

Análisis de fase mediante "Gated-SPECT" de perfusión miocárdica para valorar el sincronismo mecánico del ventrículo izquierdo realizado con dos programas distintos de procesamiento

Phase analysis to measure left ventricular dyssynchrony by Gated-SPECT myocardial perfusion imaging showed by two different software

Víctor Marín Oyaga¹, Claudia Gutiérrez Villamil¹,
Karen Dueñas Criado², Sinay Arévalo Leal¹

Resumen

Introducción y objetivos: El análisis de fase mediante Gated-SPECT de perfusión miocárdica (GS-PMI) es una nueva herramienta para medir la asincronía ventricular izquierda con importantes aplicaciones clínicas futuras en resincronización e insuficiencia cardiaca. Se puede medir mediante dos programas (ECTb o QGS C-S). El objetivo es demostrar su factibilidad y verificar si existen diferencias entre ambos.

Metodología: Estudio analítico, observacional y retrospectivo en pacientes con GS-PMI normales. Los parámetros obtenidos fueron: la desviación estándar de la fase (DE) y el ancho de banda de histograma (AH). La evaluación de la diferencia entre los grupos se realizó usando pruebas para muestras independientes después de analizar la distribución de datos. Nivel de significación $p < 0,05$. Se utilizó SPSS IBM V.21®.

Resultados: Total pacientes: 193 (104 hombres). Edad media: 64 años (24-89). 61/193 procesados con QGS C-S y 132/193 con ECTb.

Postestrés: la media de la DE fue $6^{\circ} \pm 3,7^{\circ}$, con mediana de 5° y rango intercuartílico (IR): 3.6° . La media de AH fue $22,7^{\circ} \pm 10^{\circ}$, con mediana de 18° y IR: 11.5° .

Postreposo: la media de la DE fue $5,76^{\circ} \pm 4,82^{\circ}$ y la mediana $4,5^{\circ}$ con IR: 3.1° . La media de AH fue $21.67^{\circ} \pm 14.06^{\circ}$ y la mediana 18° , IR: 12° .

Entre ambos programas se encontraron diferencias significativas en la DE en postestrés ($p=0,001$) y postreposo ($p=0,019$), sin diferencias en el AH postestrés ($p=0,31$) y postreposo ($p=0,18$).

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2016

¹ Servicio de Medicina Nuclear e Imagen Molecular, Fundación Cardioinfantil - Instituto de Cardiología. Bogotá, D. C. (Colombia).

² Servicio de Cardiología Clínica y Cirugía Cardiovascular, Fundación Cardioinfantil - Instituto de Cardiología. Bogotá, D. C. (Colombia).

Correspondencia: Víctor Marín Oyaga. Fundación Cardioinfantil - Instituto de Cardiología. Calle 163a n° 13B - 60. Bogotá, D. C. (Colombia). Teléfono: +57 (1) 667 2727, Ext: 11301. vmarin@cardioinfantil.org

Conclusión: Realizar el análisis fase de análisis por GS-PMI es factible. Sin embargo, la DE mostró diferencias significativas entre los dos programas. Aunque los valores mostrados podrían ser utilizados como valores normales, se recomienda que estos se obtengan y utilicen para cada programa por separado.

Palabras clave: imagen de perfusión miocárdica, disfunción ventricular izquierda, cintigrafía, análisis de fase, terapia de resincronización cardiaca.

Abstract

Introduction and objectives: Phase analysis by Gated-SPECT myocardial perfusion imaging (G-MPI) is a new tool to measure left ventricular dyssynchrony with important clinical applications in near future (heart failure and resynchronization) and can be measured by two software (ECTb o QGS C-S). The aim is to show its feasibility and verify whether there is difference between the programs.

Methodology: Analytical observational and retrospective study in patients with normal G-MPI. The parameters were the phase standard deviation (SD) and the histogram bandwidth (HB) in post-stress and rest tests. Assessment of the difference between groups was performed using tests for independent samples after analyze the distribution of data. The significance level (p) was 0,05 and the software used was SPSS IBM V.21®

Results: Total:193 patients (104 men).64 years old \pm (24-89).61/193 processed with QGS C-S and 132/193 with ECTb.

Post-stress tests: mean of the SD was $6^{\circ}\pm 3.7^{\circ}$, the median was 5° , interquartile range (IR): 3.6° . The mean of HB was $22.7^{\circ}\pm 10^{\circ}$ and the median was 18° IR: 11.5° .

Post-rest tests: mean of the SD was $5.76^{\circ}\pm 4.82^{\circ}$ and median was 4.5° IR: 3.1° .The overall mean of HB was $21.67^{\circ}\pm 14.06^{\circ}$ and median was 18° IR: 12° .

Between the data from both software, significant differences were found in SD in post-stress($p=0.001$)and post-rest tests($p=0.019$)and no significant differences were found in HB in post-stress($p= 0.31$)or post-rest tests($p=0.18$).

Conclusion: Phase analysis by G-MPI is feasible. However SD showed significant differences between the two groups. Although the values showed could be used as normal values, it is recommended that these have to be obtained and used for each software separately.

Keywords: Left ventricular dysfunction, myocardial perfusion imaging, radionuclide imaging; phase analysis, cardiac resynchronization therapy.

INTRODUCCIÓN

La sincronía cardiaca es la distribución coordinada de la activación eléctrica a través del corazón que conduce a una contracción armónica. El inicio de la contracción depende del ritmo de las ondas a través del sistema de conducción y de la respuesta a la estimulación eléctrica como activación mecánica(1). La asincronía ocurre cuando fallan dichos mecanismos de estimulación eléctrica y/o mecánica.

El instrumento ampliamente conocido para la valoración de la sincronía de estimulación eléctrica cardiaca es el ancho del complejo QRS en el electrocardiograma (ECG); útil también para valorar la pertinencia de la terapia de resincronización (TRC) indicada en pacientes con insuficiencia cardiaca (IC) en estadios avanzados (III-IV) con fracción de eyección reducida (<35%) y QRS >120 mseg(2, 3).

Debido a que una respuesta inadecuada se ha observado hasta en un 20%-40% de los pacien-

tes, parece que estos criterios pueden no ser suficientes para seleccionar adecuadamente a aquellos que serán sometidos a TRC(4).

