

# Utilidad de la ecocardiografía de contraste miocárdico con cuantificación basada en imagen paramétrica para la predicción de la recuperación funcional de segmentos acinéticos en pacientes con infarto agudo de miocardio sometidos a angioplastia primaria

Viviana Serra, Leopoldo Pérez de Isla, José Zamorano, Carlos Almería, José L. Rodrigo, María Pérez, José Florit, Luis Azcona, Rosa A. Hernández y Carlos Macaya

Instituto Cardiovascular. Departamento de Ecocardiografía. Hospital Clínico San Carlos. Madrid. España.

**Introducción y objetivos.** La ecocardiografía de contraste miocárdico (ECM) es útil para predecir la recuperación funcional de los segmentos acinéticos en pacientes que reciben una angioplastia coronaria transluminal percutánea primaria. Se ha desarrollado recientemente la imagen paramétrica para la cuantificación de la perfusión. Los objetivos son: a) valorar de forma cuantitativa la perfusión de los segmentos acinéticos en pacientes que reciben angioplastia primaria, y b) evaluar la utilidad de la cuantificación con imagen paramétrica para predecir la recuperación funcional de los segmentos acinéticos.

**Pacientes y método.** Se analizó a 49 pacientes con infarto agudo de miocardio (IAM) que recibieron angioplastia primaria. Se realizó ecocardiograma estándar y ECM entre los 2 y 5 días posteriores al IAM. Se realizaron ecocardiograma estándar y cateterismo a los 6 meses. La evaluación cualitativa y cuantitativa fue realizada *off-line* por 2 investigadores independientes.

**Resultados.** La edad media fue de  $62,3 \pm 14,5$  años (39 varones). En el estudio basal se detectaron 170 segmentos acinéticos. La recuperación funcional fue observada en 105 segmentos. El mejor parámetro cuantitativo para predecir la recuperación funcional fue la velocidad del flujo sanguíneo ( $\beta$ ): el área bajo la curva ROC fue 0,96 (intervalo de confianza del 95%, 0,92-0,99). Para un punto de corte de 31dB/s, la sensibilidad fue del 87,62%, la especificidad del 95,31%, el valor predictivo positivo del 96,8% y el valor predictivo negativo del 82,43%. Estos resultados son mejores que los obtenidos con el método cualitativo.

**Conclusiones.** La cuantificación de la perfusión con imagen paramétrica es una herramienta útil para predecir la recuperación funcional de los segmentos acinéticos en pacientes que reciben angioplastia coronaria transluminal percutánea primaria y es mejor que la valoración cualitativa.

**Palabras clave:** Ecocardiografía. Perfusión. Infarto de miocardio.

## Usefulness of Parametric Imaging-Based Quantitative Myocardial Contrast Echocardiography in Predicting the Functional Recovery of Akinetic Segments Following Primary Angioplasty in Acute Myocardial Infarction Patients

**Introduction and objectives.** Myocardial contrast echocardiography (MCE) is useful for predicting the functional recovery of akinetic segments in patients undergoing primary angioplasty after acute myocardial infarction (AMI). Recently, parametric imaging-based quantitative MCE has been developed for measuring perfusion. Our aims were: a) to measure perfusion in akinetic myocardial segments in patients undergoing primary angioplasty using parametric imaging-based quantitative MCE; and b) to assess the usefulness of these measurements in predicting functional recovery of these segments.

**Patients and method.** The study group comprised 49 consecutive patients undergoing primary angioplasty. Both MCE and standard echocardiography were performed between 2 and 5 days after AMI. Six months later, additional standard echocardiography and coronary angiography were performed. Perfusion was quantified independently *off-line* from parametric images.

**Results.** The patients' mean age was  $62.3 \pm 14.5$  years (39 men; 79.2%). Some 170 akinetic segments were detected. Of these, 105 (62.1%) recovered function. The quantitative MCE parameter that best predicted functional recovery was myocardial blood flow velocity ( $\beta$ ): the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve was 0.96 (95% CI, 0.92-0.99). For a cut-off point of 31 dB/s, the sensitivity was 87.62%, the specificity was 95.31%, the positive predictive value was 96.8%, and the negative predictive value was 82.43%. These results were better than those obtained using qualitative methods for assessing myocardial perfusion.

**Conclusions.** Perfusion measurement by parametric imaging-based quantitative MCE is useful for predicting the functional recovery of akinetic segments in patients

Correspondencia: Dr. J. Zamorano.  
Laboratorio de Ecocardiografía. Instituto Cardiovascular.  
Hospital Clínico San Carlos.  
Profesor Martín Lagos, s/n. 28040 Madrid. España.  
Correo electrónico: jlzamorano@vodafone.es

Recibido el 1 de julio de 2004.

Aceptado para su publicación el 18 de marzo de 2005.

## ABREVIATURAS

ECM: ecocardiografía de contraste miocárdico.  
IAM: infarto agudo de miocardio.  
TIMI: Thrombolysis in Myocardial Infarction Trial.

undergoing primary angioplasty after AMI. The technique provides superior information to older qualitative methods.

