

Utilidad de la ecocardiografía speckle tracking para la evaluación de viabilidad miocárdica.

Usefulness of speckle tracking echocardiography for the evaluation of myocardial viability.

VICENTE E. LOGROÑO-GÓMEZ¹, SHEILA HECHAVARRÍA-POUYMIRÓ¹, LÁZARO O. CABRERA-RODRÍGUEZ², LIDIA M. RODRÍGUEZ-NANDE³.

1. Departamento de Ecocardiografía, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

2. Departamento de Medicina Nuclear, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

3. Departamento de Bioestadística, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Objetivo: La viabilidad miocárdica es el mejor determinante de recuperación de la función ventricular izquierda luego de la revascularización. El objetivo del presente estudio es evaluar la utilidad de la ecocardiografía speckle tracking para el diagnóstico de viabilidad miocárdica en pacientes con diagnóstico de infarto de miocardio.

Métodos: Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal, en 23 pacientes con diagnóstico de infarto de miocardio atendidos en el Departamento de Medicina Nuclear del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular de la Habana. Se analizaron variables epidemiológicas, electrocardiográficas, ecocardiográficas y la correlación entre la tomografía por emisión de fotón único y strain longitudinal segmentario para el estudio de viabilidad miocárdica. Se calcularon el coeficiente Kappa y las medidas de validez de la prueba.

Resultados: La edad media de la población fue de 58,7 años, sexo masculino 82,6%, factores de riesgo más frecuentes hipertensión arterial (78,3%) y tabaquismo (43,5%). La localización de infarto inferior fue la más frecuente (69,6%). Un valor de corte de -12% de strain longitudinal segmentario obtuvo un coeficiente de correlación kappa=0,592, una sensibilidad y especificidad del 97,1% y 56,3% para la detección de viabilidad miocárdica en comparación con la tomografía por emisión de fotón único.

Conclusión: La ecocardiografía speckle-tracking demostró ser una herramienta útil para evaluar viabilidad miocárdica.

Palabras clave: Viabilidad miocárdica, speckle-tracking, strain, tomografía computarizada de emisión de fotón único.

SUMMARY

Objective: Myocardial viability is the best determinant of recovery of left ventricular function after revascularization. The objective of this study is to assess the usefulness of speckle-tracking echocardiography for the diagnosis of myocardial viability in patients with a diagnosis of myocardial infarction.

Method: An observational, descriptive, cross-sectional study was carried out in 23 patients with a diagnosis of myocardial infarction treated in the nuclear department of Cardiology and Cardiovascular Surgery Institute in Havana. Epidemiological, electrocardiographic, and echocardiographic variables and the correlation between single photon emission tomography and segmental longitudinal strain were analyzed for the myocardial viability study. The Kappa coefficient and the test validity measures were calculated.

Results: Mean age 58.7 years, male sex 82.6%, the most prevalent risk factors were hypertension (78.3%) and smoking (43.5%). The most frequent myocardial infarction location was the inferior wall (69.6%). A cut-off value of -12% for segmental longitudinal strain obtained a correlation coefficient $\kappa=0.592$, a sensitivity and specificity of 97.1% and 56.3% for the detection of myocardial viability compared to single photon emission tomography.

Conclusion: Speckle-tracking echocardiography proved to be a useful tool to assess myocardial viability.

Keywords: Myocardial viability, speckle-tracking, strain, single photon emission computerized tomography.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad cardiovascular aterosclerótica (ECAS), sigue siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, con un alto impacto económico en los sistemas de salud.¹⁻² La aterosclerosis es un proceso inflamatorio crónico, generalizado y progresivo que se desarrolla a nivel arterial.³⁻⁴ La enfermedad coronaria (EC), se describe como la acumulación de placas de ateroma en las arterias coronarias epicárdicas, las cuales pueden presentar periodos largos de estabilidad, o desestabilizarse en cualquier momento y desencadenar síndromes coronarios agudos.⁵

