

RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIOVASCULAR EN ADULTOS CON CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS

CARDIOVASCULAR MAGNETIC RESONANCE IN ADULTS WITH CONGENITAL HEART DISEASES

CÉSAR VIEGAS¹

RESUMEN

La resonancia magnética cardiovascular (RMC) es en la actualidad una herramienta diagnóstica indispensable para la evaluación y seguimiento de pacientes adultos con cardiopatías congénitas (CC) nativas o tratadas (por cirugía o cateterismo). Muchas veces, estos tratamientos resultan en alteraciones anatómicas y funcionales, que obligan a un control longitudinal frecuente. La RMC no produce alteraciones perjudiciales para el paciente, no utiliza radiación ionizante ni compuestos yodados y brinda imágenes con alta resolución espacial y temporal que permiten analizar morfología, función, caracterización tisular, flujos y velocidades. Se comentan 3 CC (tetralogía de Fallot, corazón univentricular y coartación de aorta).

Palabras clave: resonancia magnética, tetralogía de Fallot, cardiopatías congénitas, coartación aórtica

ABSTRACT

At present, cardiovascular magnetic resonance (CMR) is an indispensable diagnostic tool, for the assessment and follow-up of adult patients with native and treated (surgery or catheterization) congenital heart disease (CHD). Often these treatments result in anatomic and functional abnormalities forcing a frequent longitudinal control. CMR does not produce harm to the patients, does not use ionizing radiation and provides images with space and time high-resolution that allows analyzing morphology, function, tissue characterization, flows and velocities. We comment 3 CHD (tetralogy of Fallot, univentricular heart and aortic coarctation).

Keywords: magnetic resonance, tetralogy of Fallot, heart defects, congenital, aortic coarctation.

REVISTA CONAREC 2015;31(130):134-137 | VERSIÓN WEB WWW.REVISTACONAREC.COM.AR

INTRODUCCIÓN

La resonancia magnética cardiovascular es un método de diagnóstico, con gran sensibilidad y especificidad, para evaluar el corazón, los grandes vasos y las estructuras adyacentes. Se obtienen imágenes con alta resolución espacial y temporal. Cuando el paciente es introducido en el tubo del resonador, se "magnetiza" (sus protones adquieren un movimiento, a una frecuencia determinada, que se denomina de precesión) y no sufre alteraciones biológicas perjudiciales. Luego es estimulado por ondas electromagnéticas (denominadas secuencias de estimulación) que también poseen una frecuencia determinada. Solamente se excitarán (resonarán) aquellos protones que están precesando a la misma frecuencia de estimulación, y responderán emitiendo energía electromagnética. Esta energía es captada y procesada por una computadora y transformada en imágenes¹.

La RMC no utiliza radiación ionizante ni contrastes yodados, por lo que es especialmente adecuada para el seguimiento longitudinal del paciente, dado que puede repetirse las veces que sea necesario. Se pueden programar cortes tomográficos multiplanares sin que la estructura física del paciente interfiera en la obtención de los mismos (no existen dificultades de ventana, enfisema, obesidad, deformidades toráci-

cas, derrames, cicatrices, etc.) y resulta especialmente adecuada para la evaluación de adultos previamente operados de CC². Brinda información morfológica (anatómica), funcional (masa, volúmenes, función sistólica y diastólica, perfusión, mecánica parietal y flujos y velocidades) y

