

Fracción de eyección por gated-SPECT y ecocardiografía en pacientes con signos de necrosis en el estudio de perfusión

Víctor Andrés Marín Oyaga¹, Joaquín Ruiz Franco¹, Javier Luís Simón², Ana Ortiz de Tena¹, Agustín Guisado Rasco³, Alicia Cabello González⁴, Ricardo Vázquez Albertino¹.

1 - Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España.

2 - Servicio de Radiofísica, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España..

3 - Servicio de Cardiología, Área del corazón, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España.

4 - Servicio de Cardiología, Hospital de la Merced, Osuna, Sevilla, España.

Resumen

Comparamos la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) por Gated-SPECT (gSPECT) de perfusión miocárdica y la ecocardiografía (eco) en pacientes con signos de necrosis en el SPECT. Analizamos retrospectivamente 101 pacientes. La media de la FEVI por eco fue 50,11% y de la Gated-SPECT 46,12% con diferencia media de 3,9% $r=0,851$. En los pacientes con necrosis transmural, la diferencia media fue de 4,3% y $r=0,866$. En los pacientes con necrosis no transmural, la diferencia media fue de 3,49% $r=0,66$. Todas las medias de FEVI fueron mayores con eco excepto en pacientes con volumen telediastólico $<60\text{ml}$. La diferencia fue mayor a medida que se incrementa el número de segmentos afectados, pero con alta correlación y mayor cuando la necrosis se localiza en el territorio inferoseptal y ápex. El gSPECT y la eco tienen muy alta correlación; gSPECT arroja valores menores excepto en pacientes con corazón pequeño; en pacientes con signos de necrosis no transmural, la diferencia no es significativa.

Palabras clave: Gated-SPECT, echocardiography, ejection fraction.

Abstract

We compared the left ventricular ejection fraction (LVEF) by Gated-SPECT (gSPECT) and echocardiography (echo) in patients with signs of necrosis in the SPECT study. We retrospectively analyzed 101 patients. Mean LVEF differences and correlations were calculated. LVEF mean by echo was 50.11% and 46.12% with gSPECT. The difference of means was 3.99%, $r = 0.851$. In patients with transmural necrosis, the difference of means was 4.33, $r=0.866$; in patients with non-transmural necrosis, the difference of means was 3.49%, $r = 0.66$. All the LVEF means were higher on echo, except for patients with end-diastolic volume $<60\text{ml}$. The difference was greater with increasing number of affected segments increased; the highest difference was found when the necrosis was located in the inferoseptal and apical areas. Gated SPECT and echo have very high correlation; gSPECT shows lower LVEF values except in patients with small hearts, while in patients with signs of non-transmural necrosis the difference is not significant.

Keywords: Gated-SPECT, echocardiography, ejection fraction.

Introducción

La fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) es considerado el parámetro de referencia de medición de la función ventricular ⁽¹⁾. Junto con los volúmenes telesistólico y telediastólico (VTS, VTD), es el factor pronóstico más importante en pacientes que han presentado infarto de miocardio. Estos parámetros son relativamente constantes en condiciones fisiológicas y se alteran en forma significativa en condiciones de disfunción cardíaca.

Los estudios isotópicos de perfusión miocárdica son una herramienta imprescindible en la valoración de pacientes con enfermedad coronaria confirmada o sospechada ⁽²⁾ y en su modalidad sincronizada con el electrocardiograma o Gated-SPECT (gSPECT) nos aportan también información funcional como los volúmenes ventriculares y el cálculo de la FEVI, entre otros.

También es conocido que la existencia de defectos extensos de perfusión puede causar inconvenientes en la determinación de volúmenes ventriculares y de la FEVI. Debido a que el gSPECT parte de la detección de los contornos endocárdicos y epicárdicos para una estimación geométrica del volumen de la cavidad ventricular, los defectos de perfusión ocasionados por una necrosis miocárdica podrían generar también inexactitudes o mediciones alteradas ^(3, 4).

Existen diferentes técnicas que nos permiten conocer la FEVI como la ventriculografía isotópica, la resonancia magnética, la angiografía coronaria, así como la más ampliamente utilizada ecocardiografía (eco). Son conocidos los adecuados niveles de correlación entre ellas en pacientes normales, pero han sido menos estudiados estos parámetros en pacientes con cardiopatía isquémica e infarto de miocardio ^(2, 5, 6). Nuestro objetivo fue comparar el valor de la FEVI calculada por gSPECT y por eco en pacientes con hallazgos compatibles con necrosis en el estudio de perfusión miocárdica.

