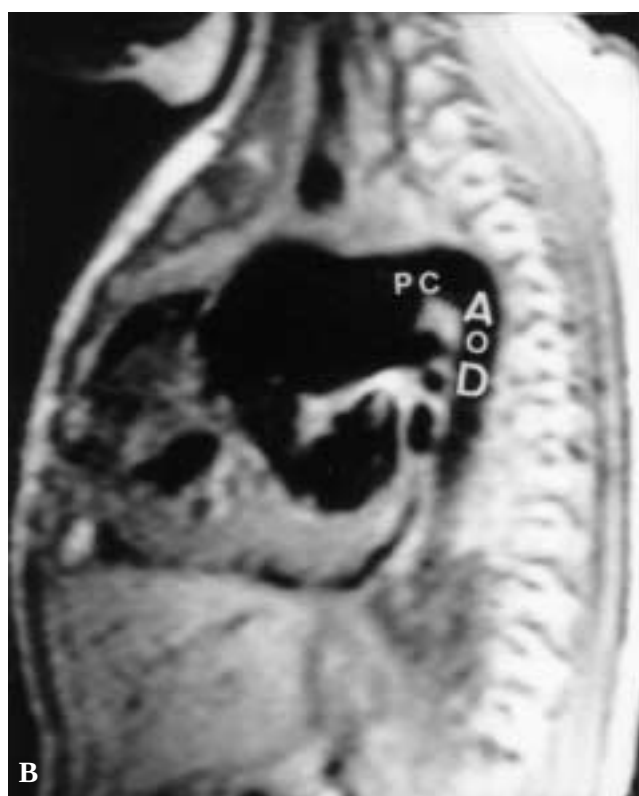


Figura 3. A) Ramas pulmonares. Truncus. Proyección axial. Ambas ramas emergen de la porción posterior lateral del truncus. RPD = ramas pulmonares derechas. RPI = ramas pulmonares izquierdas. B) La arteria pulmonar se continúa por ductus y aorta descendente. AoD = aorta descendente. PC = ductus.

terior y lateral del esófago, pudiendo también comprimir la tráquea y los bronquios al contar con dos arcos: derecho posterior e izquierdo anterior (Fig. 2A). La proyección selectiva es la axial. El arco pasa entre el esófago y la columna, desplazando el esófago hacia la izquierda. El arco predominante generalmente es el derecho posterior. La proyección coronal en sus planos posteriores nos informa de la conexión posterior con la aorta des-



Figura 4. Paciente corregido de tetralogía de Fallot. A) Proyección sagital. Infundíbulo, válvula y tronco pulmonar ampliados. Septo interventricular cerrado. I = infundíbulo. T = tronco. B) Proyección coronal. Ventrículo derecho trabeculado y ensanchado.

cedente de ambos arcos (Fig. 2B). Los cortes anteriores muestran la tráquea, bronquios y sus posibles anomalías congénitas o adquiridas a diferentes niveles con posibles alteraciones en los anillos. Esta técnica es la única que puede aportar información conjuntamente del corazón y de otros órganos torácicos.

3.3. Sling de la arteria pulmonar (1 caso). La proyección diagnóstica es la axial. Se visualiza el origen de la rama pulmonar izquierda de la rama derecha, su distancia con respecto al final del tronco pulmonar y su paso entre la tráquea y el esófago. Por el nivel del corte se observa la existencia o no de estrechamiento de la vía respiratoria que puede tener un origen congénito o por compresión externa.

3.4. Aorta circunfleja. La proyección selectiva es la transversa. La aorta ascendente derecha está en el lado contralateral al de la aorta descendente izquierda. Si se desciende en los cortes, se visualiza un arco derecho; la aorta pasa detrás del esófago y de la tráquea y desciende a la izquierda de la columna. En proyección coronal en cortes posteriores se visualiza la aorta retroesofágica descendiendo de derecha a izquierda (Fig. 2C).

4. Ramas pulmonares-truncus (5 casos)

Las ramas pulmonares tenían un diámetro muy similar con ligero predominio de la arteria derecha, $0,48 \pm 0,05$ cm, con respecto a la izquierda, $0,41 \pm 0,04$ cm. Las ramas emergían de la pared posterolateral unidas en el tipo I (2 casos) (Fig. 3A). En otro caso con interrupción, el tronco pulmonar se continuaba con el ductus y aorta descendente (Fig. 3B). El último paciente tenía un truncus tipo 3 (hemitruncus) con ramas derecha normal e izquierda emergiendo de la aorta en conexión con un ductus.

