

MÉTODOS

La tomografía miocárdica de esfuerzo en el diagnóstico de la enfermedad coronaria multivaso

Joan Castell Conesa, César Santana Boado, Jaume Candell Riera*, Santiago Agudé Bruix, Montserrat Olona**, Teresa Canela, Amparo García Burillo, José Manuel González, Francesc Maria Domènech Torné y Jordi Soler Soler*

Servicios de Medicina Nuclear, *Cardiología y **Medicina Preventiva.
Hospital General Universitari Vall d'Hebron. Barcelona.

tomografía de esfuerzo/ enfermedad multivaso/ pruebas de esfuerzo/ tecnecio-99m-mibi

Introducción y objetivos. Estudiar el rendimiento diagnóstico de la tomografía miocárdica con tecnecio-99m-metoxi-isobutil isonitrilo en la detección de enfermedad individualizada de las arterias coronarias epicárdicas y su valor en la predicción de enfermedad multivaso.

Método. Se han estudiado 231 pacientes (58 ± 10 años, 26% mujeres) consecutivos sin infarto previo en los que se disponía de una tomografía miocárdica de esfuerzo y reposo y coronariografía (104 multivaso, 45 monovaso y 82 sin lesiones coronarias). Los resultados de la tomografía se evaluaron de forma semicuantitativa mediante una puntuación proporcional a la extensión y severidad de los defectos postesfuerzo (puntuación máxima: 65). Se realizó un análisis bi y multivariable entre los pacientes con enfermedad multivaso y con enfermedad de un vaso.

Resultados. La sensibilidad y especificidad de la tomografía para la detección de estenosis $> 50\%$ en la arteria descendente anterior fueron del 74% y 85%, para la coronaria derecha del 79% y 85% y para la arteria circunfleja del 45% y 96% respectivamente. La tomografía mostró una sensibilidad del 65%, especificidad del 87%, un valor predictivo positivo del 81% y un valor predictivo negativo del 76% para la detección de enfermedad multivaso.

El análisis bivariable mostró diferencias significativas entre los pacientes de un vaso y multivaso en cuatro parámetros: descenso del ST > 1 mm ($p = 0,01$), descenso del ST corregido por la frecuencia cardíaca ($p = 0,005$), defectos reversibles en más de una región ($p = 0,009$), y puntuación de la tomografía ($p = 0,002$).

En el análisis multivariable la probabilidad de enfermedad multivaso fue del 90% cuando se asociaba descenso del ST > 1 mm y una puntuación

> 20 en la tomografía. Cuando estos dos criterios no se cumplían esta probabilidad fue del 16%.

Conclusión. Los resultados de la tomografía miocárdica en la detección de enfermedad coronaria por vasos son globalmente buenos excepto para la circunfleja que presenta una menor sensibilidad. La interpretación conjunta del ECG de esfuerzo y de la tomografía permitió una mejor discriminación de los pacientes con enfermedad multivaso.

^{99m}Tc-ISONITRILE SPET IN THE ASSESSMENT OF MULTIVESSEL CORONARY ARTERY DISEASE

Objective. The aim of the study was to evaluate the diagnostic yield of 99m-Technetium-methoxyisobutyl-isonitrile (MIBI) SPET for identification of individual coronary artery disease and in the prediction of multivessel involvement.

Methods. Stress/rest myocardial SPET and coronary arteriography were evaluated in 231 consecutive patients (age 58 ± 10 years, 26% women) without prior myocardial infarction. 149 patients had coronary narrowing $> 50\%$: 104 with multivessel disease and 45 with one vessel disease. Tomographic stress defect score was obtained by semiquantitative analysis (maximal score 65). Univariate and multivariate analysis was performed to identify discriminant parameters between one vessel and multivessel patients.

Results. The sensitivity and specificity for the identification of individual artery disease was 74% and 85% for left anterior descending artery, 79% and 85% for right coronary and 45% and 96% for circumflex artery. In the prediction of multivessel involvement the sensitivity was 65%, specificity 87%, positive predictive value 81% and negative predictive value 76%. In the bivariate analysis, four parameters differed significantly between one vessel and multivessel disease patients: ST downslo-

Correspondencia: Dr. J. Castell Conesa.
Servicio de Medicina Nuclear. Hospital General Universitari Vall d'Hebron.
P.º Vall d'Hebron, 119-129. 08035 Barcelona.
E-mail: j_castell@ar.vhebron.es

Recibido el 22 de enero de 1997.

Aceptado para su publicación el 28 de mayo de 1997.

pe > 1 mm ($p = 0.01$), ST downslope/heart rate corrected ($p = 0.005$), reversible defects in two or more regions ($p = 0.009$) and SPET score ($p = 0.002$). In the multivariate analysis the probability of multivesel disease was 90% when ST depression >1 mm and SPET score >20 were associated and the probability was lowered to 16% when these criteria were not present.

Conclusion. Myocardial SPET with MIBI offers an accurate localization of individual coronary artery disease, mainly in left anterior descending artery and right coronary artery lesions. Combined evaluation of ST depression and extension of myocardial stress defects improved prediction of multivessel involvement.