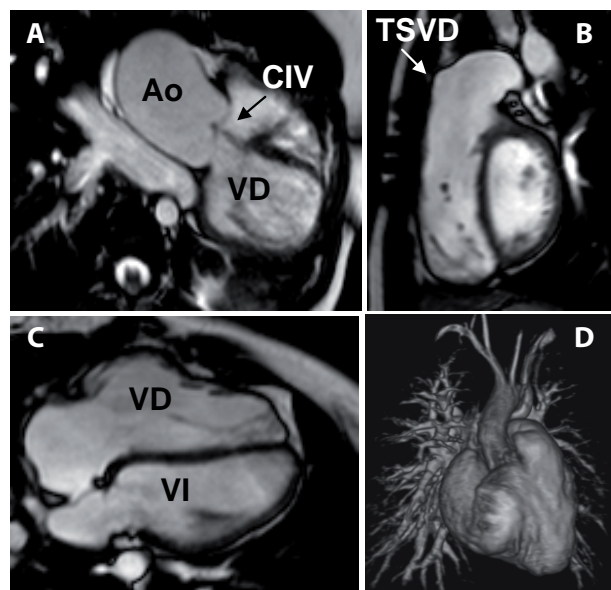


Figura 1. Tetralogía de Fallot operada. Conexión VD-AP, CIV abierta. Mujer, 28 años. A. Cineangiografía a nivel del TSVI. Se visualiza la CIV abierta, el cabalgamiento aórtico y un jet central por insuficiencia aórtica (flecha). B. Cineangiografía, corte del eje menor a nivel del TSVD que presenta pequeña dilatación aneurismática en su pared anterior (flecha). C. Cineangiografía, corte de 4 cámaras, se visualiza la dilatación del TEVD. D. Angiografía volumétrica, con gadolinio y reconstrucción 3D con sombreado de superficie para evaluar las arterias pulmonares y la aorta torácica. VD: ventrículo derecho. VI: ventrículo izquierdo. AP: arteria pulmonar. Ao: aorta. CIV: comunicación interven-tricular. 3D: tridimensional. TEVD: tracto de entrada del VD. TSVI: tracto de salida del VI. TSVD: tracto de salida del VD.

1. Departamento de Imágenes, Fundación Favaloro. Servicio de Cardiología, Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez". CABA, Argentina.

✉ **Correspondencia:** Dr. César Viegas | Fundación Favaloro. Av. Belgrano 1746, 2° piso. C1093AAS CABA, Argentina | cesarviegas08@gmail.com

El autor no declara conflictos de intereses.

Recibido: 14/04/2015 | Aceptado: 21/04/15

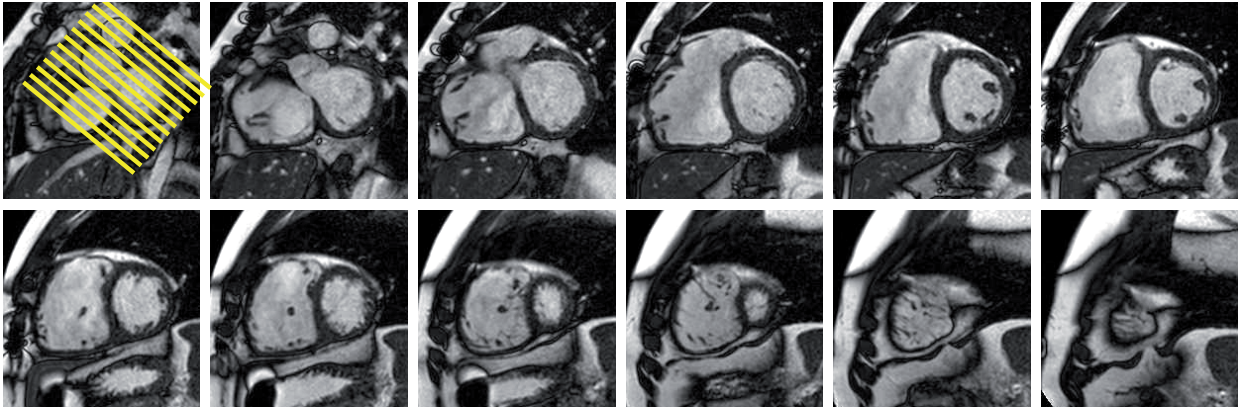


Figura 2. Tetralogía de Fallot operada. Varón, 25 años. Cineangiografía, cortes del eje menor de ambos ventrículos, desde base a punta, planificados sobre un corte de cuatro cámaras (4C), para medir masa, volúmenes y fracción de eyección, de acuerdo con la metodología de Simpson.

caracterización tisular (evaluación de fibrosis, grasa, edema, hiperemia, infiltración miocárdica, trombos, masas y tumores).

