

# Variables predictoras de mejoría de la función sistólica ventricular izquierda después de la cirugía de revascularización coronaria en pacientes con miocardiopatía isquémica

Guillermo Romero-Farina<sup>a</sup>, Jaume Candell-Riera<sup>a</sup>, Santiago Aguadé-Bruix<sup>b</sup>, Joan Castell-Conesa<sup>b</sup>, Gustavo de León<sup>a</sup> y Albert Igual<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Vall d'Hebron. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.

<sup>b</sup>Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitario Vall d'Hebron. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.

<sup>c</sup>Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Universitario Vall d'Hebron. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.

**Introducción y objetivos.** Aunque se sabe que la presencia de viabilidad miocárdica es predictora de mejoría de la fracción de eyección poscirugía de revascularización en los pacientes con miocardiopatía isquémica, es menos conocido si hay otros factores predictores. El objetivo de este estudio ha sido analizar las variables predictoras de mejoría de la fracción de eyección después de la revascularización coronaria quirúrgica en los pacientes con miocardiopatía isquémica y presencia de miocardio viable.

**Métodos.** Se estudió a 30 pacientes (edad media, 61,6 ± 11 años, una mujer), con miocardiopatía isquémica (fracción de eyección ≤ 40%) y criterios de viabilidad, mediante tomografía computarizada por emisión de fotón único sincronizada con el electrocardiograma, antes y después de la cirugía.

**Resultados.** En 17 de los 30 pacientes (56,6%) hubo un aumento ≥ 5% de la fracción de eyección poscirugía. Estos pacientes se caracterizaron por tener más enfermedad del tronco común ( $p < 0,004$ ), mayor número de injertos ( $p < 0,03$ ), mayor suma diferencial de puntuación perfusión ( $p < 0,012$ ), menor volumen telediastólico ( $p < 0,013$ ) y menor volumen telesistólico ( $p < 0,01$ ). El mejor modelo predictor ( $p = 0,001$ ;  $R^2 = 0,73$ ) del aumento de la fracción de eyección poscirugía ≥ 5% fue un volumen telesistólico < 148 ml y una suma diferencial de puntuación de perfusión ≥ 4.

**Conclusiones.** El menor remodelado ventricular izquierdo y la isquemia miocárdica en los pacientes con miocardiopatía isquémica y viabilidad miocárdica son los principales determinantes en la mejoría de la fracción de eyección poscirugía revascularizadora.

**Palabras clave:** Cirugía. Gammagrafía. Miocardiopatía. Remodelado. Hibernación.

## Predictors of Improved Left Ventricular Systolic Function After Surgical Revascularization in Patients With Ischemic Cardiomyopathy

**Introduction and objectives.** Although it is known that the presence of myocardial viability predicts an increase in ejection fraction after revascularization in patients with ischemic cardiomyopathy, little is known about other predictive factors. The aim of this study was to identify variables that can predict an increase in ejection fraction after coronary revascularization surgery in patients with ischemic cardiomyopathy and a viable myocardium.

**Methods.** The study included 30 patients (mean age 61.6 [11] years, one female) with ischemic cardiomyopathy (ejection fraction ≤40%) who fulfilled criteria for myocardial viability. All underwent ECG-gated single-photon emission computed tomography before and after surgery.

**Results.** An increase in ejection fraction ≥5% occurred after surgery in 17 of the 30 patients (56.6%). These patients were characterized by the presence of left main coronary artery disease ( $P < .004$ ), a large number of grafts ( $P < .03$ ), a high perfusion summed difference score ( $P < .012$ ), a low end-diastolic volume ( $P < .013$ ), and a low end-systolic volume ( $P < .01$ ). An end-systolic volume <148 mL and a summed difference score ≥4 gave the best predictive model ( $P = .001$ ,  $R^2 = 0.73$ ) for an increase in ejection fraction.

**Conclusions.** In patients with ischemic cardiomyopathy and a viable myocardium, the main determinants of an increase in ejection fraction after revascularization surgery were low levels of left ventricular remodeling and myocardial ischemia.

**Key words:** Surgery. Scintigraphy. Cardiomyopathy. Remodeling. Hibernation.

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

Este estudio ha sido parcialmente financiado por una beca de la Fundación Carolina y por las Redes temáticas de investigación cooperativa, Instituto Carlos III (Red C03/01, RECAVA).

Correspondencia: Dr. J. Candell-Riera.  
Servei de Cardiologia. Hospital Universitari Vall d'Hebron.  
Universitat Autònoma de Barcelona.  
Passeig Vall d'Hebron, 119-129. 08035 Barcelona. España.  
Correo electrónico: [jcandell@vhebron.net](mailto:jcandell@vhebron.net)

Recibido el 15 de febrero de 2007.

Aceptado para su publicación el 20 de mayo de 2007.

**ABREVIATURAS**

FE: fracción de eyección.  
 MI: miocardiopatía isquémica.  
 SDP: suma de diferencia de puntuación.  
 SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotón único.  
 VTD: volumen telediastólico.  
 VTS: volumen telesistólico.

**INTRODUCCIÓN**

Se ha observado una mejoría de la fracción de eyección (FE) en un 21-65% de los pacientes con cardiopatía isquémica después de un procedimiento de revascularización coronaria<sup>1-8</sup>. La presencia de viabilidad es uno de los factores predictores de esta mejoría<sup>9-12</sup>. Aunque algunos estudios han puesto de manifiesto que la isquemia y el remodelado ventricular pueden desempeñar también un papel importante<sup>13-16</sup>, no queda suficientemente claro cuáles son los principales factores predictores de mejoría de la función sistólica ventricular izquierda poscirugía cuando se valoran conjuntamente los parámetros clínicos, ergométricos, gammagráficos, coronariográficos y quirúrgicos en los pacientes con miocardiopatía isquémica (MI). Éste ha sido el motivo de este estudio en el que se ha utilizado la tomografía computarizada por emisión de fotón único (*gated*-SPECT) de perfusión miocárdica como prueba incruenta que permite evaluar la perfusión y la función sistólica ventricular izquierda antes y después de la revascularización miocárdica.

**MÉTODOS****Pacientes**

Estudio retrospectivo, observacional. Nuestra población de pacientes con MI (FE  $\leq$  40%) corresponde a pacientes que fueron remitidos a la Unidad de Cardiología Nuclear del Hospital Universitario Vall d'Hebron, durante un período de 6 años para la estratificación del riesgo, a criterio del cardiólogo responsable. No hubo proceso de selección. De esta población de pacientes con MI se analizaron todos los pacientes viables que habían sido estudiados con *gated*-SPECT previa y posterior a la revascularización coronaria (n = 30).

