

Comunicación interauricular evaluada por resonancia magnética cardiovascular: comparación con ecocardiografía Doppler

RICARDO OBREGÓN¹, EDGAR GARCÍA², RAÚL PELOSO³, LILIANA FERRIN², TERESITA ESCUDERO², VALERIA FRANCIOSI⁴, NATALIA COCCO⁴, RAÚL CAYRE^{MTSAC, 5}

Recibido: 24/05/2006

Aceptado: 08/11/2006

Dirección para separatas:

Dr. Ricardo Obregon
Quintana 1376
(3400) Corrientes, Argentina
Tels. 03783 426424 -
3783 15568517
e-mail:
ricardo_obregon@hotmail.com;
ricardo_obregon@arnet.com.ar

RESUMEN

La comunicación interauricular (CIA) es uno de los defectos congénitos que se diagnostica con más frecuencia en el adulto. La ecocardiografía Doppler (ED) es el método de primera elección para su diagnóstico y seguimiento. La resonancia magnética cardiovascular (RMC), con sus múltiples aplicaciones, puede ser una excelente alternativa para su estudio. Para analizar la utilidad de la RMC en esta patología, se estudiaron 30 pacientes con CIA y se compararon los resultados con la ED. Veintitrés pacientes tenían CIA de tipo *ostium secundum*, 6 de tipo seno venoso y 1 de tipo *ostium primum*. Se observó buena correlación entre la RMC y la ED en los flujos aórticos ($r = 0,67$, $p < 0,007$), pulmonar ($r = 0,62$, $p < 0,01$) y Qp/Qs ($r = 0,56$, $p < 0,003$). Únicamente con la RMC se pudo visualizar el defecto en visión frontal y cuantificar el flujo que lo atraviesa. La planimetría directa de la CIA se correlacionó adecuadamente con el flujo cuantitativo pulmonar y a través del defecto interauricular, corroborándose los resultados obtenidos por estas dos técnicas en el estudio de RMC.

Se concluye que la RMC presenta buena correlación con la ED y que es una alternativa válida para el estudio de la CIA. La visualización frontal del defecto con la cuantificación de su flujo es una ventaja de la RMC sobre la ED.

REV ARGENT CARDIOL 2007;75:30-35.

Palabras clave >

Resonancia Magnética Nuclear, Biomolecular - Ecocardiografía

Abreviaturas >

CIA Comunicación interauricular
ETE Eco transesofágico

ED Ecocardiografía Doppler
RMC Resonancia magnética cardiovascular

INTRODUCCIÓN

La comunicación interauricular (CIA) es la cardiopatía congénita que con más frecuencia se diagnostica en el adulto. El método de primera elección para su diagnóstico y tipificación es la ecocardiografía Doppler (ED). Actualmente, la caracterización del defecto (tamaño, morfología y relación con las estructuras vecinas) tiene fundamental importancia para la selección adecuada del método, así como del dispositivo de cierre a utilizar. (1-3) La necesidad de descartar la presencia de orificios septales múltiples o retornos venosos anómalos, acompañando a la CIA, obliga a complementar el estudio de ED con el eco transesofágico (ETE). Creemos que la resonancia magnética cardiovascular (RMC) con sus diversas técnicas de medición de flujos, (4-6) y por las imágenes morfológicas de alta definición, aparece como una alternativa válida para el estudio completo de la CIA. (7-10) Para analizar

esta hipótesis, el presente trabajo se propuso los siguientes objetivos: 1) Estudiar la capacidad de la RMC en la evaluación de la CIA. 2) Analizar los parámetros morfológicos y funcionales obtenidos con RMC y compararlos con los obtenidos por el eco-Doppler transtorácico en un mismo grupo de pacientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Selección de pacientes

Desde septiembre de 2002 a abril de 2004 ingresaron en el estudio 30 pacientes consecutivos con el diagnóstico ecocardiográfico de CIA. Todos los pacientes fueron derivados para la realización de RMC. Los estudios ecocardiográficos, así como los de RMC, incluyeron el análisis cuantitativo de los flujos aórtico y pulmonar. De estas relaciones se obtuvieron los Qp/Qs respectivos. El tiempo transcurrido entre ambos estudios fue de 3,57 días (rango de 1 a 35 días).

