

Deformación miocárdica (*strain*) circunferencial global en pacientes con cardiopatía isquémica

Dra. Idalys Román-Fernández¹ , Dra. Aylen Pérez-Barreda² , Dr. Adrián Naranjo-Domínguez² , Dr. Angel Y. Rodríguez-Navarro¹ y Dr. Oscar A. Alfonso-Montero¹ 

¹ Departamento de Ecocardiografía, Unidad de Imagen Cardiovascular, Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ). La Habana, Cuba.

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

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 31 de enero de 2020
Aceptado: 19 de marzo de 2020

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Abreviaturas

ECNS: enfermedad coronaria no significativa

ECS: enfermedad coronaria significativa

FEVI: fracción de eyección del ventrículo

GCS: deformación (*strain*) circunferencial global

ST-2D: *speckle-tracking* bidimensional

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en Cuba y la mayoría de los países desarrollados. La ecocardiografía con rastreo de marcas o *speckle-tracking* bidimensional (ST-2D) es una técnica reciente en la evaluación de la función cardíaca.

Objetivo: Determinar la relación entre la deformación miocárdica (*strain*) circunferencial (GCS) medida por ST-2D y el estado de la circulación coronaria, en pacientes con cardiopatía isquémica.

Método: Se realizó un estudio analítico, transversal, con 55 pacientes con indicación de coronariografía a los que se les realizó ecocardiograma para medir la GCS mediante ST-2D, en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ, La Habana, Cuba), durante un año. Se crearon dos grupos: con enfermedad coronaria significativa (ECS=32) y no significativa (ECNS=23). Se utilizó SPSS para análisis de los resultados.

Resultados: La edad promedio fue mayor en ECS (55,6 ±9,3 vs. 61,8±8,8; p=0,014). Predominaron los hombres con ECS (47,3%), los hipertensos (ECS=90,6% y ECNS=65,2%; p=0,02) y los fumadores (ECS=59,4% y ECNS=17,4%; p=0,002). El diagnóstico más frecuente fue la angina crónica estable (87%). En ECS predominó la enfermedad de tres vasos (75%). La GCS fue menor en ECS [-19,5±3,8 vs. -25,2±5,7; p=0,033]; área bajo la curva = 0,208]. No hubo diferencias en GCS, según el número de vasos significativamente enfermos.

Conclusiones: Los resultados encontrados no justifican el empleo de la GCS por ST-2D para discriminar la presencia o no de ECS.

Palabras clave: Cardiopatía isquémica, Isquemia miocárdica, Ecocardiografía con *speckle-tracking* bidimensional, Deformación miocárdica circunferencial, Función cardíaca

Global circumferential strain in patients with ischemic heart disease

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular diseases are the top cause of death in Cuba as well as in most developed countries. Two-dimensional speckle-tracking (2D-ST) echocardiography is a recent technique in the evaluation of cardiac function.

Objectives: To determine the relationship between global circumferential strain (GCS) measured through 2D-ST echocardiography and the state of coronary circulation in patients with ischemic heart disease.

✉ I Román Fernández
CIMEQ. Calle 216 y 11B
Rpto. Siboney, Playa, CP 12100.
La Habana, Cuba.
Correo electrónico:
idalys8825@gmail.com

Contribución de los autores

IRF y APB: Concepción y diseño de la investigación; obtención, análisis e interpretación de los datos, y redacción del manuscrito.

AND, AYRN y OAAM: Análisis e interpretación de los datos, y ayuda en la redacción del manuscrito.

Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y aprobaron el informe final.

Method: An analytical, cross-sectional study was carried out on 55 patients with indication of coronary angiography, who underwent echocardiography to measure the GCS through 2D-ST at the Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CI-MEQ, Havana, Cuba), during one year. Two groups were created: with significant coronary artery disease (SCAD = 32) and non-significant coronary artery disease (NSCAD = 23). The statistical package for the social sciences (SPSS) was used to analyze the results.

Results: Mean age was higher in the SCAD group (55.6 ± 9.3 vs. 61.8 ± 8.8 , $p=0.014$). Men with SCAD (47.3%), patients with high blood pressure (SCAD=90.6% and NSCAD=65.2%, $p=0.02$) and smokers (SCAD=59.4% and NSCAD=17.4%, $p=0.002$) predominated. The most frequent diagnosis was chronic stable angina (87%). Three-vessel disease predominated in the SCAD group (75%). The GCS was lower in the SCAD group [$-19.5.0 \pm 3.8$ vs. -25.2 ± 5.7 , $p=0.033$]; area under the curve=0.208]. There were no differences in GCS according to the number of significantly diseased vessels.

Conclusions: The results found do not justify the use of GCS through 2D-ST echocardiography to discriminate the presence or nor of SCAD.

Keywords: Ischemic heart disease, Myocardial ischemia, Bidimensional speckle-tracking echocardiography, Global circumferential strain, Cardiac performance

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en la mayoría de los países desarrollados. Múltiples son los recursos que se dedican a la investigación en cardiología para revertir estadísticas tan desfavorables¹. En la actualidad, sólo por esta causa, fallecen anualmente más de 20 000 cubanos².

La cardiopatía isquémica es una enfermedad en la que se produce una alteración de la perfusión miocárdica y de la oxigenación tisular, lo cual lleva a modificaciones en la función ventricular³. Evaluar el impacto de la cardiopatía isquémica en la función cardíaca es una de las metas de rutina de los laboratorios de ecocardiografía⁴. La variable ecocardiográfica más utilizada para cuantificar la función sistólica del ventrículo izquierdo es su fracción de eyección (FEVI), su determinación mediante ecocardiografía depende, de manera crucial, del conocimiento experto del operador y, además, se ve afectada por una variabilidad intraobservador e interobservadores significativa⁵.

La función general del VI es el resultado de la contracción y relajación de una compleja arquitectura de fibras miocárdicas, cuya contracción determina cambios en el tamaño y la forma del VI que son el resultado del acortamiento longitudinal, la rotación circunferencial y el engrosamiento radial simultáneos del miocardio^{6,7}.

La ecocardiografía con análisis de la deformación (*strain*, derivado del inglés) miocárdica se ha con-

vertido en una técnica rutinaria para la valoración de diferentes cardiopatías. El estudio mediante rastreo de marcas o puntos (*speckle-tracking* bidimensional [ST-2D]) ha surgido como una novedosa técnica para la evaluación cuantitativa de la función global y segmentaria del miocardio. Las alteraciones en su deformación (*strain*) suelen presentarse antes de las alteraciones visuales en el movimiento regional de la pared miocárdica, lo cual le confiere valor a su estudio^{8,9}. Técnicas como el ST-2D han mejorado la evaluación no invasiva de la deformación miocárdica respecto a la bidimensional convencional, y aportan una información exacta en las fases iniciales de las enfermedades del miocardio¹⁰. Los datos de la deformación se obtienen mediante una medición automática, fotograma a fotograma, de la distancia entre dos puntos de cada segmento del VI durante el ciclo cardíaco, en tres dimensiones (radial, circunferencial y longitudinal)^{11,12}.

La coronariografía convencional, aunque es una investigación generalmente segura, no está exenta de complicaciones, además de un alto costo^{13,14}. Por tanto, se necesita de métodos simples, no invasivos, que mejoren la selección y pronósticos de los pacientes remitidos para este procedimiento angiográfico⁴.

Muchos estudios avalan la utilidad de la técnica en condiciones de reposo para 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 vasos. No es bien conocido si las deformaciones

radial y circunferencial pueden predecir la presencia, extensión y localización de la enfermedad coronaria significativa. Recientes publicaciones niegan su utilidad en ese contexto^{15,16}, motivaciones que han llevado a realizar este trabajo con el objetivo de determinar la relación entre la deformación miocárdica circunferencial —medida por ST-2D— y el estado de la circulación coronaria, en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica.

MÉTODO

Se realizó un estudio observacional analítico, transversal, entre enero de 2016 y enero de 2017, en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CI-MEQ) de La Habana, Cuba. El universo estuvo representado por todos aquellos pacientes que acudieron al laboratorio de hemodinámica para realizarse coronariografía con el diagnóstico clínico de cardiopatía isquémica. La muestra quedó conformada por 55 pacientes que cumplieron los siguientes criterios: mayores de 18 años, ventana acústica óptima para ecocardiografía y firmar el consentimiento informado para participar en la investigación.

Se excluyeron los pacientes con enfermedades oncológicas, valvulopatías graves, alteraciones de la contractilidad en reposo, trastornos del ritmo cardíaco y aquellos donde no se obtuvieron imágenes ecocardiográficas precisas para completar el estudio.

Variables

Se estudiaron las siguientes variables: edad, sexo, factores de riesgo aterogénico, presencia y extensión de enfermedad coronaria, y arteria afectada; así como las relacionadas con el ecocardiograma en modo M, bidimensional y deformación miocárdica, cuyos 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 Cardíacas¹⁷.

Ecocardiograma

Se examinaron a los participantes en el estudio mediante ecocardiografía transtorácica, con el uso de un ecógrafo comercial EPIQ7 *ultrasound system* (Philips Medical Systems) equipado con un transductor de 2,5 MHz. Todas las imágenes se obtuvieron con la misma frecuencia de fotogramas (50-80 cuadros/s).

Se obtuvieron proyecciones bidimensionales (es-

cala 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, los músculos papilares y el 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 la utilización de puntos de referencia anatómicos estándares.

