

Estudio comparativo entre métodos ecocardiográficos y de resonancia magnética en el cálculo de la masa ventricular izquierda

Guillem Pons Lladó, Francesc Carreras, Xavier Borrás, Jaume Llauger* y Jaume Palmer*

Sección de Imagen Cardíaca. Servicios de Cardiología y *Radiodiagnóstico. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

Introducción y objetivos. La ecocardiografía es el método más utilizado para el cálculo de la masa ventricular izquierda, aunque la resonancia magnética se considera actualmente la técnica de referencia. El presente estudio compara la ecocardiografía en modo M con la resonancia magnética, estudiándose además la utilidad de un método simplificado de cálculo por resonancia magnética.

Métodos. En 42 pacientes se determinó la masa ventricular izquierda por ecocardiografía en modo M, por las fórmulas denominadas de Penn y de la Sociedad Americana de Ecocardiografía, así como por resonancia magnética, aplicando un método anatómico (sumación de cortes transversales múltiples ventriculares), considerado de referencia, y un método geométrico (planimetría de un corte simple longitudinal).

Resultados. La ecocardiografía resultó técnicamente inadecuada para el cálculo en 3/42 pacientes (7%), mientras que por resonancia fue posible en todos los casos. La correlación entre los métodos ecocardiográficos y el método anatómico de resonancia presentó coeficientes $r = 0,70$ (método de Penn) y $r = 0,71$ (Sociedad Americana de Ecocardiografía), con una sobrestimación sistemática del valor de la masa, particularmente con el método de Penn. Asimismo, el método geométrico de resonancia ofreció una excelente correlación con el método anatómico ($r = 0,93$).

Conclusiones. La aplicabilidad de la resonancia para el cálculo de la masa ventricular izquierda es superior a la de la ecocardiografía en modo M, cuyos valores sobrestiman las determinaciones de la primera, particularmente con el método de Penn. El método simplificado de cálculo geométrico de la masa por resonancia magnética constituye una alternativa válida al método anatómico.

Palabras clave: *Ecocardiografía. Resonancia magnética nuclear. Ventrículo.*

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 22-28)

El proyecto del presente trabajo obtuvo la Beca de Investigación sobre Métodos Diagnósticos en Cardiología Schering Plough, concedida por la Sociedad Española de Cardiología en 1998.

Correspondencia: Dr. G. Pons Lladó.
Sección de Imagen Cardíaca. Servicio de Cardiología.
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.
P. Claret, 167. 08025 Barcelona.
Correo electrónico: gponsl@meditex.es

Recibido el 10 de abril del 2000.

Aceptado para su publicación el 18 de julio del 2000.

Echocardiography and Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Left Ventricular Mass: A Comparative Study

Aim of the study. Echocardiography is a widely applied technique for the estimation of left ventricular mass, although magnetic resonance is considered as a reference method for this purpose. Both techniques were compared in the present study and the usefulness of a simplified method of calculation by magnetic resonance was also tested.

Methods. Left ventricular mass was determined in 42 patients by M-mode echocardiography by the application of two equations: the so-called Penn's convention and that proposed by the American Society of Echocardiography. Magnetic resonance studies were also performed, left ventricular mass being estimated from an anatomical method (summation of contiguous transverse ventricular slices) that was considered as a reference, and also by means of a geometrical method (planimetry on a single longitudinal view).

Results. Echocardiographic studies were judged as technically inadequate in 3/42 (7%) patients, while magnetic resonance was performed in all cases. Comparison between each echocardiographic method and the anatomical method of magnetic resonance showed a coefficient correlation of $r = 0.70$ (Penn's convention formula), and $r = 0.71$ (American Society of Echocardiography), with an overestimation being observed, particularly with Penn's convention method. The geometrical method of magnetic resonance showed an excellent correlation with the anatomical technique ($r = 0.93$).

Conclusions. Magnetic resonance is more applicable for the estimation of left ventricular mass than M-mode echocardiography, with the latter showing an overestimation when compared with magnetic resonance, particularly with the Penn's convention method. A simplified method of geometrical estimation of left ventricular mass by magnetic resonance is a reliable alternative to the anatomical method.

