

Estudio comparativo de SPECT gatillado, analizando parámetros cuantitativos con reorientación convencional y en posición anatómica sin reorientación

Isabel Berrocal, P. Padilla, Patricio González Espinoza.

Resumen / Abstract

Resumen

El objetivo del trabajo fue comparar parámetros de perfusión y función ventricular izquierda gatillada con SPECT miocárdico SESTAMIBI usando procesamiento automático con software QGS® y QPS® con reorientación convencional (RC) y posición anatómica sin reorientación (PASR). Métodos: Se estudiaron 36 pacientes con SPECT en dos etapas, estrés-reposo. Se efectuó análisis comparativo de promedios de parámetros cuantitativos de perfusión y función. Se aplicó la correlación de Pearson para fracción de eyección (FEVI) en reposo con ventriculografía contrastada en 19 casos. Todos los estudios fueron procesados con y sin reorientación. Resultados: Los parámetros de perfusión y de función ventricular en RC y PASR no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$). La correlación lineal para FEVI reposo de la ventriculografía contrastada con FEVI en RC y PASR mostró $r = 0,81$ (ambos). Conclusión: Los parámetros de perfusión y función ventricular en PASR y RC pueden ser interpretados con ambos procesamientos sin diferencias significativas. Existe correlación significativa entre FEVI con ventriculografía de contraste y programa gatillado en RC y PASR.

Abstract

Our aim was to compare perfusion parameters and left ventricular function with SESTAMIBI myocardial SPECT with QGS® and QPS® software with conventional reorientation (CR) and in anatomical position without reorientation (APWR). Methods: Thirty six patients underwent SPECT during pharmacological or exercise stress and rest. Comparison of means was performed according to normal distribution for perfusion and function parameters, and Pearson correlation for ejection fraction (LVEF) at rest and with contrast ventriculography in 19 cases. All studies were processed with and without reorientation. Results: Parameters of perfusion and ventricular function with and without processing reorientation showed no significant differences ($P > 0.05$). Linear correlation for resting LVEF with contrast ventriculography LVEF was $r = 0.81$ (both). Conclusion: Parameters of perfusion and ventricular function in CR and APWR can be interpreted without significant differences. There is significant correlation between LVEF QGS® software with contrast ventriculography.

Introducción

Las imágenes SPECT de perfusión miocárdica representan la técnica más utilizada actualmente para valorar la perfusión y la viabilidad celular en los pacientes con coronariopatía^(1, 2). La reconstrucción de los datos tomográficos produce imágenes transaxiales, que se disponen de forma perpendicular al eje largo del paciente; posterior a esto, las imágenes son dispuestas de forma perpendicular al eje largo del ventrículo izquierdo (VI), conformando un eje corto del que luego derivan los ejes vertical y horizontal.

El proceso de reorientación se ha sistematizado de modo tal que el eje largo del VI pueda ser extraído con exactitud y reproducirse en imágenes en tercera dimensión, aunque se requiere intervención del operador^(3,4,5). Según algunos autores, una de las razones que justifican esta reorientación es que el corazón no se encuentra siempre en el mismo eje; inclusive al usar protocolos tanto de uno como de dos días, es posible hallar imágenes cardiacas de un mismo paciente en diferente posición entre ambos exámenes. Se alude además, que la reorientación permite facilitar la evaluación visual de los defectos de perfusión con mayor exactitud de un paciente a otro⁽³⁾. Por otro lado, se justifica la reorientación para el análisis gatillado y en la reconstrucción de los mapas polares, en la valoración de la perfusión y de la función ventricular^(4,6,7).

La finalidad del presente trabajo fue comprobar si el procesamiento de un estudio SPECT de perfusión miocárdica realizado con SESTAMIBI en ejercicio o con dipiridamol y reposo, analizado en la posición anatómica sin proceder a la reorientación (PASR), puede hacer variar la interpretación en cuanto a la función ventricular y la perfusión miocárdica comparado con la reorientación convencional (RC).

Material y métodos

Considerando el momento de inicio de esta investigación, retrospectivamente se han identificado 18 pacientes y prospectivamente se han incluido 18 casos adicionales formando un total de 36 pacientes, de una revisión de una base de datos de 467 estudios, con exámenes SPECT ^{99m}Tc -SESTAMIBI desde septiembre 2008 hasta enero 2011. El grupo fue limitado a 36 pacientes para cumplir con el criterio de coronariografía efectuada con una diferencia no mayor a 3 meses en relación con el estudio SPECT y sin eventos clínicos entre los exámenes.

