

# Strain por resonancia magnética nuclear en la miocardiopatía hipertrófica

## Strain by Nuclear Magnetic Resonance in Hypertrophic Cardiomyopathy

ESTEBAN LUDUEÑA CLOS<sup>†</sup>, BETTIANA TORTEROLO LOZANO, MARIANO SOTES, SILVIA MAKHOUL, ADRIANA GARCÍA, OSVALDO MANUALE

### RESUMEN

**Introducción:** Se han desarrollado nuevas técnicas para el análisis cuantitativo de la deformación miocárdica por resonancia magnética cardíaca a partir de las secuencias de cine (como el *feature tracking*) o de secuencias con bandas de saturación miocárdica (*tagging*), que permiten una evaluación confiable de la verdadera función sistólica ventricular en pacientes con miocardiopatía hipertrófica.

**Objetivo:** Analizar la función sistólica expresada en la evaluación de la fracción de eyección y de la deformación miocárdica por las nuevas técnicas de análisis en una población con miocardiopatía hipertrófica.

**Material y métodos:** Entre abril de 2009 y abril de 2016 se incluyeron en forma retrospectiva 40 pacientes portadores de miocardiopatía hipertrófica. Se estimaron los espesores parietales y se trazaron los bordes endocárdicos y epicárdicos para el cálculo de volúmenes y masa ventriculares. En los cines y secuencias de *tagging* en 4 cámaras y eje corto se definieron los bordes para el análisis de deformación o *strain* miocárdico por *feature tracking* y *tagging* miocárdico; se obtuvieron valores de *strain* global longitudinal, circunferencial y radial y se establecieron curvas de *strain* segmentario.

**Resultados:** La media de fracción de eyección de la población total fue del  $72\% \pm 9\%$ . En el análisis de deformación miocárdica por *feature tracking* de los cines de 4 cámaras y eje corto, la media del *strain* longitudinal global fue de  $-9,9\% \pm 3\%$ , la del *strain* global circunferencial fue de  $-14\% \pm 5\%$  y la del radial fue de  $33\% \pm 10\%$ . En los valores obtenidos por *tagging* miocárdico, la media del *strain* longitudinal global fue de  $-7\% \pm 3\%$  y la del circunferencial global fue de  $-17\% \pm 3\%$ .

**Conclusiones:** Se estimó una fracción de eyección global conservada en esta población portadora de miocardiopatía hipertrófica, a pesar de presentar una disminución significativa en la deformación miocárdica longitudinal, circunferencial y radial. Es por ello que las nuevas técnicas de análisis por resonancia magnética cardíaca permiten conocer más profundamente la función sistólica real de los portadores de esta enfermedad.

**Palabras clave:** Miocardiopatía hipertrófica - Imagen por resonancia magnética - Miocardio/anormalidades - Cine/métodos

### ABSTRACT

**Background:** New techniques have been developed for the quantitative analysis of myocardial deformation by cardiovascular magnetic resonance from cine-sequences (as feature tracking) or from sequences with myocardial saturation bands (tagging), enabling a reliable evaluation of the true systolic function in patients with hypertrophic cardiomyopathy.

**Objective:** The aim of this study was to assess systolic function expressed as evaluation of ejection fraction and myocardial deformation by new analysis techniques in a population with hypertrophic cardiomyopathy.

**Methods:** Forty patients with hypertrophic cardiomyopathy were retrospectively included in the study between April 2009 and April 2016. Wall thickness values were estimated and endocardial and epicardial borders were traced for calculation of ventricular volumes and mass. Four-chamber and short-axis cine and tagging sequences defined the borders to analyze deformation or myocardial strain by feature tracking and myocardial tagging; values of global longitudinal, circumferential and radial strain were obtained and segmental strain curves were established.

**Results:** Mean ejection fraction in the overall population was  $72\% \pm 9\%$ . In the analysis of myocardial deformation by feature-tracking from 4-chamber and short-axis cine sequences, mean global longitudinal strain was  $-9.9\% \pm 3\%$ , circumferential strain  $-14\% \pm 5\%$  and radial strain  $33\% \pm 10\%$ . In the values obtained by myocardial tagging, mean global longitudinal and circumferential strains were  $-7\% \pm 3\%$  and  $-17\% \pm 3\%$ , respectively.

