

MÉTODOS

Valor del Doppler de esfuerzo para el diagnóstico de la estenosis mitral severa

Ángel M. Alonso Gómez, María C. Belló Mora, Fernando Arós Borau, Alfonso Torres Bosco, José B. Martínez Ferrer e Ignacio Camacho Azcargorta

Servicio de Cardiología. Hospital Txagorritxu. Vitoria-Gasteiz.

estenosis mitral/ ecocardiografía doppler/ pruebas de esfuerzo/ parámetros hemodinámicos

Introducción. En la estenosis mitral, el ejercicio produce un aumento en el gasto y la frecuencia cardíacos, lo que condiciona el incremento en el gradiente transmitral. Sin embargo, no está establecido en la estenosis mitral severa el nivel que alcanzan los gradientes al esfuerzo y si el incremento del gradiente con el esfuerzo es diferente al de las estenosis no severas.

Objetivos. Evaluar la respuesta al esfuerzo, en pacientes con estenosis mitral severa, de los gradientes en valores absolutos y el incremento con respecto a los valores basales.

Métodos. A 48 pacientes con estenosis mitral (edad media: $48,8 \pm 11$ años) se les realizaron 50 Doppler de esfuerzo sobre cicloergómetro en decúbito (dos estadios con incrementos de 25 vatios cada 3 minutos), obteniéndose el gradiente pico y medio mitral por Doppler continuo ciego. Catorce individuos con prótesis de Bjork mitral normofuncionante, de edad media 50 ± 6 años, realizaron también el protocolo.

Resultados. Se definió un perfil hemodinámico de severidad con los datos de 18 pacientes cuya área mitral basal era menor de $1,2 \text{ cm}^2$ (grupo I), comparándolos con los datos de los 32 estudios con estenosis mitral de área mayor de $1,1 \text{ cm}^2$ (grupo II) y los pacientes con prótesis mitral (grupo III). El gradiente medio mitral (mmHg) en el grupo I fue mayor que en el grupo II en situación basal ($9,3 \pm 3,2$ frente a $6,6 \pm 2,7$; $p < 0,001$), a 25 vatios ($20,6 \pm 4,8$ frente a $14,1 \pm 5$; $p < 0,001$) y a 50 vatios ($25,9 \pm 5,4$ frente a $17,3 \pm 5,8$; $p < 0,001$). El incremento del gradiente mitral medio desde basal a 50 vatios fue en el grupo I de $16,7 \pm 4,5$ mmHg, significativamente mayor que en los grupos II y III ($11,1 \pm 4,1$ y $6,8 \pm 2,6$ mmHg; $p < 0,001$).

Conclusiones. El Doppler de esfuerzo permite definir un perfil hemodinámico diferente en los pacientes con estenosis mitral severa, y puede utilizarse como indicador aislado de severidad en la estenosis mitral.

zarse como indicador aislado de severidad en la estenosis mitral.

THE USEFULNESS OF EXERCISE DOPPLER ECHOCARDIOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF SEVERE MITRAL STENOSIS

Background. Exercise in mitral stenosis produces an increase in cardiac output and heart rate which determines the increment in the transmitral gradient. However, it has not yet been established what level is reached by the gradients on exercise in severe mitral stenosis nor whether the rise in the gradient during such exercise is different to that occurring in non-severe stenosis.

Objectives. To evaluate the effect of exercise in patients with severe mitral stenosis on the mitral valve gradients in absolute values and on the increment with respect to base values.

Methods. Forty-eight mitral stenosis patients (mean age: 48.8 ± 11 years) underwent 50 exercise Doppler echocardiographic studies using supine bicycle ergometry in two stages with increases of 25 W every 3 minutes; from each of these we obtained the peak and mean mitral gradient using a non-imaging continuous-wave Doppler probe. We also conducted this procedure on 14 patients with a mean age of 50 ± 6 who had Bjork mitral prostheses which were functioning normally.

Results. We defined a hemodynamic profile of severity based on the data from 18 patients whose basal mitral valve area was $< 1.2 \text{ cm}^2$ (group I), and compared them with the data from the 32 studies of mitral stenosis patients with an area $> 1.1 \text{ cm}^2$ (group II) and with the patients with mitral prostheses (group III). The mean mitral gradient (mmHg) in group I was greater than in group II at rest (9.3 ± 3.2 and 6.6 ± 2.7 ; $p < 0.001$), at 25 W (20.6 ± 4.8 and 14.1 ± 5 ; $p < 0.001$) and at 50 W (25.9 ± 5.4 and 17.3 ± 5.8 ; $p < 0.001$). The increase in mean mitral gradient from the baseline to 50 watts was 16.7 ± 4.5 mmHg in group I, which was greater than in group II and III (11.1 ± 4.1 and 6.8 ± 2.6 mmHg; $p < 0.001$).

Conclusions. Exercise Doppler echocardiography enabled us to define a differential hemodynamic profile in patients with severe mitral stenosis

Este estudio forma parte de un trabajo de investigación becado con una ayuda del FISS, expediente 89/0896.