Se ha propuesto que el sincronismo eléctrico del ventrículo izquierdo (VI) medido por QRS no necesariamente se correlacione con el sincronismo mecánico y no debe considerarse como el único predictor de la respuesta a la TRC. Por esto se han intentado establecer otras herramientas que sean útiles para valorar el sincronismo mecánico del VI y no solo el sincronismo eléctrico, en las que se cuenta la tomografía por emisión de fotón simple sincronizada con electrocardiograma o "Gated-SPECT" de perfusión miocárdica (GS-PMI)(1,5).

La GS-PMI es ampliamente utilizada mundialmente en pacientes con sospecha o diagnóstico de cardiopatía isquémica para diagnóstico y pronóstico(6). El análisis de fase (AF) mediante GS-PMI es una herramienta nueva, reproducible, viable y factible en muchos centros de cardiología nuclear que permite valorar de manera automática el sincronismo mecánico del VI(7-10).

El uso simultáneo del AF sobre el GS-PMI tiene la ventaja que permite valorar en una misma prueba la existencia de isquemia, parámetros funcionales, identificar zonas sin viabilidad del VI y valorar el sincronismo mecánico.

En los últimos años se ha querido demostrar que la valoración de la sincronía mecánica del VI mediante GS-PMI es factible y que puede diferenciar entre pacientes que responderán o no a la TRC (proyectos de investigación multicéntricos en curso), así como determinar el punto óptimo de colocación del electrodo de estimulación (mostrando el sitio viable de última contracción ventricular) (11-15). También se ha empezado a utilizar en pacientes con IC como predictor de eventos cardiacos e indicador pronóstico, en la distinción entre etiología

isquémica vs. no isquémica en pacientes con insuficiencia cardiaca y disfunción sistólica, así como indicador pronóstico en pacientes con enfermedad renal crónica; todo con resultados prometedores (16-23).

Distintos grupos a nivel mundial han querido validar la técnica mediante la obtención de valores normales(5, 8, 24, 25), identificando qué factores pueden alterar los resultados; por ejemplo, analizando programas y métodos utilizados (26, 27), el tipo de estrés realizado (farmacológico o físico)(28), realización mediante SPECT o PET (positron emission tomography)(28,29), radiotrazador y dosis (30, 31), si se llevó a cabo fase postestrés o postreposito y de las características de los pacientes (32-35).

Esta técnica fue inicialmente descrita en 2005 por Chen et al. (8). Se realiza sobre el estudio Gated-SPECT, consistente en efectuar una detección sincronizada entre las adquisiciones tomográficas y el ECG que permite determinar parámetros funcionales del VI. Se basa en aplicar cálculos matemáticos complejos de aproximación mediante la aplicación de la primera armónica del teorema de Fourier fundamentados en el efecto del volumen parcial sobre los parámetros de engrosamiento sistólico del VI para valorar el inicio de la contracción mecánica, registrando el momento de inicio del engrosamiento global y segmentario, correlacionándolo con el inicio del QRS para medir el grado de sincronismo de contracción ventricular, asumiendo que a menor dispersión temporal de contracción hay mayor sincronía, y viceversa (36). Posterior a la aplicación de lo descrito a cada uno de los territorios del VI por analizar, se calcula el ángulo de la fase. El momento de contracción se suele expresar en grados en un intervalo desde 0°-360°, que corresponden al inicio y al final del QRS, respectivamente.

Finalmente, con los ángulos de fase de cada una de las regiones se construye una gráfica tipo histograma en la que se grafican la distribución de los píxeles analizados según su ángulo de fase y la frecuencia que presentan (37). De dicha gráfica se derivan cinco parámetros en el programa Emory Cardiac Toolbox-Emory University, Atlanta, Ga, USA® (ECTb) (8), y cuatro en el programa QGS-Cedars Sinai Medical Center, Los Ángeles, Ca, USA® (QGS C-S) (38). De ellos, los comunes entre los dos programas y los que han mostrado mayor utilidad para la valoración clínica son: la desviación estándar de la fase (DE) y el ancho del histograma (AH), que incluye el 95 % de los valores. El procedimiento es totalmente automático, no requiere pruebas adicionales y está incluido en las últimas versiones de los programas mencionados, que son los más utilizados a nivel mundial para el procesamiento de GS-PMI.

A pesar de lo mencionado, según nuestro conocimiento, no hay estudios en este campo realizados sobre pacientes de nuestra población, y además percibimos que es muy poco el conocimiento que existe de esta herramienta entre los profesionales de las especialidades involucradas (medicina nuclear, cardiología y electrofisiología), por lo cual consideramos pertinente poner en conocimiento esta técnica, su factibilidad, obtener valores normales para nuestra población en pacientes con estudios normales y determinar si existen diferencias de los parámetros obtenidos entre los principales programas de procesamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó un estudio retrospectivo, analítico, observacional no experimental en el que se incluyeron pacientes a los que se les había realizado un estudio GS-PMI en el Servicio de Medicina Nuclear de la Fundación Cardioinfantil-Instituto de Cardiología en

Bogotá (Colombia) de manera ambulatoria que contaban con los estudios "en bruto" adquiridos susceptibles de realizar el análisis requerido y en tiempo adecuado para poder ser procesados por alguno de los programas de procesamiento. Debían ser totalmente normales y contar con el estudio completo (postestrés-reposo) (figura 1).

Se excluyó a pacientes con antecedente de alteraciones del ritmo severo que no permitiesen hacer un estudio GS-PMI de buena calidad, y a aquellos que tuviesen documentado trastornos de la conducción tipo bloqueo de rama izquierda o marcapasos.

Todos los estudios GS-PMI se realizaron de acuerdo con el protocolo establecido, lo cual permite reducir al máximo la variabilidad. Se realizaron en protocolo de uno o dos días (si la fase postestrés y postreposo se hicieron el mismo día o en días diferentes). La fase postestrés se hizo con ejercicio físico o vasodilatador intravenoso tipo dipiridamol o con dobutamina.

Los radiofármacos utilizados fueron ^{99m}Tc-MIBI o ^{99m}Tc-tetrofosmin, con dosis para el postestrés de 296 a 444 MBq (8 a 12 mCi) y para el postreposo de 444 a 1110 MBq (12 a 30 mCi).

