

Comparación de la fracción de eyección y volúmenes ventriculares izquierdos entre imágenes de perfusión de miocardio sincronizadas con el ECG (SPECT gatillado) y cineventriculografía

EDUARDO C. NOGUERA, MARCOS AMUCHASTEGUI, EDUARDO MOREYRA (h)[†], ESTEBAN RUIZ LASCANO, MIGUEL A. BALLARINO, OSCAR A. SALOMONE

RESUMEN

Los estudios tomográficos de perfusión del miocardio (SPECT) con Tc^{99m} MIBI o 201-Tl, adquiridos sincronizados con el electrocardiograma (GSPECT) permiten la evaluación simultánea de la perfusión del miocardio y la evaluación de la función del ventrículo izquierdo. El objetivo del estudio fue el de estimar con el programa de computación cuantitativo (QGS) la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI %), el volumen de fin de diástole (VFD/ml) y el volumen de fin de sístole (VFS/ml) y compararlos con la cineventriculografía (CVG).

Material y método

Se estudiaron con la técnica de GSPECT 51 pacientes consecutivos (35 hombres y 16 mujeres, edad media 65 años) después de la administración en reposo de Tc-99 sestamibi. Una hora después de la inyección se adquirieron imágenes del corazón con una resolución temporal de 8 imágenes/ciclo cardíaco, las que fueron cuantificadas con QGS. La CVG se realizó dentro de los 30 días del GSPECT.

Resultados

La FEVI (%) ($-2,67 \pm 6,2$, $p < 0,05$) fue menor que con CVG y el VFD ($23,7 \pm 36$, $p < 0,05$) y el VFS ($15,5 \pm 25$, $p < 0,05$) fueron mayores que los determinados con CVG. Se observó excelente correlación entre la FEVI (%), el VFD (ml) y el VFS (ml) entre el QGS y la CVG ($r = 0,89$, $r = 0,74$ y $r = 0,85$, respectivamente). Entre el QGS y la CVG se observó buena concordancia para estimar la FEVI (%) superior o inferior al 50% (kappa 0,70) y concordancia moderada para estimar el VFD (kappa 0,44) y el VFS (kappa 0,56).

Conclusiones

La técnica de GSPECT con cuantificación de la FEVI (%), VFD (ml) y VFS (ml) con QGS se correlaciona bien con los estimados con la CVG, con menor índice kappa para la FEVI (%) que para el VFD y el VFS. Por otra parte, el QGS es un método confiable para identificar a los pacientes con FEVI (%) mayor o menor del 50%, y de estos últimos a aquellos que tienen disminución de la FEVI (%) de diferente severidad. REV ARGENT CARDIOL 2001; 69: 294-299.

Palabras clave SPECT gatillado -
Cuantificación automática de la fracción de eyección y volúmenes del ventrículo izquierdo -
Cineventriculografía - Tc-99m sestamibi

INTRODUCCION

La perfusión del miocardio y la función del ventrículo izquierdo pueden evaluarse simultáneamente mediante técnicas planares como la angioventriculografía radioisotópica de primer pasaje (AVRPP) o sincronizando la adquisición de las imágenes tomográficas del corazón con el electrocardiograma (GSPECT). (1, 2)

Para estimar la fracción de eyección (Fey) y los volúmenes del ventrículo izquierdo (VI) mediante la AVRPP es necesario delimitar manualmente la región de interés (ROI) del ventrículo izquierdo sin incluir su plano valvular. (3) El inconveniente de este método de cuantificación es que, al ser dependiente del operador, su reproducibilidad es baja.

Con la finalidad de superar éstos y otros inconvenientes metodológicos para realizar de rutina la AVRPP, se propuso como alternativa adquirir los estudios con la técnica de GSPECT y procesar las imágenes mediante diferentes programas de computación. De éstos recientemente propuestos, (4-6) el usado con más frecuencia es el programa SPECT sincronizado cuantitativo (QGS), desarrollado en el Cedars Sinai Medical Center (Los Angeles, CA) por Germano y colaboradores. (6)

En la práctica diaria, los estudios de perfusión de miocardio con 99m-Tc metoxi-isobutil-isonitrilo (MIBI) o 201-Tl, administrados durante el ejercicio ergométrico, prueba farmacológica, reposo o intervención terapéutica (fibrinolíticos o angioplastia), (2) se adquieren con la técnica de GSPECT, con el fin de aportar a las imágenes de perfusión los parámetros de la función ventricular izquierda. El objetivo de este trabajo fue el de comparar en reposo la fracción de eyección del VI (FEVI [%]) y los volúmenes del VI estimados con QGS con los calculados con la cineventriculografía de contraste del VI (CVG), considerado como método de referencia. Por otra parte, también se quiso determinar si la concordancia entre los dos métodos se mantiene cuando la FEVI (%) es mayor o menor del 50%.