^{MTSAC} Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

¹ Jefe del Servicio de Ecocardiografía y Doppler. A cargo del Área de Resonancia Magnética Cardiovascular. Servicio de Imágenes, Resonancia Magnética y Tomografía computarizada

² Médico de staff del Instituto de Cardiología de Corrientes

³ Jefe del Departamento de Imágenes del Instituto de Cardiología de Corrientes

⁴ Residente del Instituto de Cardiología de Corrientes

⁵ Sección Anatomía del Desarrollo, Facultad de Medicina UNNE, Corrientes, Argentina

Los estudios de RMC fueron realizados y analizados por el mismo operador con experiencia en el análisis de imágenes cardiovasculares. Los estudios de eco-Doppler, fueron efectuados por tres operadores diferentes con experiencia en patologías congénitas. Los resultados se guardaron en bases de datos independientes, que fueron cruzadas para su análisis final.

Estudio con eco-Doppler

Se utilizaron ecógrafos ATL HDI 5000 y GE System Five con transductores de 2-4 MHz de rango de frecuencia. El estudio ecocardiográfico se realizó según las normas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía. (10) La valoración de la morfología del ventrículo derecho se efectuó en forma subjetiva. Se obtuvieron las dimensiones anteroposteriores del defecto desde las vistas apicales y subcostales. Con el ED no se pudieron obtener con exactitud las medidas cefalocaudales de la CIA. El análisis cuantitativo del flujo aórtico se realizó tomando el diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo en el eje largo paraesternal izquierdo. En el mismo lugar, y con empleo de Doppler pulsado, con un tamaño de muestra de 10 mm, se adquirió la onda espectral del flujo. El flujo pulmonar se midió en el tracto de salida del ventrículo derecho, desde el eje corto de los grandes vasos, con igual técnica que la utilizada para el flujo aórtico. A seis pacientes se les realizó ETE con sondas omniplanares. A cuatro de ellos se les practicó cierre percutáneo del defecto y el estudio se llevó a cabo antes del procedimiento o durante él. El escaso número de pacientes con ETE impidió comparar sus resultados con la RMC y el ED transtorácico.

Estudio de resonancia magnética cardiovascular

Se utilizó un resonador Philips ACS Gyroscan de 1,5 Tesla. Las mediciones de RMC se realizaron en una ViewForum 2003, de Philips, release 3.4, con software cardiológico. Se realizaron secuencias localizadoras para programar los cortes del estudio.

Secuencias de resonancia: las secuencias se realizaron con gatillado electrocardiográfico. Para obtener las imágenes ponderadas en T1 se utilizó un campo de visión de 400 mm, con un ancho de corte de 8 mm, y una matriz de 256×256 mm, lo que permitió una resolución espacial de $1,56 \times$

$1,56 \times 8$ mm. El tiempo de eco fue de 20 ms y el tiempo de repetición, dependiente de la frecuencia cardíaca del paciente. Las imágenes de cinerresonancia se obtuvieron con secuencias *fast field echo* (FFE, Philips), con gatillado electrocardiográfico retrospectivo y compensación respiratoria. La matriz de adquisición fue de 400 mm, interpolada a 256×256 mm, a razón del video. El tiempo de eco fue de 4 ms, con un ángulo *flip* de 15° . El ancho de corte fue de 8 mm. Para el análisis cuantitativo de flujos se utilizó una secuencia denominada contraste de fases (*phase contrast*). Se utilizó una matriz variable de 350 a 400 mm, con un espesor de corte de 6 mm.

Secuencia para cuantificación de flujos: la cuantificación de los flujos aórticos y pulmonares se realizó con la adquisición de imágenes en sentido transversal al flujo en la aorta ascendente y en el tronco de la arteria pulmonar, inmediatamente antes del nacimiento de las ramas pulmonares. Se codificaron las velocidades de adquisición en 3 metros por segundo para el flujo pulmonar y aórtico.

