

## Función Ventricular tras Cirugía de Revascularización: *Gated SPECT* Comparado a la Resonancia Cardíaca

Cláudio Tinoco Mesquita<sup>1,6</sup>; Maria Carolina Pinheiro Pessoa<sup>2</sup>; Paulo Pontes Vasconcelos<sup>2,3</sup>; Amarino Carvalho Oliveira Júnior<sup>4</sup>; Hans Fernando Rocha Dohmann<sup>4,5,6</sup>; Adair Gomes dos Reis<sup>7</sup>; Lea Mirian Barbosa da Fonseca<sup>2,8</sup>

Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Pró-Cardíaco<sup>1</sup>, Pro-Echo Hospital Samaritano<sup>2</sup>, Centro de Diagnóstico por Imagens (CDPI)<sup>3</sup>; Serviço de Radiologia do Hospital Pró-Cardíaco<sup>4</sup>, Centro de Estudos do Pró-Cardíaco (Procep)<sup>5</sup>; Instituto Nacional de Cardiologia<sup>6</sup>, Nuclear Diagnósticos<sup>7</sup>, Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)<sup>8</sup>, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

### Resumen

**Fundamento:** La evaluación de la función ventricular izquierda puede limitarse por el movimiento anómalo del septo interventricular, frecuentemente encontrado tras cirugía de revascularización miocárdica (CRM). La validación del *Gated SPECT* como herramienta para evaluación de la función ventricular en ese grupo de pacientes es rara.

**Objetivo:** Investigamos la concordancia y la correlación entre la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), el volumen diastólico final (VDF) y el volumen sistólico final (VSF), obtenidos con la centellografía de perfusión miocárdica tomográfica sincronizada por electrocardiograma (*Gated SPECT*), con iguales parámetros medidos por medio de resonancia magnética cardíaca en 20 pacientes sometidos a la revascularización miocárdica.

**Métodos:** Seapuró la correlación mediante el coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ), mientras que se evaluó la concordancia por medio del análisis de Bland y Altman.

**Resultados:** Hubo una correlación positiva entre el *Gated SPECT* y la resonancia magnética cardíaca en los pacientes tras CRM, con relación a la fracción de eyección del ventrículo izquierdo ( $\rho = 0,85$ ;  $p = 0,0001$ ), una correlación moderada para el volumen sistólico final ( $\rho = 0,51$ ;  $p = 0,02$ ) y una correlación insignificante para el volumen diastólico final ( $\rho = 0,13$ ;  $p = 0,5$ ). Los límites de concordancia para FEVI, VSF y VDF fueron: del -20% al 12%; de -38 a 54ml y de -96 a 100ml, respectivamente.

**Conclusión:** La fracción de eyección (FE) del ventrículo izquierdo obtenida por el *Gated SPECT* se correlaciona de modo confiable con la FE de la resonancia magnética, en pacientes sometidos a CRM. Los volúmenes ventriculares, sin embargo, no presentan una correlación adecuada. (Arq Bras Cardiol 2009;92(5):344-350)

**Palabras clave:** Centellografía, imagen por resonancia magnética, revascularización miocárdica, función ventricular izquierda, reperfusión miocárdica.

### Introducción

La centellografía de perfusión miocárdica con imágenes tomográficas sincronizadas por el electrocardiograma (*Gated SPECT*) suele emplearse en la evaluación simultánea de la perfusión miocárdica y de la función global y segmentar del ventrículo izquierdo. Esa técnica está bien validada y forma parte de las herramientas para el diagnóstico cardiológico hace más de una década<sup>1-3</sup>. Se considera la resonancia magnética cardíaca (RMC) como la técnica patrón-oro en la evaluación de la función ventricular, en virtud de su excelente resolución espacial y temporal<sup>4</sup>. Un metaanálisis concluyó que las mediciones de los volúmenes ventriculares y de la fracción de eyección ventricular izquierda, obtenidas

con *Gated SPECT*, se correlacionan muy bien con aquellas obtenidas con RMC<sup>5</sup>. No hay evidencias definitivas si la exactitud comparativa del *Gated SPECT* con la RMC es distinta entre los varios subgrupos de pacientes. Aunque se reconozca el desarrollo del movimiento anormal del septo interventricular en el postoperatorio de cirugías cardíacas<sup>6</sup>, el impacto de esa alteración contráctil en la exactitud del *Gated SPECT* no está completamente evaluado<sup>7,8</sup>. Es importante que se evalúe esa técnica en esta situación, ya que se sabe que el movimiento anormal del septo interventricular tras cirugía cardíaca puede dificultar la evaluación de la función ventricular izquierda mediante técnicas convencionales, tales como ecocardiografía, ventriculografía en equilibrio con radionúclidos y ventriculografía contrastada<sup>9</sup>. La evaluación de la función ventricular izquierda tras la cirugía de revascularización miocárdica es esencial en la cuantificación de la recuperación contráctil (miocardio viable) en individuos con disfunción ventricular izquierda y en la identificación de pérdida funcional durante el procedimiento (infarto perioperatorio).