En total, 30 pacientes (edad media  $\pm$  desviación estándar [DE], 61,6  $\pm$  11 años; una mujer) con una FE  $\leq$  40% y con criterios de viabilidad miocárdica en la *gated*-SPECT, se estudiaron mediante esta exploración antes y después (> 2 meses) de la cirugía de revascularización coronaria. El intervalo medio entre el estudio *gated*-SPECT y la revascularización coronaria fue de 2,8  $\pm$  2 meses y el intervalo entre la revascularización y

la *gated*-SPECT postintervención fue de 20,2  $\pm$  13 meses. Ninguno de los pacientes presentó complicaciones cardiovasculares entre ambas SPECT. Para el presente estudio, esta población fue dividida en dos grupos: pacientes con un aumento de la FE  $\geq$  5% poscirugía (n = 17) y pacientes sin aumento de la FE (n = 13).

Se compararon las características clínicas, ergométricas, de la *gated*-SPECT, de la coronariografía y del protocolo operatorio entre los pacientes con y sin aumento de la FE  $\geq$  5% poscirugía.

***Gated*-SPECT de perfusión miocárdica**

La *gated*-SPECT previa a la intervención quirúrgica fue de reposo en 11 pacientes y de esfuerzo-reposo en 19 pacientes. En éstos se practicó una prueba de esfuerzo limitada por síntomas mediante bicicleta ergométrica iniciándose con una carga de 50 vatios, con incrementos sucesivos de 25 vatios cada 3 min hasta el agotamiento, la aparición de síntomas, el descenso del segmento ST  $\geq$  2 mm, la aparición de arritmias ventriculares o supraventriculares y la ausencia de aumento de la presión arterial sistémica. Se valoraron la duración de la prueba, el consumo máximo de oxígeno estimado en equivalentes metabólicos (MET), la frecuencia cardiaca máxima, el porcentaje de frecuencia cardiaca máxima con respecto a la teórica para la edad del paciente (220 - edad), la presión arterial sistólica (PAS) máxima, el producto frecuencia cardiaca (FC) máxima por PAS máxima, la angina, y el infradesnivel o supradesnivel del segmento ST  $\geq$  1 mm a los 0,08 s del punto J.

En estos pacientes, la *gated*-SPECT se llevó a cabo mediante un protocolo corto (de un solo día) con compuestos tecneciosos (metoxi-isobutil isonitrilo o tetrofosmina). La primera dosis (30-60 s antes de finalizar el esfuerzo) fue de 8 mCi, y la segunda dosis (en reposo) de 24 mCi, con un intervalo mayor de 45 min entre cada una de ellas. El equipo utilizado fue una gammacámara Siemens E. CAM de doble cabezal a 90° dotada de un colimador de alta resolución, con órbita semicircular de 180°, en modo «*step-and-shoot*», iniciada en oblicua anterior derecha a 45° con detecciones cada 3° (de 25 s). La detección se sincronizó con la «onda R» del electrocardiograma y el ciclo cardiaco se dividió en 8 fracciones. El sistema de reconstrucción utilizado fue el de retroproyección filtrada (filtro Butterworth de orden 5, frecuencia de corte 0,4). No se realizaron correcciones por atenuación y dispersión.

Se dividió el ventrículo izquierdo en 17 segmentos, y para la valoración de la perfusión y el engrosamiento se asignó una puntuación de grado 0 a IV (perfusión: 0 = perfusión normal, I = hipoperfusión ligera, II = hipoperfusión moderada, III = hipoperfusión intensa, y IV = ausencia de captación; engrosamiento: 0 = normal, I = disminución ligera, II = disminución moderada, III = disminución intensa, IV = ausencia). Se cuantificaron la suma de la puntuación de perfusión en reposo

(SPR), la suma de la puntuación de perfusión en esfuerzo (SPE) y la suma de la diferencia de puntuación de perfusión entre esfuerzo y reposo (SDP), y la suma de puntuación de engrosamiento en reposo (SER)<sup>17-19</sup>.

Todos los pacientes cumplían con los criterios de viabilidad aceptados en nuestra Unidad de Cardiología Nuclear para la *gated*-SPECT en reposo: menos de 3 segmentos miocárdicos con puntuación de perfusión y/o engrosamiento III-IV en las regiones con acinesia o discinesia<sup>20</sup>. Se definió una isquemia inducida por el ejercicio cuando un paciente tenía en la gammagrafía una puntuación diferencial de perfusión  $\geq$  II en 2 o más segmentos miocárdicos.

El cálculo de la FE y de los volúmenes ventriculares se realizó de forma automática en la *gated*-SPECT de reposo mediante la delimitación automática de bordes endocárdicos y epicárdicos con el programa cuantitativo QGS<sup>®</sup> (Cedars-Sinai Medical Center, Los Ángeles, CA)<sup>21</sup>.

### Coronariografía

La coronariografía se realizó utilizando uno de los dos sistemas Philips, Optimus M200 (biplano) o Integris (monoplano). En todos los casos se empleó un campo de visión de 17,8 cm. De acuerdo con la práctica habitual en nuestro centro, la valoración de las estenosis coronarias fue cuantificada visualmente por el explorador y consensuada con otro cardiólogo intervencionista. Se consideró que había enfermedad coronaria significativa cuando se observaba alguna estenosis coronaria  $>$  50%, y enfermedad multivaso cuando había una lesión significativa de tronco común o lesiones significativas de 2 o 3 vasos<sup>22</sup>.

### Cirugía de revascularización coronaria

En todos los pacientes, la revascularización coronaria se practicó bajo hipotermia de 31 °C y se utilizó una solución cardiopléjica con hematocrito del 32%. Se valoraron la circulación extracorpórea, el número de injertos aortocoronarios, el tiempo de isquemia, el tiempo total quirúrgico, la revascularización completa en relación con la anatomía coronaria y las complicaciones postoperatorias.

### Análisis estadístico

Todas las variables continuas se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar (DE) y todas las variables categóricas se expresaron como porcentajes. Las variables continuas se compararon utilizando el test de la *t* de Student para muestras no emparejadas. Las diferencias entre porcentajes se compararon con el test de la  $\chi^2$ ; cuando el número de valores esperados era inferior a 5 se utilizó el test exacto de Fisher. El valor de corte de las variables cualitativas significativas en el análisis

univariable relacionadas con la FE poscirugía se determinó mediante el análisis de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic). Se utilizó un análisis de regresión logística para calcular las *odds ratio* (OR) de las variables significativas en el análisis univariable, categorizadas de acuerdo con el valor de corte obtenido en las curvas ROC. Para la estimación de los diferentes modelos se incluyeron las variables significativas ( $p < 0,05$ ) en el análisis univariable, y el método utilizado fue *backward stepwise* (LR) con probabilidad de entrada y salida de 0,05 y 0,10, respectivamente. Para la elección del modelo final y el cálculo de su valor predictivo, se valoraron la sensibilidad, la especificidad, las clasificaciones correctas y el área bajo la curva ROC de cada modelo.

