

Valor pronóstico del *speckle-tracking* bidimensional en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica

Dr. Ángel Y. Rodríguez Navarro¹, MSc. Dra. Aylen Pérez Barreda²✉, Dr. C. Ronald Aroche Aportela³, Dra. Katia Ravelo Llanes³, Dra. Idalys M. Román Fernández⁴ y Dra. Joanna de Zayas Galguera³

¹ Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Quirúrgico Provincial Joaquín Albarrán. La Habana, Cuba.

² Servicio de Cardiología, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

³ Servicio de Cardiología y ⁴ Departamento de Ecocardiografía, Unidad de Imagen Cardiovascular, del Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ). La Habana, Cuba.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 23 de junio de 2020
Aceptado: 6 de agosto de 2020

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Abreviaturas

ECM: eventos cardíacos *mayores* (graves)

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo

GLS: deformación longitudinal global

IAM: infarto agudo de miocardio

ST-2D: *speckle-tracking* bidimensional

RESUMEN

Introducción: El estudio ecocardiográfico mediante *speckle-tracking* ha emergido como un novedoso método para la evaluación cuantitativa de la función miocárdica y se ha correlacionado con la presencia de enfermedad coronaria.

Objetivo: Determinar el valor pronóstico de la deformación miocárdica (*strain*) por *speckle-tracking* bidimensional en la evolución de pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica.

Método: Estudio longitudinal prospectivo analítico con 51 pacientes a los que se realizó ecocardiograma con evaluación de la deformación (*strain*) longitudinal global por *speckle-tracking* bidimensional y coronariografía en el CIMEQ entre 2016 y 2018. Se siguieron los eventos cardíacos graves (infarto de miocardio, muerte cardíaca y por otras causas, enfermedad cerebrovascular y necesidad de nueva revascularización).

Resultados: El 70,6% de los enfermos resultaron ser del sexo masculino, el 81,4% mayores de 50 años y 81,4%, fumadores. El 65,0% tenía enfermedad coronaria significativa y 55,0% de los casos fueron revascularizados. Se registraron 4 muertes (7,8%) y un infarto no fatal (2,0%). Los pacientes con deformación longitudinal global $\leq -15\%$ (en valores absolutos) tuvieron mayor frecuencia de eventos cardíacos graves ($p=0,02$).

Conclusiones: La deformación longitudinal global medida por *speckle-tracking* bidimensional no pudo predecir la presencia de enfermedad coronaria, pero sí los eventos cardiovasculares graves en los enfermos con enfermedad coronaria significativa.

Palabras clave: Speckle-tracking, deformación miocárdica, eventos cardíacos graves, cardiopatía isquémica

Prognostic value of two-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with suspected ischemic heart disease

ABSTRACT

Introduction: Two-dimensional speckle-tracking echocardiography has emerged as a novel method for the quantitative evaluation of myocardial function and it has been correlated with the presence of coronary artery disease.

✉ A Pérez Barreda
Instituto de Cardiología y Cirugía
Cardiovascular. 17 N° 702, Vedado,
CP 10400. Plaza de la Revolución.
La Habana, Cuba.
Correo electrónico:
aylen@infomed.sld.cu

Contribución de los autores

AYRN, APB, RAA: Concepción y diseño de la investigación; obtención, análisis e interpretación de los datos, y redacción del manuscrito. KRL, IMRF: Obtención y análisis e interpretación de los datos, y ayuda en la redacción del manuscrito. JZG: Concepción y diseño de la investigación, y ayuda en la redacción del manuscrito. Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y aprobaron el informe final.

Objectives: To determine the prognostic value of myocardial strain by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in the evolution of patients with suspected ischemic heart disease.

Method: An analytical prospective longitudinal study was carried out with 51 patients, who underwent global longitudinal strain assessment by two-dimensional speckle-tracking echocardiography, and coronary angiography at CIMEQ between 2016 and 2018. Major cardiac adverse events (myocardial infarction, cardiac and non-cardiac cause of death, cerebrovascular disease, and need for new revascularization) were followed.

Results: The 70.6% of patients were male, the 81.4% were older than 50 years old, and the 81.4% were smokers. The 65.0% of patients had significant coronary artery disease and the 55.0% underwent myocardial revascularization. There were four deaths (7.8%) and one non-fatal myocardial infarction (2.0%). Patients with global longitudinal strain $\leq -15\%$ (in absolute or modular values) had a higher frequency of major adverse cardiovascular events ($p=0.02$).

Conclusions: Global longitudinal strain by two-dimensional speckle-tracking echocardiography could not predict the presence of coronary artery disease, but it did predict major adverse cardiovascular events in patients with significant coronary artery disease.

Keywords: Speckle-tracking, Myocardial strain, Major adverse cardiac events, Ischemic heart disease

INTRODUCCIÓN

El estudio mediante *speckle-tracking* (rastreo de marcas) ha emergido como una novedosa técnica ecocardiográfica para la evaluación cuantitativa de la función global y segmentaria del miocardio, con independencia del ángulo de corte sonográfico y de la traslación cardíaca, lo cual la hace más reproducible que el Doppler tisular y otra de las técnicas que han estudiado la deformación miocárdica¹. La extensión y aplicación de la deformación miocárdica por ecocardiografía de *speckle-tracking* bidimensional (ST-2D) se han limitado fundamentalmente debido a que los *software* iniciales consumían mucho tiempo; pero los criterios para su correcta realización, ya han sido estandarizados y conceptualizados².

El *speckle-tracking* en el análisis de la función ventricular ha sido motivo de disímiles publicaciones en las que se han abordado sus valores normales en diferentes poblaciones y su utilidad en las variadas afectaciones cardíacas, específicamente la cardiopatía isquémica³, que ha sido la primera causa de morbilidad y mortalidad en el mundo en los últimos 15 años, de acuerdo con los informes de la Organización Mundial de la Salud (9,4 millones de defunciones en 2016)⁴.

En Cuba, según datos oficiales de 2017⁵, se destaca que el 64,9% de las muertes por enfermedades del corazón ocurre por enfermedad isquémica, de

ellas el 45,3% por infarto agudo de miocardio (IAM). La mortalidad por esta causa es mayor en edades avanzadas. Por lo que se necesita de métodos simples, no invasivos, que mejoren la selección y pronósticos de los pacientes remitidos para coronariografía y procedimientos terapéuticos invasivos^{6,7}.

Múltiples estudios avalan la utilidad de esta técnica en reposo en la identificación del paciente con cardiopatía isquémica de alto riesgo, determinado por la presencia de enfermedad del tronco de la coronaria izquierda o enfermedad de tres vasos⁸; y no es bien conocido si las deformaciones radial y circunferencial pueden predecir la presencia, extensión y localización de la enfermedad coronaria significativa^{9,10}. Por su parte, Amundsen *et al.*¹¹, han validado la aplicación del ST-2D para su uso clínico, al brindar medidas precisas de la deformación miocárdica regional, lo que lo convierte en una potencial herramienta para cuantificar la función miocárdica regional, a la cabecera del paciente.