(*Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 635-642)

INTRODUCCIÓN

La función sistólica y la extensión de miocardio amenazado son los determinantes con mayor valor pronóstico en los pacientes con enfermedad arterial coronaria¹⁻³. La valoración del miocardio en riesgo no debe ser puramente anatómica, por lo que la decisión de realizar un tratamiento farmacológico o practicar un procedimiento de revascularización debe basarse en diversas variables derivadas de la evaluación clínica, de la prueba de esfuerzo convencional y, en muchas ocasiones, de la estimación de la isquemia mediante maniobras de provocación (ejercicio, dipiridamol o dobutamina)⁴⁻⁶.

Existen diversos métodos para cuantificar el miocardio en riesgo basados en el análisis de la angiografía coronaria o en métodos no invasivos como los estudios de perfusión miocárdica con radionúclidos^{7,8}. El empleo de la tomografía para la técnica de estudio de la perfusión miocárdica ofrece la posibilidad de estudiar con detalle la localización y severidad de las alteraciones del flujo regional. La representación ventricular en múltiples cortes permite analizar sin superposiciones, a diferencia de la gammagrafía planar, la distribución del radiotrazador y, por tanto, debería posibilitar un mayor rendimiento en el diagnóstico de la enfermedad coronaria por vasos^{9,10}.

Desde su introducción en la práctica asistencial se ha constatado un elevado rendimiento de la tomografía miocárdica en el diagnóstico de la cardiopatía isquémica, en la identificación de los vasos con lesiones angiográficamente significativas y en la discriminación entre los pacientes con enfermedad de un solo vaso y aquellos con lesiones en el tronco común o en tres vasos¹¹⁻¹³. Los estudios de Christian et

al¹⁴ e Iskandrian et al¹⁵ coinciden en que el nivel de depresión del segmento ST y la extensión de los defectos en la gammagrafía de perfusión son predictores independientes de enfermedad multivascular.

Nosotros hemos estudiado la eficacia diagnóstica de la tomografía para la identificación de enfermedad arterial coronaria y para el diagnóstico de enfermedad multivascular en una serie de 231 pacientes sin infarto previo.

PACIENTES Y MÉTODOS

Pacientes

Se han analizado 231 pacientes (edad media: 58 ± 10 años, 26% mujeres) consecutivos sin antecedentes de infarto de miocardio remitidos al gabinete de cardiología nuclear para la práctica de una tomografía miocárdica y a los que se practicó una coronariografía con un intervalo no superior a los 3 meses con respecto al estudio isotópico. La indicación de la tomografía miocárdica y de la coronariografía fue por motivos asistenciales a criterio del cardiólogo responsable del paciente. Los casos incluidos provienen de una población global de 1.300 pacientes (el 54% con infarto previo y el 39% mujeres) a los que les fue practicada una tomografía con ^{99m}Tc-metoxi-isobutil-isonitrilo entre octubre de 1991 y marzo de 1995.

Ergometría

A todos los pacientes se les practicó una prueba de esfuerzo limitada por síntomas mediante bicicleta ergométrica, con una carga inicial de 50 vatios e incrementos sucesivos de 25 vatios cada 3 min hasta el agotamiento, la aparición de síntomas o descenso del segmento ST superior a 2 mm. En el momento de realizar la prueba, 107 pacientes recibían tratamiento con betabloqueadores (46%), 111 con antagonistas del calcio (48%) y 121 con nitratos (52%).

A 72 (31%) pacientes que realizaron una prueba de esfuerzo insuficiente (< 5 METs, frecuencia cardíaca máxima < 80%, sin angina ni descenso del segmento ST > 1 mm) se les administró dipiridamol intravenoso (0,14 mg/kg/min durante 4 min) simultáneamente con la práctica del ejercicio, prolongando el mismo con la máxima carga tolerada por el enfermo.

Se valoró el nivel de descenso máximo del segmento ST a los 0,08 s del punto J y se corrigió este descenso en mm por el porcentaje de taquicardización máxima alcanzado por el paciente (frecuencia cardíaca máxima $\times 100/220$ - edad). La prueba de esfuerzo convencional se consideró positiva si el paciente presentó angina o descenso (horizontal o descendente) del segmento ≥ 1 mm a los 0,08 s del punto J.

Tomogammagrafía con ^{99m}Tc -MIBI

A todos los pacientes se les administró una dosis intravenosa de 15 mCi de ^{99m}Tc -MIBI entre 30 y 60 s antes de finalizar el esfuerzo. Para la exploración en reposo, que se realizó con un mínimo de 24 h de separación con respecto a la de esfuerzo, se administró la misma dosis. En ambos estudios la adquisición de las imágenes tomográficas se realizó al cabo de una hora de la administración del radiofármaco con una gammacámara Elscint SP4, dotada de un colimador de alta resolución, con órbita semicircular de 180°, iniciada en oblicua anterior derecha 30° y con detecciones cada 3°. Se realizó una reconstrucción de imágenes (filtro Butterworth de orden 5, frecuencia de corte 0,4) y se obtuvieron cortes de eje corto, eje largo horizontal y eje largo vertical según las recomendaciones existentes¹⁶.