La cuarta definición de infarto agudo de miocardio (IAM), por consenso de la Sociedad Europea y Americana de Cardiología, se define como la presencia de daño miocárdico agudo detectado por la elevación de biomarcadores cardíacos en un contexto clínico congruente con isquemia miocárdica aguda.⁶

El deterioro de la función contráctil del ventrículo izquierdo (VI), secundario a isquemia miocárdica, se debe generalmente a hibernación, aturdimiento o necrosis miocárdica. La necrosis alude a una disfunción cardíaca irreversible, mientras que la hibernación y el aturdimiento reflejan reversibilidad de la función cardíaca cuando se reestablece el flujo coronario, mediante la revascularización.⁷ La extensión de tejido

miocárdico viable (hibernado o aturdido), es reconocido como el mejor determinante de recuperación de la función ventricular izquierda después de un IAM.⁸

La tomografía por emisión de positrones (PET) con F-18 fluorodesoxiglucosa (18F-FDG), es el estándar de oro para la evaluación de viabilidad miocárdica.⁹⁻¹⁰ Sin embargo, las principales limitaciones de la PET son sus altos costos y además solo se la realiza en centros especializados por lo que es poco accesible.¹¹ La evaluación de la deformación miocárdica (*strain* y *strain rate*) mediante ecocardiografía *speckle-tracking* de dos dimensiones (2D), ha surgido como una técnica novedosa para la evaluación objetiva y cuantitativa de la función miocárdica global y regional, así como también para la evaluación de viabilidad miocárdica.¹²⁻¹³ El *speckle tracking* (método rastreo del moteado o seguimiento de marcas), permite evaluar la deformación miocárdica de forma precisa ángulo-independiente, es capaz de detectar pequeñas diferencias en la textura o moteado de cada segmento miocárdico diferenciando claramente un segmento de otro, una vez identificado el moteado de un segmento miocárdico, se lo puede rastrear (*tracking*) y medir en múltiples momentos del ciclo cardíaco y calcular su estiramiento o retracción (deformación), a partir de un punto cero que se debe conocer o fijar previamente.¹⁴

En el Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICCCV) de La Habana, no se cuenta con trabajos acerca de la ecocardiografía *speckle tracking* y teniendo en cuenta la importancia de la revascularización miocárdica en pacientes que han sufrido un infarto previo, creemos que es importante determinar si esta modalidad ecocardiográfica tiene utilidad en la evaluación de viabilidad miocárdica, lo que nos motivó a realizar este trabajo.

MÉTODO

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal en el Departamento de Medicina Nuclear y de Ecocardiografía del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular en La Habana, Cuba, durante el periodo enero-abril de 2020.

La muestra no probabilística estuvo conformada por 23 pacientes que cumplieron los siguientes criterios de inclusión: 1) aceptaron participar en el estudio; 2) documentación inequívoca de infarto de miocardio por SPECT; 3) pacientes en los cuales se realizó adecuadamente el protocolo de viabilidad miocárdica mediante SPECT, 4) buena ventana acústica ecocardiográfica, 5) ritmo sinusal durante el estudio.

GATED-SPECT.

El protocolo de viabilidad miocárdica realizado a los 23 pacientes incluidos en este trabajo, consistió en la administración intravenosa en reposo de 20 milicurios (mCi), del radiofármaco Tecnecio 99m (Tc99m) metoxi-isobutil-isonitrilo (MIBI). Una hora después de la inyección del radiofármaco se realiza la adquisición de las imágenes mediante la cámara gamma SPECT de doble detector SIEMENS (Alemania), con sincronización electrocardiográfica. Se analizaron los 17 segmentos miocárdicos y se consideró miocardio viable a los segmentos que tuvieron una captación mayor del 50% de tecnecio y miocardio no viable a los segmentos con captación inferior al 50%. Además, la sincronización con el electrocardiograma nos permitió evaluar el volumen telediastólico, el volumen telesistólico y la fracción de eyección del VI.