MATERIAL Y METODO

Se estudiaron 51 pacientes consecutivos (35 hombres y 16 mujeres), con edades de 44 a 82 años (edad promedio 65 años), derivados para descartar enfermedad coronaria mediante estudio ejercicio/reposo con GSPECT usando 99m-Tc MIBI. En todos los pacientes se efectuó CVG, que se realizó dentro de las 4 semanas de los estudios radioisotópicos y sin que hubiera mediado evento coronario intercurrente.

Imágenes de perfusión del miocardio en reposo sincronizadas con el ECG (GSPECT) con 99m-Tc sestamibi

El GSPECT se comenzó 60 a 90 minutos después

de la administración de 25-30 Mci de 99m-Tc MIBI.

Las imágenes GSPECT se adquirieron en decúbito supino con una cámara gamma SPECT de campo grande rectangular de doble cabezal y ángulo variable colocado a 102° (Picker-Axis) equipada con un colimador de agujeros paralelos, alta resolución y baja energía. Se adquirieron simultáneamente con cada cabezal imágenes cada 3°, de 25 segundos de duración cada una hasta completar 34 pasos, comenzando en la posición oblicua anterior derecha (OAD) -45, hasta la posición oblicua posterior izquierda (OPI), +159, mediante la rotación en órbita no circular de 204 grados. La adquisición se sincronizó con la onda R del electrocardiograma, dividiéndose el ciclo cardíaco en 8 segmentos por ciclo cardíaco, en una matriz de 64 x 64 pixels, sin zoom.

La reconstrucción de las imágenes tomográficas se llevó a cabo en la computadora Odyssey, utilizando el programa QGS. (7) Las imágenes de GSPECT se reconstruyeron con filtro de retroproyección (Rampa), seguido de la delimitación manual del corazón por una región de interés (ROI) con la finalidad de sustraer la actividad extracardíaca y, después de aplicar un filtro Butterworth de baja frecuencia (orden 5 y *cutoff frequency* de 0,22 ciclos/pixel), los cortes transversales de un grosor de 1 pixel por corte se reformatearon, generándose las imágenes en los ejes corto, largo vertical y horizontal del ventrículo izquierdo.

Cuantificación de la FEVI (%) y del VFD y el VFS (ml) mediante QGS

Los cortes del eje corto son la entrada al programa QGS que procesa las imágenes en forma a) automática o b) manual. (7) En la pantalla de la computadora aparecen los resultados de la FEVI (%) y del VFD y el VFS para cada intervalo del ciclo cardíaco, así como las imágenes del corazón en 3D y los diferentes cortes tomográficos para evaluar visualmente la contractilidad global, segmentaria y el engrosamiento sistólico del ventrículo izquierdo, respectivamente.

Cineventriculografía

Los estudios hemodinámicos se realizaron en todos los pacientes con la técnica de Judkins. (8)

En el ventriculograma, mediante un cursor electrónico, se delimitaron manualmente los contornos de la pared ventricular al fin de la diástole y de la sístole, calculándose la Fey (%) y los volúmenes del ventrículo izquierdo por medio de la fórmula de área de Dodge/longitud. (2) Se descartaron contracciones extrasistólicas y posextrasistólicas.

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como la media \pm DE.

Las medias de la FEVI (%), el VFD (ml) y el VFS (ml) entre el QGS y la cineventriculografía se compararon utilizando la prueba de Student para grupos dependientes, considerándose estadísticamente significativos valores de $p < 0,05$. La correlación entre la FEVI (%), el VFD y el VFS, estimados con QGS y CVG, se evaluó con el coeficiente de Pearson. El acuerdo entre QGS y CVG para diferentes rangos de FEVI (%) se analizó mediante el índice kappa, considerando los valores kappa de 0,81-1 como de perfecta concordancia entre 0,0-0,20 ligera, 0,21-0,40 regular, 0,41-0,60 moderada y 0,61-0,80 buena. El acuerdo entre QGS y CVG también se analizó mediante el método gráfico de Bland-Altman, (9) donde la abscisa indica la media de los parámetros estimados, la ordenada la diferencia entre las dos mediciones y los márgenes superior e inferior 2 DE de la diferencia media. Por análisis de regresión lineal, se calcularon la pendiente y el punto de intersección. Por este análisis, el acuerdo entre dos métodos se considera ideal cuando el valor de las pendientes es de 0,0.