Todos los estudios se realizaron en decúbito supino en una gammacámara híbrida Symbia T (Siemens®) de dos cabezales, que se ubicaron en posición de 90°, con colimadores de baja energía y alta resolución. Para la adquisición se utilizaron analizadores de pulsos con ventana del 20 % en fotopico de 140 KeV. La matriz fue de 64x64, con zoom máximo de 1,23. Se tomaron 32 imágenes por cabezal (64 en total) de 20 segundos cada una en modalidad "step and shot". La órbita es de contorno y en sentido antihorario, con ángulo de adquisición inicial de -45°. La reconstruc-

ción tomográfica se hizo con retroproyección filtrada reorientando los ejes del corazón para generar los cortes en eje corto, largo vertical y largo horizontal.

Con todos los pacientes se utilizó el mismo protocolo de adquisición.

La valoración de si una prueba GS-PMI fue normal o no se realizó por al menos un médico nuclear experto en cardiología nuclear.

La valoración del AF se realizó de manera automática con la herramienta "sync" del ECTb o "fase" del QGS-CS según se haya tenido disponibilidad de uno u otro (figuras 2,3 y 4).

De los parámetros obtenidos del análisis de la fase se compararon aquellos comunes entre los dos programas (DE y AH) tanto en los estudios post-estrés como post-reposo.

Se realizó un análisis descriptivo mediante frecuencias. A las variables cuantitativas se les aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov para valorar el tipo de distribución-normalidad. Se expresaron mediante medias y desviación estándar, además de medianas con rango intercuartílico (de p25 a p75) cuando no tuvieron una distribución normal.

Los datos cuantitativos fueron valorados mediante la t de student o el test de Mann-Whitney para muestras independientes según su distribución. Se tomó $p < 0,05$ como límite para establecer la significancia. Se utilizó el paquete estadístico IBM-SPSS V.21®.

Se siguieron las recomendaciones de la declaración de Helsinki y se obtuvo la aprobación formal de los comités de investigaciones y de ética de la institución.

RESULTADOS

Se incluyó 193 pacientes (104 hombres y 89 mujeres), con una edad media de 64 años (24-89). De todos ellos, 61 (32 %) estudios completos fueron procesados con ECTb y los 132 restantes (68 %) con QGS-C-S. La media de edad de los pacientes con estudios procesados con ECTb fue de 64.1 años y la media de los pacientes procesados con QGS-C-S fue de 63.7 años ($p=0.9$); 31 estudios de mujeres y 30 de hombres fueron procesados con ECTb, y 58 estudios de mujeres y 74 de hombres fueron procesados con QGS-C-S ($p=0.75$).

Se administró una dosis media de 1,07 GBq (29 mCi) de ^{99m}Tc -Sestamibi por paciente.

El tipo de estrés realizado para las pruebas fue de ejercicio físico a 90 (46 %) pacientes, estrés farmacológico vasodilatador con dipiridamol intravenoso a 100 (52 %) pacientes y estrés con dobutamina a 3 (2 %) pacientes.

Los estudios postestrés y postreposo fueron realizados el mismo día en 55 (28.5%) pacientes y en días diferentes en 138 (71.5 %) pacientes.

En los estudios realizados postestrés, la media general de la DE fue de $6^\circ \pm 3,7^\circ$, y la mediana de 5° , con un rango intercuartílico (IR) de $3,6^\circ$. La media general del AH fue de $22,7^\circ \pm 10^\circ$ y la mediana de 18° , con un IR de $11,5^\circ$.

En los estudios postreposo, la media general de la DE fue de $5,76^\circ \pm 4,82^\circ$, y la mediana de $4,5^\circ$, con un IR de $3,1^\circ$. La media general del AH fue de $21,67^\circ \pm 14^\circ$, y la mediana de 18° , con un IR de 12° .

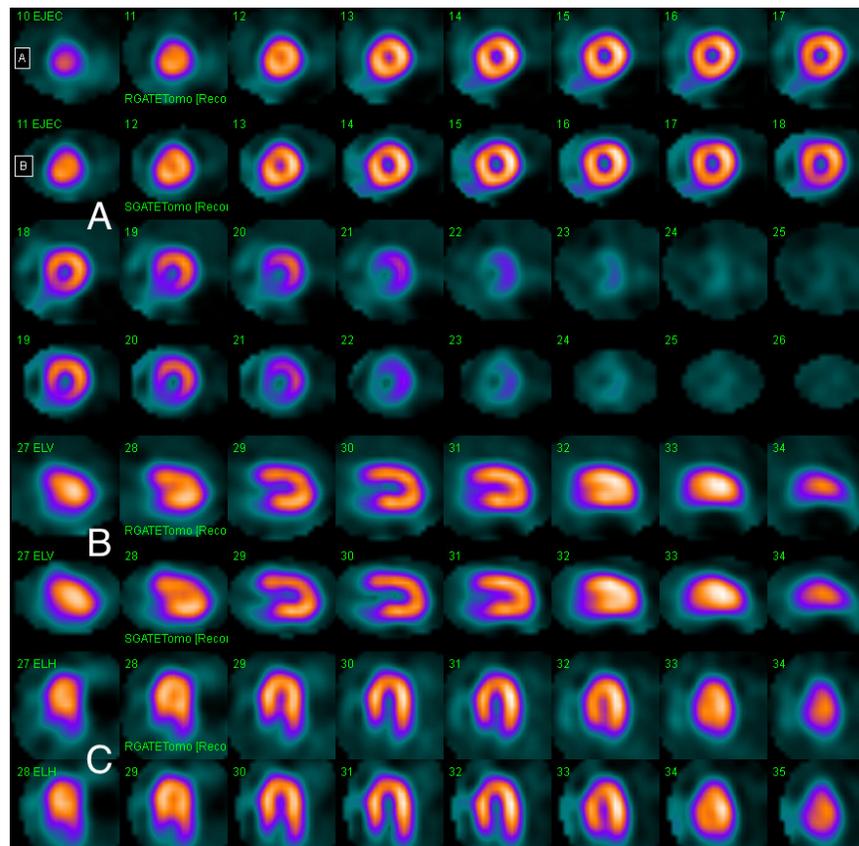
Al realizar el análisis entre los datos obtenidos a partir de ambos programas de procesamiento se encontraron diferencias significativas en la medición de la DE tanto en los estudios postes-

trés ($p=0,001$) como en los estudios postreposito ($p=0,019$), y no se encontraron diferencias significativas en la medición del AH en el postestrés ($p=0,31$) ni en el postreposito ($p=0,18$) (tabla 1).