ECOCARDIOGRAFÍA SPECKLE TRACKING EN 2 DIMENSIONES (EST-2D).

El estudio ecocardiográfico se realizó 24 horas después de haber realizado el protocolo de viabilidad por *Gated-SPECT*.

Se utilizó un equipo de ecocardiografía Philips EPIQ 7C (Eindhoven, Holanda), con función Quick SAVE, transductor de 2,5 MHz. Las mediciones se realizaron acorde con las recomendaciones de la American Society of Echocardiography (ASE).¹⁵ El paciente se colocó en decúbito lateral izquierdo, con sincronización electrocardiográfica. Los valores de función sistólica se determinaron por métodos volumétricos, Simpson y por deformación, *speckle-tracking* 2D.

Mediante técnicas de *speckle-tracking* 2D se cuantificó el valor *strain* longitudinal pico sistólico por segmentos y se promediaron los 17 segmentos para obtener *strain* longitudinal global (SLG). Las 3 vistas apicales (4, 3 y 2 cámaras) fueron adquiridas en escala de grises con frame rate altos (entre 50-70 f/s), promediando 2 ciclos cardíacos, usando el software QLab SQ (Phillips. Eindhoven, Holanda), aquellos segmentos inadecuadamente evaluados por *speckle-tracking* 2D fueron excluidos del análisis. Se utilizó un valor de corte de -12% de *strain* longitudinal segmentario medido por *speckle tracking* para catalogar como segmento viable, basándonos en un trabajo realizado por Cimino et al., el cual usó un equipo y software Phillip, equipo del que dispone el Departamento de Ecocardiografía del ICCCV.¹⁶

RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se utilizó una planilla de recolección de datos confeccionada por el autor y validada por el Departamento de Ecocardiografía y Medicina Nuclear, en la que se recolectaron todos los datos de las variables de estudio. Los cálculos de normalidad de las variables y las diferencias de las medias se realizaron con el método de Kolmogorov- Smirnov y Shapiro-Willk.

Las variables cuantitativas se describen mediante valores medios y su desviación estándar y las cualitativas o categóricas en frecuencias absolutas y relativas.

Para establecer el grado de concordancia entre la ecocardiografía *speckle tracking* y SPECT para evaluar viabilidad miocárdica se calculó el coeficiente de Kappa y se clasificó de acuerdo con la escala propuesta por Landis y Koch.¹⁷ Las medidas para medir validez de pruebas diagnósticas utilizadas fueron: sensibilidad, especificidad, valores predictivos, razones de verosimilitud, índice de validez e índice de Youden. Se trabajó con intervalos de confianza del 95% y la significación estadística a partir de valores de p menores de 0,05.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS DE LOS PACIENTES ESTUDIADOS.

VARIABLES	N=23	
Edad	Media: 58,7 años. Desviación estándar: ± 10,8	
SEXO	Nº	%
Femenino	4	17,4
Masculino	19	82,6
FACTORES DE RIESGO	Nº	%
Obesidad	5	21,7
HTA	18	78,3
Diabetes mellitus	9	39,1
Dislipidemia	4	17,4
Tabaquismo	10	43,5
Antecedente familiar de EAC	2	8,7
LOCALIZACIÓN ELECTROCARDIOGRÁFICA DEL IAM	Nº	%
Anterior	7	30,4
Inferior	16	69,6

HTA: hipertensión arterial, EAC: enfermedad arterial coronaria

TABLA 2. FRACCIÓN DE EYECCIÓN Y VOLÚMENES VENTRICULARES ESTIMADOS POR ECOCARDIOGRAFÍA Y SPECT.