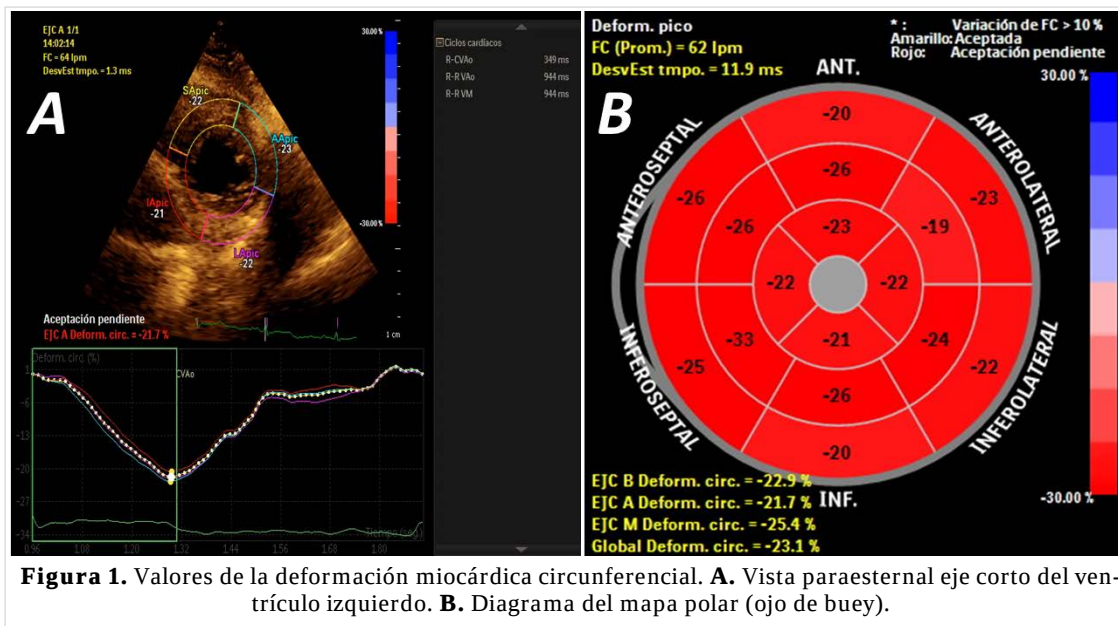
El análisis de las imágenes de *speckle-tracking* se realizó con el programa informático comercial QLab (Philips Medical Systems). Las proyecciones de eje corto se emplearon para la medición de la deformación circunferencial segmentaria y global. El programa marcó automáticamente los bordes endocárdico y epicárdico, y dividió automáticamente cada proyección ecocardiográfica en varios de los 17 segmentos que guardan relación con el territorio de perfusión de las arterias epicárdicas. Además, proporcionó una confirmación automatizada del rastreo ST-2D (que fue verificada por el operador) y generó los valores de deformación (*strain*), expresados en porcentajes segmentarios y global. Si había más de tres de los 17 segmentos del VI con un rastreo inadecuado, se excluía al paciente del estudio. Los valores de la deformación miocárdica se presentan en forma de curvas y mapa polar, o diagrama de ojo de buey (Figura 1).

Protocolo de coronariografía

Para la realización del procedimiento diagnóstico se emplearon las técnicas clásicas de este estudio, con un equipo INTEGRIS HM3000 - PHILIPS MEDICAL SYSTEMS - NEDERLAND B.V., y se usó el programa de cuantificación Phillips para la línea INTEGRIS en la angiografía coronaria cuantitativa.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con ayuda del paquete *Statistical Package Scientific System SPSS* (v. 18). Se utilizó la prueba *Kolmogorov-Smirnov* para evaluar la normalidad de las variables. Se emplearon medidas de resumen para datos cualitativos (razones, porcentajes) y cuantitativos (media aritmética y desviación estándar). Se utilizó χ^2 para la comparación de grupos con variables cualitativas. La prueba *t de Student* se usó para la comparación de variables continuas (de acuerdo con las características de su distribución) entre 2 grupos y ANOVA (*ANalysis Of VAriance*) de un factor, para la comparación entre más de dos grupos. Se tomó como nivel



de significación 0,05.

Aspectos éticos

En la investigación se respetaron las bases éticas de las exploraciones en seres humanos y se obtuvo la aceptación libre del paciente (consentimiento), previamente informado de que el ecocardiograma era un procedimiento diagnóstico inocuo.

RESULTADOS

Fueron estudiados 55 pacientes, 38 (69,1%) de ellos del sexo masculino. La edad promedio fue de 59 años. Hubo 32 (58,2%) casos con enfermedad coronaria significativa (ECS) y casi la mitad de los investigados (47,3%) fueron hombres con ECS (**Tabla 1**). La edad promedio fue significativamente mayor en los pacientes con ECS (55,6±9,3 vs. 61,8±8,8; p=0,014).

Dentro de los dos grupos los pacientes tenían un índice de masa corporal promedio por encima de 25 kg/m², sin diferencias entre ellos. Durante el momento en que se realizaron las investigaciones ecocardiográficas se pudo constatar la estabilidad de las variables hemodinámicas (frecuencia cardíaca y tensión arterial) entre los pacientes de ambos grupos.

Tabla 1. Caracterización de los pacientes según la presencia de enfermedad coronaria significativa o no significativa.

Variables iniciales	Enfermedad coronaria		p
	No significativa (n=23)	Significativa (n=32)	
Edad (años)	55,6 ± 9,3	61,8 ± 8,8	0,014
Sexo masculino	12 (21,8%)	26 (47,3%)	
IMC (kg/m ²)	26,5 ± 4,1	26,1 ± 3,5	0,780
Frecuencia cardíaca	64,6 ± 10,5	66,8 ± 11,5	
TA sistólica	130 ± 8,9	131 ± 6,7	0,335
TA diastólica	81 ± 10	80 ± 11	0,350
Factores de riesgo			
Tabaquismo	4 (17,4)	19 (59,4%)	0,002
Hipertensión arterial	15 (65,2%)	29 (90,6%)	0,020
Dislipidemia	6 (26,1%)	11 (34,4%)	0,512
Obesidad	4 (17,4%)	8 (25,0%)	0,500
Diabetes mellitus	3 (13,0%)	9 (28,1%)	0,182
Clínica			
Angina estable crónica	21 (91,3%)	27 (84,4%)	0,002
Angina inestable	2 (8,7%)	5 (15,6%)	
Extensión			
Uniarterial	-	4 (12,5%)	0,273
Biarterial	1 (4,3%)	4 (12,5%)	
Triarterial	-	24 (75,0%)	

Los valores muestran media ± desviación estándar y n (%).
IMC, índice de masa corporal; TA, tensión arterial.

Tabla 2. Variables ecocardiográficas según la enfermedad coronaria.

Variables eco-cardiográficas	Enfermedad coronaria		p
	No significativa (n=11)	Significativa (n=25)	
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
VTVDI (ml)	88,5 ± 27,9	99,9 ± 36,0	0,552
VTSVI (ml)	37,0 ± 14,4	40,1 ± 20,1	0,773
FEVI (Simpson, %)	55,5 ± 7,5	61,6 ± 7,5	0,183
FAc (%)	34,9 ± 7,4	34,8 ± 8,2	0,878
Volumen TDVI (ml)	83,1 ± 32,8	93,9 ± 23,9	0,458
Volumen TSVI (ml)	30,8 ± 11,8	36,4 ± 11,4	0,125
FEVI (%)	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
e' (cm/s)	10,2 ± 3,6	9,6 ± 4,4	0,468
s' (cm/s)	6,7 ± 1,5	7,2 ± 2,4	0,265
E/e'	8,1 ± 3,7	9,7 ± 4,0	0,650

Los valores muestran media ± desviación.

FAc, fracción de acortamiento; FEVI, fracción de eyección del ventrículo izquierdo; PP, pared posterior; VTVDI, volumen telediastólico del ventrículo izquierdo; TIV, tabique interventricular; VTSVI, volumen telesistólico del ventrículo izquierdo

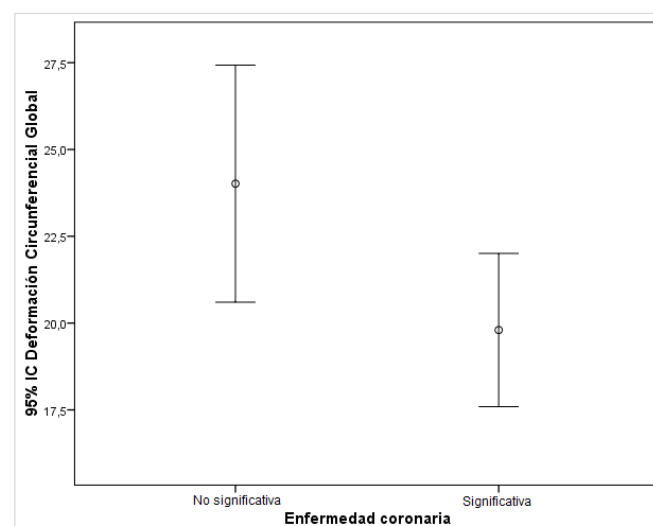
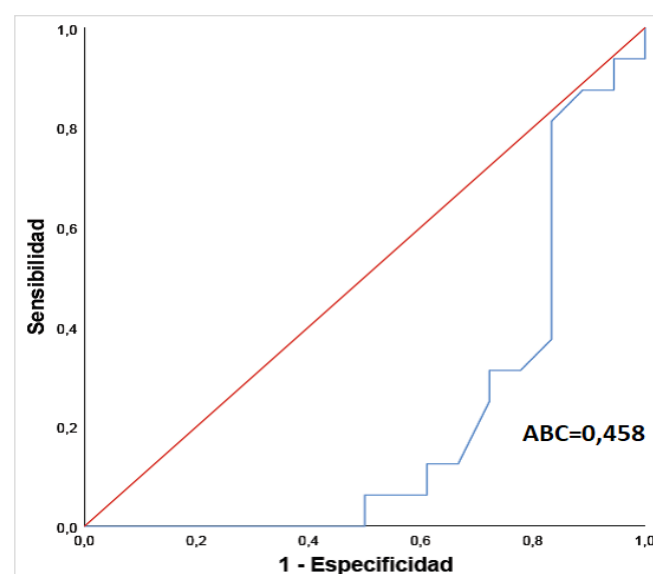
Los factores de riesgo cardiovascular evaluados fueron todos más frecuentes en el grupo de los enfermos con ECS. El que se presentó con mayor frecuencia, tanto en enfermos con ECS como en los que tenían una enfermedad coronaria no significativa (ECNS), fue la HTA; aunque entre los primeros fue más frecuente (90,6%). Llama la atención que casi el 60% de los que presentaron ECS eran fumadores, con una diferencia importante entre los dos grupos ($p=0,002$).