El análisis estadístico se realizó con el programa Statistica para Windows (Statsoft 1994) y el gráfico de Bland-Altman con el programa MedCalc (Bélgica). (9)

RESULTADOS

La FEVI (%) y los volúmenes ventriculares (ml) calculados con la cineventriculografía se consideraron los valores de referencia.

El diagnóstico clínico de los pacientes fue: a) enfermedad coronaria (n = 46); de éstos, 14 de 46 pacientes (30%) con lesión significativa de un vaso, 22 de 46 (48%) de dos vasos y 10 de 46 (22%) de múltiples vasos, b) miocardiopatía dilatada (n = 5/51).

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de FEVI, VFD y VFS, determinados con QGS y CVG, y los resultados de la correlación entre los dos métodos.

La FEVI (%) es $-2,67 \pm 6,2$, significativamente más

Tabla 1
Fracción de eyección y volúmenes del ventrículo izquierdo estimados con SPECT gatillado cuantitativo y cineventriculografía

Variables	QGS	CVG	r
FEVI (%)	49,6 ± 13*	52,3 ± 13,7	0,89**
Rango	58 (24-82)	54 (21-75)	
VFD (ml)	109 ± 47,5*	91,6 ± 33	0,74**
Rango	226 (44-270)	200 (39-239)	
VFS (ml)	64,3 ± 45*	46,7 ± 29	0,85**
Rango	185 (9-194)	140 (21-161)	

* = $p < 0,05$ entre QGS y CVG.

** = $p < 0,05$.

FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo. VFD: Volumen de fin de diástole. VFS: Volumen de fin de sístole. QGS: Programa de SPECT gatillado cuantitativo. CVG: Cineventriculografía.

baja con QGS que con CVG. Por el contrario, el VFD, $23,7 \pm 36$, y el VFS, $15,5 \pm 25$, son significativamente más elevados con QGS que con CVG.

El análisis comparativo entre QGS y CVG, mediante análisis de regresión lineal, mostró excelente correlación significativa para estimar la FEVI (%), el VFD y el VFS (Tabla 2) (Gráficos 1, 2 y 3, respectivamente).

La concordancia entre QGS y CVG se analizó a través del índice kappa:

a) En la precisión del QGS, para estimar la FEVI (%) como normal (mayor del 50%) o anormal (menor del 50%). El QGS y la CVG concordaron en 36 de 51 determinaciones, con un índice kappa de 0,70 (error estándar = 0,10).

b) En la exactitud del QGS para estimar la FEVI (%). Se utilizó la escala semicuantitativa de FEVI (%) de 4 puntos de acuerdo con el siguiente esquema: 0:

Tabla 2
Concordancia entre SPECT gatillado cuantitativo (QGS) y cineventriculografía en la estimación de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo

Cineventriculografía	FEVI (%) estimada con QGS			
	> 50%	40%-49%	30%-39%	< 30%
FEVI (%)				
A) 0 = normal (> 50%)	27	4		
B) Anormal (< 50%)				
1 = leve (40%-49%)	4	3	4	
2 = moderada (30%-39%)			3	2
3 = severa (< 30%)			1	3

Índice kappa = 0,67; error estándar = 0,14. FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo. QGS: Programa de SPECT gatillado cuantitativo.

