

## Prueba de esfuerzo submáxima y atropina en la SPECT de perfusión miocárdica

Gustavo de León<sup>a</sup>, Santiago Aguadé-Bruix<sup>b</sup>, Verónica Aliaga<sup>a</sup>, Gemma Cuberas-Borrós<sup>a</sup>, Guillermo Romero-Farina<sup>a</sup>, Joan Castell-Conesa<sup>b</sup>, David García-Dorado<sup>a</sup> y Jaume Candell-Riera<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Cardiología. Àrea del Cor. Hospital Universitari Vall d'Hebron. Institut de Recerca (VHIR). Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. España.

<sup>b</sup>Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitari Vall d'Hebron. Institut de Recerca (VHIR). Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. España.

**Introducción y objetivos.** El objetivo de este estudio es evaluar la eficacia diagnóstica de la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) de perfusión miocárdica con la administración de atropina intravenosa al final de una prueba de esfuerzo con insuficiente taquicardización.

**Métodos.** A 172 pacientes que, a pesar de realizar una prueba ergométrica limitada por síntomas, no alcanzaron un 80% de taquicardización, sin presentar angina ni descenso del segmento ST  $\geq 1$  mm, se les administró 1 mg de atropina intravenosa al final del esfuerzo. A 23 de estos pacientes con criterios de isquemia gammagráfica en la SPECT con atropina, y en el curso de 1 semana, se les practicó una segunda SPECT sin la administración de atropina con la finalidad de comparar la presencia y la gravedad de la isquemia gammagráfica entre los dos estudios (suma puntuación diferencial [SPD]).

**Resultados.** De los 172 pacientes, 75 (43,6%) presentaron angina ( $n = 56$ ) o descenso del segmento ST ( $n = 30$ ) con la administración de atropina. De los 23 pacientes en los que se hicieron ambas pruebas, 8 (35%) tuvieron isquemia ( $SPD \geq 2$ ) únicamente en la prueba con atropina. Además, la SPD fue significativamente superior en las imágenes de SPECT con atropina ( $5,6 \pm 4,5$  frente a  $3,1 \pm 2,8$ ;  $p = 0,0001$ ).

**Conclusiones.** La administración de atropina al final de una prueba de esfuerzo insuficiente permite obtener criterios gammagráficos de isquemia en una tercera parte de los casos en que no se habría obtenido sin la administración del fármaco.

**Palabras clave:** Gammagrafía. Medicina nuclear. Enfermedad coronaria.

### Submaximal Exercise Testing Plus Atropine in Myocardial Perfusion SPECT

**Introduction and objectives.** The aim of this study was to determine the diagnostic value of using myocardial perfusion single-photon emission computed tomography (SPECT) with intravenous atropine administration at the end of submaximal exercise testing.

**Methods.** One milligram of atropine was administered intravenously at the end of exercise testing to 172 patients who underwent a symptom-limited ergometric test but did not reach 80% of their peak heart rate without exhibiting angina or an ST-segment depression  $\geq 1$  mm. Within 1 week, 23 patients who satisfied scintigraphic criteria for ischemia during SPECT with atropine underwent SPECT for a second time without atropine administration with the aim of comparing the presence and severity of scintigraphic ischemia between the two studies (SDS: summed difference score).

**Results.** Of the 172 patients, 75 (43.6%) developed angina ( $n=56$ ) or ST-segment depression ( $n=30$ ) during atropine administration. Eight of the 23 patients (35%) who underwent two tests exhibited scintigraphic ischemia ( $SDS \geq 2$ ) on only the test with atropine. Furthermore, the SDS was significantly greater on SPECT imaging with atropine ( $5.6 \pm 4.5$  vs.  $3.1 \pm 2.8$ ;  $P = .0001$ ).

**Conclusions.** One-third of patients who met scintigraphic criteria for ischemia at the end of submaximal exercise testing and after atropine administration would not have met those criteria without administration of the drug.

**Key words:** Scintigraphy. Nuclear medicine. Coronary artery disease.

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

Este estudio ha sido parcialmente financiado por una beca de 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.  
Passeig Vall d'Hebron, 119-129. 08035 Barcelona. España.  
Correo electrónico: [jcandell@vhebron.net](mailto:jcandell@vhebron.net)

Recibido el 21 de enero de 2009.

Aceptado para su publicación el 24 de marzo de 2010.

