



Artículo de investigación

Disincronía miocárdica en pacientes sometidos a estudio de SPECT gatillado y análisis de fase

Myocardial dyssynchrony in patients undergoing gated SPECT and phase analysis

Leonardo Cadavid Blanco MD^a
José R. Arriaza-Madrid MD^b
Adriana J. Rosales-Morales MD^b

^a Servicio de Medicina Nuclear, Hospital de San José, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá DC, Colombia.

^b Medicina Nuclear, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá DC, Colombia.

RESUMEN

Introducción: la perfusión miocárdica mediante SPECT gatillado (tomografía computarizada de emisión de fotón único) y análisis de fase permiten evaluar la disincronía mecánica y la fracción de eyección, indicando quienes podrían responder a la terapia de resincronización cardíaca. **Objetivo:** describir la frecuencia de disincronía miocárdica y su relación con los resultados del SPECT en el Hospital de San José de Bogotá entre mayo 2018 y febrero 2019. **Metodología:** estudio transversal en mayores de 18 años, con electrocardiograma de no más de 6 meses y SPECT gatillado. Para la información sociodemográfica, antecedentes cardíacos, parámetros de electrocardiograma y resultados del SPECT se empleó estadística descriptiva y análisis de correspondencias múltiples. **Resultados:** se incluyeron 539 pacientes con edad promedio de 68 años, 59.8% con sobrepeso y obesidad, 47.7% en clase funcional NYHA (New York Heart Association) III y IV, 48.4% fumadores y 26.9% diabéticos; 48.1% tenían cateterismo cardíaco y 45.3% infarto agudo de miocardio; en 31% la fracción de eyección del ventrículo izquierdo < 50%. La disincronía se determinó con un ancho de banda >135°; hubo disincronía en 202 pacientes (37.5%) que se relacionó con: género masculino, sobrepeso, diabetes, tabaquismo, infarto agudo del miocardio, colocación de stent,

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:
Fecha recibido: octubre 15 de 2021
Fecha aceptado: julio 14 de 2022

Autor para correspondencia:
Dr. Leonardo Cadavid
lcadavid@fucsulud.edu.co

DOI
10.31260/RepertMedCir.01217372.1271

fracción de eyección del ventrículo izquierdo <40% o entre 40%-50% y dilatación isquémica transitoria (TID) >1.22 o entre 1.12-1.22. *Discusión y conclusiones:* el uso de la nueva herramienta del análisis de fase de medicina nuclear es factible y útil para determinar los pacientes respondedores a la terapia de resincronización cardíaca.

Palabras clave: terapia de resincronización cardíaca, insuficiencia cardíaca, tomografía computarizada de emisión de fotón único (SPECT), disincronía, análisis de fase.

© 2023 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

Introduction: Myocardial perfusion gated SPECT (simple photon emission computed tomography) with phase analysis allows the assessment of mechanical dyssynchrony and ejection fraction, for prediction of response to cardiac resynchronization therapy. *Objective:* to describe myocardial dyssynchrony frequency and its relationship with SPECT results at Hospital de San José de Bogotá between May 2018 and February 2019. *Methodology:* cross-sectional study in patients aged over 18 years, with a less than 6 months electrocardiogram and gated SPECT. Sociodemographic data, cardiovascular history, electrocardiogram parameters and SPECT results were evaluated using descriptive statistics and multiple correspondence analysis. *Results:* five-hundred-thirty-nine patients with a mean age of 68 years were included, 59.8% had overweight and obesity, 47.7% were NYHA (New York Heart Association) functional class III and IV, 48.4% smokers and 26.9% diabetics; 48.1% received cardiac catheterization and 45.3% had history of acute myocardial infarction; left ventricular ejection fraction was < 50% in 31%. Dyssynchrony was determined with a >135° bandwidth; dyssynchrony was evidenced in 202 patients (37.5%) and was related to male gender, overweight, diabetes, smoking, acute myocardial infarction, stent placement, left ventricular ejection fraction <40% or 40%-50% and transient ischemic dilation (TID) >1.22 or 1.12-1.22. *Discussion and conclusions:* the new nuclear medicine phase analysis tool is feasible and useful to identify cardiac resynchronization therapy responders.

Key words: cardiac resynchronization therapy, heart failure, single photon emission computed tomography (SPECT), dyssynchrony, phase analysis.

© 2023 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca (ICC) es un importante problema de salud pública que afecta a más de 23 millones de pacientes en todo el mundo. Las tasas de incidencia y prevalencia varían según la fuente de datos, ambas aumentan con la edad.¹ Los procedimientos empleados tanto diagnósticos como terapéuticos como el SPECT gatillado (tomografía computarizada de emisión de fotón único) (**figura 1**) para en la evaluación de pacientes ICC, requieren elevados recursos económicos de los sistemas sanitarios.²

Los pacientes con ICC avanzada se caracterizan por un marcado deterioro de la función ventricular izquierda, representado por una disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo³, en algunos casos <35% y con un QRS ancho en el electrocardiograma (ECG) >120 mseg.⁴

El sincronismo ventricular se define como la activación eléctrica ordenada del corazón que lleva a una contracción armónica y sinérgica (**figura 2**).⁵ Su pérdida se puede observar en los pacientes con ICC. La terapia de resincronización cardíaca consiste en la colocación de un dispositivo implantable que permite la conversión a una contracción ventricular más homogénea, reduciendo la mortalidad y morbilidad en pacientes con ICC avanzada (**figura 3**).⁶

La terapia de resincronización cardíaca ha demostrado mejorar la calidad de vida al aumentar la capacidad al esfuerzo físico y una mayor supervivencia con disminución de las hospitalizaciones.⁷ Esta mejoría se debe a que los pacientes sometidos a la terapia de resincronización cardíaca muestran elevación de los valores de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y disminución de los volúmenes ventriculares izquierdos.^{8,9}

La terapia de resincronización cardíaca beneficia a los pacientes catalogados como “respondedores”, en un porcentaje aproximado de 70%, en contraste con 30% que serán “no respondedores”.^{10,11} La adecuada selección de pacientes con ICC de tipo sistólica, en los que se intentó obtener un beneficio clínico por medio de la terapia de resincronización cardíaca, se inició teniendo en cuenta en especial el ancho del QRS como expresión de una activación eléctrica y mecánica enlentecida del ventrículo izquierdo fenómeno conocido como disincronía eléctrica.⁶ El ECG en particular con el uso del doppler, ha demostrado que como resultado de la disincronía mecánica, hay una alteración en el rendimiento global del corazón debido a que los segmentos cardíacos se contraen de manera tardía.¹²

La medicina nuclear a través de la perfusión del miocardio es una técnica establecida en la investigación de la enfermedad arterial coronaria teniendo aplicabilidad en la detección de isquemia miocárdica, la evaluación de la respuesta terapéutica, la estratificación del riesgo, la medición del área de infarto y la valoración de la viabilidad miocárdica.^{6,13} Además permite la estimación de eventuales disincronías mecánicas, determina la fracción de eyección del ventrículo izquierdo y el estado de perfusión miocárdica en un solo procedimiento.¹⁴

El disincronismo ventricular izquierdo ha sido evaluado por varias modalidades de imagen cardiovascular incluyendo ecocardiograma con doppler tisular, resonancia magnética, tomografía computarizada y ventriculografía radioisotópica.^{6,15,16} El análisis de fase de la contracción del ventrículo izquierdo fue inicialmente realizado mediante ventriculografía radioisotópica, sin embargo, con la adición del análisis de fase al *SPECT* gatillado y su posterior validación, se demostró mayor potencial en la determinación del disincronismo^{6,14} (figura 4).