En relación con el diagnóstico clínico fueron más frecuentes los pacientes con angina crónica estable (48 [87,2%]), que representaron más de las tres cuartas partes de todos los investigados. Dentro de los pacientes con ECS hubo un predominio de los

que tenían enfermedad arterial de tres vasos, presente en el 75% de ellos (**Tabla 1**).

Las variables ecocardiográficas empleadas para la evaluación de las funciones sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo no mostraron diferencias de interés entre los dos grupos, lo cual demuestra su homogeneidad en ese sentido. Se resalta el hecho de que los pacientes seleccionados en la investigación tenían una FEVI normal (**Tabla 2**).

En la **tabla 3** y **figura 2** se muestran las medias y desviación estándar de los valores de la deformación circunferencial global (GCS) en relación con la

**Figura 2.** Deformación miocárdica circunferencial global según la gravedad de la enfermedad coronaria.**Figura 3.** Curva ROC del strain circunferencial global para la predicción de enfermedad coronaria significativa.

presencia o no de ECS. La GCS fue menor (valores absolutos) en la ECS tanto para la deformación global ($-19,5 \pm 3,8$ vs. $-25,2 \pm 5,7$; $p=0,003$), como para la de los segmentos basales ($-17,7 \pm 6,2$ vs. $-21,7 \pm 7,1$; $p=0,045$) medios ($-17,0 \pm 4,3$ vs. $-24,2 \pm 7,5$; $p=0,001$) y apicales ($-23,7 \pm 7,5$ vs. $-29,6 \pm 9,1$; $p=0,036$); así como también para los diferentes segmentos del ventrículo izquierdo comparados individualmente, aunque en la comparación por segmentos las diferencias no fueron estadísticamente significativas. A pesar de que existen diferencias entre los dos grupos, hay valores que se superponen entre ellos, lo cual hace difícil encontrar un valor de corte para diferenciarlos.

Tabla 3. Relación de las deformaciones circunferenciales global y segmentaria según la enfermedad coronaria.

Variables de speckle-tracking circunferencial	Enfermedad coronaria		p
	No significativa (n=23)	Significativa (n=32)	
GCS	$-25,2 \pm 5,7$	$-19,7 \pm 3,8$	0,003
GCS basal	$-21,7 \pm 7,1$	$-17,7 \pm 6,2$	0,045
GCS medial	$-24,2 \pm 7,5$	$-17,0 \pm 4,3$	0,001
GCS apical	$-29,6 \pm 9,1$	$-23,7 \pm 7,5$	0,036
Segmentos basales			
Anterior septal	$-22,5 \pm 7,8$	$-18,6 \pm 6,2$	0,108
Anterior	$-22,2 \pm 7,9$	$-17,9 \pm 6,5$	0,084
Anterior lateral	$-21,3 \pm 5,2$	$-17,0 \pm 8,4$	0,072
Inferior septal	$-21,7 \pm 6,5$	$-18,0 \pm 6,7$	0,108
Inferior	$-20,2 \pm 7,3$	$-16,1 \pm 6,7$	0,088
Inferior lateral	$-20,1 \pm 7,0$	$-16,3 \pm 6,4$	0,103
Segmentos mediales			
Anterior septal	$-25,6 \pm 7,6$	$-17,6 \pm 4,8$	0,001
Anterior	$-24,6 \pm 7,6$	$-18,1 \pm 5,9$	0,007
Anterior lateral	$-24,8 \pm 8,4$	$-17,6 \pm 4,7$	0,004
Inferior septal	$-25,9 \pm 8,0$	$-19,9 \pm 5,3$	0,013
Inferior	$-22,7 \pm 7,7$	$-16,4 \pm 7,0$	0,015
Inferior lateral	$-24,5 \pm 8,4$	$-15,8 \pm 6,8$	0,002
Segmentos apicales			
Septal	$-30,2 \pm 8,8$	$-24,5 \pm 6,5$	0,035
Anterior	$-30,3 \pm 8,4$	$-25,0 \pm 6,6$	0,041
Inferior	$-28,2 \pm 10,4$	$-25,2 \pm 7,5$	0,331
Lateral	$-29,6 \pm 8,6$	$-23,9 \pm 6,2$	0,029

Los valores (%) expresan media $\pm$ desviación estándar.
GCS: strain circunferencial global

En la **figura 3** se muestra la curva ROC (característica operativa del receptor) para la predicción de ECS de la GCS. El área bajo la curva es baja, lo cual no permite establecer valores para definir a los pacientes con niveles de sensibilidad y especificidad que permitan emplear la técnica con ese fin. Al analizar la GCS, a partir del número de vasos con lesiones angiográficamente significativas, se encontró que no existieron diferencias entre los grupos en ninguno de los casos (**Figura 4**).

Las deformaciones promedio de los segmentos cardíacos relacionados con los posibles territorios de irrigación de las arterias epicárdicas principales—descendente anterior, circunfleja y coronaria derecha—, que tienen un patrón anatómico previamente establecido y supuestamente uniforme (**Tabla 4**), muestra que aquellos segmentos relacionados con arterias significativamente enfermas tuvieron valores promedios de GCS menores que los que no tenían obstrucción significativa, aunque no fue estadísticamente relevante este resultado.

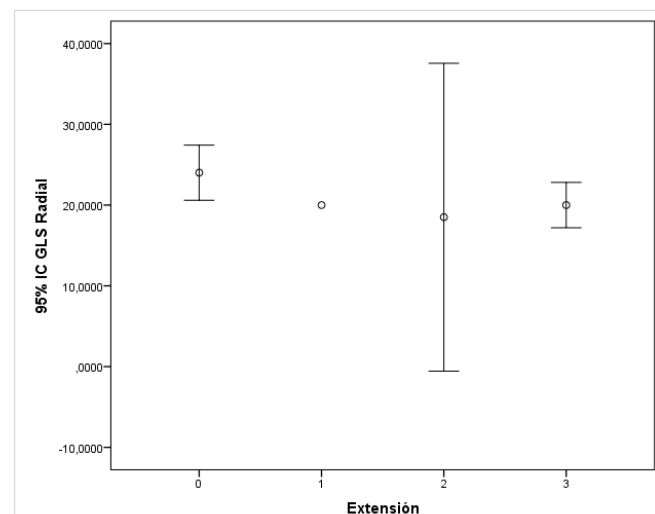


Figura 4. Deformación miocárdica circunferencial global según la extensión de la enfermedad coronaria.

DISCUSIÓN

En este estudio realizado en pacientes con sospecha de cardiopatía isquémica, predominó el sexo masculino, lo cual está en relación con el hecho de que la mayor proporción de los pacientes tenía edades entre los 50 y 69 años, momento en el que las en-

Tabla 4. Deformaciones promedio de los segmentos miocárdicos, según el territorio de irrigación de la arteria coronaria y la enfermedad coronaria.

Variables <i>speckle-tracking</i>	Enfermedad coronaria		p
	No significativa	Significativa	
Arteria descendente anterior	n=25	n=28	
GCS (%)	-20,7±4,6	-19,1±4,4	0,907
Arteria circunfleja	n=31	n=22	
GCS (%)	-17,8±8,7	-12,9±10,1	0,096
Arteria coronaria derecha	n=32	n=21	
GCS (%)	-19,4±3,7	-18,1±2,6	0,192

GCS: *strain* circunferencial global

fermedades cardiovasculares son más frecuentes en el hombre, pues la mujer está más protegida por factores hormonales conocidos en esta etapa de la vida^{18,19}. Este resultado coincide con los obtenidos por grupos del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICCCV), del Hospital Hermanos Ameijeiras, ambos en La Habana, y del Cardiocentro Ernesto Che Guevara, de Villa Clara, tanto con respecto al sexo, como en las edades de los pacientes²⁰⁻²².

Sin diferencias entre los grupos, es de destacar que los promedios de índice de masa corporal ubicaron a los pacientes dentro de la categoría de sobrepeso. Según los datos de la OMS, Cuba informó hasta el 2008 una prevalencia de obesidad para adultos de 25 años o más de 27%, y 14% para mujeres y hombres, respectivamente²³.

Se encontró entre los pacientes enfermos con ECS, una alta frecuencia de factores de riesgo cardiovascular. La HTA fue el más encontrado. Las cifras de presión arterial, tanto sistólicas como diastólicas, se correlacionan con la incidencia de enfermedad coronaria y cerebrovascular²⁴. Según los resultados de la III Encuesta Nacional sobre Factores de Riesgo (III ENFR), en Cuba, la prevalencia global de HTA es de 30,9% en la población ≥ 15 años, con un incremento a partir de los 55 años. Resultados similares a los mostrados en la mayoría de los países europeos^{1,25}.

El tabaquismo es un importante factor de riesgo relacionado con el daño endotelial y la formación de placas en las arterias coronarias. Está demostrado que la mortalidad por enfermedades cardiovasculares aumenta en los fumadores. De hecho, un 29% de las muertes debidas a cardiopatía isquémica tienen como principal causante al tabaco²⁵⁻²⁷.

El hecho de que las tres cuartas partes de los pa-

cientes tengan diagnóstico clínico de angina crónica estable, resulta de gran importancia en el momento de interpretar los resultados, pues estos van a estar relacionados fundamentalmente con su estado clínico. El universo de estudio lo conformaron los pacientes que acudieron a realizarse coronariografía en el laboratorio de hemodinámica del CIMEQ, sitio donde son menos frecuentes los pacientes con síndromes coronarios agudos; además este tipo de casos llegaron en momentos en que fue difícil realizarles el ecocardiograma, al ser, en ocasiones, fuera del horario laboral normal; por lo que su representación dentro de la muestra fue más baja.

Las tres cuartas partes de los investigados con ECS tenían enfermedad de tres vasos. En el enfermo con mayor número de vasos dañados, generalmente el cuadro clínico es más florido, con mayores limitaciones en el pronóstico y calidad de vida, lo cual se relaciona con una mayor proporción de miocardio isquémico y, por lo tanto, justificaría la realización de la coronariografía en la estratificación del riesgo del paciente y en la conducta a seguir sobre la base de las actuales guías de actuación⁴.

