



CIENCIAS CLÍNICAS Y PATOLÓGICAS  
ARTÍCULO ORIGINAL

**Strain segmentario y longitudinal de pacientes cubanos con drepanocitosis**

**Segmental and longitudinal strain in Cuban patients with sickle cell disease**

Angela Jacqueline Torres Zambrano<sup>1</sup>  , Danny Fernando Montenegro Tobar<sup>1</sup> ,  
Liudmila Borges Moreno<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. La Habana, Cuba.

**Cómo citar este artículo**

Torres Zambrano AJ, Montenegro Tobar DF, Borges Moreno L. Strain segmentario y longitudinal de pacientes cubanos con drepanocitosis. Rev haban cienc méd [Internet]. 2020 [citado ]; 19(4):e2380. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2380>

Recibido: 15 de junio del 2019.

Aprobado: 21 de febrero del 2020.

**RESUMEN**

**Introducción:** Las *strain* segmentaria y longitudinal constituyen excelentes parámetros para la cuantificación de la contractilidad miocárdica.

**Objetivo:** Identificar los valores de *strain* segmentario y longitudinal de pacientes cubanos con drepanocitosis.

**Material y Método:** Estudio descriptivo prospectivo en los 31 pacientes con drepanocitosis y 52 controles que asistieron al



Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular entre junio de 2017 a enero de 2018, a los que se determinó *strain* segmentario y longitudinal como variables de estudio. Se compararon medias mediante la prueba t de Student y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una prueba a posteriori de Tukey para  $p < 0,05$ .

**Resultados:** En los drepanocíticos las medias de *strain* segmentario estuvieron entre  $-17,7 \pm 3,4$  % ( $p = 0,0001^*$ ) y  $-28,6 \pm 4,1$  % ( $p = 0,0005^*$ ) y  $-29,3 \pm 1,1$  % ( $p = < 0,0002^*$ ), fueron homogéneos todos sus segmentos y en el grupo control entre  $-19,3 \pm 2,9$  % ( $p = 0,0001^*$ ), en general. Independientemente de que en los pacientes drepanocíticos las medias fueron más bajas

estuvieron en el rango de lo normal. Los valores de las medias de *strain* longitudinal global oscilaron entre  $-19,2 \pm 3,3$  y  $-25,2 \pm 2,7$  fueron más negativos en el grupo control, respecto a los cubanos con drepanocitosis.

**Conclusiones:** Los resultados obtenidos son los primeros de su tipo publicados en Cuba. Las *strain* segmentaria y longitudinal de los pacientes drepanocíticos cubanos analizados, con resultados significativamente diferentes que los individuos sanos, pero normales, coinciden con lo informado en la literatura internacional.

**Palabras clave:** drepanocitosis, *strain* segmentaria, *strain* longitudinal.

## ABSTRACT

**Introduction:** Segmental and longitudinal strains are excellent parameters for the quantification of myocardial contractility.

**Objective:** To identify the values of segmental and longitudinal strain in Cuban patients with sickle cell disease.

**Material and Method:** A prospective descriptive study was conducted in 31 patients with sickle cell disease and 52 controls who attended the Institute of Cardiology and Cardiovascular Surgery between June 2017 and January 2018, to which segmental longitudinal strain was determined as study variable. The means between the two groups were compared using the Student's t-test; an analysis of variance (ANOVA) was performed with a posteriori Tukey test for  $p < 0.05$ .

**Results:** In the patients with sickle cell disease, the means of segmental strain were between –

$17,7 \pm 3,4$  % ( $p = 0,0001^*$ ) and  $-28,6 \pm 4,1$  % ( $p = 0,0005^*$ ) and  $-29,3 \pm 1,1$  % ( $p = < 0,0002^*$ ) with all segments being homogeneous; in the control group they were between  $-19,3 \pm 2,9$  % ( $p = 0,0001^*$ ) in general. Despite the means were the lowest in Cuban patients with sickle cell disease, they were within the normal range. The mean values of global longitudinal strain ranged between  $-19.2 \pm 3.3$  and  $-25.2 \pm 2.7$ , being more negative in the control group with respect to Cuban patients with sickle cell disease.

**Conclusions:** The results obtained are the first of its type published in Cuba. The segmental and longitudinal strain in Cuban patients with sickle cell disease analyzed, which have significantly different results from those obtained in healthy individuals, but normal, coincide with those reported in the international literature.