Correspondencia: Dr. A.M. Alonso Gómez.
Pintor Vera Fajardo, 11 C, 5.º A. 01008 Vitoria-Gasteiz.

Recibido el 12 de julio de 1996.

Aceptado para su publicación el 7 de noviembre de 1996.

which can be used in isolation as an indicator of severity in this condition.

(*Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 98-104)

INTRODUCCIÓN

La realización de un Doppler de esfuerzo en pacientes con estenosis mitral (EM) es una técnica que se ha introducido en los últimos años^{1,2}, permitiendo conocer con mayor exactitud la fisiopatología de la respuesta al ejercicio en la EM, al estudiar la variación del área mitral³, el incremento de los gradientes⁴ y los determinantes del volumen sistólico⁵ o de la resistencia valvular⁶. También se ha comprobado su utilidad en objetivar la mejoría hemodinámica tras valvuloplastia mitral⁷ y sugerido un papel relevante en la toma de decisiones clínicas de pacientes con esta valvulopatía⁸. Aunque es bien conocido que el esfuerzo produce un aumento de los gradientes transmitrales al elevarse el gasto cardíaco y la frecuencia cardíaca⁹, no está establecido hasta qué nivel deben aumentar los gradientes para definir una estenosis mitral severa ni tampoco si el incremento desde la situación basal hasta el esfuerzo es mayor en los individuos con EM severa que en aquellos con estenosis no severa. El conocimiento de estos datos permitiría establecer distintos perfiles hemodinámicos de severidad que pueden ser útiles en el diagnóstico de la EM severa y en la indicación de procedimientos intervencionistas.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta al esfuerzo de los gradientes mitrales en valores absolutos y en incremento con respecto a los valores basales, en un grupo de pacientes con obstrucción mitral de diferentes grados (EM severa, EM no severa y prótesis mitral normofuncionante) con el fin de obtener perfiles hemodinámicos diferentes según el grado de severidad de la EM.

MÉTODOS

Población estudiada

Se han estudiado 48 pacientes, 38 mujeres y 10 varones, de edad media $48,8 \pm 11$ años (rango, 31-72 años). Todos habían sido diagnosticados de EM pura o muy predominante por medio de un estudio clínico completo que incluyó la realización de un ecocardiograma Doppler color. En 28 casos el ritmo fue sinusal y en 20 fibrilación auricular. Dos pacientes repitieron el estudio tras la realización de la valvuloplastia mitral percutánea, por lo que son 50 las pruebas considera-

das para estudio. Los pacientes fueron seleccionados de forma no consecutiva si su estudio ecocardiográfico basal era de aceptable calidad técnica. El grupo control lo formaron 14 pacientes portadores de una prótesis mitral de Bjork normofuncionante, de edad media 50 ± 6 años (rango, 40-59 años), 5 varones y 9 mujeres, 4 en ritmo sinusal y 10 en fibrilación auricular. Este estudio forma parte de un protocolo de investigación clínica aceptado por la comisión de investigación de nuestro hospital y en todos los casos los pacientes dieron su consentimiento.

Características clínicas

Se definió antes de la realización de la prueba de esfuerzo, el grado funcional de la NYHA¹⁰ por medio de una detallada anamnesis. De los pacientes con estenosis mitral, 18 estaban en grado I, 29 en grado II y 3 en grado III. La prueba se realizó bajo los efectos del tratamiento médico que habitualmente tomaban los pacientes: siete tomaban amiodarona, 17 digital, 3 atenolol, 1 diltiazem y 19 usaban diuréticos de forma ocasional (nunca el día de la prueba). En siete casos se les había realizado comisurotomía mitral previa y en cuatro valvuloplastia mitral percutánea, en dos casos reciente (menos de un mes) y en los otros, pasados tres meses. El estudio ecocardiográfico basal antes del Doppler de esfuerzo demostró insuficiencia mitral mínima-ligera en 24/50 casos, insuficiencia aórtica mínima-ligera en 15 casos e insuficiencia tricúspide ligera-moderada en 33. Entre los individuos con prótesis, 4 estaban en grado I de la NYHA y 10 en grado II, 10 tomaban digital, 2 amiodarona y 13 diuréticos de forma ocasional. El anillo de la prótesis era del número 29 en 5, del 27 en otros 5 y del 25 en 4. En todos los casos el estudio clínico descartó la presencia de regurgitación significativa y se detectó insuficiencia tricúspide en 4 casos.