VARIABLE	N=23	
Método Simpson	MEDIA	DS
VTD ml	103,8	± 29,9
VTS ml	50,2	± 19,8
FEVI Simpson %	52,7	± 8,7
MODALIDAD STRAIN LONGITUDINAL	MEDIA	DS
VTD ml	113,5	± 27,9
VTS ml	55,3	± 20,6
FEVI STRAIN %	52,3	± 7,8
SPECT	MEDIA	DS
VTD ml	121,4	± 53,5
VTS ml	69,6	± 51,2
FEVI SPECT %	47,5	± 16,9

FEVI: fracción de eyección, VTD: volumen telediastólico, VTS: volumen telesistólico, SPECT: tomografía por emisión de fotón único, DS: desviación estándar.

RESULTADOS

Se estudiaron 23 pacientes, cuyas características demográficas y clínicas se muestran en la Tabla 1, mientras que en la Tabla 2 se resumen los datos ecocardiográficos y de SPECT con respecto a los volúmenes y a la FEVI.

De los 23 pacientes incluidos en este estudio, 19 fueron del sexo masculino (82,6%) y la edad media fue de 58,7 años. Los

principales factores de riesgo asociados a infarto fueron la HTA y el tabaquismo.

La FEVI media calculada por Simpson, *Strain* y SPECT, fueron 52,7%, 52,3% y 47,5% respectivamente, los volúmenes telediastólicos fueron de 103,8 ml para el método Simpson, 113,5 ml para el *Strain* y 121,4 ml para el SPECT, y los volúmenes telesistólicos fueron de 50,2 ml para el método Simpson, 55,3 ml para el *Strain* y 69,6 ml para el SPECT.

Un total de 50 segmentos con hipocaptación de tecnecio fueron analizados de forma comparativa con la ecocardiografía *speckle-tracking*. La Tabla 3 muestra la concordancia entre el *strain* longitudinal segmentario y el SPECT para detectar viabilidad miocárdica. Se obtuvo el coeficiente $kappa=0,592$, lo cual refleja un grado de concordancia moderada entre estas dos técnicas.

La Tabla 4 muestra el rendimiento diagnóstico del SLS con un valor de corte de -12% para detectar viabilidad miocárdica segmentaria en correlación con el SPECT, obteniéndose una sensibilidad y especificidad del 82,5% y 90% respectivamente.

TABLA 3. CORRELACIÓN ENTRE LOS SEGMENTOS MIOCÁRDICOS VIABLES Y NO VIABLES EVALUADOS POR STRAIN LONGITUDINAL SEGMENTARIO EN COMPARACIÓN CON EL SPECT.

	SPECT		TOTAL
	VIABLE	NO VIABLE	
SLS			
VIABLE	33	1	34
NO VIABLE	7	9	16
TOTAL	40	10	50

$K = 0,592$ 95% IC: [0,348 – 0,836] $p < 0,0001$

K: coeficiente Kappa, SLS: strain longitudinal segmentario

TABLA 4. VALOR DIAGNÓSTICO DEL STRAIN LONGITUDINAL SEGMENTARIO EN LA EVALUACIÓN DE VIABILIDAD MIOCÁRDICA EN COMPARACIÓN CON EL SPECT.

	S	E	VPP	VPN	RVP	RVN	IV	IY
	%	%	%	%	%	%	%	%
SLS	82,5	90	97,1	56,25	8,25	0,19	84	0,53
(Valor de corte -12%)								

SLS: strain longitudinal segmentario, S: sensibilidad, E: especificidad, VPP: valor predictivo positivo, VPN: valor predictivo negativo, RVP: razón de verosimilitud positiva, RVN: razón de verosimilitud negativa, IV: índice de validez, IY: índice de Youden

DISCUSIÓN

No cabe duda de las ventajas de la gated-SPECT para la cuantificación de los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección del VI, es una técnica con alta resolución espacial y buena reproducibilidad, que además nos permite evaluar la perfusión miocárdica, contractilidad y sincronismo. No obstante, sus principales limitaciones son: su poca disponibilidad en los centros hospitalarios, su elevado costo, la radiación y la dificultad de poder realizarla en pacientes con alteraciones del ritmo cardíaco (que no permitan una correcta sincronización electrocardiográfica). Esto hace que la ecocardiografía, una técnica de imagen ampliamente disponible y más económica, sea interesante y aplicable en estos escenarios y con las nuevas modalidades de *speckle tracking*, una herramienta valiosa para el estudio de los volúmenes ventriculares y la función del VI.