**Key words:** *Echocardiography. Perfusion. Myocardial infarction.*

Full English text available at: [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)

## INTRODUCCIÓN

La terapia de reperfusión con angioplastia primaria ha contribuido a reducir la morbilidad y la mortalidad en pacientes con un infarto agudo de miocardio (IAM)<sup>1</sup>. La precocidad y el grado de restauración del flujo microvascular están en relación con la eventual recuperación funcional de los segmentos afectados. La detección de la integridad de la microcirculación identifica áreas de viabilidad<sup>2-4</sup>. Sin embargo, la restauración de la función contráctil depende de la proporción de miocardio salvado y, por lo tanto, del porcentaje de flujo microvascular.

La ecocardiografía de contraste miocárdico (ECM) es una técnica en desarrollo que ha demostrado su utilidad para identificar tejido viable<sup>5,6</sup>. La predicción de la

recuperación funcional por medio de ECM se ha valorado en diferentes estudios<sup>7-9</sup>. Sin embargo, según nuestro conocimiento, la valoración de la perfusión fue realizada con métodos cualitativos o semicuantitativos.

El desarrollo de técnicas de cuantificación para evaluar, a través del comportamiento de las burbujas, parámetros tales como volumen y el flujo sanguíneo miocárdico y el tiempo de relleno del miocardio han significado un avance para la detección de la disfunción microvascular<sup>10</sup>.

Últimamente se ha desarrollado un nuevo software (Q-lab, Philips, Andoven, Estados Unidos) que provee imágenes paramétricas del miocardio, codificadas en color. Este sistema proporciona un mapa de 4 colores: uno representa el volumen sanguíneo miocárdico (a), otro la velocidad del flujo sanguíneo miocárdico, otro el flujo sanguíneo miocárdico ( $a \times \beta$ ) y el último es un mapa de la calidad de los datos en cada punto de la región de interés (fig. 1).

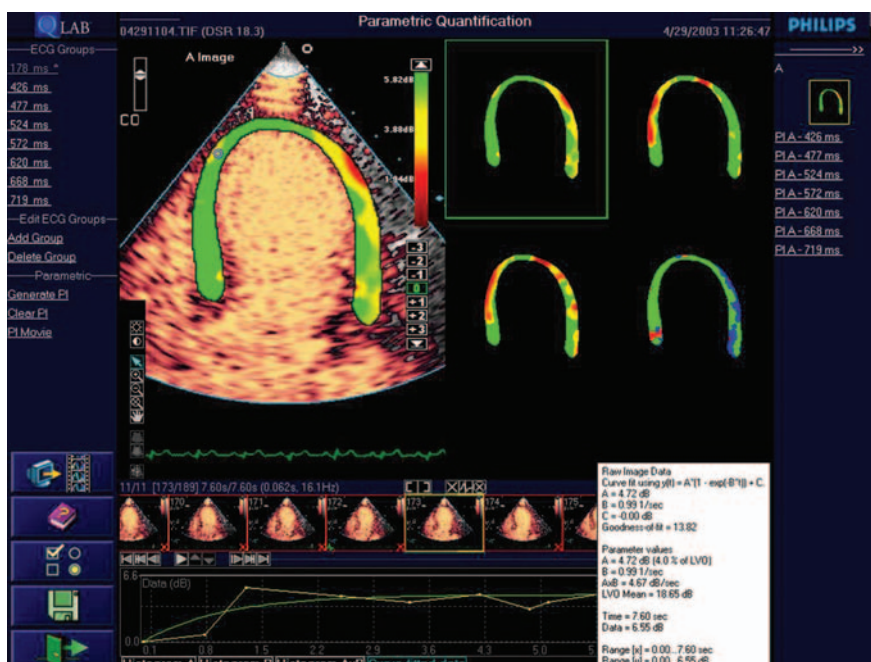
Los objetivos de nuestro estudio fueron:

1. Valorar de forma cuantitativa la perfusión miocárdica de los segmentos acinéticos en pacientes con IAM que reciben angioplastia primaria.
2. Evaluar la utilidad de la cuantificación con imagen paramétrica para predecir la recuperación funcional de los segmentos acinéticos.

## PACIENTES Y MÉTODO

### Diseño del estudio

Se incluyó a un total de 49 pacientes consecutivos con diagnóstico de IAM que recibieron angioplastia primaria y no presentaban criterios de exclusión, y a



**Fig. 1.** Imagen paramétrica del miocardio. La imagen paramétrica provee 4 mapas de color: uno representa el volumen sanguíneo miocárdico (arriba izquierda), otro la velocidad del flujo sanguíneo (arriba derecha), otro el flujo sanguíneo miocárdico (abajo izquierda) y el último provee un mapa de calidad de los datos en cada punto (abajo derecha).

los cuales estaba previsto realizarles una coronariografía de control a los 6 meses de seguimiento. De acuerdo con nuestro protocolo habitual de actuación en este grupo de pacientes, se les realizó un estudio de perfusión mediante ecocardiografía de contraste y bidimensional en un lapso de 2-5 días posteriores al infarto. A los 6 meses se les realizó una nueva coronariografía y una ecocardiografía estándar.