También se ha estudiado el valor predictivo de este método de evaluación de la función ventricular, sobre todo en el IAM y la enfermedad coronaria crónica^{12,13}. En Cuba no se han publicado estudios previos sobre esta aplicación de la ecocardiografía. Por lo que surge la interrogante: ¿Es posible predecir la supervivencia libre de eventos cardíacos mayores (ECM) o graves, al evaluar la deformación miocárdica medida por ST-2D en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica? Para darle respues-

ta se desarrolló la presente investigación con el objetivo de determinar el valor pronóstico de esta variable en la evolución de pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica.

MÉTODO

Se realizó un estudio longitudinal prospectivo analítico, en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ) de La Habana, Cuba, entre enero de 2016 y enero de 2018. El universo los conformaron los 721 pacientes que acudieron por primera vez a la consulta especializada con el diagnóstico clínico de cardiopatía isquémica y tuvieron indicación de coronariografía. La muestra quedó conformada por 51 pacientes, después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

Pacientes mayores de 18 años, firmantes del consentimiento informado, con ventana acústica óptima para realizar la evaluación ecocardiográfica con ST-2D.

Criterios de exclusión

- Clínicos: Pacientes con enfermedades oncológicas, valvulopatías graves, antecedentes de infarto de miocardio, intervención coronaria percutánea o cirugía cardíaca previas, o ambas, y alteraciones graves de la contractilidad miocárdica, disfunción sistólica, expresada por fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) <50%, fibrilación auricular, contracciones ventriculares prematuras muy frecuentes u otros trastornos en el ritmo cardíaco.
- Ecocardiográficos: Cuando el rastreo (*tracking*) durante el ST-2D fue inadecuado en más de 3 segmentos.
- Relacionados con el seguimiento: Aquellos pacientes a los cuales no se les pudo hacer el seguimiento programado durante, al menos, un año.

Ecocardiograma

Las variables relacionadas con el ecocardiograma incluyeron mediciones en el modo M (grosor telediastólico y telesistólico del septum, la pared posterior y la cavidad del ventrículo izquierdo), en el modo bidimensional: FEVI (método de Simpson), Doppler pulsado del flujograma mitral (ondas E, A y relación E/A) y tisular del anillo mitral septal (velocidad de la ondas s', e' y relación E/e'); así como las relacionadas con el estudio de la deformación mio-

cárdica por ST-2D: deformación longitudinal global (GLS, por sus siglas en inglés) y segmentaria, y deformación circunferencial global. Los valores normales se tomaron en cuenta según las recomendaciones para la cuantificación de las cámaras cardíacas en adultos de la Sociedad Americana de Cardiología y la Asociación Europea de Imagen Cardíaca¹⁴.

El ecocardiograma transtorácico avanzado de evaluación inicial, se realizó con los pacientes en decúbito lateral izquierdo, previa comprobación de frecuencia cardíaca y presión arterial normales, con un ecógrafo comercial EPIQ7 Ultrasound System (*Philips Medical Systems*) equipado con un transductor de 2,5 MHz. Se obtuvieron proyecciones bidimensionales (escala de grises) con un abordaje apical (proyecciones de cuatro y dos cámaras y de eje largo) y paraesternal (proyecciones de eje largo y eje corto a nivel de la válvula mitral, músculos papilares y ápex). Se obtuvieron registros de tres ciclos cardíacos consecutivos de cada proyección mientras el paciente mantenía apnea al final de la espiración. Se tuvo especial cuidado en obtener imágenes apicales y paraesternales correctas, con el uso de puntos de referencia anatómicos estándares. Todas las imágenes se obtuvieron con la misma frecuencia de fotogramas (50-80 cuadros/segundo).

El análisis de las imágenes de ST-2D —para la determinación de la deformación longitudinal global y segmentaria— se realizó mediante la aplicación *Q Lab*, proporcionada por el fabricante del equipo, con el uso de las proyecciones apicales de dos, tres y cuatro cámaras. El programa marca automáticamente los bordes endocárdico y epicárdico, además de los 17 segmentos que guardan relación con el territorio de perfusión de las arterias epicárdicas, para que el operador los verifique, edite —si es preciso— y confirme, con el objetivo de generar los valores de deformación, expresados en porcentajes segmentarios y global, que se presentan en forma de diagrama de ojo de buey (mapa polar).

Otras variables

Se consideraron, además, variables relacionadas con la evaluación angiográfica: extensión de la enfermedad coronaria, la arterias coronarias afectadas, porcentaje de estenosis, presencia de enfermedad coronaria crítica y dominancia de la circulación coronaria; así como el tiempo total de seguimiento, tipo de tratamiento recibido y la aparición de ECM (muerte de origen cardíaco o de cualquier causa, IAM no fatal y necesidad de nueva revascularización miocárdica, aislados o combinación), que fueron

considerados como los objetivos primarios o principales durante el seguimiento, según los criterios utilizados por múltiples estudios previos¹⁵.

Seguimiento

El seguimiento programado para los enfermos incluidos en el estudio fue de al menos 1 año, y resultó variable; pues dependió de la fecha de inclusión en el estudio y osciló entre 124 y 917 días, con una media de 608 días.

Recolección de la información

La información de los 51 pacientes que conformaron la muestra fue recolectada en una ficha elaborada al efecto a partir de la historia clínica, de las consultas de evaluación inicial y de seguimiento, así como los informes de ecocardiografía con estudio de la deformación miocárdica, coronariografía e intervención coronaria percutánea, en caso de que hubiesen sido tratados por esta vía. Se incluyeron las variables de control, edad, sexo, dislipidemia, hipertensión arterial, tabaquismo, diabetes mellitus y diagnóstico inicial por el que acude a la consulta.

Procesamiento estadístico

Se creó una base de datos y se procedió al análisis estadístico en la aplicación SPSS versión 20.0. Se utilizaron medidas de tendencia central, distribución de frecuencias, χ^2 , y la prueba de diferencia entre medias. Para el análisis de supervivencia se utilizó una curva de Kaplan-Meier y la prueba de rango logarítmico (Mantel-Cox). Se consideró un nivel de significación estadística para $\alpha < 0,05$.

Ética

En la realización de este estudio se respetaron las bases éticas de las investigaciones en seres humanos, según la declaración de Helsinki. Se obtuvo la aceptación libre del paciente (verbal y escrita), previamente informado de su inclusión en el estudio, de las ventajas y posibles de los exámenes a realizar (su importancia y utilidad), así como de los objetivos del estudio, y los riesgos y beneficios posibles. Se informaron además del derecho a no participar y de retirar su consentimiento en cualquier momento, sin exponerse a limitaciones para su atención médica u otro tipo de represalia.

Todo el trabajo de atención y evaluación de los pacientes estuvo a cargo de personal médico, especializado y capacitado. Se respetó la integridad de los pacientes en la investigación y se garantizó la confidencialidad de sus datos.