#### Correspondencia: Cláudio Tinoco Mesquita •

Hospital Pró-Cardíaco, Serviço de Medicina Nuclear e Imagem Molecular, Rua General Polidoro 192, Botafogo, 22.280-000, Rio de Janeiro, RJ - Brasil  
E-mail: claudiotinoco@globo.com  
Artículo recibido el 06/02/2008; revisado recibido el 23/05/2008; aceptado el 19/06/2008.

Este estudio tiene por objeto evaluar la exactitud de los parámetros de función global del ventrículo izquierdo: volúmenes ventriculares y fracción de eyección por medio del *Gated SPECT*, comparando esos resultados con aquellos obtenidos con la RMC en pacientes con movimiento septal anómalo tras cirugía de revascularización miocárdica.

### Métodos

Para el estudio, se seleccionaron a 20 pacientes que habían sido sometidos a la cirugía de revascularización miocárdica en los últimos 12 meses y que presentaban movimiento anómalo del septum interventricular a la realización del ecocardiograma. Se excluyeron a los pacientes que presentaban:

- 1) fibrilación atrial;
- 2) bloqueo de rama izquierda de tercer grado;
- 3) ritmo cardíaco no sinusal;
- 4) marcapaso cardíaco artificial;
- 5) presencia de seis o más extrasístoles por minuto; y
- 6) embarazo o lactancia.

El protocolo del estudio se aprobó en la Comisión de Ética del Hospital. Todos los individuos se informaron con relación al estudio y firmaron un formulario de consentimiento. Se seleccionaron a los pacientes en el Servicio de Cirugía Cardíaca del Hospital Universitario Clementino Fraga Filho. Para todos los pacientes, se les había transcurrido un período mínimo de tres meses luego de la cirugía de revascularización (promedio de ocho meses).

Los individuos fueron sometidos, de modo prospectivo, a la centellografía de perfusión miocárdica *Gated SPECT* en reposo y a la resonancia magnética cardíaca, con intervalo máximo de dos semanas entre los exámenes.

La centellografía de perfusión del miocardio con sestamibi marcado con tecnecio (Tc 99m) se llevó a cabo de la siguiente manera: tras la administración intravenosa de 740 MBq del radiotrazador en reposo, se obtuvieron imágenes tomográficas en 180° (oblicua anterior derecha 45° hasta oblicua posterior izquierda 45°) en 32 paradas sincronizadas por el electrocardiograma del paciente, con el intervalo RR dividido en ocho cuadros, totalizando 256 cuadros por examen. Se empleó un analizador de pulsos con ventana del 50%, con fotopico de 140 keV y ventana de energía de 15%. Se empleó un colimador de baja energía y alta resolución, matrices de 64x64 y 35 segundos por parada. Las ocho proyecciones sincronizadas por el ECG se filtraron, y se empleó un filtro Butterworth 2-D (orden, 2,5; frecuencia de 0,3 ciclos por píxel), y se reconstruyeron automáticamente en imágenes transaxiales, con el empleo de retroproyección filtrada con filtro Rampa. No se utilizó corrección de la atenuación o el esparcimiento. Las imágenes *Gated SPECT* se reconstruyeron automáticamente por medio del algoritmo de Germano et al.<sup>3</sup>.

La resonancia magnética cardíaca se llevó a cabo en aparato de 1,5 Tesla (Horizon, General Electric Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin), gradiente de 23 mT/m, antenas de cuerpo y torso *phased array*<sup>8</sup>. Se utilizó el *software Fastcard* en apnea (*spoiled gradient-echo, gradient-echo*) en los ejes largos horizontal (cuatro cámaras) y vertical (dos

cavidades) del VI y en el eje corto del VI. Se obtuvieron nueve imágenes de fases cardíacas entre el intervalo RR en cada plan de corte. Se calcularon los volúmenes ventriculares con la regla de Simpson, mediante delineación manual del borde endocárdico en cada imagen del eje corto<sup>9</sup>. Se calculó la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) a partir de los datos del volumen diastólico final (VDF) y del volumen sistólico final (VSF)<sup>9</sup>.

### Análisis estadísticos

Un mismo observador llevó a cabo las mediciones por dos veces, y se empleó el valor promedio de ellas para análisis. La reproductibilidad de las técnicas se la consideró como satisfactoria. Se realizó el análisis de regresión para determinar la correlación entre la FEVI, el VDF y el VSF medidos por medio del *ECG-gated SPECT* y los valores obtenidos con RMC. Se derivó el coeficiente de correlación de Spearman ( $\rho$ ) con la intención de evaluar la correlación entre las dos técnicas. Se utilizó un gráfico de Bland-Altman para demostrar las tendencias sistemáticas en las diferencias entre las dos técnicas. Con ese gráfico, el valor promedio que se obtuvo desde las mediciones de las dos técnicas está detallado en las ordenadas, y las diferencias entre las dos mediciones están señaladas en el eje de las abscisas. Se analizaron las diferencias entre los grupos mediante la prueba del Chi-cuadrado o del test exacto de Fischer, cuando adecuado. Los valores están expresados en promedios más o menos de una desviación estándar. Se consideró como significativo el valor *P* de 0,05 o menor.