Key words: *Echocardiography. Magnetic resonance. Ventricles.*

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 22-28)

ABREVIATURAS

DVI: diámetro ventricular izquierdo.
 MVI: masa ventricular izquierda.
 PPVI: pared posterior ventricular izquierda.
 RM: resonancia magnética.
 TIV: tabique interventricular

INTRODUCCIÓN

La determinación de la masa ventricular izquierda (MVI) es una medida que se realiza de forma habitual en ecocardiografía clínica. La exactitud de los métodos aplicados para ello fue establecida en trabajos pioneros por medio de comparaciones anatómicas¹. La simplicidad de estos cálculos, que requieren tan sólo de mediciones practicadas sobre registros en modo M, propició su rápida difusión en un buen número de estudios clínicos, particularmente en aquellos sobre pacientes con hipertrofia ventricular². Aunque la fórmula inicialmente propuesta¹ fue refinada con posterioridad³, existen limitaciones del método que persisten, debidas sobre todo a que se deben asumir determinadas condiciones geométricas, lo que puede conducir a errores considerables en aquellos casos con una manifiesta distorsión de la forma del ventrículo izquierdo. Aunque la determinación de la MVI por medio de la eco bidimensional debería obviar esta limitación⁴, lo cierto es que el método requiere una perfecta delimitación de los contornos endo y epicárdico del ventrículo izquierdo, lo que no siempre resulta factible debido a limitaciones en la ventana ecográfica, por lo que, en la práctica, los métodos basados en la eco bidimensional no aventajan a los de la técnica en modo M⁵.

La técnica de la resonancia magnética (RM) es relativamente nueva en cuanto a sus aplicaciones cardíacas⁶, aunque ha encontrado ya su lugar entre los métodos de diagnóstico por imagen en cardiología, existiendo en la actualidad indicaciones precisas para su práctica⁷. De entre sus ventajas para el estudio de las estructuras cardiovasculares destacan la posibilidad de obtener imágenes tanto estáticas como dinámicas del corazón, con un excelente grado de resolución, el amplio campo de visión que permite, y la ausencia de interferencias debidas a las estructuras anatómicas circundantes. En el caso del cálculo de la MVI, la RM tiene otra interesante característica adicional, como es la posibilidad de obtener dicha medición sin asumir determinadas formas geométricas del ventrículo, determinando simplemente el volumen del miocardio en cortes transversales contiguos que abarcan toda la extensión del ventrículo izquierdo, desde la base hasta la punta, la suma aritmética de los cuales permite una determinación verdaderamente anatómica de la MVI.

Los estudios llevados a cabo aplicando esta técnica han demostrado excelentes resultados^{8,9}, y en la actualidad se considera un auténtico patrón de referencia¹⁰, pese al tiempo relativamente largo que requiere el estudio, por lo menos con los sistemas de RM de las primeras generaciones.

Los objetivos del presente estudio fueron: *a)* determinar la exactitud de los métodos de ecocardiografía en modo M corrientemente aplicados en la práctica para el cálculo de la MVI, en concreto el que aplica la fórmula de la denominada convención de Penn¹ y el que sigue la fórmula propuesta por la Sociedad Americana de Ecocardiografía³, utilizando como método de referencia para ello una técnica de cálculo anatómico de la MVI por RM basada en la sumación de cortes contiguos en planos transversales del ventrículo izquierdo, y *b)* estudiar el valor de un método simplificado de RM basado en la planimetría de las áreas endo y epicárdica sobre un plano longitudinal simple del ventrículo izquierdo, obteniéndose la MVI por la aplicación de una fórmula geométrica de cálculo de volumen, al igual que en la técnica de eco bidimensional.

MÉTODOS**Pacientes del estudio**

Los estudios de eco y de RM se practicaron con menos de un mes de intervalo en una serie de pacientes consecutivos, no seleccionados, que habían sido programados para estudio diagnóstico de RM cardiovascular por diferentes causas, y a quienes el protocolo de estudio para el cálculo de la MVI por RM se practicó adicionalmente a las secuencias que requería el examen de su caso particular.

Se estudió a un total de 42 pacientes, 33 varones y 9 mujeres, con edades comprendidas entre 13 y 85 años (media, 48 ± 18) y con los siguientes diagnósticos: 10 con hipertrofia ventricular izquierda simétrica por cardiopatía hipertensiva (ocho) o por valvulopatía aórtica (dos); nueve con miocardiopatía hipertrófica de tipo asimétrico; ocho con cardiopatía isquémica, incluyendo un infarto de miocardio previo; siete con corazón estructuralmente normal, estudiados por patología aórtica, y ocho con una miscelánea de afecciones, incluyendo pericarditis (dos), miocardiopatía dilatada (dos), restrictiva (uno), tumor auricular (uno), comunicación interventricular (uno) y tetralogía de Fallot (uno). Todos los pacientes se hallaban en ritmo sinusal en el momento de la exploración.