## ABREVIATURAS

IV: intravenosa.  
MET: equivalente metabólico.  
SPD: suma puntuación diferencial.  
SPE: suma puntuación estrés.  
SPECT: tomografía computarizada por emisión monofotónica.  
SPR: suma puntuación reposo.

## INTRODUCCIÓN

La incapacidad para alcanzar una adecuada taquicardización durante una prueba de esfuerzo es un factor que disminuye la sensibilidad y el valor predictivo negativo de la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) de perfusión miocárdica para detectar isquemia<sup>1-3</sup>. Por lo tanto, cualquier método que permita mejorar el grado de taquicardización durante el esfuerzo puede ser considerado de interés clínico.

La atropina, un agente muscarínico de reconocido efecto taquicardizante, se utiliza habitualmente combinado con dobutamina en estudios ecocardiográficos y de perfusión miocárdica<sup>4</sup>, pero su uso como coadyuvante al esfuerzo ha sido poco estudiado hasta la fecha<sup>5-10</sup> y se desconoce su eficacia diagnóstica en comparación con los protocolos de estrés convencionales.

La hipótesis de este estudio es que la extensión y la gravedad de la isquemia gammagráfica en la SPECT de perfusión miocárdica obtenida mediante una prueba de esfuerzo submáxima + atropina son superiores que las obtenidas sólo con una prueba de esfuerzo submáxima. Así pues, el objetivo de este trabajo es valorar el rendimiento diagnóstico de la SPECT con atropina intravenosa combinada con ejercicio físico submáximo. Esta metodología podría incorporarse de forma asistencial en la realización de la SPECT de perfusión miocárdica para pacientes que no alcanzan una taquicardización suficiente en la prueba de esfuerzo y no tengan contraindicación para atropina. Ello conllevaría una menor complejidad en su administración (no sería necesaria la bomba de perfusión) y una disminución de la duración del estrés con respecto a los otros protocolos farmacológicos empleados actualmente (dipiridamol, adenosina, dobutamina).

## MÉTODOS

Se analizaron los resultados ergométricos y gammagráficos de una serie consecutiva de 172 pacientes en los que, por motivos asistenciales, se solicitó una SPECT de perfusión miocárdica y a los que se administró atropina cuando, en ausencia de

síntomas de angina o alteraciones del segmento ST, la frecuencia cardiaca no superaba el 80% de la prevista.

Se excluyó a los pacientes con contraindicaciones para el uso de atropina: glaucoma de ángulo estrecho, uropatía obstructiva, miastenia grave y enfermedad gastrointestinal obstructiva. Se seleccionó a 23 de estos pacientes con criterios de isquemia en la SPECT y se procedió a practicar una nueva SPECT de perfusión miocárdica sin atropina tras 1 semana con la finalidad de comparar los resultados ergométricos y gammagráficos entre ambas pruebas. El protocolo de estudio fue aprobado por el comité de ética del hospital y todos los pacientes firmaron el correspondiente consentimiento informado.

### SPECT de perfusión miocárdica de esfuerzo + atropina

En todos los pacientes se procedió a la práctica de una prueba de esfuerzo limitada por síntomas en bicicleta ergométrica (Biodex Medical System 8450A), con una carga inicial de 50 W e incrementos de 25 W por etapa de 3 min cada una. Se canalizó una vena antecubital antes del procedimiento y se administró 1 mg de atropina intravenosa cuando, en ausencia de síntomas de angina o descenso del ST  $\geq 1$  mm, la frecuencia cardiaca no superaba el 80% de la prevista, manteniendo el máximo nivel de ejercicio físico que toleraba el paciente durante 2 min más. Entre 30 y 60 s antes de la finalización del ejercicio, se inyectaron 10 mCi de un radiofármaco con tecnecio (metoxi isobutil isonitrilo o tetrofosmina) para proceder a la adquisición de las imágenes tomográficas entre 30 y 60 min más tarde en una gammacámara Siemens E.CAM, de doble cabezal a 90°, equipada con colimadores de baja energía y alta resolución, con adquisición en órbita circular de 180°, 20 s/imagen. Una vez finalizada la adquisición de las imágenes correspondientes al esfuerzo submáximo, se inyectaron por vía intravenosa 25 mCi del mismo radiotrazador a fin de obtener las imágenes correspondientes al reposo entre 1 y 2 h después.