Método

Se analizaron de manera retrospectiva un grupo de pacientes consecutivos referidos entre septiembre de 2009 y junio de 2011 en los que el estudio de perfusión mostraba signos de necrosis miocárdica y tuviesen una ecocardiografía 2D que aportara información cuantitativa de la FEVI próxima al estudio de medicina nuclear (promedio = 1 mes de diferencia, rango: 0-5 meses, DE = 1,26 meses) y sin que hubieran existido cambios clínicos o terapéuticos entre las pruebas. Se excluyeron los estudios de baja calidad técnica como los que presentaban actividad extracardíaca importante y aquellos en que el ECG mostraba trastornos del ritmo cardíaco o de la conducción ventricular que pudiesen dar posibles artefactos (fibrilación auricular, extrasistolía ventricular frecuente, BCRI).

Se realizó SPECT de perfusión miocárdica con estimulación farmacológica en protocolo de un día. Los pacientes se encontraban en ayunas de al menos 6 horas y habían suspendido 24 horas antes cualquier medicación, alimentos o bebidas que pudieran alterar el resultado del estudio. Se administraron por vía intravenosa 0,142 mgr/kg/min de adenosina en infusión durante 6 min, complementada con ejercicio isométrico manual. A los 3 minutos de iniciada la infusión se inyectaron 12 mCi (444 MBq) de ^{99m}Tc-tetrofosmina. Se monitorizó al paciente con medida de la tensión arterial, registro electrocardiográfico y glucemia en caso de pacientes diabéticos. En todos los casos se obtuvo previamente el consentimiento informado.

La adquisición de imágenes se realizó entre 30 y 45 minutos posterior a la inyección, con una gammacámara de doble cabezal (Siemens ECAM, Hoffman Estates, EEUU) equipada con colimadores de baja energía alta resolución, utilizando 32 imágenes por detector, matriz 64x64 y zoom de 1,45, sin corrección de atenuación. Para el estudio en reposo realizado aproximadamente 2 h 30 min más tarde, se inyectaron 25 mCi (925 MBq) de ^{99m}Tc-tetrofosmina, con adquisición en modo gSPECT de 8 imágenes por ciclo cardíaco usando ventana de tolerancia de 20%. Se procedió a la reconstrucción tomográfica con retroproyección filtrada (filtro Butterworth orden 5, frecuencia de corte 0,5 Nyquist) para el estudio gSPECT y con reconstrucción iterativa (4 iteraciones, 8 subgrupos) para los estudios de perfusión no gatillados, reorientando los ejes del corazón para generar los cortes coronales (eje corto), sagitales (eje largo vertical) y axiales (eje largo horizontal). La valoración semicuantitativa de la perfusión y el análisis automático de la FEVI y demás valores funcionales se realizó mediante un software dedicado (QPS-QGS, Cedars-Sinai, Los Angeles, EEUU). La valoración de la extensión de los defectos se realizó en base al mapa de 17 segmentos ⁽⁷⁾ (figs. 1-3).

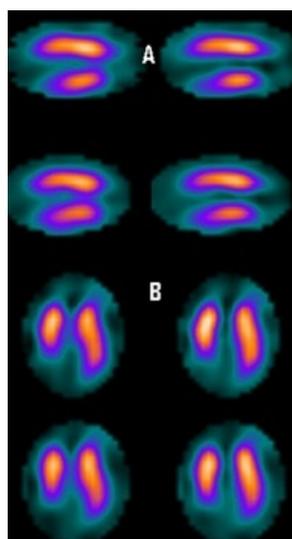


Figura 1. Estudio isotópico de perfusión miocárdica realizado a un paciente varón de 40 años con factores de riesgo cardiovascular y antecedente de cardiopatía isquémica. Imágenes de los cortes en el eje largo vertical (A) y eje largo horizontal (B) en estrés (filas superiores) y en reposo (filas inferiores) que evidencia defecto fijo de captación del trazador en el ápex.

