

Reproducibilidad de la *gated*-SPECT de perfusión miocárdica en la valoración de la función ventricular y su comparación con la ventriculografía isotópica

Joan Castell-Conesa^a, Santiago Aguadé-Bruix^a, Amparo García-Burillo^b, José M. González^a, Teresa Canela^a, Guillermo Oller^c, María J. Díez^a, Isabel Roca^{a,b} y Jaume Candell-Riera^c

^aServicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitari Vall d'Hebron. Barcelona.

^bGamma Delfos. Barcelona.

^cServicio de Cardiología. Hospital Universitari Vall d'Hebron. Barcelona. España.

Introducción y objetivo. Se diseñó un estudio para evaluar la reproducibilidad de la fracción de eyección (FE) y de los volúmenes ventriculares, así como la concordancia de la FE con la obtenida por ventriculografía isotópica.

Pacientes y método. Se estudió a 55 pacientes (37 varones; edad media, 61,3 años) remitidos para el diagnóstico (50%) o seguimiento de una cardiopatía isquémica conocida, que fueron sometidos a un protocolo de 2 días con 2 dosis de 800 MBq de ^{99m}Tc-tetrofosmina en esfuerzo y en reposo. Se realizaron 2 tomografías computarizadas por emisión de fotones simples sincronizadas con el electrocardiograma (*gated*-SPECT) de reposo. Mediante el programa QGS se obtuvieron los valores de FE del ventrículo izquierdo, volumen telediastólico (VTD) y volumen telesistólico (VTS) y 49 pacientes aceptaron someterse a una ventriculografía isotópica en equilibrio con hematíes marcados.

Resultados. La variabilidad interobservador de la FE fue de $0,5 \pm 2,6$ puntos de FE ($r = 0,99$). Para el VTD y el VTS la variabilidad fue $1,9 \pm 10,7$ ml y $0,5 \pm 5,4$ ml ($r = 0,98$ y $r = 0,99$, respectivamente). La variabilidad interensayo de la FE fue de $2 \pm 5,1$ puntos de FE ($r = 0,94$). Para el VTD y el VTS la variabilidad fue $4,5 \pm 8,6$ ml y $3,4 \pm 6,6$ ml ($r = 0,99$ y $r = 0,99$, respectivamente). La correlación entre la FE obtenida por la *gated*-SPECT y por ventriculografía no fue óptima: $r = 0,75$ (intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,59-0,85).

Conclusiones. Los parámetros de función ventricular que se obtienen con la *gated*-SPECT muestran una excelente reproducibilidad interobservador e interensayo y pueden emplearse en el seguimiento evolutivo de la función ventricular. Existe una aceptable correlación con la ventriculografía isotópica, pero las diferencias observadas no permiten utilizar indistintamente ambas técnicas.

Palabras clave: *Gammagrafía. Isótopos. Enfermedad coronaria.*

Estudio financiado por una beca de investigación de Amersham Health.

Correspondencia: Dr. J. Castell-Conesa.
Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitari Vall d'Hebron.
Pg. Vall d'Hebron, 119-129. 08029 Barcelona. España.
Correo electrónico: jcastell@vhebron.net

Recibido el 12 de abril de 2004.

Aceptado para su publicación el 19 de julio de 2004.

Reproducibility of Measurements of Left Ventricular Function With Gated Myocardial Perfusion SPECT and Comparison With Blood Pool Radionuclide Ventriculography

Introduction and objective. This study was designed to evaluate the reproducibility of ejection fraction (EF) and ventricular volume measurements obtained with single photon emission computed tomography (*gated*-SPECT), and to assess the correlation between EF values obtained with this method and blood pool planar radionuclide ventriculography.

Patients and method. A total of 55 patients were included (37 men, mean age 61.3 years) upon referral to two nuclear cardiology units for diagnosis (50%) or follow-up of known coronary artery disease. In a standard 2-day protocol, patients received a dose of [^{99m}Tc]tetrofosmin (800 MBq) at stress and at rest. Two resting *gated*-SPECT studies were performed. QGS software was used to obtain left ventricular EF, end-diastolic volume (EDV) and end-systolic volume (ESV). Forty-nine patients agreed to undergo blood pool ventriculography on the third day.

Results. Interobserver variability was 0.5 (2.6)% ($r=0.99$) for EF, 1.9 (10.7) mL for EDV ($r=0.98$) and 0.5 (5.4) mL for ESV ($r=0.99$). Interassay variability was 2 (5.1)% ($r=0.94$) for EF, 4.5 (8.6) mL for EDV ($r=0.99$) and 3.4 (6.6) mL for ESV ($r=0.99$). The correlation between *gated*-SPECT EF and blood pool EF was suboptimal ($r=0.75$, 95%CI, 0.59-0.85).

Conclusions. There was excellent interobserver and interassay reproducibility for left ventricular functional parameters measured with *gated*-SPECT and QGS software, and this method can be used for serial evaluations of ventricular function. Although the correlation between values obtained with *gated*-SPECT and blood pool ventriculography was acceptable, the differences show that the two techniques cannot be considered equivalent.

Key words: *Scintigraphy. Isotopes. Coronary artery disease.*

Full English text available at: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

FE: fracción de eyección.

Gated-SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples sincronizada con el electrocardiograma.

REP1: primer estudio de reposo.

REP2: segundo estudio de reposo.

VEQ: ventriculografía en equilibrio.

VTD: volumen telediastólico.

VTS: volumen telesistólico.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la perfusión miocárdica y de la función del ventrículo izquierdo mediante tomografía computarizada por emisión de fotones simples sincronizada con el electrocardiograma (*gated*-SPECT) se ha convertido en los últimos años en un procedimiento de rutina para la evaluación de los pacientes con sospecha o en seguimiento de una cardiopatía isquémica^{1,2}.