### SPECT de perfusión miocárdica de esfuerzo sin atropina

A 23 pacientes con criterios gammagráficos de isquemia en la SPECT con atropina, y en el curso de la siguiente semana, se procedió a practicar otra prueba de esfuerzo submáxima del mismo nivel (potencia y equivalentes metabólicos [MET]) que en la anterior, sin inyectar atropina. Entre 30 y 60 s antes de la finalización del ejercicio, se inyectaron 10 mCi del mismo radiofármaco para la adquisición de las

**TABLA 1. Características generales de la población total y de los pacientes sometidos a un doble protocolo, con y sin atropina**

	Población total (n = 172)	Atropina (n = 23)	p
Edad (años)	64,2 ± 10 (39-87)	64,2 ± 8 (44-75)	0,981
Varones	124 (72)	21 (91,3)	0,083
Peso (kg)	74,5 ± 4,3	79,6 ± 19,2	0,12
Índice de masa corporal	28 ± 4,5	29 ± 5,7	0,315
Indicación pronóstica	120 (69,8)	19 (82,6)	0,301
Infarto previo	68 (39,5)	9 (39,2)	0,849
Vasculopatía periférica	11 (6,4)	2 (8,7)	0,976
Hipertensión arterial	102 (59,3)	15 (65,2)	0,751
Dislipemia	105 (61)	20 (86,9)	0,027
Tabaquismo	96 (55,8)	17 (73,9)	0,154
Diabetes mellitus	66 (38,4)	9 (39,2)	0,874
EPOC o asma	36 (21)	3 (13)	0,541
Bloqueadores beta	88 (51)	12 (52,2)	0,896
Antagonistas del calcio	41 (23,8)	7 (30,4)	0,666
Duración de la prueba (min)	8,7 ± 2,4	8,8 ± 2	0,841
Potencia (W)	96,1 ± 55,5	108,7 ± 48,6	0,221
Fracción de eyección (%)	57,5 ± 15	56,1 ± 12	0,664
Defectos reversibles (SPECT)	79 (45,9)	23 (100)	< 0,001
Defectos fijos (SPECT)	80 (46,5)	11 (47,8)	0,917

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; SPECT: tomografía computarizada por emisión monofotónica.

Los datos expresan media ± desviación estándar (intervalo) o n (%).

imágenes correspondientes a la SPECT de esfuerzo. En esta ocasión ya no se adquirieron imágenes de reposo, puesto que las obtenidas en el primer estudio servían de control.

Para la valoración de la isquemia se tuvo en cuenta los parámetros clínicos (angina), electrocardiográficos (magnitud de descenso horizontal o descendente del segmento ST) y gammagráficos (gravedad y extensión de los defectos de perfusión). Se utilizó un modelo de 17 segmentos de acuerdo con las guías de la American Heart Association<sup>11,12</sup>, con una escala de 0 a 4 puntos según la intensidad de isquemia (0 = normal, 1 = hipocaptación ligera, 2 = hipocaptación moderada, 3 = hipocaptación grave y 4 = ausencia de captación). Sin conocimiento de los datos clínicos y ergométricos ni de los resultados de la otra prueba, se cuantificó la puntuación correspondiente a la SPECT de esfuerzo con atropina, la SPECT de esfuerzo submáximo sin atropina, la SPECT de reposo y la diferencia entre la puntuación de esfuerzo y la de reposo (SPD) en los mapas polares<sup>13</sup>. Se consideró que había criterios gammagráficos de isquemia cuando la SPD era  $\geq 2$ .

### Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15. Las variables clínicas, electrocardiográficas y gammagráficas diagnósticas de isquemia miocárdica registradas en el primer estudio (esfuerzo + atropina) y en el segundo estudio (esfuerzo sin atropina) se compararon entre sí. Los resultados de las variables

cuantitativas se expresaron en valor medio  $\pm$  desviación estándar (intervalo), mientras que las variables categóricas se expresaron en porcentajes o proporciones. Para la determinación de normalidad se utilizó un test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de las variables cuantitativas entre ambos estudios (esfuerzo + atropina en comparación con esfuerzo sin atropina) se utilizó la prueba de la t de Student. Para la comparación de variables categóricas para variables independientes, la prueba de la  $\chi^2$ , y para las variables dependientes, el test de McNemar. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS

Las características clínicas de los 172 pacientes estudiados y los 23 en que se realizó la prueba con y sin atropina se exponen en la tabla 1. Setenta y seis pacientes (44%) alcanzaron una taquicardización  $\geq 80\%$  y 113 (60%), un producto frecuencia cardiaca  $\times$  presión arterial máximas  $\geq 18.000$ . La frecuencia cardiaca y la presión arterial aumentaron significativamente con la administración de atropina (tabla 2), sin que pueda atribuirse al incremento del nivel de esfuerzo, puesto que en ningún caso se aumentó la carga e incluso en algunos pacientes tuvo que reducirse ligeramente para que pudieran seguir con el ejercicio hasta 2 min después de la administración de la atropina. El aumento de la frecuencia cardiaca también fue significativo en los pacientes que estaban tomando bloqueadores beta ( $92 \pm 13$