Para la cuantificación del miocardio afectado en la tomogammagrafía se realizó una valoración semicuantitativa de la captación miocárdica por consenso entre dos observadores expertos, sin conocimiento de los datos clínicos, ergométricos y coronariográficos, de acuerdo a la siguiente metodología:

El ventrículo izquierdo se dividió en trece segmentos:

1: antero-basal; 2: antero-medial; 3: antero-apical; 4: apical; 5: septal basal; 6: septal medio; 7: septal apical; 8: latero-basal; 9: latero-medial; 10: latero-apical; 11: infero-basal; 12: infero-medial, y 13: infero-apical (fig. 1).

En la tomogammagrafía de esfuerzo cada uno de los segmentos fue valorado de acuerdo con la siguiente escala: 1 = normal; 2 = defecto mínimo; 3 = defecto ligero; 4 = defecto moderado, y 5 = defecto severo (similar a la captación de fondo). Los valores asignados a cada segmento se sumaron para establecer la puntuación global (mínima: 13 y máxima: 65).

Para el diagnóstico de la enfermedad por vasos se relacionaron los defectos de perfusión por regiones con las estenosis de las arterias coronarias. Los defectos de la región anterior y septal se asignaron a la arteria descendente anterior, los de la región lateral a la arteria circunfleja y los de la cara inferior a la coronaria derecha.

En la interpretación visual la tomogammagrafía se consideró positiva de enfermedad multivazo cuando se demostraron defectos de perfusión en más de un territorio (fig. 2). De acuerdo con el análisis multivariable descrito a continuación, también se adoptó el nivel de puntuación ≥ 20 como el de mayor discriminación entre enfermedad de un vaso y enfermedad multivazo.

Cateterismo cardíaco

A todos los pacientes se les practicó un cateterismo cardíaco, que incluía ventriculografía y coronariogra-

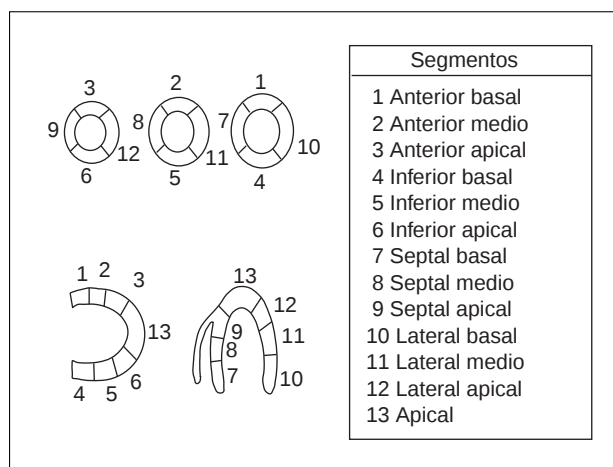


Fig. 1. División en segmentos del ventrículo izquierdo utilizada en la valoración semicuantitativa de los defectos postesfuerzo.

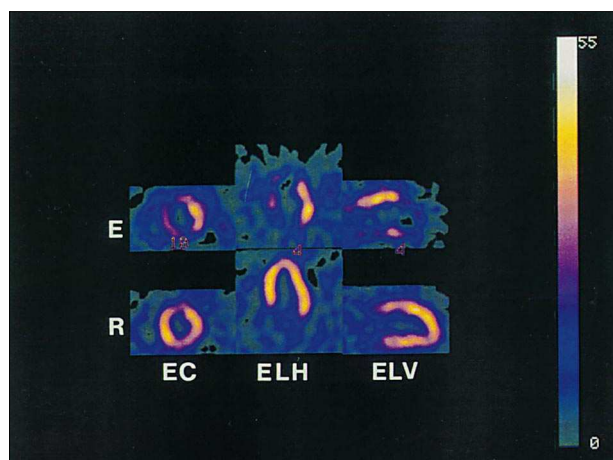


Fig. 2. Tomogammagrafía de esfuerzo (E) y reposo (R) de un paciente con defectos de perfusión severos en la región antero-apical y septal, inferior e hipocaptación moderada lateral. Los defectos son totalmente reversibles. En la coronariografía se observó estenosis proximal del 99% en la arteria descendente anterior, del 95% en la coronaria derecha y del 75% en la circunfleja. Cortes de eje corto (EC), eje largo horizontal (ELH) y vertical (ELV).

fía mediante técnica estándar de Seldinger, con un intervalo no superior a los 3 meses con respecto a la tomogammagrafía. Se realizaron al menos 4 proyecciones (ortogonales 2×2) para la arteria coronaria izquierda y 2 proyecciones (ortogonales) para la arteria coronaria derecha. Dos observadores expertos, sin conocimiento de los resultados gammagráficos, valoraron visualmente la severidad de las estenosis coronarias. Se consideraron como lesiones significativas las estenosis $\geq 50\%$. En el 51% de los pacientes la coronariografía se realizó previamente a la tomogammagrafía.

El estudio coronariográfico se consideró positivo de enfermedad multivazo cuando existía más de una arte-

TABLA 1
Eficacia diagnóstica de la ergometría y la tomografía miocárdica en el diagnóstico de enfermedad coronaria

	SENS	ESP	VG	VPP	VPN
ERGO	46% (37-55)	78% (66-86)	57% (50-64)	79% (68-87)	44% (36-53)
TOMO	84% (78-90) ^a	90% (82-96)	86% (82-91) ^b	94% (89-97) ^c	76% (67-84) ^d

^ap < 0,0001; ^bp = 0,03; ^cp < 0,0001; ^dp < 0,0001; ESP: especificidad; SENS: sensibilidad; ERGO: ergometría; TOMO: tomografía con ^{99m}Tc-MIBI; VG: valor global; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo.