Los radiotrazadores marcados con tecnecio permiten la adquisición de las imágenes de forma sincronizada con el electrocardiograma (ECG), facilitando la evaluación simultánea de los volúmenes ventriculares, de la función sistólica global y de la perfusión miocárdica. La valoración conjunta del grado de captación miocárdica y de la contractilidad de las paredes ventriculares contribuye a la obtención de una mayor especificidad de la tomogammagrafía de perfusión en el diagnóstico de la enfermedad coronaria, facilita la detección de miocardio viable y mejora la capacidad de estratificación del riesgo en los pacientes que han sufrido un infarto de miocardio³⁻⁸.

Para la obtención de parámetros cuantitativos representativos de la función ventricular se precisa de métodos de reconocimiento de los contornos endocárdico y epicárdico del ventrículo izquierdo que delimiten las variaciones de volumen durante el ciclo cardíaco. Existen diversos programas informáticos para el cálculo de los volúmenes y de la fracción de eyección (FE) del ventrículo izquierdo⁹⁻¹⁵. Se han publicado estudios en los que se ha analizado la precisión de los parámetros obtenidos mediante *gated*-SPECT y de su exactitud en comparación con los resultados obtenidos mediante otras técnicas convencionales, como la ventriculografía en equilibrio (VEQ), la ventriculografía de primer paso, la ecocardiografía, la resonancia magnética y ventriculografía de contraste¹⁶⁻³¹.

El presente estudio se diseñó como un ensayo prospectivo con ^{99m}Tc-tetrofosmina en sujetos con cardiopatía isquémica sospechada o conocida, remitidos para un estudio de perfusión miocárdica. Su propósito fue conocer la reproducibilidad interobservador e interensayo de la *gated*-SPECT en el cálculo de los volúme-

nes y la FE del ventrículo izquierdo y la comparación de sus resultados con los obtenidos por la ventriculografía isotópica.

PACIENTES Y MÉTODO

Se diseñó un estudio prospectivo a desarrollar en 2 unidades de cardiología nuclear, abierto, con evaluación ciega por terceros, para la evaluación de la reproducibilidad de los parámetros cuantitativos de función ventricular izquierda: FE y volúmenes ventriculares obtenidos de los estudios mediante *gated*-SPECT y la comparación de los valores de FE obtenidos mediante ventriculografía isotópica. El protocolo fue aprobado por los comités éticos de los 2 centros participantes y la Agencia Española del Medicamento.

Secuencia exploratoria (fig. 1)

Día 1: estudio postesfuerzo que comprendió la prueba de esfuerzo y un estudio con *gated*-SPECT (dosis 800 MBq).

Día 2: *gated*-SPECT a los 30 min, aproximadamente, de la inyección de 800 MBq de ^{99m}Tc-tetrofosmina en reposo (REP1). El paciente volvía a la sala de espera y 1 hora más tarde se realizaba una nueva adquisición mediante *gated*-SPECT sin reinyección de dosis (REP2).

Día 3: VEQ, en un intervalo máximo de 10 días.

Población

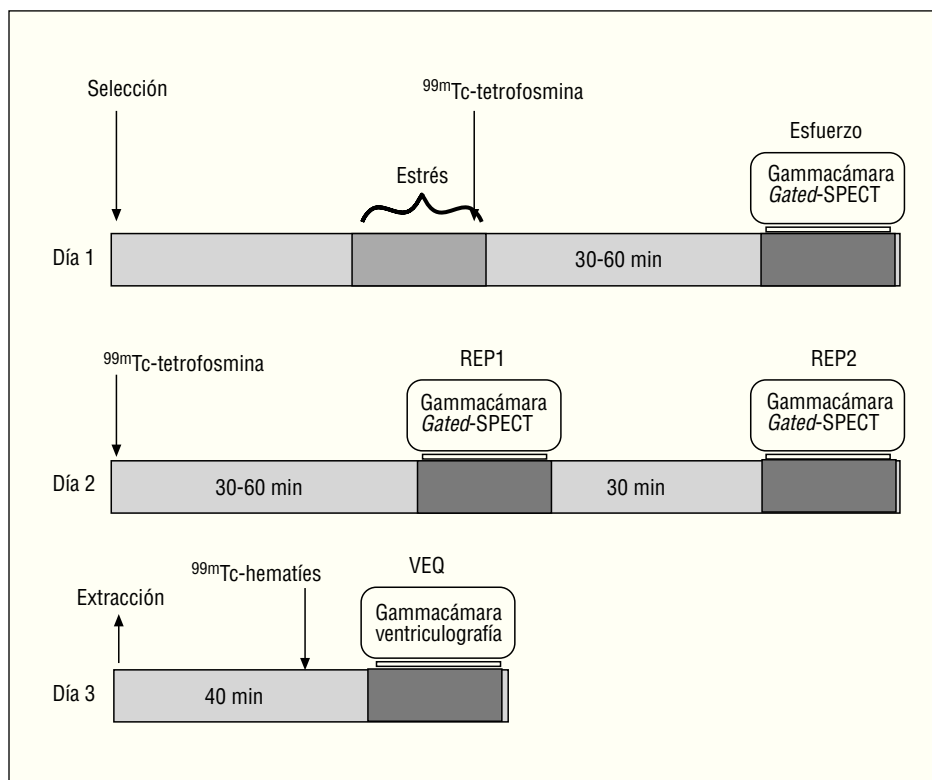
Se incluyó a pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica o con enfermedad coronaria confirmada, que fueron remitidos por su cardiólogo para realizar un estudio de perfusión miocárdica. Las características de la población se exponen en la tabla 1. Sólo se incluyó a los pacientes después de haber obtenido el consentimiento informado por escrito.