La identificación del miocardio disfuncional potencialmente recuperable puede ayudarnos en la toma de decisiones para la revascularización miocárdica, por tal motivo, las pruebas de imagen para la detección de viabilidad miocárdica tienen implicaciones clínicas importantes.¹⁸ El estudio de la deformación miocárdica mediante *speckle tracking* ha demostrado ser prometedora en la evaluación de la viabilidad miocárdica. Valores altos de *strain* (más negativos), se han asociado con presencia de miocardio viable.^{8,18}

En el trabajo realizado se evaluó la concordancia entre la ecocardiografía *speckle tracking* y la SPECT en el diagnóstico de viabilidad miocárdica, se encontró un grado de concordancia moderado (K=0,592; p<0,0001). El SLS con un valor de corte de -12% obtuvo una sensibilidad y especificidad del 82,5% y 90% respectivamente, para detectar segmentos miocárdicos catalogados como viables por SPECT. (Figuras 1 y 2)

Cimino *et al.* incluyó 250 segmentos miocárdicos de pacientes con diagnóstico de IAM, realizó un estudio comparativo entre el grado de extensión del realce tardío de la CRM y la ecocardiografía *speckle tracking* 2-D.¹⁶ Con un valor de corte SLS de -12% identificó infarto no transmural (viable), con una sensibilidad y especificidad del 82% y 78% respectivamente. Mientras que con un valor de corte *strain* longitudinal segmentario de -11% identificó infarto transmural con una sensibilidad y especificidad de 75% y 78% respectivamente.

Un trabajo realizado por Liu *et al.* en 45 pacientes ingresados con diagnóstico de IAM, de los cuales obtuvo 218 segmentos

miocárdicos para el análisis con ecocardiografía *speckle tracking* y SPECT.¹⁹ Un valor de corte *strain* longitudinal segmentario de -11,2%, obtuvo una sensibilidad, especificidad y precisión para detectar viabilidad miocárdica del 77,1%, 65,4% y 72,9% respectivamente, mostrando buena correlación con la perfusión miocárdica SPECT con tecnecio.

Otro estudio realizado por Gong *et al.* en 42 pacientes hospitalizados con IAM, 259 segmentos miocárdicos estuvieron disponibles para el análisis.²⁰ Con un valor de corte *strain*

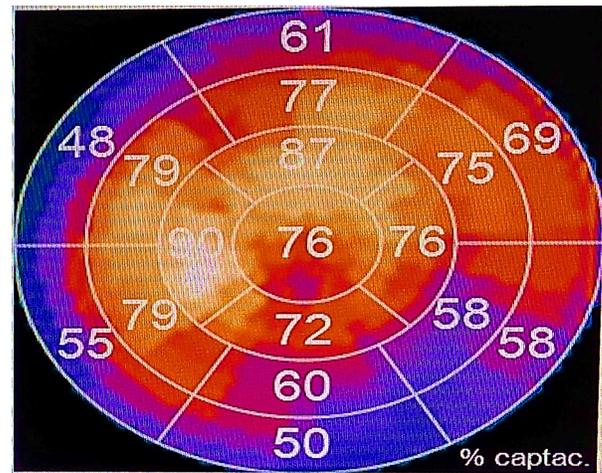


Figura 1. Imagen que muestra el estudio de medicina nuclear SPECT que corresponde a un paciente incluido en el estudio. Se aprecia un infarto inferior e infero-lateral viable.