El proyecto de investigación fue aprobado por el consejo científico y el comité de ética del CIMEQ.

RESULTADOS

La observación de las características clínicas de los 51 enfermos que resultaron seleccionados para participar en esta investigación, mostró un predominio del sexo masculino (70,6%) y una edad media cercana a los 60 años. Se constató una elevada incidencia de todos los factores de riesgo. El más frecuente fue la hipertensión arterial (82,4%), seguido de la edad mayor de 50 años (81,4%); y la angina estable (66,7%) fue el diagnóstico clínico previo a la coronariografía, en más de la mitad de los enfermos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Características clínicas basales de los pacientes.

Característica	Nº	%
Edad (años, media \pm DE)	59,9 \pm 9,4	
Sexo masculino	36	70,6
Hipertensión arterial	42	82,4
Diabetes mellitus	12	23,5
Hábito de Fumar	23	45,1
Dislipidemia	17	33,3
Obesidad	8	15,7
Mayor de 50 años	41	81,4
Diagnóstico inicial		
SCASEST	17	33,3
Angina estable	36	66,7
Total	51	100,0

DE: desviación estándar, SCASEST: síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST.

En cuanto a la localización de las lesiones en el árbol arterial coronario, es de resaltar que la arteria descendente anterior fue la más frecuentemente afectada, sobre todo en el caso de las lesiones críticas (49%) (**Tabla 2**).

El 62,7% de los individuos estudiados (32/51) padecía una enfermedad arterial coronaria con lesiones significativas (**Tabla 3**). Predominó la enfermedad multiarterial y en el 92,2% de los pacientes la dominancia de la circulación coronario fue derecha. Las variables ecocardiográficas empleadas para la

Tabla 2. Localización y gravedad de las lesiones en el árbol arterial coronario.

Arteria	Gravedad de la lesión coronaria			
	Sin lesión	No significativa (1-49%)	Significativa (50-69%)	Crítica (70% o más)
Coronaria derecha	30 (58,8)	0 (0,0)	2 (3,9)	19 (37,3)
TCI	42 (82,4)	2 (3,9)	3 (5,9)	4 (7,8)
Descendente anterior	22 (43,1)	2 (3,9)	2 (3,9)	25 (49,0)
Circunfleja	29 (56,9)	1 (2,0)	2 (3,9)	19 (37,3)

Los valores expresan n (%).

TCI, tronco de la coronaria izquierda

evaluación de las funciones sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo no mostraron diferencias de interés en lo referente a la presencia o no de enfermedad coronaria significativa. Se resalta el hecho de que los pacientes seleccionados en la investigación tenían una FEVI normal.

La deformación longitudinal global medida por técnica de ST-2D tampoco se relacionó con la extensión de la enfermedad coronaria (**Tabla 4**). Sin embargo, se obtuvieron mejores valores medios entre los pacientes sin lesiones coronarias significativas (-22,1±3,6 vs. -20,0±3,2; p=0,035). Igual comportamiento presentó este parámetro cuando fue analizado por vistas de 2 cámaras (-23,0±4,1 vs. -19,7±4,5; p=0,008), 4 cámaras (-21,6 ± 3,6 vs. -20,7±3,7; p=0,381); y 3 cámaras (-22,2±4,8 vs. -19,4±3,1; p=0,016)]. Al comparar las deformaciones de cada segmento del ventrículo izquierdo de manera individual, entre los pacientes con y sin enfermedad coronaria, tampoco se obtuvieron resultados relevantes (**Tabla 5**).

El 64,9% de los pacientes recibió tratamiento revascularizador para la cardiopatía isquémica, ya sea por métodos percutáneos (25,5%) o quirúrgicos (29,4%). El resto de los enfermos, en su mayoría aquellos sin lesiones significativas, fue tratado con tratamiento médico óptimo. En la **tabla 6** se evidencia una elevada cobertura con los grupos de fármacos antiagregantes plaquetarios, inhibidores de HMG-CoA (3-hidroxi-3-metilglutaril coenzima A) reductasa —estatinas—, betabloqueadores e inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina; pero ninguno demostró asociación es-

Tabla 3. Parámetros de función ventricular y enfermedad coronaria.

Parámetros	Lesiones coronarias significativas		p
	No (n=19)	Sí (n=32)	
TIV diástole (mm)	10,8 ± 2,5	11,3 ± 1,8	0,415
TIV sístole (mm)	15,6 ± 2,9	15,1 ± 2,4	0,961
PP diástole (mm)	10,3 ± 1,3	11,3 ± 2,4	0,075
PP sístole (mm)	15,7 ± 2,2	16,9 ± 3,6	0,248
VI diástole(mm)	45,8 ± 4,9	45,8 ± 6,4	0,998
VI sístole (mm)	29,3 ± 5,2	30,5 ± 7,9	0,537
Volumen TD (ml)	88,5 ± 27,9	99,9 ± 36,0	0,552
Volumen TS (ml)	37,0 ± 14,4	40,1 ± 20,1	0,773
FEVI (Simpson, %)	55,5 ± 7,5	61,6 ± 7,5	0,183
FA (%)	34,9 ± 7,4	34,8 ± 8,2	0,878
Volumen TD (ml)	83,1 ± 32,8	93,9 ± 23,9	0,458
Volumen TS (ml)	30,8 ± 11,8	36,4 ± 11,4	0,125
FEVI (Teich, %)	62,6 ± 8,3	60,7 ± 6,5	0,371
Onda E (cm/s)	72,7 ± 13,5	82,1 ± 19,1	0,127
Onda A (cm/s)	72,2 ± 14,9	80,6 ± 20,3	0,157
Relación E/A	1,0 ± 0,3	1,1 ± 0,5	0,594
Onda e' (cm/s)	10,2 ± 3,6	9,6 ± 4,4	0,468
Onda s' (cm/s)	6,7 ± 1,5	7,2 ± 2,4	0,265
Relación E/e'	8,1 ± 3,7	9,7 ± 4,0	0,650

Los valores expresan media ± desviación estándar.

FA, fracción de acortamiento; FEVI, fracción de eyección del ventrículo izquierdo; PP, pared posterior, TD, telediastólico; TS, telesistólico; TIV, tabique interventricular; VI, ventrículo izquierdo.

tadística con la presencia de ECM.

Durante el período de seguimiento se constataron 5 ECM, 1 IAM no fatal (2,0%) y 4 muertes (7,8%). Estos eventos fueron más frecuentes en pacientes hipertensos y mayores de 50 años, sin alcanzar diferencia estadística significativa (**Tabla 7**). Tampoco

se demostró asociación estadística al relacionar los valores de deformación longitudinal global obtenidos en la evaluación ecocardiográfica inicial con la aparición de ECM (**Tabla 8**).