TABLA 1. Características de la población

Fumadores	15%
Ex fumadores	45%
Hipertensión arterial	60%
Infarto de miocardio previo	37%
Coronariografía	37%
Angioplastia coronaria	17%
Cirugía <i>bypass</i>	10%
Medicación	
Ácido acetilsalicílico	53,3%
Nitroglicerina	36,7%
IECA	31,7%
Bloqueadores beta	26,6%
Antagonistas del calcio	20,7%
Diuréticos	15%
Estatinas	11,7%

IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina.

Fig. 1. Esquema de desarrollo del protocolo. Se utilizó un protocolo largo con realización de la prueba de esfuerzo y la detección tomográfica el primer día. El segundo día, tras la administración de una dosis de ^{99m}Tc -tetrafosmina, se obtuvieron 2 *gated*-SPECT con un intervalo de unos 30 min entre ambas, tiempo durante el cual el paciente descansó fuera de la gammacámara. El tercer día se practicó la ventriculografía isotópica tras la marcación de los hematíes autólogos. *Gated*-SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples sincronizada con electrocardiograma; REP1: primer estudio de reposo; REP2: segundo estudio de reposo; VEQ: ventriculografía en equilibrio.



Prueba de esfuerzo

Se practicó una prueba de esfuerzo limitada por síntomas mediante bicicleta ergométrica con una carga inicial de 50 W que se incrementó en 25 W cada 3 min.

La prueba se interrumpió si el paciente presentaba algún síntoma que le impedía proseguir el esfuerzo (angina, mareo, disnea o fatiga muscular), ante un descenso de la presión arterial sistólica o ante una infradesnivelación mayor de 2 mm del segmento ST.

A los pacientes que no pudieron alcanzar una taquicardización igual o superior al 80% de la frecuencia máxima teórica para la edad, sin angina y con ECG negativo y sin contraindicación médica, se les administró 0,56 mg/kg de dipiridamol endovenoso durante 4 min, con mantenimiento de la prueba ergométrica con la máxima carga tolerada por el paciente y la administración del radiofármaco 4 min después de finalizar la infusión de dipiridamol.

Gated-SPECT

Se emplearon las siguientes gammacámaras y equipos informáticos:

Centro 1: gammacámara: Siemens ECAM 90°, de 2 cabezales; *software*: ICON.

Centro 2: gammacámara: ADAC Vertex plus, de 2 cabezales; *software*: PEGASIS.

Para la obtención de imágenes convencionales se utilizaron los siguientes parámetros de adquisición: ventana de energía: 15%, simétrica alrededor de 140 KeV; colimador: baja energía, alta resolución, órbita no circular de 180° sobre 64 cortes, en modo *step-and-shoot*, usando 20 s por proyección desde 45° posterior izquierda a 45° anterior derecha.

La reconstrucción no *gated* se realizó por retroproyección filtrada, utilizando un filtro *butterworth*, orden 5, punto de corte 0,5, sin corrección de la atenuación. Las imágenes sincronizadas se reconstruyeron con un filtro del mismo tipo con punto de corte 0,4.

Cada uno de los procesados incluyó la reconstrucción y reorientación de los cortes y la valoración de la función ventricular mediante el programa automático QGS¹⁰ para la obtención de los valores de la FE del ventrículo izquierdo y los volúmenes ventriculares en los estudios REP1 y REP2.

Ventriculografía en equilibrio

Se utilizaron las siguientes gammacámaras y equipos informáticos:

Centro 1: gammacámara Elscint GE SP4.

Centro 2: gammacámara Orbiter.

Ambos equipos estaban dotados de colimador de baja energía y propósito general. Ventana de energía, 20%. Adquisición de 32 imágenes por ciclo, hasta 8 millones de cuentas totales.

Todos los estudios se procesaron en un ordenador SP1 con un programa automático de delimitación de contornos ventriculares y generación de áreas de fondo previamente validado para la obtención de la FE³².

Evaluación

Se codificaron de forma aleatorizada (mediante un programa informático de asignación numérica) y por separado los estudios REP1 y REP2 de cada paciente. Dos especialistas en medicina nuclear con larga experiencia en cardiología nuclear, y sin conocimiento del resultado de ningún estudio asistencial, reprocesaron por orden aleatorio cada una de las *gated*-SPECT. La variabilidad interensayo se obtuvo comparando los resultados del REP1 y del REP2. La variabilidad interobservador se analizó obteniendo los resultados de un segundo reprocesado del REP1. Las ventriculografías isotópicas en equilibrio se evaluaron por un experto independiente.

En cada una de las *gated*-SPECT se analizó de forma visual la calidad global de las imágenes, la captación miocárdica del segmento y se obtuvo el valor del volumen telediastólico (VTD), del volumen telesistólico (VTS) y de la FE del ventrículo izquierdo mediante el programa QGS¹⁰.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar. La variabilidad entre las diferentes determinaciones se expresó en valores absolutos calculando la media de las diferencias entre los pares de valores y su desviación estándar³³. Se compararon los valores de FE y volúmenes mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) y el error estándar de la estimación. La significación de la correlación se obtuvo mediante la transformación z de Fisher. Para valorar las diferencias sistemáticas entre las series comparativas de resultados apareados se usó el análisis gráfico de Bland-Altman³⁴, que muestra la dispersión de las diferencias entre los pares de valores respecto a la línea de identidad. Se obtuvieron los intervalos de confianza (IC) del 95% para la correlación y el análisis de Bland-Altman. Se empleó la prueba de la t de Student para datos apareados para comparar los valores de los grupos analizados. Se consideró una $p < 0,05$ como estadísticamente significativa. Para el procesado de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 10.0.