Para el análisis de regresión lineal, las variables independientes utilizadas fueron cualitativas, con excepción de la lesión de tronco. La significación del efecto del VTS sobre la FE poscirugía fue ajustada por el VTD, la lesión de tronco, el número de *bypass* y SDP. Además, se analizó el componente lineal y cuadrático mediante la generación de variables *dummies* con los coeficientes de los correspondientes polinomios ortogonales introducidos conjuntamente en la ecuación de regresión. Se consideró que los valores de  $p < 0,05$  eran indicativos de significación estadística. Todos los datos fueron analizados mediante los programas SPSS para Windows, versión 13.0 (SPSS Inc, Chicago, ILL) y el MedCal<sup>®</sup>.

## RESULTADOS

### Variables clínicas, angiográficas y quirúrgicas

No se observaron diferencias significativas en las variables clínicas antes de la cirugía entre los pacientes con y sin aumento  $\geq$  5% de la FE posrevascularización coronaria. La afectación del tronco común era mayor en los pacientes con aumento de la FE ( $p = 0,004$ ). El número de injertos coronarios por paciente fue superior en los pacientes con aumento de la FE ( $p = 0,03$ ) (tabla 1).

### *Gated*-SPECT de perfusión miocárdica

En los pacientes con aumento de la FE posrevascularización, el VTD y el VTS fueron significativamente más bajos (tabla 2). Mediante las curvas ROC (fig. 1) se obtuvieron los valores de corte para el VTD, el VTS y la SDP precirugía que mejor permitieron predecir una mejoría de la FE poscirugía. El valor de corte óptimo del VTS fue de 148 ml (ABC, 0,73; intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,53-0,87), con una sensibilidad del 94,1% (IC del 95%, 79-99,4), una especificidad del 53,8% (IC del 95%, 34,8-72,1), un valor predictivo positivo del 72,7%, un valor predictivo negativo del

**TABLA 1. Características de los pacientes con y sin mejoría de la fracción de eyección  $\geq 5\%$  poscirugía**

Variables clínicas	Pacientes sin $\uparrow$ FE $\geq 5\%$ (n = 13)	Pacientes con $\uparrow$ FE $\geq 5\%$ (n = 17)	P
Edad (años)	58 $\pm$ 13,7	63 $\pm$ 9,5	0,325
Hipertensión	3 (23,1%)	9 (52,9%)	0,141
Diabetes	4 (30,8%)	4 (23,5%)	0,698
Dislipemia	8 (69,2%)	8 (47,1%)	0,936
Tabaquismo	9 (69,2%)	12 (70,6%)	0,936
Infarto previo	12 (92,3%)	12 (76%)	0,196
Clase funcional (NYHA)	6 (46,2%)	4 (23,5%)	0,255
I	0	0	
II	1	3	
III	1	1	
IV	4	0	
Angina (CCA)	6 (46,2%)	10 (58,8%)	0,491
I	0	0	
II	2	4	
III	2	2	
IV	2	4	
Coronariografía			
1 vaso	2 (15,4%)	1 (5,9%)	0,565
2 vasos	3 (23,1%)	2 (11,8%)	0,628
3 vasos	8 (61,5%)	14 (82,4%)	0,242
Descendente anterior	13 (100%)	16 (94,1%)	0,374
Circunfleja	8 (67,5%)	14 (82,4%)	0,242
Coronaria derecha	11 (84,6%)	15 (88,2%)	0,773
Tronco común	0	8 (47,1%)	0,004
Pacientes con arterias ocluidas	8 (61,5%)	7 (41,2%)	0,269
Arterias ocluidas/paciente	1,25 $\pm$ 0,46	1,28 $\pm$ 0,48	0,882
Estenosis $\geq 50\%$ /paciente	2,4 $\pm$ 0,7	2,7 $\pm$ 0,5	0,225
Cirugía			
Sin CEC	4 (30,7%)	7 (41,1%)	0,708
Injerto/paciente	2,1 $\pm$ 1,1	3 $\pm$ 0,8	0,03
Tiempo de isquemia (min)	49 $\pm$ 19	53 $\pm$ 16	0,726
Tiempo de cirugía (min)	92,3 $\pm$ 27	98,2 $\pm$ 21	0,640
Revascularización completa	8 (61,5%)	13 (76,5%)	0,376

CCA: Canadian Cardiovascular Society; CEC: circulación extracorpórea; DE: desviación estándar; FE: fracción de eyección; NYHA: New York Heart Association.

87,5% y una eficiencia diagnóstica del 76,6%. El valor de corte óptimo para el VTD fue de 190 ml (ABC, 0,73; IC del 95%, 0,54-0,88), con una sensibilidad del 70,5% (IC del 95%, 51,2-85,7), una especificidad del 69,2% (IC del 95%, 49,8-84,6), un valor predictivo positivo del 75%, un valor predictivo negativo del 64% y una eficiencia diagnóstica del 70%. El valor de corte óptimo para la SDP de perfusión fue de 4 (ABC, 0,79; IC del 95%, 0,59-0,99), con una sensibilidad del 88,8% (IC del 95%, 66-98), una especificidad del 60% (IC del 95%, 35,4-81,3), un valor predictivo positivo del 64,2%, un valor predictivo negativo del 100% y una eficiencia diagnóstica del 73,6%.

No se observaron diferencias estadísticas significativas de las variables ergométricas entre los pacientes sin y con aumento de la FE poscirugía de los 19 pacientes que realizaron una prueba de esfuerzo. La SDP fue significativamente más alta en los pacientes con mejoría de la FE poscirugía (tabla 3).