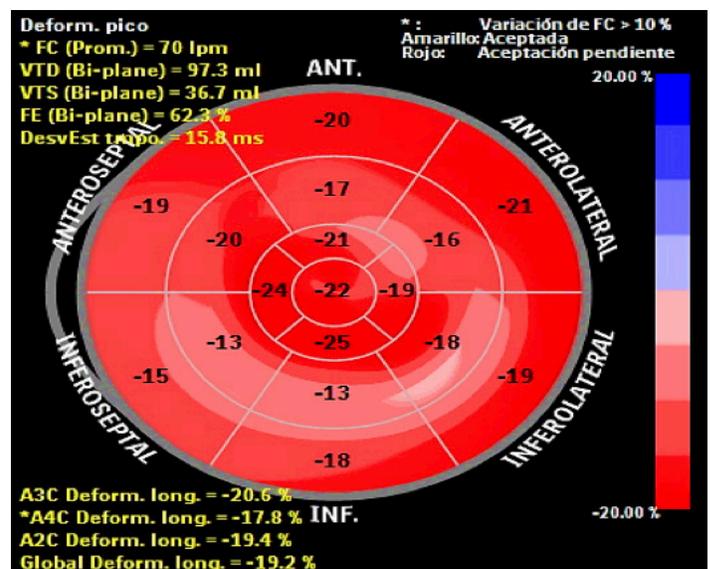


Figura 2. Imagen de bull eye que muestra el SLS que corresponde al mismo paciente de la Figura 1. Se aprecia afección del SLS de los segmentos inferiores con viabilidad conservada

longitudinal segmentario de -10,75% identificó viabilidad miocárdica con una sensibilidad y especificidad del 67,8% y 63% respectivamente, inferior a la obtenida por SPECT con Tc-MIBI más F-18 fluorodesoxiglucosa. Sin embargo, al implementar dosis bajas de dobutamina a la ecocardiografía *speckle tracking* con un valor de corte *strain* segmentario de -14% la sensibilidad y especificidad mejoraron con un 86% y 87% respectivamente.

Sharma *et al.* realizaron un estudio comparativo entre el PET con F-18 fluorodesoxiglucosa y la ecocardiografía *speckle tracking* (estudio en reposo y luego con dosis bajas de dobutamina), para evaluar viabilidad miocárdica.²¹ El PET fue la prueba gold estándar, incluyeron 298 segmentos miocárdicos para el análisis, y se obtuvo una sensibilidad de 68,8% y una especificidad de 68,8% de la ecocardiografía *speckle tracking*-2D en reposo para detectar viabilidad con un valor de corte de -11,45% de *strain* longitudinal segmentario. El uso de dosis bajas de dobutamina tomando un valor de corte de *strain* longitudinal segmentario de -12,85 mejoró la sensibilidad a un 75%.

Como se pudo ver en los estudios descritos anteriormente hay cierto grado de variabilidad con respecto al valor de corte de SLS, esto puede explicarse por el uso de distintos equipos y softwares actualmente disponibles para la adquisición del *strain*. Farsalinos *et al.* publicaron un estudio comparativo entre 7 equipos de ecocardiografía con software para realizar *speckle tracking*, y encontraron un sesgo moderado, pero estadísticamente significativo entre los equipos ($p < 0,001$), la mayor diferencia de *strain* entre proveedores de equipos fue de 3,7%.²² Dos de los proveedores más utilizados (General Electric y Phillips) muestran un sesgo del 2,1%, siendo los valores *strain* más altos para el General Electric.²²⁻²³ Por lo tanto, uno de los principales objetivos de la European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) y de la American Society of Echocardiography (ASE) es estandarizar el *strain*, promoviendo iniciativas para reducir la variabilidad entre los distintos proveedores de software *speckle tracking*. Al momento se realizan reuniones bianuales con los servidores técnicos y con las sociedades de ecocardiografía para cumplir dicho objetivo.²⁴ En este trabajo investigativo utilizamos el valor de corte de SLG de -12% con base en el trabajo publicado por Cimino *et al.* el cual usó un equipo y software Phillip, equipo que dispone el departamento de ecocardiografía del ICCCV.¹⁸

Los estudios que se describieron anteriormente demuestran que la ecocardiografía *speckle-tracking* es una herramienta útil

para la detección de viabilidad miocárdica, al igual que nuestro trabajo, la correlación con la SPECT fue moderada.