Técnica de adquisición y mediciones de la CIA: las imágenes localizadoras se adquirieron en los planos transversal, coronal y sagital. Posteriormente se tomaron las secuencias de T1 (*turbo spin echo*) en orientación transversal. Sobre éstas se programaron las imágenes oblicuas y se obtuvo el eje corto cardíaco. Se tuvo especial cuidado en incluir ambas aurículas. Los cortes transversales sirvieron para visualizar el septum interauricular en toda su extensión. Sobre estas vistas del septum interauricular extendido se programaron las secuencias de gradiente de eco (*fast field echo*) y se obtuvieron las imágenes de cuatro cámaras. Utilizando estas últimas imágenes, y con el empleo de secuencias de contraste de fases (previamente descriptas), se "cortó" el septum en forma paralela a la CIA en su punto medio (Figura 1). La codificación de velocidad para medir el flujo transeptal fue de 2 metros por segundo.

Sobre las imágenes frontales de la CIA, en "mapa de velocidades", se efectuó la planimetría de la comunicación y se obtuvieron su diámetro y el flujo, así como las dimensiones cefalocaudales y anteroposteriores (Figura 1, derecha).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con los paquetes estadísticos de los programas de GB-Stat v6.5 y SPSS Gráficos

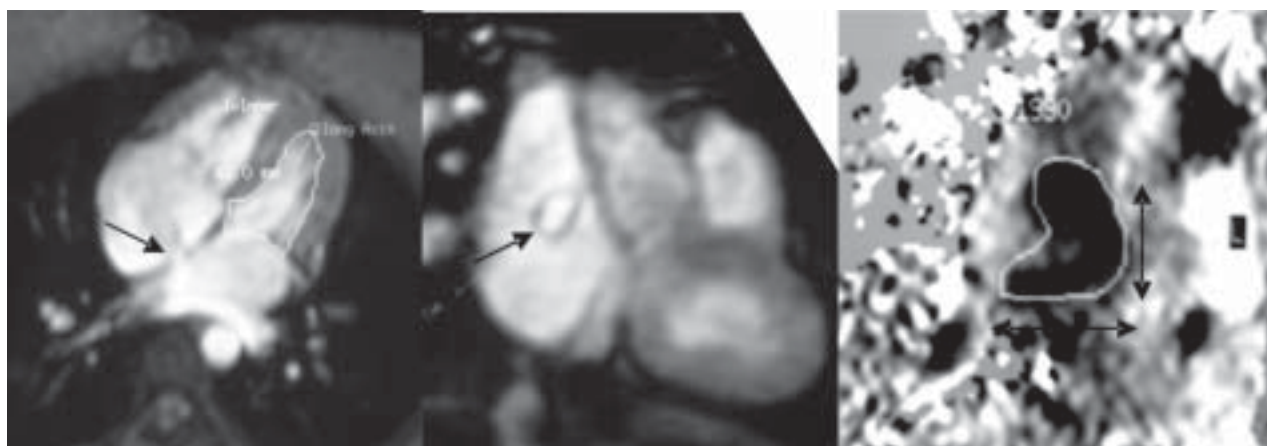


Fig. 1. Izquierda: corte transversal de RMC que muestra las cuatro cavidades cardíacas con la solución de continuidad en la parte media del septum interauricular (flecha). Se aprecia además el flujo turbulento que atraviesa el defecto de izquierda a derecha. Centro: corte frontal del septum interauricular. Obsérvese la CIA, de tipo *ostium secundum* (flecha). Derecha: CIA con imagen en contraste de fases, de forma irregular con las mediciones realizadas (flechas).

Interactivos, v10.0.6, SPSS Inc, Chicago, IL. Los datos se expresan como media con sus desviaciones estándares.

Para el análisis comparativo primario de las variables continuas entre el ED y la RMC (tamaño de las CIA y flujos aórticos y pulmonares) acordes con los resultados de las pruebas de normalidad, se utilizó el método estadístico de correlación a dos colas para muestras apareadas con corrección de Pearson o Spearman. Para analizar la asociación entre el área de la CIA medida por planimetría con RMC (variable dependiente Y) y determinar cuál de las variables ecocardiográficas (variables independientes X) se asociaban con ella, se realizó un análisis de regresión múltiple con pasos sucesivos. Para comparar las variables entre sí se utilizó el método de regresión lineal simple. Para estudiar el acuerdo entre las mismas variables analizadas por ambos métodos, se empleó el análisis de Bland-Altman. Para el análisis de las variables cualitativas se utilizó la prueba de chi cuadrado. Se consideraron diferencias significativas valores de $p < 0,05$.