## Población

Se analizó de forma prospectiva a 49 pacientes ingresados en el hospital con diagnóstico de IAM que recibieron angioplastia primaria.

El diagnóstico de IAM se hizo basándose en 2 de los siguientes criterios:

- Dolor precordial característico > 30 min.
- Supradesnivel del segmento ST de 2 mm en al menos 2 derivaciones contiguas.
- Elevación de la isoenzima MB de la creatincinasa (CK-MB) al doble de los valores de referencia.

Los criterios de exclusión incluyeron: presencia de infarto previo, ventana acústica deficiente, inestabilidad hemodinámica y negación del paciente a ser incluido en el protocolo.

## Coronariografía

Con posterioridad al diagnóstico de IAM, todos los pacientes recibieron una angiografía coronaria de urgencia según el protocolo de nuestro hospital. Los procedimientos de revascularización y el uso de *stents* y agentes antiplaquetarios dependieron de las decisiones del equipo médico responsable.

Después de la angioplastia primaria se valoró el flujo en el vaso relacionado con el infarto mediante la clasificación del Thrombolysis in Myocardial Infarction Trial (TIMI). Se consideró que el procedimiento se había realizado con éxito cuando presentó un flujo TIMI-III y una estenosis residual < 50%.

Seis meses después del infarto se realizó una coronariografía para el control del procedimiento. Se consideró que había reestenosis ante una reducción de la luz  $\geq 70\%$ .

## Estudio ecocardiográfico

Los estudios ecocardiográficos se realizaron con un equipo Philips 5.500 versión C.1 con sonda S3. Las imágenes fueron adquiridas y almacenadas en disco magnetóptico.

## Ecocardiografía estándar

A todos los pacientes se les realizó un ecocardiograma basal con imagen armónica, donde se determinó la

motilidad segmentaria según el esquema de la SAE<sup>11</sup> en visión apical de 2 y 4 cámaras. La interpretación se definió como: 1 = normocinesia, 2 = hipocinesia, 3 = acinesia y 4 = discinesia.

La evaluación de la motilidad segmentaria fue realizada por 2 investigadores independientes. En caso de discrepancia se requirió la valoración de un tercer investigador.

## Ecocardiografía de contraste intramiocárdico

En todos los pacientes se llevó a cabo un estudio de perfusión mediante ecocardiografía de contraste en tiempo real. El estudio fue realizado después de las 48 h del comienzo de los síntomas, ya que antes de ese período puede haber cambios hemodinámicos como consecuencia de la hiperemia<sup>12,13</sup>.

Se utilizó un agente de contraste, Sonovue®, que es una suspensión de microburbujas cuyo producto activo es hexafluoruro sulfúrico, que consiste en un gas inocuo que se elimina por vía respiratoria. El producto se presenta en forma de partículas que se activan con el agregado de una solución salina y la agitación vigorosa durante 30 s. La administración del contraste se realizó en infusión continua utilizando una bomba de perfusión especialmente diseñada, que tiene la particularidad de agitar de manera permanente el producto para asegurar su eficacia. La dosis administrada podía variar entre 0,8 y 1,2 ml/m (dependiendo de la superficie corporal), hasta obtener una opacificación adecuada de los segmentos miocárdicos. No se produjeron efectos adversos relacionados con el uso del agente de contraste.

Todos los pacientes fueron informados del protocolo y dieron su consentimiento para ser incluidos en el estudio.

## Ecocardiografía de perfusión

La perfusión fue valorada en tiempo real mediante el método de Power modulation, cuya validez para detectar perfusión miocárdica ha sido previamente demostrada<sup>14,15</sup>.

El protocolo de adquisición de imágenes incluye 20 ciclos consecutivos después de la activación de un impulso de 5-10 ciclos con alto índice mecánico. La adquisición de imágenes se inicia después del *flash*, donde se han destruido las burbujas del miocardio, para poder cuantificar el relleno del miocardio por las microburbujas.

## Valoración cuantitativa de la perfusión

El análisis cuantitativo de la perfusión fue realizado *off-line* por 2 investigadores independientes con experiencia en ecocardiografía de contraste.

Para ello se utilizó un software Q-Lab (Philips, Andover, Estados Unidos).

La metodología de la cuantificación (fig.1) incluye una serie de pasos que se detallan a continuación: en primer lugar, se debe seleccionar el área del miocardio en visión apical de 4 y 2 cámaras (mediante un trazado manual). Posteriormente, se realiza una selección automática de todos los *frames* correspondientes al mismo ciclo (telesístole) durante 20 latidos. A partir de esta selección, el Q-Lab provee 3 imágenes paramétricas correspondientes a mapas de color que representan los distintos parámetros estudiados, y una cuarta imagen de control de calidad. En las 3 primeras, los parámetros  $A$  (*plateau*),  $\beta$  (velocidad de relleno del miocardio por las microburbujas) y  $A \times \beta$ , son representados en una escala de colores en cada punto del miocardio. Los colores muestran el grado de perfusión e indican: verde perfusión normal, amarillo perfusión reducida y rojo ausencia de perfusión. La cuarta imagen nos aporta información acerca de la calidad de los datos obtenidos en cada punto. La mayor ventaja de este procedimiento de cuantificación es la posibilidad de evitar mediciones en zonas donde la calidad no es adecuada.