RESULTADOS

En 55 pacientes (37 varones; edad media, 61,3) se obtuvieron las *gated*-SPECT, los REP1 y los REP2, y en 49, también la VEQ. El 50% de los pacientes fue referido con indicación diagnóstica y el otro 50%, con indicación pronóstica.

No se produjo ningún efecto adverso durante la realización del ensayo. No se descartó ningún estudio por una deficiente calidad de imagen porque todos los estudios *gated*-SPECT y las ventriculografías se catalogaron como de calidad buena o muy buena.

En la tabla 1 se reflejan las características clínicas de la población estudiada. En 19 (32,2%) pacientes se observaron defectos en la región anteroseptal (12 total o parcialmente reversibles, 7 irreversibles), 5 pacientes (8,5%) presentaron defectos en la región lateral (4 total o parcialmente reversible, 1 no reversible) y 22 (37,3%) los presentaron en la región inferior (10 total o parcialmente reversibles y 12 no reversibles).

Reproducibilidad interobservador

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos cuando se procesaron en dos ocasiones los estudios REP1. La variabilidad media fue del $0,5 \pm 2,6$ puntos de la FE. Para el VTD y VTS la variabilidad media fue de $1,9 \pm 10,7$ ml y $0,5 \pm 5,4$ ml, respectivamente. La figura 2 muestra la correlación existente para cada una de las 3 variables analizadas. Para la FE el coeficiente de correlación entre las 2 determinaciones fue de 0,99 (IC del 95%, 0,98-0,90), sin que se aprecien sesgos relevantes en los valores altos o bajos de la serie en el análisis gráfico de Bland-Altman con un error estándar de las estimaciones del 2,56%. Para el VTD la variabilidad fue de $1,9 \pm 10,7$ ml, el coeficiente de correlación fue de 0,98 (IC del 95%, 0,97-0,99) y para el VTS la variabilidad fue de $0,5 \pm 5,4$ ml ($r = 0,99$; IC del 95%, 0,99-1), sin sesgos sistemáticos en la distribución de las diferencias (error estándar, 10,61 ml y 5,4 ml, respectivamente).

Reproducibilidad interensayo

El valor medio de la FE obtenida en el REP1 fue de $56,5\% \pm 15$ y en el REP2 de $54,5\% \pm 14$ ($p = \text{NS}$). La variabilidad media fue de $2 \pm 5,1$ puntos de la FE (tabla 3). Para la FE el coeficiente de correlación entre las 2 determinaciones fue de 0,94 (IC del 95%, 0,90-0,97), sin que se apreciaran sesgos relevantes en los

TABLA 2. Variabilidad interobservador de la *gated*-SPECT

	REP1a	r	REP1b	Variabilidad
FE (%)	57,4 \pm 15,0	0,99	56,9 \pm 15,3	0,5 \pm 2,6
VTD (ml)	104,6 \pm 52,9	0,98	102,7 \pm 50,9	1,9 \pm 10,7
VTS (ml)	51,2 \pm 43,8	0,99	50,7 \pm 42,9	0,5 \pm 5,4

FE: fracción de eyección; *gated*-SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples sincronizada con el electrocardiograma; r : coeficiente de correlación; REP1a: valores obtenidos por el observador A en el primer estudio con *gated*-SPECT de reposo; REP1b: valores obtenidos por el observador B en el primer estudio con *gated*-SPECT de reposo; VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.

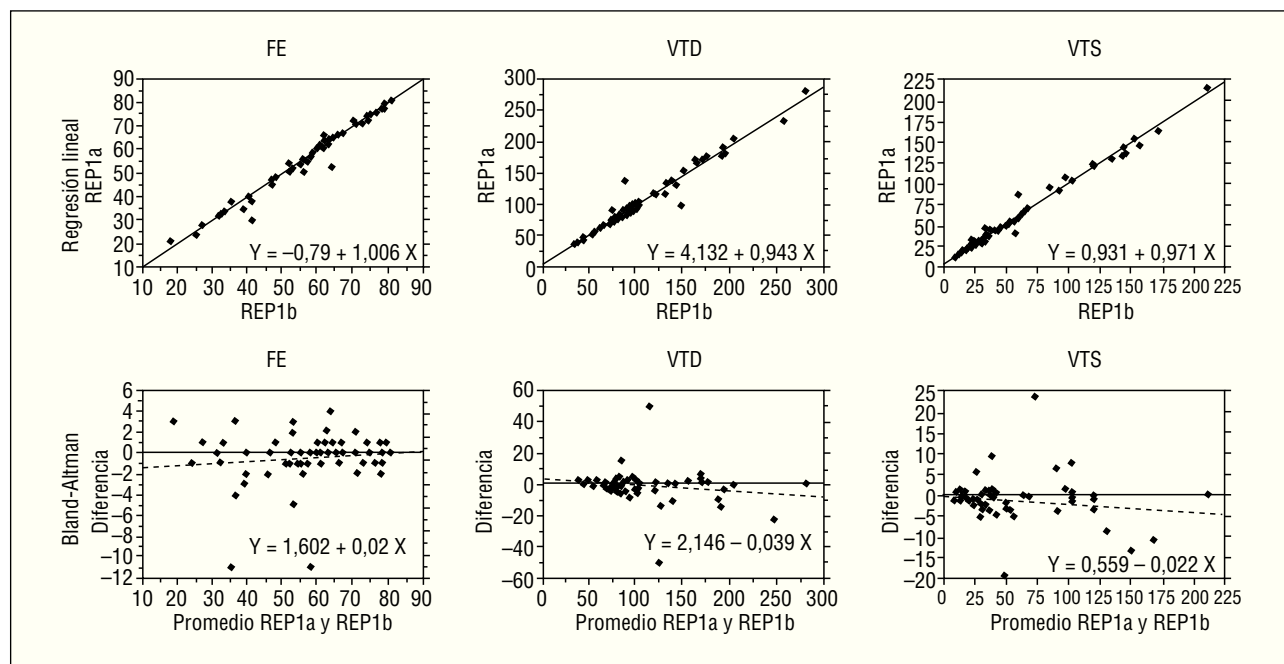


Fig. 2. Reproducibilidad interobservador. En la fila superior se presentan las gráficas de regresión de los valores de la fracción de eyección (FE), volumen telediastólico (VTD) y volumen telesistólico (VTS) obtenidos por el observador A (REP1a) y los obtenidos por el observador B (REP1b). En la fila inferior se presenta el análisis gráfico de dispersión de Bland-Altman que muestra las diferencias obtenidas por los 2 observadores a lo largo del rango de los valores promedio.