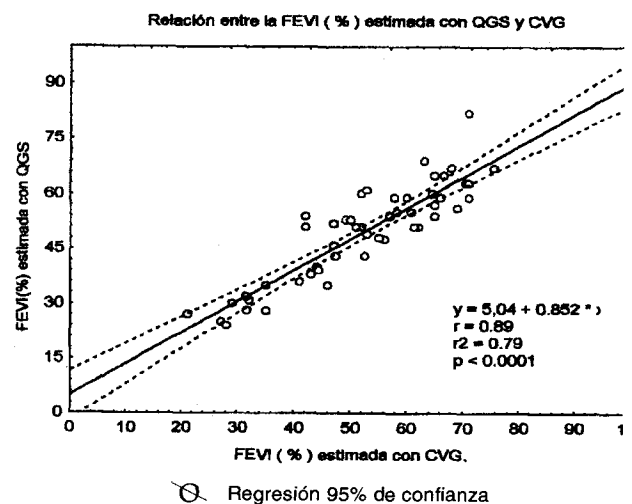
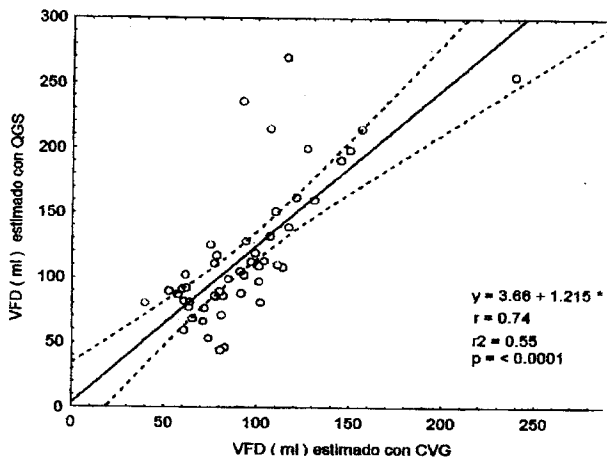
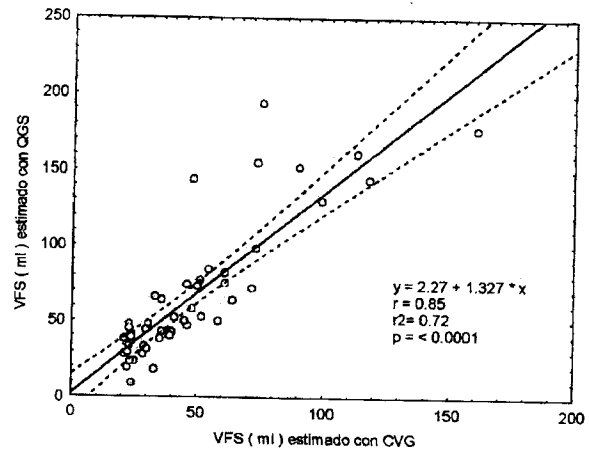


Gráfico 1. Correlación en 51 pacientes entre la FEVI (%) estimada con SPECT gatillado cuantitativo (QGS) y CVG. CVG: Cineventriculografía. QGS: Programa de SPECT gatillado cuantitativo. FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.



Regresión 95% de confianza

Gráfico 2. Correlación en 51 pacientes entre el VFD (ml) estimado con SPECT gatillado cuantitativo (QGS) y cineventriculografía (CVG). VFD: Volumen fin de diástole.



Regresión 95% de confianza

Gráfico 3. Correlación en 51 pacientes entre el VFS (ml) estimado con SPECT gatillado cuantitativo (QGS) y cineventriculografía (CVG). VFS: Volumen fin de sístole.

normal; 1: leve (40%-49%); 2: moderada (entre 30%-39%); 3: severa (menos del 30%) (Tabla 2). Hubo concordancia entre el QGS y la CVG en 36 de 51 determinaciones de la FEVI, con un índice kappa de 0,67 (error estándar = 0,14).

En lo que respecta a los valores del ventrículo izquierdo, el QGS y la CVG concordaron: a) en la estimación del VFD en 28 de 51 determinaciones, con un índice kappa de 0,44 (error estándar = 0,087) y del VFS en 25 de 51 determinaciones, con un índice kappa de 0,56 (error estándar = 0,083) (Tablas 3 y 4, respectivamente).

Análisis del QGS y la CVG con el método de Blant-Altman

Entre el QGS y la CVG se observaron las siguientes diferencias medias: FEVI (%): $-267 \pm 6,2$; VFD: $23,7 \pm 36,3$; VFS: $17,5 \pm 25,3$.

Los resultados del análisis de regresión lineal de

la diferencia entre el QGS y la CVG de cada variable en la ordenada *versus* sus valores promedio en las abscisas mostraron para la FEVI (%) pendiente negativa de $-0,04$, no diferente significativamente de 0 ($p = 0,46$), y punto de intersección a $-0,14$, respectivamente; en cambio, para el VFD y el VFS las pendientes de regresión fueron positiva ($0,54$ y $0,46$, respectivamente) y diferente significativamente de 0 ($p < 0,0001$) y sus puntos de intersección negativos (-33 y -8 , respectivamente).