Los pacientes que fueron tratados con intervención coronaria percutánea evolucionaron de modo más satisfactorio cuando el valor (modular o absoluto) de la GLS fue $\geq -20\%$, pues no se presentaron ECM en este grupo. Los enfermos tratados con revascularización quirúrgica y tratamiento médico óptimo, sin embargo, evolucionaron mejor cuando el GLS se encontró entre -1 a $-19,9\%$, pues todos evolucionaron libres de eventos mayores. A pesar de estas tendencias, estos resultados no son estadísticamente significativos.

Por último, el análisis de la curva de supervivencia libre de ECM según los valores de GLS recomendados por las guías, con punto de corte -20% , arroja como resultado una elevada supervivencia para todos los valores de GLS, sin lograr establecer una diferencia entre los grupos creados por el punto de corte (**Figura**). Sin embargo, los pacientes con deformación longitudinal global $\leq -15\%$ (en valores modulares o absolutos) tuvieron mayor frecuencia de eventos cardíacos graves ($p=0,02$).

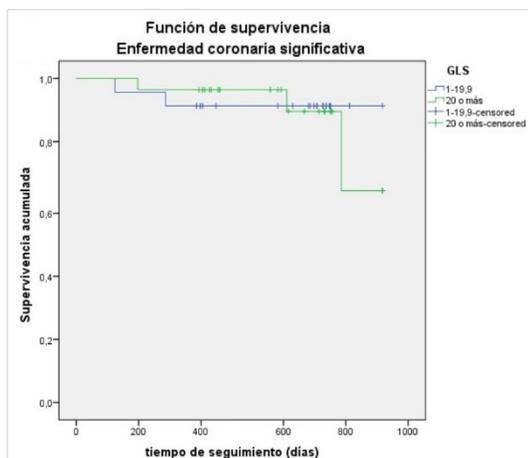


Figura. Curva de Kaplan-Meier de supervivencia según deformación longitudinal global (GLS). La prueba de igualdad de distribución de supervivencia para diferentes valores de GLS (rangos logarítmicos de Mantel-Cox) muestra que, con independencia del valor de corte, la evolución fue similar, sin diferencia significativa ($\chi^2=0,030$; $p=0,86$).

Tabla 4. Extensión de la enfermedad coronaria y deformación longitudinal global.

Extensión de la enfermedad	Deformación longitudinal global		Total
	-1 a -19,9	-20 o menos	
1 vaso	2 (50,0)	2 (50,0)	4 (7,8)
2 vasos	1 (20,0)	4 (80,0)	5 (9,8)
3 vasos	14 (58,3)	10 (41,7)	24 (47,1)
Sin lesiones significativas	6 (33,3)	12 (66,7)	18 (35,3)

$p=0,26$
Los valores expresan n (%)

Tabla 5. Deformación longitudinal global y segmentarias según presencia o no de lesiones coronarias significativas.

Variables STL	Lesiones coronarias significativas		p
	No (n=19)	Sí (n=32)	
Global			
GLS	-22,1 \pm 3,6	-20,0 \pm 3,2	0,035
GLS 2C	-23,0 \pm 4,1	-19,7 \pm 4,5	0,008
GLS 4C	-21,6 \pm 3,6	-20,7 \pm 3,7	0,381
GLS 3C	-22,2 \pm 4,8	-19,4 \pm 3,1	0,016
Segmentos basales			
Anterior septal	-18,3 \pm 3,9	-15,3 \pm 4,7	0,019
Anterior	-20,7 \pm 4,6	-19,1 \pm 4,4	0,229
Anterior lateral	-22,1 \pm 3,6	-19,6 \pm 5,2	0,059
Inferior septal	-15,9 \pm 3,5	-14,7 \pm 2,9	0,153
Inferior	-17,2 \pm 4,9	-15,3 \pm 3,3	0,129
Inferior lateral	-18,3 \pm 4,9	-15,4 \pm 4,5	0,015
Segmentos mediales			
Anterior septal	-19,7 \pm 5,9	-16,6 \pm 4,8	0,040
Anterior	-20,4 \pm 5,1	-17,8 \pm 4,8	0,070
Anterior lateral	-19,9 \pm 4,7	-19,4 \pm 5,3	0,703
Inferior septal	-17,0 \pm 5,1	-17,3 \pm 5,3	0,862
Inferior	-21,5 \pm 5,9	-19,1 \pm 6,0	0,164
Inferior lateral	-23,4 \pm 7,5	-21,5 \pm 5,3	0,271
Segmentos apicales			
Septal	-29,1 \pm 5,4	-28,4 \pm 5,9	0,632
Anterior	-25,5 \pm 6,3	-22,9 \pm 5,5	0,116
Inferior	-27,1 \pm 4,5	-24,4 \pm 5,4	0,059
Lateral	-22,1 \pm 4,8	-21,2 \pm 4,1	0,478
Ápex	-25,3 \pm 4,4	-23,3 \pm 4,1	0,097

Los valores expresan media \pm desviación estándar.
2C, 2 cámaras; 3C, 3 cámaras; 4C, 4 cámaras; GLS, *global longitudinal strain* (deformación longitudinal global); STL: *speckle-tracking longitudinal*.

Tabla 6. Eventos cardíacos *mayores* (graves) durante el seguimiento, según los medicamentos utilizados.

Medicamentos (n=51)	Frecuencia general	Pacientes sin eventos*	p
Ácido acetilsalicílico (ASA)	32 (62,7)	28 (87,5)	0,40
Clopidogrel	27 (52,9)	23 (95,8)	0,20
Estatinas	31 (60,8)	28 (90,3)	0,96
Beta-bloqueadores (BB)	16 (31,4)	14 (87,5)	0,66
Nitratos	19 (37,3)	15 (78,9)	0,04
IECA/ARAI	14 (27,5)	11 (78,6)	0,09
Diuréticos	11 (21,6)	9 (81,8)	0,29
Inhibidores de canales calcio	8 (15,7)	6 (75,0)	0,12
Alfa-bloqueadores	2 (3,9)	1 (50,0)	0,05
Insulina	2 (3,9)	1 (50,0)	0,05
ASA/Clopidogrel/BB/Estatinas	13 (25,5)	12 (92,3)	0,70

Los valores expresan n (%).

* Porcentajes calculados en base a la frecuencia general del uso del fármaco.

ARAI: bloqueadores de los receptores AT1 de angiotensina II, IECA: inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina.

Tabla 7. Eventos cardíacos *mayores* (graves) durante el seguimiento, según la presencia de factores de riesgo cardiovascular.

Factores de riesgo (n=51)	Frecuencia general	Pacientes con eventos*	p
Dislipidemia	17 (33,3)	1 (5,9)	0,45
Hábito de fumar	23 (45,1)	3 (13,0)	0,48
Hipertensión arterial	42 (82,4)	5 (11,9)	0,27
Diabetes mellitus	12 (23,5)	1 (8,3)	0,84
Obesidad	8 (15,7)	0 (0,0)	0,50
Sexo masculino	36 (70,6)	4 (11,1)	0,62
Edad mayor de 50 años	41 (81,5)	5 (12,2)	0,25

Los valores expresan n (%).

