

## Estenosis aórtica pura y resonancia magnética en el adulto

Aloha Meave-González,\* Erick Alexanderson,\* Martha A. Hernández-González,\*\* Silvia Siu,\* Ma. Elena Soto,\* Sergio Solorio,\*\* Nilda Espínola-Zavaleta\*

### Resumen

**Objetivos:** Evaluar la utilidad de la resonancia magnética cardiovascular (RMC) para la cuantificación del área valvular aórtica en pacientes adultos con estenosis aórtica pura (EA). **Método:** Estudio transversal comparativo, cegado, en pacientes con estenosis aórtica, sin otra patología valvular asociada, en quienes se realizó ecocardiograma transtorácico bidimensional (ETT) y resonancia magnética. Los resultados se analizaron mediante t de Student, ji cuadrada considerando como significativos  $p < 0.05$ . Análisis bayesiano y curva ROC para la determinación de la severidad de la enfermedad. **Resultados:** No hubo diferencias significativas entre los métodos con respecto a la cuantificación de la velocidad de flujo transvalvular (ETT  $4.593 \pm .9114$  / s vs RMC  $4.233 \pm 0.6894$  m/s,  $p = 0.080$ ) ni con la cuantificación de la fracción de expulsión (ETT  $54.27 \pm 16.451$  vs RMC  $48.40 \pm 17.332$ ,  $p = 0.760$ ). La resonancia magnética tiende a subestimar los gradientes máximos y medio comparados con el resultado del ecocardiograma en 12.53 mm Hg y 10.07 mm Hg respectivamente. La sensibilidad del método para el diagnóstico de estenosis aórtica severa es de 90% con especificidad del 80%. **Conclusiones:** La resonancia magnética es un método de diagnóstico tan útil como el ecocardiograma para evaluar a los pacientes adultos, con estenosis aórtica pura, surge como alternativa diagnóstica en los casos en que el ecocardiograma se vea limitado.

**Palabras clave:** Estenosis aórtica. Resonancia magnética. Ecocardiograma.

**Key words:** Aortic stenosis. Cardiovascular magnetic resonance imaging. Echocardiogram.

### Summary

#### PURE AORTIC STENOSIS AND MAGNETIC RESONANCE IN ADULT PATIENTS

**Objective:** To evaluate the utility of the cardiovascular magnetic resonance imaging (cMRI) for quantify the aortic area in adult patients with pure aortic stenosis (AS). **Method:** Comparative cross-sectional study, blinded, in patients with AS, without another valvular pathology associated. A transthoracic echocardiogram (TTE) and cMRI were performed, in all of them. Results were analyzed by Student t test and ji-square, considering significant values  $p < 0.05$ . Bayesian analysis and ROC curve, for the determination of the disease severity. **Results:** No were significant differences with respect to quantification of the speed of transvalvular flow between both methods (TTE  $4.593 \pm 0.9114$  m/s vs cMRI  $4.233 \pm 0.6894$  m/s,  $p = 0.080$ ), nor the ejection fraction (TTE  $54.27 \pm 16.451$  vs cMRI  $48.40 \pm 17.332$ ,  $p = 0.760$ ). The cMRI seems to underestimate the maximum and medium gradients compared with the TTE, in 12.53 mm Hg and 10.07 mm Hg respectively. The sensitivity for the diagnosis of severe aortic stenosis is 90% with specificity 80%.

**Conclusions:** The cMRI is a useful diagnostic method for the evaluation of patients with pure aortic valve stenosis, as good as TTE. cMRI can to be a diagnostic alternative in cases with limitations to TTE.

(Arch Cardiol Mex 2007; 77: 308-312)

www.medigraphic.com

\* Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

\*\* Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica. Unidad Médica de Alta Especialidad No.1. IMSS.

Correspondencia: Dra. Martha Alicia Hernández González. Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica. Unidad Médica de Alta Especialidad No. 1. IMSS. Blvd. Adolfo López Mateos esq. Av. Insurgentes sin número. Col. Los Paraísos. 37330. León, Gto. México. Tel (477) 717480 ext. 31742. Fax (477) 2115113.