Estudios ecocardiográficos

Se practicaron registros en modo M guiados por eco 2D en el ventrículo izquierdo por medio de un equipo Ultramark-9 HDI (Advanced Technology Laboratories, Bothell, Washington). Se obtuvo la media de tres

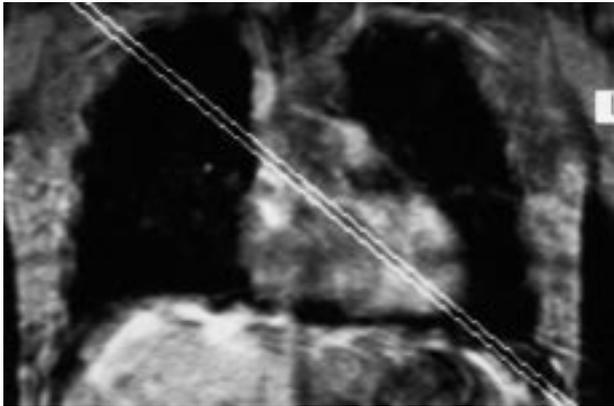


Fig. 1. Plano localizador coronal sobre el que se ha programado una secuencia de un corte orientada sobre un teórico plano longitudinal del ventrículo izquierdo, para lo que se alinea de forma que atraviese la región del ápex y la de la base ventricular.

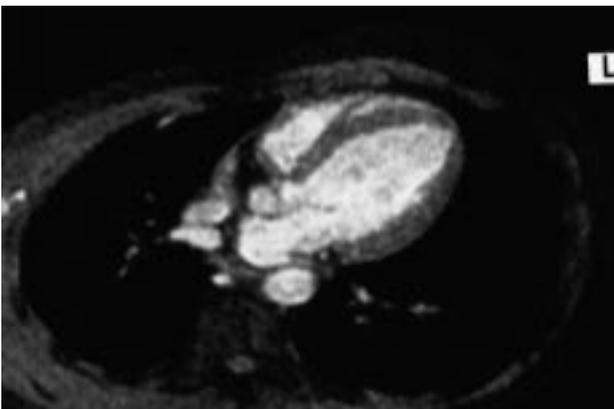


Fig. 2. Imagen obtenida con la programación que se muestra en la figura 1: se trata de una secuencia en técnica *gradient-echo* rápida por segmentación del espacio k, con respiración contenida, con un tiempo de obtención inferior a 20 s, que corresponde al tiempo telediastólico ventricular, ya que se sincroniza con la onda R del electrocardiograma; en ella se presenta el ventrículo izquierdo en un plano longitudinal, identificándose claramente los bordes endo y epicárdico.

determinaciones, practicadas coincidiendo con el pico de la onda R del electrocardiograma, del grosor del tabique interventricular (TIV) y de la pared posterior ventricular izquierda (PPVI), excluyendo los ecos endocárdicos de ambas estructuras, así como del diámetro ventricular izquierdo (DVI), en este caso incluyendo los ecos endocárdicos septal izquierdo y de la pared posterior. Las mediciones se llevaron a cabo utilizando los cursores electrónicos del equipo. A partir de estos valores se calculó la MVI por el denominado método de Penn¹, que aplica la siguiente fórmula:

$$MVI = 1,04 [(TIV + DVI + PPVI)^3 - DVI^3] - 13,6$$

Asimismo, se obtuvieron los mismos parámetros por medio de la metodología que se aplica en la fórmula de la Sociedad Americana de Ecocardiografía³,

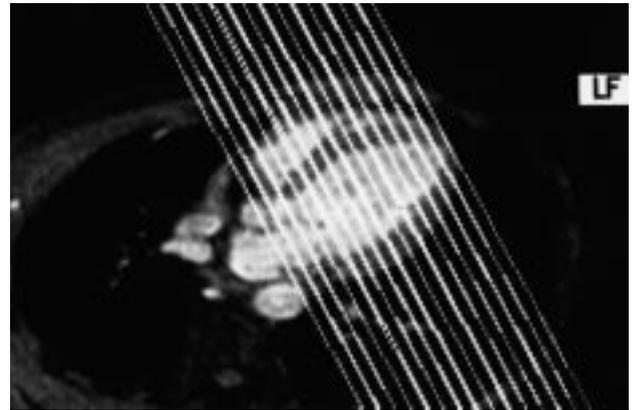


Fig. 3. Programación de una secuencia *spin-echo* T1 multicorte sobre la imagen de la figura 2, cubriendo toda la extensión del ventrículo izquierdo en cortes transversales.

en la cual en el grosor del TIV y de la PPVI se incluyen los ecos endocárdicos de ambas estructuras, mientras que en el DVI se excluyen ambos. La ecuación que se aplica en este caso es la siguiente:

$$MVI = 0,8 [1,04 (TIV + DVI + PPVI)^3 - DVI^3] + 0,6$$

Estudios de resonancia magnética

El examen de RM se practicó con un equipo Magnetom (Siemens, Erlangen, Alemania) de 1 tesla de potencia de campo, aplicando el siguiente protocolo: tras la obtención de un plano localizador coronal, se obtuvo una secuencia de un plano simple en técnica *gradient-echo* rápida por segmentación del espacio k con respiración contenida, sincronizada con la onda R del electrocardiograma del paciente y orientada de forma que interseccionara el ápex ventricular y la región de la base de la cavidad aproximadamente en su punto medio (fig. 1). Esto permitió obtener un corte longitudinal del ventrículo izquierdo (fig. 2) sobre el que se programó una secuencia *spin-echo* T1 sincronizada con el electrocardiograma y orientada transversalmente sobre el ventrículo izquierdo, cubriendo toda su extensión (fig. 3). Los parámetros utilizados en esta secuencia fueron: tiempo de repetición igual al intervalo R-R del electrocardiograma (menos 100 ms); tiempo de eco: 30 ms; grosor del corte: 8 mm; espacio intercorte: 0 mm; campo de visión: 320 mm. Esto permitió la obtención de una serie de entre 8 y 10 cortes, dependiendo del tiempo de repetición y, por tanto, de la frecuencia cardíaca del paciente, cada uno de ellos correspondiendo a un plano transversal del ventrículo izquierdo a diferente altura, desde la base hasta el ápex ventricular (fig. 4).

Una vez completado este protocolo, cuya obtención se prolongó por espacio de 20 min como máximo en cada paciente, las imágenes se almacenaron en cinta magnética de vídeo, para ser posteriormente digitali-

zadas por medio de un sistema informático dedicado (Image Vue DCR, 1.50, Nova Microsonics, Mahwah, Nueva Jersey), donde se trazaron los bordes endo y epicárdicos del ventrículo izquierdo en cada corte transversal. La simple sustracción del área endocárdica de la epicárdica permitió la obtención del área del miocardio y, a partir de ella, de la MVI por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{MVI} = \Sigma 1,05 (\text{área miocárdica} \times \text{grosor del corte})$$

A efectos de obtener la MVI por medio de un método de RM alternativo simplificado, se digitalizó asimismo el plano longitudinal ventricular izquierdo obtenido en el protocolo descrito (fig. 2), calculándose sobre él la MVI por la aplicación de una fórmula geométrica basada en la regla de Simpson que requiere únicamente trazar el área endo y epicárdica del miocardio del ventrículo, de forma idéntica a como se realiza la determinación por medio de la ecocardiografía bidimensional.

Análisis estadístico

Las determinaciones de eco y de RM fueron practicadas por dos observadores independientes. Se describen las variables como media (desviación estándar). La comparación entre los valores de MVI calculados por los diferentes métodos se realizó con el test de la *t* de Student, calculándose la diferencia entre métodos, así como el intervalo de confianza (IC) del 95%. Se aplicó la corrección de Bonferroni. Se demostró la normalidad de la distribución de las variables de cálculo de la masa a través del test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors para muestras menores de 50 casos. En las variables que no demostraron ausencia de normalidad, se estudió la relación entre las mismas con el coeficiente de correlación lineal de Pearson. La única variable con distribución no normal fue el cálculo de la MVI por RM mediante el método geométrico, por lo que la correlación entre dicha variable y el cálculo de la MVI por el método anatómico de RM se realizó a través del coeficiente de correlación de Spearman. Se estudió la concordancia entre la masa ventricular determinada por los diferentes métodos a través del coeficiente de correlación intraclase derivado del análisis de la variancia de 2 vías para observadores escogidos al azar (modelo *random*)¹¹. La interpretación del coeficiente de correlación intraclase se realizó asimilándolo a los valores de correlación lineal. Se consideraron estadísticamente significativos valores de *p* menores de 0,05.

RESULTADOS

Eco frente a resonancia magnética (tabla 1)

En 3 de los 42 pacientes estudiados (7%) el examen ecocardiográfico se consideró técnicamente inadecua-

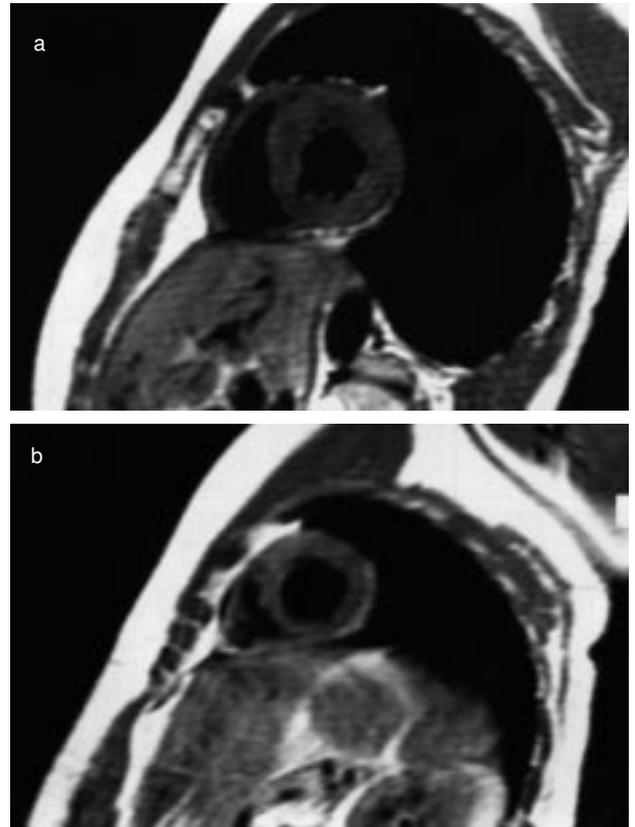


Fig. 4. Planos de la secuencia transversal en *spin-echo* T1 programada según se muestra en la figura 3, correspondientes a las regiones medio-basal (a) y medio-apical (b).