Características basales de la población estudiada

De los 30 pacientes que ingresaron en el estudio, 11 (37%) eran hombres y 19 (63%) mujeres con una edad promedio de 42 ± 19 años (rango de 9 a 82 años). No se observaron diferencias en las edades según los sexos. Todos los pacientes presentaban dilatación de las cavidades derechas. De las 30 CIA, 23 (82%) fueron de tipo *ostium secundum*, 6 (20%) de tipo seno venoso y 1 (3%) de tipo *septum primum*. Durante el tiempo de reclutamiento de los pacientes, a cuatro de ellos se les practicó el cierre del defecto con dispositivo tipo Amplatzer. Un paciente presentó CIA múltiple. El defecto era de tipo *septum secundum* con un fino tabique. Esto fue sospechado por el ecocardiograma de superficie y se confirmó posteriormente con la RMC y con el ETE realizado durante el procedimiento de cierre. En este caso, antes de la colocación del dispositivo, se realizó la unificación de ambos orificios rompiendo el fino tabique que los separaba.

RESULTADOS

Comparación entre el ED y la RMC

En el análisis comparativo de los flujos aórticos y pulmonares se descartaron en total cinco pacientes por problemas en la RMC: tres presentaban imágenes inadecuadas para su análisis y dos presentaron mala señal en el gatillado electrocardiográfico. Dos pacientes fueron excluidos por problemas en el ED debido a que las mediciones de los flujos no fueron confiables, con la obtención de valores discordantes extremos. En estos últimos, el Qp/Qs fue mayor de 5, cuando la mediana determinada para ED fue de 2,20 y para RMC fue de 2,38. Al incluirse estos valores en el análisis de regresión, se obtuvo una correlación entre los métodos de $r = 0,56$, $p < 0,002$, y al excluirlos del análisis la correlación obtenida fue de $r = 0,55$, $p < 0,004$, sin influencia en los resultados finales.

En la Tabla 1 se detallan los diámetros y los volúmenes ventriculares medidos por ED y RMC. No se encontraron diferencias significativas entre los volúmenes ventriculares medidos por ambos métodos. Los flujos aórticos y pulmonares medidos por RMC fueron 18% mayores que los obtenidos por ED. Esta misma tendencia se observó con el Qp/Qs resultante, pero la diferencia en las estimaciones fue del 6%. El perí-

Tabla 1. Comparación de las mediciones entre ED y RMC

Volúmenes ventriculares y flujos			
	Eco	RMC	p
VFD (ml)	72 ± 21	88 ± 20	0,10
VFS (ml)	25 ± 18	32 ± 15	0,51
Fey (%)	67 ± 13	63 ± 11	0,53
Flujo aórtico (ml)	49 ± 10	57 ± 12	0,009
Flujo pulmonar (ml)	108 ± 55	135 ± 48	0,002
Qp/Qs	$2,30 \pm 0,63$	$2,43 \pm 0,75$	0,001
Dimensiones de la CIA			
Cefalocaudal (cm)	-	$2,67 \pm 1,28$	-
Anteroposterior (cm)	$2,19 \pm 0,81$	$2,69 \pm 0,99$	0,006
Área de la CIA (mm ²)	-	586 ± 386	-

VFD: Volumen de fin de diástole. VFS: Volumen de fin de sístole. Fey: Fracción de eyección.

metro de la CIA, como el flujo a través de ella, sólo se pudo medir por la RMC.

Morfología y flujos de la CIA

Se observaron diferencias en las dimensiones de la CIA medidas por ED y RMC; en el ED se encontraron valores inferiores a los de la RMC (véase Tabla 1). En la mitad de los pacientes, los diámetros anteroposteriores eran mayores que los cefalocaudales, dándoles una morfología ovoide horizontal; la otra mitad presentaba igual forma, pero en sentido vertical. Se observaron buenas correlaciones entre el diámetro de la CIA medido por ED y los diámetros anteroposterior ($r = 0,69$, $p < 0,001$), cefalocaudal ($r = 0,44$, $p < 0,003$) y área ($r = 0,64$, $p < 0,001$) medidos por RMC.