### Resultados

Todos los 20 pacientes realizaron el *ECG-gated SPECT* y la RMC sin alguna complicación. Se excluyó del análisis a 1 paciente por presentar defecto de captura de la señal electrocardiográfica durante el estudio centellográfico. Se incluyeron, sin embargo, a los 19 pacientes restantes en los análisis comparativos.

#### Fracción de eyección ventricular izquierda

Los valores de las estimaciones de la fracción de eyección están detallados en la Tabla 1. No hubo diferencia significativa de la fracción de eyección ventricular izquierda promedio del grupo de pacientes, determinada mediante *ECG-gated SPECT* ( $54\% \pm 8\%$ ), cuando comparada al valor promedio estimado por medio de RMC ( $58\% \pm 12\%$ ,  $p = \text{NS}$ ). Hubo una buena correlación entre las mediciones de la FEVI obtenidas por medio de *ECG-gated SPECT* y RMC ( $\rho = 0.78$ ,  $p = 0.0001$ ). Los resultados del análisis de regresión lineal en la muestra de pacientes están detallados en la Figura 1. La Figura 2 detalla los resultados del análisis de Bland-Altman: se puede observar que el *ECG-gated SPECT* tiende a subestimar, de modo discreto, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en comparación con la RMC.

#### Volumen diastólico final

Los valores de los volúmenes diastólicos finales medidos están detallados en la Tabla 1. No hubo diferencia

**Tabla 1 - Valores de la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), volúmenes diastólicos finales (VDF), volúmenes sistólicos finales (VSF), con promedios y desviación-estándar de la muestra. FE-RMC = fracción de eyección mediante resonancia magnética cardiaca.**

Pacientes	FEVI – Gated SPECT (%)	FE-RMC (%)	VSF – Gated SPECT (ml)	VSF RMC (ml)	VDF – Gated SPECT (ml)	VDF RMC (ml)
1	68	67	16	35	51	107
2	69	59	18	42	59	105
3	45	55	55	80	100	181
4	46	47	82	47	151	90
5	38	41	102	129	164	221
6	64	67	26	39	73	122
7	52	47	64	58	133	110
8	61	70	23	31	61	107
9	55	61	32	39	71	101
10	48	55	42	38	99	87
11	53	61	66	35	134	91
12	-	46	-	93	-	172
13	54	56	44	33	96	76
14	52	67	61	33	128	100
15	48	42	79	40	152	70
16	46	38	100	45	186	87
17	48	52	46	29	90	62
18	64	84	26	12	73	80
19	64	73	30	24	82	88
20	58	75	43	20	102	82
Promedio	54	58	50	42	105	107
Desviación estándar	8	12	25	24	38	39
Valor de p de la comparación Gated SPECT vs. RMC	0,1		0,2		0,4	

significativa entre el VDF promedio del grupo de pacientes determinado por el *ECG-gated SPECT* ( $105 \pm 38$  ml) en comparación con el valor promedio estimado por la RMC ( $107 \pm 39$  ml,  $p = NS$ ). No hubo correlación entre las mediciones del VDF obtenidas por medio de *ECG-gated SPECT* y RMC ( $\rho = 0,013$ ,  $p = 0.5$ ). Los resultados del análisis de regresión lineal en la muestra de pacientes están detallados en la Figura 3. La Figura 4 detalla los resultados del análisis de Bland-Altman: se puede observar que el *ECG-gated SPECT* tiende a superestimar, de modo discreto, el VDF del ventrículo izquierdo en comparación con la RMC. Sin embargo la desviación estándar de 49 ml indica mayor variabilidad de esta medida.

### Volumen sistólico final

Los valores de los volúmenes sistólicos finales medidos están detallados en la Tabla 1. No hubo diferencia significativa entre el VSF promedio del grupo de pacientes determinado por el *ECG-gated SPECT* ( $50 \pm 25$  ml) en comparación con el valor promedio estimado por la RMC ( $42 \pm 24$  ml,  $p = NS$ ). No hubo una buena correlación entre las mediciones del VSF obtenidas por medio de *ECG-gated SPECT* y RMC ( $\rho = 0,51$ ,  $p = 0,02$ ). Los resultados del análisis de regresión lineal en la muestra de pacientes están detallados en la Figura 5. La Figura 6 detalla los resultados del análisis de Bland-Altman: se puede observar que el *ECG-gated SPECT* tiene una concordancia mejor para el VSF con la RMC que para el VDF (Figura 4).