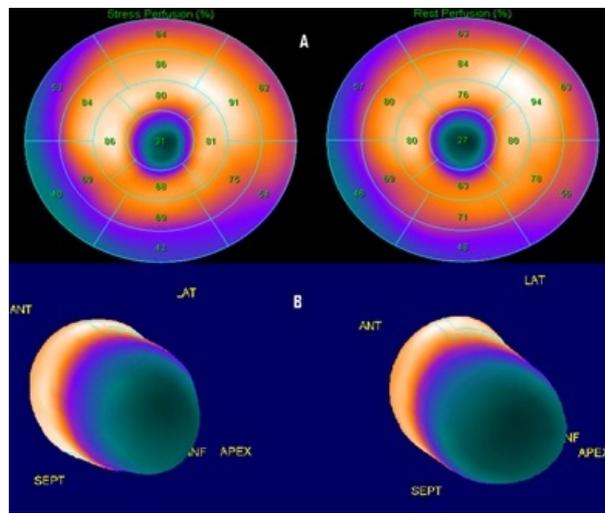


Figura 2. Mismo paciente que la figura anterior con Quantitative Perfusion SPECT (QPS) demostrando los mapas polares (A) y las imágenes tridimensionales de superficie (B).

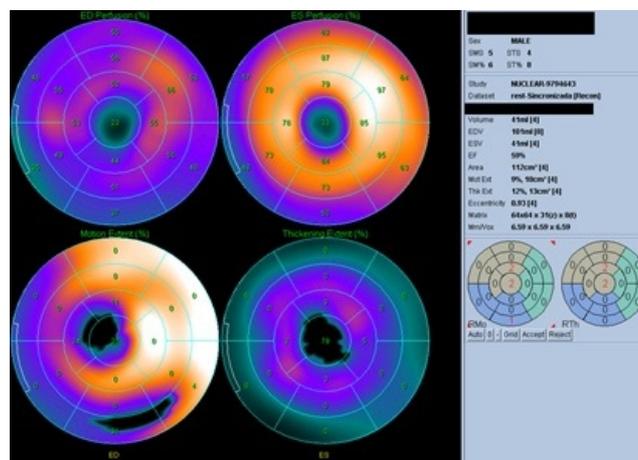


Figura 3. Estudio del mismo paciente con Quantitative Gated SPECT (QGS). Se aprecia disminución severa de la contractilidad y del engrosamiento parietal en el ápex. Los hallazgos son compatibles con necrosis transmural apical. Los volúmenes ventriculares están dentro de la normalidad y la FEVI se muestra conservada (59%). La fracción FEVI calculada por ecocardiografía fue de 71%.

Se definieron como estudios con signos de necrosis aquellos con presencia de defectos no reversibles y se realizaron dos grupos:

01. Signos de necrosis no transmural: áreas de hipocaptación miocárdica leve o moderada, con captación >50% respecto al máximo del miocardio, con disminución no severa del engrosamiento parietal valorado cualitativamente.
02. Signos de necrosis transmural: áreas con al menos un segmento con hipocaptación del trazador de grado severo o con ausencia de captación, con captación <50% respecto al máximo del miocardio, con disminución severa o ausencia de engrosamiento parietal a esos niveles.

Comparamos los valores de FEVI obtenidos por gSPECT con los derivados de la eco globalmente y en los grupos con necrosis transmural y no transmural. También se compararon los valores del FEVI entre ambas técnicas en función de la localización de la necrosis (anterior y anteroseptal, inferoseptal, inferior e inferolateral, anterolateral y ápex), el número de segmentos comprometidos (< 2, 2-6, >6), y los volúmenes telesistólico (VTS) y telediastólico (VTD) calculados por gSPECT.

Análisis Estadístico

Se calcularon las diferencias de las medias mediante T de Student ($p < 0,05$) y la correlación (coeficiente de correlación de Pearson) entre las dos técnicas mediante SPSS v.17. Se utilizó también el análisis de Bland-Altman para valorar el acuerdo entre ambas técnicas.

Resultados

Analizamos un total de 101 pacientes (73 varones y 28 mujeres), con una edad promedio de 66,88 años (rango 40-83 años). Globalmente, la FEVI media calculada por gSPECT fue de 46,12% mientras que la calculada por eco fue de 50,11% con una diferencia significativa entre las medias de 3,99% ($p < 0,05$) y una correlación $r = 0,841$ (fig. 4).