No se puede hablar de cardiopatía isquémica sin hacer referencia a la cascada de fenómenos y cambios que se generan en relación con la isquemia. Las alteraciones en la deformación miocárdica suelen presentarse antes de las alteraciones visuales en el movimiento regional de la pared miocárdica, lo cual le confiere valor a su estudio⁹. Lo anterior justifica los numerosos estudios realizados que comparan la deformación miocárdica en reposo entre pacientes con ECS y ECNS^{10,12,28,29}.

Amundsen *et al.*³⁰ validaron la aplicación del ST-2D para su uso clínico al brindar medidas precisas, lo que lo convirtió en una potencial herramienta clínica a la cabecera del paciente para cuantificar la

función miocárdica regional. En la investigación que se presenta se encontró que los valores de las GCS fueron menores en los pacientes con ECS que en los que la enfermedad no era significativa, lo cual coincide con varios estudios publicados^{10,29,31}. Aunque en el estudio, la diferencia entre los grupos es significativa, es importante señalar que en el grupo de pacientes con ECNS existen enfermos con posible daño microvascular, flujos coronarios lentos o con lesiones en una o más arterias coronarias que no sobrepasan el 50% de la luz del vaso, pero que en sí son pacientes enfermos, por lo que los valores de la deformación miocárdica pueden estar disminuidos y puede que se superpongan con los que tienen lesiones coronarias significativas. Por otra parte, la presencia de factores de riesgo como: HTA, diabetes mellitus y obesidad, provoca disrupción en la matriz intersticial miocárdica debido a la isquemia microvascular, la fibrosis y la sustitución colágena, lo cual puede llevar a cambios microscópicos en la fibra miocárdica que generan disfunción miocárdica subclínica, potencialmente detectable a través del estudio de la deformación miocárdica³².

Lo anteriormente expuesto puede explicar que al analizar la curva ROC, el área bajo la misma no justifica la aplicación de la herramienta para discernir entre el paciente con arterias coronarias significativamente enfermas del que tiene las coronarias normales o con lesiones no significativas, pues los valores se superponen entre ellos. Tampoco hubo diferencias de interés entre los valores de GCS según la extensión de la enfermedad coronaria, lo cual no coincide con varios estudios publicados^{31,33}. En opinión de los autores este resultado pudiera guardar relación con el tamaño de la muestra estudiada, donde las dos terceras partes de los pacientes tenían enfermedad coronaria de tres vasos.

Aunque las deformaciones miocárdicas, según las arterias epicárdicas y sus posibles zonas de irrigación, fueron menores en los segmentos relacionados con arterias significativamente obstruidas, sus diferencias no fueron relevantes estadísticamente. 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. Algunas zonas pueden recibir irrigación dual, lo que incluye el desarrollo de colaterales. Norum *et al.*¹² describen resultados similares; en cambio Bakhoun *et al.*³⁴ estudiaron la deformación circunferencial en pacientes con sospecha de enfermedad arterial coronaria estable para predecir la presencia, extensión y localización

de la obstrucción coronaria, y encontraron resultados significativamente menores de la GCS en pacientes con enfermedad de tronco y tres vasos con respecto a los que tenían arterias coronarias normales o enfermedad de uno o dos vasos. ($p=0,03$ y $p=0,00$, respectivamente)³⁴.

El mayor beneficio del empleo del ST-2D es que hace a la ecocardiografía más objetiva y cuantitativa, lo cual determina un examen cardíaco más completo y exacto. Muchos estudios complementarios pueden llegar a ser costosos. A pesar de las limitaciones tecnológicas actuales, es probable que la GCS se convierta en una herramienta clínica estándar en el futuro próximo, en la medida en que los expertos en imágenes ganen confianza en su medición y los clínicos se familiaricen más con su valor. Para ser costo-efectiva la ecocardiografía debe ser un examen definitivo. El uso de ST-2D es un gran paso en esa dirección³⁴.

CONCLUSIONES

En los pacientes con cardiopatía isquémica estudiados predominaron los hombres en la sexta década de la vida, así como la hipertensión arterial y el tabaquismo entre los factores de riesgo. La mayor proporción de pacientes tenía el diagnóstico clínico de angina crónica estable. Los valores de deformación (*strain*) circunferencial global fueron menores en los pacientes con enfermedad coronaria significativa, pero no mostraron diferencias relevantes en relación con el número de vasos significativamente enfermos. A pesar de lo anterior, los modestos resultados no justifican el empleo del *speckle-tracking* bidimensional para discriminar la enfermedad coronaria significativa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, Cushman M, Das SR, Deo R, *et al.* Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2017;135(10): e146-e603. [DOI]
2. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Salud 2016. La Habana: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud; 2017.
3. Trainini JC, Elençwajg, López Cabanillas N, Herrero J, Lago N, Lowenstein JA, *et al.* Fundamentos de la Nueva Mecánica Cardíaca. La bomba de

- succión. 1ª ed. Buenos Aires: Lumen; 2015.
4. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, Andreotti F, Arden C, Budaj A, *et al.* Guía de Práctica Clínica de la ESC 2013 sobre diagnóstico y tratamiento de la cardiopatía isquémica estable. *Rev Esp Cardiol.* 2014;67(2):135.e1-81. [DOI]
 5. Marwick TH. Ejection Fraction Pros and Cons: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(19):2360-79. [DOI]
 6. Cossio PR. Fundamentos de la Nueva Mecánica Cardíaca. La bomba de succión. *Rev Argent Cardiol.* 2016;84(1):73.
 7. Poveda F, Gil D, Martí E, Andaluz A, Ballester M, Carreras F. Estudio tractográfico de la anatomía helicoidal del miocardio ventricular mediante resonancia magnética por tensor de difusión. *Rev Esp Cardiol.* 2013;66(10):782-90. [DOI]
 8. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Sorina M, Padayattil-Jose S, *et al.* Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol.* 2014; 67(8):651-8. [DOI]
 9. Mada RO, Duchenne J, Voigt JV. Tissue Doppler, Strain and Strain Rate in ischemic heart disease "How I do it". *Cardiovasc Ultrasound* [Internet]. 2014 [citado 18 Dic 2019];12(38). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1476-7120-12-38>
 10. 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.* 2015;16(1):1-11. [DOI]
 11. Takeuchi M, Nishikage T, Nakai H, Kokumai M, Otani S, Lang RM. The assessment of left ventricular twist in anterior wall myocardial infarction using two-dimensional speckle tracking imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20(1):36-44. [DOI]
 12. 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 26 Dic 2019];15:25. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12880-015-0067-y>
 13. Damman P, van Geloven N, Wallentin L, Lagerqvist B, Fox KA, Clayton T, *et al.* Timing of angiography with a routine invasive strategy and long-term outcomes in non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: a collaborative analysis of individual patient data from the FRISC II (Fragmin and Fast Revascularization During Instability in Coronary Artery Disease), ICTUS (Invasive Versus Conservative Treatment in Unstable Coronary Syndromes), and RITA-3 (Intervention Versus Conservative Treatment Strategy in Patients With Unstable Angina or Non-ST Elevation Myocardial Infarction) Trials. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5(2):191-9. [DOI]
 14. Hamm CW, Bassand JP, Agewall S, Bax J, Boersma E, Bueno H, *et al.* ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute coronary syndromes (ACS) in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2011;32(23):2999-3054. [DOI]
 15. Gastaldello A, Merlo P, Amor M, Alasia D, Galello M, Rousse M, *et al.* El strain longitudinal en reposo no predice el resultado del eco estrés. *Rev Argent Cardiol.* 2016;84(4):343-8.
 16. Caniggia C, Amor M, Lowenstein Haber D, Alasia D, Galello M, Darú V, *et al.* Factibilidad y aportes del análisis de la deformación longitudinal 2D global y regional durante el eco estrés con ejercicio. *Rev Argent Cardiol.* 2014;82(2):110-7.
 17. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afzalalo J, 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]
 18. Redberg RF, Benjamin EJ, Bittner V, Braun LT, Goff DC Jr, Havas S, *et al.* ACCF/AHA 2009 performance measures for primary prevention of cardiovascular disease in adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Performance Measures (Writing Committee to Develop Performance Measures for Primary Prevention of Cardiovascular Disease) developed in collaboration with the American Academy of Family Physicians; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; and Preventive Cardiovascular Nurses Association: endorsed by the American College of Preventive Medicine, American College of Sports Medicine, and Society for Women's Health Research. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54(14):1364-405. [DOI]
 19. 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 29 Dic 2019];21(3). Disponible en: http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/597/pdf_15
20. Villar Inclán A, Ocaña VH, Pedroso Rodríguez J, Cruz Bouza R, Cosimo Guida M, Peña Hernández E, *et al*. Primeros resultados comparativos de dos vías de abordajes de cirugía de revascularización coronaria mínimamente invasiva. *Rev Cuba Cir*. 2010;49(4):15-28.
21. 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 30 Dic 2019];12(3). Disponible en: <http://www.revgmespirituana.sld.cu/index.php/gme/article/view/1549/1700>
22. Echemendía Simón ED, Villar Inclán A, Nafeh Abi-Rezk M, Pedroso Rodríguez J, Martí Pérez D, Hidalgo Costa T. Comparación de los resultados de la revascularización miocárdica con corazón latiente, con circulación extracorpórea y sin ella. *Rev Cuba Cir*. 2011;50(1):25-39.
23. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares: Datos y cifras [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2017 [citado 16 Ene 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-cvds>
24. Paula Piñera BM, Díaz Valdez YN, Hernández Puentes Y, Salinas Olivares M, Almeida Carralero G, Gutiérrez Alba NE, *et al*. Impacto de la Hipertensión Arterial en el proceso aterosclerótico de las arterias coronarias: Patomorfometría. *Rev Cuban Invest Bioméd*. 2009;28(3):37-43.
25. Bonet Gorbea M, Varona Pérez P, Chang La Rosa M, García Rocha RG, Suárez Medina R, Arcia Montes de Oca N, *et al*. III Encuesta Nacional de factores de riesgo y actividades preventivas de enfermedades no transmisibles. Cuba 2010-2011. La Habana: ECIMED, 2014.
26. Mahmood SS, Levy D, Vasan RS, Wang TJ. The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular disease: a historical perspective. *Lancet*. 2014;383(9921):999-1008. [DOI]
27. O'Donnell CJ, Elosua R. Factores de riesgo cardiovascular. Perspectivas derivadas del Framingham Heart Study. *Rev Esp Cardiol*. 2008;61(3):299-310. [DOI]
28. Montgomery DE, Puthumana JJ, Fox JM, Ogunyankin KO. Global longitudinal strain aids the detection of non-obstructive coronary artery disease in the resting echocardiogram. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(7):579-87. [DOI]
29. Smedsrud MK, Sarvari S, Haugaa KH, Gjesdal O, Ørn S, Aaberge L, *et al*. Duration of myocardial early systolic lengthening predicts the presence of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(12):1086-93. [DOI]
30. 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]
31. Shimoni S, Gendelman G, Ayzenberg O, Smirin N, Lysyansky P, Edri O, *et al*. Differential effects of coronary artery stenosis on myocardial function: the value of myocardial strain analysis for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(7):748-57. [DOI]
32. Gaibazzi N, Pigazzani F, Reverberi C, Porter TR. Rest global longitudinal 2D strain to detect coronary artery disease in patients undergoing stress echocardiography: a comparison with wall-motion and coronary flow reserve responses. *Echo Res Pract*. 2014;1(2):61-70. [DOI]
33. 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]
34. Bakhoun S, Taha HS, Abdelmonem YY, Fahim M. 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. *Egypt Heart J*. 2016;68(3):171-9. [DOI]