DISCUSION

Diversos autores, usando 99m-Tc MIBI o 201-Tl, estimaron la Fey (%) y los volúmenes del ventrículo izquierdo con QGS u otros métodos y los compararon con los estimados mediante el ventriculograma radioisotópico y primer pasaje, (3) ecocardiografía bidimensional, (11) resonancia magnética (12) o cineventriculografía. (3, 13)

Tabla 3

Concordancia entre SPECT gatillado cuantitativo (QGS) y cineventriculografía en la estimación del volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo (ml)

CVG	QGS				
	< 50 ml	50-99 ml	100-149 ml	150-200 ml	> 200 ml
VFD (ml):					
< 50 ml		1			
50-99 ml	2	19	9		1
100-149 ml		2	7	4	2
150-200 ml				1	2
> 200 ml					1

Tabla 4

Concordancia entre SPECT gatillado (QGS) y cineventriculografía en la estimación del volumen de fin de sístole del ventrículo izquierdo (ml)

CVG	QGS				
	< 25 ml	25-49 ml	50-74 ml	75-99 ml	> 100 ml
VFS (ml):					
< 25 ml	4	11			
25-49 ml	1	11	6		1
50-74 ml			5	5	
75-99 ml					4
> 100 ml					3

Índice kappa = 0,44; error estándar = 0,098. CVG: Cineventriculografía. VFD: Volumen de fin de diástole. QGS: Programa de SPECT gatillado cuantitativo.

Índice kappa = 0,56; error estándar = 0,083. CVG: Cineventriculografía. VFS: Volumen de fin de sístole. QGS: Programa de SPECT gatillado cuantitativo.

Actualmente, para el análisis simultáneo de la función ventricular y la perfusión del miocardio con ^{99m}Tc MIBI o ^{201}Tl , después del ejercicio ergométrico, la administración de fármacos o en reposo se adquieren con la técnica de GSPECT. Para comparar el QGS con la CVG elegimos los estudios GSPECT después de administrar ^{99m}Tc MIBI en reposo, para evitar así la disminución de la FEVI (%) que se produce por atontamiento ventricular inducido por ejercicio o la administración de fármacos. (14)

En el presente trabajo, en 51 pacientes, 46 coronarios y 5 con miocardiopatía dilatada, estudiados con ^{99m}Tc sestamibi y usando la técnica de GSPECT, con QGS estimamos en reposo la FEVI (%), el VFD y el VFS y comparamos sus resultados con la CVG, considerada el método de referencia.

En las estimaciones de la FEVI (%), el VFD y el VFS entre el QGS y la CVG se observaron buenas y significativas correlaciones (Tabla 1, Gráficos 1, 2 y 3, respectivamente). Estos resultados se encuentran en el rango de 0,66 a 0,90 comunicado por otros autores, que correlacionaron estos parámetros con QGS con CVG, (3) ventriculografía radioisotópica, resonancia magnética (12) o ecocardiografía bidimensional. (11) Estas observaciones validaron la técnica de GSPECT en los estudios de perfusión de miocardio con ^{99m}Tc MIBI u otros isótopos, al permitir evaluar en un procedimiento diagnóstico parámetros de la función ventricular además de cuantificar la motilidad y el espesor de la pared del VI. (12)

Nuestros resultados muestran que la FEVI (%) estimada con QGS es confiable tanto para identificar pacientes con FEVI (%) normal, anormal, y de éstos, a aquellos que tienen disminución de la FEVI (%) de acuerdo con una escala de severidad progresiva, ya que los valores kappa de concordancia entre la FEVI (%) estimada con QGS y CVG fueron buenos (Tabla 2). De manera similar, en el análisis de regresión lineal del gráfico de Bland-Altman encontramos valores de pendientes no diferentes significativamente de cero, lo que también sugiere buena concordancia para estimar la FEVI (%) entre QGS y CVG.