En la actualidad existe la posibilidad de programar la automatización del *SPECT* gatillado para interpretar de manera diferencial las distintas fases de la contracción ventricular; a este procedimiento se le conoce como análisis de fase.¹⁷ Esta automatización permite la independencia del procedimiento con respecto al operador y así efectuar estudios más reproducibles y comparables; además se

pueden volver a analizar estudios realizados antes.^{17,18} El *SPECT* gatillado ha podido demostrar una estimación precisa de la disincronía del ventrículo izquierdo. Es una herramienta útil en la predicción de la respuesta de pacientes que se someten a terapia de resincronización cardíaca, con ventajas únicas como alta reproducibilidad; evaluación de la viabilidad del miocardio y disincronía mecánica en un solo escaneo.¹⁹

El procedimiento permite evaluar el disincronismo ventricular izquierdo usando la fórmula de Fourier para estimar el engrosamiento de la pared a lo largo del ciclo cardíaco y determinar el momento del inicio regional de la contracción mecánica obteniendo un análisis cuantitativo tridimensional de todo el ventrículo izquierdo.²⁰

El ancho de banda es la medida del ancho del histograma de perfusión miocárdica y su cálculo se realiza para determinar que ángulo debería abarcar el 95% de la contractilidad del ventrículo izquierdo.^{14,17} El análisis de fase permite demostrar que el ancho de banda del histograma puede ser un buen parámetro para valorar la disincronía del ventrículo izquierdo.^{14,17}

En la presente investigación se presentan las características sociodemográficas, antecedentes clínicos y resultados de la perfusión miocárdica en quienes se realizaron estudios con *SPECT* gatillado en el Hospital de San José de Bogotá, con el fin de describir los patrones de normalidad y en qué grupo de pacientes es más frecuente la disincronía cardíaca.

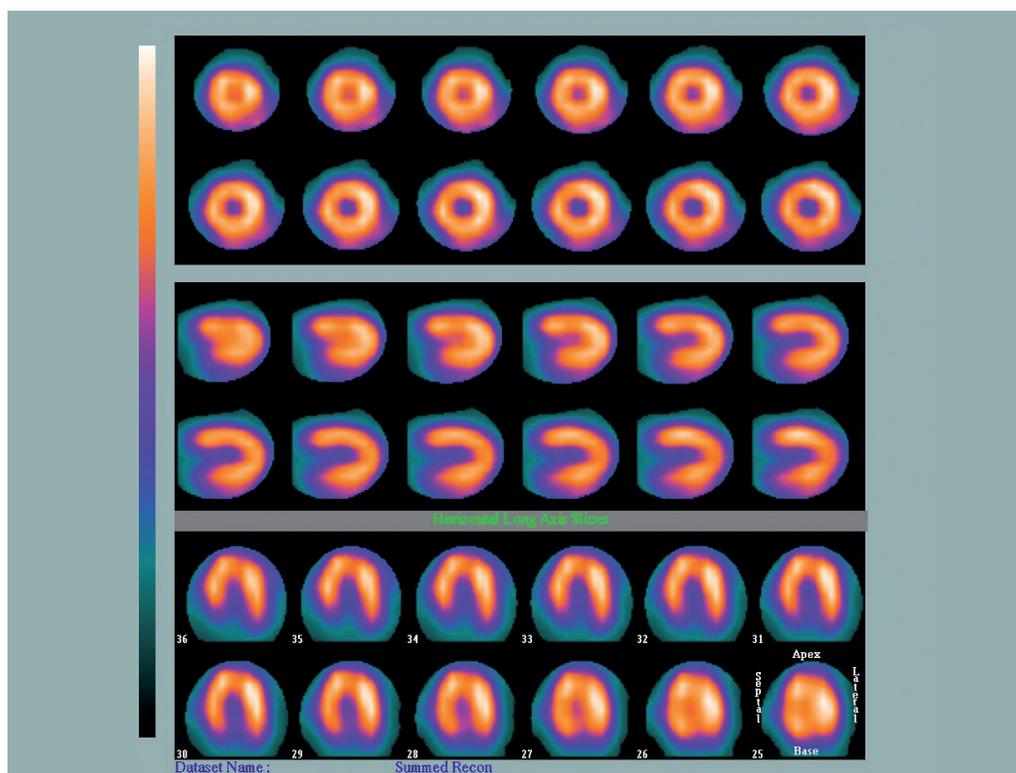


Figura 1. Imagen de tres vistas de Gated-SPECT de perfusión miocárdica normal, sin defectos de perfusión. Fuente: los autores.

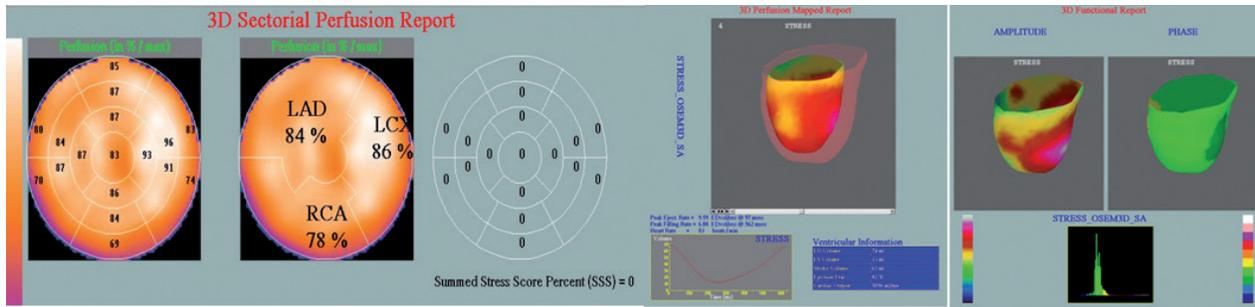


Figura 2. Análisis de fase en paciente con estudio Gated-SPECT de perfusión miocárdica normal. Se observa el histograma y la sincronía mecánica del ventrículo izquierdo (flecha amarilla). Arriba: reporte de perfusión sectorial 3D, abajo a la izquierda: el mapeo de perfusión 3D y abajo a la derecha: reporte funcional 3D. Fuente: los autores.