**TABLA 2. Cambios en las variables de la prueba de esfuerzo antes y después de la administración de atropina en la población total (n = 172)**

	Antes de atropina	Tras atropina	Diferencia (%)	p
PAS <sub>máx</sub>	145 ± 23	159 ± 24	8,6 ± 5	< 0,001
FC <sub>máx</sub> (lat/min)	95 ± 13	120 ± 17	20 ± 8	< 0,001
FC <sub>máx</sub> con BB	92 ± 13	116 ± 19	20 ± 7,5	< 0,001
FC × PAS	13.762 ± 2.942	19.025 ± 4.177	27 ± 7,2	< 0,001

BB: bloqueadores beta; FC<sub>máx</sub>: frecuencia cardíaca máxima; PAS<sub>máx</sub>: presión arterial sistólica máxima.

frente a 116 ± 19; p < 0,0001). Cincuenta y seis pacientes (32,5%) presentaron angina después de la administración de atropina y en 30 (17%) el descenso del segmento ST fue ≥ 1 mm. Ningún paciente sufrió efectos indeseables inmediatamente después de la inyección intravenosa de la atropina y sólo 2 pacientes tuvieron náuseas entre 30 y 60 min después.

Los resultados ergométricos y gammagráficos de los 23 pacientes a los que se realizaron las SPECT con y sin atropina se muestran en la tabla 3. A 12 pacientes se les había practicado previamente una coronariografía (6, enfermedad de tres vasos; 3, enfermedad de dos vasos, y 3, enfermedad de un vaso). De los 23 pacientes, 11 (48%) superaron el 80% de taquicardización. Seis pacientes (26%) presentaron angina en la prueba con atropina pero no en la prueba sin atropina. Asimismo, 5 pacientes (21,7%) presentaron descenso del segmento ST ≥ 1 mm en la prueba con atropina pero no en la prueba sin atropina. Además, 8 pacientes (35%) presentaron criterios de isquemia gammagráfica (SPD ≥ 2) en la SPECT con atropina pero no en la SPECT sin atropina (figs. 1 y 2). La SPD fue significativamente superior en los estudios de SPECT con atropina (5,6 ± 4,5 frente a 3,1 ± 2,8; p = 0,0001).

## DISCUSIÓN

Cuando el paciente es incapaz de realizar ningún tipo de ejercicio dinámico, la práctica de una SPECT de perfusión miocárdica con la administración de dipiridamol o adenosina en reposo<sup>14,15</sup> o combinada con ejercicio isométrico<sup>16</sup> permite obtener buenos valores de sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de enfermedad coronaria<sup>17,18</sup>. Ahora bien, siempre que el paciente sea capaz de realizar un esfuerzo dinámico, la información que se obtiene de los parámetros clínicos, hemodinámicos y electrocardiográficos es de gran utilidad pronóstica. Por este motivo, en la práctica, la realización de una prueba de esfuerzo como maniobra de provocación en las pruebas diagnósticas incruentas de isquemia es habitualmente la primera opción que se plantea el cardiólogo.