El Qp/Qs determinado por RMC se relacionó en forma directa con el diámetro anteroposterior de la CIA medido por ED ($r = 0,52$, $p < 0,009$), en tanto que no se correlacionó con ningún otro parámetro tomado por el ED. En las mediciones realizadas por RMC, las áreas de las CIA se correlacionaron en forma directa con el flujo pulmonar ($r = 0,42$, $p < 0,05$), así como con el flujo a través del defecto ($r = 0,62$, $p < 0,002$). La única diferencia encontrada por la RMC, entre los diferentes tipos de CIA, fue que los defectos de tipo seno venoso tenían un diámetro anteroposterior mayor que los de tipo *ostium secundum* ($3,64 \pm 0,82$ versus $2,38 \pm 0,84$, $p < 0,021$).

En las Figuras 2 a 4 se muestra el análisis de Bland-Altman que compara los flujos aórticos, pulmonares y a través de la CIA entre el ED y la RMC. En el análisis de Bland-Altman se observó una buena coincidencia entre los flujos aórticos, pulmonar y Qp/Qs resultantes medidos por ambos métodos ($r = 0,71$, DEE: 6,1 ml, $p < 0,007$; $r = 0,62$, DEE: 16 ml, $p < 0,013$ y

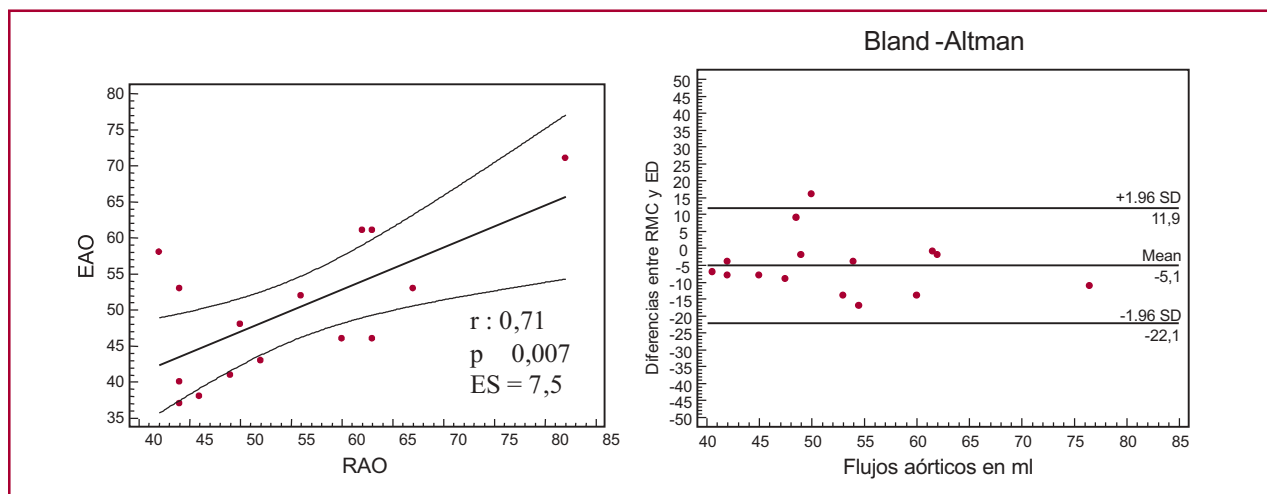


Fig. 2. *Izquierda:* línea de regresión comparando el flujo aórtico medido por ED y RMC. *Derecha:* análisis comparativo de Bland-Altman con las diferencias de la media observada en la medición de los flujos aórticos.