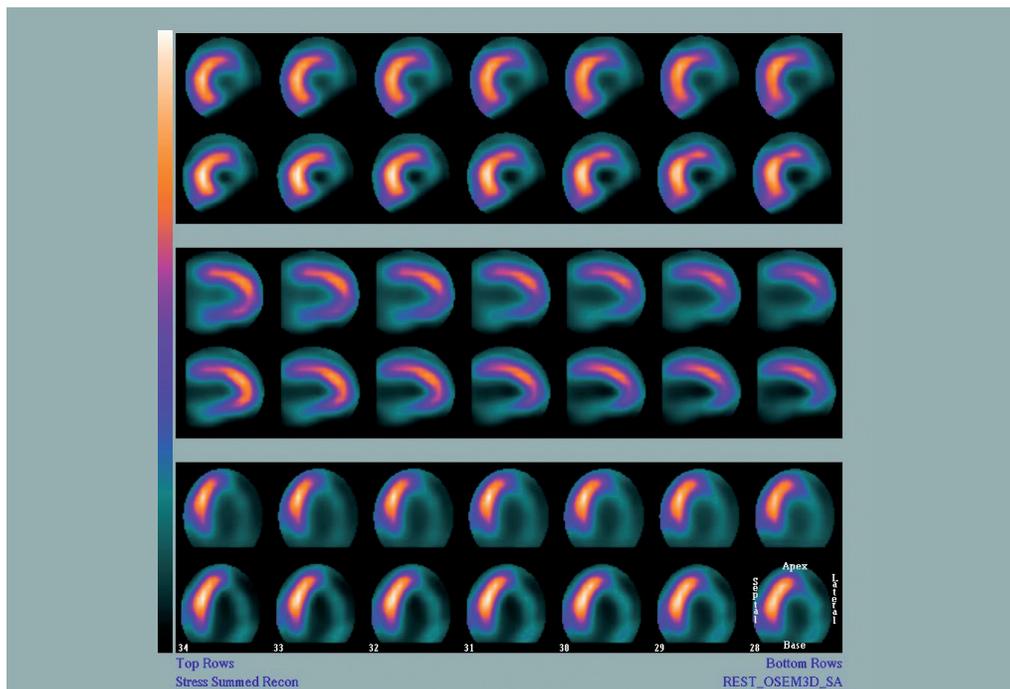


Figura 3. Estudio Gated-SPECT en paciente con defecto de perfusión fijo en pared lateral e inferior. Fuente: los autores.

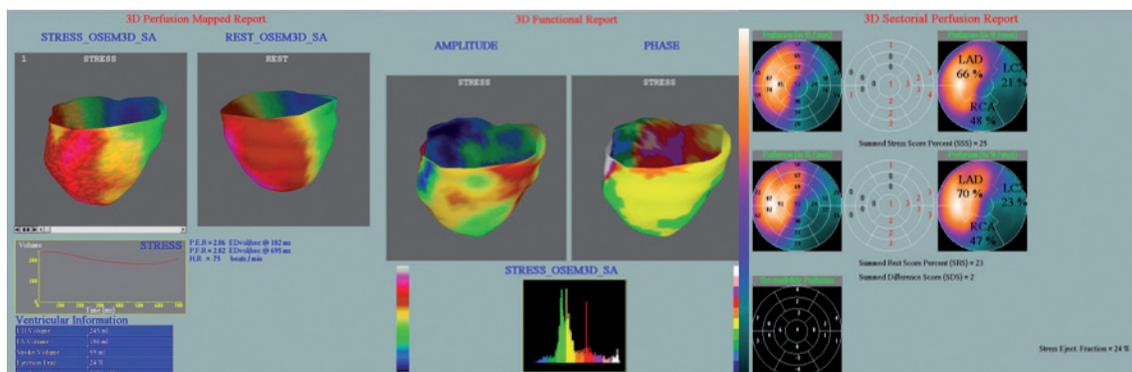


Figura 4. Análisis de fase mediante estudio de perfusión miocárdica SPECT gatillado en paciente con ICC y FEV < 40%, con QRS > 150 msec. Candidato a terapia de resincronización cardíaca. Nótese la gran amplitud del ancho de banda, indicativos de disincronía mecánica del ventrículo izquierdo (flecha amarilla). Izquierda: reporte mapeado de perfusión 3D, centro: reporte de perfusión sectorial 3D y derecha: reporte funcional 3D. Fuente: los autores.

MÉTODOS

Diseño

Estudio transversal descriptivo. Se incluyeron pacientes que consultaron al servicio de medicina nuclear del Hospital San José de Bogotá entre los meses de mayo 2018 y febrero 2019, que cumplieron los criterios de inclusión: acudir a realizar estudio de perfusión miocárdica, mayores de 18 años y con ECC de no más de 6 meses de haber sido realizado. Como criterios de exclusión se consideraron las contraindicaciones para el uso del dipiridamol (enfermedad pulmonar obstructiva crónica, asma, bradicardia e hipotensión) y no conocer su historial clínico.

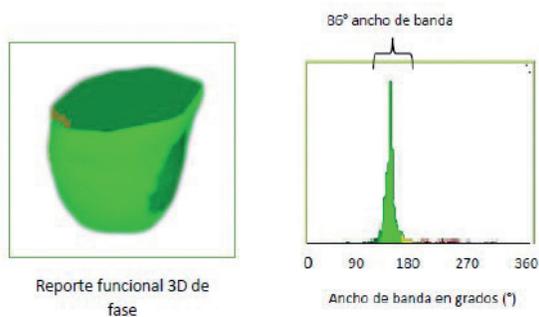
Procedimiento

La perfusión se realizó siguiendo el protocolo de la institución: dipiridamol intravenoso 0.56 mg/k en 4 minutos, 3-5 minutos después de terminada la infusión se administró el radiofármaco por vía endovenosa (99mTecnecio sestamibi, 12 mCi) (444 MBq). En aquellos con efectos adversos importantes por dipiridamol, se administró aminofilina 125-250 mg. La tomografía se practicó 60 minutos después de aplicar el radiofármaco, con el paciente en decúbito supino en la camilla tomográfica, se colocaron los electrodos y se programó SPECT de 64 vistas de 20 segundos cada una, iniciando en un ángulo de 45° hasta completar 180°, matriz de 64x64 modo Word, sincronizado con el *trigger* (sincronizador fisiológico) con 8 *frames* por cada intervalo RR. El procesamiento de los estudios se realizó mediante software QGS/QPS de Cedars-Sinai que proporciona valores automáticos de perfusión del ventrículo izquierdo a través del modelo de 20 segmentos, además de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, índice de dilatación transitoria del mismo ventrículo y volúmenes de fin de diástole y sístole.

Antes de iniciarse la reconstrucción se revisó el estudio crudo buscando movimientos del paciente, atenuaciones o artificios con el fin de corregirlos o repetir el procedimiento. Se utilizó software *wide beam reconstruction modo iterativo OSEM3D*, se revisó reorientación, zoom y las tres vistas; se enmascaró, filtró y se comparó con la base de datos de la población sana según el género, luego se cuantificó el escor isquémico en estrés y en reposo, el tamaño del defecto en porcentaje, el índice de dilatación transitoria del ventrículo, la fracción de eyección, los volúmenes en diástole y sístole. La interpretación de los estudios la realizaron dos especialistas en medicina nuclear.

