Resonancia magnética cardiovascular en la cuantificación de los cortocircuitos de izquierda a derecha en los defectos septales cardiacos con hipertensión arterial pulmonar

Martha A. Hernández-González[a], Nilda Espínola-Zavaleta[b], Sergio Solorio[a], Juan M. Malacara-Hernández[c], Víctor M. Jarquin[a], Verónica Díaz de León[a] y Pedro López-Valenzuela[a]

[a]Unidad Médica de Alta Especialidad Número 1. Bajío. Instituto Mexicano del Seguro Social. León, Guanajuato. México.
[b]Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. León. Guanajuato. México.
[c]Instituto de Investigaciones Médicas. Universidad de Guanajuato. México.

Introducción y objetivos. Los defectos septales cardiacos con frecuencia se asocian con hipertensión arterial pulmonar, por lo que es indispensable su evaluación hemodinámica previa a la decisión quirúrgica. Llevamos a cabo un estudio para comparar la cuantificación del cortocircuito y de la presión sistólica de la arteria pulmonar mediante resonancia magnética cardiovascular en pacientes con defectos septales cardiacos.

Métodos. Se diseñó un estudio transversal en pacientes con defectos septales cardiacos y sospecha clínica de hipertensión arterial pulmonar grave, con indicación de cateterismo cardiaco, sin contraindicación de resonancia magnética. La valoración de los resultados de cada prueba fue realizada por dos expertos radiólogos y hemodinamistas, de manera independiente y que desconocían los hallazgos en la otra prueba. La comparación entre los procedimientos se llevó a cabo mediante los límites de concordancia y el coeficiente de correlación intraclase.

Resultados. Se incluyó a 29 pacientes, 18 mujeres y 11 varones, de 30 días a 18 años de edad, 7 con comunicación interauricular, 14 con comunicación interventricular y 8 con canal auriculoventricular completo. La correlación intraclase entre ambos procedimientos fue 0,80; 0,75; 0,81 y 0,58 para el gasto pulmonar, el gasto sistémico, la relación de flujos y la presión sistólica de la arteria pulmonar, respectivamente. La resonancia tiende a subestimar en 0,80 l/min el gasto sistémico, 1,35 l/min el gasto pulmonar, 0,12 l/min el desvío de flujo QP:QS y 16,5 mmHg la presión sistólica de la arteria pulmonar. La incidencia de complicaciones inherentes al cateterismo fue del 31% y de la resonancia del 3,4%.

Conclusiones. La evaluación de los pacientes con defectos septales cardiacos e hipertensión pulmonar deberá realizarse, en primera instancia, con métodos de diagnóstico no invasivos.

Palabras clave: *Hemodinámica. Cateterismo cardiaco. Resonancia magnética. Defectos cardiacos congénitos.*

VÉASE EDITORIAL EN PÁGS. 895-8

Este proyecto fue apoyado parcialmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG).

Correspondencia: Dr. S.E. Solorio-Meza.
Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica. Unidad Médica de Alta Especialidad n.º 1. Bajío. Instituto Mexicano del Seguro Social.
Boulevard Adolfo López Mateos e Insurgentes, s/n.
Colonia Los Paraísos. 37320 León, Guanajuato. México.
Correo electrónico: sergio.solorio@imss.gob.mx

Recibido el 29 de noviembre de 2006.
Aceptado para su publicación el 4 de mayo de 2007.

Cardiovascular Magnetic Resonance Evaluation of Left-To-Right Shunts Due to Cardiac Septal Defects in Patients With Pulmonary Arterial Hypertension

Introduction and objetives. As cardiac septal defects are frequently associated with pulmonary arterial hypertension, hemodynamic assessment is essential before deciding on surgery. The aim of this study was to evaluate the use of cardiovascular magnetic resonance imaging for assessing cardiac shunts and for quantifying pulmonary artery systolic pressure in patients with cardiac septal defects.

Methods. This cross-sectional study involved patients with cardiac septal defects and clinically suspected severe pulmonary arterial hypertension who had an indication for cardiac catheterization and in whom magnetic resonance imaging was not contraindicated. Each test's results were evaluated independently by two expert radiologists and interventional cardiologists who were blinded to the results of the other test. The procedures were compared using confidence limits and intraclass correlation coefficients.