* Porcentajes calculados en base a la frecuencia de cada factor de riesgo.

Tabla 8. Eventos cardíacos *mayores* (graves) según la deformación longitudinal global.

Eventos cardíacos mayores	Deformación longitudinal global		Total	p
	-1 a -19,9% (n=23)	-20% o menos (n=28)		
Sin eventos cardíacos mayores	21 (91,3)	25 (89,3)	46 (90,2)	
Eventos cardíacos mayores	2 (8,7)	3 (10,7)	5 (9,8)	0,82
Muerte	2 (8,7)	2 (7,1)	4 (7,8)	0,83
Infarto agudo de miocardio	0 (0,0)	1 (3,6)	1 (2,0)	0,36
Enfermedad cerebrovascular	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	-
NRLT	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	-

Los valores expresan n (%).

NRLT, nueva revascularización de la lesión tratada.

DISCUSIÓN

Características de los pacientes estudiados

En este estudio realizado en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica, predominó el sexo masculino y la edad media rondó los 60 años. Este resultado coincide con otros publicados por el servicio de hemodinámica del centro donde se desarrolló la investigación¹⁶, otras instituciones en Cuba¹⁷⁻¹⁹ y en el mundo²⁰, tanto con respecto al sexo, como en las edades de los pacientes. Entre los enfermos con lesiones coronarias significativas se encontró una alta frecuencia de factores de riesgo, la hipertensión fue el más frecuente, lo cual coincide con lo informado por otros estudios cubanos en la cardiopatía isquémica^{21,22}.

Las tres cuartas partes de los investigados con lesiones significativas tenían enfermedad de tres vasos. En informes sobre los resultados de las coronariografías de varias series publicadas, incluida una de los autores de esta investigación, los resultados son similares^{23,24}.

Utilidad pronóstica del *speckle-tracking* bidimensional

Los valores de las deformaciones miocárdicas globales longitudinales fueron menores en los pacientes con enfermedad coronaria significativa, lo cual coincide con varios estudios publicados que comparan esta variable, en reposo, entre pacientes con y sin enfermedad coronaria significativa^{25,26}. Biering-Sørensen *et al.*²⁷ encontraron que, en pacientes con sospecha de angina de pecho estable, la GLS fue significativamente menor en pacientes con enfermedad arterial coronaria con respecto a los que no la tenían ($-17,1 \pm 2,5\%$ vs. $-18,8 \pm 2,6\%$; $p < 0,001$). Por otra parte, Choi *et al.*²⁸ plantean su utilidad para predecir enfermedad de tronco o de tres vasos, donde —según el área bajo la curva—, $-17,9\%$ podría emplearse para discriminar la enfermedad arterial coronaria grave con sensibilidad y especificidad de 79% . Lo encontrado en el presente artículo difiere, cuando se dividen los pacientes según el número de arterias significativamente enfermas.

Billehaug *et al.*²⁹ en una revisión de 16 investigaciones, plantean que la GLS en reposo no es lo suficientemente sensible para detectar enfermedad miocárdica regional, por lo que su exactitud diagnóstica en predecir enfermedad coronaria significativa, en pacientes con angina estable o síndrome coronario agudo, es modesta. En cambio, Bakhoun *et al.*³⁰, estudiaron las deformaciones longitudinal y circun-

ferencial en pacientes con sospecha de enfermedad arterial coronaria estable, para predecir la presencia, extensión y localización de la obstrucción; y sus resultados fueron significativamente menores en pacientes con enfermedad de tronco y tres vasos, respecto a los que tenían arterias coronarias normales o enfermedad de uno o dos vasos.

Las deformaciones miocárdicas teniendo en cuenta las arterias epicárdicas y sus posibles zonas de irrigación no mostraron diferencias estadísticamente relevantes, aunque fueron menores en los segmentos correspondientes a arterias con obstrucción significativa. Resultado similar al publicado por Billehaug *et al.*²⁹, que se explica porque la anatomía coronaria es variable, por lo que valorar la función territorial de acuerdo con un territorio vascular específico puede no reflejar la verdadera distribución arterial coronaria; además, algunas zonas pueden recibir irrigación dual, incluida el desarrollo de colaterales.

El grupo de Sarvari *et al.*³¹ ha encontrado diferencias en las deformaciones miocárdicas, por capas, entre segmentos irrigados por arterias enfermas o sanas. Zhang y colaboradores³² han estudiado a pacientes con síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST mediante la deformación miocárdica global y territorial —longitudinal y circunferencial— de las tres capas del miocardio, teniendo en cuenta el *score* (puntuación) SYNTAX. En sus resultados señalan una sensibilidad de 72% y especificidad de 84% para la GLS endocárdica, al emplear como valor de corte $-21,35\%$, y concluyeron que el uso del ST-2D por capas miocárdicas específicas en este tipo de síndrome coronario agudo, es capaz de predecir lesiones coronarias significativas, y lo avalan como un método no invasivo de utilidad en la toma de decisiones respecto a la estrategia de revascularización.

Se ha demostrado que la estenosis coronaria significativa puede causar alteración persistente de la función longitudinal en reposo. Esto pudiera ser verdadero en pacientes con estenosis significativa, donde la isquemia intermitente provoca formas sutiles de aturdimiento miocárdico, que pudiera ser detectada con las medidas de deformación (*strain*). Ante la discrepancia en los resultados, expertos señalan que pudiera ser necesario comparar con imágenes previas del mismo paciente, como habitualmente se hace con los electrocardiogramas^{12,33}.

En cuanto al valor pronóstico del ST-2D en la supervivencia libre de ECM en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica, en nuestro estudio solo se

logró establecer un valor positivo, en aquellos enfermos con enfermedad coronaria significativa. Este tema ha sido abordado por múltiples investigaciones, en distintos ámbitos de las enfermedades del corazón. Las imágenes de *strain* del ventrículo izquierdo mediante ST-2D han demostrado poseer un valor pronóstico adicional sobre las medidas ecocardiográficas convencionales en numerosos estudios con pacientes que padecen insuficiencia cardíaca crónica^{34,35} y aguda³⁶, IAM^{37,38} y enfermedad coronaria estable³⁹.

Resulta importante señalar que la evaluación de la función ventricular por ecocardiografía ST-2D, en especial la deformación longitudinal global, tiene un potencial valor en la detección de difusión subclínica del ventrículo izquierdo, cuando aún la FEVI es normal⁴⁰. Actualmente la utilidad clínica más común es la predicción de cardiotoxicidad en los pacientes que reciben tratamientos oncológicos⁴¹; pero también ha mostrado asociación con evolución desfavorable de la estenosis aórtica grave asintomática⁴² y la miocardiopatía hipertrófica con FEVI preservada⁴³. Además, las alteraciones de la GLS en poblaciones con FEVI preservada y factores de riesgo cardiovascular, incluida la edad⁴⁴, la diabetes mellitus⁴⁵, la hipertensión⁴⁶ y la obesidad⁴⁷, pueden ser un marcador precoz de disfunción sistólica ventricular izquierda.