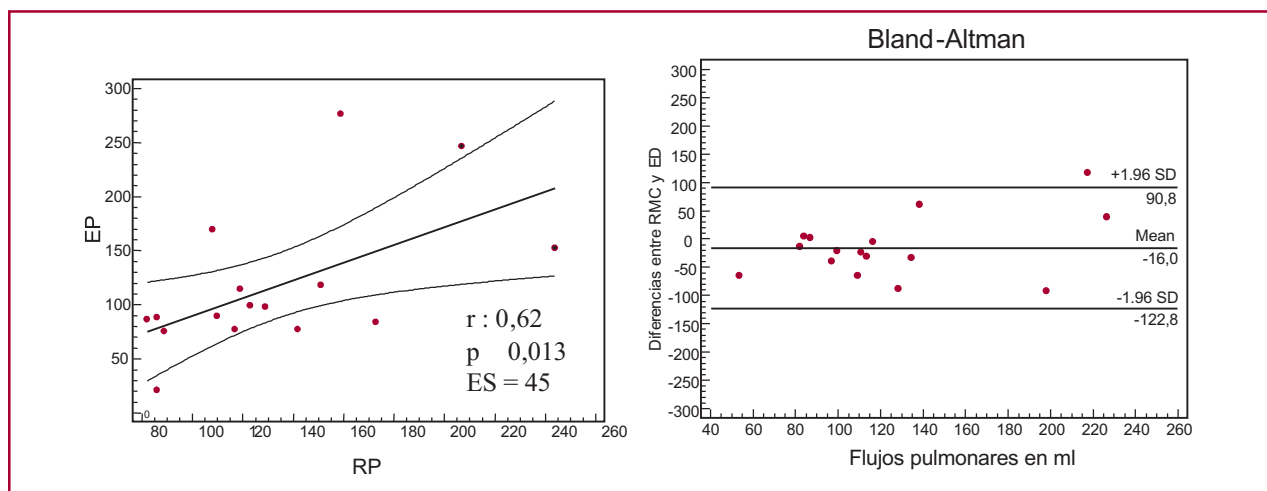


Fig. 3. *Izquierda:* línea de regresión comparando el flujo pulmonar medido por ED y RMC. *Derecha:* análisis comparativo de Bland-Altman con las diferencias de la media observada en la medición de los flujos.

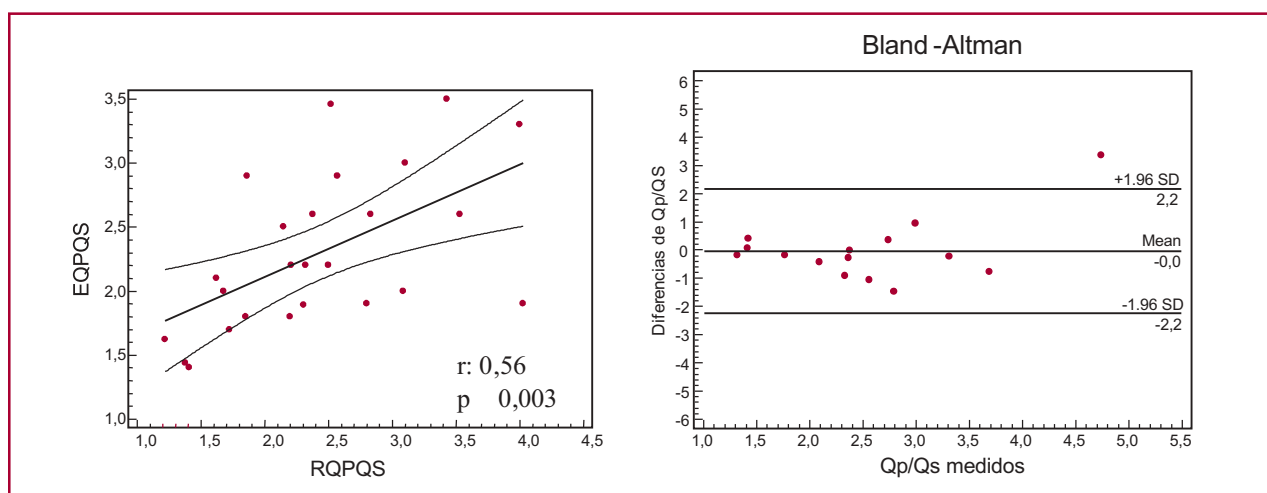


Fig. 4. *Izquierda:* línea de regresión comparando el Qp/Qs determinado por ED y RMC. *Derecha:* análisis comparativo de Bland-Altman con las diferencias de la media observada en la medición de esta relación.

$r = 0,53$, DEE: 0 ml, $p < 0,003$, respectivamente). A pesar de la buena correlación entre los dos métodos, el ED presentó valores menores que la RMC en la cuantificación de los flujos aórticos, pulmonares y Qp/Qs: 21%, 10% y 4% menores, respectivamente. Al analizar los resultados de la RMC, se observó una excelente correlación entre el flujo a través de la CIA y el flujo pulmonar ($r = 0,83$, $p < 0,0001$), que demuestra una fuerte asociación entre estos dos parámetros.