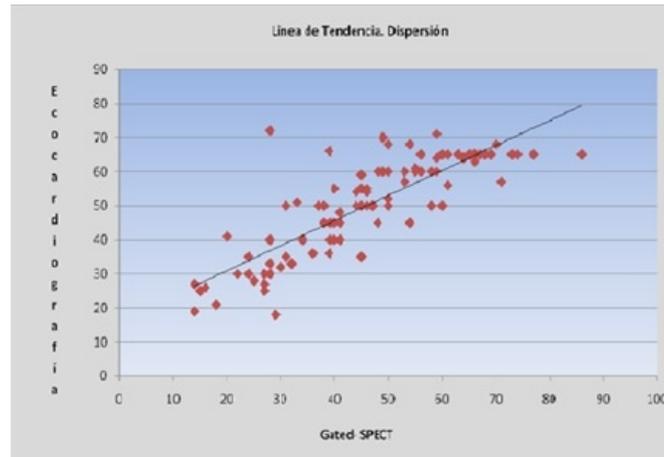


Figura 4. Correlación lineal positiva entre gSPECT y eco. Los puntos se distribuyen cerca de la línea de regresión ($R = 0,8$).

Del total, 60 pacientes (60,6%) tenían en el estudio gSPECT signos de necrosis miocárdica transmural y 41 (39,4%) signos de necrosis no transmural. Entre los pacientes con signos de necrosis transmural la FEVI media calculada por gSPECT fue de 39,65% mientras que la calculada por eco fue de 43,98% con una diferencia significativa entre las medias de 4,33% ($p < 0,05$) y una excelente correlación ($r = 0,866$). Los restantes 41 pacientes con signos de necrosis no transmural tuvieron una FEVI media calculada por gSPECT de 55,59% y por eco de 59,07% con una diferencia de 3,49% no estadísticamente significativa ($p = 0,46$) y con una alta correlación entre ellas ($r = 0,66$).

Todas las medias de la FEVI calculadas mediante gSPECT fueron menores que las calculadas mediante eco excepto en los pacientes que tenían un VTD < 60 ml (2 pacientes con signos de necrosis transmural y 5 con signos de necrosis no transmural).

La diferencia entre las medias fue estadísticamente significativa con tendencia a la infraestimación por parte del gSPECT, excepto en los pacientes con afectación de la cara anterorateral. Sin embargo, la correlación entre las dos pruebas fue adecuada, independientemente del número de segmentos comprometidos en los territorios afectados. La diferencia entre las medias fue mayor cuanto más grande el número de segmentos comprometidos, siendo la mayor diferencia cuando la necrosis se localizó en el territorio inferoseptal y en el ápex (6,4% y 4,9% respectivamente) (tabla 1).

El análisis de Bland-Altman mostró hallazgos similares, con diferencia entre las medias de -3,99 (que corresponde a menor FEVI calculada por el gSPECT respecto a la eco), IC: 95% (2,22-5,75) (fig. 5).

Tabla 1. Resultados de la comparación de la FEVI calculada por Gated-SPECT de perfusión miocárdica y ecocardiografía.

	Pacientes (n)	FE SPECT media (%)	FE Eco media (%)	Diferencia de medias (%)	p	Índice correlación
Necrosis						
Transmural	60	39,65	43,98	-4,333	0,00	0,866
No transmural	41	55,59	59,07	-3,498	0,46	0,666
VTD (ml)						
60-120	45	55,44	58,67	-3,22	0,03	0,529
>120	49	34,14	40,22	-6,082	0,00	0,857
<60	7	70	64,29	5,71	0,275	0,299
VTS (ml)						
<70	57	56,77	59,09	-2,31	0,08	0,519
>70	43	32,12	38,26	-6,14	0,00	0,815
Zonas afectadas						
Anterior y anteroseptal	50	41,94	45,96	-4,02	0,003	0,851
Apex	56	41,79	46,7	-4,91	0,00	0,84
Inferoseptal	15	31,27	37,67	-6,4	0,009	0,822
Inferior e inferolateral	66	44,68	49,27	-4,591	0,00	0,813
Anterolateral	11	44,27	43,09	1,182	0,67	0,428
Nº de segmentos						
<2	46	53,33	56,07	-2,74	0,03	0,832
2-6	33	43,82	48,97	-5,15	0,007	0,746
>6	22	34,5	39,36	-4,86	0,008	0,854

FE: fracción de eyección del ventrículo izquierdo. VTD: volumen telediastólico. VTS: volumen telesistólico.