Lauridsen *et al.*⁴⁸ han expuesto recientemente que el ST-2D es superior a la FEVI en la predicción de la evolución de pacientes con endocarditis infecciosa de corazón izquierdo. En esta cohorte, entre los marcadores independientes de mortalidad, destaca la GLS > -15,4%. En nuestra serie los pacientes con enfermedad coronaria significativa con GLS > -15%, tuvieron peor evolución que el resto.

En un grupo de 829 pacientes con insuficiencia cardíaca tratados con terapia de resincronización, la GLS estuvo directamente asociada con la reducción de ECM y mortalidad durante el seguimiento⁴⁹. Por su parte, Yadlapati *et al.*⁵⁰, del *Bluhm Cardiovascular Institute*, en Chicago, Estados Unidos, enrolaron a 122 pacientes referidos para ecocardiograma de estrés por sospecha de enfermedad coronaria, a los que también se les realizó coronariografía en menos de 3 meses desde la realización del eco-estrés y los siguieron durante 3,4 años en busca de eventos cardíacos adversos, reingresos y repetición de los exámenes cardíacos. Los pacientes con un GLS < 16,8% tuvieron un significativo acortamiento en el tiempo de aparición de algún efecto adverso, re-hospitalización o nueva indicación de pruebas de isquemia.

Sikora-Frac y un grupo de investigadores en Polonia⁵¹, evaluaron 66 pacientes con enfermedad arterial coronaria y FEVI $\geq 50\%$ que ingresaron para coronariografía electiva, y se le realizó intervención coronaria percutánea cuando las estenosis coronarias fueron mayores de 70%, tras evaluación por las puntuaciones de SYNTAX y EXTENT. Además de la FEVI, se utilizó GLS, así como la velocidad miocárdica pico de la onda S' de la sístole ventricular izquierda, además del índice de Tei calculado antes y tres meses después de la intervención en pacientes diabéticos. Estos autores encontraron que —previo a la intervención coronaria percutánea— la FEVI, la GLS y el índice de Tei fueron significativamente peores en pacientes diabéticos, y mejoraron significativamente luego de la intervención. Además, una puntuación de SYNTAX elevada se relacionó con una GLS mayor. Estos resultados coinciden con los de nuestra investigación, donde solo se evaluó la función ventricular previa a la coronariografía y se encontró relación entre la GLS y la extensión de la enfermedad coronaria, aunque no se tuvo en cuenta la puntuación de SYNTAX.

En pacientes con enfermedades sistémicas extracardíacas, como la sarcoidosis, sin síntomas ni signos de enfermedad cardiovascular, aun cuando la FEVI está conservada, un valor de corte de GLS $\leq -13,6\%$ se asoció a un peor pronóstico después de 57,1 meses de seguimiento⁵². También han sido estudiados pacientes con enfermedad renal crónica. Jahn *et al.*⁵³, en Alemania, evaluaron las deformaciones miocárdicas globales longitudinal, circunferencial y radial, mediante ST-2D, en un grupo de 285 pacientes con enfermedad renal crónica en estadios avanzados y lo compararon con 34 individuos sanos; y encontraron que en los pacientes con la enfermedad se reduce el GLS con respecto a los sanos. Ellos demostraron que la GLS predice la muerte por cualquier causa y de causa cardiovascular, con independencia del sexo, edad, presencia o no de diabetes, filtrado glomerular estimado y la existencia previa de enfermedades cardiovasculares. Resultado este que también coincide con el informe que se expone en referencia a la predicción de ECM.

Por otra parte, en un estudio de Corea del Sur⁵⁴ se incluyeron 160 pacientes con miocardiopatía dilatada en ritmo sinusal y se encontró una correlación de moderada a alta entre la función ventricular por GLS y la FEVI durante el seguimiento; mientras que la GLS fue un predictor independiente de remodelado negativo del ventrículo izquierdo. Kaufmann *et al.*⁵⁵ informan, en su estudio de 193 enfermos con

insuficiencia cardíaca de origen isquémico, clínicamente estable, con FEVI \leq 50% y seguidos durante un promedio de 34 meses, que los ECM durante el seguimiento estuvieron significativamente asociados con la edad, la anchura del QRS, la clase funcional de la insuficiencia cardíaca (NYHA), el diámetro de la aurícula izquierda, los volúmenes telediastólico y telesistólico del ventrículo izquierdo, la FEVI, la hemoglobina, el péptido natriurético cerebral, el tratamiento diurético, la ausencia de betabloqueadores en el tratamiento, el empeoramiento de la función renal y el antecedente de diabetes mellitus. La GLS con un punto de corte de -9,4% se asoció significativamente con los ECM, por lo que resultó un predictor de hospitalización y descompensación de la insuficiencia cardíaca. Este resultado coincide con la presente investigación al encontrar el valor predictivo de la GLS, aunque solo se incluyeron enfermos con FEVI \geq 50%.

De igual modo, en un metanálisis de ocho estudios publicado por Al Saikhan *et al.*⁵⁶, dos de ellos informan asociación entre la GLS y la aparición de ECM y muerte por cualquier causa; mientras que en los seis restantes se encontró asociación con los ECM combinados. En el análisis de conjunto, la GLS predijo la presencia de enfermedad coronaria, mortalidad y ECM, así como la aparición de insuficiencia cardíaca, lo cual ofrece más evidencias de que la GLS predice la mortalidad total y la aparición de ECM en la población general; todo lo cual coincide parcialmente con la investigación que se presenta.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Es un estudio preliminar con una muestra pequeña, donde la evaluación de la deformidad miocárdica solo se realizó en la evaluación inicial, por lo que no se pudo analizar su probable modificación tras la revascularización miocárdica. Dentro de la muestra se incluyen enfermos que fueron tratados tanto a través de métodos revascularizadores (percutáneos o quirúrgicos) como farmacológicos, y con diversos grados de afección del árbol arterial coronario, quienes —de por sí—, tienen evoluciones diferentes.