Results. The study involved 29 patients (18 female and 11 male) aged from 30 days to 18 years; seven had an atrial septal defect, 14 had a ventricular septal defect, and eight had an atrioventricular septal defect. The correlation coefficients for measurements made using the two procedures were 0.80, 0.75, 0.81 and 0.58 for pulmonary output, systemic output, flow ratio, and systolic pressure in the pulmonary artery, respectively. Cardiovascular magnetic resonance tended to underestimate systemic output by 0.80 L/min, pulmonary output by 1.35 L/min, left-to-right shunt flow by 0.12 L/min, and systolic pressure in the pulmonary artery by 16.5 mmHg. The complication rate with cardiac catheterization was 31% compared with 3.4% with cardiovascular magnetic resonance imaging.

Conclusions. The evaluation of patients with cardiac septal defects and pulmonary arterial hypertension should initially be performed using noninvasive diagnostic techniques.

Key words: *Hemodynamics. Cardiac catheterization. Magnetic resonance imaging. Congenital heart defects.*

Full English text available from: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

CC: cateterismo cardiaco.
PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar.
QP: gasto pulmonar.
QP:QS: relación de flujos.
QS: gasto sistémico.
RM: resonancia magnética cardiovascular.

INTRODUCCIÓN

Los defectos septales cardiacos, tales como la comunicación intraauricular, la comunicación interventricular y el canal auriculoventricular, ocupan los principales motivos de consulta en los servicios de cardiopatías congénitas[1].

En términos generales, el diagnóstico clínico de los defectos septales cardiacos se corrobora con el ecocardiograma, método que permite identificar con precisión la anatomía y la repercusión hemodinámica[2,3].

Sin embargo, en algunos casos es necesario el cateterismo cardiaco previo a la decisión quirúrgica. Las indicaciones precisas del estudio hemodinámico son: sospecha de enfermedad vascular pulmonar obstructiva, malformaciones cardiacas asociadas, alteraciones del situs visceral o cardiaco en el canal auriculoventricular, los defectos septales interventriculares múltiples y, finalmente, la falta de concordancia entre los signos clínicos y los síntomas, y el diagnóstico clínico[4,5].

La resonancia magnética (RM) cardiovascular ha mostrado su utilidad para la descripción anatómica de las malformaciones cardiacas congénitas al compararla con el ecocardiograma[6,7]. Sin embargo, hay pocas comunicaciones en la literatura científica mundial en las que se valide la técnica de cartografía de flujo por resonancia para la medición del gasto cardiaco.

Nosotros comparamos la RM cardiovascular y el cateterismo cardiaco, en pacientes con defectos septales cardiacos, considerando al procedimiento invasivo como el tratamiento de referencia para las mediciones del cortocircuito y la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP).

MÉTODOS

Pacientes

Se estudió a 29 pacientes (18 mujeres y 11 varones) en edad pediátrica, con edades de 30 días hasta 18 años (promedio, 8 años 11 meses ± 6 años 30 días), diagnóstico clínico y ecocardiográfico de defecto septal cardiaco, indicación de cateterismo cardiaco por sospecha de hipertensión arterial pulmonar grave, heterotaxia visceral, presencia de defectos septales interventriculares múltiples, así como a los pacientes con defecto septal interauricular que fueran candidatos a colocación de dispositivo de Amplatzer. El diagnóstico por ecocardiograma fue comunicación interauricular en 7 pacientes, canal auriculoventricular completo e hipertensión pulmonar en 8 y 14 sujetos con defecto septal interventricular (3 con comunicación interventricular subpulmonar, 4 con defectos septales múltiples y 7 con comunicación interventricular subaórtica e hipertensión pulmonar grave).

Se excluyó a los pacientes con lesiones cardiacas o extracardiacas asociadas, arritmia cardiaca, marcapasos definitivo, desfibrilador implantable, clips férricos intracraneales y con cuerpo extraño metálico intraocular.

Previa autorización por escrito de los padres o tutores del ingreso para la investigación, se realizaron un estudio hemodinámico y una RM cardiovascular, que fueron llevados a cabo por expertos ciegos a los resultados.

El protocolo fue aceptado por los comités de ética e investigación de la institución participante.

Cateterismo cardiaco

El estudio invasivo se realizó en una sala General Electric Advantx Cath Lab (Wisconsin, Estados Unidos).

Los pacientes fueron sedados con midazolam a razón de 0,5-0,10 mg/kg intravenoso, 3-5 min antes de la realización del estudio diagnóstico, y ketamina a razón de 1 mg/kg. Se controlaron la saturación de oxígeno, la presión arterial sistémica, la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria durante la realización del procedimiento.

Por vía retrógrada a través de la vena y la arteria femorales se realizó un cateterismo derecho e izquierdo con angiografía selectiva, en proyecciones convencionales de acuerdo con el defecto en cuestión, desde donde se observaran mejor los defectos septales y anatomía cardiaca. Se tomaron muestras sanguíneas venosas y arteriales de todas las cavidades para la obtención de la saturación de oxígeno y, mediante el método de Fick, se obtuvieron datos del gasto pulmonar y sistémico, así como la relación de flujos[8].