do para los propósitos del estudio, mientras que el examen de RM pudo ser obtenido satisfactoriamente en todos los pacientes. La MVI media obtenida por el método de Penn fue de 283 (97) g, y de 240 (79) g por el de la Sociedad Americana de Ecocardiografía, con una diferencia entre ambos estadísticamente significativa (IC del 95%: 35-52 g; *p* < 0,001). La media de la MVI por el método de RM anatómico de sumación de cortes contiguos fue de 195 (63) g. La MVI determinada por el método de Penn fue superior en 88 g (IC del 95%: 64-110 g; *p* < 0,001) a la estimación por RM, y la determinada por el método de la Sociedad Americana de Ecocardiografía fue superior a la medida de RM en 44 g (IC del 95%: 25-62 g; *p* < 0,001).

La comparación entre el método de Penn y la RM (fig. 5) mostró una correlación de *r* = 0,70, y un coeficiente de correlación intraclase de *r* = 0,42. Entre los métodos de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y de RM (fig. 6), se observó una correlación de *r* = 0,71, y un coeficiente de correlación intraclase de *r* = 0,59.

Métodos anatómico y geométrico de resonancia magnética

En los 42 pacientes estudiados por RM, la comparación de la MVI calculada por ambos métodos (fig. 7)

TABLA 1. Características clínicas de los pacientes del estudio y valores de la masa ventricular izquierda obtenidos por los dos métodos de eco y por el método anatómico de resonancia magnética (RM)

Caso	Edad (años)	Diagnóstico	ECO (Penn)	ECO (SAE)	RM
1	32	Tumor	243	206	198
2	35	CI	183	158	138
3	30	VA	288	242	226
4	34	Tetralogía de Fallot	322	269	172
5	74	CI	408	338	329
6	65	CI	294	246	299
7	65	Hipertensión	211	249	200
8	39	Normal	179	155	138
9	62	CI	244	207	205
10	59	Pericarditis	89	70	74
11	73	MH	392	325	154
12	61	Hipertensión	-	-	177
13	21	Hipertensión	199	171	171
14	70	MD	297	249	185
15	85	Hipertensión	283	238	170
16	62	VA	279	235	131
17	31	Normal	180	156	135
18	31	Normal	270	225	285
19	56	CI	192	165	106
20	55	MH	231	198	161
21	41	MH	360	301	200
22	33	MR	266	224	164
23	61	CI	232	197	185
24	13	CIV	85	81	94
25	60	CI	-	-	167
26	68	MH	492	405	294
27	52	Hipertensión	266	225	186
28	45	MH	353	295	189
29	52	MH	384	320	132
30	71	Hipertensión	272	229	236
31	60	MH	553	454	371
32	59	MH	369	307	165
33	40	Hipertensión	-	-	202
34	27	Normal	333	278	233
35	20	Normal	211	185	204
36	33	Hipertensión	353	292	280
37	27	Normal	366	304	292
38	34	MH	397	327	227
39	33	MD	258	217	215
40	72	CI	344	287	205
41	70	Normal	219	187	163
42	29	Pericarditis	154	135	132

SAE: Sociedad Americana de Ecocardiografía; CI: cardiopatía isquémica; VA: valvulopatía aórtica; MH: miocardiopatía hipertrófica; MD: miocardiopatía dilatada; MR: miocardiopatía restrictiva; CIV: comunicación interventricular.

ofreció unos valores excelentes tanto de correlación ($r = 0,93$; $p < 0,001$) como de coeficiente de correlación intraclase ($r = 0,91$; $p < 0,001$). La diferencia entre la MVI determinada por ambos métodos no fue estadísticamente significativa (6 g; IC del 95%, -3-14 g; $p = 0,2$).