Tabla 1. Consolidado de los parámetros de análisis de fase mediante Gated SPECT de perfusión miocárdica por dos programas de procesamiento

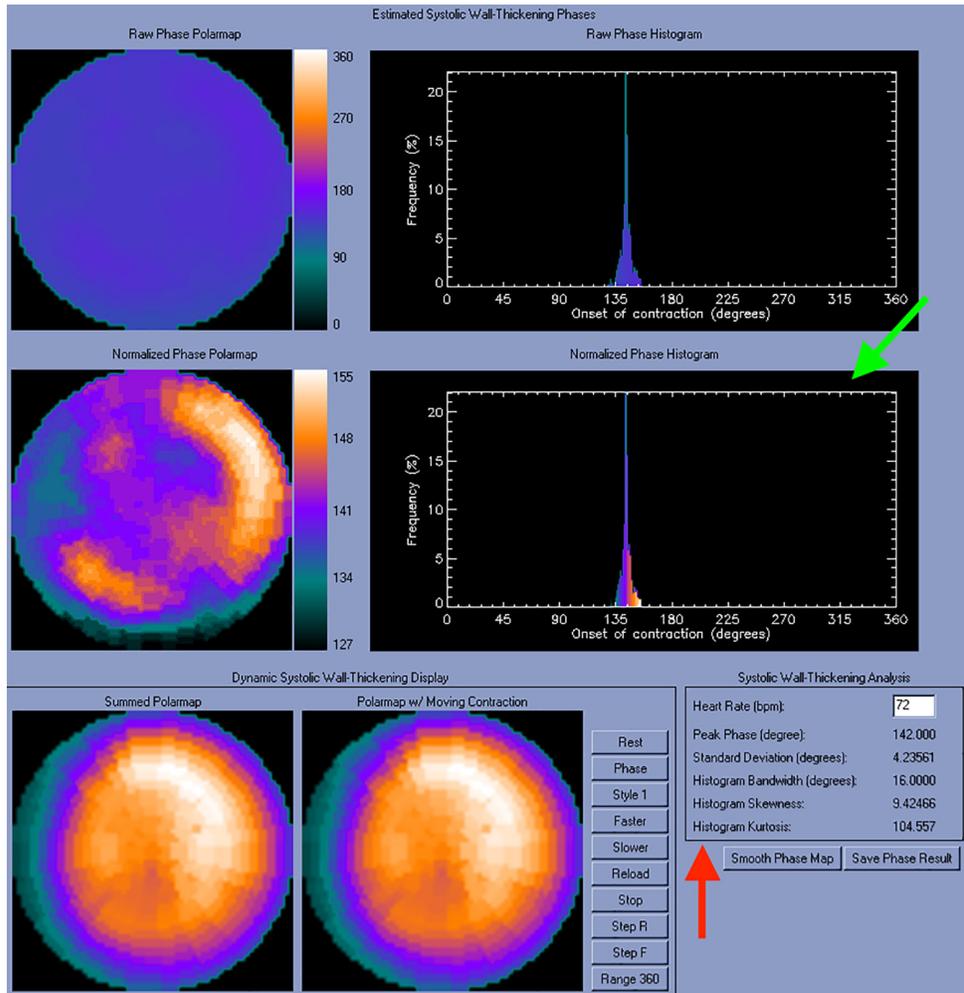
Parámetros de análisis de fase.	ECTb	QGS-CS	valor de p
Postestrés. Desviación estándar de la fase (DE)	Media $7.6^\circ \pm 3.9$	Media $5.3^\circ \pm 3.4^\circ$	0.001
	Mediana 6.7° RI: 4.4°	Mediana 4.4° RI: 3.2°	
Postestrés. Ancho del histograma (AH)	Media $24.5^\circ \pm 12.7^\circ$	Media $22^\circ \pm 9.8^\circ$	0.315
	Mediana 22° RI: 13.7°	Mediana 18° RI: 6°	
Postreposito. Desviación estándar de la fase (DE)	Media $6.9^\circ \pm 6.5^\circ$	Media $5.2^\circ \pm 3.6^\circ$	0.019
	Mediana 5.2° RI: 3.4°	Mediana 4.2° RI: 2.68°	
Postreposito. Ancho del histograma (AH)	Media $20.9^\circ \pm 13.5^\circ$	Media $22^\circ \pm 14.3^\circ$	0.186
	Mediana 18° RI: 10.7°	Mediana 18° RI: 12°	

Fuente: datos tabulados por los autores.



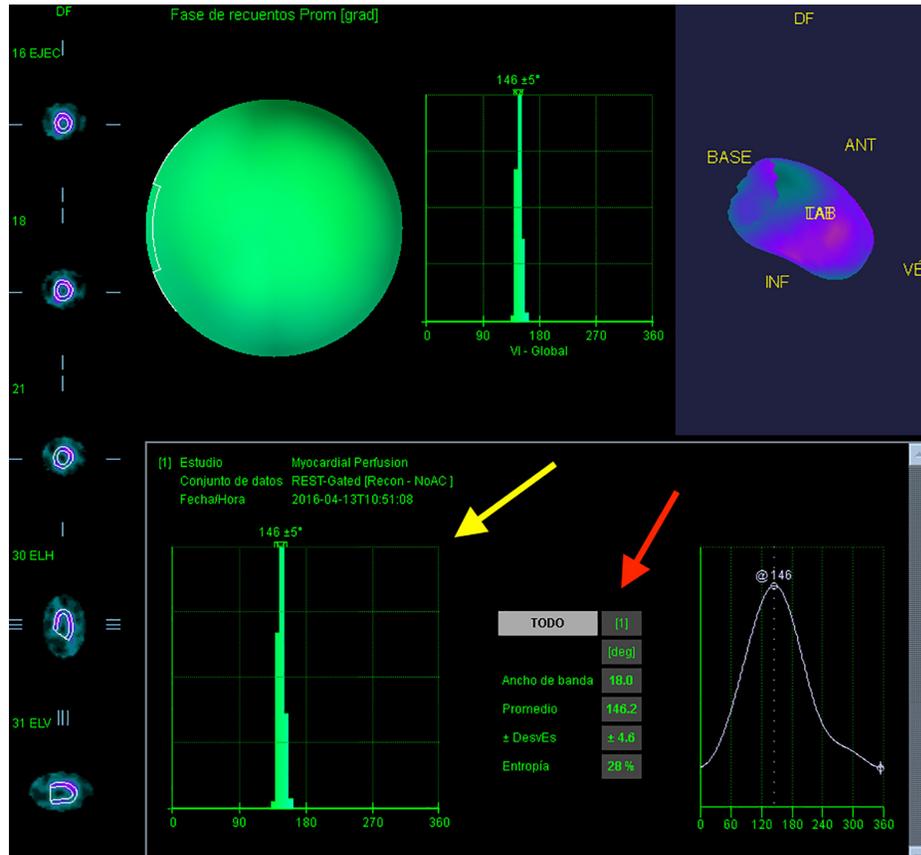
Fuente: datos tabulados por los autores.