CONCLUSIONES

En pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica la deformación miocárdica longitudinal medida por *speckle-tracking* bidimensional no pudo predecir la

presencia ni extensión de la enfermedad coronaria. Sin embargo, tuvo un valor pronóstico sobre la aparición de eventos cardiovasculares mayores durante la evolución de los enfermos en los que se encontraron lesiones coronarias significativas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mada RO, Duchenne J, Voigt JU. Tissue Doppler, strain and strain rate in ischemic heart disease "how I do it". *Cardiovasc Ultrasound* [Internet]. 2014 [citado 23 May 2020];12:38. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1476-7120-12-38>
2. Kossaify A, Bassil E, Kossaify M. Stress Echocardiography: Concept and Criteria, Structure and Steps, Obstacles and Outcomes, Focused Update and Review. *Cardiol Res.* 2020;11(2):89-96. [DOI]
3. Luis SA, Chan J, Pellikka PA. Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Systolic Function: An Overview of Contemporary Techniques, Including Speckle-Tracking Echocardiography. *Mayo Clin Proc.* 2019;94(1):125-38. [DOI]
4. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. Cardiopatía isquémica. Estadísticas Mundiales. *Factográfico Salud* [Internet]. 2019 [citado 23 May 2020];5(2). Disponible en: <http://files.sld.cu/bmn/files/2019/02/factografico-de-salud-febrero-2019.pdf>
5. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Salud 2018. La Habana: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud; 2019.
6. Rivas Estany E, Barrera Sarduy JD, Henry Vera G. Prueba de esfuerzo bajo control electrocardiográfico. Revisión de guías internacionales y normas cubanas. *Rev Cuban Cardiol* [Internet]. 2020 [citado 20 May 2020];26(2). Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/925/pdf>
7. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C, *et al.* Guía ESC 2019 sobre el diagnóstico y tratamiento de los síndromes coronarios crónicos. *Rev Esp Cardiol.* 2020;73(6):495.e1-e61. [DOI]
8. Radwan H, Hussein E. Value of global longitudinal strain by two dimensional speckle tracking echocardiography in predicting coronary artery disease severity. *Egypt Heart J.* 2017;69(2):95-101. [DOI]
9. Moustafa S, Elrabat K, Swailem F, Galal A. The correlation between speckle tracking echocardiography and coronary artery disease in patients

- with suspected stable angina pectoris. *Indian Heart J.* 2018;70(3):379-86. [DOI]
10. Hubbard RT, Arciniegas Calle MC, Barros-Gomes S, Kukuzke JA, Pellikka PA, Gulati R, et al. 2-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography predicts severe coronary artery disease in women with normal left ventricular function: a case-control study. *BMC Cardiovasc Disord* [Internet]. 2017 [citado 20 May 2020];17(1):231. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12872-017-0656-5>
 11. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, Torp H, Crosby J, Lyseggen E, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(4):789-93. [DOI]
 12. Scharrenbroich J, Hamada S, Keszei A, Schröder J, Napp A, Almalla M, et al. Use of two-dimensional speckle tracking echocardiography to predict cardiac events: Comparison of patients with acute myocardial infarction and chronic coronary artery disease. *Clin Cardiol.* 2018;41(1):111-8. [DOI]
 13. Hu B, Zhou Q, Yao X, Tan T, Lei J, Cao Q, et al. Layer-specific strain for long-term outcome prediction after first-onset myocardial infarction. *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(6):1435-41. [DOI]
 14. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afzalpoor A, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.e14. [DOI]
 15. Cutlip DE, Windecker S, Mehran R, Boam A, Cohen DJ, van Es GA, et al. Clinical end points in coronary stent trials: A case for standardized definitions. *Circulation.* 2007;115(17):2344-51. [DOI]
 16. Hernández Navas M, Aroche Aportela R, Aldama Pérez L, Obregón Santos Á, Gil Torres I, Leal Hernández E. Importancia clínica del sangrado en pacientes con intervencionismo coronario percutáneo por vía radial en el CIMEQ. *CorSalud* [Internet]. 2015 [citado 25 May 2020];7(3),175-80. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/55/113>
 17. Armas Rojas NA, Dueñas Herrera A, de la Noval García R, Ortega Torres Y, Acosta González M, Morales Salinas A. Cardiopatía Isquémica en Cuba. Una puesta al día. *Rev Cuban Cardiol* [Internet]. 2015 [citado 25 May 2020];21(3). Disponible en: http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/597/pdf_15
 18. Nafeh AM, Hernández NR, Carballo HN, Villar IA, Guevara GL, Chaos GN, et al. Resultados de la revascularización coronaria en el Cardiocentro del Hospital «Hermanos Ameijeiras», en un período de 20 años. *Rev Cuba Cir.* 2011;50(1):54-72.
 19. Santos Pérez A, Pérez López H, Valero Hernández A, Lage López L, Borges Moreno YR. Factores preoperatorios relacionados con las complicaciones cardiovasculares de la cirugía de revascularización coronaria. *Gac Méd Espirit* [Internet]. 2010 [citado 26 May 2020];12(3). Disponible en: <http://revgmespirituaana.sld.cu/index.php/gme/article/view/1549/1700>
 20. 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: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2019;74(10):1376-414. [DOI]
 21. Aldama Pérez LI, Naranjo Domínguez A, Hernández Navas M, García Hernández RA, Aroche Aportela R, Cuba Rodríguez AL. Intervencionismo percutáneo en la enfermedad coronaria de tres vasos. Seguimiento de dos años. *Rev Cuban Cardiol* [Internet]. 2019 [citado 26 May 2020];25(3). Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/887/pdf>
 22. Alfonso Alfonso Y, Roque Pérez L, de la Cruz Pérez D, Pérez Fierro M, Batista Mestre I, Díaz Águila HR. Caracterización de los factores de riesgo en pacientes con cardiopatía isquémica Hospital “Mártires del 9 de Abril”, período 2016-2017. *Rev Med Electrón* [Internet]. 2019 [citado 28 May 2020];41(4). Disponible en: http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2841/pdf_665
 23. Rodríguez Navarro AY, Naranjo Domínguez AA, Aroche Aportela R. Factores de riesgo en pacientes con síndrome coronario agudo remitidos para coronariografía. *CorSalud* [Internet]. 2013 [citado 28 May 2020];5(3):280-4. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/527/943>
 24. De Servi S, Olivari Z, Crimi G, Marino M, Alberti LP, Tagliabue E, et al. Percutaneous coronary interventions for stable ischemic heart disease in Italy. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2019;20(11):