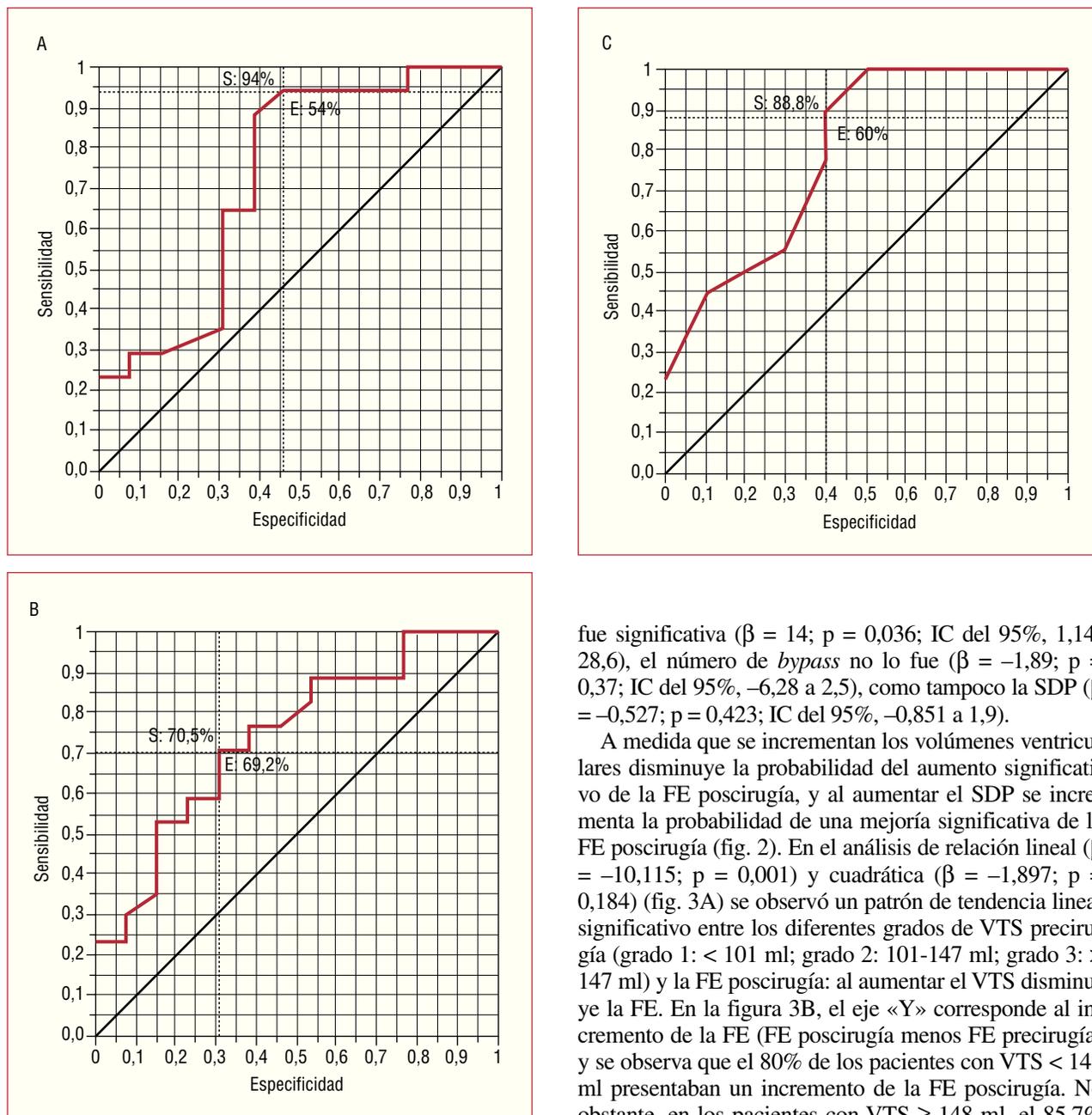
### Análisis de regresión

En el análisis de regresión logística, el valor de la OR de las variables cualitativas significativas categorizadas por el valor de corte de las curvas ROC fue: VTS < 148 ml, OR = 12 (IC del 95%, 1,9-76; p = 0,009), VTD < 190 ml, OR = 5,4 (IC del 95%, 1,1-26; p = 0,036), SDP  $\geq 4$ , OR = 1,7 (p = 0,04; IC del 95%, 1,7-2,6). Para la estenosis del tronco común la OR fue 9,8 (IC del 95%, 1,1-72; p = 0,024) y para el número de *bypass* la OR fue de 2,4 (IC del 95%, 1,1-5,7; p = 0,041). El mejor modelo predictor ( $\chi^2 = 15,004$ ; p = 0,001; R<sup>2</sup> Nagelkerke = 0,73) del aumento de la fracción de eyección poscirugía  $\geq 5\%$  estaba formado por el VTS < 148 + 22.546  $\times$  SDP  $\geq 4$  (-23.932 + 3.466  $\times$  VTS < 148 + 22.546  $\times$  SDP  $\geq 4$ ), con una especificidad, una sensibilidad y una clasificación correctas del

**TABLA 2. Características de la *gated*-SPECT de reposo en los pacientes con y sin mejoría de la fracción de eyección  $\geq 5\%$  después de la cirugía de revascularización**

	Pacientes sin $\uparrow$ FE $\geq 5\%$ (n = 13)	Pacientes con $\uparrow$ FE $\geq 5\%$ (n = 17)	p
<i>Gated</i> -SPECT			
SER	17,3 $\pm$ 7,6	16,6 $\pm$ 9,9	0,844
Segmentos con engrosamiento IV	7,2 $\pm$ 6	7,6 $\pm$ 6	0,918
FE (%)	28 $\pm$ 6,4	31 $\pm$ 6,8	0,234
VTS (ml)	147,6 $\pm$ 51,2	105,5 $\pm$ 37,7	0,01
VTD (ml)	202,6 $\pm$ 57,7	149,5 $\pm$ 50,8	0,013
VL (ml)	54,9 $\pm$ 14,5	44 $\pm$ 20	0,113
Perfusión			
SPR	22,2 $\pm$ 8,3	21 $\pm$ 10,6	0,733
Porcentaje de miocardio necrótico	9,2 $\pm$ 5,7	14,2 $\pm$ 6,6	0,155
Segmentos con perfusión III-IV	26,6 $\pm$ 14,7	22,8 $\pm$ 18	0,549

FE: fracción de eyección; SER: suma de puntuación de engrosamiento en reposo; SPR: suma de puntuación de perfusión en reposo; VL: volumen latido; VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.



**Fig. 1.** Valores de corte óptimos en las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) para el volumen telesistólico (VTS) (A), el volumen telediastólico (VTD) (B), y la suma de puntuación de diferencia de perfusión entre esfuerzo y reposo (SDP) (C).

90, el 88 y el 89,5%, respectivamente. El poder predictivo de este modelo fue aceptable, valorado mediante el área bajo las curvas ROC ( $ABC = 0,92$ ; IC del 95%,  $0,79-1$ ;  $p = 0,002$ ). En el análisis multivariable, la variable más significativa fue el  $VTS < 148$  ml ( $OR = 32$ ; IC del 95%,  $1,6-65$ ;  $p = 0,025$ ).