5. Postoperatorio tetralogía de Fallot-transposición (28 casos)

Estudio de los grandes vasos. Son útiles las tres proyecciones. Los 24 pacientes con tetralogía de Fallot tenían un infundíbulo normal o dilatado con anillo valvular de 2,2-3,1 cm (Fig. 4A-B). En cinco casos existía estenosis de las ramas pulmonares principales o en las lobares, en dos la estenosis se localizaba en la rama derecha, en otros dos en la izquierda y en uno fue bilateral. En dos pacientes la estenosis estaba relacionada con cirugía paliativa Waterston y Blalock-Taussig. La proyección selectiva para valorar esta obstrucción es la axial. Uno de los 4 pacientes en los que se corrigió anatómicamente la transposición tenía estenosis en la zona de sutura.

6. Foramen bulbo-ventricular (16 casos)

En los pacientes con corazón univentricular de morfología izquierda el área del foramen se calculó en función de la fórmula $M D1/2 \times D2/2/m^2$. Cada diámetro se midió en una proyección coronal y sagital (Fig. 5A-B). Si el área es inferior a $2 \text{ cm}^2/m^2$ consideramos el foramen restrictivo. En 6 pacientes fue normal, $2,26 \pm 0,5$; en 4, restrictivo, $0,9 \pm 0,24 \text{ cm}^2/m^2$; y en 6, dilatado, $> 3 \text{ cm}^2/m^2$. También se relacionó el diámetro del foramen con el diámetro de la aorta en los 12 casos con transposición de grandes vasos. Los pacientes con índices < 1 tenían foramen res-

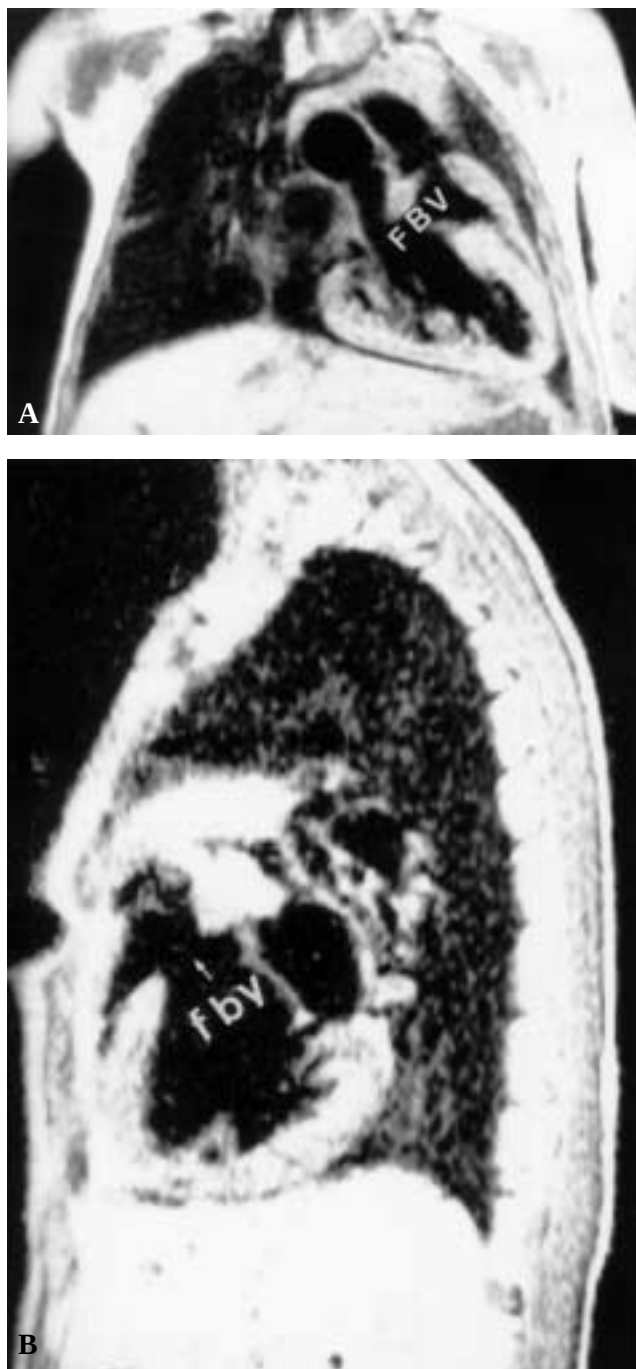


Figura 5. Foramen bulbo-ventricular. **A)** Proyección coronal. Corazón univentricular de morfología izquierda con cámara rudimentaria antero-izquierda con transposición. FBV = foramen bulbo-ventricular. **B)** Proyección sagital. Cámara anterior comunica a través del foramen con el ventrículo único izquierdo.

trictivo y normal si era > 1 .