### Valoración cualitativa de la perfusión

El análisis cualitativo de la perfusión en los segmentos acinéticos fue realizado por 2 observadores independientes y, en caso de discordancia, por un tercero. La valoración fue clasificada como normal o anormal. Se consideró anormal cuando ese segmento presentaba perfusión ausente o parcheada (heterogénea), y normal cuando la perfusión era completa (homogénea).

### Seguimiento

Seis meses después del procedimiento de revascularización se realizaron a todos los pacientes coronariografía y ecocardiografía estándar.

### Análisis interobservado e intraobservador

Se seleccionaron 20 estudios de forma aleatoria que fueron analizados en diferentes días por el mismo observador para analizar la variabilidad intraobservador. Esos mismos estudios fueron analizados por un observador independiente para determinar el acuerdo interobservador. Ambos investigadores no tenían conocimiento de los resultados del análisis previo de los estudios.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 11.0. Las variables cuantitativas se analizaron como media  $\pm$  desviación estándar y las cualitativas como porcentajes.

Para estudiar la asociación entre 2 variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación intraclass,

cuya reproducibilidad fue considerada casi perfecta si el coeficiente de correlación intraclass estaba entre 0,81 y 1,0. Se construyeron las curvas ROC. El punto de corte óptimo se determinó empleando como prevalencia la de la muestra de los pacientes del estudio y considerando el coste de los falsos positivos y de los falsos negativos como iguales. El punto de corte elegido es el que maximiza en cada caso el porcentaje de clasificaciones correctas. Fueron consideradas como estadísticamente significativas las asociaciones con un nivel de significación  $< 0,05$ .

## RESULTADOS

### Características basales

De un total de 58 pacientes incorporados se excluyó a 9 por las siguientes causas: deficiente ventana acústica en 3 pacientes, síndrome coronario agudo durante el seguimiento en 2 pacientes y reestenosis significativa de la arteria causante en 4 pacientes. Así, el grupo total estuvo constituido por 49 pacientes.

TABLA 1. Características basales

Variable	Valor absoluto (porcentaje) media $\pm$ DE
Edad, años	62,3 $\pm$ 14,5
Varones	39 (79,6)
Ritmo sinusal/fibrilación auricular	5 (20,2)/44 (79,8)
ACTP previa	1 (2)
Cirugía de revascularización previa	0
Angina pre-IAM	15 (30,6)
Factores de riesgo	
Hipertensión	21 (42,9)
Diabetes	8 (16,3)
Hiperlipemia	20 (40,8)
Tabaquismo	25 (51)
Parámetros bioquímicos	
Pico de CK	1.550 $\pm$ 1.415
Pico de troponina	49,6 $\pm$ 66
Parámetros angiográficos	
Flujo TIMI $< 3$ pre-ACTP primaria	40 (79,5)
Flujo TIMI $< 3$ post-ACTP primaria	2 (4,1)
Presencia de circulación colateral	13 (26,5)
Vaso causante	
Descendente anterior izquierda	22 (44,9)
Coronaria derecha	18 (36,7)
Circunfleja	9 (18,4)
Uso de agentes anti-IIb-IIIa	16 (32,7)
Uso de <i>stent</i>	44 (89,8)
Parámetros ecocardiográficos	
FEVI	46 $\pm$ 2
VTDVI	88 $\pm$ 4
VTSVI	44 $\pm$ 3
IMP	

ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea; CK: creatinina; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; IMP: índice de motilidad parietal; VTDVI: volumen telediastólico del ventrículo izquierdo; VTSVI: volumen telesistólico del ventrículo izquierdo.

La edad promedio de los pacientes fue  $62,3 \pm 14,5$  años, de los cuales 39 (79,6%) fueron varones. El tiempo medio para la realización del cateterismo fue  $5,6 \pm 2$  h desde el comienzo de los síntomas. La fracción de eyección postinfarto fue  $46 \pm 2$ . El índice de motilidad parietal post-IAM fue  $2,6 \pm 1,2$ . Las características basales de los pacientes se muestran en la tabla 1.

### Análisis cuantitativo de los segmentos acinéticos

En el análisis de la motilidad segmentaria realizada en el estudio basal se detectaron 170 segmentos acinéticos, de los cuales 105 (62,1%) habían recuperado su función a los 6 meses de seguimiento. La fracción de eyección a los 6 meses fue  $48 \pm 9$  y el índice de motilidad parietal a los 6 meses fue  $2,1 \pm 0,9$ . Los resultados de la evaluación cuantitativa con imagen paramétrica de los segmentos acinéticos se muestran en la tabla 2. Puede apreciarse que hay una diferencia estadísticamente significativa en los resultados de la cuantificación entre los 2 grupos (con y sin recuperación funcional de los segmentos acinéticos).