Se diseñó una base de datos para recoger la información correspondiente a variables sociodemográficas (edad y género), antropométricas (peso y talla), antecedentes clínicos (tabaquismo y diabetes), clasificación funcional NYHA (*New York Heart Association*), antecedentes cardíacos (cateterismo cardíaco, bypass o stent coronario e infarto agudo de miocardio), parámetros electrocardiográficos (ritmo sinusal, ancho de QRS, bloqueo de rama izquierda o derecha del haz de His) y los resultados del SPECT: fracción de eyección del ventrículo izquierdo, volumen diastólico y sistólico, dilatación isquémica transitoria, escor isquémico en estrés, en reposo, isquémico diferencial, punto de última contracción, valor del ancho de banda y disincronía cardíaca definida como ancho de banda >135°. ²¹ Los parámetros electrocardiográficos fueron interpretados por dos médicos internistas en común acuerdo. La medición del ancho de banda se realizó de manera manual dividiendo 360 (valor máximo en grados del ancho de banda) entre 70 milímetros (tamaño máximo del eje "X" en el gráfico de histograma de fase) por el valor en milímetros del histograma de fase (figura 5).

A No respondedores a TRC



B Respondedores a TRC

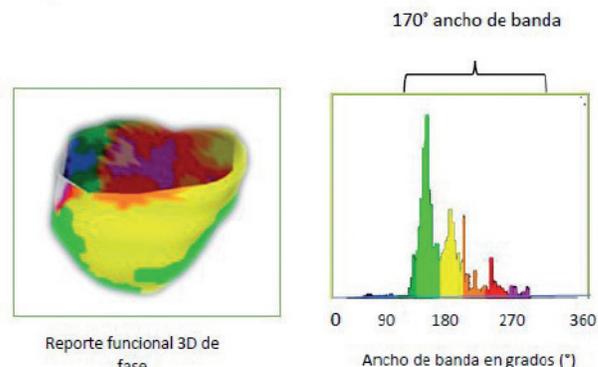


Figura 5. Pacientes respondedores o no a terapia de resincronización cardíaca (TRC). **A.** Ejemplo sin disincronía del ventrículo izquierdo en SPECT. La contracción sincrónica se refleja en un histograma homogéneo y un ancho de banda de 86°. **B.** Ejemplo de un paciente con disincronía del ventrículo izquierdo en SPECT, indicativa de una distribución heterogénea del histograma y un ancho de banda de 170°. Fuente: los autores.

Análisis estadístico

Las variables cualitativas sociodemográficas, clínicas y electrocardiográficas se realizaron por medio de frecuencias absolutas y relativas; las cuantitativas por medias y desviaciones estándar o medianas y rangos intercuantílicos, dependiendo si la distribución era normal (para lo cual se aplicó una prueba de Shapiro-Wilk).²²

Para explorar una posible asociación entre variables cualitativas se llevó a cabo un análisis de correspondencias múltiples, lo cual permite buscar relaciones de acuerdo con su proximidad o semejanza; los resultados se interpretan en función de su posición relativa y su proximidad a espacios dimensionales, sin necesidad de cumplir supuestos requeridos en otras pruebas (Ji cuadrado, prueba de Fisher, etc.) y se representan en un plano factorial.²³ Se consideraron como variables ilustrativas la presencia o ausencia de disincronía y como variables activas las sociodemográficas: género, índice de masa corporal; antecedentes clínicos: tabaquismo, diabetes mellitus, clasificación NYHA; antecedentes cardíacos: colocación de stent e infarto agudo de miocardio; parámetros electrocardiográficos: ancho de QRS >150 mseg, bloqueo de rama izquierda o derecha del haz de His; características de *SPECT*: fracción de eyección del ventrículo izquierdo y dilatación isquémica transitoria. Luego se calculó la frecuencia absoluta y relativa de estas variables en pacientes con y sin disincronía cardíaca.

Con el objetivo de describir un valor normal del ancho de banda (ancho del histograma de perfusión miocárdica) para la población estudiada; se calculó un intervalo de referencia del 90% usando la metodología de Wellek y col.^{24,25}, así como el paquete estadístico R (Reference intervals)²⁶; lo cual consiste en la eliminación de valores extremos y estimación de los límites del 5 y 95%, en la distribución de datos, como los valores dentro de los cuales se encuentra la normalidad. Se utilizaron los datos de los pacientes sin enfermedad y con características normales, es decir: sin sobrepeso, sin obesidad, exentos de antecedentes de tabaquismo o diabetes, clase funcional NYHA I y II, sin antecedentes cardíacos (infarto agudo de miocardio, cateterismo y/o bypass coronario), ritmo sinusal, ancho del QRS <150 mseg, sin bloqueos de ramas del haz de His y parámetros del *SPECT* normales (Score isquémico de estrés <3, dilatación isquémica transitoria <1.12 y un ancho de banda <135°). Este análisis tuvo un alcance descriptivo y los datos del estudio fueron procesados con el paquete estadístico stata 13® y R.

RESULTADOS

Se incluyeron 539 pacientes (230 mujeres y 309 hombres), la mediana de edad fue 68 años y peso de 70 k; el índice de masa corporal reflejó que la mayoría estaban con sobrepeso (195, 36.2%) y obesidad (127, 23.6%); 163 (30.2%) individuos tenían una clase funcional NYHA I y 47.7% III y IV. Respecto a los antecedentes clínicos, 261

(48.4%) eran fumadores y 145 diabéticos (26.9%); en los antecedentes cardíacos, el más frecuente fue cateterismo cardíaco (259 individuos, 48.1%) seguido de infarto agudo de miocardio (244, 45.3%), stent coronario (120, 22.3%) y cateterismo cardíaco (44, 8.2%). En la **tabla 1** se observan de manera detallada los resultados de las características sociodemográficas y clínicas.

Tabla 1. Características sociodemográficas y clínicas

Característica	N (%)
Sexo femenino	230 (42.7)
Edad – mediana (RIC)	68 (61-76)
Peso – mediana (RIC)	70 (62-80)
Talla – mediana (RIC)	1.63 (1.57-1.69)
IMC	
bajo	16 (3)
normal	201 (37.3)
sobrepeso	195 (36.2)
obesidad	127 (23.6)
Antecedentes clínicos	
tabaquismo	261 (48.4)
diabetes	145 (26.9)
Clasificación NYHA	
I	163 (30.2)
II	119 (22.1)
III	132 (24.5)
IV	125 (23.2)
Antecedentes cardíacos	
cateterismo	259 (48.1)
bypass coronario	44 (8.2)
stent coronario	120 (22.3)
IAM	244 (45.3)

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal; NYHA: New York Heart Association; IAM: infarto agudo de miocardio; RIC: rango intercuantílico. Fuente: los autores.