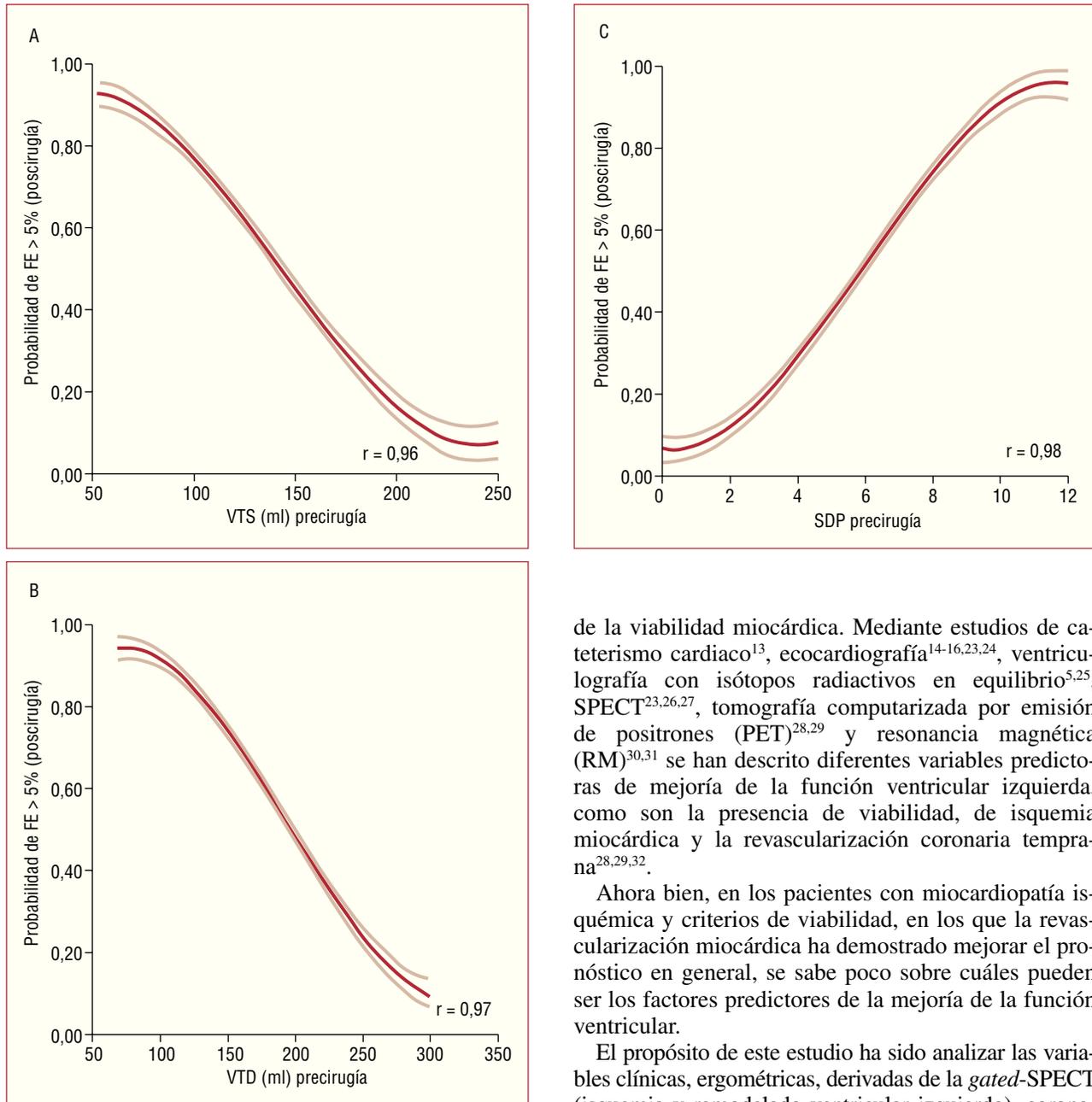
En el análisis de regresión lineal, la asociación del VTS ajustada fue más significativa ( $\beta = -0,66$ ;  $p = 0,003$ ; IC del 95%,  $-1,1$  a  $-0,27$ ) que para el VTD ( $\beta = -0,38$ ;  $p = 0,02$ ; IC del 95%,  $-0,072$  a  $-0,69$ ). La lesión de tronco

fue significativa ( $\beta = 14$ ;  $p = 0,036$ ; IC del 95%,  $1,14-28,6$ ), el número de *bypass* no lo fue ( $\beta = -1,89$ ;  $p = 0,37$ ; IC del 95%,  $-6,28$  a  $2,5$ ), como tampoco la SDP ( $\beta = -0,527$ ;  $p = 0,423$ ; IC del 95%,  $-0,851$  a  $1,9$ ).

A medida que se incrementan los volúmenes ventriculares disminuye la probabilidad del aumento significativo de la FE poscirugía, y al aumentar el SDP se incrementa la probabilidad de una mejoría significativa de la FE poscirugía (fig. 2). En el análisis de relación lineal ( $\beta = -10,115$ ;  $p = 0,001$ ) y cuadrática ( $\beta = -1,897$ ;  $p = 0,184$ ) (fig. 3A) se observó un patrón de tendencia lineal significativo entre los diferentes grados de VTS precirugía (grado 1:  $< 101$  ml; grado 2:  $101-147$  ml; grado 3:  $> 147$  ml) y la FE poscirugía: al aumentar el VTS disminuye la FE. En la figura 3B, el eje «Y» corresponde al incremento de la FE (FE poscirugía menos FE precirugía) y se observa que el 80% de los pacientes con  $VTS < 148$  ml presentaban un incremento de la FE poscirugía. No obstante, en los pacientes con  $VTS \geq 148$  ml, el 85,7% no sólo no presentaba aumento, sino que en el 66,6% de ellos se observó una disminución de la FE.

No se observaron diferencias significativas entre la FE precirugía de los pacientes con y sin aumento significativo de la FE poscirugía ( $p = 0,234$ ; IC del 95%,  $-2$  a  $8$ ).

Los pacientes con VTS precirugía entre 101 y 148 ml, respecto a los pacientes con VTS inferiores a 101 ml, presentaban una disminución de la FE poscirugía del 4,5% no significativa ( $p = 0,351$ ; IC del 95%,  $-14$  a  $5,1\%$ ). En cambio, los pacientes con VTS precirugía  $\geq 148$  ml respecto a los pacientes con VTS inferiores a 148 ml presentaban una disminución de la FE poscirugía del 20,3%, muy significativo ( $p = 0,0001$ ; IC del 95%,  $-29,6$  a  $10,9\%$ ).



**Fig. 2.** Relación entre la probabilidad de mejoría de la fracción de eyección (FE) > 5% poscirugía y el volumen telesistólico (VTS) precirugía (A), el volumen telediastólico (VTD) (B) y la suma de puntuación de diferencia de perfusión entre esfuerzo y reposo (SDP) (C). Líneas claras: intervalos de confianza del 95%.