**TABLA 3. Diferencias entre estudios con y sin atropina (n = 23)**

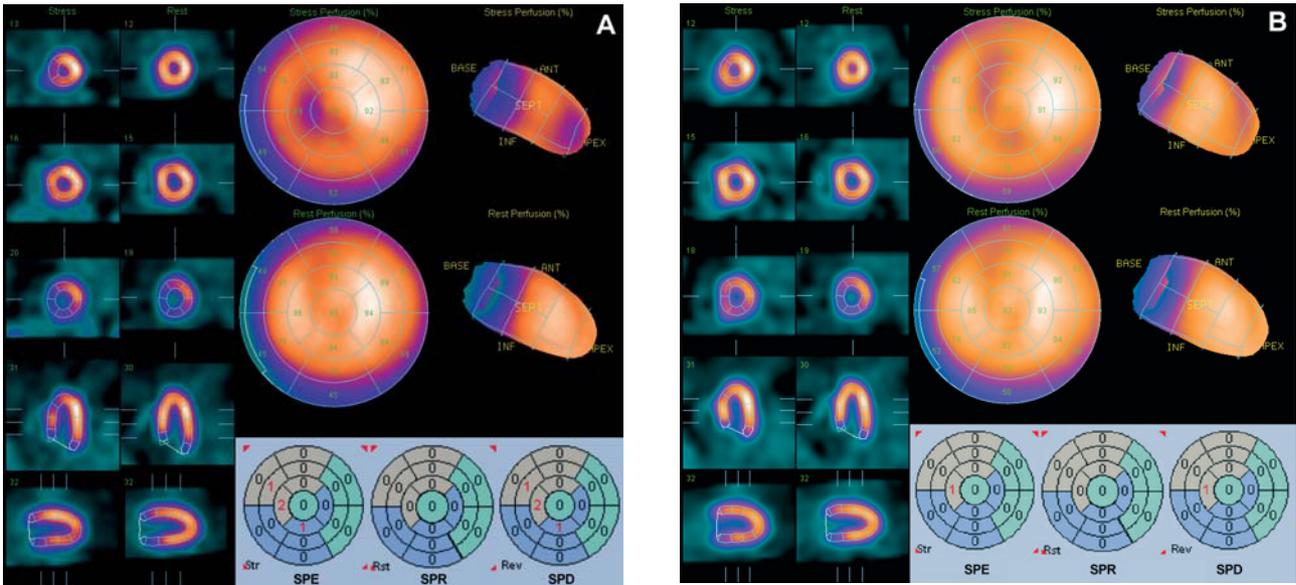
	Sin atropina	Con atropina	p
Angina	0	6 (26)	< 0,001
ST ≥ 1 mm	0	5 (21,7)	< 0,001
Isquemia en SPECT	15 (65,2)	23 (100)	< 0,001
SPD	3,13 ± 2,82	5,65 ± 4,49	< 0,001
FC <sub>máx</sub>	102,4 ± 13,05	120,4 ± 12,32	< 0,001
PAS <sub>máx</sub>	155 ± 25	153,7 ± 39	0,777
FC <sub>máx</sub> × PAS <sub>máx</sub>	15.704 ± 3.636	18.717 ± 3.918	0,001

FC<sub>máx</sub>: frecuencia cardíaca máxima; PAS<sub>máx</sub>: presión arterial sistólica máxima; SPD: suma puntuación diferencial; SPECT: tomografía computarizada por emisión monofotónica.

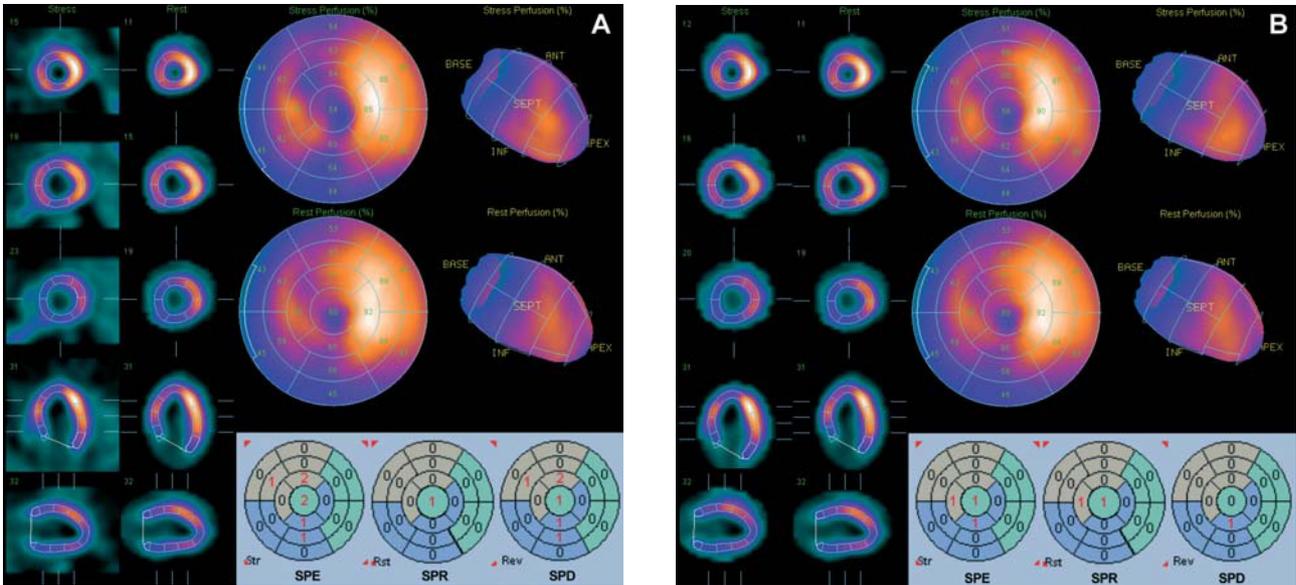
Los datos expresan n (%) o media ± derivación estándar.