En relación con los parámetros electrocardiográficos, 519 pacientes tenían ritmo sinusal (96.3%), solo 33 (6.1%) un ancho de QRS mayor o igual a 150 mseg, 51 (9.5%) bloqueo de rama izquierda y 38 (7.1%) de la rama derecha (**tabla 2**).

En cuanto a los parámetros de *SPECT*, 372 (69%) tenían la fracción de eyección del ventrículo izquierdo mayor de 50%, 344 (63.8%) volumen diastólico menor de 120 ml, 494 (91.7%), escor isquémico diferencial menor de 3 puntos, la mediana del ancho de banda fue 113°, se observó disincronía en 202 pacientes (37.5%) y el punto de última contracción más frecuente fue el anteroseptal basal con 187 pacientes (34.7%). Los resultados detallados se presentan en las **tablas 3 y 4**.

Tabla 2. Parámetros electrocardiográficos

Característica	N (%)
Ritmo sinusal	519 (96.3)
Ancho de QRS mayor o igual a 150 mseg	33 (6.1)
BRIHH	51 (9.5)
BRDHH	38 (7.1)

Abreviaturas: BRIHH: bloqueo de rama izquierda del haz de His; BRDHH: bloqueo de rama derecha del haz de His. Fuente: los autores.

Tabla 3. Resultados del SPECT

Característica	N (%)
FEVI	
mayor de 50%	372 (69)
40-50%	68 (12.6)
menor de 40%	99 (18.4)
Volumen diastólico	
menor de 120 ml	344 (63.8)
mayor o igual a 120 ml	195 (36.2)
Volumen sistólico – mediana (RIC)	40 (21-73)
TID	
menor de 1.12	494 (91.7)
1.12 a 1.22	19 (3.5)
mayor de 1.22	26 (4.8)
SSS	
menor de 3 puntos	347 (64.4)
3 a 8 puntos	107 (19.8)
mayor de 8 puntos	85 (15.8)
SRS	
menor de 3 puntos	363 (67.4)
3 a 8 puntos	95 (17.6)
mayor a 8 puntos	81 (15)
SDS	
menor de 3 puntos	494 (91.7)
3 a 8 puntos	37 (6.9)
mayor de 8 puntos	8 (1.5)
Valor ancho de banda1 grupo total – mediana (RIC), media (DE)	113 (77-180), 142.4 (81.3)
Valor ancho de banda1 grupo sano – mediana (RIC), media (DE)	102 (77-128), 109.4 (42.9)
Valor ancho de banda1 grupo enfermos – mediana (RIC), media (DE)	118 (77-180), 143.6 (82.1)
Disincronía	207 (38.4)

Abreviaturas: FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; TID: dilatación isquémica transitoria; IAM: infarto agudo de miocardio; SSS: escore isquémico en estrés; SRS: escore isquémico en reposo; SDS: escore isquémico diferencial.1Medido en grados. Fuente: los autores.

Tabla 4. Punto de última contracción

Característica	N (%)
Anteroseptal basal	187 (34.7)
Inferoseptal basal	80 (14.8)
Anteroseptal mesial	57 (10.6)
Inferior basal	46 (8.5)
Inferoseptal mesial	40 (7.4)
Inferior mesial	25 (4.6)
Inferoapical	21(3.9)
Inferolateral mesial	19 (3.5)
Inferolateral basal	15 (2.8)
Apical	11 (2)
Apicoseptal	10 (1.9)
Anterior basal	7 (1.3)
Anteroapical	7 (1.3)
Anterolateral basal	5 (0.9)
Anterior mesial	3 (0.6)
Anteroateral mesial	3 (0.6)
Apicolateral	3 (0.6)

Fuente: los autores.

El análisis de correspondencias múltiples mostró que la disincronía fue más frecuente en el sexo masculino, individuos con sobrepeso, diabéticos, tabaquistas y con antecedentes cardíacos importantes como infarto agudo de miocardio y colocación de stent. Con respecto a los parámetros del *SPECT*, la disincronía se relacionó con una fracción de eyección del ventrículo izquierdo menor de 40% o entre 40 y 50%, y dilatación isquémica transitoria mayor de 1.22 o entre 1.12 y 1.22, lo cual es indicativo de enfermedad de múltiples vasos. En relación con la clase funcional NYHA, las distintas categorías se distribuyeron de manera similar entre pacientes con y sin disincronía. El plano factorial que representa estos resultados se presenta en la **figura 6**.

Al analizar la frecuencia relativa de las anteriores variables en pacientes con y sin disincronía, fue mayor en hombres (65.7%), en pacientes con sobrepeso (40.58%), con antecedentes de tabaquismo (51.21%) y estadio NYHA III (25.60%). Los antecedentes cardíacos fueron los más frecuentes en disincronía, siendo el infarto agudo de miocardio el que más se presentó (58.94%), seguido de cateterismo (58.45%), stent coronario (25.12%) y bypass coronario (10.14%). Entre los parámetros electrocardiográficos los más frecuentes fueron el bloqueo de rama izquierda del haz de His (14.49%) y ancho del QRS >150 mseg (8.70%). Los parámetros de *SPECT* más

frecuentes en disincronía fueron deterioro de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo <40% (41.06%) y fracción de eyección entre 40-50% (17.87%); además, 52.17% de los pacientes tenían volumen diastólico >120 ml, 4.83% dilatación isquémica transitoria entre 1.12 y 1.22, 9.66% escor isquémico diferencial entre 3 y 8 puntos y 2.90% mayor de 8 puntos, lo que nos indica que la disincronía se asocia con ICC, enfermedad de múltiples vasos y cardiopatía isquémica. Los resultados detallados se presentan en la **tabla 5**.

El ancho de banda fue calculado por el grupo total, los sanos y enfermos; en el primero la mediana fue 113°, el grupo sano de 102° y el de enfermos 118°. A partir de la población de pacientes sanos (n=18), se hizo una aproximación al cálculo del intervalo de referencia de un 90% del ancho de banda, que es la principal variable para determinar si un paciente presenta disincronía y podría ser candidato para responder a la terapia de resincronización cardíaca, el cual se encontró entre 25.317° y 193.572°. Los resultados detallados se pueden observar en la **figura 7**.