La presión arterial pulmonar se registró de forma directa en el tronco de la arteria pulmonar.

Todos los estudios se grabaron en CD.

Resonancia magnética cardiovascular

Los estudios de RM se hicieron en un equipo de 1.5 Teslas Magnetom Sonata (Siemens Medical Systems, Erlangen, Alemania).

Los pacientes fueron sedados con midazolam a razón de 0,5 a 0,1 mg/kg por vía intravenosa e intubados para la adquisición de las imágenes con ketamina a razón de 1 mg/kg. La adquisición de los datos se llevó a cabo en un período de 9,5 s de apnea, que incluía al menos dos ciclos respiratorios, con el fin de mejorar la nitidez de imagen y de flujo. Durante la realización de todo el procedimiento se controlaron la presión arterial sistémica, la frecuencia cardiaca, la frecuencia respiratoria y la saturación de oxígeno.

Mediante una bobina de superficie, con la utilización de sincronismo cardiaco prospectivo y apnea respiratoria, se adquirieron secuencias morfológicas y funcionales de cine (TrueFISP, T1: 110 ms, TR: 190 ms, ángulo de inclinación: 49º, matriz: 128 72).

Se obtuvieron dimensiones en planos cardiacos en ejes largos y cortos, en 2, 3 y 4 cámaras en secuencia *turbo spin echo*, HASTE, con la finalidad de realizar una valoración inicial de la disposición, la morfología y las dimensiones de las cavidades cardiacas, su relación con las estructuras vasculares y el resto de las estructuras del mediastino.

La información funcional, materia principal de este artículo, se obtuvo mediante secuencias cine-eco de gradiente en cuatro cámaras, eje corto –desde la base hasta la punta–, tracto de salida, tanto del ventrículo derecho como del izquierdo, y sagital oblicuo en aorta, con el fin de obtener los volúmenes ventriculares y los gastos cardiacos (Argus®, Siemens System).

La presión sistólica de la arteria pulmonar se infirió por la medición de la velocidad máxima de la insuficiencia tricuspídea, aplicando la fórmula de Bernoulli ($4v^2$), de manera similar a como se hace con el ecocardiograma y de acuerdo con lo comunicado por otro autores[9,10], mediante la utilización de la proyección 4 cámaras y coronal oblicua que abarcaba la aurícula y el ventrículo derechos, con una angulación de 30º. En caso de que no hubiera insuficiencia, y en ausencia de estenosis de la válvula pulmonar, la presión sistólica se consideraba igual a 10 mmHg (presión de la aurícula derecha)[10].

Para la obtención del gasto sistémico se realizó una resonancia magnética de cartografía de flujo en la aorta ascendente mediante cortes transversales bajo angulación inmediatamente por arriba de la válvula aórtica y en la arteria pulmonar para la obtención del gasto pulmonar, de acuerdo con lo comunicado por Powell et al[11], en una sola medición. Los rangos de velocidades de cartografía de flujo en la arteria pulmonar y aórtica fueron de 45-210 cm/s, con un ángulo de flujo en los grandes vasos de 46-60º y un error aproximado del 4-12%.

Los estudios se grabaron en CD para ser evaluados posteriormente por dos expertos radiólogos, que desconocían el resultado del cateterismo cardiaco.

Variabilidad intraobservador e interobservador de la resonancia magnética

Para su cálculo se incluyó a 15 pacientes, con defectos septales cardiacos, no incluidos en la muestra. En todos se grabó el estudio de resonancia magnética en formato CD, para que fueran evaluados por dos expertos, de manera independiente y con el desconocimiento de los hallazgos de la otra prueba.

Para la variabilidad intraobservador, cada variable hemodinámica fue medida en 2 ocasiones distintas con un intervalo de una semana entre cada medición. Esta variabilidad se obtuvo para cada uno de los evaluadores.

Para calcular la variabilidad interobservador consideramos el promedio de las dos mediciones de cada experto.

Los resultados se expresan en porcentajes.

La variabilidad intraobservador para la cuantificación del gasto sistémico, el gasto pulmonar y la PSAP fue del 4,8% (intervalo de confianza [IC] del 95%, 3,71-5,81), el 5,6% (IC del 95%, 4,54-6,65) y el 5,3% (IC del 95%, 4,03-6,57), respectivamente, en tanto que la variabilidad interobservador fue del 8,9% (IC del 95%, 7,44-10,36), el 10,2% (IC del 95%, 8,16-12,24) y el 7,2% (IC del 95%, 5,85-8,55), respectivamente.