Recibido: 7 de febrero de 2006

Aceptado: 5 de septiembre de 2007

### Introducción

El ecocardiograma es un procedimiento no invasivo que juega un papel importante en la evaluación de la estenosis aórtica, sobre todo con miras a decidir el reemplazo valvular, sin embargo la variabilidad inter-observador puede sobreestimar el área valvular aórtica cuando se obtiene por planimetría, en el 10% de los pacientes la ventana acústica es subóptima, el área valvular aórtica medida por planimetría se sobreestima, si el ángulo de intercepción del Doppler es mayor a 15° puede subestimar el grado de estenosis y la variabilidad inter-observador es importante.<sup>2</sup> Además existen condiciones hemodinámicas propias de la patología como la precarga, la postcarga, la contractilidad del ventrículo izquierdo, insuficiencia aórtica concomitante,<sup>3</sup> o la presencia de calcificación de la válvula que influyen en la cuantificación precisa del área valvular.<sup>4</sup>

En últimas décadas surge la resonancia magnética cardiovascular como método de diagnóstico que potencialmente puede evaluar la anatomía valvular, la etiología de la estenosis, la función ventricular izquierda y la severidad del daño valvular mediante planimetría del área y el mapeo de flujo, de ahí que surge el interés de comparar estos dos procedimientos de diagnóstico no invasivos, en pacientes con estenosis aórtica pura.

### Material y métodos

#### Pacientes

Se incluyeron 15 pacientes en edad adulta, con diagnóstico clínico de estenosis aórtica, a quienes se les realizó ecocardiograma transtorácico y resonancia magnética, previa autorización por escrito. Se excluyeron aquellos con desfibrilador implantable, marcapaso, en estado crítico, si tenían otra patología valvular asociada, aquellos con algún grado de insuficiencia aórtica y con prótesis valvular aórtica.

#### Ecocardiograma transtorácico

El ecocardiograma se realizó con un equipo Hewlett Packard Sonos 5500. La evaluación de la morfología de la válvula aórtica se efectuó en proyecciones convencionales, los gradientes transvalvulares mediante la fórmula de Bernoulli y el área valvular con la ecuación de continuidad.<sup>5</sup> Los estudios ecocardiográficos fueron grabados en video-VHS para ser evaluados por un ecocardiografista experto que desconocía el resultado de la resonancia magnética.

### Resonancia magnética cardiovascular

Se empleó un equipo Sonata de 1.5 T (Siemens) en planos coronal y axial en secuencias T1 para calcular mediante planimetría el área valvular aórtica. Se identificó el flujo turbulento por mapeo de flujo y a las velocidades obtenidas se les aplicó la fórmula de Bernoulli modificada para obtener los gradientes máximo y medio. Los estudios se grabaron en CD para ser evaluados por un radiólogo experto, que desconocía el resultado del ecocardiograma.

#### Análisis estadístico

Los resultados se analizaron utilizando el paquete estadístico SPSS 11.0.

Se utilizó t de Student para muestras independientes para comparar las variables cuantitativas continuas con distribución normal, obtenidas por ambos métodos; ji-cuadrada para la comparación de las características morfológicas de la válvula, considerando como significativos valores de p menores al 5%.

Se calculó la sensibilidad, especificidad, el valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de la resonancia magnética para la determinación del área valvular por planimetría y se comparó con el área valvular aórtica obtenida por la fórmula de Gorlin mediante el ecocardiograma, considerado como prueba de referencia. El área bajo la curva ROC se calculó de acuerdo a lo propuesto por Hanley.<sup>6</sup>

#### Resultados

De los 15 pacientes que ingresaron al estudio, 8 eran mujeres y 7 eran hombres, con edad promedio de 51.87 años (DE 16.55 años).