TABLA 2
Eficacia diagnóstica de la tomografía miocárdica por vasos

	SENS	ESP	VG	VPP	VPN
DA	74% (66-81) ^a	85% (78-92)	79% (73-84)	85% (78-92)	73% (65-81)
CX	45% (39-62)	96% (91-99) ^b	79% (74-84)	88% (75-95)	77% (71-83)
CD	79% (70-87) ^c	85% (79-91)	83% (79-88)	79% (70-87)	85% (79-91) ^d

^ap = 0,0006 frente a CX; ^bp = 0,0002 frente a DA y CD; ^cp < 0,0001 frente a CX; ^dp = 0,02 frente a DA; CD: coronaria derecha; CX: circunfleja; DA: descendente anterior; ESP: especificidad; SENS: sensibilidad; VG: valor global; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo.

ria coronaria con estenosis $\geq 50\%$, en cualquiera de sus ramas.

Estadística

Para la descripción de los datos se utilizó la media ± 1 desviación estándar para datos cuantitativos y las frecuencias absolutas y relativas para datos categóricos.

Se calcularon la sensibilidad, especificidad, valor global, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo para el diagnóstico de enfermedad coronaria y para el diagnóstico de la enfermedad multivaso de la prueba de esfuerzo convencional y de la tomografía. Se utilizó la prueba de la χ^2 para comparar los resultados entre estas pruebas.

Para el estudio del diagnóstico de enfermedad multivaso se realizó un análisis bivariable entre los pacientes con enfermedad de un vaso y enfermedad multivaso. De acuerdo al resultado de éste se aplicó un análisis multivariable (regresión logística múltiple) en el que se incluyeron como factores independientes los parámetros con significación estadística del análisis bivariable.

Se calculó el punto de corte más discriminativo para la puntuación tomográfica a partir de un modelo de regresión logística, utilizando la probabilidad con mayor valor global. El valor de 20 fue el nivel que permitía una más clara diferenciación entre los dos grupos. A partir de un modelo de regresión logística en el que se incluyeron el descenso del ST > 1 mm y la puntuación tomográfica > 20 se calculó la probabilidad posterior de enfermedad multivaso para las cuatro posibles combinaciones entre estos dos criterios: positivo-positivo, positivo-negativo, negativo-positivo y negativo-negativo.

RESULTADOS

La prevalencia de enfermedad coronaria en la población estudiada fue del 65%. Ciento cuatro pacientes (45%) tenían enfermedad multivaso (50 de dos vasos y 54 de tres vasos) y 45 pacientes (20%) tenían enfermedad coronaria de un vaso. No hubo diferencias significativas entre los pacientes con enfermedad multivaso y los pacientes con enfermedad de un vaso con respecto a la edad (61 ± 10 frente a 59 ± 9 años) y la proporción de mujeres en ambos grupos fue similar (el 18 frente al 16%). Ciento veinticinco (54%) tenían estenosis superior al 50% de la descendente anterior, 97 (42%) de la coronaria derecha y 83 (36%) de la circunfleja.

La duración promedio de la prueba de esfuerzo en toda la serie fue de $7,6 \pm 2,6$ min, la carga máxima alcanzada de 75 ± 31 vatios y el consumo máximo de O_2 de $6,2 \pm 1,2$ MET. La frecuencia cardíaca máxima alcanzada fue de 112 ± 26 lat/min (el $68 \pm 14\%$ de la máxima teórica), la presión arterial sistólica máxima de 160 ± 25 mmHg y el producto frecuencia cardíaca máxima por presión arterial sistólica máxima fue de 17.920 ± 3.000 . Un 25% de pacientes presentaron angina durante la prueba de esfuerzo, en un 26% se observó un descenso del segmento ST ≥ 1 mm y en un 10% entre 0,5 y 1 mm.

En la **tabla 1** se presentan los resultados de la sensibilidad, especificidad, valor global, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de la prueba de esfuerzo convencional y de la tomografía para el diagnóstico de enfermedad coronaria. Excepto para la especificidad, todos los valores fueron significativamente más altos para la tomografía miocárdica.

En la **tabla 2** se exponen los resultados de la tomografía en la detección de estenosis coronarias

TABLA 3
Comparación de los resultados ergométricos y gammagráficos entre los pacientes con enfermedad multivaso y los pacientes con enfermedad de un solo vaso

	Multivaso (n = 104)		Un vaso (n = 45)
Betabloqueantes	65 (62%)		21 (47%)
Antagonistas del calcio	59 (57%)		22 (49%)
Nitratos	69 (66%)		26 (58%)
Duración	7,4 ± 2		7,9 ± 2
Vatios	75 ± 35		77 ± 36
MET	5,45 ± 1		5,6 ± 1
FC máxima	107 ± 24		104 ± 21
FC (%)	67 ± 14		63 ± 12
PAS máxima	168 ± 29		167 ± 23
FC × PAS	183 ± 62		177 ± 57
Angina	33 (32%)		9 (20%)
Descenso ST > 1 mm	36 (35%)	p = 0,01	6 (13%)
Descenso ST (mm)	1,48 ± 0,6		1,41 ± 0,3
Descenso ST (mm)/FC (%)	0,009	p = 0,005	0,003
Puntuación MIBI	27	p = 0,002	19
TOMO > 1 región	65%	p = 0,009	13%

FC máxima: frecuencia cardíaca máxima; FC (%): porcentaje de taquicardización máxima alcanzada; PAS máxima: presión arterial sistólica máxima; puntuación MIBI: puntuación de la tomogammagrafía con ^{99m}Tc-MIBI; TOMO > 1 región: tomogammagrafía positiva en más de una región en el análisis visual.