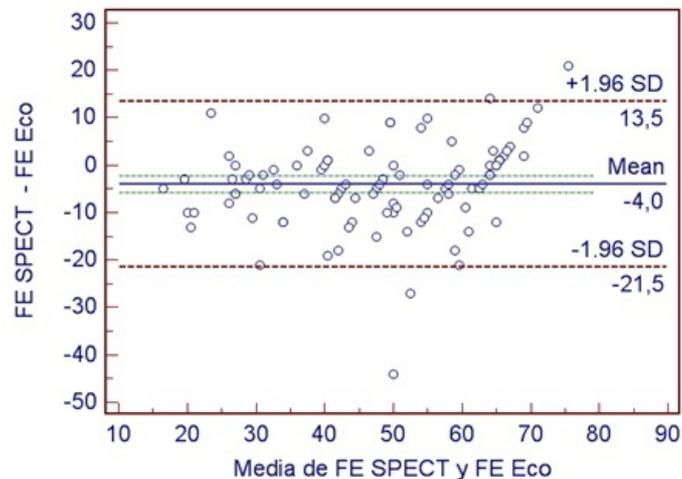


Figura 5. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre la FEVI mediante gSPECT y por eco. La diferencia promedio entre los métodos es de -3,9% (menor mediante gSPECT).

Discusión

El gSPECT es un método no invasivo validado, útil y reproducible para la evaluación simultánea de la perfusión miocárdica y la función ventricular izquierda, brindando información cuantitativa acerca de los volúmenes ventriculares y la FEVI, parámetro importante como indicador pronóstico en la cardiopatía isquémica ^(1, 8). En la actualidad, diversas técnicas de diagnóstico por imagen ofrecen la posibilidad de obtener el valor de la FEVI, siendo la eco el método más utilizado en nuestro medio.

La cuantificación de la función sistólica del ventrículo izquierdo mediante gSPECT se basa en la identificación de los bordes del ventrículo izquierdo utilizando la señal dada por las imágenes perfusión de la pared miocárdica ⁽²⁾. En el presente estudio utilizamos el protocolo de un día habitual en nuestro servicio, realizando el gSPECT en la fase de reposo, evitando así la posible sobreestimación de los volúmenes y la disfunción ventricular debido al efecto de 'aturdimiento' (stunning) miocárdico que puede ocurrir posterior a la inducción del estrés ⁽⁹⁾.

Diversos estudios han comparado los valores obtenidos de FEVI mediante gSPECT con otras técnicas ⁽¹⁰⁾. Castell et al ⁽¹¹⁾

compararon la FEVI obtenida mediante gSPECT y la ventriculografía isotópica en 55 pacientes, encontrando una variabilidad interobservador de 0,5 +/- 2,6 puntos ($r=0,99$) y una variabilidad interensayo de 2 puntos +/- 5,1 ($r=0,94$). Chua et al ⁽¹²⁾ encontraron también una adecuada correlación del valor de la FEVI mediante gSPECT y la ventriculografía isotópica ($r=0,94$) en 62 pacientes con defectos de perfusión y disfunción ventricular. El cálculo de la función ventricular en los estudios de perfusión miocárdica tiene la ventaja de la automatización, con una menor variabilidad interobservador respecto a la registrada en los estudios ecográficos, especialmente en corazones de pequeño tamaño⁽¹³⁾.

La adecuada relación entre las técnicas también es independiente del tipo de isótopo que se utilice. Harpaz et al ⁽¹⁴⁾ estudiaron 402 pacientes enviados para la realización de gSPECT con 201TI y compararon el valor de la FEVI con la eco, encontrando una alta correlación entre las dos técnicas ($r=0,7$) y una diferencia de medias de 0,28%. De igual forma, Berk et al ⁽¹⁵⁾ estudiaron 45 pacientes con cardiopatía dilatada a quienes se les realizó gSPECT en reposo con ^{99m}Tc-MIBI comparando el valor de la FEVI con el obtenido mediante eco 2D, obteniendo una buena correlación entre las dos técnicas ($r=0,72$).