Global circumferential strain in patients with ischemic heart disease

Idalys Román-Fernández¹ , MD; Aylen Pérez-Barreda² , MD; Adrián Naranjo-Domínguez² , MD; Angel Y. Rodríguez-Navarro¹, MD; and Oscar A. Alfonso-Montero¹ , MD

¹ Department of Echocardiography, Cardiovascular Imaging Unit, *Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ)*. Havana, Cuba.

² Department of Cardiology, *Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*. Havana, Cuba.

Este artículo también está disponible en español

ARTICLE INFORMATION

Received: January 31, 2020

Accepted: March 19, 2020

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Abbreviations

2D-ST: two-dimensional speckle-tracking

GCS: global circumferential strain

LVEF: left ventricular ejection fraction

NSCAD: non-significant coronary artery disease

SCAD: significant coronary artery disease

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular diseases are the top cause of death in Cuba as well as in most developed countries. Two-dimensional speckle-tracking (2D-ST) echocardiography is a recent technique in the evaluation of cardiac function.

Objectives: To determine the relationship between global circumferential strain (GCS) measured through 2D-ST echocardiography and the state of coronary circulation in patients with ischemic heart disease.

Method: An analytical, cross-sectional study was carried out on 55 patients with indication of coronary angiography, who underwent echocardiography to measure the GCS through 2D-ST at the Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ, Havana, Cuba), during one year. Two groups were created: with significant coronary artery disease (SCAD = 32) and non-significant coronary artery disease (NSCAD = 23). The statistical package for the social sciences (SPSS) was used to analyze the results.

Results: Mean age was higher in the SCAD group (55.6 ± 9.3 vs. 61.8 ± 8.8 , $p=0.014$). Men with SCAD (47.3%), patients with high blood pressure (SCAD=90.6% and NSCAD=65.2%, $p=0.02$) and smokers (SCAD=59.4% and NSCAD=17.4%, $p=0.002$) predominated. The most frequent diagnosis was chronic stable angina (87%). Three-vessel disease predominated in the SCAD group (75%). The GCS was lower in the SCAD group [$(-19.5.0 \pm 3.8$ vs. -25.2 ± 5.7 , $p=0.033$); area under the curve=0.208]. There were no differences in GCS according to the number of significantly diseased vessels.

Conclusions: The results found do not justify the use of GCS through 2D-ST echocardiography to discriminate the presence or nor of SCAD.

Keywords: Ischemic heart disease, Myocardial ischemia, Bidimensional speckle-tracking echocardiography, Global circumferential strain, Cardiac performance

Deformación miocárdica (strain) circunferencial global en pacientes con cardiopatía isquémica

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en Cuba y la mayoría de los países desarrollados. La ecocardiografía con rastreo de marcas o speckle-tracking bidimensional (ST-2D) es una técnica reciente en la evaluación de la función cardíaca.

Objetivo: Determinar la relación entre la deformación miocárdica (strain) circunferencial (GCS) medida por ST-2D y el estado de la circulación coronaria, en pacientes con cardiopatía isquémica.

✉ I Román Fernández
CIMEQ. Calle 216 y 11B
Rpto. Siboney, Playa, CP 12100.
La Habana, Cuba.
E-mail address:
idalys8825@gmail.com

Authors' contribution

IRF and APB: Idea and design of the research; obtaining, analyzing and interpreting the data, as well as writing the manuscript.

AND, AYRN and OAAM: Analysis and interpretation of data as well as collaboration in writing the manuscript.

All authors critically reviewed the manuscript and approved the final report.

Método: Se realizó un estudio analítico, transversal, con 55 pacientes con indicación de coronariografía a los que se les realizó ecocardiograma para medir la GCS mediante ST-2D, en el Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ, La Habana, Cuba), durante un año. Se crearon dos grupos: con enfermedad coronaria significativa (ECS=32) y no significativa (ECNS=23). Se utilizó SSPS para análisis de los resultados.

Resultados: La edad promedio fue mayor en ECS (55,6 ±9,3 vs. 61,8±8,8; $p=0,014$). Predominaron los hombres con ECS (47,3%), los hipertensos (ECS=90,6% y ECNS=65,2%; $p=0,02$) y los fumadores (ECS=59,4% y ECNS=17,4%; $p=0,002$). El diagnóstico más frecuente fue la angina crónica estable (87%). En ECS predominó la enfermedad de tres vasos (75%). La GCS fue menor en ECS [$(-19,5\pm3,8$ vs. $-25,2\pm5,7$; $p=0,033$); área bajo la curva = 0,208]. No hubo diferencias en GCS, según el número de vasos significativamente enfermos.

Conclusiones: Los resultados encontrados no justifican el empleo de la GCS por ST-2D para discriminar la presencia o no de ECS.

Palabras clave: Cardiopatía isquémica, Isquemia miocárdica, Ecocardiografía con speckle-tracking bidimensional, Deformación miocárdica circumferencial, Función cardíaca

INTRODUCTION

Cardiovascular disease is the top cause of death in most developed countries. There are multiple resources devoted to cardiology research to reverse such unfavorable statistics¹. Currently, for this cause alone, more than 20,000 Cubans die annually².

Ischemic heart disease is a disease in which there is an alteration of myocardial perfusion and tissue oxygenation, which leads to changes in the ventricular function³. Assessing the impact of ischemic heart disease on the cardiac function is one of the routine goals of echocardiography laboratories⁴. The most widely used echocardiographic variable to quantify the left ventricular systolic function is its ejection fraction (LVEF); its determination by echocardiography crucially depends on the expert knowledge of the operator and, in addition, it is affected by a significant intraobserver and interobserver variability⁵.

The general function of the LV is the result of the contraction and relaxation of a complex architecture of myocardial fibers, a contraction that determines changes in the size and shape of the LV that are the result of simultaneous longitudinal shortening, circumferential rotation and radial thickening of the myocardium^{6,7}.

Echocardiography with analysis of the myocardial strain has become a routine technique for the evaluation of different heart diseases. The study by means of tracing marks or points (two-dimensional speckle-tracking [2D-ST]) has emerged as a novel technique for the quantitative evaluation of the myocardium's global and segmental function. Altera-

tions in its strain usually appear before visual alterations in the regional movement of the myocardial wall, which gives value to their study^{8,9}. Techniques such as 2D-ST have improved the non-invasive assessment of myocardial strain compared to the conventional two-dimensional ones, and provide accurate information in the initial phases of myocardial diseases¹⁰. The strain data is obtained by means of an automatic measurement, frame by frame, of the distance between two points of each segment of the LV during the cardiac cycle, in three dimensions (radial, circumferential and longitudinal)^{11,12}.

Conventional coronary angiography, although it is a generally safe research method, is not exempt from complications, besides having high costs^{13,14}. Therefore, simple, non-invasive methods are needed to improve the selection and prognosis of patients referred for this angiographic procedure⁴.

Many studies support the usefulness of the technique, in at rest conditions, for the identification of patients with high-risk ischemic heart disease, determined by the presence of left main coronary artery disease or three-vessel disease. It is not well-known whether radial and circumferential strains can predict the presence, extent, and location of significant coronary artery disease. Recent publications deny its usefulness in this context^{15,16}, motivations that have led to this work in order to determine the relationship between circumferential myocardial strain —measured by 2D-ST— and the state of the coronary circulation, in patients with suspected ischemic heart disease.

METHOD

An analytical cross-sectional observational study was carried out between January 2016 and January 2017, at the *Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ)*, in Havana, Cuba. The population of study was represented by all those patients who attended the hemodynamics laboratory for coronary angiography with the clinical diagnosis of ischemic heart disease. The sample consisted of 55 patients who met the following criteria: over 18 years of age, optimal acoustic window for echocardiography, and signing the informed consent to participate in the research.

Patients with oncological diseases, severe valvular heart disease, impaired contractility at rest, heart rhythm disorders, and those where accurate echocardiographic images were not obtained to complete the study, were excluded.

Variables

The following variables were studied: age, sex, atherogenic risk factors, presence and extent of coronary artery disease, and affected artery; as well as those related to the M-mode echocardiogram, two-dimensional and myocardial strain, whose normal values were taken into account, according to the recommendations for the quantification of cardiac chambers in adults of the American Heart Association and the European Association of Cardiovascular Imaging¹⁷.

Echocardiogram

Study participants were examined by transthoracic echocardiography, using a commercial EPIQ7 ultrasound system (Philips Medical Systems) equipped with a 2.5 MHz transducer. All images were obtained with the same frame rate (50-80 frames/s).