Aproximadamente 1,5% de los adultos sufren claustrofobia. En estos casos solamente podrá realizarse el estudio bajo sedación o anestesia general.

Para mejorar la calidad de las imágenes (angiografías) y para estudios de caracterización tisular se utiliza gadolinio, que es prácticamente atóxico y sin reacciones alérgicas de importancia (muy raramente ligero eritema). Los pacientes con insuficiencia renal tienen mayor riesgo de desarrollar fibrosis sistémica nefrogénica, atribuible al gadolinio; pero este riesgo se elimina o minimiza si solamente es utilizado cuando la relación costo-beneficio lo justifica³.

Como resultado de mejoras del cuidado clínico, del cateterismo terapéutico y de los tratamientos quirúrgicos, gran número de pacientes con CC sobreviven hasta la adultez, y requerirán seguimiento prolongado y frecuente en centros especializados multidisciplinarios.

En estos casos, la RMC surge como una herramienta de diagnóstico por imágenes muy versátil y sumamente adecuada para el control, monitoreo y toma de decisiones, tanto para pacientes adultos con CC nativas o tratadas por cateterismo o cirugía⁴.

El protocolo de estudio varía para cada paciente y deberá ser realizado por un profesional entrenado en resonancia magnética y con amplios conocimientos de las patologías cardiológicas congénitas⁵.

Del grupo de las CC del adulto más frecuentemente estudiadas por RMC, solamente se comentarán tres: tetralogía de Fallot, corazón con fisiología univentricular y coartación de aorta.

TETRALOGÍA DE FALLOT

Los pacientes con tetralogía de Fallot presentan comunicación interventricular (CIV) amplia con cabalgamiento aórtico, estenosis pulmonar subvalvular e hipertrofia ventricular derecha⁶. El tratamiento quirúrgico ha cambiado la evolución natural, mejorado notablemente la supervivencia y la calidad de vida, pero la mayoría de los pacientes presentan secuelas anatómicas y funcionales tales como: dilatación ventricular derecha, insuficiencia pulmonar, cortocircuitos residuales, insuficiencia tricúspida, dilatación aneurismática del tracto de salida, estenosis arterial pulmonar y taquiarritmias⁷. La sobrecarga crónica de volumen del ventrículo derecho (VD) será tolerada por muchos años, pero frecuentemente llevará a la descompensación a partir de la tercera década de la vida⁸. Todos los pacientes requerirán estrictos controles evolutivos y, en algunos casos,

nueva cirugía o cateterismo terapéutico (reemplazo protésico de la válvula pulmonar, cierre de cortocircuitos, resolución de estenosis de las ramas pulmonares, etc.)^{9,10}. La RMC se ha transformado en una herramienta de diagnóstico esencial y su mayor aporte es proveer adecuada información sobre: 1) el *ventrículo derecho* evaluando anatomía, morfología del tracto de salida, masa, volúmenes, fracción de eyección y motilidad parietal; 2) las *arterias pulmonares y grandes vasos*; 3) *flujos y velocidades* permitiendo cuantificar las insuficiencias valvulares, los cortocircuitos residuales (Qp/Qs) y la relación de flujos pulmonares (PD/PI); 4) *viabilidad miocárdica* (fibrosis cicatrizal en zonas quirúrgicas, que potencialmente pueden comportarse como focos arritmógenos) (Figuras 1, 2 y 3).