DISCUSIÓN

La CIA es una de las cardiopatías congénitas de diagnóstico habitual en la práctica clínica. Con una frecuencia de 3,8/10.000 nacidos vivos, (12) aparece como la patología del septum más prevalente en la edad adulta con un 5,6%. (13) En nuestro servicio se diagnosticó CIA en el 1,2% (121/10.000) de los estudios Doppler realizados en forma consecutiva en pacientes adultos.

En la actualidad, el tratamiento de elección, siempre que la anatomía lo permita, es el cierre percutáneo con dispositivo de Amplatzer. El ETE ha demostrado una extraordinaria utilidad en estos procedimientos, al punto de llegar a considerarse imprescindible como guía para su realización. (14) La RMC y la tomografía computarizada helicoidal son los únicos métodos capaces de visualizar la CIA con vistas frontales (Figura 2). Es de vital importancia determinar la relación de sus bordes con las estructuras adyacentes (aorta, válvula mitral y venas cavas) para la selección adecuada del tamaño y el posicionamiento del dispositivo de cierre. (15) En este estudio, el diámetro anteroposterior de la CIA medida por ED tuvo buena correlación con la misma medida tomada con RMC. La visualización frontal de la CIA que nos ofrece la RMC aparece como una herramienta de gran utilidad para su estudio, ya que permite analizar no sólo su forma, sino también ver la relación con las venas cavas, la pared posterior de las aurículas y las válvulas auriculoventriculares. Esta peculiar forma de visualizar el defecto nos permitió observar que su morfología no siempre es regular y nos brindó un enfoque más anatómico. Sobre la vista frontal de la CIA, la RMC puede estimar, fácilmente, el caudal de flujo que la atraviesa. Estudios anteriores ya habían establecido la mayor capacidad diagnóstica de la RMC por sobre el ED para el diagnóstico de la CIA; (16) incluso, Durongpisitkul y colaboradores, (17) analizando pacientes sometidos a procedimiento de cierre con Amplatzer, observaron que con la RMC se pudo obtener más información que con el eco transesofágico en la evaluación de la CIA. En nuestro trabajo, comparando la RMC con el ED, obtuvimos mayor información con la RMC en la evaluación completa del defecto. En nuestro trabajo se observaron buenas correlaciones entre los flujos medidos por ED y RMC. La cuantificación directa del flujo a través del defecto presentó una

alta correlación con el flujo pulmonar medida por RMC ($r = 0,83$, $p < 0,0001$). Esta fuerte asociación nos lleva a especular que la medición del flujo a través del defecto podría utilizarse en forma alternativa a la cuantificación volumétrica pulmonar. Esta medición sería útil en pacientes con insuficiencia pulmonar moderada a severa, en la que existe un hiperflujo pulmonar debido al volumen regurgitante adicional. Por otro lado, no hay que olvidar que el flujo a través de la CIA es dependiente de la distensibilidad ventricular derecha y de las resistencias pulmonares; en pacientes con aumento de ellas, la medición directa del diámetro de la CIA sería de gran valor para definir el tratamiento.

CONCLUSIONES

La RMC permite el estudio de la CIA en forma rápida, completa y segura. Al compararla con el ED, se obtuvieron buenas correlaciones en la cuantificación de los flujos. La RMC tiene la ventaja adicional de que con ella el defecto se puede observar con imágenes frontales, y es actualmente el único método capaz de cuantificar, en forma directa, el volumen sanguíneo que lo atraviesa. Por sus características incruentas, así como por su amplia capacidad de análisis, la RMC debe ser considerada como un método no invasivo, alternativo y complementario al ED en el estudio de la CIA.

SUMMARY

Atrial Septal Defect Assessed by Cardiovascular Magnetic Resonance: Comparison with Doppler Echocardiography

Atrial septal defect (ASD) is one of the most frequent congenital defects diagnosed in adult patients. Doppler echocardiography (DE) is the method of choice for its diagnosis and follow-up. Cardiovascular magnetic resonance (CMR), with its multiple applications, may be an excellent alternative for the assessment of this disorder.