Figura 1. Estudio Gated-SPECT de perfusión miocárdica normal sin defectos de perfusión ni en las imágenes postestrés (filas superiores) ni postreposito (filas inferiores). A: eje corto. B: eje largo vertical. C: eje largo horizontal.



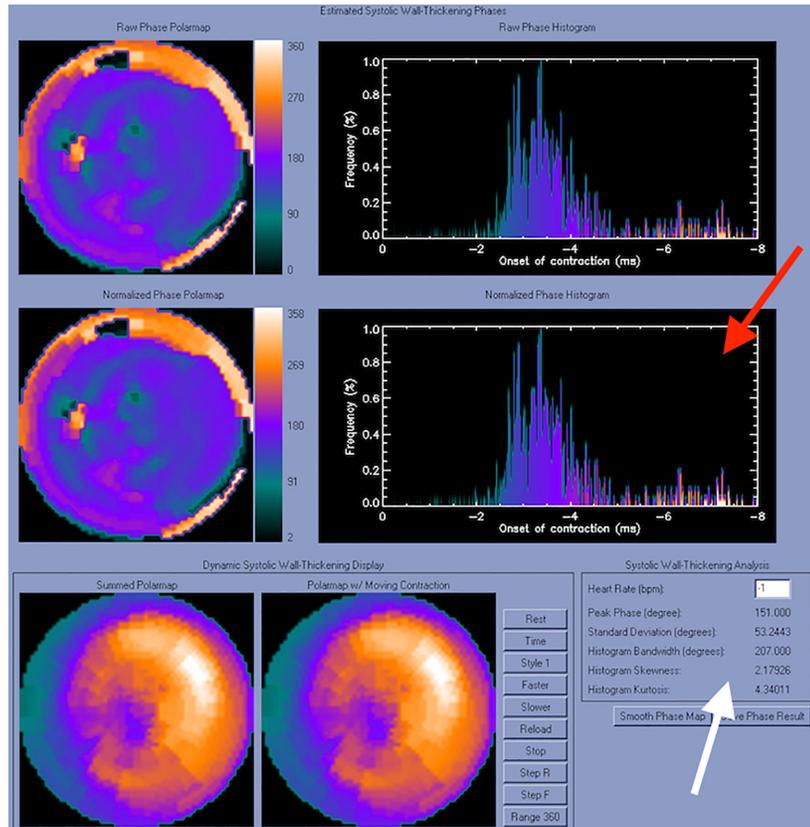
Fuente: datos tabulados por los autores.

Figura 2. Análisis de fase en un paciente con estudio Gated-SPECT de perfusión miocárdica normal y procesado con el programa Emory Cardiac Toolbox-Emory University, Atlanta, GA, USA® (ECTb). Se observa la creación automática de la gráfica tipo histograma (flecha verde) y los parámetros arrojados (en grados), entre los que se encuentran la desviación estándar de la fase y el ancho de banda del histograma (flecha roja). Así se observa un estudio de un paciente con sincronía mecánica del ventrículo izquierdo.



Fuente: datos tabulados por los autores.

Figura 3. Análisis de fase en un paciente con estudio Gated-SPECT de perfusión miocárdica normal y procesado con el programa QGS-Cedars Sinai Medical Center, Los Angeles, CA, USA®(QGS C-S). Se observa la creación automática de la gráfica tipo histograma (flecha amarilla) y los parámetros arrojados (en grados), entre los que se encuentran la desviación estándar de la fase y el ancho de banda del histograma (flecha roja). Así se observa un estudio de un paciente con sincronía mecánica del ventrículo izquierdo.



Fuente: datos tabulados por los autores.

Figura 4. Análisis de fase mediante estudio Gated-SPECT de perfusión miocárdica procesado con el programa Emory Cardiac Toolbox - Emory University, Atlanta, GA, USA® en una paciente con antecedente de insuficiencia cardiaca, fracción de eyección del ventrículo izquierdo menor de 35 % y complejo QRS en el electrocardiograma >120 msec. Candidata a terapia de resincronización cardiaca. Nótese la gran amplitud del ancho de banda en la curva del histograma (flecha roja) y los altos valores de los parámetros cuantitativos del análisis de la fase (flecha blanca), indicativos de asincronía mecánica del ventrículo izquierdo.

DISCUSIÓN

La medición del sincronismo mecánico del VI mediante GS-PMI es una nueva herramienta que ha venido siendo utilizada a nivel mundial con ciertas indicaciones ya establecidas y en validación de otras. A pesar del poco conocimiento que existe de esta en nuestro medio, el aumento rápido de su estudio y uso, que es cada vez más importante a nivel

mundial, hacen que sea necesario que todo el personal relacionado se familiarice con ella.

En nuestro estudio mostramos la factibilidad al utilizar la herramienta aplicada automáticamente sobre los estudios convencionales de perfusión miocárdica, la cual requeriría solo una versión actualizada de uno u otro programa, y puede ser aplicada con facilidad en cualquier centro.

Se han realizado estudios que han pretendido encontrar parámetros de normalidad, pero en la mayoría de ocasiones con diferentes programas y con resultados diversos.

Los primeros en reportar dichos parámetros de normalidad fueron Chen et al., utilizando el ECTb, y encontraron medias de valores de DE de $14,2^\circ \pm 5,1^\circ$ para hombres y $11,8^\circ \pm 5,2^\circ$ para mujeres, y del AH de $38,7^\circ \pm 11,8^\circ$ para hombres y $30,6^\circ \pm 9,6^\circ$ para mujeres(8).

Romero-Farina et al. hallaron valores globales en pacientes normales con ECTb para DE de $12,2^\circ \pm 4,9^\circ$ y para AH de $36,5^\circ \pm 12^\circ$ (5).