CORAZÓN CON FISIOLÓGIA UNIVENTRICULAR

Varias CC complejas que tienen un ventrículo muy hipoplásico e hipofuncionante presentan fisiología univentricular. Dentro de este grupo se ubican: el *síndrome de hipoplasia del ventrículo izquierdo* que se asocia con atresia mitroaórtica, el *ventrículo único* (Figura 4), la *atresia tricúspida* y el *síndrome de hipoplasia del VD* (atresia pulmonar con *septum* intacto, enfermedad de Ebstein). Se denomina ventrículo pulmonar al que está conectado con la arteria pulmonar (sea morfológicamente derecho o izquierdo) y ventrículo sistémico al que está conectado con la aorta (sea morfológicamente izquierdo o derecho). Los pacientes presentan mezcla de las circulaciones pulmonar y sistémica, y la saturación arterial sistémica (Sat) dependerá en forma directamente proporcional del monto del flujo pulmonar. Cuanto mayor es el flujo pulmonar, mayor es la Sat. Si el flujo pulmonar es menor, el paciente presenta hipoxia (cianosis). Sea porque el flujo pulmonar está muy aumentado (Sat >85%; precarga elevada) o muy disminuido (Sat <55%; cianosis severa), el paciente desarrolla insuficiencia cardíaca. El tratamiento quirúrgico se impone, y será paliativo, con la finalidad de separar las circulaciones pulmonar y sistémica para lograr una circulación en serie, mucho más fisiológica, que tienda a normalizar el flujo pulmonar y la saturación y brindarle al paciente mayor calidad de vida y supervivencia. Las cirugías se denominan *bypass* del ventrículo pulmonar y, a grandes rasgos, existen 2 tipos (Figura 5): 1) *bypass parcial* (habitualmente denominada Glenn 2D) y 2) *bypass total* (habitualmente denominada Fontan-Kreutzer).

La cirugía de Glenn 2D consiste en conectar en forma término-lateral la vena cava superior con una de las ramas de la arteria pulmonar (ha-

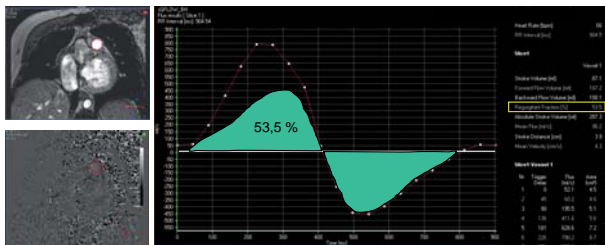


Figura 3. Tetralogía de Fallot operada. Varón, 33 años. Obeso (120 kg). Secuencia de contraste de fase. Arriba. Cineangiografía; localización del tronco de la arteria pulmonar (círculo). Abajo. Mapa de velocidades (sectores inmóviles: gris, sectores móviles en direcciones opuestas: negro y blanco). Gráfica. Curva de flujos sistólico y diastólico. La fracción de regurgitación (53,5%) se obtiene determinando el porcentaje que representa el área diastólica (flujo retrógrado) del área sistólica (flujo anterógrado).

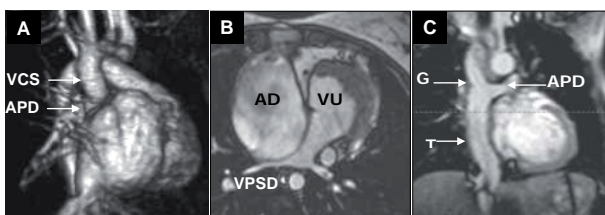


Figura 5. Ventriculo único (VU) operado (en diferentes pacientes). A. Varón, 17 años. Angiografía volumétrica con gadolinio y reconstrucción tridimensional con sombreado de superficie. Vista lateral. Glenn 2D. Vena cava superior (VCS) conectada término-lateral con la rama derecha de la arteria pulmonar (APD). B. Mujer, 29 años. Anastomosis auriculo-opulmonar. Se observa dilatación aneurismática de la aurícula derecha (AD) que comprime la vena pulmonar superior derecha (VPSD). C. Varón, 19 años. Cirugía de Fontan-Kreutzer con tubo extracardíaco (T) y Glenn 2D previo (G).

bitualmente la derecha), con la idea de disminuir la precarga del ventrículo funcional y mejorar la Sat.