No son muchos los estudios realizados en pacientes que tienen un defecto de perfusión definido. Acampa et al ⁽¹⁶⁾ compararon en 514 pacientes los valores de la FEVI dados por gSPECT en etapa postestrés y en reposo con la ventriculografía isotópica, obteniendo resultados similares a los estudios previos con adecuada correlación entre las técnicas tanto en estrés ($r=0,83$) como en reposo ($r=0,82$). Observaron una leve tendencia a la subestimación por parte del gSPECT postestrés (2,5%) en pacientes con defectos de perfusión aunque con correlación alta ($r=0,90$). Demir et al ⁽⁵⁾ recientemente compararon en 21 pacientes con enfermedad coronaria conocida o sospechada el valor de la FEVI obtenida mediante gSPECT, con la eco y resonancia magnética, sin tener en cuenta si había o no defectos de perfusión o si estos eran fijos o reversibles, encontrando una muy buena correlación ($r=0,91$ con eco y $r=0,97$ con resonancia magnética).

Harisankar et al ⁽²⁾ estudiaron 30 pacientes con defectos fijos de perfusión de al menos 25% del ventrículo izquierdo y compararon la FEVI obtenida por gSPECT con la obtenida por eco y ventriculografía isotópica. Concluyen que la estimación global de la función sistólica mediante gSPECT tiene buena correlación respecto a estas técnicas ($r=0,7$ y $r=0,79$ respectivamente) y sin diferencias significativas a pesar de la presencia de extensos defectos de perfusión. Sin embargo, se trata de un bajo número de pacientes y no se realiza análisis por separado según el tipo de necrosis (transmural o no transmural) ni de los territorios afectados.

Creemos que el hallazgo principal de nuestro estudio consiste en que, de manera global, en pacientes con defectos fijos de perfusión miocárdica el cálculo de FEVI mediante gSPECT tiene muy buena correlación con el obtenido por eco, aunque observamos que hay diferencia estadísticamente significativa de 4% con tendencia a la subestimación respecto a este último. No obstante, al momento de analizar los grupos según el tipo de necrosis, vemos que la diferencia en los pacientes con necrosis de tipo no transmural esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Observamos la diferencia más llamativa en los pacientes con VTD <60 ml, en los que existe una correlación baja con diferencia entre las medias de FEVI de 5,71%. Solamente en esta sub-población la media de FEVI fue menor en la eco que en el gSPECT, a pesar de que la diferencia no es estadísticamente significativa probablemente por el bajo número de pacientes ($n=7$). Esto se puede deber al efecto del volumen parcial que se acentúa con los volúmenes ventriculares pequeños, dando valores de FEVI anormalmente elevados⁽¹⁾. Godkar et al ⁽¹⁷⁾ estudiaron retrospectivamente 5558 pacientes encontrando - a diferencia de nosotros - una sobreestimación de la FEVI en gSPECT sobre la eco y la angiografía. Según los autores, esto se explicaría parcialmente por la influencia de pacientes con corazones de pequeño tamaño en los que existiría una disminución exagerada del VTS comparado con el VTD. Sin embargo, no se reporta el número de pacientes en dicha serie con VTD <60 ml.

Observamos también la muy buena correlación en los pacientes con cardiopatía dilatada (VTD >120 ml y VTS >70 ml), a pesar de que la diferencia entre medias aumenta a medida que se incrementan los volúmenes ventriculares, probablemente como consecuencia del proceso de remodelación cardíaca postnecrosis.

Limitaciones

En la presente investigación, el objetivo fue analizar la relación entre los valores de FEVI obtenidos por gSPECT y por eco en pacientes con hallazgos sugestivos de necrosis en el estudio de perfusión miocárdica, pero no determinar la exactitud de cada método respecto a dicha medida, para lo cual sería necesario realizar una comparación con alguna de las técnicas de referencia como la coronariografía, la resonancia magnética o la ventriculografía isotópica en equilibrio. No se tuvo en cuenta la antigüedad del defecto de perfusión o si éste era ya conocido o de nueva aparición, lo que podría haber dado resultados diversos. Además, los estudios ecográficos pudieron presentar cierta variabilidad interobservador debido a que fueron realizados por diferentes operadores y en diferentes equipos, mientras que se espera menor variabilidad con el gSPECT dado que es un método semiautomático y fue adquirido siempre en el mismo equipo. Finalmente, algunos de los subgrupos estudiados como el de pacientes con VTD <60 ml incluyó muy pocos casos, lo que limita el valor del análisis estadístico.