Análisis estadístico

Se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS v.11.0 y MedCalc v. 9.2. Las variables cuantitativas continuas se expresan como promedio y desviación estándar (o mediana y rangos en caso de que su distribución no fuera normal). Las categóricas se presentan como frecuencias. La comparación entre los dos métodos de diagnóstico para la cuantificación del gasto pulmonar, el gasto sistémico, la relación de flujos y la presión sistólica de la arteria pulmonar se efectuó mediante el análisis de Bland-Altman[12]. También se obtuvo el coeficiente de correlación intraclase de estas variables con sus respectivos intervalos de confianza.

RESULTADOS

Las características generales de los pacientes se describen en la tabla 1.

Concordancia entre la resonancia magnética cardiovascular y el cateterismo diagnóstico

En el análisis de Bland-Altman, ambos métodos concuerdan de forma aceptable en la valoración del gasto

TABLA 1. **Características clínicas y hemodinámicas de los pacientes con defectos septales cardiacos**

Número	Tipo de defecto	Edad (meses)	Superficie corporal (m^2)	QS (l/min)		QP (l/min)		PSAP (mmHg)	
				RM	CC	RM	CC	RM	CC
1	CIV subpulmonar	158	1,35	10,29	10,19	5,4	5,3	22	98
2	CIA	24	0,51	4,23	4,27	3,12	2,57	10	35
3	Canal auriculoventricular	122	1,13	3,9	5,14	6,3	3,58	90	28
4	CIV subaórtica	195	1,28	4,8	13,48	3,92	5,22	10	60
5	CIV subaórtica	12	0,31	2,1	1,12	1,1	1,88	10	60
6	CIV múltiple	61	0,79	2,8	5,7	5,4	2,5	90	80
7	CIA	36	0,51	0,6	1,3	1,2	1,2	10	23
8	Canal auriculoventricular	158	1,64	—	4,43	—	18,6	10	25
9	CIV subpulmonar	122	0,84	13,18	14,96	14,23	19,94	10	22
10	CIV subaórtica	109	1,1	6,87	5,37	18,23	40,94	10	60
11	Canal auriculoventricular	6	0,28	1,39	1,8	1	1,8	44	44
12	CIA	12	0,21	1,8	2,74	1,35	1,21	10	11
13	CIV subaórtica	6	0,32	2,8	3,9	0,83	0,73	70	80
14	Canal auriculoventricular	12	0,41	1,2	1,26	—	1,4	10	48
15	CIV múltiple	134	0,91	—	3,28	—	3,14	63	65
16	Canal auriculoventricular	73	0,63	4,19	1,27	1,17	1,27	77	77
17	CIV subpulmonar	194	1,49	9,29	2,87	13,2	13,26	20	55
18	Canal auriculoventricular	24	0,5	2	1,93	1,5	3,09	58	75
19	CIV múltiple	121	1,42	2,46	1,36	2,1	2,16	72	105
20	CIA	85	0,73	1,93	4,36	3,17	3,18	10	17
21	Canal auriculoventricular	24	0,38	1,75	2,35	1,69	8,02	64	65
22	Canal auriculoventricular	219	1,4	3,13	4,25	—	4,74	10	32
23	CIA	49	0,6	1,83	5,78	—	8,26	10	30
24	CIV subaórtica	36	0,64	1,03	4,44	3,8	3,17	10	73
25	CIV subaórtica	122	1,41	2,8	3,45	3,79	2,01	90	81
26	CIV múltiple	37	0,57	1,4	4,01	2,3	3,7	74	70
27	CIA	219	1,56	—	2,75	—	6,49	38	36
28	CIV	12	0,36	1,39	1,59	7,07	4,84	81	85
29	CIA	219	1,4	3,13	4,25	—	4,74	10	32

CC: cateterismo cardiaco; CIA: comunicación interauricular; CIV: comunicación interventricular; PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar; QP: gasto pulmonar; QS: gasto sistémico; RM: resonancia magnética.

pulmonar, el gasto sistémico y la relación de flujos, de acuerdo con los límites de concordancia; los valores de las diferencias de medias son pequeños y la gráfica de dispersión muestra los puntos agrupados cercanos al promedio, con pocos valores extremos (fig. 1 A-C).