TABLA 3. Variabilidad interensayo de la *gated*-SPECT

	REP1	r	REP2	Variabilidad
FE (%)	57,4 ± 15,0	0,94	54,5 ± 14,0	2,0 ± 5,1
VTD (ml)	104,6 ± 52,6	0,99	110,7 ± 54,9	4,5 ± 8,6
VTS (ml)	51,2 ± 43,8	0,99	56,4 ± 44,7	3,4 ± 6,6

FE: fracción de eyección; *gated*-SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples sincronizada con el electrocardiograma; r: coeficiente de correlación; REP1: valores obtenidos en el primer estudio con *gated*-SPECT de reposo; REP2: valores obtenidos en el segundo estudio con *gated*-SPECT de reposo; VTD: volumen telediastólico; VTS: volumen telesistólico.

valores altos o bajos de la serie en el análisis gráfico de Bland-Altman (error estándar = 5,13%). Para el VTD la variabilidad media fue de 4,5 ± 8,6 ml y el coeficiente de correlación fue de 0,99 (IC del 95%, 0,98-0,99). Para el VTS la variabilidad fue de 3,4 ± 6,6 ml (r = 0,99; IC del 95%, 0,98-0,99), sin sesgos sistemáticos en la distribución de las diferencias (error estándar, 8,71% y 6,7%, respectivamente) (fig. 3).

Comparación con la ventriculografía isotópica

La media de los valores de la FE obtenidos por VEQ fue un 4,5% inferior a la obtenida por *gated*-SPECT (el 53,0 frente al 55,1%, respectivamente), aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas (p = 0,139) cuando se aplicó la prueba de la t de

Student para datos apareados. El coeficiente de correlación entre ambos conjuntos de los valores fue de 0,75 (IC del 95%, 0,59-0,85). En la figura 4 se muestra la representación gráfica de la dispersión de las diferencias de valores, que no presenta sesgos asociados al rango alto o bajo. Parece observarse una mayor dispersión en los valores altos, pero ello puede atribuirse a que la mayor parte de los resultados se concentran en la parte alta del gráfico.

El análisis de Bland-Altman confirma que no hay relación entre las diferencias y el valor de la FE, sin sesgos a lo largo del rango de valores (error estándar = 9,52%). No hubo diferencias en la desviación estándar (9,5%) para todos los grados de hipocaptación cuando se analizaron las diferencias de la FE respecto a la presencia y severidad de los defectos de perfusión.

DISCUSIÓN

Los programas de cuantificación de los volúmenes ventriculares y de la FE mediante *gated*-SPECT están ampliamente difundidos y sus limitaciones se han tratado en trabajos previos^{1,20,23,31,33,35}. No obstante, existen pocos estudios dirigidos a valorar la variabilidad interobservador y, sobre todo, la interensayo de una metodología que puede usarse para valorar cambios evolutivos en los pacientes.

Cuando se valora la reproducibilidad interobservador de la *gated*-SPECT en realidad sólo se está anali-