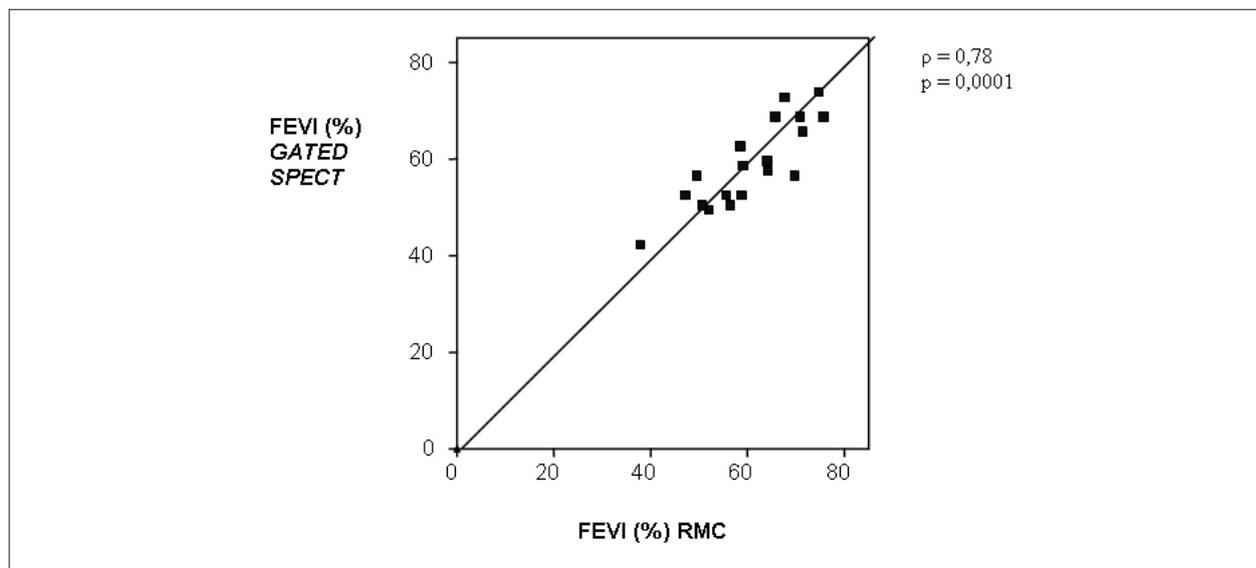


Figura 1 - Diagrama de dispersión y coeficiente de correlación de Spearman que detallan la correlación entre la FEVI obtenida con Gated SPECT y con RMC.

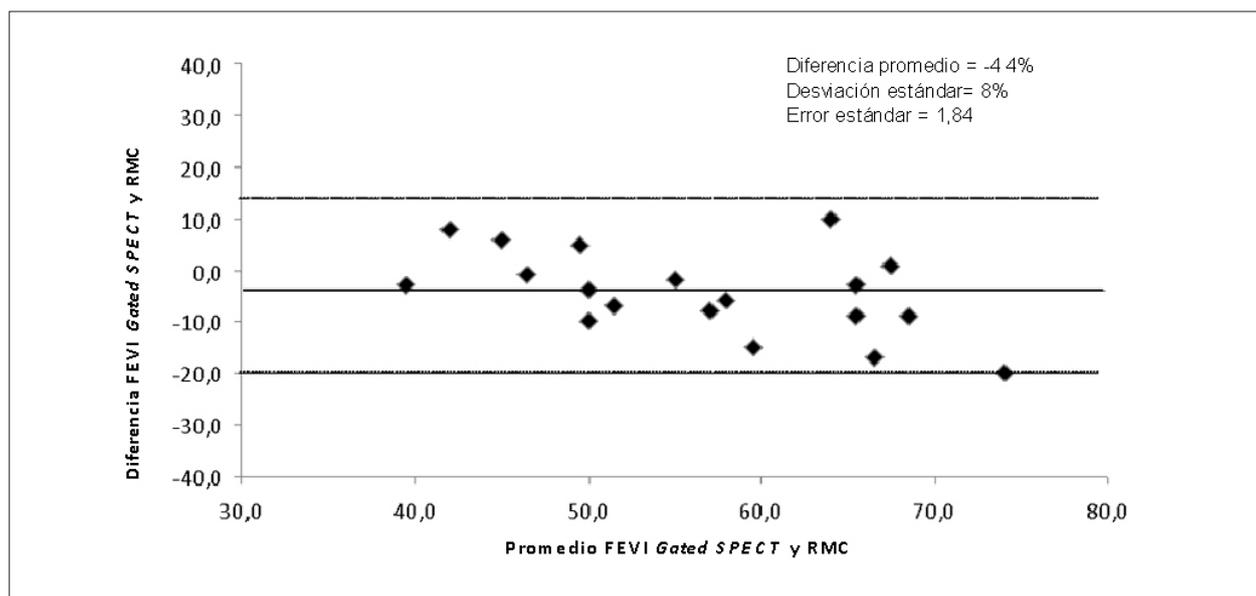


Figura 2 - Diagrama de concordancia entre la fracción de eyección mediante Gated SPECT y con resonancia magnética; RMC - resonancia magnética cardiaca.