Cabe destacar que uno de los pacientes registró un gasto pulmonar con valores elevados (de aproximadamente 40 l/min con cateterismo y de 18 l/min con RM) y consideramos que se debió a que tenía un ventrículo derecho muy dilatado, prácticamente sin hipertrofia, secundario a una sobrecarga de volumen por un defecto septal interventricular subaórtico amplio, sin estenosis valvular pulmonar, y que la muestra sanguínea fue tomada muy cerca del defecto septal, en tanto que para el cálculo de la PSAP, la gráfica de dispersión fue más errática y, por ende, con menor concordancia (fig. 2).

Al analizar la media de la diferencia (tabla 2) podemos decir que la RM tiende a subestimar los valores hemodinámicos obtenidos por el cateterismo, en 0,80

TABLA 2. **Concordancia entre la resonancia magnética cardiovascular y el cateterismo cardiaco para la cuantificación de cortocircuitos**

Variable	Pacientes (n)	Promedio de la diferencia (DE)	Límites de concordancia		CCI (IC del 95%)
			MD – 2 DE (IC del 95%)	MD + 2 DE (IC del 95%)	
QS	29	–0,80 (2,62)	–5,94 (–7,78 a –4,11)	4,33 (2,50-6,17)	0,80 (0,58-0,91)
QP	29	–1,35 (5,25)	–11,65 (–15,70 a –7,61)	8,95 (4,90-13,00)	0,75 (0,48-0,88)
QP:QS	29	–0,12 (1,73)	–3,52 (–4,86 a –2,19)	3,28 (1,94-4,61)	0,81 (0,61-0,91)
PSAP	29	–16,51 (26,81)	–69,06 (–86,69 a –51,43)	36,03 (18,39-53,66)	0,58 (0,12-0,80)

CCI: coeficiente de correlación intraclase; DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza; MD: media de la diferencia; PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar; QP: gasto pulmonar; QP:QS: relación de flujos; QS: gasto sistémico.

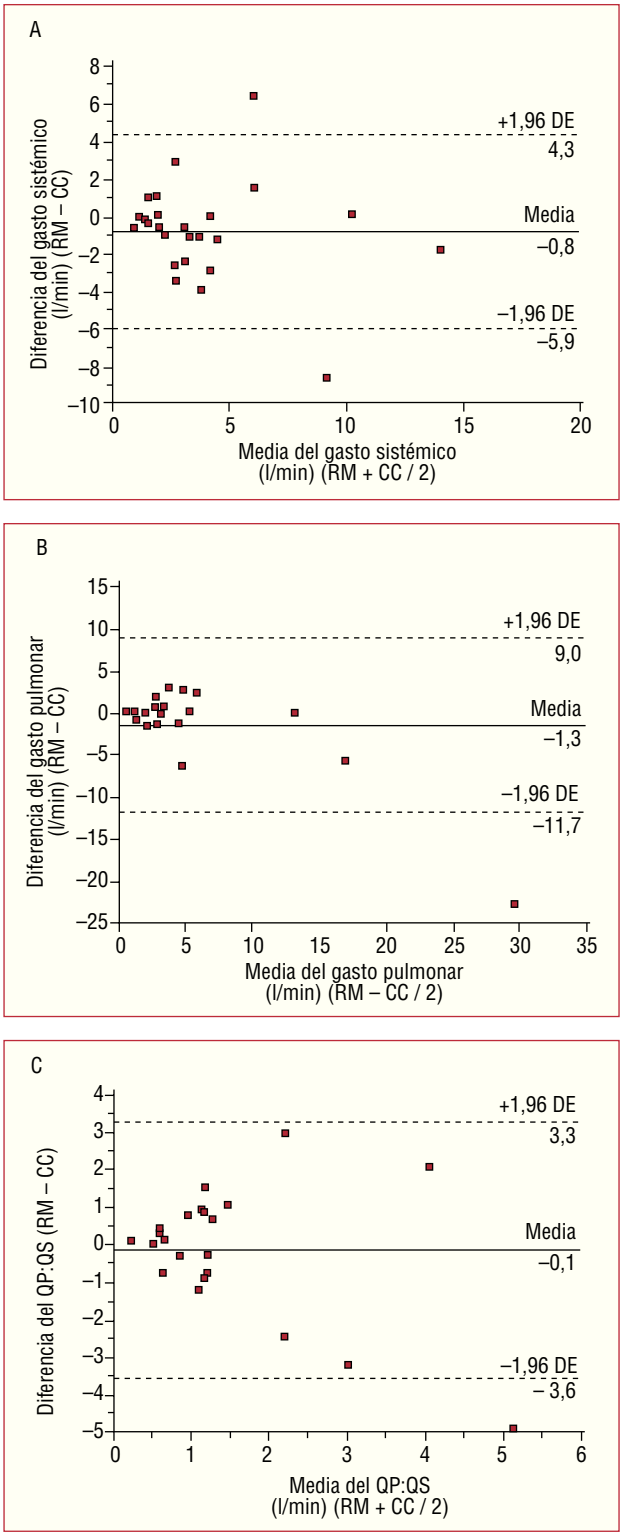

Fig. 1. Concordancia entre la resonancia magnética (RM) y el cateterismo cardiaco (CC), mediante el análisis de Bland-Altman. DE: desviación estándar; QP: gasto pulmonar; QS: gasto sistémico.

l/min para la cuantificación del gasto sistémico, 1,35 l/min para el gasto pulmonar, 0,12 l/min para la relación de flujos y 16,5 mmHg para la PSAP.