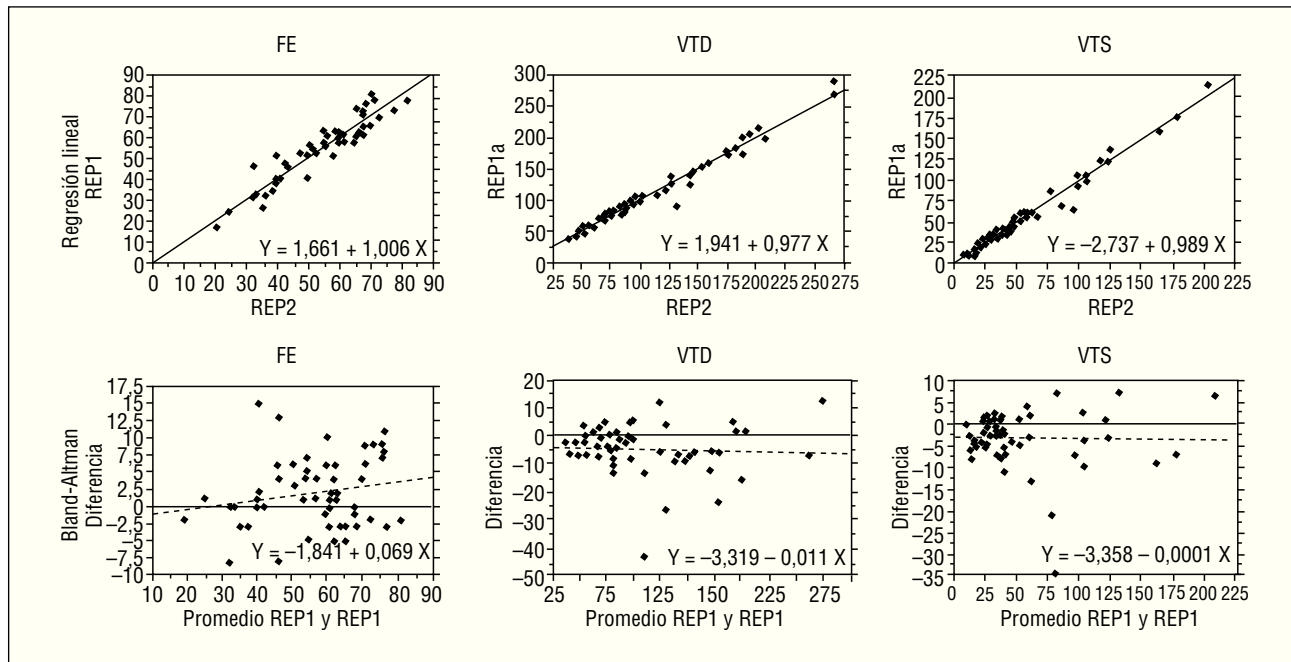


Fig. 3. Reproducibilidad interensayo. En la fila superior se presentan las gráficas de regresión de los valores de la fracción de eyección (FE), volumen telediastólico (VTD) y volumen telesistólico (VTS) obtenidos en la primera tomografía de reposo (REP1) y los obtenidos en la segunda tomografía (REP2). En la fila inferior se presenta el análisis gráfico de dispersión de Bland-Altman que muestra las diferencias obtenidas entre los resultados de los 2 estudios a lo largo del rango de los valores promedio.

zando el impacto del proceso de reconstrucción cardíaca tridimensional, ya que tanto la posición del paciente como las imágenes y el ECG son los mismos y el resto del procesado para la determinación de los contornos ventriculares es automático. Por ello nosotros aportamos uno de los primeros estudios en los que se evalúa la reproducibilidad entre 2 estudios totalmente diferentes, adquiridos con un intervalo de varios minutos y reposicionando al paciente, con lo que se obtienen nuevas imágenes y nuevos ECG.

Liu et al¹⁵ obtuvieron un coeficiente de variación del $3,45\% \pm 3,23\%$ entre 2 mediciones obtenidas en 2 estudios consecutivos sin recolocación del paciente entre ambos⁶. Chua et al²¹ estudiaron la variabilidad interob-

servador del método QGS con excelentes resultados ($r = 0,99$; error estándar = 1,84%). En otro estudio de Hyun et al¹⁷ la variabilidad interobservador e interensayo fue también muy baja. La variabilidad de la FE fue de 2,3%, de 2,1 ml para el VTD y de 2,7 ml para el VTS cuando se compararon 2 estudios consecutivos, aunque sin reposicionamiento del paciente. En esta misma serie se analizó la reproducibilidad de 2 estudios gated-SPECT obtenidos con ²⁰¹Tl, obteniéndose variabilidades ligeramente mayores: FE del 5,2%, VTD de 3,2 ml y VTS de 3,5 ml. Nuestros datos concuerdan con las investigaciones previas en el sentido de que la determinación de los volúmenes ventriculares y de la FE del ventrículo izquierdo mediante

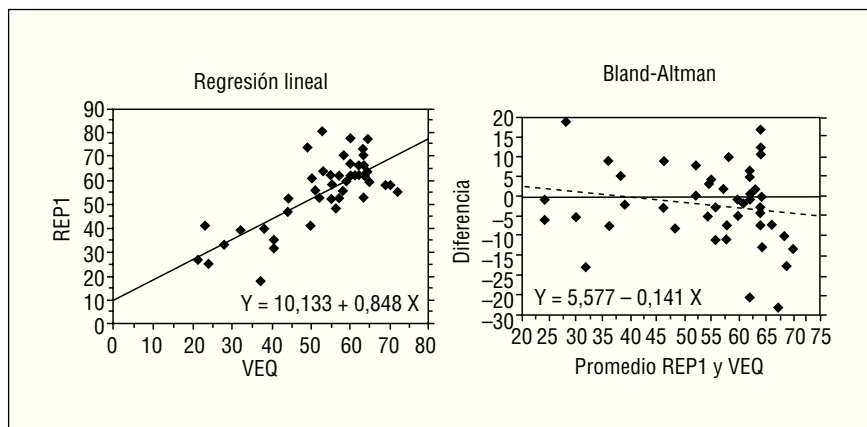


Fig. 4. Análisis de regresión y dispersión de las diferencias (Bland-Altman) entre el valor de la fracción de eyección obtenido mediante ventriculografía isotópica y la primera gated-SPECT de reposo (REP1).

gated-SPECT con trazadores tecnecio presenta una reproducibilidad interensayo muy elevada (variabilidad media, $2 \pm 5,1$ puntos de la FE). Esta elevada reproducibilidad está en la línea de la obtenida mediante estudios de ventriculografía isotópica planar con cálculo automático del contorno ventricular, cuyo coeficiente de variación interensayo es del 6,2% para la FE, mientras que en otras series los métodos de delimitación manual muestran variabilidades interobservador del 9,1 al 10,7% y los semiautomáticos del 7,5 al 8,4%³². En nuestra experiencia, pues, no hemos encontrado una pérdida de reproducibilidad en las determinaciones de FE y volúmenes ventriculares con *gated*-SPECT respecto a la que se obtiene empleando la ventriculografía isotópica planar. Creemos que todo ello implica la validación de este método para su empleo en el seguimiento evolutivo de la función ventricular.

En cuanto a la comparación de los resultados entre la *gated*-SPECT y la ventriculografía isotópica, se apreciaron diferencias en los valores de la FE. En estudios previos con ventriculografía isotópica se han obtenido valores de normalidad para la FE del ventrículo izquierdo ($62,8 \pm 7,8\%$) muy próximos a los que se encuentran al analizar los resultados de la *gated*-SPECT en nuestro medio: valor normal de la FE: $59,7\% \pm 5,9\%$ ³². Pero aunque, en este estudio, la correlación entre ambos métodos fue aceptablemente buena, el error estándar de la estimación de las diferencias fue del 9,6%. El análisis de Bland-Altman mostró una amplia dispersión con discrepancias de hasta 20 puntos en algunos valores, tanto en el rango alto como en el bajo de la FE. Ello indica que no pueden emplearse ambas técnicas alternativamente, ya que las variaciones de la FE obtenidas en cada caso pueden deberse a diferencias metodológicas.