En uno de los pocos estudios que se han realizado en Latinoamérica, Gutiérrez et al., utilizando QGS C-S, encontraron valores en pacientes con QRS < 120 ms de DE de 9° y para AH de 31° , aunque no se hizo referencia a estudios de perfusión normal, sino únicamente a pacientes con QRS < 120 ms en el ECG (37).

En nuestro estudio, a pesar de que los valores obtenidos fueron algo menor que los mencionados, podrían ser utilizados como parámetros de normalidad en pacientes con GS-PMI totalmente normales para nuestro medio, considerando que los pacientes que presenten valores por encima de los mencionados no necesariamente presentan asincronía clínicamente significativa y no son los mismos que se deben tener en cuenta como punto de corte para diferenciar entre potenciales respondedores o no a la TRC.

Al comparar los resultados arrojados en los parámetros comunes para ambos programas encontramos que existen diferencias significativas en la DE pero no en el AH. Estos hallazgos son similares a los encontrados por otros grupos en algunos estudios ya existentes.

Rastgou et al. compararon los parámetros de ambos programas en una misma muestra de 31 pacientes con IC severa y candidatos a TRC y hallaron una buena correlación entre ambos programas, aunque con diferencias significativas entre las medias, siendo mayor los observados con ECTb; hallazgos en la misma línea que los observados en nuestro estudio(27).

Boogers et al. previamente ya habían encontrado diferencias entre los valores de corte óptimos para predecir respuesta a la TRC entre los dos programas en pacientes con IC severa(39).

Se ha sugerido que dicha diferencia se puede deber a haber tomado muestras diferentes para la comparación; sin embargo, en el estudio de Rasgou et al. se realizó sobre la misma población, por lo que ellos mismos casi descartan esa posibilidad.

La opción más aceptada en la actualidad es que dicha diferencia puede ser secundaria a la diferente metodología y técnica de cuantificación entre ambos programas.

Hasta donde conocemos, es la primera vez en nuestro medio que se realiza un trabajo considerando la utilidad y la factibilidad de la técnica. Al igual que en el resto de los países, cada servicio de medicina nuclear cuenta con uno u otro programa de procesamiento para los GS-PMI, por lo que es importante conocer cómo se comportan utilizando aquel con el que cuenta cada uno.

Entre las posibles limitaciones están que es un estudio retrospectivo. Sin embargo, se considera que las ventajas de un estudio prospectivo no serían muchas, ya que no existe intervención, y los criterios de inclusión y exclusión no se modificarían sustancialmente.

Los parámetros mencionados corresponden solo a pacientes con GS-PMI considerados como normales y no necesariamente a pacientes clínicamente normales (ausencia de enfermedad). Sin embargo, los hallazgos serían aplicables a la población general, debido a que son muy pocos los pacientes considerados clínicamente normales que requieran un GS-PMI, y cuando se siga incrementando su implementación, prácticamente ningún paciente considerado clínicamente normal se beneficiaría del estudio, ya que todos serían estudiados para probable TRC o por IC. Es importante esta aclaración para poder evitar interpretaciones erróneas de los resultados.

Por último, para una comparación más directa, ambos programas podrían ser ejecutados sobre el mismo grupo de pacientes; pero esto requiere contar con los estudios en bruto y ambos programas de manera simultánea; situación muy poco frecuente, debido a que cada uno de los centros de medicina nuclear (incluido el nuestro en el momento de la realización del estudio) suele tener solo uno de los dos programas. Por lo tanto, se hace necesario la realización estudios en los que se realice la ejecución de ambos programas sobre el mismo grupo de pacientes para confirmar los hallazgos aquí mostrados.

CONCLUSIÓN

La determinación del AF mediante GS-PMI para la valoración del sincronismo mecánico del VI es factible y medible en nuestro medio mediante dos de los principales programas de procesamiento disponibles en la actualidad a nivel mundial. Sin embargo, uno de los parámetros (DE) comunes en ambos programas mostró diferencias significativas tanto en postestrés como en postreposo, pero no la medición del AH. Por tanto, es

importante que los cardiólogos y los médicos nucleares se familiaricen con esta técnica. Y es recomendable que se sigan parámetros de normalidad obtenidos para cada uno de los programas por separado, tanto para objetivos tanto clínicos como de investigación.

Financiación: Los autores cuentan con apoyo económico bajo el programa interno "Fellow de investigación clínica" de la Fundación Cardioinfantil-Instituto de Cardiología. Bogotá, D.C. (Colombia).

Conflicto de intereses: ninguno.

REFERENCIAS

1. Yaghoobi N, Malek H. The Age Of Reason For Gated SPECT MPI To Deal With Cardiac Dyssynchrony. *Res Cardiovasc Med* 2015;4(1):E25851. [Http://Dx.Doi.Org/10.5812/Cardiovascmed.25851](http://Dx.Doi.Org/10.5812/Cardiovascmed.25851)
2. Tracy CM, Epstein AE, Darbar D, Dimarco JP, Dunbar SB, Estes NA, 3rd et al. 2012 ACCF/AHA/HRS focused update of the 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities: a report of the American College of cardiology Foundation/American Heart Association Task Force On Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2012;60(14):1297-313. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jacc.2012.07.009](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jacc.2012.07.009)
3. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, Bordachar P, Boriani G, breithardt OA et al. 2013 ESC guidelines on Cardiac Pacing And Cardiac Resynchronization Therapy: The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur Heart J* 2013;34(29):2281-329. [Http://Dx.Doi.Org/10.1093/Eurheartj/Eht150](http://Dx.Doi.Org/10.1093/Eurheartj/Eht150)
4. Nakamura K, Takami M, Shimabukuro M, Maesato A, Chinen I, Ishigaki S et al. Effective prediction of response to cardiac resynchronization therapy using a novel pro-