- 762-7. [DOI]
25. Madhavan S, Narayanapillai J, Paikada JS, Jayaprakash K, Jayaprakash V. Two-dimensional speckle tracking echocardiography as a predictor of significant coronary artery stenosis in female patients with effort angina who are treadmill test positive: An angiographic correlation. *J Clin Prev Cardiol.* 2019;8(3):126-30. [DOI]
 26. Hagemann CA, Hoffmann S, Hagemann RA, Fritz-Hansen T, Olsen FJ, Jørgensen PG, *et al.* Usefulness of layer-specific strain in diagnosis of coronary artery disease in patients with stable angina pectoris. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2019;35(11):1989-99. [DOI]
 27. Biering-Sørensen T, Hoffmann S, Mogelvang R, Zeeberg Iversen A, Galatius S, Fritz-Hansen T, *et al.* Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7(1):58-65. [DOI]
 28. Choi JO, Cho SW, Song YB, Cho SJ, Song BG, Lee SC, *et al.* Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10(5):695-701. [DOI]
 29. Norum IB, Ruddox V, Edvardsen T, Otterstad JE. Diagnostic accuracy of left ventricular longitudinal function by speckle tracking echocardiography to predict significant coronary artery stenosis. A systematic review. *BMC Med Imaging [Internet].* 2015 [citado 31 May 2020];15:25. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12880-015-0067-y>
 30. Bakhoun SWG, Taha HS, Abdelmonem YY, Fahim MAS. Value of resting myocardial deformation assessment by two dimensional speckle tracking echocardiography to predict the presence, extent and localization of coronary artery affection in patients with suspected stable coronary artery disease. *The Egypt Heart J.* 2016;68(3):171-9. [DOI]
 31. Sarvari SI, Haugaa KH, Zahid W, Bendz B, Aakhus S, Aaberge L, *et al.* Layer-specific quantification of myocardial deformation by strain echocardiography may reveal significant CAD in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2013;6(5):535-44. [DOI]
 32. Zhang L, Wu WC, Ma H, Wang H. Usefulness of layer-specific strain for identifying complex CAD and predicting the severity of coronary lesions in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: Compared with Syntax score. *Int J Cardiol.* 2016;223:1045-52. [DOI]
 33. Lacalzada J, de la Rosa A, Izquierdo MM, Jiménez JJ, Iribarren JL, García-González MJ, *et al.* Left ventricular global longitudinal systolic strain predicts adverse remodeling and subsequent cardiac events in patients with acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2015;31(3):575-84. [DOI]
 34. Nahum J, Bensaid A, Dussault C, Macron L, Clémence D, Bouhemad B, *et al.* Impact of longitudinal myocardial deformation on the prognosis of chronic heart failure patients. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2010;3(3):249-56. [DOI]
 35. Zhang KW, French B, May Khan A, Plappert T, Fang JC, Sweitzer NK, *et al.* Strain improves risk prediction beyond ejection fraction in chronic systolic heart failure. *J Am Heart Assoc [Internet].* 2014 [citado 31 May 2020];3(1):e000550. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/jaha.113.000550>
 36. Cho GY, Marwick TH, Kim HS, Kim MK, Hong KS, Oh DJ. Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54(7):618-24. [DOI]
 37. Hung CL, Verma A, Uno H, Shin SH, Bourgoun M, Hassanein AH, *et al.* Longitudinal and circumferential strain rate, left ventricular remodeling, and prognosis after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2010;56(22):1812-22. [DOI]
 38. Ersbøll M, Valeur N, Mogensen UM, Andersen MJ, Møller JE, Velazquez EJ, *et al.* Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61(23):2365-73. [DOI]
 39. Bertini M, Ng AC, Antoni ML, Nucifora G, Ewe SH, Auger D, *et al.* Global longitudinal strain predicts long-term survival in patients with chronic ischemic cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5(3):383-91. [DOI]
 40. Potter E, Marwick TH. Assessment of left ventricular function by echocardiography: The case for routinely adding global longitudinal strain to ejection fraction. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018;11(2 Pt 1):260-74. [DOI]
 41. Thavendiranathan P, Poulin F, Lim KD, Plana JC, Woo A, Marwick TH. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detec-

- tion of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: A systematic review. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(25 Pt A):2751-68. [DOI]
42. Yingchoncharoen T, Gibby C, Rodriguez LL, Grimm RA, Marwick TH. Association of myocardial deformation with outcome in asymptomatic aortic stenosis with normal ejection fraction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5(6):719-25. [DOI]
 43. Liu H, Pozios I, Haileselassie B, Nowbar A, Sorensen LL, Phillip S, et al. Role of global longitudinal strain in predicting outcomes in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2017;120(4):670-5. [DOI]
 44. Kuznetsova T, Herbots L, Richart T, D'hooge J, Thijs L, Fagard RH, et al. Left ventricular strain and strain rate in a general population. *Eur Heart J*. 2008;29(16):2014-23. [DOI]
 45. Jensen MT, Sogaard P, Andersen HU, Bech J, Fritz Hansen T, Biering-Sørensen T, et al. Global longitudinal strain is not impaired in type 1 diabetes patients without albuminuria: the Thousand & 1 study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8(4):400-10. [DOI]
 46. Narayanan A, Aurigemma GP, Chinali M, Hill JC, Meyer TE, Tighe DA. Cardiac mechanics in mild hypertensive heart disease: a speckle-strain imaging study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2(5):382-90. [DOI]
 47. Wong CY, O'Moore-Sullivan T, Leano R, Byrne N, Beller E, Marwick TH. Alterations of left ventricular myocardial characteristics associated with obesity. *Circulation*. 2004;110(19):3081-7. [DOI]
 48. Lauridsen TK, Alhede C, Crowley AL, Kisslo J, Sørensen LL, Hansen TF, et al. Two-dimensional global longitudinal strain is superior to left ventricular ejection fraction in prediction of outcome in patients with left-sided infective endocarditis. *Int J Cardiol*. 2018;260:118-23. [DOI]
 49. Khidir MJH, Abou R, Yilmaz D, Ajmone Marsan N, Delgado V, Bax JJ. Prognostic value of global longitudinal strain in heart failure patients treated with cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm*. 2018;15(10):1533-9. [DOI]
 50. Yadlapati A, Maher TR, Thomas JD, Gajjar M, Ogunyankin KO, Puthumana JJ. Global longitudinal strain from resting echocardiogram is associated with long-term adverse cardiac outcomes in patients with suspected coronary artery disease. *Perfusion*. 2017;32(7):529-37. [DOI]
 51. Felekos I, Aggeli C, Gialafos E, Kouranos V, Rapti A, Sfikakis P, et al. Global longitudinal strain and long-term outcomes in asymptomatic extracardiac sarcoid patients with no apparent cardiovascular disease. *Echocardiography*. 2018;35(6):804-8. [DOI]
 52. Sikora-Frac M, Zaborska B, Maciejewski P, Budaj A, Bednarz B. Improvement of left ventricular function after percutaneous coronary intervention in patients with stable coronary artery disease and preserved ejection fraction: Impact of diabetes mellitus. *Cardiol J*. 2019. [DOI]
 53. Jahn L, Kramann R, Marx N, Floege J, Becker M, Schlieper G. Speckle tracking echocardiography and all-cause and cardiovascular mortality risk in chronic kidney disease patients. *Kidney Blood Press Res*. 2019;44(4):690-703. [DOI]
 54. Jung IH, Park JH, Lee JA, Kim GS, Lee HY, Byun YS, et al. Left ventricular global longitudinal strain as a predictor for left ventricular reverse remodeling in dilated cardiomyopathy. *J Cardiovasc Imaging*. 2020;28(2):137-49. [DOI]
 55. Kaufmann D, Szwoch M, Kwiatkowska J, Raczak G, Daniłowicz-Szymanowicz L. Global longitudinal strain can predict heart failure exacerbation in stable outpatients with ischemic left ventricular systolic dysfunction. *PLoS One* [Internet]. 2019 [citado 5 Jun 2020];14(12):e0225829. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225829>
 56. Al Saikhan L, Park C, Hardy R, Hughes A. Prognostic implications of left ventricular strain by speckle-tracking echocardiography in the general population: a meta-analysis. *Vasc Health Risk Manag*. 2019;15:229-51. [DOI]