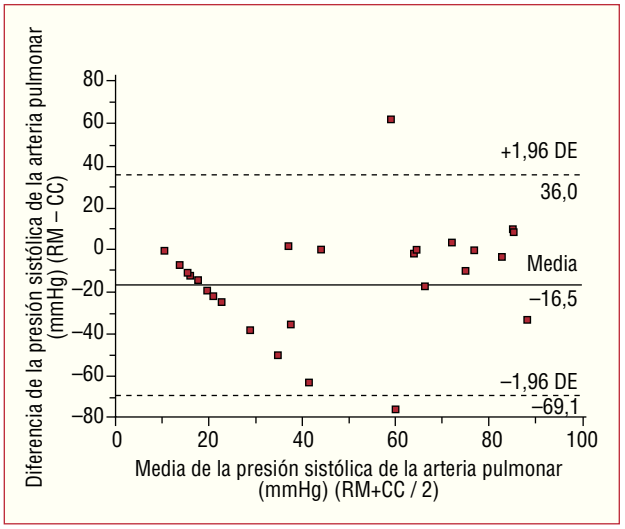

Fig. 2. Análisis de Bland-Altman para la presión sistólica de la arteria pulmonar. CC: cateterismo cardiaco; DE: desviación estándar; RM: resonancia magnética.

En la misma tabla podemos observar que, de acuerdo con los valores del coeficiente de correlación intraclase y de sus respectivos intervalos de confianza, la RM es un buen procedimiento para cuantificar los gastos cardiacos, pero no así para la medición de la PSAP, donde el coeficiente es de 0,58 con intervalos de confianza muy cortos.

Complicaciones

Las complicaciones se presentaron en 10 pacientes, lo que representa el 34,5% de los casos: 9 inherentes al procedimiento invasivo y sólo uno atribuible a la RM.

En relación con el cateterismo, 3 pacientes precisaron hemotransfusión dentro de las primeras 24 h de la realización del procedimiento, 2 casos presentaron hematoma que no precisó intervención quirúrgica, 2 tuvieron desaturación grave que requirió ventilación mecánica asistida en un lapso no mayor de 24 h, uno con deshidratación leve respondió favorablemente a la administración de líquidos intravenosos, uno con obstrucción de la arteria femoral izquierda que mejoró 24 h después con la administración de heparina y calor local, sin secuelas.

En la resonancia, sólo un paciente tuvo sensación de adormecimiento de la lengua, que se resolvió espontáneamente.

No se registraron muertes inherentes a los métodos de diagnóstico.

Tiempo de realización del procedimiento

La duración promedio del cateterismo cardiaco fue de 30 min como mínimo y de 190 min máximo (mediana, 80 min), mientras que la resonancia magnética

fue de 31 min como mínimo y 69 min como máximo, con un mediana de 38 min.

El tiempo de retardo entre un procedimiento y otro fue, en promedio, de 8 días (mínimo 24 h, máximo 30 días).

DISCUSIÓN

En fechas recientes han surgido nuevas técnicas de imagen cardiovascular no invasivas, como la RM, que permiten visualizar los aspectos anatómicos cardiacos y extracardiacos en las cardiopatías congénitas[13].

También se ha descrito la utilidad de la RM por cartografía de flujo con la adecuada correlación con los resultados por oximetría invasiva, en la cuantificación de la relación gasto pulmonar y gasto sistémico y en los defectos septales interauriculares sin hipertensión arterial pulmonar[14,15].

Nosotros mostramos que el método se correlaciona con el cateterismo cardiaco en la cuantificación de la magnitud del cortocircuito intracardiaco y en casos de hipertensión arterial pulmonar asociada a comunicación interauricular, comunicación interventricular, o canal auriculoventricular. La correlación intraclase es superior a 0,7 para el gasto pulmonar, el gasto sistémico y la relación de flujos, con intervalos de confianza que no involucran la unidad e indican la fiabilidad del método[16] de manera semejante a lo comunicado por otros autores[17,18].