## DISCUSIÓN

La mejoría de la función sistólica ventricular izquierda después de la revascularización miocárdica no sólo depende del procedimiento quirúrgico (destreza del cirujano, revascularización completa, circulación extracorpórea, tiempo de isquemia, tipo de protección miocárdica) y de las posibles complicaciones postoperatorias, sino también del estado del árbol coronario y

de la viabilidad miocárdica. Mediante estudios de cateterismo cardíaco<sup>13</sup>, ecocardiografía<sup>14-16,23,24</sup>, ventriculografía con isótopos radiactivos en equilibrio<sup>5,25</sup>, SPECT<sup>23,26,27</sup>, tomografía computarizada por emisión de positrones (PET)<sup>28,29</sup> y resonancia magnética (RM)<sup>30,31</sup> se han descrito diferentes variables predictoras de mejoría de la función ventricular izquierda, como son la presencia de viabilidad, de isquemia miocárdica y la revascularización coronaria temprana<sup>28,29,32</sup>.

Ahora bien, en los pacientes con miocardiopatía isquémica y criterios de viabilidad, en los que la revascularización miocárdica ha demostrado mejorar el pronóstico en general, se sabe poco sobre cuáles pueden ser los factores predictores de la mejoría de la función ventricular.

El propósito de este estudio ha sido analizar las variables clínicas, ergométricas, derivadas de la *gated*-SPECT (isquemia y remodelado ventricular izquierdo), coronariográficas y quirúrgicas, que pueden tener un valor predictivo de mejoría de la función sistólica ventricular izquierda después de la revascularización quirúrgica en pacientes con MI y criterios de viabilidad miocárdica.

## Isquemia miocárdica

En nuestro estudio, los pacientes con aumento de la FE  $\geq 5\%$  poscirugía se caracterizaron por tener una mayor prevalencia de enfermedad del tronco común y una mayor carga isquémica gammagráfica antes de la cirugía. El número de injertos aortocoronarios por paciente también fue significativamente superior en este grupo de enfermos, y en la SPECT miocárdica se observó que una SDP de perfusión  $\geq 4$  era predictora de

**TABLA 3. Características de la SPECT de esfuerzo de los pacientes con y sin mejoría de la fracción de eyección  $\geq 5\%$  después de la cirugía de revascularización**

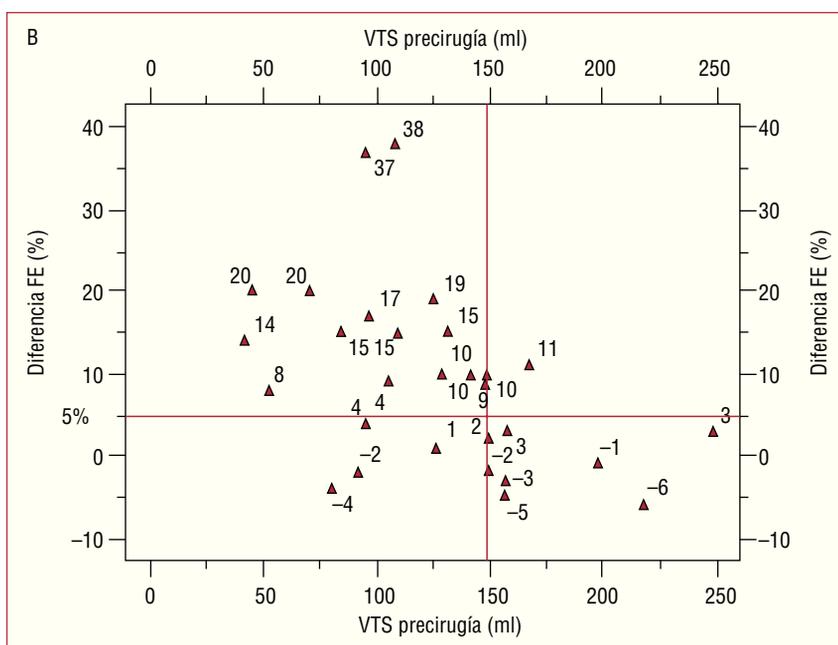
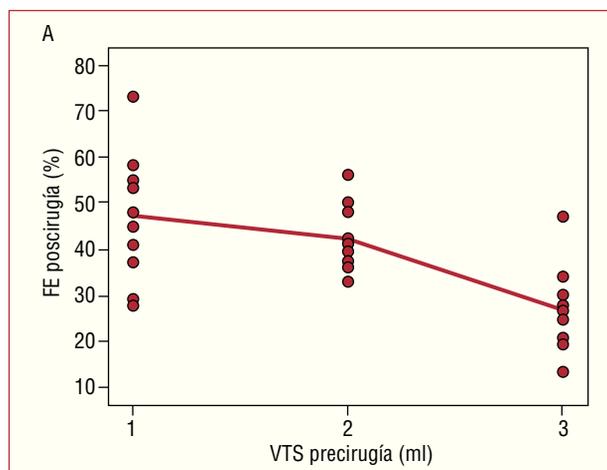
	Pacientes sin $\uparrow$ FE $\geq 5\%$ (n = 8)	Pacientes con $\uparrow$ FE $\geq 5\%$ (n = 11)	p
Prueba de esfuerzo			
MET	5,4 $\pm$ 1,9	5,6 $\pm$ 0,7	0,565
FC máxima (lat/min)	123,8 $\pm$ 22	125,6 $\pm$ 15	0,628
PAS máxima (mmHg)	146 $\pm$ 16	147,3 $\pm$ 13	0,242
FC máxima $\times$ PAS máxima	17.981 $\pm$ 5.400	18.562 $\pm$ 5.600	0,225
Porcentaje taquicardización	76,1 $\pm$ 17	79,2 $\pm$ 8,7	0,374
Duración (mínima)	5,9 $\pm$ 2,5	5,8 $\pm$ 2,4	0,242
Vatios	69 $\pm$ 26	73,4 $\pm$ 15,7	0,773
ST $\downarrow$ > 1 mm	6 (50%)	7 (41,2%)	0,98
Angina	5 (38,5%)	2 (11,7%)	0,303
Perfusión			
SPE	26,1 $\pm$ 9,3	23,6 $\pm$ 7,5	0,545
SDP	3,7 $\pm$ 3	7,4 $\pm$ 2,6	0,012
Porcentaje miocardio isquémico	30,8 $\pm$ 13,2	35,2 $\pm$ 16,9	0,571

FC: frecuencia cardiaca; FE: fracción de eyección; MET: equivalentes metabólicos; PAS: presión arterial sistólica; SDP: suma de diferencia de puntuación; SPE: suma de puntuación de perfusión en esfuerzo.

mejoría de la FE ventricular izquierda. Kitsiou et al<sup>26</sup>, mediante <sup>201</sup>Tl-SPECT y *gated*-RM de 21 pacientes con FE < 46%, ya observaron que la presencia de defectos reversibles inducidos por el estrés en regiones asinérgicas era un predictor de mejoría de la función sistólica ventricular izquierda.