## Discusión

El presente estudio evaluó la correlación y la concordancia entre los valores de la función sistólica ventricular izquierda (volúmenes ventriculares y fracción de eyección) obtenidos por medio de la técnica *Gated SPECT* en comparación con los valores obtenidos con la resonancia magnética, en pacientes sometidos a la cirugía de revascularización miocárdica. De modo general, se encontró una correlación satisfactoria entre las dos técnicas. Sin embargo la evaluación del volumen diastólico final del ventrículo izquierdo presentó una correlación inferior a la clínicamente deseable. De forma semejante, los gráficos de Bland-Altman evidenciaron límites de concordancia amplios entre los métodos, lo que puede acarrear implicaciones de orden práctica.

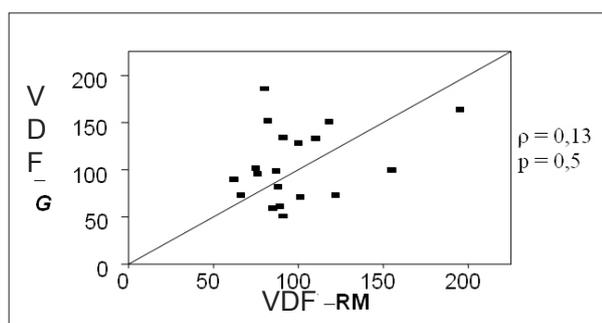


Figura 3 - Diagrama de dispersión y coeficiente de correlación de Spearman que detallan la correlación entre el VDF obtenido con Gated SPECT y con RMC.

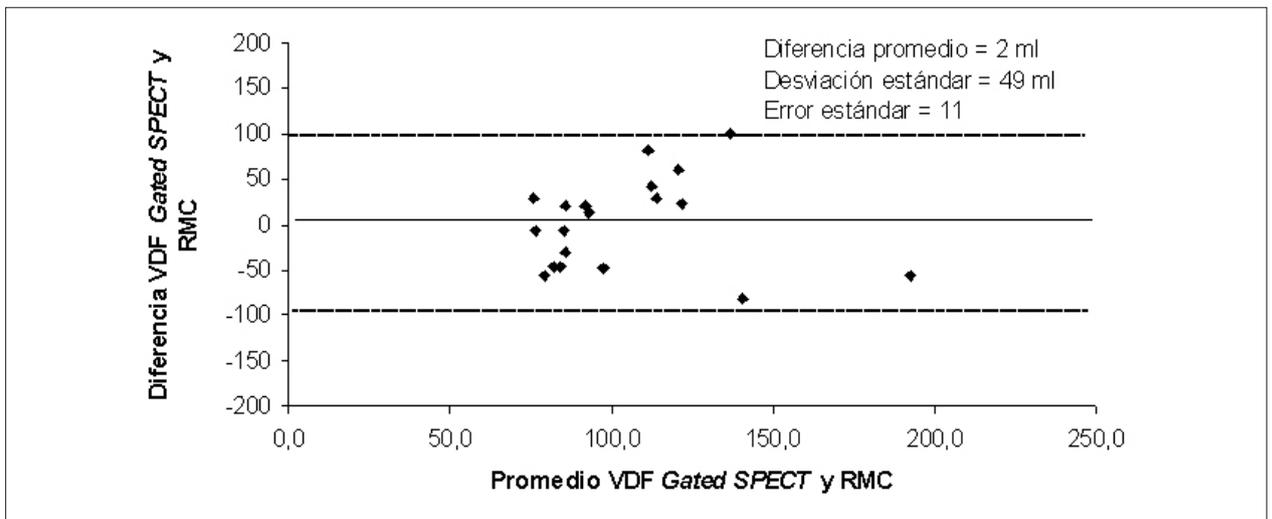


Figura 4 - Diagrama de concordancia entre el VDF obtenido con Gated SPECT y con resonancia magnética; RMC - resonancia magnética cardiaca.

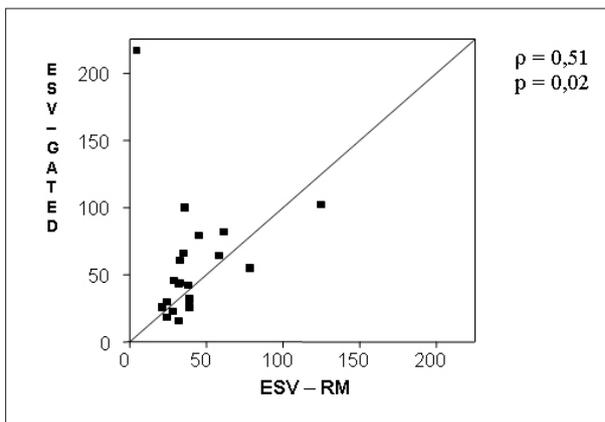


Figura 5 - Diagrama de dispersión y coeficiente de Spearman que detallan la correlación entre el VSF obtenido con Gated SPECT y con RMC.