TABLA 4
Eficacia diagnóstica de la ergometría y la tomogammagrafía miocárdica en el diagnóstico de la enfermedad multivaso

	SEN	ESP	VG	VPP	VPN
ERGO	34% (29-41)	87% (80-91)	63% (55-68)	69% (61-74)	72% (68-79)
TOMO	65% (56-75) ^a	87% (82-93)	77% (72-83) ^b	81% (71-89) ^b	76% (69-82)

^ap = 0,0001; ^bp = 0,003. Entre paréntesis se exponen los intervalos de confianza del 95%; ESP: especificidad; SEN: sensibilidad; ERGO: ergometría; TOMO: tomogammagrafía con ^{99m}Tc-MIBI; VG: valor global; VPP: valor predictivo positivo; VPN: valor predictivo negativo.

para cada una de las arterias coronarias con estenosis ≥ 50%. La sensibilidad de la tomogammagrafía fue semejante para la arteria descendente anterior y la coronaria derecha, mientras que fue significativamente menor para la circunfleja. Los falsos negativos se presentaron cuando la estenosis de la circunfleja se acompañaba de lesiones de mayor severidad en otra arteria coronaria. La especificidad fue elevada en todos los casos, pero significativamente mayor para la circunfleja.

En la [tabla 3](#) se comparan los resultados de la ergometría y de la tomogammagrafía miocárdica entre los pacientes con enfermedad multivaso y los pacientes con enfermedad de un vaso. Las diferencias entre ambos grupos fueron una mayor proporción de pacientes con descenso del segmento ST ≥ 1 mm en el grupo de multivaso (el 35 frente al 13%; p = 0,01), el nivel de descenso del segmento ST corregido por el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada (p = 0,005), la presencia de defectos reversibles de perfu-

sión en más de una región (p = 0,009) y la puntuación de la tomogammagrafía miocárdica (27 frente a 21; p = 0,002).

En la [tabla 4](#) se presentan los resultados de la sensibilidad, especificidad, valor global, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de la ergometría (descenso del segmento ST > 1 mm) y de la interpretación visual de la tomogammagrafía para el diagnóstico de enfermedad multivaso. La sensibilidad (el 65 frente al 34%; p = 0,0001), el valor global (el 77 frente al 63%; p = 0,003) y el valor predictivo positivo (el 81 frente al 69%; p = 0,003) son significativamente mejores para la tomogammagrafía con ^{99m}Tc-MIBI con respecto a la prueba de esfuerzo. Ahora bien, la sensibilidad (65%) de la tomogammagrafía de perfusión para el diagnóstico de enfermedad multivaso sigue siendo subóptima.

En el análisis multivariable los predictores independientes de enfermedad multivaso fueron el descenso del segmento ST superior a 1 mm (*odds ratio* [OR]:

TABLA 5
Probabilidad de enfermedad multivaso en función
del descenso del segmento ST y de la puntuación
tomogammagráfica

Punt. MIBI > 20	Desc. ST > 1 mm	Prob. multivaso (%)
Positiva	Positiva	90
Positiva	Negativa	68
Negativa	Positiva	73
Negativa	Negativa	16

Desc. ST > 1 mm: descenso del segmento ST superior a 1 mm; Prob. multivaso: probabilidad de enfermedad multivaso; Punt. MIBI: puntuación de la tomogammagrafía miocárdica con ^{99m}Tc -MIBI.

3,27; intervalo de confianza [IC]: 1,20-9,91) y la puntuación tomogammagráfica superior a 20 (OR: 2,53; IC: 1,22-6,89).

La probabilidad de enfermedad multivaso fue del 87% para el descenso del segmento ST superior a 1 mm y del 58% cuando el desnivel del segmento ST no superaba 1 mm. La probabilidad de enfermedad multivaso cuando la puntuación de la tomogammagrafía era superior a 20 fue del 84%, mientras que era sólo del 20% cuando no se alcanzaba esta puntuación. Como puede observarse en la **tabla 5**, las probabilidades de enfermedad multivaso mejoran cuando se asocian estos dos criterios.

DISCUSIÓN

Diagnóstico de enfermedad coronaria

En la población estudiada el número de diagnósticos correctos, estimado como valor global, de la tomogammagrafía es significativamente mayor que el de la prueba de esfuerzo. Ello no sólo se explica por la mayor eficacia de la técnica sino también por el sesgo de selección resultante de que los pacientes que son remitidos para un estudio tomogammagráfico cumplen mayoritariamente la condición de haber realizado pruebas de esfuerzo insuficientes o no diagnósticas previamente. De hecho, existió una elevada proporción de pacientes sometidos a tratamiento con betabloqueadores (47%) y la frecuencia máxima alcanzada media fue del $68 \pm 14\%$ respecto a la máxima teórica.