7. Cardiopatías con heterotaxias (5 casos)

Cuatro con asplenia y uno con poliesplenia. Todos tenían múltiples cardiopatías: aurícula única en dos casos, válvula au-

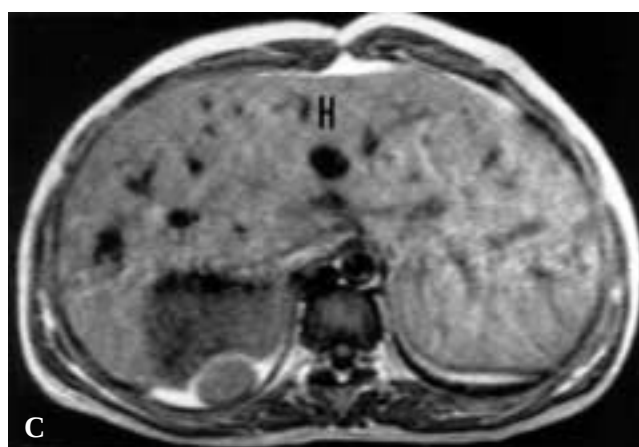
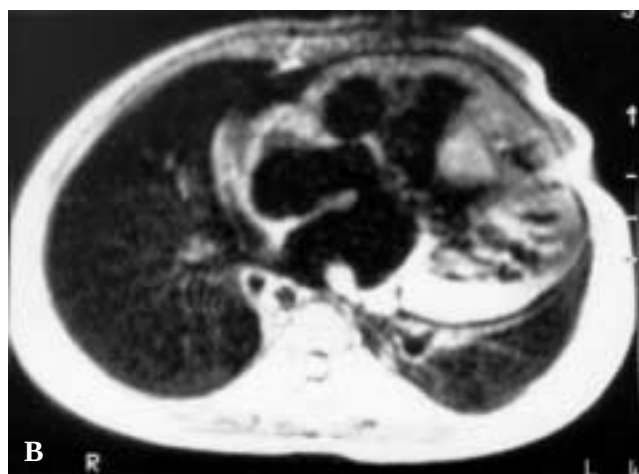


Figura 6. Cardiopatía con heterotaxias. Asplenia. **A)** Proyección coronal. Venas suprahepáticas conectadas directamente a la aurícula. Ausencia de cava. H = hígado. VS = vena suprahepática. **B)** Proyección axial. Válvula aurículoventricular común. Existen 2 ventrículos. **C)** Proyección axial. H = Hígado medial.

riculoventricular común en cinco casos, ventrículo único en dos casos, atresia pulmonar en dos casos, transposición de grandes



Figura 7. Tetralogía de Fallot. Proyección sagital. Infundíbulo hipoplásico, anillo estenótico y tronco hipoplásico. CIV= Comunicación interventricular. I = infundíbulo. T= tronco.

vasos en cinco casos y drenaje anómalo total en dos casos. Las proyecciones que aportan más información son la coronal y la axial. La proyección coronal nos informa sobre la estructura de los bronquios, de las venas cavas y del hígado. Los bronquios eran de morfología bilateral derecha en cuatro (asplenia) y de morfología bilateral izquierda (policasplenia) en uno. Las venas suprahepáticas se conectan directamente con las aurículas en cuatro pacientes (Fig. 6A) y en uno con cava izquierda, ésta se conectaba a las suprahepáticas. La vena cava superior era bilateral en todos. La proyección axial da información intracavitaria (Fig. 6B), de los grandes vasos y en los cortes inferiores se visualizaba un hígado medial con predominio derecho en 4 e izquierdo en 1 (Fig. 6C).

8. Agenesia pericardio derecho y divertículo ventricular derecho (3 casos)

Existe un espacio libre entre el corazón y el pericardio. La aurícula presenta una imagen en diábolo con zona media estenótica, corresponde al paso de la aurícula por la zona de pericardio ausente. Esta imagen es visible en proyecciones sagital y