Diversos estudios<sup>10-12</sup> evidenciaron que la función sistólica del ventrículo izquierdo es un importante factor pronóstico a largo plazo en la cardiopatía isquémica, principalmente la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. Tras el Infarto de miocardio, volúmenes ventriculares aumentados están asociados a la mayor mortalidad, una tasa de eventos cardiovasculares adversos elevada y a un peor pronóstico<sup>10</sup>. La evaluación cuidadosa de los volúmenes ventriculares y de la fracción de eyección adiciona valor incremental a la estratificación de riesgo del paciente y ayuda a guiar la terapia. El Gated SPECT es una poderosa herramienta clínica que permite evaluar la función ventricular y la perfusión en una única adquisición, sin exposición desnecesaria a la radiación, empleada para realizar la centellografía de perfusión, con costos mínimos y sin incómodo para el paciente<sup>3</sup>. Datos provenientes de diversos estudios revelaron

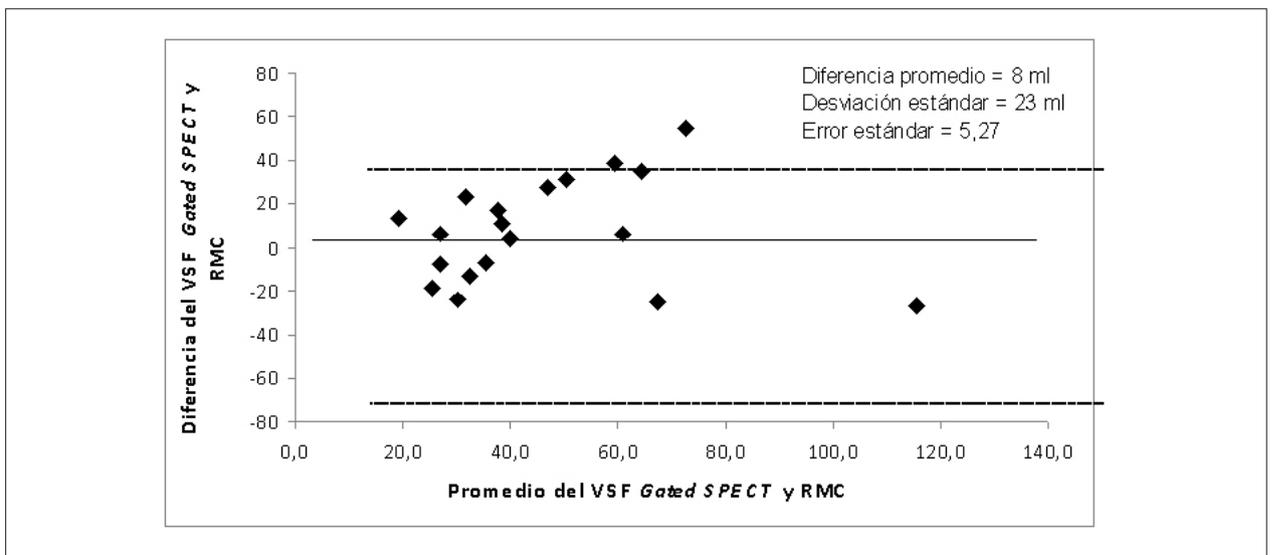


Figura 6 - Diagrama de concordancia entre el VSF obtenido con Gated SPECT y con resonancia magnética; RMC - resonancia magnética cardiaca.

que los parámetros de la función ventricular obtenidos con el *Gated SPECT* son variables pronósticas independientes<sup>10-12</sup>. Si el paciente necesita evaluar la perfusión miocárdica mediante centellografía, todas las informaciones adicionales pertinentes a la función ventricular se obtienen sin incrementarse la dosis de radiación, lo que es una ventaja considerable del examen.

Se evaluó el *Gated SPECT* en experimentos con fantasmas, estudios en animales y en series de pacientes<sup>13</sup>. La resonancia magnética cardíaca suele ser una técnica extremadamente cuidadosa en la determinación de los volúmenes ventriculares y de la fracción de eyección, además de considerársela patrón-oro para evaluación de la función ventricular<sup>4,6</sup>. Los valores obtenidos mediante el *Gated SPECT* se han correlacionado de modo satisfactorio a los obtenidos con la resonancia magnética, no obstante existen limitaciones que se deben conocer<sup>13</sup>. El programa que más se emplea en la práctica clínica, el *Quantitative Gated SPECT (QGS)*, utiliza un sistema de detección de bordes para evaluar los volúmenes ventriculares y la FEVI. Se evidenció que dichos parámetros varían según el sexo, con volúmenes ventriculares menores y FEVI mayor para mujeres<sup>14</sup>. Programas cuantitativos que utilizan informaciones sobre densidad de conteo para determinar la función sistólica sufren menos influencia de la magnitud del volumen izquierdo y la resolución de la imagen en comparación a los algoritmos basados en detección de los bordes, además de generar volúmenes ventriculares sistemáticamente mayores que los calculados por el programa QGS<sup>15</sup>.