Las cifras de sensibilidad y especificidad obtenidas en este estudio están dentro de las esperadas por trabajos previos¹⁷⁻¹⁹. Hay que destacar la elevada especificidad y el alto valor predictivo positivo de nuestra serie. La sensibilidad para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria, aunque correcta, no alcanza una cifra óptima. Este hecho se debe a la inclusión en nuestra serie de todos los estudios, sin diferenciación entre aquellos en los que se consiguió una taquicardización, consumo de oxígeno o nivel de trabajo cardíaco sufi-

ciente²⁰⁻²². Como hemos demostrado en un reciente análisis de esta población, el rendimiento diagnóstico de la tomogammagrafía miocárdica de esfuerzo está significativamente ligado a la realización de una prueba de esfuerzo suficiente o en su defecto a la realización de un test de provocación con dipiridamol²¹⁻²². En todo caso, las cifras aportadas en el presente trabajo traducen el rendimiento general de la prueba en una muestra representativa de la población que se explora en nuestro medio.

Los resultados obtenidos en la identificación de la enfermedad por vasos por los estudios gammagráficos de perfusión han mejorado sensiblemente desde la introducción de la metodología tomográfica. En general, los mejores resultados se obtienen en la detección de enfermedad de la arteria coronaria derecha y de la arteria descendente anterior^{23,24}. Diversos autores han encontrado bajas sensibilidades para el diagnóstico de la arteria circunfleja^{25,26}. En nuestra serie, los falsos negativos se presentaron cuando la estenosis de la circunfleja se acompañaba de lesiones de mayor severidad en otra arteria coronaria, lo que permite atribuir esta falta de sensibilidad a que los defectos de perfusión dependientes de las lesiones en la arteria circunfleja probablemente son de menos extensión y severidad que los ocasionados por lesiones en la descendente anterior o la coronaria derecha.

Las lesiones de un vaso que no se diagnosticaron correspondieron en su mayoría a estenosis no severas de la arteria descendente anterior, todas inferiores al 90%, y en su mayor parte entre el 50 y el 70%. En nuestra serie se han valorado como significativas las estenosis mayores del 50%, partiendo del hecho de que este criterio es el más utilizado en la actualidad^{3,9,21-23}.

Diagnóstico de enfermedad multivaso

En nuestra población, con una prevalencia de enfermedad multivaso del 45%, la tomogammagrafía miocárdica de esfuerzo tuvo una mayor sensibilidad que la prueba de esfuerzo en el diagnóstico de enfermedad multivaso, aunque los resultados no fueron óptimos (el 65 frente al 34%; $p = 0,0001$). En cambio, la especificidad (del 87 y del 87%, respectivamente) y el valor predictivo negativo (del 76 y del 72%, respectivamente) fueron aceptables, como también han comunicado otros autores^{27,28}.

Parece pues claro que la tomogammagrafía es una exploración adecuada para detectar la región más isquémica, pero no tanto para identificar todas las arterias coronarias con estenosis. La presencia de un considerable número de pacientes con prueba de esfuerzo insuficiente (29%) en nuestra serie puede contribuir también a disminuir la sensibilidad. Por otra parte, debe considerarse que la coexistencia de estenosis de significación funcional muy diferente en distintas ar-

terias coronarias puede condicionar que aparezcan signos de isquemia miocárdica que obliguen a detener la prueba de esfuerzo, cuando sólo se manifiesta la hipoperfusión en el territorio más críticamente amenazado y todavía no aparecen defectos significativos en otras regiones que requerirían de un esfuerzo mayor para manifestarse como hipocaptantes en las imágenes de perfusión.

Se han utilizado diferentes criterios, tanto electrocardiográficos^{14,15,27,28} como gammagráficos²⁹⁻³², encaminados a detectar con mayor sensibilidad la enfermedad multivaso. El descenso del segmento ST es el criterio electrocardiográfico más significativo sobre todo cuando se corrige por el nivel de taquicardización: los pacientes con enfermedad multivaso presentan mayores descensos del segmento ST con frecuencias cardíacas inferiores^{27,29}. Entre los signos gammagráficos indicativos de una mayor severidad de la cardiopatía isquémica destacan la presencia de defectos de perfusión en más de un territorio coronario^{14,15}, el lavado lento del ²⁰¹Tl^{30,31}, la dilatación isquémica ventricular izquierda y la captación pulmonar de ²⁰¹Tl en el postesfuerzo^{32,33}. Los pacientes con enfermedad multivaso presentan unos valores más altos en la puntuación tomogammagráfica de isquemia, lo que refleja la mayor severidad y extensión de los defectos postesfuerzo. Este es el signo gammagráfico más evidente de enfermedad multivaso para el ^{99m}Tc-MIBI. Debe tenerse en cuenta que con este radiofármaco, a diferencia del ²⁰¹Tl, no puede analizarse la captación pulmonar, ya que la detección postesfuerzo se retrasa 30-60 min, ni tampoco puede analizarse el aclaramiento miocárdico del trazador debido a la ausencia de redistribución efectiva en sus características farmacocinéticas.