Chua et al²¹ compararon la *gated*-SPECT con la ventriculografía isotópica planar y obtuvieron una elevada correlación ($r = 0,94$) con un error estándar del 6,3% y una diferencia media del 1,3%. En el subgrupo de pacientes con áreas de infarto extenso, se mantuvo una buena correlación entre ambas técnicas ($r = 0,89$; error estándar = 6,48%). En nuestra serie, la diferencia media de la FE por ventriculografía fue de $-2,06\%$ y los resultados no fueron tan buenos por la presencia de una dispersión en los valores altos de la serie (fig. 4). En otros estudios comparativos entre la *gated*-SPECT y la ventriculografía isotópica planar, se han observado diferencias significativas en los valores de la FE determinados por ambas técnicas, con grados de correlación semejantes al obtenido por nosotros^{13,19}. Parece claro que las profundas diferencias metodológicas entre el método planar, que basa el cálculo de la FE en las variaciones de la actividad de los hematíes marcados, y el método tomográfico, que determina los contornos endocárdicos basándose en la captación de la pared ventricular, ocasionan una disparidad de resulta-

dos semejante a la que se obtiene al comparar entre sí cualquiera de las otras modalidades de medición de la función ventricular.

En la comparación con otras técnicas, la *gated*-SPECT ha mostrado una buena correspondencia con la resonancia magnética^{13,29,30}, la angiografía de contraste²⁶, la ecocardiografía²⁴ y la ventriculografía de contraste²⁸. No obstante, los estudios que emplean QGS han constatado una tendencia a la subestimación de los valores de la FE respecto a los obtenidos por resonancia magnética^{13,20}. El reciente metaanálisis de Ioannidis et al³¹ muestra una elevada correlación de la FE, el VTD y el VTS entre la resonancia magnética y la *gated*-SPECT, pero la amplitud de las discrepancias observadas en casos concretos hace que los valores no sean equiparables entre ambas técnicas. En general, se puede afirmar que existe correlación entre los diferentes métodos de valoración de la función ventricular, pero las diferencias metodológicas hacen que no exista una equivalencia de valores que permita el seguimiento evolutivo fiable si se usan técnicas diferentes.

CONCLUSIÓN

La *gated*-SPECT ha mostrado una elevada reproducibilidad interensayo en la determinación de la FE del ventrículo izquierdo y de los volúmenes ventriculares, y puede ser usada en la valoración de los cambios evolutivos de los pacientes. Aunque existe una correlación significativa entre la *gated*-SPECT y la ventriculografía isotópica, las diferencias encontradas en algunos casos son importantes y ello no permite que ambas técnicas puedan emplearse indistintamente en el seguimiento de la función ventricular izquierda.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Elena Barcina y al Dr. Emilio Moreno de Amersham Health por su ayuda en el diseño y el análisis estadístico del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mansoor MR, Heller GV. Gated SPECT Imaging. Semin Nucl Med 1999;29:271-8.
2. Berman DS, Germano G. Evaluation of ventricular ejection fraction, wall motion, wall thickening and other parameters with gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography. J Nucl Cardiol 1997;4:S169-S71.
3. Chua T, Kiat H, Germano G, Maurer M, Van Train K, Friedman J, et al. Gated technetium-99m sestamibi for simultaneous assessment of stress myocardial perfusion, postexercise regional ventricular function and myocardial viability. Correlation with echocardiography and rest thallium-201 scintigraphy. J Am Coll Cardiol 1994;23:1107-14.