Inicialmente Glenn hizo su primera cirugía conectando la vena cava superior con la rama derecha de la arteria pulmonar en forma término-terminal (habitualmente denominada Glenn clásico)¹¹ (Figura 6). La cirugía de Fontan-Kreutzer deriva toda la sangre del retorno venoso sistémico al árbol arterial pulmonar. En función de las necesidades fisiológicas de cada paciente se decidirá crear o no una pequeña comunicación entre los sistemas venosos sistémico y pulmonar (fenestra) que funcionará como válvula de escape, permitiendo un cortocircuito de derecha a izquierda en casos de hipertensión venosa sistémica. Existen muchas variantes, pero nos referiremos solamente a dos: a) *anastomosis auriculo-pulmonar*, (conexión de la aurícula derecha con el tronco arterial pulmonar)^{12,13}, ya en desuso, pero con muchos sobrevivientes, y b) *anastomosis bi-cavo pulmonar* (más frecuentemente: Glenn 2D y tubo extracardíaco que une en forma término-lateral la vena cava inferior [VCI] con una rama de la arteria pulmonar)¹⁴ (Figura 5).

Es habitual que se realicen en serie, distanciadas entre 6 meses y 1 a 3 años, (1° Glenn 2D y 2° Fontan-Kreutzer). Existen casos en los cuales solamente se realizará Glenn 2D, ya que el ventrículo pulmonar es moderadamente hipoplásico ($z < -3$) y con capacidad para manejar el flujo que le llega desde la VCI (denominado también cirugía de ventrículo y medio)¹⁵ (Figura 6), y otros en los cuales se realizará directamente la cirugía de Fontan-Kreutzer (*bypass* total en un solo tiempo). Sin embargo, la posibilidad de lesiones residuales y de complicaciones es alta y puede desarrollarse enteropatía perdedora de proteínas, efusiones recurrentes, dilatación de la aurícula derecha, compresiones de las venas pulmonares, hipodesarrollo de las arterias pulmonares, desfuncionalización del *bypass* parcial, arritmias, trombosis con tromboembolia o sin ella, cortocircuitos residuales, disfunción valvular, déficit de la función ventricular, etc. Por tal motivo, la supervisión deberá ser

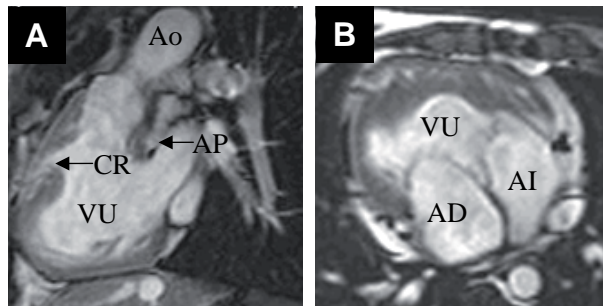


Figura 4. Ventriculo único (VU) nativo. Mujer, 19 años. Dextrocardia + transposición de grandes vasos + estenosis pulmonar. Cineangiografías. A. Plano sagital oblicuo. Se visualiza un ventrículo desarrollado y una cámara rudimentaria (CR) superior, conectada con la aorta (Ao). La arteria pulmonar (AP) hipoplásica, emerge del VU y presenta estenosis infundibulo-valvular. B. Plano axial. Se visualizan la aurícula derecha (AD) la aurícula izquierda (AI) y ambas válvulas auriculo-ventriculares conectadas con el VU.