Al realizar el análisis multivariable se pudo determinar que el nivel de puntuación que mejor distinguía entre los pacientes con enfermedad de un solo vaso y los pacientes con enfermedad multivaso era el de 20. Los enfermos con puntuaciones superiores a 20 presentaron una probabilidad de presentar enfermedad multivaso del 84% y en aquellos pacientes con puntuación inferior a 20 se observó una probabilidad de presentarla del 20%. Estos resultados mejoran ligeramente cuando se asocia el criterio electrocardiográfico de descenso del segmento ST superior a 1 mm. La probabilidad de presentar enfermedad multivaso si se cumplen ambos criterios pasa a ser entonces del 90%, mientras que si no se cumple ninguno de los dos la probabilidad de presentarla desciende al 16%. Debe tenerse en cuenta que estas cifras se han obtenido analizando sólo la población con enfermedad coronaria. Si se tienen en cuenta a todos los pacientes de la serie, es decir, incluyendo a los individuos sin estenosis coronarias, la probabilidad de enfermedad coronaria multivaso de un paciente con puntuación menor de 20 asociado a una prueba de esfuerzo negativa es inferior al 5%.

Aplicabilidad clínica

El análisis aislado de la tomogammagrafía miocárdica presenta un aceptable rendimiento diagnóstico en la detección de la enfermedad arterial coronaria por vasos pero ofrece un valor subóptimo en la predicción de enfermedad multivaso. Nuestros resultados demuestran que la asociación de descenso del segmento ST superior a 1 mm en el ECG de esfuerzo y de defectos extensos de perfusión (puntuaciones superiores a 20) en la tomogammagrafía miocárdica de esfuerzo proporciona una elevada probabilidad (90%) de enfermedad multivaso. Por otra parte, la ausencia de estos criterios ofrece una baja probabilidad (16%) de afectación multivaso en los pacientes con enfermedad coronaria. Esta probabilidad es todavía más baja (< 5%) cuando se analiza la población total, que incluye a pacientes con y sin enfermedad coronaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Candell-Riera J. Prognostic evaluation and follow-up chronic artery disease. En: Candell-Riera J, Ortega-Alcalde D, editores. Nuclear cardiology in everyday practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994; 216-240.
2. Candell-Riera J, Permanyer-Miralda G, Castell J, Rius-Daví A, Domingo E, Álvarez-Auñón E et al. Uncomplicated first myocardial infarction: strategy for comprehensive prognostic studies. J Am Coll Cardiol 1991; 18: 1.207-1.219.
3. Beller GA. Radionuclide assessment of prognosis. En: Beller GA, editor. Clinical Nuclear Cardiology. Filadelfia: W.B. Saunders Company, 1995; 4: 137-168.
4. Ritchie JL, Bateman TM, Bonow RO, Crawford MH, Gibbons RJ, Han RJ et al. Guidelines for clinical use of cardiac radionuclide imaging. A report of the American Heart Association/American College of Cardiology Task Force on assessment of diagnostic and therapeutic cardiovascular procedures, Committee on Radionuclide imaging, developed in collaboration with the American Society of Nuclear Cardiology. Circulation 1995; 91: 1.278-1.303.
5. Mahmarian JJ, Pratt CM, Boyce TM, Verani M. The variable extent of jeopardized myocardium in patients with single vessel coronary artery disease: quantification by thallium-201 single photon emission computed tomography. J Am Coll Cardiol 1991; 17: 355-362.
6. Palet Balart J, Candell Riera, Castell Conesa J, Aguadé S, Cortadellas J, Salas A et al. La tomogammagrafía de perfusión y la coronariografía como exploraciones complementarias en la decisión terapéutica de pacientes con cardiopatía isquémica. Rev Esp Cardiol 1994; 47: 796-802.
7. Haronian HL, Remetz MS, Sinusas AJ, Baron Jm, Miller HI, Cleman MW et al. Myocardial risk area defined by technetium-99m sestamibi imaging during percutaneous transluminal coronary angioplasty: comparison with coronary angiography. J Am Coll Cardiol 1993; 22: 1.033-1.043.
8. Marwick T, D'Hondt AM, Baudhuin T, Willemart B, Wijns W, Detry JM et al. Optimal use of dobutamine stress for the detection and evaluation of coronary artery disease: combination with echocardiography or scintigraphy, or both? J Am Coll Cardiol 1993; 22: 159-167.
9. Van Train KF, García EV, Maddahi J, Areea J, Cooke D, Kiat H et al. Multicenter trial validation for quantitative analysis of