Ecocardiografía Doppler

Se ha utilizado un ecocardiógrafo *annular array* con transductor de 3 MHz (Diasonics Vingmed CFM 700; Vingmed Sound A/S, Horten, Noruega). En situación basal, con el paciente en decúbito supino, se exploró con Doppler continuo con imagen, la proyección apical cuatro cámaras, hasta obtener la señal del flujo auriculoventricular izquierdo. Desde esa posición, desplazando medialmente el transductor se obtuvo el flujo auriculoventricular derecho. A continuación se realizó la misma maniobra con una sonda Pedoff de 2 MHz para Doppler continuo ciego. Aunque la maniobra con imagen sirvió de referencia, se usaron para su análisis los registros obtenidos de forma ciega que presentaron la más alta velocidad y menor dispersión acústica. En un caso fue necesario usar el Doppler con imagen, pues el registro ciego era de

TABLA 1
Respuesta al ejercicio de los grupos con estenosis mitral severa, no severa y prótesis mitral

	Grupo I (EM severa)	Grupo II (EM no severa)	Grupo III (prótesis)	P
Número	18	32	14	
Edad (años)	44 ± 10	51 ± 10	50 ± 6	0,036
Sexo (V/M)	7/11	3/29	5/9	< 0,05
Ritmo (RS/FA)	9/9		20/12	4/10
<i>Basal</i>				
FC (lat/min)	75 ± 17	77 ± 12	75 ± 12	
PAS (mmHg)	120 ± 19	123 ± 25	129 ± 25	
Área (cm ²)	0,99 ± 0,1	1,68 ± 0,4	2,4 ± 0,4	< 0,001
GPM (mmHg)	15,7 ± 4,7	13 ± 5	11,8 ± 3	0,045
GMM (mmHg)	9,3 ± 3,2	6,6 ± 2,7	4,8 ± 1,4	< 0,001
PSAP (mmHg)	43,1 ± 7 (n = 14)	38 ± 7 (n = 19)	49 ± 16 (n = 4)	
<i>25 wátios</i>				
FC (lpm)	113 ± 27	104 ± 20	102 ± 19	
PAS (mmHg)	154 ± 28	151 ± 7	163 ± 37	
GPM (mmHg)	32 ± 6,8	23,7 ± 8	19,5 ± 6,7	< 0,001
GMM (mmHg)	20,6 ± 4,8	14,1 ± 5	8,7 ± 3	< 0,001
PSAP (mmHg)	72,7 ± 23 (n = 9)	65 ± 19 (n = 14)	67 ± 22 (n = 3)	
<i>50 wátios</i>				
FC (lpm)	130 ± 29	125 ± 21	117 ± 26	
PAS (mmHg)	162 ± 31	165 ± 23	169 ± 38	
GPM (mmHg)	39,1 ± 7,8	27,9 ± 8	23,5 ± 6	< 0,001
GMM (mmHg)	25,9 ± 5,4	17,3 ± 5,8	11,9 ± 3,3	< 0,001
PSAP (mmHg)	85,7 ± 16 (n = 7)	67 ± 15 (n = 13)	73 ± 28 (n = 2)	

FC: frecuencia cardíaca; GPM: gradiente pico mitral; GMM: gradiente medio mitral; M: mujeres; lat/min: latidos por minuto; PSAP: presión sistólica en la arteria pulmonar; RS: ritmo sinusal; V: varones.

una calidad muy baja. El modo Doppler continuo ciego permite medir velocidades mayores de 6 m/s.

Prueba de esfuerzo

Sobre un cicloergómetro en decúbito Ergoline 900 (Mijnhardt B.V., AE Bunnik, Holanda), con la camilla inclinada a 50-60°, se realizó un protocolo reducido de dos estadios de 3 min cada uno, con 25 y 50 wátios de carga externa. Se monitorizó el ritmo cardíaco con la señal del electrocardiograma del ecocardiógrafo. La presión arterial se midió de forma automática cada tres minutos.

Parámetros Doppler

En situación basal, entre el segundo y tercer minutos de cada estadio, y a partir de los 5 min de recuperación, se obtuvieron los siguientes parámetros:

– Orificio valvular efectivo mitral (OVE) en centímetros cuadrados. A partir del flujo auriculoventricu-

lar izquierdo, según la fórmula de Hatle de $OVE = 220/THP$, donde THP es el tiempo de hemipresión en ms¹¹.

– Gradiente máximo instantáneo mitral (GMI) en mmHg. A partir de la velocidad máxima del flujo auriculoventricular izquierdo aplicando la fórmula simplificada de Bernoulli ($P = 4v^2$).

– Gradiente mitral medio (GMM) en mmHg. Obtenido al dividir la integral de presión calculada a partir de la digitización del registro de velocidad máxima del flujo transmitral por el tiempo de duración.

– Gradiente máximo instantáneo ventriculoauricular derecho (GMIVAD) en mmHg a partir del flujo sistólico de regurgitación tricuspídea.

– Presión sistólica de arteria pulmonar en mmHg. Se calculó sumando 10 al GMIVAD¹².

– Incremento del gradiente máximo instantáneo y medio calculado como la diferencia entre el GMI y GMM en situación basal y el alcanzado en el estadio de 50 wátios.

Los registros se almacenaron en un vídeo Panasonic VHS-Prof 6200 para su posterior análisis. El valor medio de cada parámetro se obtuvo promediando de tres a cinco ciclos cardíacos de alta calidad, no necesariamente consecutivos. En los pacientes en fibrilación auricular se promediaron al menos 5 ciclos cardíacos. Todos los cálculos se realizaron con el paquete de *software* de cálculo que dispone el ecocardiógrafo.