No obstante, la sensibilidad y el valor predictivo negativo de una prueba de esfuerzo y de la SPECT de perfusión miocárdica están claramente relacionados con el consumo máximo de oxígeno y el consumo miocárdico de oxígeno<sup>1</sup>. Así, si no se alcanza un 80% de taquicardización, un producto frecuencia cardíaca × presión arterial máximas de 18.000 y 5 MET, los valores de sensibilidad y de valor predictivo negativo son prohibitivamente bajos<sup>2</sup>. En estos casos se ha demostrado que la administración de dipiridamol<sup>3,19</sup> o adenosina<sup>20</sup> combinada con el ejercicio físico permite mejorar significativamente la eficacia diagnóstica de la prueba.

En el momento de realizar una prueba ergométrica, el médico suele desconocer si el paciente será capaz de alcanzar un suficiente consumo miocárdico de oxígeno, sobre todo de taquicardización, que es el parámetro más determinante. En muchas ocasiones, es en plena prueba de esfuerzo cuando se pone de manifiesto la incapacidad del paciente, cuando está próximo el nivel de agotamiento físico, de alcanzar una taquicardización suficiente. La administración de dipiridamol en ese momento conlleva alargar el ejercicio un tiempo en ocasiones imposible para el paciente, aun disminuyendo el nivel de carga: 4 min de perfusión más 2 min para la administración del radionúclido y 30-60 s más antes de parar definitivamente el esfuerzo. La administración de atropina permitiría acortar de una manera importante esta prolongación de la prueba.



**Fig. 1.** Ejemplos de tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) de perfusión miocárdica con (A) y sin atropina (B) de un paciente con estenosis de la descendente anterior. El defecto septoapical reversible en la SPECT con atropina no se observa en la SPECT sin atropina. La cuantificación de la suma puntuación diferencial (SPD) pasa de 4 a 1. SPR: suma puntuación reposo; SPE: suma puntuación esfuerzo.



**Fig. 2.** Ejemplos de tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) de perfusión miocárdica con (A) y sin atropina (B) de un paciente con infarto inferior y estenosis de la descendente anterior. El defecto anteroapical parcialmente reversible es más evidente en la SPECT con atropina. La cuantificación de la suma puntuación diferencial (SPD) pasa de 6 a 1. SPR: suma puntuación reposo; SPE: suma puntuación esfuerzo.

La administración intravenosa de atropina se ha utilizado en combinación con la de dobutamina con la intención de mejorar la sensibilidad diagnóstica de la ecocardiografía de estrés<sup>4</sup> y de la SPECT de perfusión miocárdica<sup>21,22</sup> cuando sólo con la dobutamina no se alcanza la taquicardización suficiente. Cosín-Sales et al<sup>6</sup> administraron 0,5 mg de atropina intravenosa a 44 pacientes que realizaban una prueba ergométrica insuficiente, y lograron incrementar la frecuencia cardíaca máxima en  $13,7 \pm 7,4$  lat/min; un 74% alcanzó una taquicardización

> 80%. De Lorenzo et al<sup>7</sup> lograron alcanzar un 85% de taquicardización en 44 de 47 pacientes (93,6%) a los que administraron hasta un máximo de 2 mg de atropina al final de una prueba de esfuerzo en cinta sin fin.

La hipótesis de nuestro estudio era confirmar que la administración intravenosa de atropina a los pacientes que no alcanzan una suficiente taquicardización sin criterios clínicos o electrocardiográficos de positividad podría mejorar el rendimiento diagnóstico de la prueba. Para ello se procedió con esta me-

todología en una serie de 172 pacientes a los que, por motivos diagnósticos o pronósticos, se les había indicado una SPECT de perfusión miocárdica. Ningún paciente sufrió efectos indeseables significativos y en un 43,6% de los pacientes aparecieron signos clínicos (32,5%) y/o electrocardiográficos (17%) de isquemia, lo que también permitiría aumentar la sensibilidad de la prueba de esfuerzo convencional.