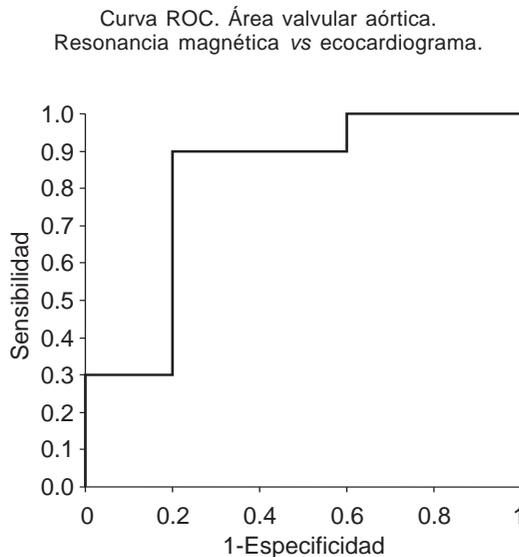
#### Velocidades, gradientes y fracción de expulsión.

La comparación de los promedios de la velocidad transvalvular y de la fracción de expulsión entre ambos métodos no arroja diferencia significativa, lo que nos habla de que ambos métodos concuerdan con la medición de estos dos aspectos hemodinámicos. En tanto que para los gradientes transvalvulares los métodos sí difieren entre sí de forma significativa e incluso la resonancia magnética tiende a subestimar al gradiente obtenido por el ecocardiograma (para el máximo en 12.53 mm Hg y para el medio en 10.07 mm Hg) (Tabla I). Sin embargo, cabe mencionar que una limitante de este estudio es el hecho de que los métodos no se hayan comparado con el cateterismo cardíaco, que cuantifica de manera directa la magnitud del gradiente transvalvular.

**Tabla I.** Variables hemodinámicas.

Variable hemodinámica	Ecocardiograma (promedio $\pm$ DE)	Resonancia (promedio $\pm$ DE)	Valor de p
Velocidad transvalvular aórtica	4.593 $\pm$ 0.9114	4.233 $\pm$ 0.6894	0.080
Gradiente máximo	88.73 $\pm$ 32.681	76.20 $\pm$ 21.32	0.024*
Gradiente medio	55.40 $\pm$ 22.357	45.33 $\pm$ 12.838	0.004*
Fracción de expulsión	54.27 $\pm$ 16.451	48.40 $\pm$ 17.332	0.760*

\* Diferencia significativa de acuerdo a la comparación de promedios mediante la prueba de t de Student para muestras independientes



**Fig. 1.** De acuerdo a la curva, la resonancia magnética es un método útil para la evaluación de estenosis aórtica severa, considerando como estándar de oro al ecocardiograma bidimensional. Área bajo la curva 0.822, con un error estándar de 0.133 ( $p = 0.50$ ).

**Área valvular.** El área valvular mediante el método de la continuidad obtenido por eco, en promedio fue de 0.7247 cm<sup>2</sup>, con una DE de 0.3740. El área valvular por planimetría obtenida por la resonancia magnética en promedio fue de 0.9060 cm<sup>2</sup>, con DE 0.5212. La comparación de los promedios por la prueba de t de Student, entre ambos procedimientos no mostraron diferencia significativa ( $p = 0.51$ ), aunque la resonancia magnética tiende a sobreestimar el área hasta en 0.18 cm<sup>2</sup>. La sensibilidad de la RM para diagnosticar la estenosis aórtica severa es del 90%, especificidad del 80%. El área bajo la curva ROC es de 0.822, con un error estándar de 0.133 ( $p = 0.50$ ) (Fig. 1), lo que nos habla de que la resonancia magnética es un método eficaz para detectar a los pacientes con estenosis aórtica severa.

**Aspectos morfológicos.** El ecocardiograma no reportó aorta bivalva en ninguno de los casos, en tanto que la resonancia magnética reportó este defecto en 6 de los 15 casos (20%) (Fig. 2).