Análisis estadístico

Los datos cuantitativos se presentan como valor medio ± desviación estándar. Se ha considerado significación estadística un valor de $p < 0,05$. Se comprobó una distribución normal de las variables cuantitativas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se han comparado las variables cuantitativas con el test de la t de Student para muestras apareadas y no apareadas. Las variables cualitativas fueron analizadas con el test de la χ^2 , con la corrección de Yates. Para la comparación de las medias de los tres grupos se ha utilizado un análisis de la variancia para un factor y comparaciones múltiples a posteriori con la prueba de Scheffé. Se ha utilizado el análisis de regresión lineal para valorar la relación entre variables discretas. Los datos fueron introducidos y manejados en el programa de estadística SPSS para Windows, versión 6.0,1 en castellano.

RESULTADOS

Se han dividido los 50 estudios de los pacientes con estenosis mitral, en razón de la severidad del área mitral en situación basal: grupo de estenosis mitral severa, con área basal menor de 1,2 cm² (grupo I) y el resto con área mayor de 1,1 cm² (grupo II). Los pacientes con prótesis mitral forman el grupo III.

Respuesta al ejercicio

La **tabla 1** recoge la respuesta al ejercicio de los tres grupos. En cuatro casos, dos en el grupo II y dos en el grupo III, no se realizó el estadio de 50 watos por disnea e inadaptación al cicloergómetro. Los pacientes del grupo I eran más jóvenes y en el grupo II existía una mayor proporción de mujeres. El área en situación basal fue significativamente diferente en los tres grupos ($p = 0,036$), siendo el GPM y el GMM mayores en el grupo I con respecto a los otros grupos. En 33 pacientes con EM se obtuvo basalmente la PSAP (14 del grupo I y 19 del grupo II) y en sólo 4 individuos del grupo III. La frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica alcanzaron valores similares en basal y durante el ejercicio en todos los pacientes. A los 50 watos los pacientes con EM severa alcanzaron gradientes más altos que el resto ($p < 0,001$). También la PSAP fue mayor en los pacientes del grupo I con respecto al II, aunque sin alcanzar significación estadística en el análisis global.

Incremento del gradiente al esfuerzo

En la **figura 1** se expone la evolución individualizada del GMM en situación basal y a 50 watos, en los dos grupos de pacientes con EM. En ambos casos el aumento del gradiente fue significativo ($p < 0,001$). Este incremento de los gradientes desde la situación basal hasta el estadio de 50 watos se representa en la **figura 2**. El incremento del GPM en el grupo I fue de $23,4 \pm 7$ mmHg, en el grupo II de $15,5 \pm 6$ mmHg y en el grupo III de $11,8 \pm 4,3$ mmHg ($p < 0,001$). También el incremento del GMM fue significativamente mayor en el grupo I ($16,7 \pm 4,5$ mmHg) que en los otros dos grupos ($11,1 \pm 4,1$ y $6,8 \pm 2,6$ mmHg, $p < 0,001$).

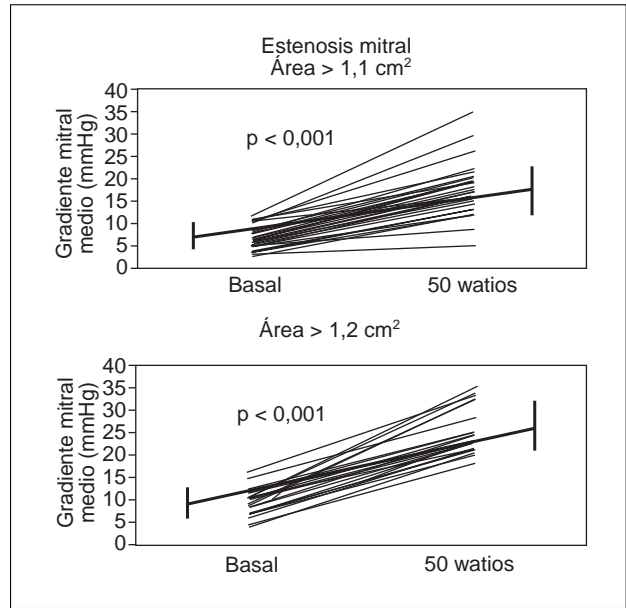


Fig. 1. Evolución individualizada del gradiente mitral medio de la situación basal al estadio de 50 watos en los pacientes con estenosis mitral severa (área < 1,2 cm²) y estenosis mitral no severa (área > 1,1 cm²).

Influencia del ritmo cardíaco

Los pacientes en ritmo sinusal del grupo I alcanzaron un GMM a los 50 watos de $26,3 \pm 6$ mmHg, significativamente más alto que el alcanzado por los grupos II y III (17 ± 6 y $14,5 \pm 2$ mmHg; $p = 0,009$). Del mismo modo, los individuos en fibrilación auricular del grupo I presentaron un GMM-50 watos de $25,5 \pm 5$ mmHg, mayor que el observado en los otros dos grupos ($18,9 \pm 3$ y $10,6 \pm 3$ mmHg; $p < 0,0001$).