En nuestra serie, la FEVI (%) promedio con QGS fue el 5% más baja con diferencias significativas con la estimada con CVG. En estudios clínicos y experimentales, Germano y colaboradores, (6) Manrique y colaboradores (15) y Achtert y colaboradores (7) compararon la ventriculografía isotópica en equilibrio, la angioventriculografía radioisotópica de primer pasaje o fantomas con QGS; también observaron que este último método subestima la FEVI (%) entre 3,7%-4%, y lo atribuyeron a la menor resolución temporal sistólica que se produce por adquirir el GSPECT tomando 8 imágenes por ciclo cardíaco, por lo que sugirieron que para disminuir la diferen-

cia media entre QGS con los otros métodos el GSPECT se adquiriera tomando 16 imágenes por ciclo cardíaco. Por otro lado, Manrique y colaboradores (15) observaron que en los pacientes con defectos grandes de la perfusión y disfunción del VI el QGS, comparado con la ventriculografía radioisotópica, subestima la FEVI (%). Estos autores sugirieron que esta disminución de la FEVI (%) probablemente esté relacionada con el aumento de la irradiación de fondo extracardiaca, el efecto del volumen parcial como factor asociado a un adelgazamiento del miocardio secundario a fibrosis o dilatación del ventrículo, factores entre otros conocidos que influyen en la estimación de la FEVI (%) con QGS.

En lo que respecta a la determinación de los volúmenes ventriculares entre QGS y CVG, observamos que el primer método sobrestima significativamente el VFD y el VFS (Tabla 1). Si bien la metodología es diferente, nuestros resultados difieren del estudio de Yoshioka y colaboradores, (3) quienes con ^{99m}Tc tetrofosmin encontraron que los volúmenes del VI con QGS son menores en comparación con la CVG. Los probables mecanismos que explicarían esta diferencia podrían ser los mismos factores que influyen sobre la estimación de la FEVI (%). (16) Sin embargo, en la comparación entre QGS y CVG, en la metodología que siguen para estimar la FEVI (%), el VFD y el VFS, el QGS es un algoritmo de computación que permite detectar en forma automática la superficie del endocardio y del epicardio; en cambio, en la CVG los contornos en la imagen de fin de diástole/sístole se delimitan en forma manual. Otro aspecto importante para tener en cuenta es que en la CVG el tracto de salida del VI forma parte del cálculo de los volúmenes ventriculares, lo que no sucede con el QGS, que define el borde ventricular en la válvula mitral. Estas consideraciones, entre otras, podrían explicar las discrepancias entre el QGS y la CVG, ya que se comparan los resultados de un método automático (QGS) con uno que es operador dependiente (CVG) y por lo tanto sujeto a variaciones interobservador e intraobservador, que no evaluamos en este trabajo, lo que no sucede con el QGS, por ser este método altamente reproducible. (12)

Entre el QGS y la CVG observamos una correlación significativa en la estimación del VFD y el VFS, con mejor coeficiente para el segundo ($r = 0,85$) que para el primero ($r = 0,74$) (Tabla 1, Gráficos 2 y 3, respectivamente). Estos resultados concuerdan con los de otros autores, que compararon el QGS con la CVG o con otros métodos diagnósticos que también cuantifican la función del ventrículo izquierdo. (11, 12, 16) Por otro lado, cuando se analizó el acuerdo entre el QGS y la CVG para estimar los volúmenes del VI, observamos una concor-

dancia moderada entre ambos métodos, con valores kappa mayores para el VFS (0,56) que para el VFD (0,44) (Tablas 2 y 3).

CONCLUSION

Los resultados de nuestro estudio muestran que la técnica de GSPECT con cuantificación de la FEVI (%), VFD (ml) y VFS (ml) con QGS se correlaciona bien con esos estimados con la CVG, con mejor cuantificación de la FEVI (%) que del VFD y el VFS. Por otra parte, el QGS es un método confiable para identificar a los pacientes con FEVI (%) mayor o menor del 50%, y de éstos, a aquellos que tienen disminución de la FEVI (%) de diferente severidad.