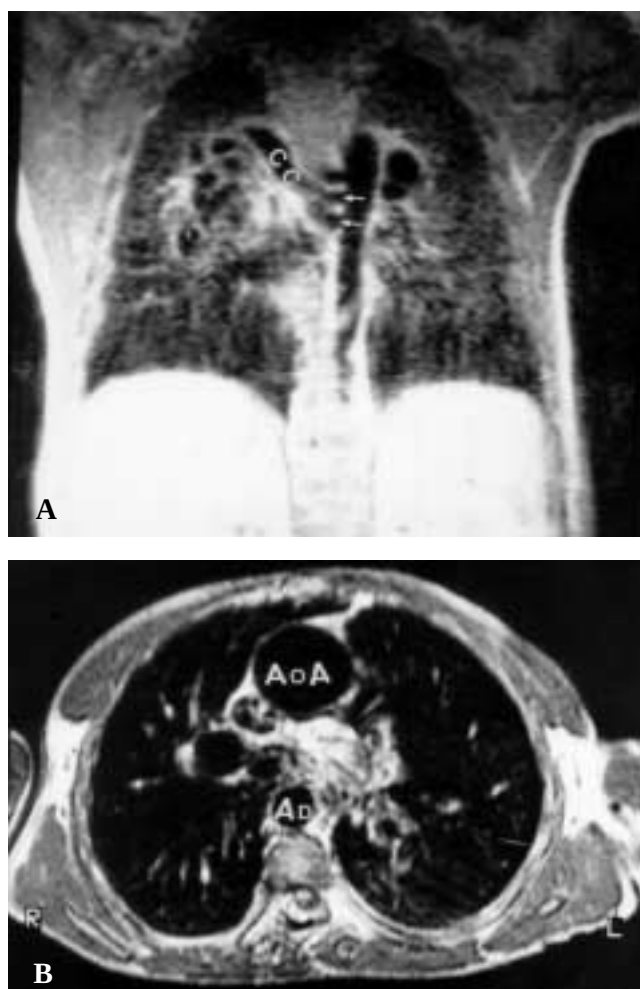


Figura 8. Atresia pulmonar septo abierto. **A)** Proyección coronal. Arco izquierdo. Circulación colateral desde la aorta descendente al pulmón derecho. CC + flecha = circulación colateral. **B)** Proyección axial. AoA = Aorta ascendente dilatada. AD = Aorta descendente. Ausencia de ramas pulmonares. Arco aórtico derecho.

coronal.

B) Técnica alternativa (65 casos)

Se realiza tras la ecocardiografía y previo a la angiografía.

1. Defectos troncoconales (38 casos)

Se incluyen la tetralogía de Fallot (24 pacientes), la transposición de grandes vasos no intervenidos (5 pacientes), la doble salida del ventrículo derecho (5 pacientes) y la atresia pulmonar con septo íntegro (4 pacientes). Cada proyección nos da una información detallada de ciertos parámetros.

Transposición de grandes vasos. Proyección axial: informa de la relación de grandes vasos (lado-lado o antero-posterior) y tamaño índice arteria aorta-arteria pulmonar. Proyección coronal: confirma la existencia de infundíbulo y la conexión ventrículo-vaso de salida en los cortes anteriores y posteriores. Nos demuestra la contigüidad o no de la válvula tricúspide con el va-

so anterior. Proyección sagital: visualiza la posición antero-posterior de la aorta-arteria pulmonar. La resonancia en conjunto de estas patologías aporta una información similar a la angiografía.

Tetralogía de Fallot. El infundíbulo estaba muy estenótico en todos los casos, $0,39 \pm 0,12$, con ramas pulmonares de diámetro similar, $0,42 \pm 0,15$ y $0,45 \pm 0,18$ cm (Fig. 7). La aorta cabalga sobre el septo interventricular. La aorta tiene un diámetro dilatado al recibir el flujo de ambos ventrículos. La relación aorta/arteria pulmonar es de $2,09 \pm 0,49$. El ventrículo derecho está dilatado.

Los cuatro pacientes con **atresia pulmonar y septo íntegro** tenían un volumen ventricular pequeño o ligeramente menor, pero las ramas pulmonares de la atresia pulmonar tenían un mayor diámetro que las ramas pulmonares de los casos con tetralogía de Fallot.

Cuando existía una **doble salida** o las grandes vasos estaban en transposición, la relación aorta pulmonar en el plano axial era anterior-posterior.

2. Anomalías de conexión de las venas sistémicas y pulmonares (13 casos)

Proyecciones coronal y axial. Diez pacientes tenían anomalía de drenaje de venas pulmonares, ocho drenajes supradiaphragmáticos a venas cavas superior o innominado, cinco sin defecto interauricular asociado.

3. Circulación colateral aortopulmonar (10 pacientes)

Proyecciones de preferencia axial y coronal. Las arterias aortopulmonares o bronquiales emergían de la aorta ascendente en dos pacientes y de la aorta descendente en ocho casos. En la mayoría son múltiples (Fig. 8A-B). A través de las comunicaciones aortopulmonares se rellenan las arterias pulmonares que estaban hipoplásicas en cinco pacientes. Otros cinco tenían un arco aórtico derecho (50%).

4. Estenosis supravalvular aórtica (4 casos)

Situada a 1 cm del plano valvular aórtico. En proyección coronal se delimita la longitud y la luz del vaso obstruido diferenciándose el tipo de estenosis y los senos de Valsalva dilatados; dos casos eran del tipo localizado o circunscrito y otros dos tenían una hipoplasia de 1 cm de longitud. La luz de paso era de 5 ± 2 mm. La proyección sagital permite medir el diámetro en otra proyección para calcular el área de la aorta a varios niveles, incluida la obstrucción. En la zona inferior a la obstrucción el diámetro de la aorta era de 1,2 cm. La relación obstrucción/aorta normal fue de 0,45.

