La función diastólica regional está más conservada en el miocardio viable que en el no viable. Demostración mediante Doppler pulsado tisular realizado en condiciones basales

Raúl Moreno[a], Miguel Ángel García-Fernández, José Luis Zamorano[a], Mar Moreno, Leopoldo Pérez de Isla, Ana Ortega, Pablo Puerta, Javier Bermejo, Carmen Allúe y José López-Sendón

Laboratorios de Ecocardiografía. Hospital Gregorio Marañón. [a]Hospital Clínico San Carlos. Madrid.

Introducción y objetivos. El objetivo del estudio fue analizar mediante Doppler pulsado tisular en condiciones basales las diferencias existentes en la función diastólica regional entre el miocardio viable y no viable.

Pacientes y métodos. La población de estudio está formada por 21 pacientes con enfermedad coronaria de tres vasos y alteraciones de la contractilidad segmentaria, a los que se realizaron ecocardiograma transtorácico y Doppler pulsado tisular en condiciones basales y, por un investigador diferente, ecocardiograma de estrés con dobutamina.

Resultados. Se estudiaron en total 322 segmentos, de los cuales 140 (43%) tenían una función sistólica deprimida. De estos 140 segmentos, 52 (37%) fueron clasificados como hipocinéticos, 80 (57%) como acinéticos y ocho (6%) como discinéticos. Durante la administración de dobutamina se observó una mejoría de la contractilidad (segmentos viables) en 67 de los 140 segmentos con disfunción sistólica (48%), mientras que los restantes 73 (52%) fueron considerados no viables. Los segmentos viables tenían una mayor velocidad máxima de la onda diastólica precoz *e* en comparación con los no viables (5,5 ± 1,9 frente a 4,7 ± 2,0 cm/s; p = 0,03). La proporción de segmentos con una relación *e/a* < 1 fue mayor entre los no viables (70 frente al 52%; p < 0,05). No existieron diferencias en relación con el tiempo de relajación isovolumétrica y la velocidad máxima de la onda *a*. Aunque la velocidad máxima de la onda sistólica *s* fue inferior en los segmentos no viables, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Conclusión. Los segmentos miocárdicos viables tienen una función diastólica regional menos alterada que los no viables cuando se estudian con Doppler pulsado tisular en condiciones basales.

Palabras clave: *Viabilidad miocárdica. Ecocardiografía. Diástole. Infarto. Contracción miocárdica*.

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 592-596)

Correspondencia: Dr. M.A. García-Fernández.
Laboratorio de Ecocardiografía. Hospital Gregorio Marañón.
Doctor Esquerdo, 46. 28007 Madrid.

Recibido el 5 de julio del 2000.
Aceptado para su publicación el 5 de octubre del 2000.

Regional Diastolic Function is More Preserved in Viable than Non-Viable Myocardium. Demonstration by Pulsed-Wave Doppler Tissue Imaging in Basal Conditions

Introduction and objectives. The aim of this study was to analyze the differences in regional diastolic function between viable and non-viable myocardium when assessed by pulsed-wave Doppler tissue imaging performed in basal conditions.

Patients and methods. The study population included 21 patients with three-vessel disease and regional systolic dysfunction. These patients underwent transthoracic echocardiographic study and pulsed-wave Doppler tissue imaging in basal conditions and, in addition, stress echocardiography with dobutamine performed by a different investigator.

Results. Three-hundred and twenty-two segments were studied, 140 of which (43%) had systolic dysfunction. Of the 140 segments with systolic dysfunction, 52 (37%) were considered hypokinetic by transthoracic echocardiography, 80 (57%) akinetic and 8 (6%) dyskinetic. As assessed by dobutamine echocardiography, 67 segments (48%) were considered viable and 73 (52%) non-viable. Viable segments had a higher peak velocity of the early diastolic wave *e* (5.5 ± 1.9 vs. 4.7 ± 2.0 cm/s; p = 0.03). An *e/a* ratio < 1 was more frequent in non-viable versus non-viable segments (52 vs. 70%; p < 0.05). There were no differences in relation to regional isovolumetric relaxation time and peak velocity of a wave. Although peak velocity of s wave was lower in non-viable segments, differences were not statistically significant.

Conclusion. Compared with non-viable segments, viable myocardial segments have less impaired regional diastolic function as assessed by pulsed-wave Doppler tissue imaging.