#### Discusión

El ecocardiograma es un procedimiento no invasivo, de bajo costo, que se realiza en la cabecera del enfermo y de rápida adquisición, que permite en los pacientes con sospecha clínica de enfermedad valvular aórtica describir la morfología valvular, la etiología de la estenosis, también indaga otras alteraciones estructurales que causen obstrucción al tracto de salida del ventrículo izquierdo, la presencia de enfermedad valvular concomitante, la función ventricular izquierda y la severidad de la estenosis;<sup>7</sup> sin embargo el método tiene sus limitaciones dado que si el ángulo de intercepción del Doppler no es paralelo al flujo puede subestimar la severidad,<sup>2</sup> además de que la evaluación hemodinámica del área valvular depende de diversos factores tales como la precarga, la postcarga y la contractilidad del ventrículo izquierdo, insuficiencia aórtica concomitante, o bien si existe disfunción ventricular izquierda o calcificación de la válvula que podrían modificar los resultados.<sup>4</sup> El método de la continuidad es uno de los procedimientos más utilizados para calcular el área valvular aórtica, sin embargo no está exento de errores sobre todo al medir el diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo en pacientes con calcificación del anillo,<sup>8</sup> si el corazón está horizontalizado,<sup>9</sup> si el haz ultrasónico no es paralelo al flujo y en caso de que se trate de estenosis subvalvular la fórmula no es aplicable.<sup>10</sup>

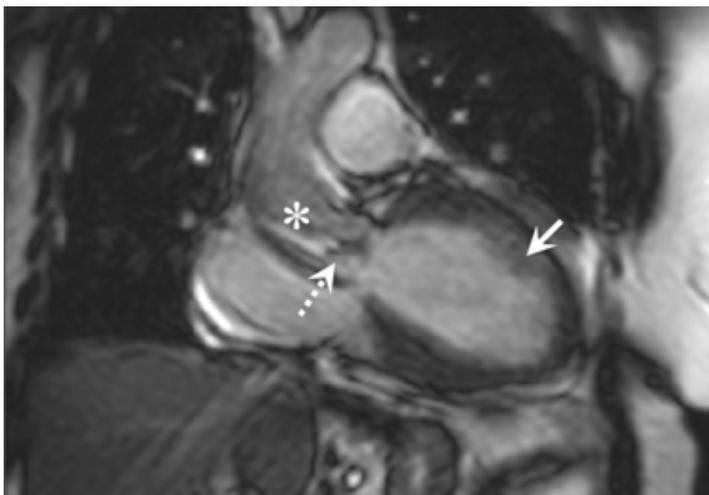
De tal manera que en la última década, surge la resonancia magnética cardiovascular como un procedimiento de diagnóstico no invasivo, con baja variabilidad intra e interobservador para la medición de la patología valvular aórtica y por tanto altamente reproducible.<sup>11</sup>

Existen diversos métodos para la cuantificación del área valvular aórtica mediante resonancia magnética, uno de ellos es planimetrando el área valvular aórtica en eje corto, Kupphal y col. han demostrado la alta sensibilidad del procedimiento al compararla con otros métodos de diagnóstico no invasivos como el ecocardiograma transtorácico y transesofágico y con métodos invasivos como el cateterismo.<sup>11</sup> En nuestro análisis, la sensibilidad de la RMC para el diagnóstico de estenosis aórtica severa por planimetría (área anatómica) es del 90%, con especificidad del 80%, y aunque tiende a sobreestimar los resultados al compararla con el ecocardiograma, esto puede ser debido a que el área obtenida por este último procedimiento fue mediante la fórmula de la continuidad, es decir el área funcional. Las ventajas que tiene la RM de obtener el área anatómica es porque no existe limitación de ventana, su medición no depende de la velocidad de flujo ni del gradiente de presión, por lo que brinda información importante sobre todo en los pacientes con bajo gasto cardíaco.<sup>12</sup>