Aunque nuestros resultados muestran que este método no invasivo tiende a subestimar hasta un 21% la cuantificación del gasto sistémico, un 9,8% la del gasto pulmonar y un 6,7% la relación de flujos, de manera similar a lo que ocurre con la evaluación ecocardiográfica bidimensional[19], se ha establecido que variaciones menores al 30% pueden ser aceptables[20]. Si bien es cierto que la magnitud del cortocircuito en nuestra casuística no es muy alta, esto puede explicarse por el hecho de que los pacientes tenían hipertensión arterial pulmonar grave.

En cuanto a la PSAP, este error es todavía mayor, hasta de 16,5 mmHg en promedio al compararlo con el cateterismo cardiaco, lo que significa una subestimación del 55,1%. Esto tiene relevancia clínica, puesto que puede ser la diferencia entre un paciente con hipertensión moderada y uno con hipertensión pulmonar grave, con alta mortalidad en caso de intervención y potencialmente no recuperable con cirugía. Esta subestimación podría explicarse por la forma en que se infirió la PSAP (considerando la velocidad máxima de la insuficiencia tricuspídea), debido a que el fenómeno de volumen parcial hace que en el mismo voxel coincidan los hematíes de diferentes velocidades, lo que daría lugar a subestimar los resultados, por un lado, y que el *jet* de insuficiencia tricuspídea no concéntrico, por el otro, condicione los errores en la medición. En la literatura científica se ha comunicado que con la medición del índice de masa ventricular –cociente entre la masa del ventrículo derecho y la masa ventricular izquierda– se puede estimar con precisión la presión media de la arteria pulmonar, con una correlación con el cateterismo cardiaco de 0,81[21].

Se ha postulado que el cálculo de gastos cardiacos y volúmenes ventriculares con el sistema Argus® en la RM es independiente del operador, aunque haya variabilidad intraoperador e interoperador; nuestros resultados indican la reproducibilidad del método y la validez interna del procedimiento. De cualquier manera, esta variabilidad es menor al compararla con el ecocardiograma, donde se han comunicado variabilidades interoperador hasta del 15%[22].

A la luz de nuestros resultados, inferimos que ambos métodos pueden ser empleados de manera indistinta para calcular estas variables hemodinámicas.

Por otro lado, la RM puede identificar con precisión el tamaño, la localización y la presencia de defectos septales múltiples, anomalías extracardiacas e incluso la ausencia de bazo o poliesplenia en casos de heterotaxia visceral, sobre todo en el canal auriculoventricular completo[23].

Finalmente, la mayor ventaja del método es el bajo riesgo de complicaciones, que en nuestra serie se presentó sólo en el 3,4% en relación con el cateterismo cardiaco, que fue del 31%.

Limitaciones del estudio

No se corroboró el tipo de defecto septal y su localización con los hallazgos quirúrgicos, principalmente porque no era nuestro objetivo primordial.

La diferencia entre la realización de un procedimiento y otro fue de hasta un mes, lo cual puede modificar los resultados si se considera la progresión de la madurez pulmonar y la hipertensión pulmonar. Además, el empleo de anestesia durante el procedimiento del cateterismo cardiaco disminuye por sí mismo los valores de la presión arterial pulmonar.

Otra limitación es el tamaño de la muestra. Sin embargo, hemos calculado el poder de la muestra para fundamentar nuestras conclusiones, del 92% para la correlación de la PSAP, que es la variable hemodinámica que tuvo menor correlación y de acuerdo con sus valores de media y desviación estándar por cateterismo (54,21 ± 25,77 mmHg), y el valor medio por RM (37,60 mmHg), un nivel de seguridad de 0,95 y considerando un cálculo bilateral.

CONCLUSIONES

Según nuestros resultados, podemos concluir que la evaluación de los pacientes con defectos septales intracardiacos e hipertensión arterial pulmonar deberá realizarse en primera instancia con métodos no invasivos, cuyos resultados son complementarios (electrocardio-

grama, radiografía de tórax, ecocardiograma y resonancia magnética), reservando el cateterismo cardiaco sólo para casos muy especiales, en los que persista duda diagnóstica o la indicación quirúrgica.

Con el empleo de esta técnica de imagen disminuiríamos el cateterismo cardiaco en un 25% de los pacientes con defectos septales, sospecha de malformación extracardiaca (19,2%) y defecto septal múltiple (7%), así como la mitad de los pacientes con canal auriculoventricular en los que se realiza para descartar heterotaxia visceral.