Discusión

La resonancia magnética se ha utilizado para el diagnóstico de la coartación de aorta⁽⁸⁻¹⁵⁾, en el seguimiento de los pacientes intervenidos⁽¹⁶⁻¹⁹⁾ y en la angioplastia de la recoartación⁽²⁰⁻²³⁾. Esta técnica tiene grandes ventajas sobre las técnicas invasivas como son: no usar radiación ni material de contraste, bajo coste (30%), la posibilidad de utilizar múltiples planos y el tiem-

po máximo para cada estudio igual o inferior al tiempo de la angiografía. Casi siempre se puede visualizar la totalidad de la aorta en un plano parasagital o sagital. La zona de anastomosis y del istmo pueden ser evaluados en función del índice diámetro anastomosis/diámetro aorta descendente. Un valor inferior a 0,7 apoyaría el diagnóstico de coartación de aorta. Teien⁽¹⁵⁾ y cols. estudiaron 32 pacientes, usando el área de la zona estenosada en relación con el área de la aorta descendente. Los casos con índices inferiores a 0,25 estaban obstruidos. Cuando la obstrucción es total (interrupción) el ductus arterioso se continúa con la aorta descendente. La mayoría de los casos son interrupciones del tipo B con arco derecho⁽²⁴⁾. En proyección coronal o sagital la aorta ascendente se prolonga con los vasos del cuello, y en estos casos el cayado aórtico no existe. La arteria pulmonar se conecta a través del ductus arterioso con la aorta descendente. El arco que forman estos vasos está situado en un nivel inferior al que correspondería a un arco aórtico normal.

El doble arco aórtico se presenta como formas completa o parcial. En la forma completa el arco derecho es más ancho y da la carótida y subclavia derechas. Del arco izquierdo más pequeño se originan la carótida y subclavia izquierdas. Este tipo de anillo unido al arco derecho con subclavia retroesofágica representa el 80% de los pacientes estudiados con resonancia⁽²⁵⁻³³⁾. La mayoría de los anillos (subclavia retroesofágica con arco derecho o izquierdo) no presentan compresión traqueal⁽²⁵⁾ pero sí esofágica. Cuando la compresión se produce no siempre es necesario el tratamiento quirúrgico⁽²⁷⁾, fundamentalmente en los casos con compresión anterior por tronco carótida común y tronco innominado anómalo o en los casos con compresión posterior por aorta circunfleja. Con la resonancia magnética podemos visualizar en las tres proyecciones, sagital, coronal y transversa^(25,32-34), dos tipos de estenosis de la tráquea: circunscrita y difusa; en unos casos de origen congénito o por compresión externa. Al 70% de los pacientes intervenidos se les realizó previamente a la cirugía estudio angiográfico^(33,34). Sólo en tres casos de Azarow⁽³³⁾ se practicó resonancia y en siete de Son⁽³⁴⁾ tomografía o resonancia. La ecocardiografía es una técnica poco útil para el diagnóstico de los anillos, con la excepción del sling de la arteria pulmonar o anillos en infantes mayores o adultos⁽³²⁾. En los últimos 3 años nuestro grupo ha eliminado la angiografía para el diagnóstico de estas anomalías, pero sigue realizando ecocardiografía para estudiar las anomalías asociadas. Los pacientes con un tronco arterioso estudiados con resonancia son escasos, sólo tenemos referencia de nueve pacientes, todos publicados como casos aislados. No obstante, la proyección axial y la coronal son las más útiles para valorar las ramas pulmonares en su nacimiento de la zona postero-izquierda convergentes en el tipo I o posterior-independientes en el tipo II.

A través de la resonancia con spin-echo y cine-gradiente se obtiene una información completa de las ramas pulmonares, para la cirugía de la tetralogía de Fallot-transposición⁽³⁵⁻³⁸⁾. Canter⁽³⁶⁾, en una serie de 20 pacientes estudiados simultáneamente con angiografía y resonancia, encontró un índice de correlación del

96%. Igualmente, la resonancia proporciona en el switch arterial⁽³⁹⁾ imágenes de mayor calidad que las que se consiguen con la ecocardiografía bidimensional, fundamentalmente de las ramas pulmonares principales. En siete pacientes operados de switch, seis con estenosis de rama derecha e izquierda, la información fue definitiva.

Se han publicado casos aislados de corazón univentricular y resonancia magnética⁽⁴⁰⁾. La imagen del foramen bulboventricular y la cámara rudimentaria se registran simultáneamente con la imagen del ventrículo. El área del foramen puede medirse en tres proyecciones, cálculo que no se puede conseguir con la misma exactitud por otros métodos. Si la cámara es anterior el diagnóstico será de corazón univentricular de morfología izquierda, aunque se han publicado casos erróneos⁽⁴⁰⁾.

La aportación de la resonancia al diagnóstico de las cardiopatías con heterotaxia es importante en dos vertientes: primero, nos da una información amplia sobre los múltiples defectos intracardíacos y, en segundo lugar, sobre los órganos extracardíacos: bronquios, bazo, hígado y estómago. En dos estudios realizados sobre 49 pacientes^(41,42), en 34 se comprobó la ausencia de bazo con el hígado medial y en 31 el isomerismo bronquial derecho.

Para el diagnóstico de la ausencia de pericardio se ha utilizado la radiografía de tórax, la ecocardiografía y la angiografía. En 1984 se publica el primer caso de ausencia de pericardio izquierdo estudiado con resonancia y en 1993 el de pericardio derecho. La toracoscopia es la técnica definitiva.