Además, a 23 de estos pacientes con criterios de isquemia gammagráfica en la SPECT con atropina se les practicó una segunda SPECT, esta vez sin la administración del fármaco para poder comprobar en un mismo sujeto las diferencias en la respuesta clínica, electrocardiográfica y gammagráfica.

En nuestra serie, hemos podido observar que la administración de atropina al final de una prueba de esfuerzo, cuando ya el paciente es incapaz de mejorar su nivel de ejercicio y la taquicardización alcanzada es insuficiente, incrementa significativamente la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Ello explica que en casi una tercera parte de los pacientes aparezcan signos gammagráficos de isquemia que sin la administración de la atropina no habrían aparecido. Asimismo, la gravedad de la isquemia gammagráfica es significativamente mayor en los estudios en los que se administra atropina.

Los estudios con el empleo de atropina combinada con ejercicio físico durante la práctica de una SPECT de perfusión miocárdica que hasta ahora se han publicado han puesto de manifiesto su seguridad, la ausencia de efectos indeseables y la capacidad de alcanzar un 80-85% de taquicardización hasta en un 74-93%, dependiendo, sobre todo, del tratamiento con bloqueadores beta<sup>6-8</sup>. No obstante, en ningún caso se había analizado en los mismos pacientes cuál era el rendimiento de la SPECT de perfusión miocárdica. En nuestra serie hemos podido comprobar que con atropina aparecían signos de isquemia gammagráfica hasta en un 35% de casos en los que no eran evidentes en la prueba sin atropina. Además, la gravedad de la isquemia fue significativamente superior en las SPECT con atropina.

En nuestra serie el número de pacientes estudiados con las dos pruebas es escaso pero, tratándose de dos exploraciones que conllevan irradiación para el paciente y habiendo obtenido resultados estadísticamente significativos, pensamos que el número es suficiente para responder a la hipótesis que nos planteábamos. Algunos autores<sup>8</sup> han administrado 0,5 mg de atropina intravenosa cada minuto hasta alcanzar los 2 mg si no aparecían signos clínicos o electrocardiográficos de isquemia, aunque con una dosis media administrada de 1 mg. Por este motivo en nuestro protocolo adoptamos esta dosis administrada en un solo bolo, ya que esto no condi-

cionaría prolongar excesivamente la prueba en unos enfermos que ya se hallan en el umbral del agotamiento físico.

No hay estudios donde se haya comparado en el mismo paciente la eficacia diagnóstica de la SPECT de esfuerzo submáximo + atropina con la SPECT de esfuerzo submáximo + dipiridamol, por lo que no es prudente todavía aconsejar esa metodología en todos los pacientes que no alcancen una taquicardización suficiente. No obstante, la administración de atropina podría considerarse en los enfermos que, en plena prueba de esfuerzo, estén muy próximos al agotamiento físico si el cardiólogo presume que no podrán continuar con el ejercicio los minutos necesarios para proceder a la perfusión de dipiridamol. Sería interesante comparar, en próximos estudios y en el mismo paciente, la eficacia diagnóstica de la SPECT con esfuerzo submáximo asociado a atropina con la de los otros fármacos vasodilatadores.

Así pues, la SPECT con atropina intravenosa combinada con ejercicio físico podría incorporarse de forma asistencial para pacientes que no alcanzan una taquicardización suficiente en la prueba de esfuerzo y no tengan contraindicación para la administración del fármaco, ya que ello comporta una menor complejidad (no es necesaria la bomba de perfusión como con la adenosina) y una disminución de la duración del ejercicio con respecto al protocolo de esfuerzo + dipiridamol<sup>3</sup>.

## CONCLUSIONES

A raíz de nuestros resultados, puede concluirse que la administración de atropina al final de una prueba de esfuerzo insuficiente permite obtener criterios gammagráficos de isquemia en una tercera parte de los casos en que no habría sido posible obtenerlos sin la administración del fármaco.