CONCLUSIONES

La ecocardiografía *speckle tracking* está ampliamente disponible e incluye bajos costos para su realización, a diferencia del SPECT, por lo cual puede ser una alternativa valiosa para el diagnóstico de viabilidad miocárdica en pacientes con IAM y guiar el tratamiento de revascularización de forma adecuada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnett DK, Blumenthal RS, Albert MA, Buroker AB, Goldberger ZD, Hahn EJ, et al. 2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease. *Circulation* [Internet].2019;140:596–646. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/CIR.0000000000000678>
- Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, Albus C, Brotons C, Catapano AL, et al. Guía ESC 2016 sobre prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica. *Rev Esp Cardiol* [Internet].2016;69(10):939.e1-e87. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-guia-esc-2016-sobre-prevencion-articulo-S0300893216304146>
- López B, Fernández L, Oliva B, García JM, Sánchez F, Bueno H, et al. Short-Term Progression of Multiterritorial Subclinical Atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol* [Internet].2020;75(14):1617-27. Disponible en: <https://www.jacc.org/doi/full/10.1016/j.jacc.2020.02.026>
- Lahoz C, Mostaza JM. La aterosclerosis como enfermedad sistémica. *Rev Esp Cardiol* [Internet].2007;60(2):184-95. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300893207750091>
- Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *European Heart Journal* [Internet].2019;41(3):407-77. Disponible en: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/41/3/407/5556137>
- Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Chaitman BR, Bax JJ, Morrow DA, et al. Four universal definition of myocardial infarction (2018). *European Heart Journal* [Internet].2019;40(3):237-69. Disponible en: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/40/3/237/5079081>
- Ran H, Zhang PY, Zhang YX, Zhang JX, Wu WF, Dong J, et al. Assessment of Left Ventricular Myocardial Viability by 3-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Patients With Myocardial Infarction. *J Ultrasound Med* [Internet].2016;35:13–20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27302895/>
- Mollema AS, Delgado V, Bertini M, Antoni ML, Boersma E, Holman, ER, et al. Viability Assessment With Global Left Ventricular Longitudinal Strain Predicts Recovery of Left Ventricular Function After Acute Myocardial Infarction. *Circ Cardiovasc Imaging* [Internet].2010;3:15-23. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19820202/>