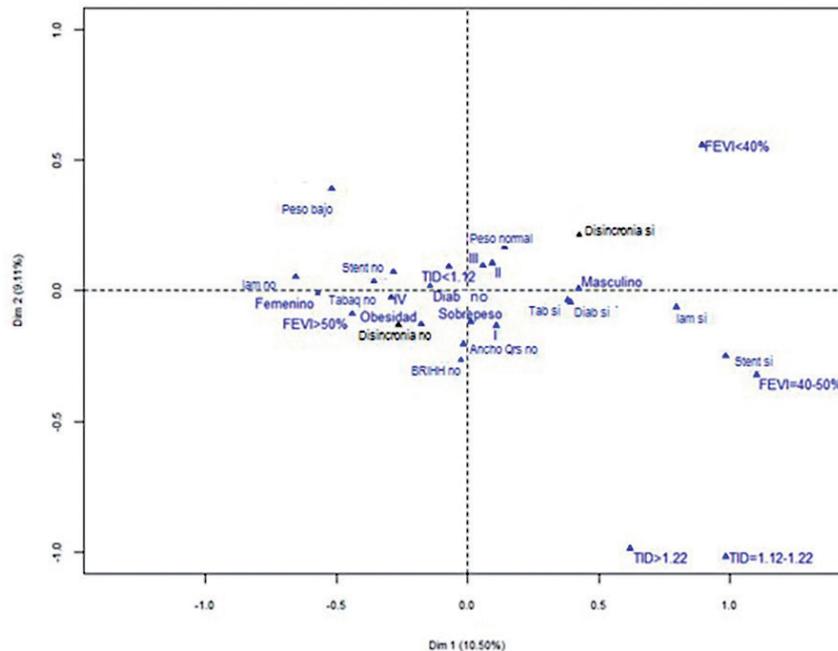


Figura 6. Factores asociados con disincronía. Plano factorial que representa la relación entre factores de riesgo y disincronía. Las variables se relacionan conforme es menor su cercanía espacial: sexo masculino, sobrepeso, tabaquista, FEVI (fracción de eyección del ventrículo izquierdo) < 40% y entre 40-50%, antecedentes de IAM (infarto agudo de miocardio), colocación de stent, TID (dilatación isquémica transitoria) > 1.22 y entre 1.12-1.22 se relacionaron con la presencia de disincronía, clasificación NYHA (New York Heart Association): I, II, III y IV. Fuente: los autores.

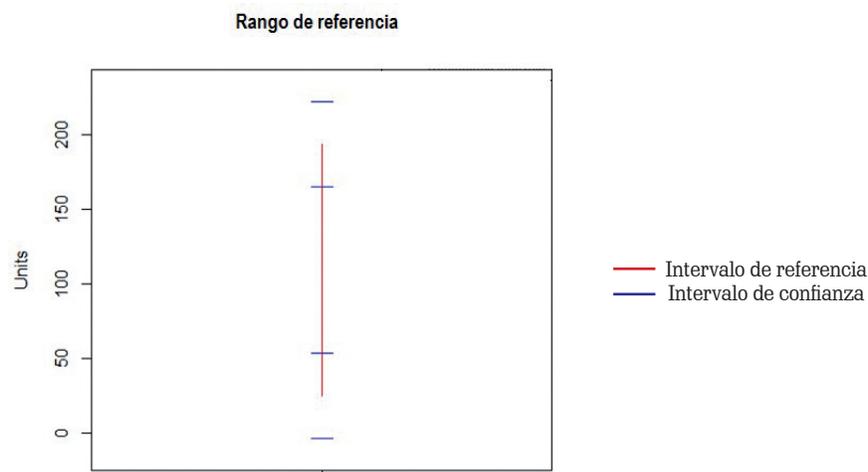


Figura 7 Intervalo de referencia del ancho de banda. La línea roja representa el intervalo de referencia para los valores normales del ancho de banda, los cuales están entre 25.317 y 193.572°. Aunque las líneas azules representan un intervalo de confianza del 95% para cada uno de los límites del intervalo de referencia, estos no se consideraron dado el alcance descriptivo de este análisis. Fuente: los autores.

Tabla 5. Características sociodemográficas, electrocardiográficas y de SPECT en pacientes con y sin disincronía

Característica	Sin disincronía N (%)	Con disincronía N (%)
Sexo femenino	159 (47.89)	71(34.30)
IMC		
bajo	10 (3.01)	6 (2.9)
normal	123 (37.05)	78 (37.68)
sobrepeso	111 (33.43)	84 (40.58)
obesidad	88 (26.51)	39 (18.84)
Antecedentes clínicos		
tabaquismo	155 (46.69)	106 (51.21)
diabetes	92 (27.71)	53 (25.6)
Clasificación NYHA		
I	105 (31.63)	58 (28.02)
II	71 (21.39)	48 (23.19)
III	79 (23.8)	53 (25.60)
IV	77 (23.19)	48 (23.19)
Antecedentes cardíacos		
cateterismo	138 (41.57)	121 (58.45)
bypass coronario	23 (6.93)	21 (10.14)
stent coronario	68 (20.48)	52 (25.12)
IAM	122 (36.75)	122 (58.94)
Ritmo sinusal	319 (96.08)	200 (96.62)
Ancho de QRS mayor o igual a 150 mseg	14 (4.52)	18 (8.70)
BRIHH	21 (6.33)	30 (14.49)
BRDHH	22 (6.63)	16 (7.73)
FEVI		
mayor de 50%	287 (86.45)	85 (41.06)
40-50%	31 (9.34)	37 (17.87)
menor de 40%	14 (4.22)	85 (41.06)
Volumen diastólico		
menor de 120 ml	245 (73.80)	99 (47.83)
mayor o igual a 120 ml	87 (26.2)	108 (52.17)
TID		
menor de 1.12	307 (92.47)	187 (90.34)
1.12-1.22	9 (2.71)	10 (4.83)
mayor de 1.22	16 (4.82)	10 (4.83)
SDS		
menor de 3 puntos	313 (94.28)	181 (87.44)
3 a 8 puntos	17 (5.12)	20 (9.66)
mayor de 8 puntos	2 (0.6)	6 (2.90)

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal; NYHA: New York Heart Association; IAM: infarto agudo de miocardio; RIC: rango intercuartílico; BRIHH: bloqueo de rama izquierda del haz de His; BRDHH: bloqueo de rama derecha del haz de His; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; TID: dilatación isquémica transitoria; SDS: score isquémico diferencial. Fuente: los autores.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que la terapia de resincronización cardíaca es una alternativa terapéutica que mejora la hemodinámica y los síntomas de los pacientes con falla cardíaca, la cardiología nuclear a través del *SPECT* gatillado permite evaluar disincronías mecánicas, determinando la fracción de eyección global y la perfusión miocárdica en un procedimiento simultáneo. Esta investigación describe la frecuencia de pacientes disincrónicos clasificados como respondedores a la terapia de resincronización cardíaca⁸, para esto se utilizó un valor de ancho de banda en el histograma de fase mayor o igual a 135° . Al mismo tiempo se anotan los valores promedios del ancho de banda de pacientes clasificados como sanos y las variables sociodemográficas, antropométricas, clínicas, cardíacas, electrocardiográficas y los parámetros del *SPECT*.

Los resultados demuestran unas características sociodemográficas de la población total donde predomina el género masculino, similar a lo reportado en la literatura internacional²⁷; la mediana de edad fue 68 años, la de peso 70 k y la talla de 1.63 mts. En cuanto al índice de masa corporal y teniendo en cuenta la sumatoria de pacientes obesos y con sobrepeso (127 y 195), se observó una tendencia de disincronía en este grupo, lo cual es de esperar en los pacientes con indicación de *SPECT* gatillado por sospecha de problemas cardíacos. En este trabajo la población con mayor disincronía, evaluada mediante análisis de fase del *SPECT* gatillado, fueron hombres (136 pacientes, 65.7%) y con sobrepeso (84 casos, 40.58%).