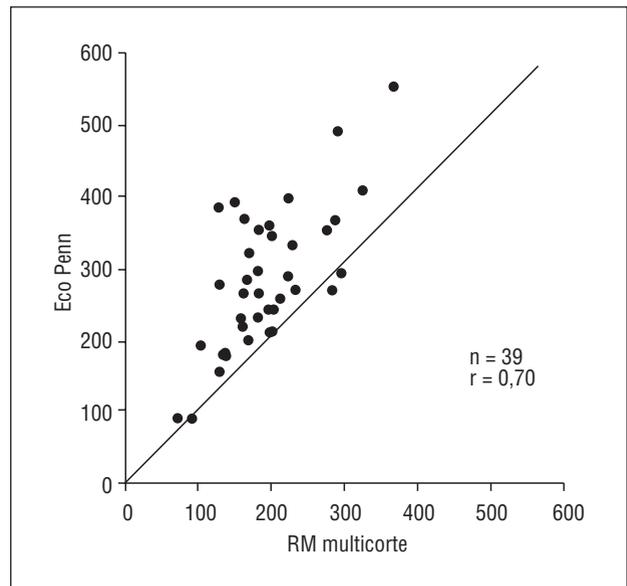


Fig. 5. Correlación entre la masa ventricular izquierda determinada por ecocardiografía por el método de Penn y por resonancia magnética (RM) en técnica de cortes múltiples transversales.

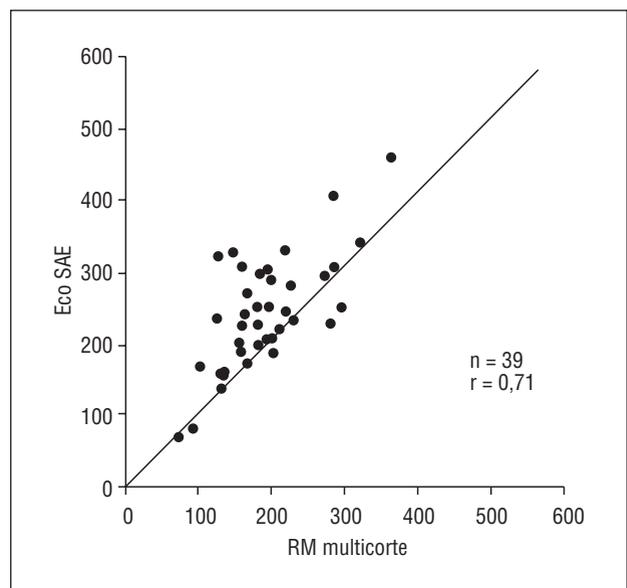


Fig. 6. Correlación entre la masa ventricular izquierda determinada por ecocardiografía por el método de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (SAE) y por resonancia magnética (RM) en técnica de cortes múltiples transversales.

DISCUSIÓN

La MVI es el parámetro que define la presencia y el grado de hipertrofia ventricular izquierda, la cual, a su vez, tiene importantes implicaciones en el pronóstico y en la actitud terapéutica de un buen número de procesos cardiovasculares¹². Aunque la mayoría de métodos diagnósticos por imagen han sido aplicados para el cálculo de la MVI, tan sólo la ecocardiografía, por ra-

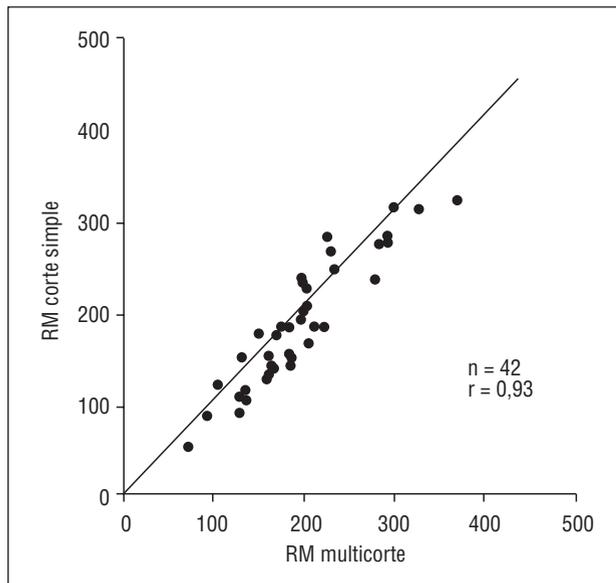


Fig. 7. Correlación entre la masa ventricular izquierda determinada por resonancia magnética (RM) por medio de planimetría sobre un corte único longitudinal y por la técnica de cortes múltiples transversales.

zón de su sencillez y amplia disponibilidad, y últimamente la RM, por su demostrada resolución, gozan de aceptación en la práctica clínica.