En las anomalías troncoconales existen dos defectos que requieren un estudio pormenorizado con resonancia: la comunicación interventricular y el infundíbulo⁽⁴³⁻⁵¹⁾. La comunicación se localiza: a) en la zona subaórtica-subpulmonar; b) muscular y c) en continuidad con las válvulas sigmoideas. La mayoría de los defectos de la tetralogía de Fallot, ventrículo derecho, doble salida y transposición de grandes vasos pertenecen al grupo a). La proyección axial y las oblicuas coronal y sagital nos dan una información de estos defectos. El septo conal que separa la válvula aórtica de la pulmonar se desplaza y se conecta con la porción anterior del defecto interventricular junto al septo marginal. Cuando existe un infundíbulo hipoplásico ambas válvulas sigmoideas están contiguas. Con las proyecciones oblicuas, coronal y sagital se demuestra la obstrucción subaórtica y subpulmonar en los casos de doble salida o en la tetralogía de Fallot⁽⁴⁸⁾ e igualmente la relación de la válvula A-V derecha con el infundíbulo aórtico o pulmonar. Estas imágenes pueden completarse con las del desplazamiento anterior o posterior del infundíbulo visible en proyección sagital.

Sobre drenajes pulmonares se han publicado pocos estudios^(52,53). Desde 1984, sólo tenemos referencia de 69 pacientes de atresia pulmonar con septo abierto^(54,55) estudiados con resonancia magnética nuclear. En los casos sin fístula previa, las ramas pulmonares se visualizan mejor. Existen pocos estudios comparativos de resonancia y ecocardiografía para valorar las ramas pulmonares. Kersting⁽⁵⁵⁾, en una serie de 10 pacientes con eco-angio-resonancia observó que en sólo un paciente la eco-

cardiografía fue definitiva para el diagnóstico, ya que los vasos colaterales o aortopulmonares son difíciles de diferenciar de las ramas pulmonares distales por la ecocardiografía. Cuando valoró las otras dos técnicas concluyó que la resonancia es tan efectiva como la angiografía; no obstante, tras la preparación para la corrección definitiva realizamos angiografía.

En conclusión, la resonancia magnética nuclear es una técnica no ionizante, no cruenta, que debe usarse en general tras la ecocardiografía, pero que puede dar mayor información que ésta y otras técnicas en el diagnóstico y seguimiento de la patología de aorta, de las ramas pulmonares, del foramen bulboventricular del ventrículo único izquierdo y de las anomalías extra-cardíacas.