**Conclusions:** A global preserved ejection fraction was estimated in this population with hypertrophic cardiomyopathy, despite having a significant decrease in longitudinal, circumferential and radial myocardial deformation. That is why the new analysis techniques by cardiac MRI allow a deeper understanding of the real systolic function of the patients suffering from this disease.

**Key words:** Cardiomyopathy, Hypertrophic - Magnetic Resonance Imaging - Myocardium/abnormalities - Cine/methods

REV ARGENT CARDIOL 2016;84:356-360. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v84.i4.8966>

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO: Rev Argent Cardiol 2016;84:XXX-XXX. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v84.i4.9175>

Recibido: 13/05/2016 - Aceptado: 27/06/2016

Dirección para separatas: Esteban Ludueña Clos - Servicio de Cardiología, Hospital Británico de Buenos Aires - Perdriel 74 - CABA - e-mail:estebanlocs@hotmail.com

**Abreviaturas:**

MCH	Miocardopatía hipertrofica	FT-RMC	Feature tracking por resonancia magnética cardíaca
RMC	Resonancia magnética cardíaca	TAGM	Tagging miocárdico

**INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de nuevas técnicas para la evaluación de la deformación miocárdica ha permitido ampliar el horizonte de análisis de varias patologías miocárdicas. Dentro de los precursores en esta área se encuentra el uso de bandas de saturación miocárdicas (*tagging*) en el campo de la resonancia magnética cardíaca (RMC) y los análisis por Doppler tisular o bidimensional por *speckle tracking* en ecocardiografía. La RMC presenta un amplio campo de visión y excelente definición de los bordes miocárdicos respecto del *pool* sanguíneo, lo cual permite obtener imágenes de gran calidad para el estudio anatómico y funcional, como también para la estimación de los volúmenes para el cálculo de la fracción de eyección ventricular izquierda y derecha. Es sabido que la fracción de eyección izquierda puede no ser lo suficientemente sensible para detectar cambios sutiles en la función sistólica ventricular izquierda, en especial en estadios iniciales de una miocardiopatía. (1)

Hasta el presente, en RMC ha existido dificultad en la estimación cuantitativa del grado de deformación miocárdica, que queda condicionado a solo la estimación visual en las secuencias de *tagging* miocárdico (pérdida de la perpendicularidad de la cuadrícula segmentaria). Sin embargo, el desarrollo de nuevos programas informáticos para su análisis ha permitido avanzar de una evaluación meramente cualitativa a un detallado estudio global y segmentario desde el punto de vista cuantitativo.

Recientemente se han desarrollado en RMC nuevas técnicas de evaluación de deformación miocárdica, entre ellas, el análisis por *feature-tracking* (FT-RMC). Este permite la cuantificación de la motilidad y la deformación con secuencias clásicas de cine [*steady state free precession* (SSFP)] a partir del trazado de los bordes endocárdicos y epicárdicos ventriculares. Este tipo de análisis ha sido validado por secuencias de *tagging* miocárdico usando *harmonic phase analysis* (HARM) y *spatial modulation displacement* (SPAMM). (2, 3) Una de sus principales virtudes es el poco tiempo que requiere para realizarlo y su aplicación en las secuencias de cine miocárdico de un estudio convencional de RMC.

La deformación miocárdica puede estimarse longitudinal, circunferencial o radialmente. Existen artículos tanto en ecocardiografía como en resonancia para la estimación de valores normales, con cifras similares en ambas técnicas.

Los valores reportados de deformación ventricular izquierda global en sujetos sanos obtenidos mediante ecocardiografía bidimensional por *speckle tracking* son: longitudinal de  $-21,5\% \pm 2,0\%$ , circunferencial de  $-22,2\% \pm 3,4\%$  y radial de  $40,1\% \pm 11,8\%$ . (4) En

resonancia magnética se han informado por FT-RMC valores de deformación longitudinal de  $-21,3\% \pm 4,8\%$ , circunferencial de  $-26,1\% \pm 3,8\%$  y radial de  $39,8\% \pm 8,3\%$ . (5)