4. DePuey EG, Nichols K, Dobrinsky C. Left ventricular ejection fraction assessment from gated technetium-99m sestamibi SPECT. *J Nucl Med* 1993;34:1871-6.
5. Smanio PEP, Watson DD, Segala DL, Vinson EL, Smith WH, Beller GA. Value of gating of technetium-99m sestamibi single-photon emission computed tomographic imaging. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1687-92.
6. Ruiz-Salmeron RJ, De Araujo Martins-Romeo D, López A, Sanmartín M, Del Campo V, Mantilla R, et al. Valor del *gated*-SPECT para definir el pronóstico tras la revascularización en una población con cardiopatía isquémica. *Rev Esp Cardiol* 2003;56:281-8.
7. Candell-Riera J, Pereztol-Valdés O, Oller-Martínez G, Llevadot J, Aguadé-Bruix S, Castell-Conesa J, et al. Evolución de la función sistólica y de la perfusión miocárdica valoradas mediante *gated*-SPECT durante el primer año después del infarto agudo de miocárdio. *Rev Esp Cardiol* 2003;56:438-44.
8. Candell-Riera J, Llevadot J, Santana C, Castell J, Aguade S, Armadans L, et al. Prognostic assessment of uncomplicated first myocardial infarction by exercise echocardiography and Tc-99m tetrofosmin gated SPECT. *J Nucl Cardiol* 2001;8:122-8.
9. DePuey EG, Nichols K, Dobrinsky C. Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium-99m sestamibi SPECT. *J Nucl Med* 1993;34:1871-6.
10. 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.
11. Everaert H, Franken PR, Flamen P, Goris M, Momen A, Bossuyt A. Left ventricular ejection fraction from gated SPET myocardial perfusion studies: a method based on the radial distribution of count rate density across the myocardial wall. *Eur J Nucl Med* 1996;23:1628-33.
12. Nichols K, DePuey EG, Rozanski A. Automation of gated tomographic left ventricular ejection fraction. *J Nucl Cardiol* 1996;3:475-82.
13. Faber TL, Cooke SD, Folks RD, Vansant J, Nichols KJ, DePuey EG, et al. Left ventricular function and perfusion from gated SPECT perfusion images: an integrated method. *J Nucl Med* 1999;40:650-9.
14. Calnon DA, Kastner RJ, Smith WH, Segalla D, Beller GA, Watson DD. Validation of a new counts-based gated single photon emission computed tomography method for quantifying left ventricular systolic function: comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Cardiol* 1997;4:464-71.
15. Liu YH, Sinusas AJ, DeMan P, Zaret BL, Wackers FJ. Quantification of SPECT myocardial perfusion images: methodology and validation of the Yale-CQ method. *J Nucl Cardiol* 1999;6:190-204.
16. Vallejo E, Chaya H, Plancarte G, Victoria D, Bialostozky D. Variability of serial same-day left ventricular ejection fraction using quantitative gated SPECT. *J Nucl Cardiol* 2002;9:377-84.
17. Hyun IY, Kwan J, Park KS, Lee WH. Reproducibility of Tl-201 and Tc-99m sestamibi gated myocardial perfusion SPECT measurement of myocardial function. *J Nucl Cardiol* 2001;8:182-7.
18. Danias PG, Ahlberg AW, Travin MI, Mahr NC, Abreu JE, Marini D, et al. Visual assessment of left ventricular perfusion and function with electrocardiography-gated SPECT has high intraobserver and interobserver reproducibility among experienced nuclear cardiologists and cardiology trainees. *J Nucl Cardiol* 2002;9:263-70.
19. Nakajima K, Higuchi T, Taki J, Kawano M, Tonami N. Accuracy of ventricular volume and ejection fraction measured by gated myocardial SPECT: comparison of 4 software programs. *J Nucl Med* 2001;42:1571-8.
20. Manrique A, Faraggi M, Vera P, Vilain D, Lebtahi R, Cribier A, et al. ²⁰¹Tl and ^{99m}Tc-MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular function: comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Med* 1999;40:805-9.
21. Chua T, Yin LC, Thiang TH, Choo TB, Ping DZ, Leng LY. Accuracy of the automated assessment of left ventricular function with gated perfusion SPECT in the presence of perfusion defects and left ventricular dysfunction: correlation with equilibrium radionuclide ventriculography and echocardiography. *J Nucl Cardiol* 2000;7:301-11.
22. Kang X, Berman DS, Van Train KF, Amanullah AM, Areeda J, Friedman JD, et al. Clinical validation of automatic quantitative defect size in rest technetium-99m-sestamibi myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1997;38:1441-6.
23. Iskandrian AE, Germano G, VanDecker W, Ogilby JD, Wolf N, Mintz R, et al. Validation of left ventricular volume measurements by gated SPECT 99m-labeled sestamibi imaging. *J Nucl Cardiol* 1998;5:574-8.
24. Nichols K, Lefkowitz D, Faber T, Folks R, Cooke D, Garcia EV, et al. Echocardiographic validation of gated SPECT ventricular function measurements. *J Nucl Med* 2000;41:1308-14.
25. Hashimoto A, Nakata T, Wakabayashi T, Kyuma M, Takahashi T, Tsuchihashi K, et al. Validation of quantitative gated single photon emission computed tomography and an automated scoring system for the assessment of regional left ventricular systolic function. *Nucl Med Commun* 2002;23:887-98.
26. Nichols K, Tamis J, DePuey EG, Mieres J, Malhotra S, Rozanski A. Relationship of gated SPECT ventricular function parameters to angiographic measurements. *J Nucl Cardiol* 1998;5:295-303.
27. Vallejo E, Dione DP, Bruni WL, Constable RT, Borek PP, Soares JP, et al. Reproducibility and accuracy of gated SPECT for determination of left ventricular volumes and ejection fraction: experimental validation using MRI. *J Nucl Med* 2000;4:874-82.
28. Williams KA, Taillon LA. Left ventricular function in patients with coronary artery disease assessed by gated tomographic myocardial perfusion images. Comparison with assessment by contrast ventriculography and first-pass radionuclide angiography. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:173-81.
29. Bax JJ, Lamb H, Dibbets P, Pelikan H, Boersma E, Viergever EP, et al. Comparison of gated single-photon emission computed tomography with magnetic resonance imaging for evaluation of left ventricular function in ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2000;86:1299-305.
30. Stollfuss JC, Haas F, Matsunari I, Neverve J, Nekolla S, Schneider-Eicke J, et al. Regional myocardial wall thickening and global ejection fraction in patients with low angiographic left ventricular ejection fraction assessed by visual and quantitative resting ECG-gated 99mTc-tetrofosmin single-photon emission tomography and magnetic resonance imaging. *Eur J Nucl Med* 1998;25:522-30.
31. Ioannidis JP, Trikalinos TA, Danias PG. Electrocardiogram-gated single-photon emission computed tomography versus cardiac magnetic resonance imaging for the assessment of left ventricular volumes and ejection fraction: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:2059-68.
32. Aguadé-Bruix S, Ortega-Alcalde D. Estudio de la función ventricular. En: Candell-Riera J, Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S, editores. *Cardiología Nuclear en la práctica clínica*. Madrid: Aula Médica, 2003; p. 135-86.
33. Germano G, Kavanagh PB, Kavanagh JT, Wishner SH, Berman DS, Kavanagh GJ. Repeatability of automatic left ventricular cavity volume measurements from myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 1998;5:477-83.
34. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
35. Germano G, Berman DS. On the accuracy and reproducibility of quantitative gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med* 1999;40:810-3.