En el metaanálisis sobre estudios comparativos entre el *Gated SPECT* y otros métodos de evaluación de la función ventricular, se evidenció excelente concordancia y correlación entre la resonancia magnética y el *Gated SPECT* teniendo en cuenta la evaluación de los índices de función sistólica<sup>5</sup>. Sin embargo, en el mismo metaanálisis, los autores concluyen que se necesitan más investigaciones que incluyan algunos subgrupos de pacientes que no estaban adecuadamente representados en los trabajos disponibles hasta entonces<sup>5</sup>. Uno de los subgrupos que podemos mencionar es el de pacientes con movimiento septal anómalo.

Las anomalías en el movimiento del septum interventricular tras cirugías cardíacas están relacionadas a la traslación sistólica anteromedial exagerada del corazón, dentro del tórax, en función de la pérdida de la fijación de ligamento y de la integridad del pericardio<sup>6</sup>. Teniendo en cuenta ese movimiento anormal se vuelve difícil evaluar la función ventricular con las técnicas de imagen convencionales tras cirugía cardíaca<sup>13</sup>. Existe un estándar característico de contracción observado en los pacientes tras cirugía cardíaca. En un estudio sobre el *Gated SPECT* que incluyó específicamente a pacientes en postoperatorio, se observó una hipocinesia septal con preservación del espesor asociado a un aparente movimiento aumentado del endocardio de la pared lateral del ventrículo izquierdo, además de un abombamiento epicárdico anterior, diferentemente del estándar de contracción observado en individuos normales<sup>16</sup>. Tadamura et al.<sup>7</sup> fueron los primeros a validar el *Gated SPECT* para la estimación de los volúmenes ventriculares y de la fracción de eyección en 16 pacientes tras cirugía de revascularización miocárdica<sup>7</sup>. La conclusión del estudio fue que el *Gated SPECT* provee

informaciones funcionales satisfactorias en pacientes tras cirugía cardíaca, incluyendo volúmenes ventriculares absolutos. Sin embargo, la resolución temporal distinta entre las técnicas ocasionó una pequeña subestimación de la fracción de eyección con el *Gated SPECT*<sup>7</sup>. Los propios autores sugieren que se debe llevar a cabo nuevos estudios sobre el tema, a fin de evaluar, adecuadamente, si se puede aplicar el *Gated SPECT* de modo preciso en esa población, sobre todo en pacientes con defectos de perfusión y aneurismas<sup>7</sup>.

La principal diferencia entre nuestro estudio y el citado en el párrafo anterior es que 14 de nuestros 20 pacientes presentaban defectos de perfusión significantes, en comparación con solamente cinco del trabajo de Tadamura et al.<sup>7</sup>. Cuando se utiliza un algoritmo que requiere la detección de bordes endocárdicos para evaluar los volúmenes ventriculares y la FEVI, se espera que la presencia de defectos de perfusión, secundarios a las áreas de infarto de miocardio, limiten la exactitud de la técnica. Esa distinción entre las poblaciones estudiadas puede explicar las disparidades observadas entre el estudio presente y el anterior. Diversos estudios han encontrado divergencias semejantes entre los datos obtenidos por medio del *Gated SPECT* en segmentos con severa reducción de la concentración del radiotrazador cuando comparados a la resonancia magnética<sup>17-19</sup>. La presencia de infarto previo provoca una reducción en el conteo de fotones, particularmente al final de la diástole, que subestima la motilidad y las funciones regional y global<sup>12</sup>.

## Conclusión

Nuestros datos son todavía restrictos a un grupo limitado de pacientes. Sin embargo creemos que se los deban validar en otras series con otros algoritmos de análisis de la función ventricular y otros radiotrazadores<sup>20-22</sup>, para una mejor comprensión de las limitaciones del *Gated SPECT* en los pacientes con movimiento septal anómalo. El empleo más eficiente y apropiado de métodos de imagen en cardiología es el deseo de todos profesionales que utilizan dicho examen, ya sean expertos o no<sup>23</sup>. De ese modo, creemos que nuestros hallazgos son importantes.

En conclusión, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo obtenida con *Gated SPECT* se correlacionó, de modo confiable, a la FE de la resonancia magnética en pacientes sometidos a CRM. Los volúmenes ventriculares, sin embargo, no presentaron una correlación adecuada.

### Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

### Fuentes de Financiación

El presente estudio no tuvo fuentes de financiación externas.

### Vinculación Académica

Este artículo forma parte de tesis de Doctorado de Cláudio Tinoco Mesquita, por la Universidad Federal del Río de Janeiro.