Se utilizó protocolo de dos días en 34 casos y de un día en los 2 restantes. La actividad promedio administrada por vía endovenosa correspondió a 925 MBq (25 mCi) cada día y de 1110 MBq (30mCi) en total, repartida en dos dosis en caso de estudios de un día. Se aplicó una prueba de esfuerzo en banda caminadora bajo protocolo de Bruce en 15 casos y test farmacológico con dipiridamol en 21 pacientes. Las imágenes se adquirieron a los 30 minutos postinyección del radiotrazador en la etapa postestrés y a los 60 minutos en la etapa de reposo. Los pacientes fueron posicionados en decúbito dorsal con los brazos extendidos a los lados de su cabeza.

La adquisición de las imágenes se llevó a cabo en una gammacámara de doble cabezal angulable (Siemens E-CAM 180) en configuración de 90 grados, usando matriz 64 x 64 con zoom 1,45, a razón de 32 vistas por detector y 20 segundos por proyección. La órbita fue de 180 grados, desde la posición oblicua anterior derecha a la oblicua posterior izquierda. La ventana energética fue de 15% centrada en 140 keV del ^{99m}Tc ⁽³⁾. Fueron adquiridos 8 frames por ciclo cardíaco con una ventana móvil de aceptación de latidos de 50%, además de un umbral de 300 mseg para latidos prematuros y rechazo de un latido postextrasistólico. En el grupo estudiado no hubo casos con trastornos severos del ritmo cardíaco que impidieran la sincronización con la señal del ECG.

El procesamiento incluyó reconstrucción iterativa utilizando 6 iteraciones, 3 subsets y sin corrección de atenuación, aplicando reorientación manual y luego sin reorientación. Para este último procesamiento, se estableció previamente en el protocolo del programa un ángulo cero con orientación general tanto para la información original con y sin sincronización⁽³⁾ (fig. 1).

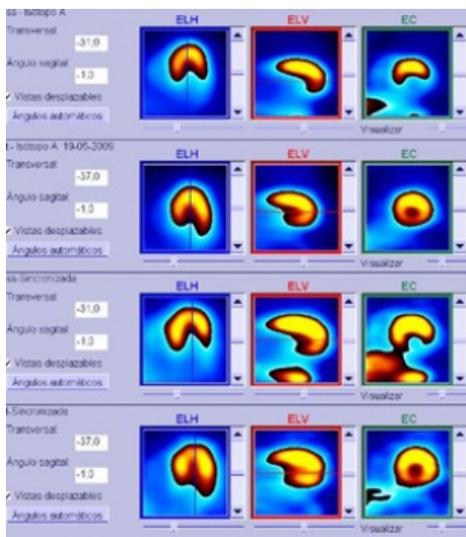


Figura 1a. Procesamiento de la adquisición de imágenes sumadas y sincronizadas en estrés con dipiridamol y reposo, proceso de reorientación en donde de forma automática el ordenador genera un ángulo de reorientación.

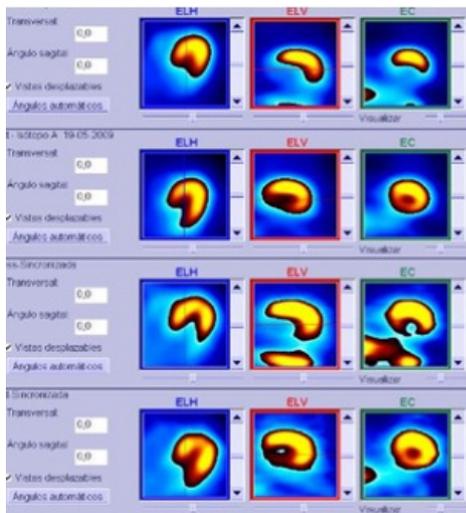


Figura 1b. Procesamiento de la adquisición de imágenes sumadas y sincronizadas en estrés con dipiridamol y reposo en ángulo cero sin reorientación.

Se procesaron las imágenes con los programas Quantitative Gated SPECT (QGS®) y Quantitative Perfusion SPECT (QPS®) para segmentación automática, cuantificación y análisis de imágenes sumadas y gatilladas del eje corto o coronal resultantes del procesamiento convencional con reorientación y en posición anatómica sin reorientación, respectivamente. Se obtuvieron los mapas polares de ambos procesamientos y los parámetros de función ventricular y de perfusión.