## BIBLIOGRAFÍA

1. 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;14:1477-86.
2. Santana-Boado C, Candell-Riera J, Castell-Conesa J, Olona M, Palet-Balart J, Aguadé-Bruix S, et al. Importancia de los parámetros ergométricos en los resultados de la tomogammagrafía de perfusión miocárdica. *Med Clin (Barc).* 1997;109:406-9.
3. Candell-Riera J, Santana-Boado C, Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S, Olona M, Palet J, et al. Simultaneous dipyrindamole/maximal subjective exercise with 99mTc-MIBI SPECT: Improved diagnostic yield in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 1997;29:531-6.
4. Geleijnsw ML, Elhendy A, Van Domburg RT, Cornel JH, Rambaldi R, Salustri A, et al. Cardiac imaging for risk stratification with dobutamine-atropine stress testing in patients

- with chest pain: echocardiography, perfusion scintigraphy, or both? *Circulation*. 1997;96:137-47.
5. Peteiro J, Garrido I, Monserrat L, Aldama G, Salgado J, Castro-Beiras A. Exercise echocardiography with addition of atropine. *Am J Cardiol*. 2004;94:346-8.
  6. Cosín-Sales J, Maceira AM, García-Velloso MJ, Macías A, Jiménez M, García-Bolao I, et al. Safety and feasibility of atropine added to submaximal exercise stress testing with Tl-201 SPECT for the diagnosis of myocardial ischemia. *J Nucl Cardiol*. 2002;9:581-6.
  7. De Lorenzo A, Foerster J, Sciammarella MG, Hayes SW, Friedman JD, Berman DS. Use of atropine in patients with submaximal heart rate during exercise myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol*. 2003;10:51-5.
  8. Munagala VK, Guduguntla V, Kasravi B, Cummings G, Gardin JM. Use of atropine in patients with chronotropic incompetence and poor exercise capacity during treadmill stress testing. *Am Heart J*. 2003;145:1046-50.
  9. Attenhofer JCH, Pellikka PA. Atropine for inconclusive exercise tests: a beautiful solution or just cosmetics? *Am Heart J*. 2003;145:938-40.
  10. Prasad SK, Pennell DJ. Safety and feasibility of atropine added to submaximal exercise stress testing with Tl-201 SPECT for the diagnosis of myocardial ischemia. *J Nucl Cardiol*. 2002;9:668-71.
  11. 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;86:338-9.
  12. 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.
  13. Van Train KF, Garcia EV, Maddahi J, Areeda J, Cooke CD, Kiat H, et al. Multicenter trial validation for quantitative analysis of same-day rest-stress technetium-99m-sestamibi myocardial tomograms. *J Nucl Med*. 1994;35:609-18.
  14. Beller GA. Dipyridamole thallium-201 scintigraphy: An excellent alternative to exercise scintigraphy. *J Am Coll Cardiol*. 1989;14:1642-4.
  15. Lee J, Chae SC, Lee K, Heo J, Iskandrian AS. Biokinetics of thallium-201 in normal subjects: Comparison between adenosine, dipyridamole, dobutamine and exercise. *J Nucl Med*. 1994;35:535-41.
  16. Huikuri HV, Coronen UR, Airaksinen J, Ikaheimo MJ, Heikkilä J, Takkunen JT. Comparison of dipyridamole-handgrip test and bicycle exercise test for thallium tomographic imaging. *Am J Cardiol*. 1988;61:264-8.
  17. He ZX, Iskandrian AS, Gupta NC, Verani MS. Assessing coronary artery disease with dipyridamole technetium-99m-tetrofosmin SPECT: a multicenter trial. *J Nucl Med*. 1997;38:44-8.
  18. Nicolai E, Cuocolo A, Pace L, Nappi A, Sullo P, Cardei S, et al. Adenosine coronary vasodilation quantitative technetium-99m methoxy isobutyl isonitrile myocardial tomography in the identification and localization of coronary artery disease. *J Nucl Cardiol*. 1996;3:9-17.
  19. Daou D, Le Gudulec D, Faraggi M, Foulth JM, Lebtahi R, Cohen-Solal A, et al. Nonlimited exercise test combined with high-dose dipyridamole for thallium-201 myocardial single-photon emission computed tomography in coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 1995;76:753-8.
  20. Pennell DJ, Mavrogeni SI, Forbat SM, Karwatowski SP, Underwood SR, et al. Adenosine combined with dynamic exercise for myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol*. 1995;25:1300-9.
  21. Geleijnse ML, Elhendy A, Van Domburg RT, Cornel JH, Reijns AEM, Roelandt JRTC, et al. Prognostic value of dobutamine-atropine stress technetium-99m sestamibi perfusion scintigraphy in patients with chest pain. *J Am Coll Cardiol*. 1996;28:447-54.
  22. Schinkel AF, Elhendy A, Van Domburg RT, Bax JJ, Roelandt JR, Poldermans D. Prognostic value of dobutamine-atropine stress 99mTc-tetrofosmin myocardial perfusion SPECT in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Nucl Med*. 2002;43:767-72.