Bibliografía

- Herfkens RJ, Higgins CB, Hricak H. Nuclear magnetic resonance imaging of cardiovascular system: normal and pathological findings. *Radiology* 1983;**147**:749-759.
- Bank ER, Hernández RJ. CT and MR of congenital heart disease. *Radiol Clin North Am* 1988;**26**:241-262.
- Sieverding L, Klose V, Apitz J. Morphological diagnosis of congenital and acquired heart disease by magnetic resonance imaging. *Pediatr Radiol* 1990;**20**:311-319.
- Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Stanger P, Dery R, Higashino SM, Higgins SS y cols. Evaluation of complex congenital ventricular anomalies with magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1990;**120**:133-142.
- Bisset GS. Magnetic resonance imaging on congenital heart disease in the pediatrics patient. *Radiol Clin North Amer* 1991;**29**:279-291.
- Schlesinger AE, Hernández RJ. Congenital heart disease: application of computed tomography and magnetic resonance imaging. *Sem Ultrasound* 1991;**12**:11-27.
- Fellow KE, Weimberg PM, Baffa JM, Hoffman EA. Evaluation of congenital heart disease with MRI imaging: current and coming attraction. *Am J Roentgenol* 1992;**159**:925-931.
- Amparo EG, Higgins CB, Shafton EP. Demonstration of coarctation of the aorta by magnetic resonance imaging. *Am J Roentgenol* 1984;**143**:1192-1194.
- Higgins CB, Byrd BF, McNamara MT, Lanzer P, Lepton MJ, Botvinik E y cols. Magnetic resonance imaging of the heart: A review of the experience in 172 subjects. *Radiology* 1985;**155**:671-679.
- Schulthes GK, Higashino SM, Higgins SS, Didier D, Fisher MR, Higgins CB. Coarctation of the aorta: MR imaging. *Radiology* 1986;**156**:469-474.
- Didier D, Higgins CB, Fisher MR, Osaki L, Silverman NH, Cheitlin MD. Congenital heart disease: gated MR imaging in 72 patients. *Radiology* 1986;**158**:227-235.
- Simpson JA, Chung KJ, Glass RF, Shan DJ, Sherman FS, Hesselink J. Cine magnetic resonance imaging for evaluation of anatomy and flow relation in infants and children with coarctation of the aorta. *Circulation* 1988;**78**:142-148.
- Nyman R, Hallberg M, Sunnegårdh J, Thuren J, Henze A. Magnetic resonance imaging and angiography for the assessment of coarctation. *Acta Radiol* 1989;**30**:481-485.
- Baker EJ, Ayton V, Smith MA, Parsons JM, Maisey MN, Ladusans EJ y cols. Magnetic resonance imaging of coarctation of the aorta in infants: Use of a high strength. *Br Heart J* 1989;**62**:97-101.
- Teien DE, Wendel H, Bjornebrink J, Ekelund L. Evaluation of anatomical obstruction by Doppler echocardiography and resonance imaging in patients with coarctation of the aorta. *Br Heart J* 1993;**69**:352-355.
- Boxer RA, Lacorte MA, Sing S, Cooper R, Fishman MC, Goldman M y cols. Nuclear magnetic resonance imaging in evaluation and follow-up of children treated for coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol* 1986;**7**:1095-1098.
- Ress S, Somerville J, Ward C, Martínez JRH, Underwood R y cols. Coarctation of the aorta: MR imaging in late postoperative assessment. *Radiology* 1989;**173**:499-502.
- Muhler EG, Neuerburg JM, Ruben A, Grabitz RG, Gunther RM, Mesmer BJ y cols. Evaluation of aortic coarctation after surgical repair: Role of magnetic resonance imaging and Doppler ultrasound. *Br Heart J* 1993;**70**:285-290.
- Kaemmerer H, Theissen P, König U, Sechtem U, De Vivie ER. Follow-up using magnetic resonance imaging in adult patients after surgery for aortic coarctation. *Thorac Cardiovasc Surgeon* 1993;**41**:107-111.
- Bank ER, Aisen AM, Rochini AP, Hernández AJ. Coarctation of the aorta in children undergoing angioplasty: Pre-treatment and post-treatment MR imaging. *Radiology* 1987;**162**:235-240.
- Soulen RL, Kan J, Mitchell S, White KI. Evaluation of balloon angioplasty of coarctation reestenosis by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1987;**60**:343-345.
- Vogel M, Stern M, Bauer R, Buhlmeyer K. Comparison magnetic resonance imaging with cross-sectional echocardiography in the assessment of left ventricular mass in children without heart disease and in aortic istmic coarctation. *Am J Cardiol* 1992;**60**:941-944.
- Fawzy ME, Sinner W, Rifai A, Galal O, Dunn B, El-Deeb F y cols. Magnetic resonance imaging compared with angiography in the evaluation of intermediate-term results of coarctation balloon angioplasty. *Am Heart J* 1993;**126**:1380-1384.
- Yoo SJ, Choi HY, Park IS, Hong CY, Song MG, Kim SH. Distal aortopulmonary window with aortic origin of the right pulmonary artery and interruption of the aortic arch (Berry syndrome). Diagnosis by MR imaging. *Am J Roentgenol* 1991;**157**:835-836.
- Kersting-Sommerhoff BA, Sechtem UP, Fisher M, Higgins CB. MR imaging of congenital anomalies of the aortic arch. *A J Roentgenol* 1987;**149**:9-13.
- Jaffe RB. Magnetic resonance imaging of vascular rings seminars in ultrasound CT and MR 1990;**11**:206-220.
- Baets F, Van de Weghe V, Smets A, Verstraete K, Taeymans Y. Magnetic resonance imaging in tracheal compression by the innominate artery. *Arch Dis Child* 1993;**69**:390-391.
- Coscina WF, Kressels HY, Gefter W, Axel L. MR imaging of double aortic arch. *J Comput Assist Tomogr* 1986;**10**:673-675.
- Bisset GS, Strife JL, Kirks DR, Bailey WN. Vascular rings: MR imaging. *Am J Roentgenol* 1987;**149**:251-256.
- Friese KK, Dude MC, Higgins CB. Airway obstruction by right aortic arch with right-sided patent ductus arteriosus demonstration by MRI. *J Comput Assist Tomogr* 1992;**16**:888-892.
- Malmgren N, Laurin S, Lundstrom NR. Pulmonary artery Sling-Diagnosis by magnetic resonance imaging. *Acta Radiol* 1988;**29**:7-9.
- Julsrud PR, Ehman RL. Magnetic resonance imaging of vascular rings. *Clin Pro* 1986;**61**:181-185.
- Azarow KS, Pearls RH, Hoffman MA, Zurdier R, Edwards FH, Cohen AJ. Vascular Ring: Does magnetic resonance imaging replace angio-