### Volúmenes ventriculares

La variable más significativa de mejoría de la FE en el análisis multivariable fue la presencia de un volumen telesistólico < 148 ml. Este resultado no se había comunicado nunca hasta el momento con *gated*-SPECT-MIBI o tetrofosmina. Este valor predictivo de



**Fig. 3.** A: análisis de la relación lineal y cuadrática entre los diferentes grados de volumen telesistólico (VTS) precirugía (1: < 101 ml; 2: 101-147 ml; 3: > 147 ml) y la fracción de eyección (FE) poscirugía. Si bien se observa un ligero crecimiento no uniforme, la tendencia lineal fue significativa. B: relación entre el VTS precirugía y la FE poscirugía. En el eje «y» se representa la diferencia de FE anterior y posterior a la cirugía.

corte para el VTS es comparable al hallado por Schinkel et al<sup>16</sup>. Estos autores estudiaron, mediante ventriculografía con isótopos radiactivos y ecocardiografía con dobutamina, a 118 pacientes afectados de miocardiopatía isquémica y observaron que el número de segmentos viables y un VTS < 140 ml constituían variables predictoras de mejoría de la función ventricular. Para Yamaguchi et al<sup>13</sup> fue un índice de VTS < 100 ml/m<sup>2</sup> el que se relacionaba con un aumento significativo de la FE. Bax et al<sup>23</sup>, mediante <sup>18</sup>F-fluorodesoxiglucosa-SPECT y ecocardiograma antes y después de la revascularización coronaria, también observaron que el VTS era el único parámetro significativamente diferente entre los pacientes con y sin aumento de la FE ≥ 5%. La probabilidad de mejoría era menor cuanto mayor era el VTS prequirúrgico.

Tras un infarto de miocardio, y especialmente cuando es extenso y transmural, se producen alteraciones, tanto en la zona infartada como en la no infartada, con un cambio en la arquitectura ventricular que constituye el denominado remodelado miocárdico. El miocardio del área infartada se expande y secundariamente ocurren cambios dependientes del tiempo en las áreas no infartadas, con aumento de los volúmenes y elongación de las fibras miocárdicas. A pesar de este mecanismo compensatorio de dilatación ventricular izquierda, puede aumentar la insuficiencia cardíaca y disminuir la supervivencia<sup>33</sup>. Pasquet et al<sup>14</sup> estudiaron a 66 pacientes con <sup>82</sup>Rb-dipiridamol, <sup>18</sup>FDG-PET y ecocardiograma con dobutamina en bajas dosis más atropina y observaron que menos del 5% de los pacientes con VTD > 220 ml presentaba un aumento de la FE. Probablemente, aunque haya isquemia y/o viabilidad miocárdica en diferentes segmentos del ventrículo izquierdo, la revascularización coronaria por sí sola no es capaz en muchos casos de revertir significativamente la función ventricular izquierda en aquellos pacientes con un ventrículo izquierdo muy remodelado.

### Limitaciones del estudio

El número de pacientes de nuestra serie es pequeño (el número de pacientes estudiados con estrés es todavía menor) y se trata de un estudio retrospectivo, lo cual puede conllevar un cierto sesgo de selección de los pacientes. Además, debido al escaso número de pacientes, cabe la posibilidad de que las diferencias estadísticamente no significativas puedan existir en la realidad. No obstante, hay una gran homogeneidad clínica, tanto preoperatoria como postoperatoria, entre los pacientes con y sin mejoría de la FE una vez revascularizados. Podría objetarse también que la *gated*-SPECT con compuestos tecnecios no es la técnica óptima para haber determinado la viabilidad miocárdica de estos pacientes. Sin embargo, la correlación de ésta con otras técnicas como la PET, la ecocardiografía con dobutamina en bajas dosis y con la RM es buena,

y en nuestro hospital es la que se ha utilizado de forma habitual con esta finalidad durante el período de inclusión de los pacientes. El intervalo de tiempo entre la revascularización y el estudio posterior de la FE es un factor que se debe tener en cuenta, puesto que si la evaluación es muy precoz puede haber cierto grado de aturdimiento miocárdico que conduce a una infravaloración de la FE<sup>11</sup>. Aunque el intervalo mínimo en nuestra serie fue de dos meses, es posible que el número de pacientes con mejoría de la FE hubiera aumentado si la *gated*-SPECT se hubiera realizado más tardíamente<sup>11,34</sup>.

### CONCLUSIONES

En los pacientes con miocardiopatía isquémica y criterios de viabilidad miocárdica, el menor remodelado ventricular izquierdo y la isquemia miocárdica son los principales determinantes en la mejoría de la fracción de eyección poscirugía revascularizadora.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Cohen M, Charney R, Hershman R, Fuster V, Gorlin R. Reversal of chronic ischemic myocardial dysfunction after transluminal coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol.* 1988;12:1193-8.
2. Christian TF, Miller TD, Hodge DO, Orszulak TA, Gibbons RJ. An estimate of the prevalence of reversible left ventricular dysfunction in patients referred for coronary artery bypass surgery. *J Nucl Cardiol.* 1997;4:140-6.
3. Baer FM, Theissen P, Crnac J, Schmidt M, Deutsch HJ, Sechtem U, et al. Head to head comparison of dobutamine-transoesophageal echocardiography and dobutamine-magnetic resonance imaging for the prediction of left ventricular functional recovery in patients with chronic coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2000; 21:981-91.
4. Bax JJ, Cornel JH, Visser FC, Fioretti PM, Van Lingen A, Huitink JM, et al. Prediction of improvement of contractile function in patients with ischemic ventricular dysfunction after revascularization by fluorine-18 fluorodeoxyglucose single-photon emission computed tomography. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30:377-83.
5. Bax JJ, Poldermans D, Elhendy A, Cornel JH, Boersma E, Ramaldi R, et al. Improvement of left ventricular ejection fraction, heart failure symptoms and prognosis after revascularization in patients with chronic coronary artery disease and viable myocardium detected by dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 1999;34:163-9.
6. Samady H, Elefteriades JA, Abbot BG, Mattera JA, McPherson CA, Wackers FJT. Failure to improve left ventricular function after coronary revascularization for ischemic cardiomyopathy is not associated with worse outcome. *Circulation.* 1999;100:1298-304.
7. Bax JJ, Visser FC, Poldermans D, Elhendy A, Cornel JH, Boersma E, et al. Relationship between preoperative viability and postoperative improvement in LVEF and heart failure symptoms. *J Nucl Med.* 2001;42:79-86.
8. Scigrá R, Leoncini M, Marcucci G, Dabizzi RP, Pupi A. Technetium-99m sestamibi imaging to predict left ventricular ejection fraction outcome after revascularisation in patients with chronic coronary artery disease and left ventricular dysfunction: comparison between baseline and nitrate-enhanced imaging. *Eur J Nucl Med.* 2001;28:680-7.
9. Beller GA, Ragosta M. Extent of myocardial viability in regions of left ventricular dysfunction by rest-redistribution thallium-201 imaging: a powerful predictor of outcome. *J Nucl Cardiol.* 1998;5: 445-8.