**Keywords:** sickle cell disease, segmental strain, longitudinal strain.

## INTRODUCCIÓN

Las complicaciones cardíacas son una característica común de la drepanocitosis y son una de las causas más frecuentes de la morbilidad y la mortalidad asociadas con esta enfermedad. La anemia crónica producto de la enfermedad de células falciformes da lugar a un aumento del gasto cardíaco con sólo un aumento mínimo de la frecuencia cardíaca.<sup>(1)</sup> Las anomalías cardiovasculares que se informan incluyen disfunción sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo,<sup>(1)</sup> la perfusión miocárdica anormal y la hipertensión pulmonar.<sup>(2)</sup>

Mientras que “las enfermedades del corazón” e “insuficiencia cardíaca” se consideran comunes en los pacientes adultos con drepanocitosis, los estudios ecocardiográficos indican que la función sistólica del ventrículo izquierdo se conserva en la mayoría de los pacientes en un estado de reposo,<sup>(3,4)</sup> y la presencia de anomalías segmentarias del movimiento de la pared es rara. La disfunción del ventrículo izquierdo se ve fundamentalmente en pacientes mayores y aquellos con comorbilidades asociadas, tales como la hipertensión arterial y la enfermedad renal.<sup>(5)</sup>

La fibra miocárdica posee un acortamiento de alrededor de 15 %, que se traduce en un engrosamiento radial de la pared de un 40 %, y finalmente se expresa en un cambio de volumen de la cavidad ventricular de un 60 % en un corazón normal.<sup>(6)</sup>

*Strain* significa deformación y éste puede calcularse por medio de la fórmula:  $strain = (L1 - Lo)/Lo$ , en que L1 es igual al tamaño de la fibra durante su máximo estiramiento y Lo es el tamaño de la fibra en reposo. El valor de *strain* se expresa en porcentaje de cambio de tamaño, Puede ser positivo o negativo dependiendo de si el desplazamiento se acerca o se aleja de un punto de referencia y corregirlo por la longitud de la fibra:  $Vo - V1/Lo$ ; esta es la fórmula de la *strain rate*. Se pueden medir por ecocardiografía-Doppler o por resonancia nuclear magnética.<sup>(7,8)</sup>

En cardiología clínica, la *strain* suele expresarse como porcentaje o fracción de *strain* (*strain* Lagrangiano). La *strain* sistólica representa el porcentaje de acortamiento cuando se toman las mediciones en eje largo, y porcentaje de engrosamiento radial cuando se toman en el eje corto. La *strain rate* sistólica, representa el porcentaje o velocidad de acortamiento o engrosamiento miocárdico respectivamente. La *strain* miocárdica y la *strain rate* son excelentes parámetros para cuantificación de la contractilidad regional.<sup>(9)</sup>

Durante el ciclo cardíaco, cuando un borde se desplaza en relación a otro, el ventrículo izquierdo sufre una deformación tridimensional compleja que produce múltiples fuerzas de acortamiento. Sin embargo, por ecocardiografía convencional, no es posible realizar hasta la fecha, una evaluación integral del proceso. Por convención, a las fuerzas de alargamiento y



engrosamiento se les asignan valores de *strain* positivos, y a las de acortamiento y adelgazamiento, valores de *strain* negativos.<sup>(10)</sup>

Este proceso se hace por separado para calcular cada uno de los tipos de *strain*: longitudinal, radial, circunferencial y la torsión. La *strain* longitudinal y la torsión se estudian desde proyecciones apicales (cuatro y dos cámaras y eje largo apical), mientras que las *strains* radial y circunferencial se estudian en eje corto paraesternal izquierdo en un corte que usualmente se hace a nivel de los músculos papilares. El tipo de *strain* más usado en investigación básica y clínica es la longitudinal ya que brinda información completa sobre los 17 segmentos en que comúnmente se divide el ventrículo izquierdo, así como sobre su función global, en tanto que los otros tipos de *strain* (radial, circunferencial y torsión) lo mismo que la *strain rate* han sido menos estudiados en la clínica, en parte porque no informan la función global sino la de unos pocos segmentos y porque hay dificultades técnicas para su implementación.<sup>(11,12)</sup>

La *strain* puede medirse por Doppler tisular o ecocardiografía 2D con *speckle-tracking*, una tecnología emergente que la mide al rastrear el moteado en imágenes ecocardiográficas en una escala de grises.<sup>(13)</sup> Algunos estudios sugieren que la *strain* miocárdica y la *strain rate* pueden proporcionar información única sobre la función sistólica. Tal información incluye la cuantificación del *strain* miocárdico post-sistólico como una medida del acortamiento post-eyección en el miocardio isquémico y la *strain rate* sistólica

regional, que puede ser utilizada para evaluar la rigidez en el miocardio atontado o infartado.<sup>(14)</sup>

Algunos estudios<sup>(15,16)</sup> incluyen la cuantificación de la *strain* miocárdica como una medida del acortamiento post-eyección en el miocardio isquémico y la *strain rate* sistólica regional, que puede ser utilizada para evaluar la rigidez en el miocardio atontado o infartado. De modo similar, en las imágenes de *strain rate*, las diferencias regionales en el tiempo de transición de la contracción a la relajación del miocardio, pueden identificar a los segmentos isquémicos.<sup>(17)</sup>

El ventrículo izquierdo se divide en segmentos y a cada uno de estos se les informa la *strain* o la *strain rate* según el caso; este informe por segmentos es útil en las enfermedades miocárdicas segmentarias (ejemplo en la enfermedad coronaria). En condiciones normales el valor de la *strain* sistólica longitudinal global (promedio de 17 segmentos vistos desde proyecciones apicales) debe ser más negativo que -18 % y en la mayoría de la población adulta está entre -18 y -25 %.<sup>(18,19,20)</sup>