Se aplicó test D'Agostino y Pearson a toda la base de datos para probar la distribución Gaussiana de las variables pareadas y se compararon promedios según su distribución. Se aplicó el test student y el Mann Whitney según normalidad, para comparar los promedios de los parámetros cuantitativos de perfusión y función ventricular para ambos procesamientos. Se excluyeron los parámetros de estudios con artefactos por actividad extracardiaca en la vecindad del ventrículo izquierdo (n=6) y sus correspondientes pares para el cálculo estadístico. Además, se realizó análisis complementario con correlación lineal de Pearson en 19 pacientes que contaban con ventriculografía contrastada para evaluar la fracción de eyección (FE) en reposo en RC y PASR. En las tablas 1 y 2 se especifica en la columna N, la muestra pareada final evaluada. El nivel de significancia estadística se estimó como $P < 0,05$.

Resultados

No se apreciaron diferencias estadísticamente significativas para los puntajes sumados de perfusión en estrés, reposo y la diferencia (SSS, SRS y SDS respectivamente) ni para los porcentajes de extensión de defectos de mapa polar tanto en estrés como en reposo con ambos procesamientos (tabla 1).

Parámetro	Procesamiento	Promedio	DE	T Test	Mann - Whitney	P	N
SSS	Anatómico	17,43	13,43	-	0,4038	ns	35
	Reorientado	16,09	15,22				
SRS	Anatómico	11,91	12,85	0,9552	-	ns	33
	Reorientado	11,73	13,34				
SDS	Anatómico	5,03	3,99	0,1515	-	ns	32
	Reorientado	3,71	3,18				
% Extensión estrés	Anatómico	22,80	18,14	-	0,6425	ns	35
	Reorientado	21,54	18,89				
% Extensión reposo	Anatómico	18,76	18,40	0,2149	-	ns	33
	Reorientado	23,85	14,35				

Tabla 1. Parámetros cuantitativos de perfusión (DE = desvío estándar).

SSS: Summed Stress Score (puntaje sumado de estrés), SRS: Summed Rest Score (puntaje sumado de reposo), SDS: Summed Difference Score (puntaje diferencial sumado).

Los parámetros de función ventricular izquierda tampoco mostraron diferencias significativas, tanto en RC como en PASR (tabla 2).

Parámetro	Procesamiento	Promedio	DE	Mann - Whitney	T Test	P	N
VFD estrés	Anatómico	122,3	70,38	0,6413		ns	30
	Reorientado	128,7	79,04				
VFD reposo	Anatómico	117,2	65,15	0,4399		ns	32
	Reorientado	133,2	85,58				
VFS estrés	Anatómico	74,90	63,16	0,7674		ns	30
	Reorientado	78,93	79,46				
VFS reposo	Anatómico	67,56	55,75	0,9465		ns	32
	Reorientado	77,09	80,78				
FEVI estrés	Anatómico	45,77	16,93	-	0,4343	ns	30
	Reorientado	49,60	20,60				
FEVI reposo	Anatómico	48,69	16,46	-	0,4781	ns	32
	Reorientado	51,94	19,81				
SEM	Anatómico	22,27	18,66	0,2160	-	ns	30
	Reorientado	17,90	19,95				
SEE	Anatómico	15,07	13,93	0,4764	-	ns	30
	Reorientado	13,47	15,00				
SRM	Anatómico	18,63	17,60	0,3545	-	ns	32
	Reorientado	15,53	18,12				
SRE	Anatómico	12,25	12,63	0,6185	-	ns	32
	Reorientado	11,72	14,27				

Tabla 2. Parámetros cuantitativos de función ventricular (DE = desvío estándar).

VFD: volumen de fin de diástole; VFS: volumen de fin de sístole; FEVI: fracción de eyección ventricular izquierda; SEM: score de motilidad en estrés; SEE: score de engrosamiento en estrés; SRM: score de motilidad en reposo; SER: score de engrosamiento en reposo.

Los coeficientes de correlación lineal obtenidos para FEVI de reposo de la ventriculografía contrastada de 19 pacientes con las obtenidas en RC fueron $r = 0,81$; IC 95%: 0,55 - 0,92 y $P < 0,0001$; y en PASR $r = 0,81$; IC 95%: 0,57 - 0,93, $P < 0,0001$ (fig. 2).

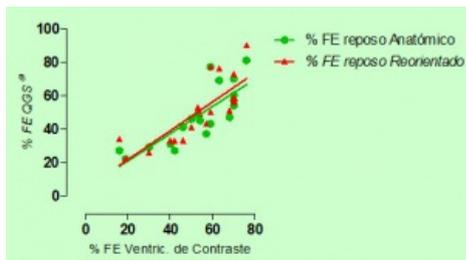


Figura 2. Correlación entre FEVI contrastada y FEVI de reorientación convencional.

En las figuras 3, 4 y 5 se presentan casos ilustrativos con ambos procesamientos, incluyendo uno normal, uno con isquemia y necrosis y otro solamente con infarto, respectivamente.