- gram of gated myocardial perfusion single photon emission computed tomography. *Europace* 2011;13(12):1731-7. [Http://Dx.Doi.Org/10.1093/Europace/Eur143](http://dx.doi.org/10.1093/Europace/Eur143)
5. Romero-Farina G, Aguade-Bruix S, Candell-Riera J, Pizzi Mn, Garcia-Dorado D. Cut-Off values of myocardial perfusion gated-SPECT phase analysis parameters of normal subjects, and conduction and mechanical cardiac diseases. *J Nucl Cardiol* 2015. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-015-0143-2](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-015-0143-2)
 6. Casáns-Tormo I, Jurado-López JA. Diagnóstico de la enfermedad coronaria mediante gated-SPECT de perfusión miocárdica. *Revista Española de Cardiología Suplementos*. 2008;8(2):15b-24b. [Http://Dx.Doi.Org/Http://Dx.Doi.Org/10.1016/S1131-3587\(08\)73543-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1131-3587(08)73543-X)
 7. Matsuo S. Phase analysis using gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography imaging for evaluating cardiac dyssynchrony. *Circ J*. 2012;76(8):1832-3.
 8. Chen J, Garcia EV, Folks RD, Cooke CD, Faber TL, Tauxe EL et al. Onset of left ventricular mechanical contraction as determined by phase analysis of ECG-gated myocardial perfusion SPECT imaging: development of a diagnostic tool for assessment of cardiac mechanical dyssynchrony. *J Nucl Cardiol* 2005;12(6):687-95. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Nuclcard.2005.06.088](http://dx.doi.org/10.1016/J.Nuclcard.2005.06.088)
 9. Leva L, Brambilla M, Cavallino C, Matheoud R, Occhetta E, Marino P et al. Reproducibility and variability of global and regional dyssynchrony parameters derived from phase analysis of gated myocardial perfusion SPECT. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2012;56(2):209-17.
 10. Trimble MA, Velazquez EJ, Adams GL, Honeycutt EF, Pagnanelli RA, Barnhart HX et al. Repeatability and reproducibility of phase analysis of gated single-photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging used to quantify cardiac dyssynchrony. *Nucl Med Commun* 2008;29(4):374-81. [Http://Dx.Doi.Org/10.1097/Mnm.0b013e3282f81380](http://dx.doi.org/10.1097/Mnm.0b013e3282f81380)
 11. Chen J, Garcia EV, Bax JJ, Iskandrian AE, Borges-Neto S, Soman P. SPECT myocardial perfusion imaging for the assessment of left ventricular mechanical dyssynchrony. *J Nucl Cardiol* 2011;18(4):685-94. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-011-9392-X](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-011-9392-X)
 12. Boogers MJ, Chen J, Van Bommel RJ, Borleffs CJ, Dibbets-Schneider P, Van Der Hiel B et al. Optimal left ventricular lead position assessed with phase analysis on gated myocardial perfusion SPECT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011;38(2):230-8. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S00259-010-1621-Z](http://dx.doi.org/10.1007/S00259-010-1621-Z)
 13. Lin X, Xu H, Zhao X, Chen J. Sites of latest mechanical activation as assessed by SPECT myocardial perfusion imaging in ischemic and dilated cardiomyopathy patients with lbbb. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41(6):1232-9. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S00259-014-2718-6](http://dx.doi.org/10.1007/S00259-014-2718-6)
 14. Chen J, Henneman MM, Trimble MA, Bax JJ, Borges-Neto S, Iskandrian AE et al. Assessment of left ventricular mechanical dyssynchrony by phase analysis of ECG-Gated SPECT myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 2008;15(1):127-36. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Nuclcard.2007.11.004](http://dx.doi.org/10.1016/J.Nuclcard.2007.11.004)
 15. Boogers MM, Chen J, Bax JJ. Myocardial perfusion single photon emission computed tomography for the assessment of mechanical dyssynchrony. *Curr Opin Cardiol* 2008;23(5):431-9. [Http://Dx.Doi.Org/10.1097/Hco.0b013e32830a95d5](http://dx.doi.org/10.1097/Hco.0b013e32830a95d5)
 16. Igarashi Y, Chikamori T, Hida S, Tanaka H, Shiba C, Usui Y et al. Usefulness of phase analysis to differentiate ischemic and non-ischemic etiologies of left ventricular systolic dysfunction in patients with heart failure. *Circ J*. 2014;78(1):141-50.
 17. Peix A, Karel J, Rodriguez L, Cabrera LO, Padron K, Carrillo R et al. Gated Spect Myocardial Perfusion Imaging, Intraventricular Synchronism, And Cardiac Events In Heart Failure. *Clin Nucl*