### Análisis cualitativo de los segmentos acinéticos

Los resultados obtenidos mediante análisis cualitativos fueron: sensibilidad del 81%, especificidad del 79,7%, valor predictivo positivo del 86,7% y valor predictivo negativo del 71,8% (tabla 3).

### Variabilidad intraobservador e interobservador

Hubo una buena reproducibilidad interobservador en el análisis de A, beta y A  $\times$  beta. El coeficiente de

correlación intraclase fue de 0,82, 0,9 y 0,85 para A, beta y A  $\times$  beta, respectivamente. La reproducibilidad intraobservador también fue buena: 0,9, 0,9, y 0,8 para A, beta y A  $\times$  beta, respectivamente.

### Relación entre el análisis cuantitativo de la perfusión miocárdica y la recuperación funcional de los segmentos acinéticos

Se construyeron las curvas ROC para determinar la validez de los diferentes parámetros en la predicción de la recuperación funcional (fig. 2). En la tabla 3 podemos observar que la medición de beta fue el mejor parámetro para predecir la recuperación de la motilidad segmentaria de los segmentos acinéticos. El área bajo la curva ROC para beta fue 0,96 (intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,92-0,99) para un punto de corte de  $31 \text{ s}^{-1}$ , la sensibilidad fue de 87,6%, la especificidad del 95,3%, el valor predictivo positivo del 96,8% y el valor predictivo negativo del 82,4%.

### DISCUSIÓN

El objetivo de la angioplastia primaria es restaurar el flujo en la arteria relacionada con el infarto para limitar el área de necrosis y preservar la función contráctil.

La extensión de miocardio salvado es fuertemente dependiente del flujo sanguíneo en el área de riesgo. De hecho, la permeabilidad de la arteria miocárdica no es sinónimo de un flujo normal en la microcirculación y es posible que haya distintos grados de disfunción microvascular, como no reflujo o bajo reflujo. De hecho, la disfunción microvascular en el área de riesgo es un predictor independiente de remodelado y peor evolución clínica a largo plazo<sup>16</sup>.

La ecocardiografía estándar es el primer escalón para el estudio funcional de los segmentos afectados, ya que nos permite evaluar su motilidad y grosor. La

TABLA 2. Parámetros cuantitativos de perfusión miocárdica basados en imagen paramétrica

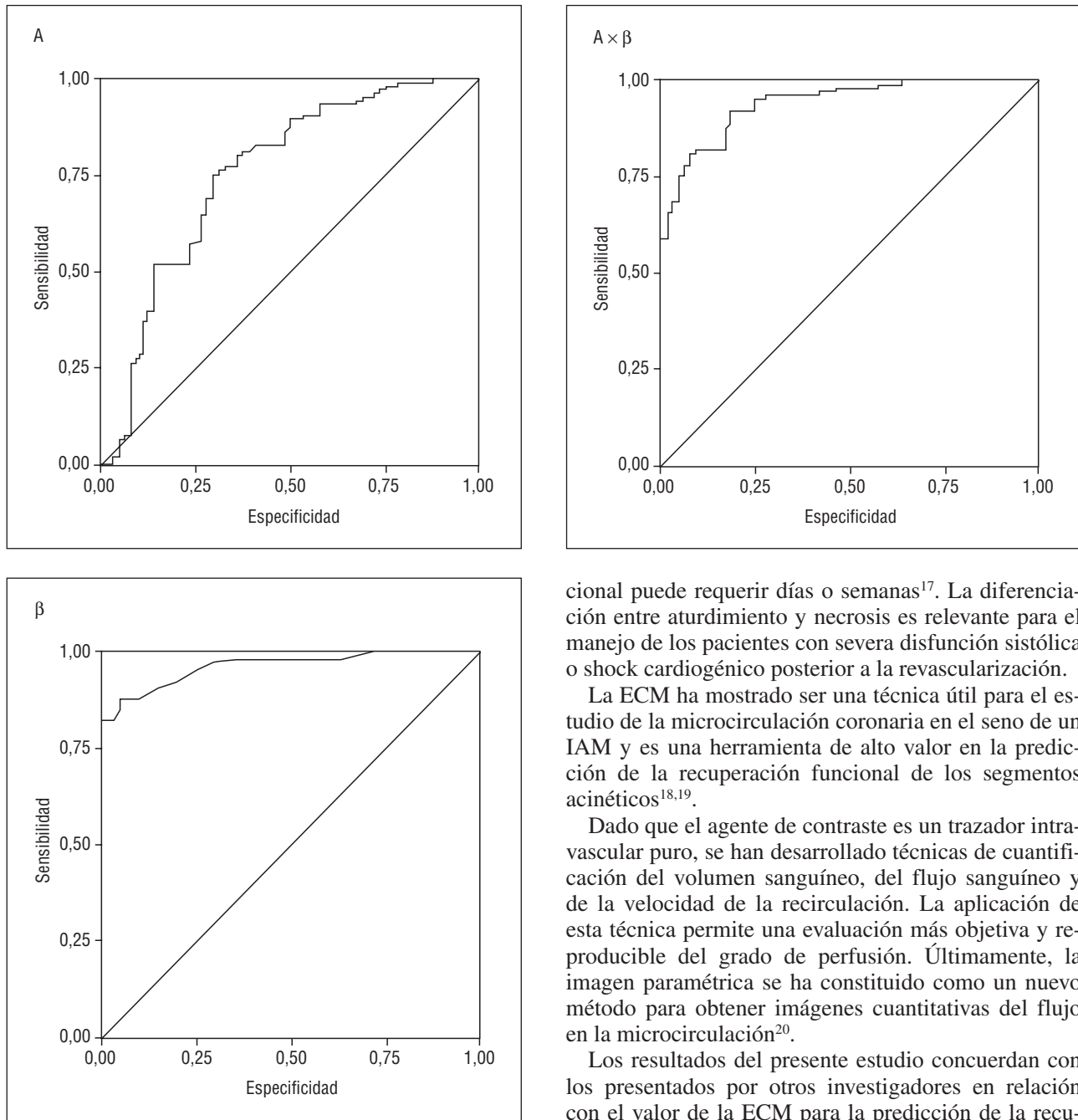
	1. Recuperación funcional	2. Sin recuperación funcional	3. Total	p (1 frente a 2)
A	$481 \pm 3$	$354,5 \pm 176$	$433 \pm 175$	< 0,001
Beta	$51,6 \pm 3$	$22 \pm 6$	$40,33 \pm 25,1$	< 0,001
A $\times$ beta	$24.636 \pm 15.281$	$7.779,7 \pm 4.100$	$106.650 \pm 18.230$	< 0,001