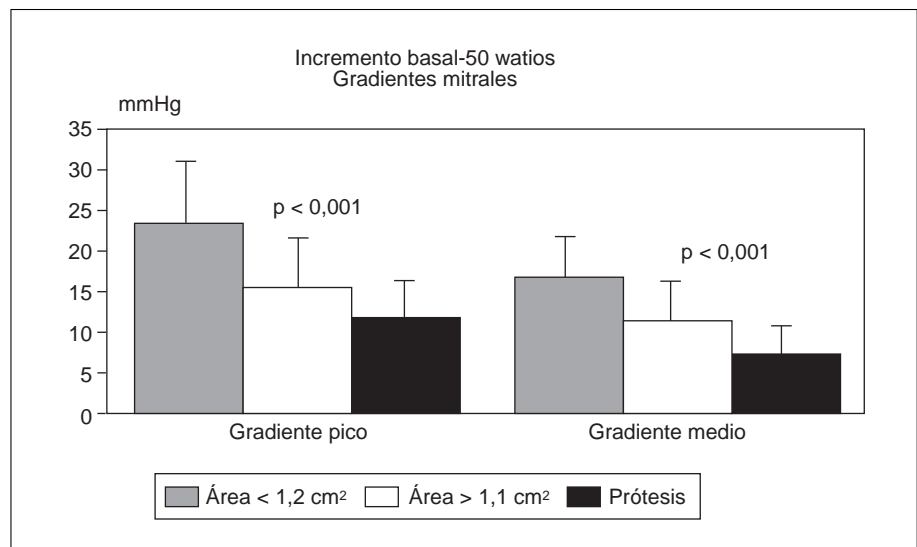


Fig. 2. Incremento de la situación basal al estadio de 50 watos del gradiente pico mitral y mitral medio en los tres grupos estudiados.

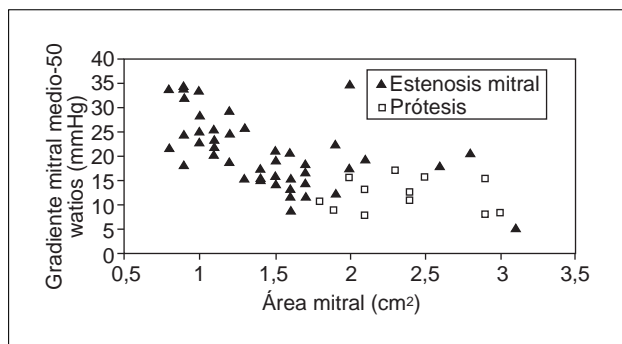


Fig. 3. Distribución de los gradientes medios transmitrales alcanzados a 50 watos en todos los pacientes con EM y prótesis mitral.

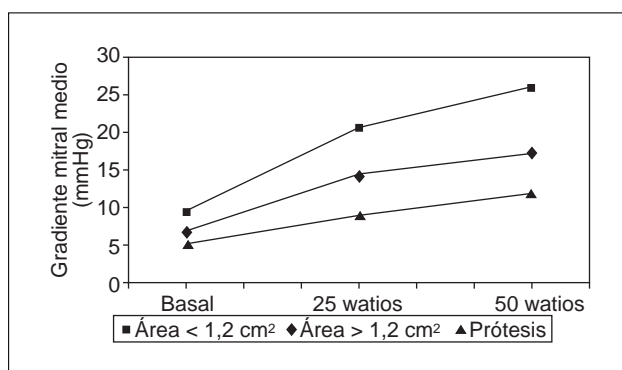


Fig. 4. Perfil hemodinámico en la respuesta al esfuerzo de los pacientes con estenosis mitral (severa y no severa) y prótesis mitral normofuncionante.

Gradiente mitral medio a 50 watos

En la figura 3 se ha representado en ordenadas el GMM a 50 watos alcanzado y en abscisas el área mitral basal correspondiente, en cada uno de los casos estudiados, diferenciando aquellos con estenosis mitral de los portadores de prótesis. En la tabla 2 se expone la correlación lineal simple del GMM a 50 watos. En el grupo total, la correlación mayor la presentó el GMM en situación basal ($r = 0,77$; $p < 0,01$). También este parámetro fue el que más alta correlación presentó en el grupo de EM ($r = 0,75$; $p < 0,01$) y en el de EM con área basal $> 1,1 \text{ cm}^2$ ($r = 0,75$; $p < 0,01$). Sin embargo, en el grupo I fue la PSAP en situación basal el parámetro con una correlación más elevada ($r = 0,75$; $p < 0,01$). La figura 4 representa, con la media de los valores del gradiente mitral medio en tres estadios, el perfil hemodinámico de la respuesta al ejercicio físico de los pacientes con EM severa, EM no severa y prótesis mitral normofuncionante. La presión sistólica de la arteria pulmonar a 50 watos, cuando se consideraron todos los pacientes con EM, alcanzó una correlación de $r = 0,83$ ($p < 0,01$) con la PSAP basal, de $r = 0,67$ ($p < 0,01$) con el

TABLA 2
Correlación lineal simple con el parámetro gradiente mitral medio a 50 watos