Los antecedentes clínicos investigados muestran un rol importante del tabaquismo como factor de riesgo observado en cerca de la mitad de la población (261 pacientes, 48.4%), de los cuales 106 presentaron disincronía; el antecedente de diabetes estuvo presente en 145 y de estos 53 tenían disincronía. Con respecto a la clasificación funcional de la NYHA fue muy variable, sin embargo aquellos en estadio NYHA III fueron los más relacionados con disincronía (53 casos, 25.6%).

Dentro de los antecedentes cardíacos investigados el infarto agudo de miocardio y el cateterismo cardíaco fueron los más frecuentes en la población total; siendo el primero el más asociado con disincronía, presente en 122 pacientes (58.94%), seguido de cateterismo 121 (58.45%), stent coronario 52 (25.12%) y *bypass* 21 (10.14%). Llama la atención el porcentaje tan bajo de stent coronarios (22.3%) lo cual se puede explicar por el desconocimiento sobre los procedimientos realizados durante su cateterismo cardíaco.

Los parámetros electrocardiográficos demostraron que la mayoría tenían ritmo sinusal en el momento del estudio de perfusión miocárdica (96.3%), tal vez porque muchos ya estaban medicados con antiarrítmicos y tenían diagnóstico de cardiopatía isquémica estabilizada. El ancho del QRS mayor o igual a 150 msec se halló en 33 pacientes (6.1% de la población general) de los cuales 18 se relacionaron

con disincronía, lo cual es de suma importancia ya que los disincrónicos deben cumplir este requisito (sin tomar en cuenta otros parámetros) para verificar el criterio de respondedor a terapia de resincronización cardíaca^{8,9}; otros parámetros como el bloqueo de la rama izquierda del haz de His y el de la rama derecha también fueron observados en menos casos (51 y 38 respectivamente).

En los resultados del *SPECT* gatillado verificamos que la mayoría tenía una fracción de eyección del ventrículo izquierdo mayor de 50% (372 pacientes, 69%), esto era esperado teniendo en cuenta que se incluyeron ambulatorios y en los resultados de la clasificación NYHA solo hubo 125 pacientes (23.2%) en estado funcional IV, muchos de los cuales estaban en recuperación posinfarto agudo. El índice de dilatación isquémica transitoria, utilizado como un signo indirecto de enfermedad multivasos, reflejó que apenas 26 pacientes (4.8%) tenían un valor mayor de 1.22 y 494 (91.7%) inferior a 1.12; esto nos indica que una minoría tenía enfermedad de múltiples vasos y requerían una cirugía de *bypass* coronario. Los ecores isquémicos tanto en estrés como en reposo demuestran en su mayoría valores menores de 3 puntos, por lo que nos puede indicar que la mayoría no tenía problemas isquémicos. En cuanto al escore isquémico diferencial, en 494 pacientes (91.7%) el valor era inferior a 3 puntos, valor que debe tomarse con cautela pues no solo puede corresponder a pacientes normales sino a individuos con necrosis cardíaca. Los puntos más frecuentes de última contracción fueron el anteroseptal basal (34.7%), inferoseptal basal (14.8%) y el anteroseptal mesial (10.6%), lo cual era esperado teniendo en cuenta que la literatura reporta a la pared septal como el punto de última contracción más frecuente.^{14,28}

Los parámetros de *SPECT* que con mayor frecuencia se relacionaron con disincronía fueron el deterioro de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo entre 40-50% [37 pacientes (17.87%)] y <40% [85 pacientes (41.06%)]. Le siguen el volumen diastólico >120 ml [108 pacientes (52.17%)], la dilatación isquémica transitoria entre 1.12 y 1.22 [10 pacientes (4.83%)], el escore isquémico diferencial entre 3 y 8 puntos [20 pacientes (9.66%)] y el mayor de 8 puntos [6 pacientes (2.90%)]. Lo anterior nos sugiere que la disincronía se asocia con pacientes con ICC, enfermedad de múltiples vasos y cardiopatía isquémica.

La mediana del ancho de banda fue 113° para el grupo total, 102° para los sanos y 118° los enfermos; el intervalo de referencia del ancho de banda para nuestra población fue calculada entre 25.317° - 193.572° . Tomando en cuenta solo el presente estudio, estos datos eran lógicos ya que en el grupo de pacientes sanos no se espera encontrar anchos de banda amplios, al contrario de los enfermos. Cuando comparamos las diversas publicaciones²¹, nuestro estudio muestra valores mayores de ancho de banda, esto se puede explicar porque no hay reportes previos en nuestra institución para tener valores de referencia propios tanto en sanos como en enfermos.

Debido a que es necesario normalizar un valor para el ancho de banda en cada institución de salud, este dato podría cobrar un papel relevante debido a que aporta información para clasificar a los pacientes de nuestro hospital en respondedores o no a la terapia de resincronización cardíaca; así mismo sirve como base para estimar el tamaño de la muestra para estudios encaminados a la determinación de valores de referencia. Nuestra investigación podría ser de utilidad para categorizar a los pacientes con y sin disincronía, clasificándolos como posibles respondedores a la terapia de resincronización cardíaca.

CONCLUSIÓN

El uso de la nueva herramienta del análisis de fase en medicina nuclear es factible y útil para determinar los pacientes respondedores a la terapia de resincronización cardíaca.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del servicio de medicina nuclear del Hospital de San José por su colaboración en la recolección de los datos.

DECLARACIÓN CONFLICTO DE INTERÉS

Todos los investigadores declaran no presentar algún conflicto de interés.

DECLARACIÓN DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

Esta investigación no recibió financiación institucional.

FUENTES DE APOYO

Gammacámaras del servicio de medicina nuclear del Hospital de San José de Bogotá. No se recibieron salarios ni subsidios.