A: volumen sanguíneo miocárdico; beta: velocidad del flujo sanguíneo miocárdico; A  $\times$  beta: flujo sanguíneo miocárdico.

TABLA 3. Parámetros representativos de la rentabilidad diagnóstica de las diferentes variables evaluadas

	ABC (IC del 95%)	Corte	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)
A	0,8 (0,7-0,8)	308 dB	89,5	50	74,6	74,4
Beta	0,96 (0,9-0,99)	$31 \text{ s}^{-1}$	87,6	95,3	96,8	82,4
A $\times$ beta	0,9 (0,9-1,0)	10.574 dB/s	92,4	81,3	88,9	86,7
ECM.C			81	79,7	86,7	71,8

A: volumen sanguíneo miocárdico; ABC: área bajo la curva; A  $\times$  beta: flujo sanguíneo miocárdico; Beta: velocidad del flujo sanguíneo miocárdico; IC: intervalo de confianza; ECM.C: ecocardiografía de contraste miocárdico. Análisis cualitativo; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.



**Fig. 2.** Curvas ROC de los diferentes parámetros cuantitativos obtenidos con imagen paramétrica (A,  $\beta$  y  $A \times \beta$ ) en la predicción de la recuperación funcional de los segmentos acinéticos a los 6 meses.

mejoría en la detección de los bordes debido a la utilización de la imagen armónica y, en algunos casos, la adición de un agente de contraste permiten en la mayor parte de los casos una correcta valoración de la función global y segmentaria del ventrículo izquierdo. Sin embargo, la ecocardiografía estándar no es útil para diferenciar el mecanismo fisiopatológico de los segmentos que permanecen acinéticos. Además, en presencia de miocardio aturdido, la recuperación fun-

cional puede requerir días o semanas<sup>17</sup>. La diferenciación entre aturdimiento y necrosis es relevante para el manejo de los pacientes con severa disfunción sistólica o shock cardiogénico posterior a la revascularización.

La ECM ha mostrado ser una técnica útil para el estudio de la microcirculación coronaria en el seno de un IAM y es una herramienta de alto valor en la predicción de la recuperación funcional de los segmentos acinéticos<sup>18,19</sup>.

Dado que el agente de contraste es un trazador intravascular puro, se han desarrollado técnicas de cuantificación del volumen sanguíneo, del flujo sanguíneo y de la velocidad de la recirculación. La aplicación de esta técnica permite una evaluación más objetiva y reproducible del grado de perfusión. Últimamente, la imagen paramétrica se ha constituido como un nuevo método para obtener imágenes cuantitativas del flujo en la microcirculación<sup>20</sup>.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los presentados por otros investigadores en relación con el valor de la ECM para la predicción de la recuperación funcional de segmentos acinéticos en el seno de un IAM<sup>7,8-20</sup>. Sin embargo, según nuestro conocimiento no hay otro estudio de perfusión con cuantificación del flujo miocárdico en este grupo de pacientes.

En el diseño de nuestro estudio destacamos algunas consideraciones de utilidad:

1. Utilización de imagen en tiempo real, que ha demostrado ser válida para la detección de perfusión y tiene la ventaja adicional de ser técnicamente sencilla, lo que permite su aplicación incluso en personas menos entrenadas.