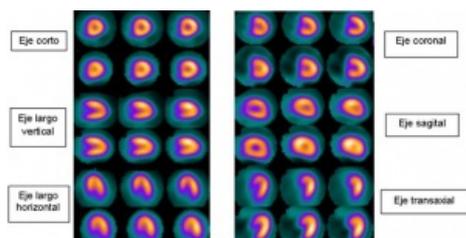


Figura 3. Estudio con reorientación convencional (imagen superior), no sugerente de isquemia y dentro de límites normales. El mismo estudio sin reorientación a la derecha. En los cortes transaxiales se visualiza el septum en toda su extensión.

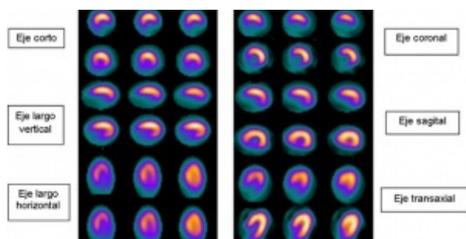


Figura 4. Estudio con reorientación a izquierda y en posición anatómica a derecha, con un defecto fijo lateral y severa isquemia del territorio inferior.

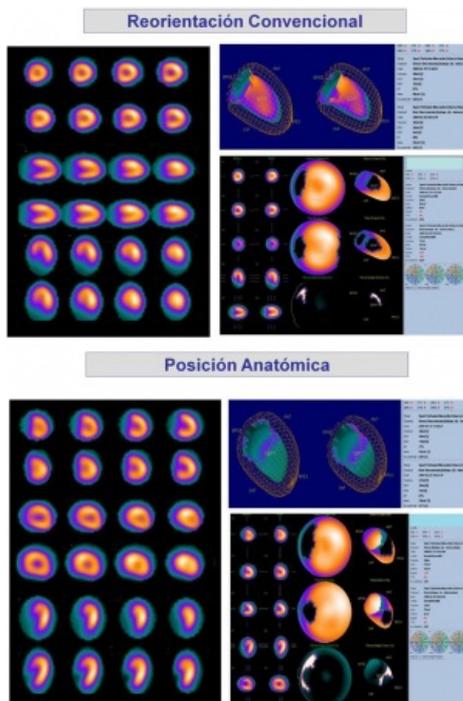


Figura 5. Procesamiento automático posterior a la reconstrucción y reorientación con aplicación del software gatillado QGS para segmentación automática, cuantificación y análisis de imágenes sumadas y gatilladas del eje corto o coronal, con procesamiento convencional con reorientación (arriba) y en posición anatómica (abajo).

Discusión y conclusiones

En la literatura, no hemos encontrado revisiones que comparen estas dos formas de procesamiento en cuanto a estudios de perfusión miocárdica se refiere, lo cual representa uno de los aportes originales. La no reorientación origina menos procesos de extrapolación al generar los cortes sagital y coronal directamente del corte transaxial. Cada reorientación que se efectúa puede disminuir la resolución espacial al obtener los ejes corto, vertical y horizontal, lo que representa una potencial desventaja para el método con reorientación, que es actualmente el más aplicado.

Se han utilizado en la presente comparación parámetros exclusivamente cuantitativos, en razón que esta fuera lo más objetiva posible, evitando la interpretación subjetiva. Se reconoce sin embargo el valor que posee la interpretación visual por 2 o 3 observadores ciegos, lo que se realizará en etapa posterior, validando el procesamiento también en esta instancia. Se hace preciso para tal propósito familiarizarse con los cortes anatómicos no reorientados, incluyendo sujetos normales, para que la comparación sea más fidedigna.

Es de hacer notar el hecho no esperado, que al procesar el corazón en su posición anatómica habitual y luego con reorientación en los ejes corto, largo vertical y largo horizontal los parámetros cuantitativos del gatillado automático para función ventricular y de perfusión en las imágenes sumadas no muestran diferencias significativas. El hallazgo es interesante porque además las bases de datos de normalidad han sido construidas con estudios reorientados y contra esas bases se compararon ambos procesamientos, lo que daría una desventaja a la técnica sin reorientación.

Habiendo obtenido esta validación, se hace factible adicionalmente entonces la comparación directa con otras técnicas o métodos imagenológicos cardíacos que usualmente no reorientan el corazón, como la resonancia magnética, la tomografía computada y la ecocardiografía. Inclusive sería posible realizar fusión de imágenes y potencialmente obtener resultados más exactos al agregar información anatómica propiamente tal junto a los datos de función y perfusión^(6,8).