Two-dimensional (gray scale) projections were obtained with an apical (four- and two-chamber, and long-axis views) and parasternal approach (long-axis and short-axis views at the mitral valve, papillary muscles, and apex). Records of three consecutive cardiac cycles of each projection were obtained, while the patient maintained the apnea at the end of expiration. Special care was taken to obtain correct apical and parasternal images using standard anatomical landmarks.

The analysis of the speckle-tracking images was

performed with the commercial software QLab (Philips Medical Systems). Short-axis projections were used for the measurement of the segmental and global circumferential strain. The program automatically marked the endocardial and epicardial borders, and automatically divided each echocardiographic view into several of the 17 segments that are related to the perfusion territory of the epicardial arteries. In addition, it provided automated confirmation of the 2D-ST scan (which was verified by the operator) and generated strain values, expressed in global and segmental percentages. If there were more than three of the 17 LV segments with inadequate tracing, the patient was excluded from the study. The myocardial strain values are presented in the form of curves and a polar map, or a bull's-eye diagram (**Figure 1**).

Coronary angiography protocol

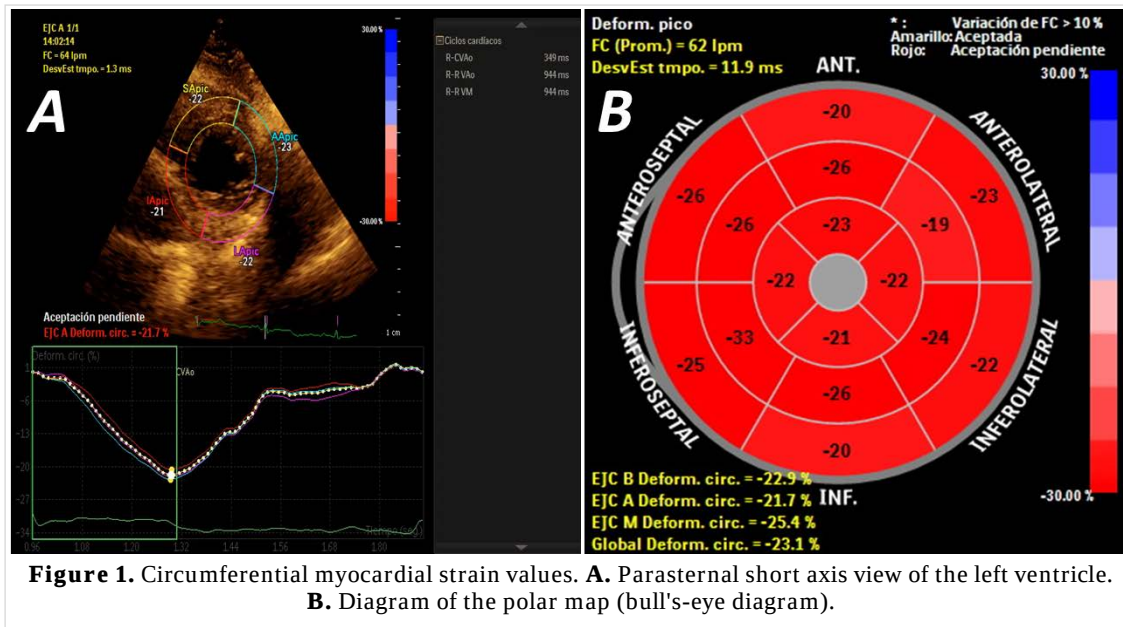
Classic techniques were used in this study to carry out the diagnostic procedure, with an INTEGRIS HM3000 - PHILIPS MEDICAL SYSTEMS - NEDERLAND B.V. equipment; the Phillips quantification program was used for the INTEGRIS line in the quantitative coronary angiography.

Statistical analysis

The statistical analysis was carried out using the Statistical Package Scientific System SPSS (v. 18). The Kolmogorov-Smirnov test was used to evaluate the normality of the variables. Summary measures were used for qualitative (ratios, percent) and quantitative data (arithmetic mean and standard deviation). The χ^2 was used to compare groups with qualitative variables. The Student's t test was used for the comparison of continuous variables (according to the characteristics of their distribution) between two groups and one-way ANOVA (ANalysis Of VAriance), for the comparison among more than two groups. The value 0.05 was taken as the significance level.

Ethical aspects

In the research, the ethical bases of human examinations were respected and the free acceptance of the patient (consent) was obtained, previously informed that the echocardiogram was a safe diagnostic procedure.



RESULTS

A total of 55 patients were studied, 38 (69.1%) of them male. The mean age was 59 years. There were 32 (58.2%) cases with significant coronary artery disease (SCD) and almost half of those researched (47.3%) were men with SCAD (**Table 1**). The mean age was significantly higher in the patients with SCAD (55.6 ± 9.3 vs. 61.8 ± 8.8 ; $p=0.014$).

Within the two groups, the patients had an average body mass index above 25 kg/m^2 , with no differences between them. During the time the echocardiographic research was carried out, the stability of the hemodynamic variables (heart rate and blood pressure) could be verified between the patients in both groups.

The cardiovascular risk factors evaluated were all more frequent in the group of patients with SCAD. The one that presented more frequently, both in patients with SCAD and in those with non-significant coronary disease (NSCAD), was the high blood pressure (HBO); although it was more frequent (90.6%) among the former. It is striking that almost 60% of those who presented SCAD were smokers, with an important difference between the two

Table 1. Characterization of patients according to the presence of significant or non-significant coronary artery disease.

Initial variables	Coronary artery disease		p
	Non-significant (n=23)	Significant (n=32)	
Age (years)	55.6 ± 9.3	61.8 ± 8.8	0.014
Male	12 (21.8%)	26 (47.3%)	
BMI (kg/m ²)	26.5 ± 4.1	26.1 ± 3.5	0.780
Heart rate	64.6 ± 10.5	66.8 ± 11.5	
Systolic HBP	130 ± 8.9	131 ± 6.7	0.335
Diastolic BP	81 ± 10	80 ± 11	0.350
Risk factors			
Smoking	4 (17.4)	19 (59.4%)	0.002
High blood pressure	15 (65.2%)	29 (90.6%)	0.020
Dyslipidemia	6 (26.1%)	11 (34.4%)	0.512
Obesity	4 (17.4%)	8 (25.0%)	0.500
Diabetes mellitus	3 (13.0%)	9 (28.1%)	0.182
Clinic			
Chronic stable angina	21 (91.3%)	27 (84.4%)	0.002
Unstable angina	2 (8.7%)	5 (15.6%)	
Extension			
One-vessel disease	-	4 (12.5%)	0.273
Two-vessel disease	1 (4.3%)	4 (12.5%)	
Three-vessel disease	-	24 (75.0%)	

Values show mean $\pm$ standard deviation and n (%).

BMI, body mass index; BP, blood pressure

Table 2. Echocardiographic variables according to coronary artery disease.

Echocardiographic variables	Coronary artery disease		p
	Non-significant (n=11)	Significant (n=25)	
Diastole IVS (mm)	10.8 ± 2.5	11.3 ± 1.8	0.415
Systole IVS (mm)	15.6 ± 2.9	15.1 ± 2.4	0.961
Diastole PW (mm)	10.3 ± 1.3	11.3 ± 2.4	0.075
Systole PW (mm)	15.7 ± 2.2	16.9 ± 3.6	0.248
Diastole LV (mm)	45.8 ± 4.9	45.8 ± 6.4	0.998
Systole LV (mm)	29.3 ± 5.2	30.5 ± 7.9	0.537
LVEDV (ml)	88.5 ± 27.9	99.9 ± 36.0	0.552
LVESV (ml)	37.0 ± 14.4	40.1 ± 20.1	0.773
LVEF (Simpson, %)	55.5 ± 7.5	61.6 ± 7.5	0.183
FS (%)	34.9 ± 7.4	34.8 ± 8.2	0.878
LVED volume (ml)	83.1 ± 32.8	93.9 ± 23.9	0.458
LVES volume (ml)	30.8 ± 11.8	36.4 ± 11.4	0.125
LVEF (%)	62.6 ± 8.3	60.7 ± 6.5	0.371
E wave (cm/s)	72.7 ± 13.5	82.1 ± 19.1	0.127
A wave (cm/s)	72.2 ± 14.9	80.6 ± 20.3	0.157
E/A ratio	1.0 ± 0.3	1.1 ± 0.5	0.594
e' (cm/s)	10.2 ± 3.6	9.6 ± 4.4	0.468
s' (cm/s)	6.7 ± 1.5	7.2 ± 2.4	0.265
E/e'	8.1 ± 3.7	9.7 ± 4.0	0.650

Values show mean ± standard deviation.

FS, fractional shortening; IVS, interventricular septum; LVEF, left ventricular ejection fraction; LVEDV, left ventricular end-diastolic volume; LVESV, left ventricular end-systolic volume; PW, posterior wall

groups (p=0.002).

Regarding the clinical diagnosis, patients with stable chronic angina were more frequent (48 [87.2%]), representing more than three-quarters of all those researched. Among the patients with SCAD, there was a predominance of those with three-vessel artery disease, present in 75% of them (**Table 1**).

The echocardiographic variables used to evaluate the systolic and diastolic functions of the left ventricle did not show any differences of interest between the two groups, which demonstrate their homogeneity in this regard. The fact that the patients selected for the research had a normal LVEF is highlighted (**Table 2**).