2. El uso de una bomba de infusión especialmente diseñada para el contraste utilizado que se traduce

en 2 potenciales ventajas: *a)* asegurar el óptimo rendimiento del agente que al ser agitado permanentemente mantiene sus propiedades ecogénicas durante el tiempo que dura el estudio, y *b)* mantener un índice constante de perfusión, lo cual es especialmente relevante a la hora de cuantificar el grado de perfusión<sup>21</sup>.

3. El uso de un método cuantitativo que provee una evaluación más reproducible.

4. La utilización de la imagen paramétrica para cuantificación (Q-Lab software) que tiene la ventaja adicional de detectar las posibles zonas de error o artefacto, donde no es conveniente realizar las determinaciones cuantitativas.

Los resultados de nuestro estudio (tabla 3) muestran un alto poder predictivo de recuperación funcional sobre la base de los parámetros derivados de la cuantificación. Sin embargo, la determinación de la  $\beta$  fue el mejor predictor, con un valor predictivo positivo del 96,8% y un valor predictivo negativo de 74,4%. Nuestro estudio demuestra que la valoración cuantitativa tiene una precisión diagnóstica superior a la realizada por análisis cualitativo.

En nuestro trabajo, el estudio de perfusión fue realizado 48 h después de la angioplastia. Esto se debe a que hay cambios dinámicos en las primeras horas posteriores a la reperfusión que podrían deberse a:

1. Hiperemia posterior a la permeabilización de la arteria causante que podría sobrestimar el grado de perfusión en el segmento analizado.

2. Presencia de trombos y embolización de plaquetas en la microcirculación que provocan un bajo reflujo.

3. Extensión del área de no reflujo por acumulación de neutrófilos y trombosis capilar en el curso de la reperfusión

4. Hemorragia intramiocárdica por el dano microvascular<sup>22</sup>.

Sakuma et al<sup>23</sup> demostraron que el tiempo óptimo para el estudio de perfusión posterior a un IAM es un día después de la recanalización<sup>23</sup>. Balcells et al<sup>8</sup> encontraron que la perfusión valorada 3-5 días después de la angioplastia fue casi idéntica a la medida en la fase crónica.

Después de la coronariografía de control realizada 6 meses después del alta hospitalaria se excluyó a 4 pacientes que presentaban reestenosis y, por tanto, la muestra final estuvo formada por 49 pacientes sin lesión significativa del vaso causante. Esto nos permite aseverar que la falta de recuperación funcional de los segmentos que permanecen acinéticos no está relacionada con una nueva lesión significativa epicárdica.

## Implicaciones clínicas

La ecocardiografía de contraste miocárdico es una técnica factible, sencilla, de bajo coste y que se puede realizar en los primeros días que siguen al IAM. Esta última consideración es de especial importancia en pacientes con depresión severa de la función sistólica posterior al IAM: la confirmación de necrosis en los segmentos acinéticos podría orientar hacia la utilización de algunas conductas terapéuticas, tales como la implantación de un desfibrilador automático antes del alta, lo cual se descartaría en pacientes con alta probabilidad de recuperación funcional.

## CONCLUSIONES

La cuantificación de la perfusión miocárdica mediante ecocardiografía de contraste e imagen paramétrica permite predecir la recuperación funcional de segmentos acinéticos tras un infarto de miocardio. Esta técnica es más sensible y específica que la valoración cualitativa de la perfusión miocárdica realizada tradicionalmente.

## Limitaciones

Con posterioridad a la finalización de nuestro estudio y con vigencia actual, el uso de Sonoue<sup>®</sup> ha sido contraindicado en pacientes con síndrome coronario agudo reciente o enfermedad cardíaca isquémica inestable, incluido el infarto de miocardio en evolución, la angina típica en reposo en los últimos 7 días, el significativo empeoramiento de síntomas cardíacos en los últimos 7 días, la reciente intervención coronaria u otros factores que sugieran inestabilidad clínica (p. ej., reciente deterioro del electrocardiograma, laboratorio o hallazgos clínicos), insuficiencia cardíaca aguda en clase funcional III/IV o las arritmias severas. Sin embargo, creemos que nuestros resultados pueden ser extrapolables mediante la utilización de otros agentes de contraste de segunda generación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Keeley EC, Boura AJ, Grines CL. Primary angioplasty versus intravenous thrombolytic therapy for acute myocardial infarction: a quantitative review of 23 randomised trials. *Lancet*. 2003; 361: 13-20.
2. Ito H, Tomooka T, Sakai N, Yu H, Higashino Y, Fujii K, et al. Lack of myocardial perfusion immediately after successful thrombolysis. A predictor of poor recovery of left ventricular function in anterior myocardial infarction. *Circulation*. 1992;85: 2080-9.
3. Sabia PJ, Powers ER, Jayaweera AR, Ragosta M, Kaul S. Functional significance of collateral blood flow in patients with recent acute myocardial infarction. A study using myocardial contrast echocardiography. *Circulation*. 1992;85:2080-9.