To analyze the usefulness of CMR in ASD, we evaluated 30 patients with ASD and compared the results with those of DE. Twenty three patients had a ostium secundum type of ASD, 6 had a sinus venosus ASD and 1 had an ostium primum ASD. There was good correlation between CMR and DE in the aortic flows ($r=0.67$, $p<0.007$), pulmonary flows ($r=0.62$, $p<0.01$) and Qp/Qs ($r=0.56$, $p<0.003$). The frontal view of the ASD could only be assessed with CMR, which also allowed to quantify the flow through the defect. Direct planimetry of the ASD correlated adequately with quantitative pulmonary flow and the flow through the interatrial defect; additionally, the results obtained with both techniques were confirmed by CMR.

We conclude that CMR correlates well with DE and is a valid alternative for the assessment of ASD. The frontal visualization of the defect and its flow quantification represent an advantage of CMR over DE.

Key words > Nuclear Magnetic Resonance, Biomolecular, Echocardiography

Agradecimientos

Agradecemos especialmente a la señorita Natalia Branca por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

1. Faella H, Sciegata A, Alonso J, Jmelnitsky L, Ferreiro D, Elizari A y col. Cierre de comunicación interauricular por cateterismo. *Rev Argent Cardiol* 2000;68:811-5.
2. King TD, Thompson SL, Steiner C, Mills NL. Secundum atrial septal defect. Nonoperative closure during cardiac catheterization. *JAMA* 1976;235:2506-9.
3. Fernández CC, Obregón R. Resonancia magnética nuclear en cardiología: "cardiorresonancia". *Rev Argent Cardiol* 2003;71:210-6.
4. Beerbaum P, Korperich H, Barth P, Esdorn H, Gieseke J, Meyer H. Noninvasive quantification of left-to-right shunt in pediatric patients: phase-contrast cine magnetic resonance imaging compared with invasive oximetry. *Circulation* 2001;103:2476-82.
5. Beerbaum P, Korperich H, Gieseke J, Peuster M, Meyer H. Rapid left-to-right shunt quantification in children by phase-contrast magnetic resonance imaging combined with sensitivity encoding (SENSE). *Circulation* 2003;108:1355-61.
6. Korperich H, Gieseke J, Barth P, Hoogeveen R, Esdorn H, Peterschroder A, et al. Flow volume and shunt quantification in pediatric congenital heart disease by real-time magnetic resonance velocity mapping: a validation study. *Circulation* 2004;109:1987-93.
7. Sorensen TS, Korperich H, Greil GF, Eichhorn J, Barth P, Meyer H, et al. Operator-independent isotropic three-dimensional magnetic resonance imaging for morphology in congenital heart disease: a validation study. *Circulation* 2004;110:163-9.
8. Rickers C, Jerosch-Herold M, Hu X, Murthy N, Wang X, Kong H, et al. Magnetic resonance image-guided transcatheter closure of atrial septal defects. *Circulation* 2003;107:132-8.
9. Beerbaum P, Korperich H, Esdorn H, Blanz U, Barth P, Hartmann J, et al. Atrial septal defects in pediatric patients: noninvasive sizing with cardiovascular MR imaging. *Radiology* 2003;228:361-9.
10. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358-67.
11. Lapierre C, Raboisson MJ, Miro J, Dahdah N, Guerin R. Evaluation of a large atrial septal occluder with cardiac MR imaging. *Radiographics* 2003;23:S51-8.
12. Emmanouilides GC, Allen HD, Riemenschneider TA. Heart disease in infants, children and adolescents, including the fetus and young adults. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. p. 60-69.
13. Perloff JK, Child JS. Congenital heart disease in adults. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1991. p. 21-59.
14. Simkova I, Kozlovsky M, Rieckensky I, Fridrich V. Value of echocardiography in results evaluation of transcatheter atrial septal defect closure in adults. *Bratisl Lek Listy* 2001;102:318-21.
15. Durongpisitkul K, Tang NL, Soongswang J, Laohaprasitiporn D, Nana A, Kangkagate C. Cardiac magnetic resonance imaging of atrial septal defect for transcatheter closure. *J Med Assoc Thai* 2002; 85:S658-66.
16. Diethelm L, Dery R, Lipton MJ, Higgins CB. Atrial-level shunts: sensitivity and specificity of MR in diagnosis. *Radiology* 1987;162: 181-6.
17. Durongpisitkul K, Tang NL, Soongswang J, Laohaprasitiporn D, Nana A. Predictors of successful transcatheter closure of atrial septal defect by cardiac magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 2004;25:124-30.