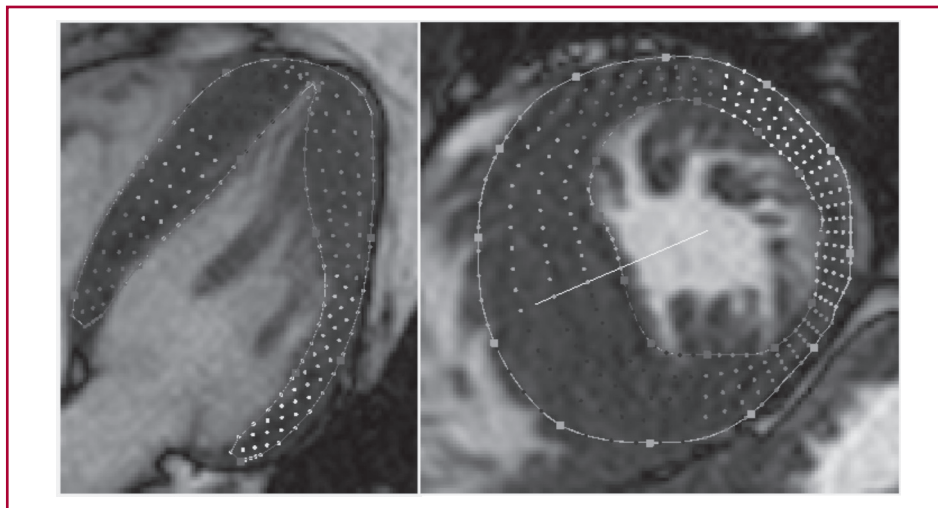
La presencia de proteínas sarcoméricas disfuncionantes, la hipertrofia miocitaria, el desarreglo fibrilar y el desarrollo de fibrosis intersticial interfieren en la mecánica miocárdica sistólica, a pesar de una función sistólica hiperdinámica. (6) Es por ello la gran utilidad de estas técnicas de análisis de deformación miocárdica para desenmascarar y evaluar confiablemente la verdadera función sistólica ventricular. Se ha puesto énfasis en la importancia de la información de este análisis en los diferentes estadios de la enfermedad, muy especialmente en los momentos preclínicos, para una conducta correcta, tanto diagnóstica como terapéutica.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

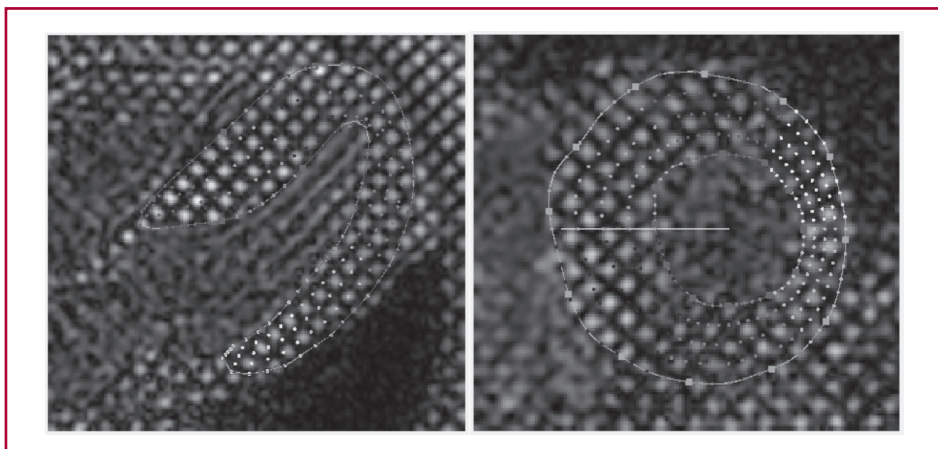
Se incluyeron en forma retrospectiva pacientes con diagnóstico de miocardiopatía hipertrofica (MCH) entre abril de 2009 y abril de 2016, derivados al laboratorio de RMC para completar el diagnóstico, evaluar la extensión de la hipertrofia, excluir otras causas etiológicas de engrosamiento miocárdico, estimar la fracción de eyección (y función sistólica) y determinar la presencia de fibrosis a través de secuencias de realce tardío con gadolinio.