	Gradiente mitral medio-50 watos (mmHg)			
	Total r	E. mitral r	Grupo I (A < 1,2 cm²) r	Grupo II (A > 1,2 cm²) r
Edad (años)	-0,31*	-0,19*	0,16	-0,09
B-FC (lat/min)	-0,11	0,09	-0,03	0,33
B-Área (cm²)	-0,64*	-0,52*	-0,40	-0,18
B-GPM (mmHg)	0,58*	0,65*	0,58**	0,62*
B-GMM (mmHg)	0,77*	0,75*	0,58**	0,75*
B-PSAP (mmHg)	0,53*	0,62*	0,74*	0,37
50W-FC (lat/min)	0,29**	0,48*	0,61*	0,49*

* $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; B: basal; A: área mitral; FC: frecuencia cardíaca; GPM: gradiente pico mitral; GMM: gradiente medio mitral; lat/min: latidos por minuto; PSAP: presión sistólica en la arteria pulmonar; r: coeficiente de correlación lineal.

GPM basal y de $r = 0,68$ ($p < 0,01$) con el GMM basal. Sin embargo, en el grupo I únicamente se correlacionó con la PSAP basal ($r = 0,93$; $p < 0,01$), al igual que en el grupo II ($r = 0,73$; $p < 0,01$).

DISCUSIÓN

En la EM se ha demostrado una estrecha correlación entre los gradientes obtenidos mediante estudio hemodinámico y ecocardiografía Doppler, tanto en reposo como tras un ejercicio submáximo¹³, por lo que está aceptado que la respuesta de los gradientes, medidos por ecocardiografía Doppler, durante un ejercicio reglado, permite definir el perfil hemodinámico en la respuesta al esfuerzo. De igual forma, en los pacientes portadores de una prótesis mitral se pueden medir los gradientes por Doppler al esfuerzo^{14,15} y elaborar un perfil hemodinámico para las prótesis. Los hallazgos de este estudio muestran que los gradientes alcanzados por pacientes con EM severa son significativamente más altos que los obtenidos por individuos con EM no severa y estos últimos alcanzan valores de gradiente medio mayor que los individuos portadores de prótesis normofuncionantes. Más aún, se ha comprobado que el incremento del gradiente medio fue en los individuos con mayor grado de estenosis significativamente más alto que en los otros grupos, lo que permite definir perfiles hemodinámicos diferentes según el grado de obstrucción mitral (fig. 4). Estos hallazgos se mantienen tanto en pacientes en ritmo sinusal como en fibrilación auricular.

La metodología empleada, con dos estadios de 25 y 50 watos de ejercicio, permitió que la mayoría de los individuos completaran el protocolo (46/50) y condicionó un incremento de la frecuencia cardíaca suficiente para producir un importante aumento de los gradientes, ya que los valores del gradiente alcanzado,

en términos absolutos, dependen en gran medida de la frecuencia cardíaca, sobre todo en el grupo de EM severa (tabla 2). Al pico de esfuerzo, la frecuencia cardíaca alcanzada fue más alta que en varios estudios previos¹⁻⁸, probablemente porque el registro se hace en pleno pico de esfuerzo (entre el segundo y tercer minutos del estadio de 50 watos), lo que justifica que también se obtuvieran los más altos gradientes. El grado de taquicardización fue menor en los individuos con menor estenosis, indicando, como ha señalado Tamai et al, que el mecanismo de compensación (taquicardia) para aumentar el gasto cardíaco durante el ejercicio es menos necesario cuando la estenosis es más leve⁷.

Presión sistólica de arteria pulmonar

Los pacientes con EM severa presentaron valores de PSAP más altos que los del grupo II, tanto en situación basal como al pico de esfuerzo, aunque este dato hay que valorarlo con cautela ya que en un número importante de individuos (13/33) no se pudo medir la PSAP a 50 watos. El incremento de la PSAP en el grupo I fue mayor que el obtenido por Leavitt et al⁴ en 12 pacientes con EM de área media 1,4 cm² y similar al alcanzado por un grupo de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cuya PSAP basal fue similar a la de nuestro grupo¹⁶, lo que es concordante con el hallazgo de que la correlación significativa más alta de la PSAP a 50 watos fue la PSAP en reposo.

Diagnóstico de severidad en la estenosis mitral

La forma más utilizada para cuantificar por ecocardiografía Doppler la severidad de una estenosis mitral es el cálculo del área valvular. La obtención del área por planimetría a partir de la imagen bidimensional¹⁷, el cálculo por el tiempo de hemipresión¹¹ o la aplicación de la fórmula de la continuidad¹⁸ son los más empleados, ya que otros métodos, como el de la superficie de isovelocidad proximal¹⁹, son de obtención más compleja. Sin embargo, los métodos más empleados tienen limitaciones importantes en cuanto a su aplicación en todos los pacientes²⁰, inexactitud²¹ o reproducibilidad^{22,23}. Los hallazgos de este estudio sugieren que el Doppler de esfuerzo permite definir perfiles hemodinámicos diferentes según la severidad de la estenosis valvular y que, por tanto, los valores del grupo I pueden servir de referencia para definir un comportamiento hemodinámico de severidad de una lesión. Así pues, un paciente que alcance a 50 watos un gradiente medio de 25 mmHg o que incremente su valor basal de GMM en 17 mmHg presenta una respuesta hemodinámica al esfuerzo severamente anormal. El nivel que define una respuesta hemodinámica severa no está establecido, aunque recientemente se han expresado

unos valores indicadores de severidad hemodinámica en la EM²⁴.