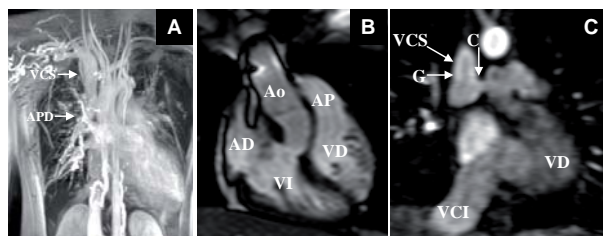


Figura 6. A. Estenosis valvular pulmonar + ventrículo derecho hipoplásico + Glenn clásico. Conexión término-terminal entre vena cava superior (VCS) y la rama derecha de la arteria pulmonar (APD). Angiografía volumétrica con gadolinio (reconstrucción MIP; proyección de intensidad máxima, siglas en inglés). Varón, 26 años. B y C. Transposición fisiológicamente corregida de grandes vasos + comunicación interventricular (CIV), con cirugía de ventrículo y medio (Glenn 2D + cerraje de APD + hemi-Mustard). Mujer, 19 años. Cineangiografía (B) donde se visualiza la aurícula derecha (AD), conectada con el ventrículo izquierdo (VI) ubicado a la derecha y el ventrículo derecho (VD) ubicado a la izquierda. Por la cirugía, las conexiones ventrículo-arteriales son ahora concordantes entre el VI y la aorta (Ao) y el VD y la arteria pulmonar (AP) y se cerró la CIV. Angiografía volumétrica con gadolinio (partición). Se visualiza la conexión de la vena cava inferior (VCI) con el VD (hemi-Mustard), el Glenn 2D (G) y el cerraje de APD (C). El VD solamente maneja el flujo que le llega desde la VCI.

repetida y permanente. La RMC surge entonces como una herramienta indispensable para el control y seguimiento y es utilizada, con más frecuencia, en pacientes que han sido tratados quirúrgicamente (Glenn 2D, Fontan-Kreutzer, angioplastias, etc.) o por cateterismo (angioplastias, valvuloplastias, *stents*, cierre de colaterales) y para definir la realización o no del *bypass* total (evaluación pre-Fontan-Kreutzer)¹⁶. Para que la RMC no resulte prolongada (que sea menor de 40 minutos), evitándole disconfort al paciente, es conveniente que el estudio esté orientado a investigar lo que no pudo definirse previamente con otras modalidades diagnósticas. Con esta premisa, el protocolo incluye la evaluación de: la cardiopatía estructural y de los grandes vasos (incluyendo la relación de la aorta con el esternón), la aurícula derecha, el tubo extracardíaco, la boca anastomótica, la fenestra, la presencia o ausencia de trombos, la existencia o no de compresión de las venas pulmonares, el desarrollo del árbol arterial pulmonar, la función del ventrículo funcionando, los flujos y velocidades y la existencia de fibrosis miocárdica¹⁷.

COARTACIÓN DE AORTA

La RMC es el mejor método de diagnóstico por imágenes in vivo para el estudio de la coartación de aorta en el adulto, sea nativa o tratada. Permite un adecuado seguimiento y vigilancia de las posibles complicaciones (coartación residual, aneurismas, rotura aórtica, lesiones por endocarditis infecciosa, etc.). Se evaluará: la anatomía aórtica y de la circulación colateral con imágenes volumétricas tridimensionales que po-