In **table 3** and **figure 2** are shown the means and standard deviation of the values of the global circumferential strain (GCS) in relation to the presence or not of SCAD. The GCS was lower (absolute values) in the SCAD for both, global strain (-19.5 ± 3.8 vs. -25.2 ± 5.7 ; p=0.003) and basal (-17.7 ± 6.2 vs. -21.7 ± 7.1 ; p=0.045) mean (-17.0 ± 4.3 vs. -24.2 ± 7.5 ; p=0.001) and apical segments (-23.7 ± 7.5 vs. -29.6 ± 9.1 ; p=0.036); as well as for the different segments of the left ventricle compared individually, although in the comparison by segments, the differences were not statis-

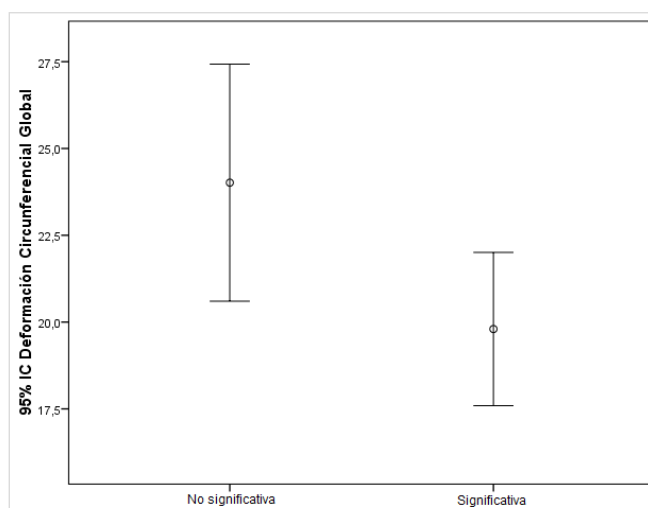


Figure 2. Global circumferential myocardial strain according to the severity of the coronary artery disease.

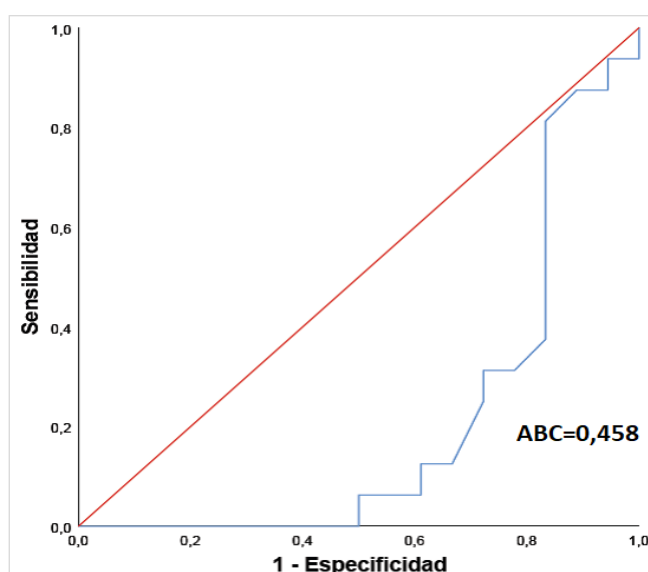


Figure 3. ROC curve of the global circumferential strain for predicting significant coronary artery disease.

Table 3. Relationship of global and segmental circumferential strains according to coronary artery disease.

Circumferential speckle-tracking variables	Coronary artery disease		p
	Non-significant (n=23)	Significant (n=32)	
GCS	-25.2 ± 5.7	-19.7 ± 3.8	0.003
Basal GCS	-21.7 ± 7.1	-17.7 ± 6.2	0.045
Medial GCS	-24.2 ± 7.5	-17.0 ± 4.3	0.001
Apical GCS	-29.6 ± 9.1	-23.7 ± 7.5	0.036
Basal segments			
Anterior septal	-22.5 ± 7.8	-18.6 ± 6.2	0.108
Anterior	-22.2 ± 7.9	-17.9 ± 6.5	0.084
Anterior lateral	-21.3 ± 5.2	-17.0 ± 8.4	0.072
Inferior septal	-21.7 ± 6.5	-18.0 ± 6.7	0.108
Inferior	-20.2 ± 7.3	-16.1 ± 6.7	0.088
Inferior lateral	-20.1 ± 7.0	-16.3 ± 6.4	0.103
Medial segments			
Anterior septal	-25.6 ± 7.6	-17.6 ± 4.8	0.001
Anterior	-24.6 ± 7.6	-18.1 ± 5.9	0.007
Anterior lateral	-24.8 ± 8.4	-17.6 ± 4.7	0.004
Inferior septal	-25.9 ± 8.0	-19.9 ± 5.3	0.013
Inferior	-22.7 ± 7.7	-16.4 ± 7.0	0.015
Inferior lateral	-24.5 ± 8.4	-15.8 ± 6.8	0.002
Apical segments			
Septal	-30.2 ± 8.8	-24.5 ± 6.5	0.035
Anterior	-30.3 ± 8.4	-25.0 ± 6.6	0.041
Inferior	-28.2 ± 10.4	-25.2 ± 7.5	0.331
Lateral	-29.6 ± 8.6	-23.9 ± 6.2	0.029

Values (%) are expressed in mean ± standard deviation.
GCS: global circumferential strain

tically significant. Despite existing differences between the two groups, there are values that overlap between them, which makes it difficult to find a cut-off value to differentiate them.

In **figure 3** is displayed the ROC (Receiver Operating Characteristic) curve for SCAD prediction from GCS. The area under the curve is low, which does not allow setting values to define patients with levels of sensitivity and specificity that allow the technique to be used for that purpose. When analyzing the GCS, from the number of vessels with angiographically significant lesions, it was found that there

were no differences between the groups in any of the cases (**Figure 4**).

The average strains of the cardiac segments related to the possible irrigation territories of the main epicardial arteries, —anterior descending, circumflex and right coronary arteries— which have a previously established and supposedly uniform anatomical pattern (**Table 4**), show that those segments related to significantly diseased arteries had lower mean GCS values than those without significant obstruction, although this result was not statistically relevant.

DISCUSSION

In this study carried out in patients with suspected ischemic heart disease, males predominated, what is related to the fact that the largest proportion of the patients were between 50 and 69 years of age, at which time cardiovascular diseases are more frequent in men, since women are more protected by known hormonal factors at this stage of life^{18,19}. This result coincides with those obtained by groups from the *Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICCCV)*, of the Hospital Hermanos Ameijeiras, both in Havana, and the *Cardiocentro Ernesto Che Guevara*, in Villa Clara, both with respect to sex and age of patients²⁰⁻²².

With no differences between the groups, it is noteworthy that the averages of body mass index placed

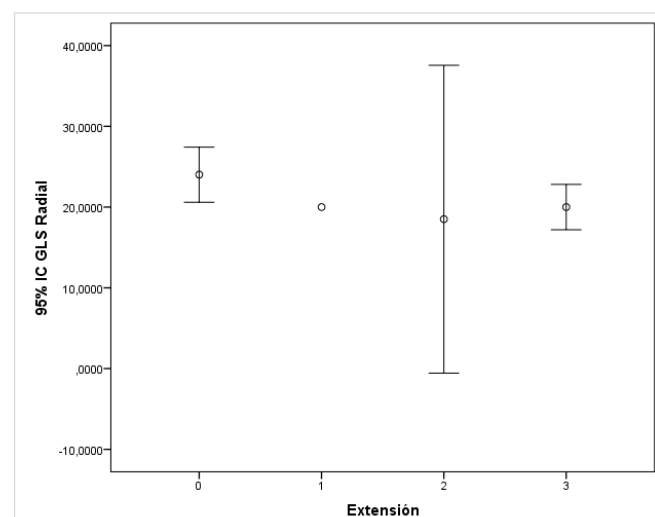
**Figure 4.** Global circumferential myocardial strain according to the extent of the coronary artery disease.

Table 4. Average strains of myocardial segments, according to the territory of irrigation of the coronary artery and coronary artery disease.

Speckle-tracking variables	Coronary artery disease		p
	Non-significant	Significant	
Left anterior descending artery	n=25	n=28	
GCS (%)	-20,7±4,6	-19,1±4,4	0,907
Circumflex artery	n=31	n=22	
GCS (%)	-17,8±8,7	-12,9±10,1	0,096
Right coronary artery	n=32	n=21	
GCS (%)	-19,4±3,7	-18,1±2,6	0,192

GCS: global circumferential strain

the patients within the overweight category. According to WHO data, Cuba reported, until 2008, a prevalence of obesity for adults aged 25 years or more of 27%, and 14% for women and men, respectively²³.

A high frequency of cardiovascular risk factors was found among sick patients with SCAD. High blood pressure was found the most. Blood pressure figures, both systolic and diastolic, correlate with the incidence of coronary and cerebrovascular disease²⁴. According to the results of the III National Survey on Risk Factors (III ENFR, after its abbreviation in Spanish), in Cuba, the global prevalence of HBP is 30.9% in the population ≥ 15 years, with an increase after 55 years old. Results similar to those shown in most European countries^{1,25}.

Smoking is an important risk factor related to endothelial damage and plaque formation in the coronary arteries. Mortality from cardiovascular diseases has been shown to increase in smokers. In fact, 29% of deaths due to ischemic heart disease have tobacco as the main cause²⁵⁻²⁷.

The fact that three-quarters of the patients have a clinical diagnosis of stable chronic angina is of great importance when interpreting the results, since these will be fundamentally related to their clinical status. The study population was made up of patients who underwent coronary angiography in the hemodynamics laboratory of the CIMEQ, a site where patients with acute coronary syndromes are less frequent; furthermore, these types of cases arrived at a time when it was difficult to perform the echocardiogram, as it was sometimes outside normal working hours; hence, its representation within the sample was lower.

Three-quarters of those analyzed with SCAD had three-vessel disease. In patients with a greater number of damaged vessels, the clinical picture is gener-

ally more diverse, with greater limitations in prognosis and quality of life, which is related to a greater proportion of ischemic myocardium and, thus, this would justify the performance of a coronary angiography in the stratification of the patient's risk and in the behavior to be followed, based on the current guidelines for action⁴.

It is not possible to speak of ischemic heart disease without referring to the amount of phenomena and changes that are generated in relation to ischemia. Alterations in the myocardial strain usually appear before visual alterations in the regional movement of the myocardial wall, which gives value to their study⁹. This justifies the numerous studies that have been carried out comparing myocardial strain at rest between patients with SCAD and NSCAD^{10,12,28,29}.