REFERENCIAS

- Orso F, Fabbri G, Pietro Maggioni A. Epidemiology of Heart Failure. *Handb Exp Pharmacol*. 2017;243:15-33. doi: 10.1007/164_2016_74
- Angelidis G, Giamouzis G, Karagiannis G, Butler J, Tsougos I, et al. SPECT and PET in ischemic heart failure. *Heart Fail Rev*. 2017;22(2):243-261. doi: 10.1007/s10741-017-9594-7
- Murphy SP, Ibrahim NE, James L, Januzzi Jr JL. Heart Failure With Reduced Ejection Fraction: A review. *JAMA*. 2020;324(5):488-504. doi: 10.1001/jama.2020.10262
- Tian Y, Zhao M, Li W, Zhu Z, Mi H, Li X, Zhang X. Left ventricular mechanical dyssynchrony analyzed by Tc-99m sestamibi SPECT and F-18 FDG PET in patients with ischemic cardiomyopathy and the prognostic value. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2020;36(10):2063-2071. doi: 10.1007/s10554-020-01904-7
- Juarez-Orozco LE, Monroy-Gonzalez A, J Prakken NH, Noordzij W, et al. Phase analysis of gated PET in the evaluation of mechanical ventricular synchrony: A narrative overview. *J Nucl Cardiol*. 2019;26(6):1904-1913. doi: 10.1007/s12350-019-01670-7
- Wiefels Reis CC, do Nascimento EA, Ribeiro Dias FB, Ribeiro ML, Bispo Wanderley AP, Batista LA, Peixoto Nunes TH, Tinoco Mesquita C. Applicability of Myocardial Perfusion Scintigraphy in the Evaluation of Cardiac Synchronization. *Arq Bras Cardiol - Imagem Cardiovasc*. 2017;30(2):54-63. doi: 10.5935/2318-8219.20170013
- Marín-Oyaga V, Gutiérrez-Villamil C, Dueñas-Criado K, Arévalo-Leal S. Phase analysis for the assessment of left ventricular dyssynchrony by Gated Myocardial Perfusion SPECT. Importance of clinical and technical parameters. *Rev Fac Med*. 2017; 65(3):453-9. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n3.59488>
- Ojo A, Tariq S, Harikrishnan P, Iwai SJacobson JT. Cardiac Resynchronization Therapy for Heart Failure. *Interv Cardiol Clin*. 2017;6(3):417-426. doi: 10.1016/j.iccl.2017.03.010
- Katbeh A, Van Camp G, Barbato E, Galderisi M, Trimarco B, Bartunek J, et al Cardiac Resynchronization Therapy Optimization: A Comprehensive Approach. *Cardiology*. 2019;142(2):116-128. doi: 10.1159/000499192
- Thomas G, Kim J, Lerman BB. Improving Cardiac Resynchronisation Therapy. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2019;8(3):220-227. doi: 10.15420/aer.2018.62.3
- Waddingham PH, Lambiase P, Muthumala A, Rowland E, Wc Chow A. Fusion Pacing with Biventricular, Left Ventricular-only and Multipoint Pacing in Cardiac Resynchronisation Therapy: Latest Evidence and Strategies for Use. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2021;10(2):91-100. doi: 10.15420/aer.2020.49
- Mele D, Trevisan F, Fiorencis A, Smarrazzo V, Bertini M Ferrari R. Current Role of Echocardiography in Cardiac Resynchronization Therapy: from Cardiac Mechanics to Flow Dynamics Analysis. *Curr Heart Fail Rep*. 2020;17(6):384-396. doi: 10.1007/s11897-020-00484-w
- Piekarski E, Manrique A, Rouzet F, Le Guludec D. Current Status of Myocardial Perfusion Imaging With New SPECT/CT Cameras. *Semin Nucl Med*. 2020;50(3):219-226. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2020.02.009
- Czaja-Ziółkowska MZ, Wasilewski JP, Glowacki J, Wygoda Z, G sior M. Useful assessment of myocardial viability and dyssynchrony from gated perfusion scintigraphy for better qualification for resynchronization therapy. Part 3. *Kardiochir Torakochirurgia Pol*. 2020;17(3):155-159. doi: 10.5114/kitp.2020.99080
- Obeng-Gyimah E, Nazarian S. Cardiac Magnetic Resonance as a Tool to Assess Dyssynchrony. *Card Electrophysiol Clin*. 2019;11(1):49-53. doi: 10.1016/j.ccep.2018.11.007
- Mele D, Luisi JA, Malagù M, Laterza A, Ferrari R, Bertini M. Echocardiographic evaluation of cardiac dyssynchrony: Does it

- still matter?. *Echocardiography*. 2018;35(5):707-715. doi: 10.1111/echo.13902
17. Nakajima K, Okuda K, Matsuo S, Kiso K, Kinuya S, Garcia EV. Comparison of phase dyssynchrony analysis using gated myocardial perfusion imaging with four software programs: Based on the Japanese Society of Nuclear Medicine working group normal database. *J Nucl Cardiol*. 2017;24(2):611-621. doi: 10.1007/s12350-015-0333-y
 18. Noordzij W, Slart RH. Clinical value of quantitative measurements derived from GATED SPECT: motion and thickening, volumes and related LVEF. *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2018;62(3):321-324. doi: 10.23736/S1824-4785.16.02868-X
 19. Tao N, Qiu Y, Tang H, Qian Z, Wu H, Zhu R, Wang Y, et al. Assessment of left ventricular contraction patterns using gated SPECT MPI to predict cardiac resynchronization therapy response. *J Nucl Cardiol*. 2018;25(6):2029-2038. doi: 10.1007/s12350-017-0949-1
 20. Valzania C, Bonfiglioli R, Fallani F, Martignani C, Ziacchi M, Diemberger I, et al. Single-photon cardiac imaging in patients with cardiac implantable electrical devices. *J Nucl Cardiol*. 2020;29(2):633-641. doi: 10.1007/s12350-020-02436-2
 21. de Souza Filho EM, Tinoco Mesquita C, Altenburg Gismondi R, de Amorim Fernandes F, Jan Verberne H. Are there normal values of phase analysis parameters for left ventricular dyssynchrony in patients with no structural cardiomyopathy?: a systematic review. *Nucl Med Commun*. 2019;40(10):980-985. doi: 10.1097/MNM.0000000000001068
 22. Bishara AJ, Li J, Conley C. Informal versus formal judgment of statistical models: The case of normality assumptions. *Psychon Bull Rev*. 2021;28(4):1164-1182. doi: 10.3758/s13423-021-01879-z
 23. Soares Costa P, Correia Santos N, Cunha P, Cotter J, Sousa N. The Use of Multiple Correspondence Analysis to Explore Associations between Categories of Qualitative Variables in Healthy Ageing. *J Aging Res*. 2013;2013:302163. doi: 10.1155/2013/302163
 24. Wellek S, Lackner KJ, Jennen-Steinmetz C, Reinhard I, Hoffmann I, Blettner M. Determination of reference limits: statistical concepts and tools for sample size calculation. *Clin Chem Lab Med*. 2014;52(12):1685-1694. doi: 10.1515/cclm-2014-0226
 25. Liu W, Bretz F, Cortina-Borja M. Reference range: Which statistical intervals to use?. *Stat Methods Med Res*. 2021;30(2):523-534. doi: 10.1177/0962280220961793
 26. Intervals DFR. 2014;{ [cite on 13 Feb 2018]}.
 27. Romero-Farina G, Aguadé-Bruix S, Candell-Riera J, Pizzi MN, García-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;22(6):1247-58. doi: 10.1007/s12350-015-0143-2
 28. Nguyễn UC, Verzaal NJ, van Nieuwenhoven FA, Vernooij K, Prinzen FW. Pathobiology of cardiac dyssynchrony and resynchronization therapy. *Europace*. 2018;20(12):1898-1909. doi: 10.1093/europace/euy035