Key words: *Myocardial viability. Echocardiography. Diastolic function. Myocardial infarction. Myocardial contraction.*

(*Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 592-596)

ABREVIATURAS

DPT: Doppler pulsado tisular.
ATP: adenosintrifosfato.
TRIV: tiempo de relajación isovulométrica.

INTRODUCCIÓN

El miocardio viable, en comparación con el no viable, conserva cierto grado de actividad metabólica[1,2]. Por otra parte, la relajación del miocardio ventricular es un fenómeno activo, consumidor de adenosintrifosfato (ATP)[3]. Por ello, es esperable que el miocardio viable posea una función diastólica menos alterada que el miocardio no viable.

El Doppler pulsado tisular (DPT) es una nueva técnica ecocardiográfica no invasiva capaz de analizar cuantitativamente y de forma segmentaria la funciones sistólica y diastólica regionales del miocardio[4]. Esta característica hace que el DPT sea capaz de detectar, como se ha demostrado en estudios clínicos y experimentales, las alteraciones precoces de la función diastólica que ocurren durante la isquemia miocárdica[5-7].

El objetivo de este estudio fue evaluar si existen diferencias en cuanto a la función diastólica regional, estudiada mediante DPT en condiciones basales, entre el miocardio isquémico viable y el no viable. Para ello, dos investigadores diferentes realizaron, a 21 pacientes con enfermedad coronaria de 3 vasos y disfunción ventricular izquierda, DPT en condiciones basales y, en segundo lugar, ecocardiograma de estrés con dobutamina.

PACIENTES Y MÉTODO

Pacientes

Se estudiaron 21 pacientes que fueron remitidos al laboratorio de ecocardiografía para valorar la presencia de viabilidad miocárdica mediante ecocardiografía de estrés con dobutamina, y que cumplieran los siguientes criterios de inclusión: *a)* enfermedad coronaria de tres vasos (estenosis > 70% por estimación visual o > 50% por detección automática de bordes), y *b)* alteraciones de la contractilidad segmentaria en la ecografía bidimensional basal.

A estos pacientes se les realizó: *a)* en condiciones basales, ecocardiograma transtorácico bidimensional y DPT, y *b)* ecocardiograma de estrés con dobutamina.

Estudio ecocardiográfico

Las imágenes se adquirieron mediante un equipo Accuson XP128/10C (Accuson Computed Sonography, Mountain View, CA, EE.UU.) con una sonda de 4 MHz y se grabaron en un sistema de vídeo VHS PAL 1/2 (Panasonic, Panasonic Instruments, AG7350 model).

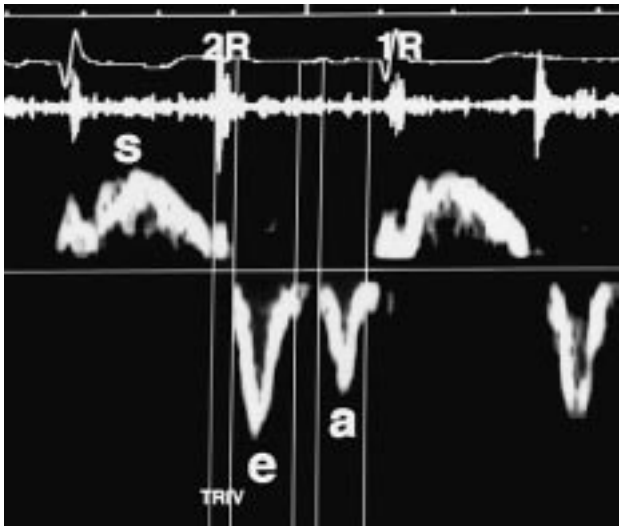

Fig. 1. Patrón normal del DPT. Obsérvese la existencia de una onda sistólica *s* y dos ondas diastólicas (onda diastólica precoz *e* y onda diastólica tardía *a*). Así mismo, se aprecia que la velocidad de la onda *e* es superior a la de la onda *a*, siendo, pues, la relación *e/a* mayor de 1. El tiempo de relajación isovolumétrica se sitúa entre el segundo ruido cardíaco (2R) y el inicio de la onda *e*.

Ecocardiograma convencional

En cada paciente se estudiaron los 16 segmentos miocárdicos estándar de la American Society of Echocardiography[8]. En total se pudieron valorar 322 segmentos (96%), de los cuales 140 (43%) tenían una función sistólica deprimida.