Amundsen *et al.*³⁰ validated the application of the 2D-ST for clinical use by providing precise measurements, which made it a potential bedside clinical tool to quantify regional myocardial function. In the present research, it was found that GCS values were lower in patients with SCAD than in those with NSCAD, which is consistent with several published studies^{10,29,31}. Although in the study, the difference between the groups is relevant, it is important to note that in the group of patients with NSCAD, there are patients with possible microvascular damage, slow coronary flows or with lesions in one or more coronary arteries that do not exceed 50% of the lumen of the vessel, but they are themselves sick patients, thus, myocardial strain values may be decreased and may overlap with those with significant coronary lesions. On the other hand, the presence of risk factors such as: diabetes mellitus, HBP and obesity causes disruption in the myocardial interstitial matrix due to microvascular ischemia, fibrosis and

collagen substitution, which can lead to microscopic changes in the myocardial fiber that generate sub-clinical myocardial dysfunction, potentially detectable through the study of the myocardial strain³².

The foregoing may explain that when analyzing the ROC curve, the area under it does not justify the application of the tool to distinguish between the patient with significantly diseased coronary arteries from those with normal coronary arteries or with non-significant lesions, since the values overlap each other. There were also no differences of interest between the GCS values according to the extent of the coronary disease, which does not coincide with several published studies^{31,33}. In the authors' opinion, this result could be related to the size of the sample studied, where two thirds of the patients had three-vessel coronary disease.

Although myocardial strains, according to the epicardial arteries and their possible irrigation areas, were lower in the segments related to significantly obstructed arteries, their differences were not statistically relevant. The coronary anatomy is variable, hence, assessing territorial function according to a specific vascular territory may not reflect the true coronary artery distribution. Some areas may receive dual irrigation, including the development of collaterals. Norum *et al.*¹² describe similar results; on the other hand, Bakhoun *et al.*³⁴ studied the circumferential strain in patients with suspected stable coronary artery disease to predict the presence, extent and location of coronary obstruction, and found significantly lower GCS results in patients with trunk and three-vessel disease compared to those with normal coronary arteries or one- or two-vessel disease. ($p=0.03$ and $p=0.00$, respectively)³⁴.

The greatest benefit of using the 2D-ST is that it makes echocardiography more objective and quantitative, which determines a more complete and accurate cardiac examination. Many complementary studies can be expensive. Despite current technological limitations, GCS is likely to become a standard clinical tool in the near future, as imaging experts gain confidence in its measurement and clinicians become more familiar with its value. To be cost-effective, echocardiography must be a definitive examination. The use of 2D-ST is a big step in that direction³⁴.

CONCLUSIONS

In the patients studied with ischemic heart disease,

men predominated in the sixth decade of life, as well as high blood pressure and smoking among the risk factors. The largest proportion of patients had a clinical diagnosis of stable chronic angina. Global circumferential strain values were lower in patients with significant coronary artery disease, but did not show relevant differences in relation to the number of significantly diseased vessels. Despite the above, the modest results do not justify the use of two-dimensional speckle-tracking to discriminate significant coronary artery disease.

REFERENCES

1. Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, Cushman M, Das SR, Deo R, *et al.* Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2017;135(10):e146-e603. [DOI]
2. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Salud 2016. La Habana: Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud; 2017.
3. Trainini JC, Elenchwajg, López Cabanillas N, Herrero J, Lago N, Lowenstein JA, *et al.* Fundamentos de la Nueva Mecánica Cardíaca. La bomba de succión. 1ª ed. Buenos Aires: Lumen; 2015.
4. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, Andreotti F, Arden C, Budaj A, *et al.* Guía de Práctica Clínica de la ESC 2013 sobre diagnóstico y tratamiento de la cardiopatía isquémica estable. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67(2):135.e1-81. [DOI]
5. Marwick TH. Ejection Fraction Pros and Cons: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(19):2360-79. [DOI]
6. Cossio PR. Fundamentos de la Nueva Mecánica Cardíaca. La bomba de succión. *Rev Argent Cardiol*. 2016;84(1):73.
7. Poveda F, Gil D, Martí E, Andaluz A, Ballester M, Carreras F. Estudio tractográfico de la anatomía helicoidal del miocardio ventricular mediante resonancia magnética por tensor de difusión. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66(10):782-90. [DOI]
8. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Sorina M, Padayattil-Jose S, *et al.* Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol*. 2014; 67(8):651-8. [DOI]
9. Mada RO, Duchenne J, Voigt JV. Tissue Doppler, Strain and Strain Rate in ischemic heart disease "How I do it". *Cardiovasc Ultrasound* [Internet].

- 2014 [cited Dec 18, 2019];12(38). Available at: <https://doi.org/10.1186/1476-7120-12-38>
10. 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*. 2015;16(1):1-11. [DOI]
 11. Takeuchi M, Nishikage T, Nakai H, Kokumai M, Otani S, Lang RM. The assessment of left ventricular twist in anterior wall myocardial infarction using two-dimensional speckle tracking imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(1):36-44. [DOI]
 12. 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 [cited Dec 26, 2019];15:25. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12880-015-0067-y>
 13. Damman P, van Geloven N, Wallentin L, Lagerqvist B, Fox KA, Clayton T, *et al.* Timing of angiography with a routine invasive strategy and long-term outcomes in non-ST-segment elevation acute coronary syndrome: a collaborative analysis of individual patient data from the FRISC II (Fragmin and Fast Revascularization During Instability in Coronary Artery Disease), ICTUS (Invasive Versus Conservative Treatment in Unstable Coronary Syndromes), and RITA-3 (Intervention Versus Conservative Treatment Strategy in Patients With Unstable Angina or Non-ST Elevation Myocardial Infarction) Trials. *JACC Cardiovasc Interv*. 2012;5(2):191-9. [DOI]
 14. Hamm CW, Bassand JP, Agewall S, Bax J, Børersma E, Bueno H, *et al.* ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute coronary syndromes (ACS) in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2011;32(23):2999-3054. [DOI]
 15. Gastaldello A, Merlo P, Amor M, Alasia D, Galello M, Rousse M, *et al.* El strain longitudinal en reposo no predice el resultado del eco estrés. *Rev Argent Cardiol*. 2016;84(4):343-8.
 16. Caniggia C, Amor M, Lowenstein Haber D, Alasia D, Galello M, Darú V, *et al.* Factibilidad y aportes del análisis de la deformación longitudinal 2D global y regional durante el eco estrés con ejercicio. *Rev Argent Cardiol*. 2014;82(2):110-7.
 17. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, 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]
 18. Redberg RF, Benjamin EJ, Bittner V, Braun LT, Goff DC Jr, Havas S, *et al.* ACCF/AHA 2009 performance measures for primary prevention of cardiovascular disease in adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Performance Measures (Writing Committee to Develop Performance Measures for Primary Prevention of Cardiovascular Disease) developed in collaboration with the American Academy of Family Physicians; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; and Preventive Cardiovascular Nurses Association: endorsed by the American College of Preventive Medicine, American College of Sports Medicine, and Society for Women's Health Research. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(14):1364-405. [DOI]
 19. 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 [cited Dec 29, 2019];21(3). Available at: http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/597/pdf_15
 20. Villar Inclán A, Ocaña VH, Pedroso Rodríguez J, Cruz Bouza R, Cosimo Guida M, Peña Hernández E, *et al.* Primeros resultados comparativos de dos vías de abordajes de cirugía de revascularización coronaria mínimamente invasiva. *Rev Cuba Cir*. 2010;49(4):15-28.
 21. 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 [cited Dec 30, 2019];12(3). Available at: <http://www.revgmespirituana.sld.cu/index.php/gme/article/view/1549/1700>
 22. Echemendía Simón ED, Villar Inclán A, Nafeh Abi-Rezk M, Pedroso Rodríguez J, Martí Pérez D, Hidalgo Costa T. Comparación de los resultados de la revascularización miocárdica con corazón latiente, con circulación extracorpórea y sin ella. *Rev Cuba Cir*. 2011;50(1):25-39.

23. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares: Datos y cifras [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2017 [cited Jan 16, 2020]. Available at: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
24. Paula Piñera BM, Díaz Valdez YN, Hernández Puentes Y, Salinas Olivares M, Almeida Carralero G, Gutiérrez Alba NE, *et al.* Impacto de la Hipertensión Arterial en el proceso aterosclerótico de las arterias coronarias: Patomorfometría. *Rev Cuban Invest Bioméd.* 2009;28(3):37-43.
25. Bonet Gorbea M, Varona Pérez P, Chang La Rosa M, García Rocha RG, Suárez Medina R, Arcia Montes de Oca N, *et al.* III Encuesta Nacional de factores de riesgo y actividades preventivas de enfermedades no transmisibles. Cuba 2010-2011. La Habana: ECIMED, 2014.
26. Mahmood SS, Levy D, Vasan RS, Wang TJ. The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular disease: a historical perspective. *Lancet.* 2014;383(9921):999-1008. [DOI]
27. O'Donnell CJ, Elosua R. Factores de riesgo cardiovascular. Perspectivas derivadas del Framingham Heart Study. *Rev Esp Cardiol.* 2008;61(3):299-310. [DOI]
28. Montgomery DE, Puthumana JJ, Fox JM, Ogunyankin KO. Global longitudinal strain aids the detection of non-obstructive coronary artery disease in the resting echocardiogram. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13(7):579-87. [DOI]
29. Smedsrud MK, Sarvari S, Haugaa KH, Gjesdal O, Ørn S, Aaberge L, *et al.* Duration of myocardial early systolic lengthening predicts the presence of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(12):1086-93. [DOI]
30. 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]
31. Shimoni S, Gendelman G, Ayzenberg O, Smirin N, Lysyansky P, Edri O, *et al.* Differential effects of coronary artery stenosis on myocardial function: the value of myocardial strain analysis for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(7):748-57. [DOI]
32. Gaibazzi N, Pigazzani F, Reverberi C, Porter TR. Rest global longitudinal 2D strain to detect coronary artery disease in patients undergoing stress echocardiography: a comparison with wall-motion and coronary flow reserve responses. *Echo Res Pract.* 2014;1(2):61-70. [DOI]
33. 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]
34. Bakhoun S, Taha HS, Abdelmonem YY, Fahim M. 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. *Egypt Heart J.* 2016;68(3):171-9. [DOI]