Conclusiones

El estudio gSPECT de perfusión miocárdica y la eco tienen una correlación muy alta al calcular el valor de la FEVI en pacientes con defectos fijos de perfusión sugestivos de infarto de miocardio independientemente del tipo de necrosis, número de

segmentos y territorios afectados. Sin embargo, el gSPECT muestra valores significativamente menores que los obtenidos mediante la eco, excepto en pacientes con corazones de pequeño tamaño. Para pacientes con defectos que sugieren necrosis no transmural, la diferencia no es estadísticamente significativa.

Referencias

01. Aguade Bruix S, Castell Conesa J, Candell Riera J. [Evaluation of ventricular function in Nuclear Medicine]. *Rev Esp Med Nucl* 2008;27:374-98; quiz 399-400.
02. Harisankar CN, Mittal BR, Kamaleshwaran KK, et al. Reliability of left ventricular ejection fraction calculated with gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography in patients with extensive perfusion defect. *Nucl Med Commun* 2011;32:503-7.
03. Jaimovich R, Gutierrez D, Lavados H, et al. Influence of extracardiac activity and perfusion abnormalities on myocardial perfusion gated SPECT parameters: interobserver analysis. *Rev Esp Med Nucl* 2010;29:293-8.
04. Hutyra M, Skala T, Kaminek M, Zapletalova J. Comparison of left ventricular volumes and ejection fraction assessment by two-dimensional echocardiography compared with gated myocardial SPECT in patients with ischemic cardiomyopathy. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 2010;154:47-54.
05. Demir H, Tan YZ, Kozdag G, et al. Comparison of gated SPECT, echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging for the assessment of left ventricular ejection fraction and volumes. *Ann Saudi Med* 2007;27:415-20.
06. Hernández Trejo T, Mendoza Pérez L, Jiménez ML, et al. Función ventricular izquierda en pacientes con cardiopatía isquémica: fracción de expulsión del ventrículo izquierdo determinada por Gated-Spect. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas* 2008;13:50-2.
07. Cerqueira MD. 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.
08. Thorley PJ, Smith JM. Repeatability of left ventricular ejection fraction and volume measurement for ^{99m}Tc-tetrofosmin gated single photon emission computed tomography (SPECT). *Nucl Med Commun* 2005;26:345-9.
09. Ward RP, Gundeck EL, Lang RM, et al. Overestimation of postischemic myocardial stunning on gated SPECT imaging: correlation with echocardiography. *J Nucl Cardiol* 2006;13:514-20.
10. Gholamrezanezhad A, Mirpour S, Esfehiani AF, et al. A correlative study comparing current different methods of calculating left ventricular ejection fraction. *Nucl Med Commun* 2007;28:41-8.
11. Castell-Conesa J, Aguade-Bruix S, Garcia-Burillo A, et al. [Reproducibility of measurements of left ventricular function with gated myocardial perfusion SPECT and comparison with blood pool radionuclide ventriculography]. *Rev Esp Cardiol* 2004;57:931-8.
12. Chua T, Yin LC, Thiang TH, et al. 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.
13. Hovland A, Staub UH, Bjornstad H, et al. Gated SPECT offers improved interobserver agreement compared with echocardiography. *Clin Nucl Med* 2010;35:927-30.
14. Harpaz D, Asman A, Kuperstein R, et al. Left ventricular ejection fraction assessment by Tl-201 gated SPECT: a comparison with echocardiography. *Clin Cardiol* 2010;33:E56-62.
15. Berk F, Isgoren S, Demir H, et al. Assessment of left ventricular function and volumes for patients with dilated cardiomyopathy using gated myocardial perfusion SPECT and comparison with echocardiography. *Nucl Med Commun* 2005;26:701-10.
16. Acampa W, Caprio MG, Nicolai E, et al. Assessment of poststress left ventricular ejection fraction by gated SPECT: comparison with equilibrium radionuclide angiocardiology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:349-56.
17. Godkar D, Bachu K, Dave B, et al. Comparison and co-relation of invasive and noninvasive methods of ejection fraction measurement. *J Natl Med Assoc* 2007;99:1227-1228, 1231-1224.