- Med* 2014;39(6):498-504. [Http://Dx.Doi.Org/10.1097/Rlu.0000000000000428](http://dx.doi.org/10.1097/Rlu.0000000000000428)
18. Zafrir N, Bental T, Strasberg B, Solodky A, Mats I, Gutstein A et al. Yield of left ventricular dyssynchrony by gated SPECT mpi in patients with heart failure prior to implantable cardioverter-defibrillator or cardiac resynchronization therapy with a defibrillator: characteristics and prediction of cardiac outcome. *J Nucl Cardiol* 2015; 24(1): 122-29. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-015-0310-5](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-015-0310-5)
 19. Hage FG. Left ventricular mechanical dyssynchrony by phase analysis as a prognostic indicator in heart failure. *J Nucl Cardiol* 2014;21(1):67-70. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-013-9822-Z](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-013-9822-Z)
 20. Azizian N, Rastgou F, Ghaedian T, Golabchi A, Bahadorian B, Khanlarzadeh V et al. Lv dyssynchrony assessed with phase analysis on gated myocardial perfusion SPECT Can Predict Response To CRT in Patients With End-Stage Heart Failure. *Res Cardiovasc Med*. 2014;3(4):E20720. [Http://Dx.Doi.Org/10.5812/Cardiovascmed.20720](http://dx.doi.org/10.5812/Cardiovascmed.20720)
 21. Uebleis C, Hellweger S, Laubender RP, Becker A, Sohn HY, Lehner S et al. Left ventricular dyssynchrony assessed by gated SPECT phase analysis is an independent predictor of death in patients with advanced coronary artery disease and reduced left ventricular function not undergoing cardiac resynchronization therapy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012;39(10):1561-9. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S00259-012-2157-1](http://dx.doi.org/10.1007/S00259-012-2157-1)
 22. Aggarwal H, Aljaroudi WA, Mehta S, Mannon R, Heo J, Iskandrian AE et al. The prognostic value of left ventricular mechanical dyssynchrony using gated myocardial perfusion imaging in patients with end-stage renal disease. *J Nucl Cardiol* 2014;21(4):739-46. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-014-9886-4](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-014-9886-4)
 23. Chen J, Kalogeropoulos AP, Verdes L, Butler J, Garcia EV. Left-ventricular systolic and diastolic dyssynchrony as assessed by multi-harmonic phase analysis of gated SPECT myocardial perfusion imaging in patients with end-stage renal disease and normal lvef. *J Nucl Cardiol* 2011;18(2):299-308. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-010-9331-2](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-010-9331-2)
 24. Trimble MA, Borges-Neto S, Honeycutt EF, Shaw LK, Pagnanelli R, Chen J et al. Evaluation of mechanical dyssynchrony and myocardial perfusion using phase analysis of gated SPECT imaging in patients with left ventricular dysfunction. *J Nucl Cardiol* 2008;15(5):663-70. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Nuclcard.2008.06.007](http://dx.doi.org/10.1016/J.Nuclcard.2008.06.007)
 25. Henneman MM, Chen J, Ypenburg C, Dibbets P, Bleeker GB, Boersma E et al. Phase analysis of gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography compared with tissue doppler imaging for the assessment of left ventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol* 2007;49(16):1708-14. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jacc.2007.01.063](http://dx.doi.org/10.1016/J.Jacc.2007.01.063)
 26. Aljaroudi W, Jaber WA, Grimm Ra, Marwick T, Cerqueira MD. Alternative methods for the assessment of mechanical dyssynchrony using phase analysis of gated single photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012;28(6):1385-94. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S10554-011-9963-6](http://dx.doi.org/10.1007/S10554-011-9963-6)
 27. Rastgou F, Shojaeifard M, Amin A, Ghaedian T, Firoozabadi H, Malek H et al. Assessment of left ventricular mechanical dyssynchrony by phase analysis of gated-SPECT myocardial perfusion imaging and tissue doppler imaging: comparison between QGS and ECTB software packages. *J Nucl Cardiol* 2014;21(6):1062-71. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-014-9941-1](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-014-9941-1)
 28. Aljaroudi W, Alraies MC, Difilippo F, Brunken RC, Cerqueira MD, Jaber WA. Effect of stress testing on left ventricular mechanical synchrony by phase analysis of gated positron emission tomography in patients with normal myocardial perfusion. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012;39(4):665-72. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S00259-011-2025-4](http://dx.doi.org/10.1007/S00259-011-2025-4)

29. Wang L, Wei HX, Yang MF, Guo J, Wang JF, Fang W et al. Phase analysis by gated F-18 FDG PET/CT for left ventricular dyssynchrony assessment: a comparison with gated tc-99m sestamibi SPECT. *Ann Nucl Med* 2013;27(4):325-34. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12149-013-0691-Y](http://dx.doi.org/10.1007/S12149-013-0691-Y)
30. Chen CC, Huang WS, Hung GU, Chen WC, Kao CH, Chen J. Left-ventricular dyssynchrony evaluated by tl-201 gated SPECT myocardial perfusion imaging: a comparison with tc-99m sestamibi. *Nucl Med Commun* 2013;34(3):229-32. [Http://Dx.Doi.Org/10.1097/Mnm.0b013e32835c91b9](http://dx.doi.org/10.1097/Mnm.0b013e32835c91b9)
31. Aljaroudi W, Jaber WA, Cerqueira MD. Effect Of Tracer Dose On Left ventricular mechanical dyssynchrony indices by phase analysis of gated single photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 2012;19(1):63-72. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-011-9463-Z](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-011-9463-Z)
32. Wang J, Wang Y, Zhang X, Zhou R, Niu R, Lu P. [Left ventricular systolic synchrony assessed by phase analysis of gated myocardial perfusion imaging in patients with old myocardial infarction]. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi* 2015;43(7):599-604.
33. Cheung A, Zhou Y, Faber TL, Garcia EV, Zhu L, Chen J. The Performance of phase analysis of gated SPECT myocardial perfusion imaging in the presence of perfusion defects: a simulation study. *J Nucl Cardiol* 2012;19(3):500-6. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-011-9494-5](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-011-9494-5)
34. Aljaroudi W, Koneru J, Heo J, Iskandrian AE. Impact of ischemia on left ventricular dyssynchrony by phase analysis of gated single photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 2011;18(1):36-42. [Http://Dx.Doi.Org/10.1007/S12350-010-9296-1](http://dx.doi.org/10.1007/S12350-010-9296-1)
35. Vidigal Ferreira MJ, Silva R, Cabanelas N, Cunha MJ, Ramos D, Albuquerque A et al. Left ventricular mechanical dyssynchrony in patients with impaired left ventricular function undergoing gated SPECT myocardial perfusion imaging. *Rev Port Cardiol* 2013;32(5):387-94. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Repc.2012.09.010](http://dx.doi.org/10.1016/J.Repc.2012.09.010)
36. Beretta, M, Mut, F. Valoración de la sincronía mecánica del ventrículo izquierdo mediante gated SPECT y análisis de fase. *Alasbimn Journal*. 2012. URL. [Http://Www.Alasbimnjournal.Net/A/90](http://www.alasbimnjournal.net/A/90)
37. Gutiérrez L, Peñafort F, Seretti I, Ortego R. Nuevas herramientas diagnósticas en insuficiencia cardiaca: análisis de fase mediante SPECT-gatillado para evaluación de sincronía miocárdica. New diagnostic tools in heart failure: gated-SPECT phase analysis for left ventricular dyssynchrony assessment. *Rev Fed Arg Cardiol* 2013;42(2):102-12.
38. Van Kriekinge SD, Nishina H, Ohba M, Berman DS, Germano G. Automatic global and regional phase analysis from gated myocardial perfusion SPECT imaging: application to the characterization of ventricular contraction in patients with left bundle branch block. *J Nucl Med* 2008;49(11):1790-7. [Http://Dx.Doi.Org/10.2967/Jnumed.108.055160](http://dx.doi.org/10.2967/Jnumed.108.055160)
39. Boogers MM, Van Kriekinge SD, Henneeman MM, Ypenburg C, Van Bommel RJ, Boersma E et al. Quantitative gated SPECT-derived phase analysis on gated myocardial perfusion SPECT detects left ventricular dyssynchrony and predicts response to cardiac resynchronization therapy. *J Nucl Med* 2009;50(5):718-25. [Http://Dx.Doi.Org/10.2967/Jnumed.108.060657](http://dx.doi.org/10.2967/Jnumed.108.060657)