Implicaciones clínicas

En pacientes con EM se ha comprobado que existe una falta de correlación entre el área mitral en reposo y la capacidad funcional²⁵, de tal forma que hay pacientes con EM severa y grado funcional conservado, habitualmente más del 20% en series de valvuloplastia o cirugía^{26,27}. En estos pacientes, con área valvular en reposo entre 1,2 y 1,6 cm², se puede realizar un Doppler de esfuerzo con el objeto de documentar individualmente la repercusión hemodinámica de su lesión y si se obtienen signos de severidad hemodinámica estaría justificada la realización de procedimientos intervencionistas. En nuestro grupo 5 pacientes con área en reposo de 1,2 a 1,6 cm² alcanzaron un GMM mayor de 20 mmHg (fig. 3). Además, hay pacientes con EM cuya actividad diaria puede requerir esfuerzo físico importante y si se confirma un perfil hemodinámico de severidad se debería considerar la indicación de valvuloplastia. Como se ha comunicado, el Doppler de esfuerzo debería realizarse para la interpretación de los síntomas en los pacientes con EM y disociación entre los hallazgos clínicos y anatómicos⁸.

La utilización de la respuesta al esfuerzo de la PSAP en la definición de severidad hemodinámica no parece tan clara, como en el caso de los gradientes, ya que pacientes con EM ligera pueden incrementar su valor a cifras altas y pacientes con prótesis normofuncionantes elevan de forma significativamente la PSAP si basalmente la tienen elevada.

Limitaciones

El grupo estudiado por nosotros no fue consecutivo y se utilizó como criterio de inclusión la presencia de un estudio ecocardiográfico basal de aceptable calidad técnica, pero seguramente nuestros hallazgos son aplicables a cualquier paciente con EM.

Se ha usado el método de hemipresión para el cálculo del área mitral en reposo, con conocidas limitaciones, aunque nuestros pacientes no presentaban las más importantes (presencia de insuficiencia aórtica significativa o valvuloplastia muy reciente).

El grado de regurgitación mitral asociada se definió por ecocardiografía Doppler color transtorácica, no realizándose de forma sistemática ECO transesofágico, que hubiera delimitado mejor el grado de regurgitación. Se desconoce la influencia que cuantitativamente puede representar la presencia de una regurgitación mitral en el incremento del gradiente transmitral, pero en un reciente estudio en pacientes con doble lesión mitral ligera, se pudo comprobar un escaso incremento del gradiente, pese a desarrollar en algunos casos regurgitaciones mitrales severas²⁸.

La realización de la técnica requiere experiencia en el uso del Doppler continuo ciego, cierto grado de infraestructura tecnológica y un empleo de tiempo muy superior al utilizado en la ejecución de un estudio convencional.

CONCLUSIONES

El Doppler de esfuerzo permite definir un perfil hemodinámico diferente en los pacientes con EM severa, y puede utilizarse como indicador aislado de severidad en la estenosis mitral. La respuesta al esfuerzo proporciona información muy valiosa en la indicación de procedimientos intervencionistas en pacientes con estenosis mitral.