Los estudios se realizaron en dos equipos Achieva de 1.5 Tesla (Philips) del hospital y todas las imágenes se adquirieron mediante una antena de superficie corporal durante apneas repetidas y utilizando sincronización electrocardiográfica y monitorización con navegador respiratorio.

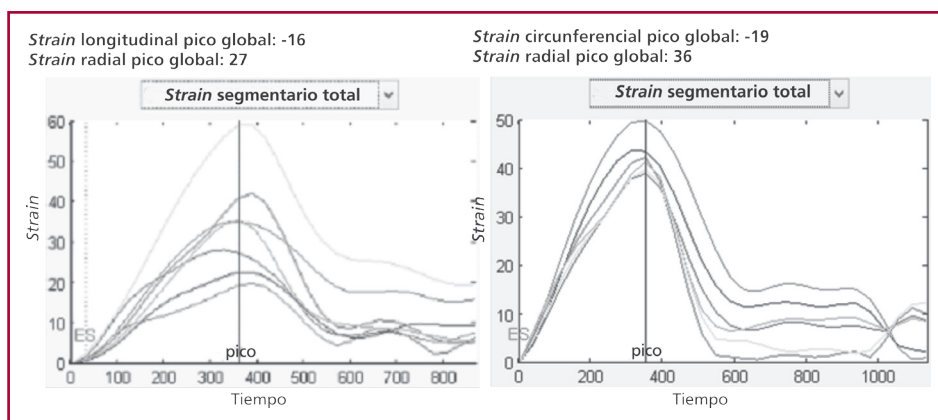
Inicialmente se adquirieron imágenes anatómicas axiales en sangre negra para luego planificar los cines en 2 cámaras, eje corto, 4 cámaras y tracto de salida de ventrículo izquierdo para el estudio funcional [*flip angle* (ángulo de inclinación):  $60^\circ$ , espesor de corte: 8 mm, 30 fases por ciclo cardíaco]. Posteriormente se realizaron cortes radiales de punta a base de ambos ventrículos para el cálculo de los volúmenes de fin de diástole, fin de sístole, volumen sistólico, fracción de eyección y masa miocárdica (por segmentación automática). Se realizaron secuencias de TAGM, las cuales consisten en la aplicación de bandas de saturación miocárdicas (cuadrícula) que se mantienen durante la adquisición por un lapso de tiempo, ya que la señal se degrada a lo largo del ciclo cardíaco, pero actúa como marcador, permitiendo visualizar la deformación miocárdica durante la contracción y la relajación ventricular. Y finalmente se administró material de contraste no ferromagnético (gadolinio) para las secuencias de realce tardío en los mismos planos obtenidos por cine. El análisis de todas las imágenes se realizó con el programa gratuito Segment versión v2.0 R5024. (7-9) Se estimaron los espesores parietales y se trazaron los bordes endocárdicos y epicárdicos para el cálculo de volúmenes y masa ventriculares. En los cines y secuencias de *tagging* en 4 cámaras y eje corto se definieron los bordes para el análisis de deformación o *strain* miocárdico por FT-RMC (Figura 1) y TAGM (10, 11) (Figura 2); se obtuvieron valores de *strain* global longitudinal, circunferencial y radial. Asimismo, se establecieron curvas de *strain* segmentario (Figura 3).



**Fig. 1.** Feature tracking en cine de 4 cámaras y eje corto (véase en la web la imagen en color).



**Fig. 2.** Tagging miocárdico en 4 cámaras y eje corto (véase en la web la imagen en color).



**Fig. 3.** Curvas de strain segmentario longitudinal y circunferencial.

**Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con el programa EpiInfo versión 7.1.5.2. para el cálculo de medias y desviación estándar de variables continuas y frecuencias.

**Consideraciones éticas**

Los pacientes firmaron consentimiento informado y los datos fueron incorporados a la base en forma anónima.