## Referencias

- Cwajg E, Cwajg J, He ZX, Hwang WS, Keng F, Nagueh SF, et al. Gated myocardial perfusion tomography for the assessment of left ventricular function and volumes: comparison with echocardiography. *J Nucl Med.* 1999; 40: 1857-65.
- DePuey E, Nichols K, Dobrinsky C. Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med.* 1993; 34: 1871-6.
- 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.
- Cranney GB, Lotan CS, Dean L, Baxley W, Bouchard A, Pohost GM. Left ventricular volume measurement using cardiac axis nuclear magnetic resonance imaging: validation by calibrated ventricular angiography. *Circulation.* 1990; 82: 154-63.
- Ioannidis J, Trikalinos T, Danias P. 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.
- Vignola P, Boucher C, Curfman G, Walker H, Shea W, Dinsmore R, et al. Abnormal interventricular septal motion following cardiac surgery: clinical, surgical, echocardiographic and radionuclide correlates. *Am Heart J.* 1979; 97: 27-34.
- Tadamura E, Kudoh T, Motooka M, Inubushi M, Okada T, Kubo S, et al. Use of technetium-99m sestamibi ECG-gated single-photon emission tomography for the evaluation of left ventricular function following coronary artery bypass graft: comparison with three-dimensional magnetic resonance imaging. *Eur J Nucl Med.* 1999; 26: 705-12.
- Taki J, Higuchi T, Nakajima K, Matsunari I, Hwang EH, Bunko H, et al. Electrocardiographic gated 99mTc-MIBI SPECT for functional assessment of patients after coronary artery bypass surgery: comparison of wall thickening and wall motion analysis. *J Nucl Med.* 2002; 43: 589-95.
- Foo TK, Bernstein MA, Aisen AM, Hernandez RJ, Collick BD, Bernstein T. Improved ejection fraction and flow velocity estimates with use of view sharing and uniform repetition time excitation with fast cardiac techniques. *Radiology.* 1995; 195: 471-8.
- White HD, Norris RM, Brown MA, Brandt PW, Whitlock RM, Wild CJ. Left ventricular end-systolic volume as the major determinant of survival after recovery from myocardial infarction. *Circulation.* 1987; 76: 44-51.
- Matsuo S, Matsumoto T, Nakae I, Koh T, Masuda D, Takada M, et al. Prognostic value of ECG-gated thallium-201 single-photon emission tomography in patients with coronary artery disease. *Ann Nucl Med.* 2004; 18: 617-22.
- Kroll D, Farah W, McKendall G, Reinert S, Johnson L. Prognostic value of stress-gated Tc-99m sestamibi SPECT after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2001; 87: 381-6.
- Faber TL, Vansant JP, Pettigrew R, Galt JR, Blais M, Chatzimavroudis G, et al. Evaluation of left endocardial volumes and ejection fractions computed from gated perfusion SPECT with magnetic resonance imaging: comparison of two methods. *J Nucl Cardiol.* 2001; 8: 645-51.
- De Bondt P, Van de Wiele C, De Sutter J, De Winter F, De Backer G, Dierckx RA. Age- and gender specific-differences in left ventricular cardiac function and volumes determined by gated SPECT. *Eur J Nucl Med.* 2001; 28: 620-4.
- Yamada AT, Campos Neto GC, Soares J Jr, Giorgi MC, Araujo F, Meneghetti JC, et al. Diferenças relacionadas ao sexo nos volumes ventriculares e na fração de ejeção do ventrículo esquerdo estimados por cintilografia de perfusão miocárdica: comparação entre os programas Quantitative Gated SPECT (QGS) e Segami. *Arq Bras Cardiol.* 2007; 88: 285-90.
- Yun J, Block M, Botvinik E. Unique contraction pattern in patients after coronary bypass graft surgery by gated SPECT myocardial perfusion imaging. *Clin Nucl Med.* 2003; 28: 18-24.
- Manrique A, Faraggi M, Véra P, Vilain D, Lebtahi R, Cribier A, et al. 201TI and 99mTc-MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction: comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Med.* 1999; 40: 805-9.
- Righetti A, Crawford M, O'Rourke R, Schelberg H, Daily P, Ross J Jr. Interventricular septal motion and left ventricular function after coronary bypass surgery: evaluation with echocardiography and radionuclide angiography. *Am J Cardiol.* 1977; 39: 372-7.
- Stollfuss JC, Haas F, Matsunari I, Neverve J, Nekolla S, Eike JS, 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. *J Nucl Med.* 1998; 25: 522-30.
- Anagnostopoulos C, Gunning MG, Pennell DJ, Laney R, Proukakis H, Underwood SR. Regional myocardial motion and thickening assessed at rest by ECG-gated 99mTc-MIBI emission tomography and by magnetic resonance imaging. *Eur J Nucl Med.* 1996; 23: 909-16.
- 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.
- Hyun I, Kwan J, Park KS, Lee WH. Reproducibility of TI-201 and Tc-99m sestamibi gated myocardial perfusion SPECT measurement of myocardial function. *J Nucl Cardiol.* 2001; 8: 182-7.
- Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes sobre ressonância magnética cardiovascular e tomografia computadorizada da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arq Bras Cardiol.* 2006; 87(3): e60-100.