Los resultados del presente estudio demuestran un limitado grado de exactitud de los métodos de ecocardiografía en modo M habitualmente utilizados en la práctica para la determinación de la MVI con respecto al método de RM que aplica la determinación directa, anatómica, sobre cortes contiguos de toda la extensión del ventrículo izquierdo. Existen, además, aspectos de estos resultados que interesa comentar. En primer lugar, cabe mencionar el hecho de que las determinaciones por eco no se pudieran practicar en una pequeña proporción de pacientes (7%) por dificultades técnicas, una limitación, por otra parte, conocida de la ecocardiografía. En segundo lugar, el método de eco que utiliza la fórmula de la Sociedad Americana de Ecocardiografía tiene una mejor concordancia que el de Penn, lo que concuerda con estudios previos realizados con comparación anatómica, donde ya el primero demostró mayor exactitud que el segundo^{1,3}. Finalmente, es de destacar que, incluso aplicando el método de la Sociedad Americana de Ecocardiografía, existe una sobrestimación sistemática de la MVI obtenida por RM, una observación también coincidente con otros estudios previos¹³. En nuestro grupo de estudio, dicha sobrestimación fue superior en un 50% al valor obtenido por RM en 7 pacientes, si bien en estos casos se trataba de enfermos con hipertrofia septal asimétrica, por miocardiopatía en cuatro de ellos (casos 11, 21, 29 y 32) y por una tetralogía de Fallot en uno (caso 4), mientras que en los restantes existía una notable distorsión de la morfología del ventrículo izquierdo, por

un infarto de miocardio extenso previo (caso 19) y por una dilatación importante del ventrículo izquierdo en un paciente con insuficiencia aórtica (caso 16) (tabla 1). Todas estas situaciones, de hecho, explican la gran discrepancia en el cálculo de la MVI por el método eco en modo M, en cuyas fórmulas se asume una forma geométrica regular del ventrículo, que no es el caso en dichos pacientes.

La técnica de la RM que utiliza para el cálculo de la MVI la sumación de cortes contiguos se considera, dado su carácter prácticamente anatómico, por contraposición a los métodos que aplican fórmulas en las que se asume una determinada forma geométrica del ventrículo izquierdo, como de referencia¹⁰. Su obtención en la práctica, no obstante, requiere la aplicación de un estricto protocolo. Así, dado que el corazón no se halla normalmente orientado en ninguno de los planos naturales del organismo (axial, sagital y coronal), es preciso obtener un plano de RM alineado en el eje longitudinal verdadero del ventrículo izquierdo por medio de una orientación oblicua (fig. 2) sobre el cual pueda programarse finalmente una secuencia de cortes transversales paralelos (fig. 3). Una potencial limitación de este método deriva del hecho de que, en virtud de las características de las secuencias de cortes múltiples simultáneos en técnica *spin-echo*, cada uno de los cortes transversales resultantes corresponde a una fase diferente del ciclo cardíaco, con lo que algunos de ellos son sistólicos y otros diastólicos, lo cual teóricamente podría introducir errores al sumar los volúmenes parciales del miocardio para el cálculo de la MVI. Este aspecto ha sido estudiado, tanto en series de animales¹⁰ como en el ser humano¹⁴, y se ha concluido que el pequeño error que pudiera introducirse por ello en el cálculo es, de hecho, despreciable. Por otra parte, el desarrollo de secuencias más rápidas en los equipos de RM¹⁵ permite actualmente obtener series de cortes transversales simultáneos del ventrículo sincronizados todos ellos con la diástole ventricular en un tiempo incluso inferior al necesario para una secuencia *spin-echo* convencional, lo que elimina esta potencial fuente de error.

La segunda parte de este estudio, en la que se comparó un método simplificado de RM para el cálculo de la MVI por medio de la planimetría del área miocárdica en un corte longitudinal ventricular con el método anatómico de cortes simultáneos, demostró la excelente aplicabilidad de esta alternativa, lo que confirma, de hecho, la exactitud de los cálculos geométricos que aplican la fórmula de Simpson. Aunque la medición es comparable a la utilizada en el caso de la ecocardiografía bidimensional, la ausencia en las imágenes de RM de las frecuentes interferencias que impiden en la eco una adecuada definición de los bordes endo y epicárdico del ventrículo izquierdo hace que el método sea, en el caso de la RM, más aplicable en la práctica.

Desde un punto de vista práctico, puede plantearse si, a pesar de sus ventajas, está justificada la práctica de una RM con el único objetivo de determinar la MVI. La respuesta es probablemente no, en el caso del paciente individual, ya que disponer de una medida particularmente exacta y fiable de dicho parámetro no debe repercutir de forma sensible en su abordaje clínico. Diferente cuestión es el estudio de grupos de población, particularmente aquellos en que interesa un seguimiento para detectar eventuales cambios del grado de hipertrofia ventricular. La técnica de la RM resulta entonces idónea, habiéndose demostrado en estudios de reproducibilidad¹⁶ que su utilización comporta un ahorro considerable del número de observaciones requeridas, en comparación con la ecocardiografía, para alcanzar objetivos similares. Queda por establecer el valor de nuevas técnicas ultrasónicas prometedoras, como la ecocardiografía tridimensional, que se ha demostrado de utilidad en la determinación de la MVI, tanto en estudios con correlación anatómica¹⁷ como en otros comparativos con la propia RM¹⁸.