**RESULTADOS**

Se incluyeron 40 pacientes con diagnóstico de MCH (Tabla 1), el 71% de sexo masculino. La media de edad de la población fue de  $52 \pm 17$  años. Clínicamente, el 68% de los pacientes se encontraban en clase funcional I y el 32% en clase funcional II. En el análisis

**Tabla 1.** Características de la población con miocardiopatía hipertrofica (n = 40)

Edad, años	52 ± 17
Sexo (masculino/femenino), %	71/29
Ritmo (sinusal/fibrilación auricular), %	85/15
Clase funcional NYHA (I/II/III/IV), %	68/32/0/0
<b>TVNS/TVS, %</b>	<b>20/8</b>
Masa VI, g (media ± DE)	213 ± 60
Obstrucción TSVI, %	34
Realce tardío gadolinio, %	64

TVNS: Taquicardia ventricular no sostenida. TVS: Taquicardia ventricular sostenida. VI: Ventrículo izquierdo. DE: Desviación estándar. TSVI: Tracto de salida del ventrículo izquierdo.

electrocardiográfico, el 85% presentaba ritmo sinusal y el 15% restante, fibrilación auricular. El 62% de los pacientes tenían un índice de Sokolow-Lyon positivo y presentaban registros de taquicardia ventricular no sostenida el 20% y sostenida el 8%. La distribución de la hipertrofia fue asimétrica en el 67%, apical en el 21% y concéntrica en el 12%, con obstrucción dinámica del tracto de salida del ventrículo izquierdo en el 34%. La media de la masa ventricular fue de 213 ± 60 gramos y la media de mayor grosor parietal fue de 21 ± 7 mm. Se observó realce tardío en el 64% de los pacientes (véase Tabla 1).

La media de la fracción de eyección de la población total fue del 72% ± 9%. En el análisis de deformación miocárdica por FT-RMC de los cines de 4 cámaras y eje corto, la media del *strain* longitudinal global fue de -9,9% ± 3%, la del *strain* global circunferencial fue de -14% ± 5% y la del radial fue de 33% ± 10%. En los valores obtenidos por TAGM, la media del *strain* longitudinal global fue de -7% ± 3% y la del circunferencial global fue de -17% ± 3% (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

La dificultad en la disposición de equipos que ofrezcan la adquisición y posterior análisis de deformación miocárdica conduce en muchos casos a circunscribirnos a la fracción de eyección para la estimación de la función sistólica del ventrículo izquierdo o derecho en pacientes portadores de MCH. Es sabido que la fracción de eyección puede ser normal o incluso estar aumentada, (12) a pesar de una franca disminución de la deformación miocárdica, tal como lo observado en la literatura nacional y extranjera. (13, 14) Sin embargo, tanto cualitativamente en las secuencias de *tagging* miocárdico (donde se observa una drástica disminución o ausencia de pérdida de la perpendicularidad de la cuadrícula en los segmentos miocárdicos hipertroficados) como cuantitativamente en el análisis de deformación por las nuevas técnicas de análisis, es evidente la pérdida de la capacidad y masa contráctil efectiva.

**Tabla 2.** *Strain* por feature tracking y tagging miocárdico

<b>Feature tracking</b>	
<i>Strain</i> longitudinal global, %	-10 ± 3
<i>Strain</i> circunferencial global, %	-14 ± 5
<i>Strain</i> radial global, %	33 ± 10
<b>Tagging miocárdico</b>	
<i>Strain</i> longitudinal global, %	-7 ± 3
<i>Strain</i> circunferencial global, %	-17 ± 3

En nuestro trabajo, la población presentaba valores de fracción de eyección global conservada. Sin embargo, en el análisis tanto por FT-RMC como por TAGM el *strain* se encontraba significativamente disminuido.

Es así que la RMC se encuentra en condiciones de complementar la evaluación realizada por ecocardiografía o plantearse como una opción en aquellos pacientes en los que la calidad de la imagen ultrasónica sea subóptima.

El análisis de poblaciones mayores con esta patología permitirá comparar diferentes grupos de acuerdo con variables como edad, sexo, presencia de fibrosis, etc., y evaluar la función sistólica en estadios preclínicos de la enfermedad. Como limitación cabe mencionar que no siempre los cines obtenidos por resonancia son de óptima calidad, debido en algunos casos a la presencia de arritmia o a la dificultad del paciente para realizar apneas, aunque afortunadamente esto se produce en un porcentaje bajo de los estudios. Los análisis por FT-RMC y por TAGM se pueden extender a otros planos de cine obtenidos, por ejemplo, 2 cámaras, tracto de salida del ventrículo izquierdo, etc., e incorporarlos para el análisis en futuras líneas de trabajo.