También puede modificar el abordaje quirúrgico, cuando hay malformaciones asociadas, según el diagnóstico preciso, por ejemplo, corregir mediante toracotomía anterior el defecto septal y la persistencia del conducto arterioso o la coartación aórtica en una sola intervención quirúrgica. Incluso ayudará a tomar decisiones cuando la hipertensión arterial pulmonar es grave e irreversible y la corrección quirúrgica del defecto no tiene indicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sistema Nacional de Información en Salud de México. Principales causas de mortalidad infantil (menores de un año), 2005 [citado 15 Mar 2007]. Disponible en: http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad/tabs/m_006.xls
2. Ludomirsky A, Huhta JC, Vick GW, Murphy DJ Jr, Danford DA, Morrow WR. Color Doppler detection of multiple ventricular septal defects. Circulation. 1986;74:1317-22.
3. Fellows KE, Westerman R, Keane JF. Angiocardiography of multiple ventricular septal defects in infancy. Circulation. 1982; 66:1094-9.
4. Bierman FZ. Williams RG. Subxiphoid two-dimensional imaging of the interatrial septum in infants and neonates with congenital heart disease. Circulation. 1979;60:80-90.
5. Magee A, Coutin Ch, McCrindle B, Smallhorn J. Echocardiography and cardiac catheterization in the preoperative assessment of ventricular septal defect in infancy. Am Heart J. 1998;135: 907-13.
6. De Roos A, Roest AA. Evaluation of congenital heart disease by magnetic resonance imaging. Eur Radiol. 2000;10:2-6.
7. Meave A, Hernández-González M, Alexanderson E, Vázquez C, Ermenger J, Solorio S, et al. Diagnosis of complex congenital heart disease through magnetic resonance. Arch Cardiol Mex. 2005; 75:435-40.
8. Wilkinson JL. Congenital heart disease. Haemodynamic calculations in the catheter laboratory. Heart. 2001;85:113-20.
9. Berger M, Haimowitz A, Van Tosh A, Berdoff RL, Goldberg E. Quantitative assessment of pulmonary hypertension in patients with tricuspid regurgitation using continuous wave Doppler ultrasound. J Am Coll Cardiol. 1985;6:359-65.
10. Kayser HV, Stoel BC, Van der Wall EE, Van der Gest, Roos A. MR velocity mapping of tricusid flor: correction fr through-plane motion. J Mag Reson Imaging. 1997;7:669-73.
11. Powell AJ, Maier SE, Chung T, Gea T. Phase-velocity cine magnetic resonance imaging measurement of pulsatile blood flow in children and young adults: in vitro and in vivo validation. Pediatr Cardiol. 2000;21:104-10.
12. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;1:307-10.
13. Sahn DJ, Vick III GW. Review of new techniques in echocardiography and magnetic resonance imaging as applied to patients with congenital heart disease. Heart. 2001;86:ii41-ii53.
14. Beerbaum P, Körperich 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 UIT invasive oximetry. Circulation. 2001;103:2476-82.
15. Esmaeili A, Hohn R, Koch A, Vogl TJ, Hofstetter R, Abolmaali N. Assessment of shunt volumes in children with ventricular septal defects: comparative quantificatioof MR flow measurements ad invasive oximetry. Clin Res Cardiol. 2006;95:523-30.
16. McGraw KO, Wong SP. Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. Psychol Methods. 1996;1:30-46.
17. Beerbaum P, Körperich H, Gieseke J, Barth P, 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;1081355-61.
18. Körperich H, Gieske J, Barth P, Hoogeveen R, Esdorn H, Peterschröder 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.
19. Stevenson JG, Kawabori I, Dooley T, Guntheroth WG. Diagnosis of ventricular septal defect by pulsed Doppler echocardiography. Sensitivity, specificity and limitations. Circulation. 1978;58:322-6.
20. Critchley LAH, Critchley JAJH. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. J Clin Monit. 1999;15:85-91.
21. Saba TS, Foster J, Cockburn M, Cowan M, Peacock AJ. Ventricular mass index using magnetic resonance imaging accurately estimates pulmonary artery pressure. Eur Respir J. 2002;20:1519-24.
22. Boehrer JD, Lange RA, Willard JE, Grayburn PA, Hillis LD. Advantages and limitations of methods to detect, localize, and quantitative intracardiac left-to-right shuting. Am J Heart. 1992; 124: 448-55
23. Yong Kook Hong, Young Whan Park, Sok Jong Ryu, Je Whan Won, Jae Young Choi, Jun Hee Sul, et al. Efficacy of MRI in Complicated Congenital Heart Disease with Visceral Heterotaxy Syndrome. J Comput Assist Tomogr. 2000;24:671-82.