Doppler pulsado tisular

El sistema de DPT, básicamente, omite los filtros de paso alto para permitir la detección de la señal Doppler que proviene del miocardio (velocidades entre 3 y 24 cm/s), eliminando la señal que proviene del flujo sanguíneo. La muestra de volumen para el estudio de DPT se situó a una distancia equidistante de los bordes epicárdico y endocárdico de la pared ventricular. Se colocó un micrófono en el segundo espacio intercostal derecho para la obtención del registro fonocardiográfico, tomando el segundo ruido como referencia del inicio de la diástole.

En el patrón normal de DPT se oberva una onda sistólica *s* y dos ondas diastólicas (la onda diastólica precoz *e* y la onda diastólica tardía *a*) (fig. 1). El tiempo de relajación isovolumétrica (TRIV) regional se define como la distancia entre el segundo ruido cardíaco y el comienzo de la onda diastólica precoz *e*[9]. En cada segmento se determinaron los siguientes parámetros del DPT: *a)* índices de función diastólica

regional: velocidad máxima de las ondas diastólicas precoz *e* y tardía *a*, relación *e/a* y TRIV regional, y *b)* índice de función sistólica regional: velocidad máxima de la onda sistólica *s*.

Ecocardiograma con dobutamina

El protocolo de ecocardiografía de estrés con dobutamina para el estudio de la viabilidad miocárdica consistió en la administración de dobutamina intravenosa a dosis progresivamente crecientes (cada 3 min) desde 5 a 10 y 20 µg/kg/min. Se consideraron como viables los segmentos en los que la contractilidad aumentó al menos en un grado (cuando el segmento acinético se hizo hipocinético o si de hipocinético pasó a normocinético). La respuesta bifásica se consideró como viable[9,10].

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se expresan como media ± desviación estándar y las cualitativas como proporciones (porcentajes). Para estudiar la asociación entre una variable cualitativa binaria y otra cuantitativa se empleó el test de la t de Student y para la comparación de proporciones se utilizó la prueba de la χ^2. Se consideraron como estadísticamente significativas las asociaciones con un nivel de significación p inferior a 0,05.

RESULTADOS

De los 140 segmentos con disfunción sistólica, 52 (37%) fueron clasificados, mediante el ecocardiograma bidimensional, como hipocinéticos, 80 (57%) como acinéticos y 8 (6%) como discinéticos.

Durante la administración de dobutamina se observó mejoría de la contractilidad (segmentos viables) en 67 de los 140 segmentos con disfunción sistólica (48%), mientras que en los restantes 73 (52%) no mejoró la contractilidad (segmentos no viables).

La comparación en cuanto a los datos del DPT entre los segmentos viables y no viables se expone en la tabla 1. Los segmentos viables tenían una mayor velocidad máxima de la onda diastólica precoz *e* en comparación con los no viables (5,5 ± 1,9 frente a 4,7 ± 2,0 cm/s; p = 0,0295). Por otra parte, la relación *e/a* fue inferior en los segmentos no viables (0,84 ± 0,59 frente a 0,96 ± 0,46), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. La proporción de segmentos con una relación *e/a* invertida (menor de 1) fue mayor entre los no viables (70 frente a 52%; p = 0,0477). No existieron diferencias, sin embargo, en relación con el TRIV y la velocidad máxima de la onda *a*. Aunque la velocidad máxima de la onda sistólica *s* fue inferior en los segmentos no viables, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

TABLA 1. **Comparación de los parámetros de Doppler pulsado tisular en segmentos con y sin mejoría de la contractilidad durante la administración de dobutamina**

	Sí	No	p
TRIV (ms)	123 ± 34	123 ± 38	NS
e máx (cm/s)	5,5 ± 1,9	4,7 ± 2,0	0,0295
a máx (cm/s)	6,4 ± 2,2	6,5 ± 3,0	NS
Relación *e/a*	0,96 ± 0,46	0,84 ± 0,59	NS
e/a menor de 1	52%	70%	0,0477
s máx (cm/s)	5,1 ± 2,8	4,5 ± 2,3	NS

TRIV: tiempo de relajación isovolumétrica; NS: no significativo.