10. Pace L, Perrone-Filardi P, Storto G, Della Morte AM, Dellegrattaglie S, Prastaro M, et al. Prediction of improvement in global left ventricular function in patients with chronic coronary artery disease and impaired left ventricular function: rest thallium-201 SPET versus low-dose dobutamine echocardiography. *Eur J Nucl Med.* 2000;27:1740-6.
11. Dellegrattaglie S, Perrone-Filardi P, Pace L, Prastaro M, Della Morte AM, Ponticelli MP, et al. Prediction of long-term effects of revascularization on regional and global left ventricular function by dobutamine echocardiography and rest Tl-201 imaging alone and in combination in patients with chronic coronary artery disease. *J Nucl Cardiol.* 2002;9:174-82.
12. Arnese M, Cornel JH, Salustri A, Maat APWM, Elhendy A, Reijs AEM, et al. Prediction of improvement of regional left ventricular function after surgical revascularization. A comparison of low-dose dobutamine echocardiography with 201Tl single-photon emission computed tomography. *Circulation.* 1995;91:2748-52.
13. Yamaguchi A, Ino T, Adachi H, Mizuhara A, Murata S, Kamio H. Left ventricular end-systolic volume index in patients with ischemic cardiomyopathy predicts postoperative ventricular function. *Ann Thorac Surg.* 1995;60:1059-62.
14. Pasquet A, Lauer MS, Williams MJ, Secknus MA, Lytle B, Marwick TH. Prediction of global left ventricular function after bypass surgery in patients with severe left ventricular dysfunction. *Eur Heart J.* 2000;21:125-36.
15. Khoury VK, Haluska B, Marwick TH. Effects of revascularisation and contractile reserve on left ventricular remodelling in patients with impaired left ventricular function. *Int J Cardiol.* 2004;93:55-61.
16. Schinkel AFL, Poldermans D, Rizzello V, Vanoverschelde JJ, Elhendy A, Boersma E, et al. Why do patients with ischemic cardiomyopathy and a substantial amount of viable myocardium not always recover in function after revascularization? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127:385-90.
17. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002;105:539-42.
18. Kubo S, Tadamura E, Kudoh T, Inubushi M, Ikeda T, Koshiji T, et al. Assessment of the effect of revascularization early after CABG using ECG-gated perfusion single-photon emission tomography. *Eur J Nucl Med.* 2001;28:230-9.
19. Emmett L, Iwanochko RM, Freeman MR, Barolet A, Lee DS, Husain M. Reversible regional wall motion abnormalities on exercise technetium-99m-gated cardiac single photon emission computed tomography predict high-grade angiographic stenoses. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39:991-8.
20. González JM, Castell-Conesa J, Candell-Riera J, Rosselló-Urgell J (on behalf of the Spanish Working Group of Nuclear Cardiology). Relevance of <sup>99m</sup>Tc-MIBI rest uptake, ejection fraction and contractile abnormality location in predicting myocardial recovery after revascularization. *Nucl Med Commun.* 2001;22:795-805.
21. Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su HT, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med.* 1995;36:2138-47.
22. Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R, Edwards FH, Ewy GA, Gardner TJ, et al. American College of Cardiology; American Heart Association. ACC/AHA 2004 guideline update for coronary artery bypass graft surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery). *Circulation.* 2004;110:e340-437.
23. Bax JJ, Schinkel AFL, Boersma E, Elhendy A, Rizzello V, Maat A, et al. Extensive left ventricular remodeling does not allow viable myocardium to improve in left ventricular ejection fraction after revascularization and is associated with worse long-term prognosis. *Circulation.* 2004;110 Suppl 1:II18-22.
24. Meza MF, Ramee S, Collins T, Stapleton D, Milani RV, Murgo JP, et al. Knowledge of perfusion and contractile reserve improves the predictive value of recovery of regional myocardial function postrevascularization. A study using the combination of myocardial contrast echocardiography and dobutamine echocardiography. *Circulation.* 1997;96:3459-65.
25. Rozanski A, Berman D, Gray R, Diamond G, Raymond M, Prause J, et al. Preoperative prediction of reversible myocardial asynergy by postexercise radionuclide ventriculography. *N Engl J Med.* 1982;307:212-6.
26. Kitsiou An, Srinivasan G, Quyyumi AA, Summers RM, Bacharach SL, Dilsizian V. Stress-induced reversible and mild-to-moderate irreversible thallium defects. Are they equally accurate for predicting recovery of regional left ventricular function after revascularization? *Circulation.* 1998;98:501-8.
27. Candell-Riera J, Castell-Conesa J, González JM, Rosselló-Urgell J. Eficacia del SPET miocárdico esfuerzo-reposo con <sup>99m</sup>Tc-MIBI en la predicción de la recuperabilidad de la función contráctil postrevascularización. Resultados del protocolo multicéntrico español. *Rev Esp Cardiol.* 2000;53:903-10.
28. Vom Dahl J, Eitzman DT, AL-Aouar ZR, Kanter HL, Hicks RJ, Deeb GM, et al. relation of regional function, perfusion, and metabolism in patients with advanced coronary artery disease undergoing surgical revascularization. *Circulation.* 1994;90:2356-66.
29. Di Carli MF. Predicting improved function after myocardial revascularization. *Curr Opin Crdiol.* 1988;13:415-24.
30. Oshinski JN, Han HC, Ku DN, Pettigrew RI. Quantitative prediction of improvement in cardiac function after revascularization with MR imaging and modeling: initial results. *Radiology.* 2001;221:515-22.
31. Schwartzman PR, Srichai MB, Grimm RA, Obuchowki NA, Hammer DF, McCarthy PM, et al. Nonstress delayed-enhancement magnetic resonance imaging of the myocardium predicts improvement of function after revascularization for chronic ischemic heart disease with left ventricular dysfunction. *Am Heart J.* 2003;146:535-41.
32. Di Carli MF, Maddahi J, Rokhsar S, Schelbert HR, Bianco-Battles D, Brunken RC, et al. Long-term survival of patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: implications for the role of myocardial viability assessment in management decisions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:997-1004.
33. Loui HW, Laks H, Milgater E, Drinkwater DC, Hamilton MA, Brunken RC, et al. Ischemic cardiomyopathy. Criteria for coronary revascularization and cardiac transplantation. *Circulation.* 1991;84:III290-5.
34. Cornel JH, Bax JJ, Elhendy A, Maat APWM, Kimman GP, Geleijnse ML, et al. Biphasic response to dobutamine predicts improvement of global left ventricular function after surgical revascularization in patients with stable coronary artery. Implications of time course of recovery on diagnostic accuracy. *J Am Coll Cardiol.* 1998;31:1002-10.