SUMMARY

COMPARISON BETWEEN EJECTION FRACTION AND LEFT VENTRICULAR VOLUME ACCORDING TO PERFUSED MYOCARDIAL IMAGES SYNCHRONIZED TO ECG (GATED SPECT) AND CINEVENTRICULOGRAFY

Electrocardiography gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography (GSPECT) with ^{99m}Tc MIBI or ^{201}Tl offers the potential to simultaneously assess LV function and myocardial perfusion with just one acquisition procedure. The purpose of this study was to compare results of GSPECT with those of angiographic ventriculography in the assessment of left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular end diastolic volume (LVEDV) and left ventricular end systolic volume (LVESV). Fifty-one patients (35 men, mean age 65 years) underwent GSPECT and angiographic ventriculography within 30 days. GSPECT resulted in a lower mean LVEF (%) (-2.67 ± 6.2 , $p < 0.05$) and higher LVEDV (23.7 ± 36 ml, $p < 0.05$) and LVESV (15.5 ± 25 ml, $p < 0.05$) compared with angiographic ventriculography. The correlation between the two methods was good for LVEF ($r = 0.89$), LVEDV ($r = 0.74$) and LVESV ($r = 0.85$). There was also significant concordance between both techniques in the estimation of LVEF in patients with EF greater than 50% or smaller than this percentage (kappa = 0.70) and an acceptable concordance to estimate LVEDV (kappa 0.44) and LVESV (kappa 0.56).

Conclusions

GSPECT is an accurate method for assessment of left ventricular function. The correlation with left ventricular angiography is good. GSPECT tends to a slight underestimation of LVEF and overestima-

tion LVEDV and LVESV compared with angiographic ventriculography.

Key words ECG-gated SPECT - Automatic ejection fraction and left ventricular volume quantification - Contrast left ventriculography - Comparative studies - ^{99m}Tc -sestamibi

BIBLIOGRAFIA

1. Port SC (ed). Imaging guidelines for nuclear cardiology procedures. Part 2. American Society of Nuclear Cardiology. J Nucl Cardiol 1999; 6: G53-84.
2. Cragnolino DE, Meretta AH. Cardiología nuclear. En: Bertolasi CA, Barrero C, Gimeno G, Mauro V (eds). Cardiología 2000. Buenos Aires, Argentina, Editorial Médica Panamericana 1998; pp 851-893.
3. Yoshioka J, Hasegawa S, Yamaguchi H y col. Left ventricular volumes and ejection fraction calculated from quantitative electrocardiographic-gated ^{99m}Tc -tetrofosmin myocardial SPECT. J Nucl Med 1999; 40: 1693-1698.
4. DePuey EG, Nichols K, Dobrinsky C. Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium- 99m -sestamibi SPECT. J Nucl Med 1993; 34: 1871-1876.
5. Mochizuki T, Murase K, Tanaka H y col. Assessment of left ventricular volume using ECG-gated SPECT with technetium- 99m -MIBI and technetium- 99m -tetrofosmin. J Nucl Med 1997; 38: 53-57.
6. Germano G, Kiat H, Kavanagh PB y col. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. J Nucl Med 1995; 36: 2138-2147.
7. Achtert AD, King MA, Dahlberg ST y col. An investigation of the estimation of ejection fractions and cardiac volumes by a quantitative gated SPECT software package in simulated gated SPECT images. J Nucl Cardiol 1998; 5: 144-152.
8. Judkins MP. Selective coronary arteriography. A percutaneous transfemoral technic. Radiology 1967; 89: 815-824.
9. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1: 307-310.
10. Lee DS, Ahn JY, Kim KS y col. Limited performance of quantitative assessment of myocardial function by thallium-201 gated myocardial single-photon emission tomography. Eur J Nucl Med 2000; 27: 185-191.
11. Cwajg E, Cwajg J, He ZX y col. Gated myocardial perfusion tomography for the assessment of left ventricular function and volumes: Comparison with echocardiography. J Nucl Med 1999; 40: 1857-1865.
12. Bavelaar-Croon CD, Kayser HW, van der Wall EE y col. Left ventricular function: Correlation of quantitative gated SPECT and MR imaging over a wide range of values. Radiology 2000; 217: 572-575.
13. William 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: 173-181.
14. Johnson LL, Verdesca SA, Aude WY y col. Postischemic stunning can affect left ventricular ejection fraction and regional wall motion on post-stress gated sestamibi tomograms. J Am Coll Cardiol 1997; 30: 1641-1648.
15. Manrique A, Faraggi M, Vera P y col. Thallium-201 and ^{99m}Tc -MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction. Comparison with equilibrium radionuclide angiographies. J Nucl Med 1999; 40: 805-809.
16. Germano G, Berman D. Quantitative gated perfusion SPECT. En: Germano G, Berman DS (eds). Clinical gated cardiac SPECT. Armonk, NY, Futura Publishing Inc, pp 115-146.