Por otra parte, la utilización de los estudios en posición anatómica permitiría evitar el mal alineamiento originado por el procesamiento e intervención del operador especialmente en los ejes vertical y horizontal para estrés y reposo.

Dentro de las limitaciones debe plantearse que lo ideal sería construir mapas polares y bases de datos de corazones de individuos sanos o con baja probabilidad de enfermedad coronaria, procesados de forma anatómica y desde luego sin reorientación, ya que en la experiencia realizada y por no contar con las mismas, se emplearon las disponibles en el software

comercial para cortes reorientados. Como ya se comentó, a pesar de ello los valores de los scores resultantes fueron exactos y concordantes al método estándar. Aunque en teoría el eventual desplazamiento y rotación del mapa polar de comparación hubiese podido afectar la detección de defectos pequeños localizados, por ejemplo, entre dos segmentos, ello no ocurrió ni en la perfusión ni en los parámetros de motilidad y engrosamiento dependientes de estas bases de datos⁽⁹⁻¹⁴⁾.

La FEVI, por el contrario, deriva de la fórmula de los volúmenes de fin de diástole y fin de sístole y estos a su vez de la detección de los bordes de las paredes ventriculares, por lo que en teoría el algoritmo de búsqueda del contorno del ventrículo no debiera afectarse si el corazón es o no reorientado o se encuentra en posición anatómica⁽¹⁵⁾.

Cabe resaltar que la casuística es pequeña y que no se cuenta con un estudio interobservador que demuestre la reproducibilidad del presente análisis; aún así, los valores obtenidos de nuestra comparación no muestran diferencias importantes, no afectando el rendimiento global del examen.

Fue destacable encontrar, además, correlación significativa entre la FEVI determinada con ventriculografía de contraste y con programa gatillado en reposo, con y sin reorientación de los ejes ventriculares.

Referencias

01. Clark A, Beller G. The present role of nuclear cardiology in clinical practice. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2005;49:43-58.
02. Carrió I, González P, Massardo T, et al (eds). *Medicina Nuclear: Aplicaciones Clínicas*. Masson: Barcelona, 2003, pp:39-56.
03. Germano G. Technical Aspects of myocardial SPECT imaging. *J Nucl Med* 2001; 42:1499-507.
04. Groch M, Erwing W. Single-photon Emission Computed Tomography in the year 2001: Instrumentation and quality control. *J Nucl Med Technol* 2001; 29:9-15.
05. Haddad M, Porenta G. Impact of reorientation algorithms on quantitative myocardial SPECT perfusion imaging. *J Nucl Med* 1998; 39:1864-69.
06. Lin GS, Hines HH, Grant G, Taylor K, Ryals C. Automated quantification of myocardial ischemia and wall motion defects by use of cardiac SPECT polar mapping and 4-dimensional surface rendering. *J Nucl Med Technol* 2006;34:3-17.
07. Asis KP, Hani N. Gated myocardial perfusion SPECT: basic principles, technical aspects and clinical applications. *J Nucl Med Technol* 2004; 32:179-87.
08. Ugander M, Sonesson H, Engblom H, van der Pals J, Erlinge D, Heiberg E, Arheden H. Quantification of myocardium at risk in myocardial perfusion SPECT by co-registration and fusion with delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging: An experimental ex-vivo study. *Clin Physiol Funct Imaging* 2012; 32:33-8.
09. De Puey G, García E, Ezquerro N. Three-dimensional techniques and artificial intelligence in thallium-201 cardiac imaging. *AJR* 1989; 152:1161-8.
10. Ficaro EP, Kritzman JN, Corbett JR. Development and clinical validation of normal Tc-99m sestamibi database: Comparison of 3D-MSPECT to CEQUAL. *J Nucl Med* 1999;40:125P.
11. Germano G, Berman S (eds). *Clinical Gated Cardiac SPECT*. Blackwell Futura: Massachusetts, 2006, pp: 77-78.
12. Germano G, Berman S (eds). *Clinical Gated Cardiac SPECT*. Blackwell Futura: Massachusetts, 2006, pp: 99-114.
13. Slomka PJ, Nishina H, Berman DS, Akincioglu C, Abidov A, Friedman JD, et al. Automated quantification of myocardial perfusion SPECT using simplified normal limits. *J Nucl Cardiol* 2005; 12:66-77.
14. Slomka PJ, Berman DS, Xu Y, Kavanagh P, Hayes SW, Dorbala S, et al. Fully automated wall motion and thickening scoring system for myocardial perfusion SPECT: Method development and validation in large population. *J Nucl Med* 2012.
15. 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.