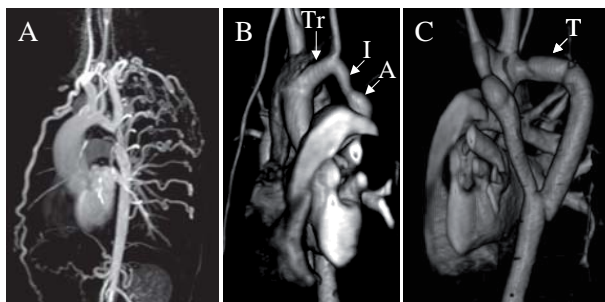


Figura 7. A. Coartación de aorta nativa severa, con marcado desarrollo de circulación colateral. Angiografía volumétrica con gadolinio (reconstrucción MIP: proyección de intensidad máxima, siglas en inglés). Varón, 18 años. Se visualizan las arterias intercostales y mamarias dilatadas y tortuosas. Las arterias que emergen de la aorta o sus ramas proximal a la coartación tienen flujo centrífugo y se anastomosan con las arterias que emergen de la aorta distal a la coartación que adquieren flujo centrípeto con el propósito de saltar o puentear la obstrucción. B y C. Coartación de aorta operada. Angiografía volumétrica con gadolinio y posterior reconstrucción 3D con sombreado de superficie. Varón, 26 años. Se colocó un tubo protésico de Gore-Tex®, conectando la aorta transversa con la descendente para puentear la coartación. (A) vista oblicua izquierda. Se visualiza la aorta transversa moderadamente hipoplásica (Tr), el istmo aórtico (I) severamente hipoplásico y un pequeño aneurisma en el extremo proximal de la aorta descendente (A). C. Vista oblicua posterior. Obsérvese el tubo protésico (T).

drán ser visualizadas en movimiento rotacional de 360°; la existencia de jets con cineangiografías y cuantificar flujos y velocidades (gradientes y circulación colateral) (**Figura 7**). La severidad de la patología se pondrá de manifiesto por importante estenosis a nivel de la coartación, presencia de circulación colateral en la angiografía volumétrica (cualitativo) y mayor flujo aórtico a nivel del diafragma que a nivel poscoartación (cuantitativo), que indica la existencia de flujo centrípeto en las arterias intercostales (debido a circulación colateral efectiva)¹⁸. El gradiente de presión a través de la coartación no es demostrativo de severidad, cuando es evaluado por RMC¹⁹. Los pacientes que han sido tratados por cateterismo y presentan un *stent* podrán ser evaluados de igual manera²⁰. Además se estudiará el corazón para cuantificar masa, volúmenes

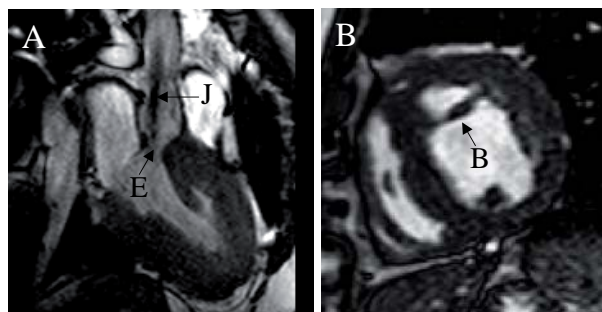


Figura 8. Coartación de aorta operada. Varón, 26 años (mismo paciente que el de la figura 7). Presenta patología asociada. Cineangiografías. A. Corte de 3 cámaras donde se visualiza estenosis subaórtica fibromuscular (E) y un jet (J) por flujo turbulento que se origina por debajo del anillo aórtico. B. Corte del eje menor biventricular. Se visualiza hipertrofia del ventrículo izquierdo (VI), multifocal asimétrica (visualizada mejor en varios otros cortes; no presentados) y una banda muscular anómala en el VI (B).

y función biventricular; para evaluar cardiopatías asociadas tales como CIV, valvulopatía aórtica, miocardiopatía hipertrófica, etc. y para descartar la presencia de fibrosis (**Figura 8**).

CONCLUSIONES

La RMC es un método versátil, seguro, reproducible, no invasivo y sin radiación ionizante que agrega importante información al contexto clínico en pacientes adultos con CC nativas o tratadas (por cirugía o cateterismo). Desde hace ya varios años ha sido probado que se trata de un método muchas veces esencial en la decisión de la conducta a seguir. Es un estudio artesanal que requiere la presencia y dirección de un médico especializado y debidamente entrenado y que, previamente, esté informado detalladamente sobre la historia clínica del paciente (estudios previos, cateterismos, cirugías, etc).