La secuencia eco de gradiente fue utilizada inicialmente para indagar las velocidades de flujo en orificios estenóticos,<sup>13</sup> sin embargo por los tiempos-eco tan prolongados, condicionaba pérdida de señal en el flujo turbulento; de ahí que

mediante el mapeo de flujo, que utiliza tiempos-ecos más cortos, se tiene la posibilidad de poder alinear la dirección del flujo estenótico sin limitación de ventana, y sin pérdida de señal<sup>14,15</sup> con alta correlación con el estudio Doppler. Con nuestros resultados se demuestra que la RMC mide la velocidad transvalvular de forma similar a como lo hace el ecocardiograma, en tanto que para los gradientes tiende a subestimar los resultados, posiblemente porque este último no sea un adecuado estándar de oro como lo sería el cateterismo cardíaco.

Otra de las bondades del procedimiento es que puede identificar bien la anatomía valvular (como ocurrió en nuestro reporte donde el ecocardiograma está limitado para identificar a la aorta bivalva), la severidad del engrosamiento de las valvas, vegetaciones y abscesos paravalvulares que orientan a la etiología de la estenosis valvular.<sup>16,17</sup> Existen otras variables hemodinámicas de interés pronóstico en el paciente portador de estenosis aórtica que pueden ser evaluadas con este método no invasivo como es la fracción de expulsión. En nuestros resultados se observa que no existe diferencia con el ecocardiograma, cuando se mide la fracción de expulsión. Otras estimaciones que puede hacer la RMC en el mismo estudio son: la masa ventricular, los volúmenes y la función ventricular de ambos ventrículos,<sup>18</sup> o bien identificar isquemia miocárdica secundaria a la hipertrofia ventricular izquierda.<sup>19</sup>



**Fig. 2.** Estudio de resonancia magnética, proyección coronal a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo en un paciente con estenosis aórtica, en la fase sistólica. Observe la hipertrofia concéntrica del ventrículo izquierdo (flecha continua), el engrosamiento valvular aórtico (flecha discontinua) y el flujo turbulento desde la válvula hacia la aorta ascendente causado por la estenosis (asterisco), sin insuficiencia.

### Limitaciones del estudio

Se seleccionaron pacientes con estenosis aórtica pura y aunque consideramos que el método es igualmente útil en el caso de que exista insuficiencia aórtica concomitante, esto no lo podemos demostrar.

Algunos pacientes con estenosis aórtica tienen además alguna otra patología valvular, y tampoco fueron incluidos en la investigación.

Finalmente, si bien no existe un estándar de oro perfecto, el ecocardiograma tiene sus limitantes y por tanto la comparación ideal sería con el cateterismo cardíaco.

### Conclusiones

Nuestros resultados demuestran que la resonancia magnética es un método altamente sensible y específico para detectar estenosis aórtica severa, por lo que surge como una alternativa al ecocardiograma transtorácico en el caso en que éste se vea limitado.