## CONCLUSIONES

La RMC es una herramienta importante en el estudio de los pacientes portadores de MCH. Las nuevas técnicas de análisis de deformación o *strain* miocárdico empleadas en este trabajo permitieron exponer el deterioro de la función sistólica ventricular izquierda, a pesar de una fracción de eyección conservada.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses.

(Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la web/ Material suplementario).

## BIBLIOGRAFÍA

- Nagueh SF, Bachinski LL, Meyer D, Hill R, Zoghbi WA, Tam JW, et al. Tissue Doppler imaging consistently detects myocardial abnormalities in patients with hypertrophic cardiomyopathy and provides a novel means for an early diagnosis before and independently of hypertrophy. *Circulation* 2001;104:128-30. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.104.128.128>
- Hor KN, Gottlieb WM, Carson C, Was E, Cnota J, Fleck R, et

- al. Comparison of magnetic resonance feature tracking for strain calculation with harmonic phase imaging analysis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:144-51. <http://doi.org/b59h4d>
3. Moody WE, Taylor RJ, Edwards NC, Chue CD, Umar F, Taylor TJ, et al. Comparison of magnetic resonance feature tracking for systolic and diastolic strain and strain rate calculation with spatial modulation of magnetization imaging analysis. *J Magn Reson Imaging* 2015;41:1000-12. <http://doi.org/bkdd>
4. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cuchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S y cols. Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol* 2014;67:651-8. <http://doi.org/f2rd8v>
5. Taylor RJ, Moody WE, Umar F, Edwards NC, Taylor TJ, Stegemann B, et al. Myocardial strain measurement with feature-tracking cardiovascular magnetic resonance: normal values. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015;16:871-81. <http://doi.org/bkdf>
6. Carasso S, Yang H, Woo A, Vannan MA, Jamorski M, Wigle ED, Rakowski H. Systolic myocardial mechanics in hypertrophic cardiomyopathy: novel concepts and implications for clinical status. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:675-83. <http://doi.org/bg6m3h>
7. Heiberg E, Sjögren J, Ugander M, Carlsson M, Engblom H, Arheden H. Design and validation of Segment- freely available software for cardiovascular image analysis. *BMC Med Imaging* 2010;10:1. <http://doi.org/fwm5wr>
8. Tufvesson J, Hedström E, Steding-Ehrenborg K, Carlsson M, Arheden H, Heiberg E. Validation and development of a new automatic algorithm for time-resolved segmentation of the left ventricle in magnetic resonance imaging. *Biomed Res Int* 2015;2015:970357.
9. Heiberg E, Wigström L, Carlsson M, Bolger AF, Carlsson M. Time Resolved Three-dimensional Segmentation of the Left Ventricle. *Proceedings of IEEE Computers In Cardiology* 2005;32:599-602.
10. Heyde B, Jasaityte R, Barbosa D, Robesyn V, Bouchez S, Wouters P, et al. Elastic image registration versus speckle tracking for 2-D myocardial motion estimation: a direct comparison in vivo. *IEEE Trans Med Imaging* 2013;32:449-59. <http://doi.org/bkdg>
11. Morais P, Heyde B, Barbosa D, Queirós S, Claus P, D'hooge J. Cardiac motion and deformation estimation from tagged MRI sequences using a temporal coherent image registration framework. *Proceedings of the meeting on Functional Imaging and Modelling of the Heart (FIMH). Lecture Notes in Computer Science* 2013;7945:316-2. <http://doi.org/bkdh>
12. Wigle ED, Rakowski H, Kimball B, Williams W. Hypertrophic cardiomyopathy. Clinical spectrum and treatment. *Circulation* 1995;92:1680-92. <http://doi.org/bkdj>
13. Serri K, Reant P, Lafitte M, Berhouet M, Le Bouffos V, Roudaut R, et al. Global and regional myocardial function quantification by two-dimensional strain: application in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1175-81. <http://doi.org/cpsrzm>
14. Baratta S, Chejtman D, Fernández H, Ferroni FE, Bilbao J, Kotliar C y cols. Valor clínico de la utilización del strain rate sistólico en el estudio de distintas formas de hipertrofia ventricular izquierda. *Rev Argent Cardiol* 2007;75:367-73.