- graphy. *Am Thorac Surg* 1992;**53**:882-885.
- 34 Van Son J, Julsrud PR, Hagler DJ, Sim EKW, Puga FJ, Schaff HV y cols. Imaging strategies for vascular rings. *Ann Thorac Surg* 1994;**57**:604-610.
 - 35 Formanek AG, Wilcfski RL, D Souza VJ, Lecik KM, Karstarldt N. MR imaging of the central pulmonary artery tree in conotruncal malformation. *Am J Roentgenol* 1986;**147**:1127-1131.
 - 36 Canter CE, Gutiérrez FR, Mirowitz SA, Martin TC, Hartman AF. Evaluation of pulmonary arterial morphology in cyanotic heart disease by magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1989;**118**:347-354.
 - 37 Higgins CB, Silverman NH, Kersting-Sommerhoff BA, Schmidt K. Congenital heart disease. Echocardiography and magnetic resonance imaging. Raven Press. New York 1990.
 - 38 Chung K, Simpson IA, Glass RF, Sahn DJ, Hessling JR. Cine-magnetic resonance imaging after surgical repair in patients with transposition of the great arteries. *Circulation* 1988;**77**:104-109.
 - 39 Hardy CE, Helton CJ, Kondo C, Higgins SS, Young NJ, Higgins CB. Usefulness of magnetic resonance imaging for evaluation great vessels anatomy after arterial switch operation for D-transposition of the great arteries. *Am Heart J* 1994;**128**:326-332.
 - 40 Huggons IC, Baker EJ, Maisey MN, Kakadebar AP, Graves P, Qureshi SA y cols. Magnetic resonance imaging of heart with atrioventricular valve atresia or double inlet ventricle. *Br Heart J* 1992;**68**:313-319.
 - 41 Niwa K, Uchishiba M, Aotsuka H, Tateno S, Tahima K, Fujiwara T y cols. Magnetic resonance imaging of heterotaxia in infants. *J Am Coll Cardiol* 1994;**23**:177-183.
 - 42 Wang JK, Li YW, Chiu IS, Chang YC, Hung CR y cols. Usefulness of magnetic resonance imaging in the assessment of venoatrial connections, atrial morphology, bronchial situs and other anomalies in right atrial isomerism. *Am J Cardiol* 1994;**74**:701-704.
 - 43 Gómez AS, Lois JF, Williams RG. Pulmonary arteries MR imaging in patients with congenital obstruction of the right ventricular outflow tract. *Radiology* 1990;**174**:51-57.
 - 44 Parsons JM, Baker EJ, Hayes AM, Ladusans EJ, Qureshi SA, Anderson RH y cols. Magnetic resonance of the great arteries in infants. *Int J Cardiol* 1990;**28**:73-85.
 - 45 Hayes AM, Baker EJ, Parsons J, Angos R, Qureshi SA, Maisey MN y cols. Evaluation of pulmonary artery anatomy magnetic resonance the importance of multiplan and oblique imaging. *Pediatr Cardiol* 1994;**15**:8-13.
 - 46 Mayo JR, Robertson D, Sommerhoff B, Higgins CB. MR imaging of double outlet right ventricle. *J Comput Assist Tomogr* 1990;**14**:336-339.
 - 47 Yoo SJ, Lim TH, Park IS, Hong CY, Song MG, Kim SH y cols. MR anatomy of ventricular septal defect in double outlet right ventricle with situs solitus and atrioventricular concordance. *Radiology* 1991;**181**:501-505.
 - 48 Parsons JM, Baker EJ, Anderson RH, Ladusans EJ, Hayes AM, Fragg M y cols. Double outlet right ventricle morphologic demonstration using nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1991;**18**:168-178.
 - 49 Guit GL, Bluemm R, Rohmer J, Wenink AC, Chin JG, Doornbos J y cols. Levotransposition of the aorta identification of segmental cardiac anatomy using MR imaging. *Radiology* 1986;**161**:673-679.
 - 50 Stark P, Agnes M, Holshonser B, Hinshaw D. Magnetic resonance tomography of Fallots tetralogy. *Radiology* 1991;**31**:375-377.
 - 51 Mirowitz SA, Gutiérrez FR, Canter CE, Vannier MW. Tetralogy of Fallot: MR findings. *Radiology* 1989;**171**:207-212.
 - 52 Kastler B, Livolsi A, Germain P, Gangi A, Klinskert A, Dietermann JL y cols. Contribution of MRI in supracardiac total anomalous pulmonary venous drainage. *Pediatr Radiol* 1992;**22**:262-263.
 - 53 Cohen MC, Hartnell GG, Finn JP. Magnetic resonance angiography of congenital pulmonary vein anomalies. *Am Heart J* 1994;**127**:954-955.
 - 54 Rees RSO, Sommerville J, Underwood SR, Wright FDN, Klipstein RH y cols. Magnetic resonance imaging of the pulmonary arteries and their systemic connection in pulmonary atresia. Comparison with angiographic and surgical findings. *Br Heart J* 1987;**58**:621-626.
 - 55 Kersting-Sommerhoff BA, Sechtem Vp, Higgins CB. Evaluation of pulmonary blood supply by nuclear magnetic resonance imaging in patients with pulmonary atresia. *J Am Coll Cardiol* 1988;**11**:166-171.