BIBLIOGRAFÍA

- Rinck PA, Petersen SB, Muller RN. *Introducción a la Resonancia Magnética Nuclear Biomédica* (1986). Buenos Aires. Argentina: Editorial Anejo Producciones SRL. Eduardo Requena. División libros y fascículos. Primera versión en castellano de An Introduction to Biomedical Nuclear Magnetic Resonance.
- von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Trauzeddel RF, Schulz-Menger J. Cardiovascular magnetic resonance in adults with previous cardiovascular surgery. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2014;15:235-248
- Geva T. Is MRI the Preferred Method for Evaluating Right Ventricular Size and Function in Patients With Congenital Heart Disease? *Circ Cardiovasc Imaging* 2014;7:190-197.
- Di Nunzio HJ, Viegas C. *Resonancia Magnética Cardiovascular*, en Branco Mautner, *Cardiología, Basada en la evidencia y la experiencia de la Fundación Favaloro*, (2010), (Segunda Edición, 233-289), Santiago, Chile: Editorial Mediterráneo Ltda.
- Kilner PJ, Geva T, Kaemmerer H, Trindade PT, Schwitler J, Webb GD. Recommendations for cardiovascular magnetic resonance in adults with congenital heart disease from the respective working groups of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2010;31:794-80.
- Neches WH, Park SC, Eteadgui JA. Tetralogy of Fallot and Tetralogy of Fallot with Pulmonary Atresia, in Garson A, Bricker JT, McNamara DG, *The Science and Practice of Pediatric Cardiology* (1990), (1073-1100), Malvern, Pennsylvania, USA: Lea & Febiger.
- Huehnergarth KV, Gurvitz M, Stout KK, Otto CM. Repaired tetralogy of Fallot in the adult: monitoring and management. *Heart* 2008;94:1663-1669.
- Geva T. Indications for Pulmonary Valve Replacement in Repaired Tetralogy of Fallot. *The Quest Continues. Circulation* 2013;128:1855-1857.
- Geva T. Repaired tetralogy of Fallot: the roles of cardiovascular magnetic resonance in evaluating pathophysiology and for pulmonary valve replacement decision support. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011;13:9-32.
- Geva T. Indications and timing of pulmonary valve replacement after tetralogy of Fallot repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Ann* 2006; 9:11-22.
- Glenn WWL. Circulatory bypass of the right heart: II. Shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery. Report of a clinical application. *N Engl J Med* 1958; 259: 117.
- Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid Atresia. *Thorax* 1971; 26: 240.
- Kreutzer GO, Vargas FJ, Schlichter AJ, Laura JP, Suarez JC, Coronel AR, et al. Atriopulmonary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982; 83: 427.
- Marcelletti C, Corno A, Giannico S, Marino B. Inferior vena cava pulmonary artery extracardiac conduit: A new form of right heart bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 100: 228
- Kreutzer C, Mayorquim RC, Kreutzer GO, Conejeros W, Román MI, Schlichter AJ, et al. Experience with one and a half ventricle repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 117: 662-668.
- Ait-Ali L, De Marchi D, Lombardi M, Scebbra L, Picano E, Murzi B et al. The role of cardiovascular magnetic resonance in candidates for Fontan operation: Proposal of a new Algorithm. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011; 13:69-78.
- Viegas C, Di Nunzio HJ, Doglia E, Grippo M, Schlichter AJ, Kreutzer GO, et al. Resonancia magnética cardiovascular en pacientes con bypass parcial o total del ventrículo venoso. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:348-355
- Steffens JC, Bourne MW, Sakuma H, O'Sullivan M, Higgins CB. Quantification of Collateral Blood Flow in Coarctation of the Aorta by Velocity Encoded Cine Magnetic Resonance Imaging. *Circulation* 1994; 90:937-943.
- Muzzarelli S, Knauth Meadows A, Gomes Ordovas K, Douglas Hope M, Higgins CB, Cordry Nielsen J, et al. Prediction of Hemodynamic Severity of Coarctation by Magnetic Resonance Imaging. *Am J Cardiol* 2011; 108:1335-1340
- Alonso J, Sciegata A, Jmelnitsky L, Faella H. Resultados inmediatos y seguimiento a corto y mediano plazo de pacientes con coartación de aorta nativa y recurrente tratados con stents. *Rev Argent Cardiol* 2005;73:336-340.