DISCUSIÓN

La aportación más interesante del DPT como nueva técnica ecocardiográfica es la capacidad de estudiar cuantitativamente y segmento por segmento la función diastólica del miocardio[5-7]. El patrón normal de DPT consta de una onda sistólica *s* y las dos ondas diastólicas precoz *(e)* y tardía *(a)*, con una relación *e/a* superior a uno en casi todos los segmentos miocárdicos de sujetos control (fig. 1)[5,6,11]. Durante la isquemia miocárdica, según se ha demostrado en estudios experimentales y clínicos, existe un deterioro de la función diastólica en los segmentos isquémicos, con un incremento del TRIV, una disminución de la onda *e* y una inversión de la relación *e/a*[6,7].

Algunos estudios han demostrado la utilidad del Doppler tisular durante la ecocardiografía de estrés con dobutamina en el estudio de la isquemia y la viabilidad miocárdica[4,12-14]. Sutherland et al[4] han sugerido que el DPT podría ser útil en el estudio de la viabilidad miocárdica, al encontrar que los segmentos que aparecían acinéticos en el estudio ecocardiográfico convencional conservan cierta función contráctil que podía ser detectada mediante el estudio de la onda sistólica *s* del DPT. Siguiendo esta teoría, Ten Cate et al[12] han demostrado que los segmentos que son acinéticos cuando son estudiados mediante ecocardiografía bidimensional pueden incrementar la velocidad máxima de la onda sistólica *s* durante la administración de dobutamina, y sugieren que este incremento podría ser una forma de detectar la existencia de viabilidad miocárdica. Estos datos son apoyados por el estudio de Gorcsan et al[13], en el que se demostró que el DPT puede detectar de forma cuantitativa mejorías sutiles en la contractilidad miocárdica durante la administración de dobutamina. También en esta línea, Larrazet et al[14] han demostrado que el Doppler color tisular puede ser de ayuda en el estudio de la viabilidad miocárdica durante el ecocardiograma de estrés con dobutamina.

En nuestro estudio, con la teoría de que el miocardio viable puede conservar una función diastólica regional menos alterada que el miocardio no viable, hemos op-

tado por iniciar la exploración del posible papel que pueda desempeñar en un futuro el DPT en el estudio de la viabilidad miocárdica tomando como punto de referencia los parámetros de función diastólica regional. Por otra parte, nuestro estudio tiene una característica diferencial con los citados con anterioridad, ya que el DPT se realizó en condiciones basales y no durante la administración de dobutamina.

Según los resultados del estudio, los segmentos miocárdicos no viables estudiados tuvieron una función diastólica regional más alterada que los viables, con una menor onda diastólica *e* y una mayor frecuencia de inversión de la relación *e/a*. Estos datos confirman la teoría de que el miocardio viable puede conservar una función diastólica regional menos alterada que el miocardio no viable.

Estas diferencias pueden deberse a que la relajación del miocardio es dependiente del ATP[3]. Al presentar una relajación ventricular menos alterada, los segmentos viables tuvieron una menor disminución de la onda diastólica precoz *e*. Esta teoría estaría apoyada por el hecho de que en nuestro estudio no se observaron diferencias en la onda diastólica tardía *a*, correspondiente a la contracción auricular, y que depende de las propiedades pasivas del miocardio, sin que sea un proceso activo consumidor de ATP.

La velocidad máxima de la onda sistólica *s* fue inferior en los segmentos no viables. Aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, el dato concuerda con el hecho de la conservación de cierta actividad metabólica en los segmentos viables[1,2]. Por otra parte, la onda sistólica *s* está correlacionada con la onda diastólica precoz *e*[15].

Limitaciones del estudio

Este estudio tiene varias limitaciones. En primer lugar, se consideró como miocardio viable aquel cuya contractilidad mejoró con la administración de dobutamina. Se sabe, sin embargo, que la viabilidad miocárdica es algo más complejo, siendo el patrón de referencia de la misma la mejoría de la contractilidad tras la revascularización coronaria[16]. En segundo lugar, la muestra de pacientes estudiados es relativamente reducida, lo que podría explicar la ausencia de significación estadística en alguno de los parámetros estudiados. En tercer lugar, la posible aplicabilidad futura del DPT en el estudio de la viabilidad miocárdica puede ser dudosa, ya que se trata de una técnica cuya realización es, en ocasiones, prolongada y es probable que deba ser llevada a cabo por expertos. Por otra parte, la variabilidad intra e interobservador del DPT no ha sido suficientemente estudiada.

Conclusiones

En este estudio se demuestra por primera vez que el miocardio viable presenta una función diastólica regional menos alterada que el no viable, fundamentalmente expresada por una mayor velocidad de la onda *e,* que en el miocardio no viable determinada mediante DPT en condiciones basales. Esto puede estar relacionado con la preservación de la actividad metabólica, y, por tanto, de la relajación del miocardio ventricular.