4. Ragosta M, Camarano G, Kaul S, Powers ER, Sarembock IJ, Gimple LW, et al. Microvascular integrity indicates myocellular viability in patients with recent myocardial infarction: new insights using myocardial contrast echocardiography. *Circulation*. 1994;89:2562-9.
5. Camarano G, Ragosta M, Gimple LW, Powers ER, Kaul S. Identification of viable myocardium with contrast echocardiography in patients with poor left ventricular systolic caused by recent or remote myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1995;75:215-9.
6. Ohmori K, Cotter B, Leistad E, Bhargava V, Wolf PL, Mizushige K, et al. Assessment of myocardial postreperfusion viability by intravenous myocardial contrast echocardiography: analysis of the intensity and texture of opacification. *Circulation*. 2001;103:2021-7.
7. Agati L, Voci P, Autore C. Combined use of dobutamine echocardiography and myocardial contrast echocardiography in predicting regional dysfunction recovery after coronary revascularisation in patients with recent myocardial infarction. *Eur Heart J*. 1997;18:771-9.
8. Balcells E, Powers E, Lepper W, Belcik T, Wei K, Ragosta M, et al. Detection of myocardial viability by contrast echocardiography in acute infarction predicts recovery of resting function and contractile reserve. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41:827-33.
9. Andrassy P, Zielinska M, Busch R, Schömig A, Firschke C. Myocardial blood volume and the amount of viable myocardium early after mechanical reperfusion of acute myocardial infarction: prospective study using venous contrast echocardiography. *Heart*. 2002;87:350-5.
10. Wei K, Ragosta M, Thorpe J, Coggins M, Moos S, Kaul S, et al. Non invasive quantification of coronary blood flow reserve in humans using myocardial contrast echocardiography. *Circulation*. 2001;103:2560-5.
11. Schiller NB, Shah P, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantification of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiograph*. 1989;2:358-67.
12. Bolli R, Triana JF, Jeroudi MO. Prolonged impairment of coronary vasodilatation after reversible ischemia: evidence of microvascular «stunning». *Circ Res*. 1990;64:332-43.
13. Hanes CG, Bergman SR, Pérez JE, Sobel BE, Geltman EM. The time course of restoration of nutritive perfusion, myocardial oxygen consumption and regional function after coronary thrombolysis. *Coron Artery Dis*. 1990;1:687-96.
14. Mor Avi V, Caiani E, Collins K, Korcarz CE, Bednarz JE, Lang RM, et al. Combined assessment of myocardial perfusion and regional left ventricular function by analysis of contrast-enhanced power modulation images. *Circulation*. 2001;104:352-7.
15. Moreno R, Zamorano J, Serra V, Almería C, Rodrigo J, Álvarez L, et al. Weak concordance between wall motion and microvasculature status after acute myocardial infarction. Study with myocardial contrast echocardiography in real time with power modulation. *Eur J Echocardiogr*. 2002;3:89-94.
16. Bolognese L, Carrabba N, Parodi G, Santoro F, Buonamici P, Cerisano G, et al. Impact of microvascular dysfunction on left ventricular remodeling and long-term outcome after primary coronary angioplasty for acute myocardial infarction. *Circulation*. 2004;109:1121-6.
17. Kloner R, Bolli E, Marbán E, Reinlib L, Braunwald E. Medical and cellular implications of stunning, hibernation and preconditioning: an NHLBI workshop. *Circulation*. 1998;97:1848-67.
18. Bodi V, Sanchís J, López-Lereu M, Llacer A, Pellicer M, Losada A, et al. Estudio de perfusión en pacientes postinfarto mediante ecografía miocárdica con inyección de contraste intracoronario. Implicaciones y relación con la angiografía y la resonancia magnética. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:20-8.
19. Pérez David E, García Fernández MA. Ecocardiografía de contraste en el infarto agudo de miocardio: la importancia de la microcirculación coronaria. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:4-6.
20. Main ML, Magalski A, Chee NK, Coen MM, Skolnick DG, Good TH. Full-motion pulse inversion power Doppler contrast echocardiography differentiates stunning from necrosis and predicts recovery of left ventricular function after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2001;38:1390-4.
21. Kuersten B, Nahar T, Vannan MA. Methods of contrast administration for myocardial perfusion imaging: continuous infusion versus bolus injection. *Am J Cardiol*. 2002;90 Suppl J:35-7.
22. Asanuma T, Tanabe K, Ochiai K, Yoshitomi H, Nakamura K, Murakami Y, et al. Relationship between progressive microvascular damage and intramyocardial haemorrhage patients with reperfused anterior myocardial infarction. *Circulation*. 1997;96:448-53.
23. Sakuma T, Otsuka M, Okimoto T, Fujiwara H, Sumil K, Imazu M, et al. Optimal time for predicting myocardial viability after successful primary angioplasty in acute myocardial infarction: a study using myocardial contrast echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2000;87:687-92.