## Referencias

1. DANIELSEN R, NORDREHAUG JE, STANGELAND L, VIK-MO H: *Limitations in assessing the severity of aortic stenosis by Doppler gradients*. Br Heart J 1988; 59: 551-555.
2. ZHOU Q, FAERESTRAND S, MATRE K: *Velocity distributions in the left ventricular outflow tract in patients with valvular aortic stenosis. Effect on the measurement of aortic valve area by using the continuity equation*. Eur Heart J 1995; 16: 383-393.
3. BURWASH IG, DICKINSON A, TESKEY RJ, TAM JW, CHAN KL: *Aortic valve area discrepancy by Gorlin equation and Doppler echocardiography continuity equation: relation-ship to flow in patients with valvular aortic stenosis*. Can J Cardiol 2000; 16: 985-992.
4. KIM CJ, BERGLUND H, NISHIOKA T, LUO H, SIEGEL RJ: *Correspondence of aortic valve area determination from transesophageal echocardiography, transthoracic echocardiography, and cardiac catheterization*. Am Heart J 1996; 132: 1163-1172.
5. REQUARTH JA: *In vitro verification of Doppler prediction of transvalve pressure gradient and orifice area in stenosis*. Am J Cardiol 1984; 53(9): 1369-1373.
6. HANLEY JA, MCNEIL BJ: *The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve*. Radiology 1982; 143: 29-36.
7. OTTO CM, PEARLMAN AS: *Doppler echocardiography in adults with symptomatic aortic stenosis. Diagnostic utility and cost-effectiveness*. Arch Intern Med 1988; 148: 2553-2560.
8. GEIBEL A, GÖRNANDT L, KASPER W, BUBENHEIMER P: *Reproducibility of Doppler echocardiographic quantification of aortic and mitral valve stenoses: comparison between two echocardiography centers*. Am J Cardiol 1991; 67: 1013-1021.
9. CARUTHERS SD, LIN SJ, BROWN P, MARY P, WATKINS MP, WILLIAMS TA, ET AL: *Practical value of cardiac magnetic resonance imaging for clinical quantification of aortic valve stenosis. Comparison with echocardiography*. Circulation 2003; 108: 2236-2243.
10. SKAJAERPE T, HEGRENAES L, HATLE L: *Noninvasive estimation of valve area in patients with aortic stenosis bay Doppler ultrasound and two-dimensional echocardiography*. Circulation 1985; 72: 810-818.
11. C KUPFAHL, M HONOLD, G MAINHARDT, H VOGEL-SBERG, A WAGNER, H MAHRHOLDT, U SECHTEM: *Evaluation of aortic stenosis by cardiovascular magnetic resonance imaging: comparison with established routine clinical techniques*. Heart 2004; 90: 893-901.
12. FRIEDRICH MG, SCHULZ-MENGER J, POETSCH T, PILZ B, UHLICH F, DIETZ R: *Quantification of valvular aortic stenosis by magnetic resonance imaging*. Am Heart J 2002; 144: 329-334.
13. KUPARI M, HEKALI P, KETO P, POUTANEN VP, TIKKANEN MJ, STANDERSTKJOLD-NORDENSTM CG: *Assessment of aortic valve area in aortic stenosis by magnetic resonance imaging*. Am J Cardiol 1992; 70: 952-955.
14. SONDERGAARD L, HILDEBRANDT P, LINDVIG K, THOMSEN C, STHALBERG F, KASSIS E, HENRIKSEN O: *Valve area and cardiac output in aortic stenosis : quantification by magnetic resonance velocity mapping*. Am Heart J 1993; 127: 1156-1164.
15. KILNER PJ, MANZARA CC, MOHIADDIN RH, PENNELL DJ, SUTTON MG, FIRMIN DN, ET AL: *Magnetic resonance jet velocity mapping in mitral and aortic valve stenosis*. Circulation 1993; 87: 1239-1248.
16. CADUFF JH, HERNÁNDEZ RJ, LUDOMIRSKY A: *MR visualization of aortic vegetations*. J Comput Assit Tomogr 1996; 20: 613-615.
17. AKINS EW, SLONE RM, WIECHMANN BN, BROWNING M, MARTIN TD, MAYFIELD WR: *Perivalvular pseudoaneurysm complicating bacterial endocarditis: MR detection in five cases*. Am J Roentgenol 1991; 156: 1155-1158.
18. SECHTEM U, PFLUGFELDER PW, WHITE RD, GOULD RG, HOLT W, LIPTON MJ, HIGGINS HB: *Cine MR imaging: potential for the evaluation of cardiovascular function*. Am J Roentgenol 1987; 148: 239-246.
19. OCHIAI K, ISHIBASHI Y, SHIMADA T, MURAKAMI Y, INOUE S, SANO K: *Subendocardial enhancement in gadolinium-diethylene-triamine-pentaacetic acid-enhanced magnetic resonance imaging in aortic stenosis*. Am J Cardiol 1999; 83: 1443-1446.