9. Altamirano J, Estrada G, Ponce JS, García JR. Fundamentos de tomografía por emisión de positrones. En: Bialostozky D, editor. Imagenología cardiovascular clínica. 1era ed. Barcelona: Publicaciones Permanyer; 2008.p.425-48.
10. Rischpler C, Langwieser N, Souvatzoglou M, Batrice A, Marwick S, Snajberk J, et al. PET/MRI early aftermyocardial infarction: evaluation of viability with late gadolinium enhancement transmural vs. 18F-FDG uptake. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* [Internet].2015;16(6):661–69. Disponible en: <https://academic.oup.com/ehjcmimaging/article/16/6/661/2397497>
11. Moody JB, Hiller KM, Lee BC, Poitrasson-Riviere A, Cobett JR, Weinberg RL, et al. The utility of 82Rb PET for myocardial viability assessment: Comparison with perfusion metabolism 82Rb-18F-FDG PE. *J Nucl Cardiol* [Internet].2019;26(2):374-86. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12350-019-01615-0>
12. Piñeiro D, Cuenca G. Viabilidad miocárdica por ecocardiografía. *Rev Colomb Cardiol* [Internet].2019;26(S1):19-30. Disponible en: https://rccardiologia.com/previos/RCC%202019%20Vol.%2026/RCC_2019_26_S1/RCC_2019_26_S1_019-030.pdf
13. Migrino RQ, Zhu X, Pajewski N, Brahmbhatt T, Hoffmann R, Zhao M. Assessment of Segmental Myocardial Viability Using Regional 2-Dimensional Strain Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* [Internet].2007;20(4):342-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17400112/>
14. Olaya P, Sánchez J, Osio LF. Strain y strain rate para dummies. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2011;18(6):340-44. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcca/v18n6/v18n6a6.pdf>
15. Lang R, Badano LP, Mor-Avi V, Afilado J, Armstrong, Ernande L, et al. Recomendaciones para la Cuantificación de las Cavidades Cardíacas por Ecocardiografía en Adultos: Actualización de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y de la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular. *J Am Soc Echocardiogr* [Internet].2015;28:1-39. Disponible en: <https://ecocardio.com/documentos/guias-ase/en-español/481-cuantificacion-de-las-cavidades-cardiacas-por-ecocardiografia-en-adultos.html>
16. Cimino S, Canali E, Petronilli V, Cicogna F, De Luca L, Francone M, et al. Global and regional longitudinal strain assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography identifies early myocardial dysfunction and transmural extent of myocardial scar in patients with acute ST elevation myocardial infarction and relatively preserved LV function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* [Internet]. 2013;14(8):805–11. Disponible en: <https://academic.oup.com/ehjcmimaging/article/14/8/805/2397575>
17. Kramer MS, Feinstein AR. Clinical biostatistics: LIV. The biostatistics of concordance. *Clin Pharmacol Ther* [Internet].1981 [Citado el 24 de febrero de 2020];29(1):111-23. Disponible en: <https://ascpt.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1038/clpt.1981.18?sid=nlm%3Apubmed>
18. Garcia MJ, Kwong RY, Scherrer-Crosbie M, Taub CC, Blankstein R, Lima, J, et al. State of the Art: Imaging for Myocardial Viability: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circ Cardiovasc Imaging* [Internet].2020;13:1-18. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HCI.0000000000000053>
19. Liu K, Wang Y, Hao Q, Li G, Chen P, Li D. Evaluation of myocardial viability in patients with acute myocardial infarction. *Medicine* [Internet].2019;98(3):1-11. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6370157/>
20. Gong L, Li D, Chen J, Wang X, Xu T, Li W, et al. Assessment of myocardial viability in patients with acute myocardial infarction by two-dimensional speckle tracking echocardiography combined with low-dose dobutamine stress echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging* [Internet].2013;29:1017–28. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10554-013-0185-y>
21. Sharma A, Sood A, Mittal BR, Vijayvergiya R. Assessment of myocardial viability using echocardiographic strain imaging in patients with ST-elevation myocardial infarction: comparison with cardiac PET imaging. *J Echocardiogr* [Internet].2020;18(4):240-52. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12574-020-00476-8>
22. Farsalinos KE, Daraban AM, Ünlü S, Thomas JD, Badano LP, Voigt JU. Head-to-Head Comparison of Global Longitudinal Strain Measurements among Nine Different Vendors: The EACVI/ASE Inter-Vendor Comparison Study. *J Am Soc Echocardiogr* [Internet].2015;28:1171-81. Disponible en: [https://www.onlinejase.com/article/S0894-7317\(15\)00463-0/fulltext](https://www.onlinejase.com/article/S0894-7317(15)00463-0/fulltext)
23. Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *J Am Coll Cardiol* [Internet].2017;69(8):1043–56. Disponible en: <https://www.jacc.org/doi/full/10.1016/j.jacc.2016.12.012?intcmp=trendmd&ga=2.153301949.465375927.1531719293-1732920563.1531719293>
24. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R, et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* [Internet].2015;16,1–11. Disponible en: <https://www.escardio.org/static-file/Escardio/Subspecialty/EACVI/position-papers/2d-speckle-tracking-echocardiography.pdf>

Fecha de recepción: 11/12/2022

Fecha de aceptación: 21/12/2022