Sin embargo, son necesarios estudios con un mayor número de pacientes y que consideren como patrón de referencia de viabilidad miocárdica la mejoría contráctil tras la revascularización coronaria, con objeto de determinar si estas diferencias en la función diastólica regional entre el miocardio viable y no viable pueden ser de ayuda en la práctica clínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tillisch J, Brunken R, Marshall R, Schwaiger M, Mandelkem M, Phelps M et al. Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. N Engl J Med 1986; 314: 884-888.
2. Maes A, Flameng W, Nuyts J, Borgers M, Shivlakar B, Ausma JM et al. Histological alterations in chronically hypoperfused myocardium. Correlation with PET findings. Circulation 1994; 90: 735-745.
3. Opie L. Mechanisms of cardiac contraction and relaxation. En: Braunwald E, editor. Heart disease (5.ª ed.). Filadelfia: W.B. Saunders Company, 1997; 360-393.
4. Sutherland GR, Stewart MJ, Groundstroem KW, Moran CM, Fleming A, Guell-Peris FJ et al. Color Doppler myocardial imaging: a new technique fir the assessment of myocardial function. J Am Soc Echocardiogr 1994; 7: 441-458.
5. Zamorano J, Wallbridge DR, Ge J, Drozd J, Nesser J, Erbel R. Non-invasive assessment of cardiac physiology by tissue Doppler echocardiography. A comparison with invasive haemodynamics. Eur Heart J 1997; 18: 330-339.
6. García-Fernández MA, Pérez E, Bermejo J, Moreno M, Moreno R, Rey JR et al. Fundamentos, aplicaciones clínicas y perspectivas del Doppler tisular (DTI). Rev Esp Cardiol 1997; 50 (Supl 5): 36-48.
7. García-Fernández MA, Azevedo J, Moreno M, Bermejo J, Pérez N, Puerta P et al. Regional diastolic function in ischaemic heart disease using pulsed wave Doppler tissue imaging. Eur Heart J 1999; 20: 496-505.
8. Repport of the American Society of Echocardiography Committe of nomenclature and standards in two dimensional imaging. Circulation 1980; 62: 212.
9. Previtali M, Poli A, Lanzarini L, Fetiveau R, Mussini A, Ferrario M. Dobutamine stress echocardiography for assessment of myocardial viability and ischemia in acute myocardial infarction treated with thrombolysis. Am J Cardiol 1993; 72: G124-G130.
10. Pierard LA, De Landsheere CM, Berthe C, Rigo P, Kulbertus HE. Identification of viable myocardium by echocardiography during dobutamine infusion in patients with myocardial infarction after thrombolytic therapy: comparison with positron emission tomography. J Am Coll Cardiol 1990; 15: 1021-1031.
11. Moreno M, García-Fernández MA. Normal pulsed wave Doppler patterns. Proceedings of the International Summit in Doppler Tissue Imaging. Madrid: Anebri, 1997.
12. Ten Cate FJ, Rambaldi R, Vletter WB, Poldermans D. Doppler tissue imaging for the assessment of myocardial viability. Proceedings of the International Summit in Doppler Tissue Imaging. Madrid: Anebri, 1997.

13. Gorcsan J III, Deswal A, Mankad S, Mandarino WA, Mahler CM, Yamazaki N et al. Quantification of the myocardial response to low-dose dobutamine using tissue Doppler echocardiographic measures of velocity and velocity gradient. Am J Cardiol 1998; 81: 615-623.
14. Larrazet F, Pellerin D, Daou D, Witchtz S, Fournier C, Prigent A et al. Concordance between dobutamine Doppler tissue imaging echocardiography and rest reinjection thallium-201 tomography in dysfunctional hypopoerfused myocardium. Heart 1999; 82: 432-437.
15. Moreno R, García-Fernández MA, Moreno M, Bermejo J, Puerta P, Ortega A et al. Correlation between regional systolic and diastolic function studied by pulsed-wave Dopple tissue imaging in ischemic myocardium [resumen]. Eur Heart J 1998; 19: 24.
16. Agati L, Autore C, Iacoboni C, Castaldo M, Veneroso G, Voci P et al. The complex relation between myocardial viability and functional recovery in chronic left ventricular dysfunction. Am J Cardiol 1998; 81: G33-G35.