- same-day rest-stress technetium-99m-sestamibi myocardial tomograms. *J Nucl Med* 1994; 35: 609-618.
10. Wackers FJ, Berman DS, Maddahi J, Watson DD, Beller GA, Strauss W et al. Technetium-99m hexakis 2 methoxyisobutyl isonitrile (hexamibi): human biodistribution, dosimetry, safety, and preliminary comparison to thallium-201 for myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 1989; 30: 301-311.
11. Kolter TS, Diamond GA. Exercise thallium-201 scintigraphy in the diagnosis and prognosis of coronary artery disease. *Arch Intern Med* 1990; 113: 684-702.
12. Pennell DJ, Prvulovich E. Imaging Techniques. En: Ell PJ, editor. *Nuclear Cardiology* 1995; 17-33.
13. Kiat H, Van Train KF, Maddahi J, Corbett JR, Nichols K, McGhie AI et al. Development and prospective application of quantitative 2-day stress-rest Tc-99m methoxy isobutyl isonitrile SPECT for the diagnosis of coronary artery disease. *Am Heart J* 1990; 120: 1.255-1.266.
14. Christian TF, Miller TD, Bailey KR, Gibbons RJ. Noninvasive identification of severe coronary artery disease using exercise tomographic thallium-201 imaging. *Am J Cardiol* 1992; 70: 14-20.
15. Iskandrian AS, Heo J, Lemlek J, Ogilby JD. Identification of high risk patients with left main and three-vessel coronary artery disease using stepwise discriminant analysis of clinical, exercise, and tomographic thallium data. *Am Heart J* 1993; 125: 221-225.
16. Committee on Advanced Cardiac Imaging and Technology, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Cardiovascular Imaging Committee, American College of Cardiology; and Board of Directors, Cardiovascular Council, Society of Nuclear Medicine. Standardization of Cardiac Tomographic Imaging. *Circulation* 1992; 86: 338-339.
17. Van Train KF, Garcia EV, Cooked AJ. Quantitative analysis of SPECT myocardial perfusion. En: De Puey EG, Berman DS, Garcia EV, editores. *Cardiac SPECT Imaging* 1995; 2: 44-74.
18. Beller GA. Current status of nuclear cardiology techniques. *Curr Probl Cardiol* 1991; 16: 451-535.
19. Santana Boado C, Candell Riera J, Castell Conesa J, García Buriello A, Olona M, Palet J et al. Diagnóstico de la enfermedad coronaria mediante la tomogammagrafía de esfuerzo con isonitrilos-tecnecio-99m. *Med Clin (Barc)* 1995; 105: 201-204.
20. Iskandrian AS, Heo J, Kong B, Lyons E. The effect of exercise level on the ability of thallium-201 tomographic imaging in detecting coronary artery disease: analysis of 461 patients. *J Am Coll Cardiol* 1989; 14: 1.477-1.486.
21. Santana-Boado C, Candell-Riera J, Castell-Conesa J, Olona M, Palet-Balart J, Aguadé-Bruix J et al. Importancia de los parámetros ergométricos en los resultados de la tomogammagrafía de perfusión miocárdica. *Med Clin (Barc)* 1997. En prensa.
22. Candell-Riera J, Santana-Boado C, Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S, Olona M, Palet J et al. Simultaneous dipyridamole /maximal subjective exercise with ^{99m}Tc-MIBI SPECT. Improved diagnostic yield in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1997. En prensa.
23. Van Train KF, Areeda J, Garcia EV, Cooke CD, Maddahi J, Kiat H et al. Quantitative same day rest-stress technetium-99m-Sestamibi SPECT: definition and validation of stress normal limits and criteria for abnormality. *J Nucl Med* 1993; 34: 1.494-1.502.
24. Mahamarian JJ, Boyce TM, Goldberg RG, Cocanougher MK, Roberts R, Verani M. Quantitative exercise thallium-201 single photon emission computed tomography for the enhanced diagnosis of ischemic heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 318-219.
25. Wackers FJ, Berman DS, Maddahi J, Watson DD, Beller GA, Strauss HW et al. Technetium-99m hexakis 2 methoxyisobutyl isonitrile (hexamibi): human biodistribution, dosimetry, safety, and preliminary comparison to thallium-201 for myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med* 1989; 30: 301-311.
26. Udelson JE, Leppo JA. Diagnosis of coronary artery disease. En: Murray IPC, Ell PJ, Strauss HW, editores. *Nuclear Medicine* 1994; 94: 1.129-1.156.
27. Pollock SC, Abbot RD, Boucher CA, Watson DD, Kaul S. A model to predict multivessel coronary artery disease from the exercise thallium-201 stress test. *Am J Med* 1991; 90: 345-352.
28. Detrano R, Gianrossi R, Mulvihill D, Lehmann K, Dubach P, Colombo A et al. Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease: a metaanalysis. *J Am Coll Cardiol* 1989; 14: 1.501-1.508.
29. Canhasi B, Dae M, Botvinick E, Lanzer P, Shechtman R, Faulkner D et al. Interaction of «supplementary»scintigraphic indicators of ischemia and stress electrocardiography in the diagnosis of multivessel coronary disease. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 581-588.
30. Maddahi J, Abdulla A, García EV, Swan HJC, Berman D. Noninvasive identification of left main and triple vessel coronary artery disease: improved accuracy using quantitative analysis of regional myocardial stress distribution and washout of thallium-201. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 53-60.
31. Gill JB, Ruddy TD, Newell JB, Finkelstein DM, Strauss HW, Boucher CA et al. Prognostic importance of thallium uptake by the lungs during exercise in coronary artery disease. *N Engl J Med* 1987; 317: 1.485-1.489.
32. Manno B, Hakki A, Kane SA, Iskandrian AS. Usefulness of left ventricular wall thickness-to-diameter ratio in thallium-201 scintigraphy. *Cath Cardiovasc Diag* 1983; 9: 483-491.
33. Weiss AT, Berman DS, Lew AS, Nielsen J, Potkin B, Shawn HJC et al. Transient ischemic dilation of the left ventricle on stress thallium-201 scintigraphy: a marker of severe and extensive coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 752-759.