BIBLIOGRAFÍA

- Sagar KB, Wann S, Paulson WHJ, Lewis S. Role of exercise Doppler echocardiography in isolated mitral stenosis. *Chest* 1987; 92: 27-30.
- Parris TM, McAllister M, Ross JJ, Mintz GS. Doppler-Echocardiographic evaluation of left atrial contribution to left ventricular filling in mitral stenosis at rest and during exercise. *Am J Cardiol* 1989; 64: 1.058-1.060.
- Braverman AC, Thomas JD, Lee RT. Doppler echocardiographic estimation of mitral valve area during changing hemodynamic conditions. *Am J Cardiol* 1991; 68: 1.485-1.490.
- Leavitt JJ, Coats MH, Falk RH. Effects of exercise on transmitral gradient and pulmonary artery pressure in patients with mitral stenosis or a prosthetic mitral valve: a Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 1.520-1.526.
- Dahan M, Paillole C, Martin D, Gourgon R. Determinants of stroke volume response to exercise in patients with mitral stenosis: a Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1994; 21: 384-389.
- Voelker W, Berner A, Regele B, Schmid M, Dittmann H, Stötzer T et al. Effect of exercise on valvular resistance in patients with mitral stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 777-782.
- Tamai J, Nagata S, Akaike M, Ishikura F, Kimura K, Takamiya M et al. Improvement in mitral flow dynamics during exercise after percutaneous transvenous mitral commissurotomy. Noninvasive evaluation using continuous wave Doppler technique. *Circulation* 1990; 81: 46-51.
- Tunick PA, Freedberg RS, Gargiulo A, Kronzon I. Exercise Doppler echocardiography as an aid to clinical decision making in mitral valve disease. *J Am Soc Echocardiogr* 1992; 5: 225-230.
- Hatle L, Angelsen B. Doppler ultrasound in cardiology. Second edition. Filadelfia: Lea & Febiger, 1985; 117.
- Criteria Committee of the New York Heart Association. Diseases of the heart and blood vessels: nomenclature and criteria for diagnosis. Boston: Little, Brown & Company, 1964; 224.
- Hatle L, Angelsen B, Tromsdal A. Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half time by Doppler ultrasound. *Circulation* 1979; 60: 1.096-1.104.
- Currie PJ, Seward JB, Chan K-L, Fyfe DA, Hagler DJ, Mair DD et al. Continuous wave Doppler determination of right ventricular pressure: a simultaneous Doppler catheterization study in 127 patients. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 750-759.
- Voelker W, Jacksch R, Dittmann H, Schmidt A, Mauser M, Karsch KR. Validation of continuous-wave Doppler measurements of mitral valve gradients during exercise - a simultaneous Doppler-catheter study. *Eur Heart J* 1989; 10: 737-746.
- Reisner SA, Lichtenberg GS, Shapiro JR, Schwarz KQ, Meltzer RS. Exercise Doppler echocardiography in patients with mitral prosthetic valves. *Am Heart J* 1989; 118: 755-759.
- Tatineni S, Barner HB, Pearson AC, Halbe D, Woodruff R, Labovitz AJ. Rest and exercise evaluation of St. Jude Medical and Medtronic Hall prostheses. Influence of primary lesion, valvular type, valvular size, and left ventricular function. *Circulation* 1989; 80 (Supl 1): 16-23.
- Himelman RB, Stulbarg M, Kircher B, Lee E, Kee L, Dean NC et al. Noninvasive evaluation of pulmonary artery pressure during exercise by saline-enhanced Doppler echocardiography in chronic pulmonary disease. *Circulation* 1989; 79: 863-871.
- Martin RP, Rakowski H, Kleiman JG, Beaver W, London E, Popp RL. Reliability and reproducibility of two dimensional echocardiographic measurement of the stenotic mitral valve orifice area. *Am J Cardiol* 1979; 43: 560-568.
- Nakatani S, Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A, Fujii K, Kamada T. Value and limitations of Doppler echocardiography in the quantification of stenotic mitral valve area: comparison of the pressure half time and the continuity equation methods. *Circulation* 1988; 77: 78-85.
- Rodríguez L, Thomas JD, Monterroso V, Weyman AE, Harrigan P, Mueller L et al. Validation of the proximal flow convergence method. Calculation of orifice area in patients with mitral stenosis. *Circulation* 1993; 88: 1.157-1.165.
- Moro E, Nicolosi GL, Zanuttini D, Cervasato E, Roelandt J. Influence of aortic regurgitation on the assessment of the pressure half-time and derived mitral-valve area in patients with mitral stenosis. *Eur Heart J* 1988; 9: 879-886.
- Thomas JD, Wilkins GT, Choong CYP, Abascal VM, Palacios IF, Block PC et al. Inaccuracy of mitral pressure half-time immediately after percutaneous mitral valvulotomy: dependence on transmitral gradient and left atrial and ventricular compliance. *Circulation* 1988; 78: 980-993.
- Rijsterborgh H, Mayala A, Forster T, Vletter W, Van der Borden B, Sutherland GR et al. The reproducibility of continuous wave Doppler measurements in the assessment of mitral stenosis or mitral prosthetic function: the relative contributions of heart rate, respiration, observer variability and their clinical relevance. *Eur Heart J* 1990; 11: 592-600.
- Voelker W, Regele B, Dittmann H, Mauser M, Ickrath O, Schmid M et al. Effect of heart rate on transmitral flow velocity profile and Doppler measurements of mitral valve area in patients with mitral stenosis. *Eur Heart J* 1992; 13: 152-159.
- Cheitlin MD, Douglas PS, Parmley WW. Task Force 2: acquired valvular heart disease. Recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 874-880.
- Cohen-Solal A, Aupetit JF, Dahan M, Baleynaud S, Slama M, Gourgon R. Peak oxygen uptake during exercise in mitral stenosis with sinus rhythm or atrial fibrillation: lack of correlation with valve area. A study in 70 patients. *Eur Heart J* 1994; 15: 37-44.
- Block PC, Palacios IF, Block EH, Murat Tuzcu E, Griffin B. Late (two-year) follow-up after percutaneous balloon mitral valvotomy. *Am J Cardiol* 1992; 69: 537-541.
- Hickey MJ, Blackstone EH, Kirklin JW, Dean LS. Outcome probabilities and life history after surgical mitral commissurotomy: implications for balloon commissurotomy. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 29-42.
- Tischler MD, Battle RW, Saha M, Niggel J, LeWinter MM. Observations suggesting a high incidence of exercise-induced severe mitral regurgitation in patients with mild rheumatic mitral valve disease at rest. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 128-133.