CONCLUSIONES

En conclusión, el cálculo de la MVI por medio de la ecocardiografía en modo M, aunque ampliamente utilizado, se ve restringido, en primer lugar, por limitaciones de orden técnico en una pequeña proporción de pacientes. Asimismo, el método propuesto por la Sociedad Americana de Ecocardiografía, aunque más adecuado que el denominado de Penn, da lugar a una sobrestimación sistemática de los valores obtenidos por RM, que en algunos casos alcanza proporciones inaceptables, concretamente en pacientes con asimetría del grosor parietal o distorsión importante de la morfología del ventrículo izquierdo. La técnica de la RM, por su parte, permite la determinación de la MVI en todos los pacientes por medio de un método de cálculo verdaderamente anatómico de secciones transversales múltiples del ventrículo izquierdo, e incluso por una técnica simplificada de estimación geométrica sobre un corte simple longitudinal ventricular.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Sr. Tomás Gómez, enfermero y técnico de resonancia magnética, su colaboración en la realización de los estudios de resonancia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation* 1977; 55: 613-618.

2. Hammond IW, Devereux RB, Alderman MH, Lutas EM, Spitzer MC, Crowley JS et al. The prevalence and correlates of echocardiographic left ventricular hypertrophy among employed patients with uncomplicated hypertension. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 639-650.
3. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986; 57: 450-458.
4. Schiller NB, Skioldebrand C, Schiller EJ, Mavroudis CC, Silverman NH, Rahimtoola SH et al. Canine left ventricular mass estimation by two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1983; 68: 210-215.
5. Devereux RB. Detection of left ventricular hypertrophy by M-mode echocardiography: anatomic validation, standardization, and comparison to other methods. *Hypertension* 1987; 9 (Supl II): 19-26.
6. Pons Lladó G, Carreras F, Gumá JR, Borrás X, Subirana MT, Llauger J et al. Aplicaciones de la resonancia magnética en cardiología: experiencia inicial en 100 casos. *Rev Esp Cardiol* 1994; 47 (supl 4): 156-165.
7. Pons Lladó G, Carreras Costa F, Castro Beiras A, Ferreirós Domínguez J, Íñiguez Romo A, Jiménez Borreguero LJ et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en resonancia magnética. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 542-559.
8. Florentine MS, Grosskreutz CL, Chang W, Hartnett JA, Dunn VD, Ehrhardt JC et al. Measurement of left ventricular mass in vivo using gated nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1986; 8: 107-112.
9. Katz J, Milliken MC, Stray-Gundersen J, Buja LM, Parkey RW, Mitchell JH et al. Estimation of human myocardial mass with MR imaging. *Radiology* 1988; 169: 495-498.
10. Pattynama PM, Lamb HJ, Van der Velde EA, Van der Wall EE, De Roos A. Left ventricular measurements with cine and spin-echo MR imaging: a study of reproducibility with variance component analysis. *Radiology* 1993; 187: 261-268.
11. Muller R, Buttner P. A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Stat Med* 1994; 13: 2465-2476.
12. Lombera Romero F, Barrios Alonso V, Soria Arcos F, Placer Peralta L, Cruz Fernández JM, Tomás Abadal L et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en hipertensión arterial. *Rev Esp Cardiol* 2000; 53: 66-90.
13. Missouri CG, Forbat SM, Singer DR, Markandu ND, Underwood R, MacGregor GA. Echocardiography overestimates left ventricular mass: a comparative study with magnetic resonance imaging in patients with hypertension. *J Hypertens* 1996; 14: 1005-1010.
14. Shapiro EP, Rogers WJ, Beyar R, Soulen RL, Zerhouni EA, Lima JA et al. Determination of left ventricular mass by magnetic resonance imaging in hearts deformed by acute infarction. *Circulation* 1989; 79: 706-711.
15. Lorenz CH, Walker ES, Morgan VL, Klein SS, Graham TP. Normal human right and left ventricular mass, systolic function, and gender differences by cine magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson* 1999; 1: 7-21.
16. Bottini PB, Carr AA, Prisant LM, Flickinger FW, Allison JD, Gottdiener JS. Magnetic resonance imaging compared to echocardiography to assess left ventricular mass in the hypertensive patient. *Am J Hypertension* 1995; 8: 221-228.
17. Gopal AS, Schnellbaeher MJ, Shen Z, Akinboboye OO, Sapin PM, King DL. Freehand three-dimensional echocardiography for measurement of left ventricular mass: in vivo anatomic validation using explanted human hearts. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 802-810.
18. Gopal AS, Schnellbaeher MJ, Shen Z, Boxt LM, Katz J, King DL. Freehand three-dimensional echocardiography for determination of left ventricular volume and mass in patients with abnormal ventricles: comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 1997; 10: 853-861.