La mecánica longitudinal del ventrículo izquierdo depende predominantemente del subendocardio, que es el más vulnerable y sensible a la presencia de enfermedad miocárdica. La función de las capas media y epicárdica puede permanecer relativamente normal inicialmente por lo que la *strain* circunferencial y la torsión pueden mantenerse iguales o incluso tener un comportamiento exagerado compensatorio para mantener la función sistólica, por lo que la detección de alteración de la mecánica longitudinal exclusiva puede ser suficiente para identificar



precozmente la presencia de enfermedad miocárdica.<sup>(21,22)</sup>

Si se tiene en cuenta que la drepanocitosis es una enfermedad que provoca daños sistémicos, incluido el sistema cardiovascular, es necesario el monitoreo ecocardiográfico de los pacientes para determinar el estado de salud cardíaco de los

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional descriptivo prospectivo en 31 pacientes con drepanocitosis atendidos en el Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular (ICCCV) entre junio de 2017 a enero de 2018.

Los criterios de selección fueron: grupo 1 pacientes adultos sanos y grupo 2 con drepanocitosis sin referencia de alguna otra enfermedad, de ambos sexos, que dieron el consentimiento informado de participación y con una condición psicológica e intelectual que les permitiera entender el contenido del estudio. No se excluyó a ningún individuo.

Las variables de estudio que se evaluaron fueron los valores de *strain* segmentaria y longitudinal (4C, 3C, 2C, global) en comparación con un grupo control de 52 individuos aparentemente sanos. Para ello se utilizó el método *speckle tracking* 2D. Para las comparaciones entre las medias de la

individuos portadores y así poder evitar complicaciones posteriores por daño cardíaco, por lo que el **objetivo** del presente estudio es identificar los valores de *strain* segmentaria y longitudinal de pacientes drepanocíticos cubanos.

*strain* segmentaria se utilizó la prueba *t* de Student, mientras que para las comparaciones entre los valores de *strain* longitudinal entre las distintas vistas y los dos grupos dentro de cada vista se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una prueba *a posteriori* de Tukey. En todos los casos se delimitó la presencia de diferencias significativas para un nivel de significación  $p < 0,05$ .

Se contó para la realización del estudio con la aprobación del Comité de Ética de la Investigación del ICCCV, así como del Consejo científico de dicha institución y siguiendo las recomendaciones que se detallan en la actualización de la Declaración de Helsinki para la investigación biomédica del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas (CIOMS).<sup>(23)</sup>

## RESULTADOS

En los pacientes drepanocíticos los valores de *strain* segmentario oscilaron entre  $-17,7 \pm 3,4$  % ( $p=0,0001^*$ ) y  $-28,6 \pm 4,1$  % ( $p=0,0005^*$ ) y  $-29,3 \pm 1,1$  % ( $p < 0,0002^*$ ); en el grupo control entre  $-19,3 \pm 2,9$  % ( $p=0,0001^*$ ). En el análisis por cámaras, los valores de la *strain* segmentaria

fueron estadísticamente diferentes entre ambos grupos con cifras de deformación más altas, en el grupo control. Independientemente de que en los drepanocíticos las medias fueron más bajas estuvieron en el rango de lo normal (Tabla 1). En los análisis por cámaras se observó que la *strain*



del ápex en todos los casos no tuvo diferencias significativas entre ambos grupos, lo mismo

sucedió en la *strain* 4C para el segmento basal de la cámara anterolateral ( $p=0,0761$ ).

**Tabla 1.** Strain segmentaria por speckle tracking 2D de la población en estudio.

Strain			Drepanocitosis	Control	p
			$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$	
2C	Anterior	Basal	-19,2±2,5	-21,2±1,7	0,0001*
		Medio	-20,1±4,8	-23,3±1,5	0,0005*
		Apical	-20,7±3,5	-23,3±1,5	<0,0001*
	Inferior	Basal	-18,1±4,4	-20,7±1,3	<0,0001*
		Medio	-19,2±3,3	-21,9±1,3	0,0001*
		Apical	-20,0±3,2	-25,2±1,1	0,0001*
Apex			-28,2±2,6	-29,3±1,1	0,1101
3C	Anteroseptal	Basal	-20,1±4,5	-24,0±1,1	0,0005*
		Medio	-19,2±3,8	-20,8±1,4	0,0001*
		Apical	-18,1±4,3	-20,3±1,3	<0,0001*
	Inferolateral	Basal	-17,7±3,4	-19,3±2,9	0,0001*
		Medio	-21,0±3,2	-23,2±1,5	<0,0001*
		Apical	-26,3±4,4	-24,3±1,2	0,0002*
Apex			-27,1±4,2	-28,4±2,6	0,0610
4C	Anterolateral	Basal	-21,1±4,3	-21,0±1,8	0,0761
		Medio	-18,4±3,2	-20,1±1,0	0,0001*
		Apical	-24,6±4,0	-22,5±2,1	0,0005*
	Inferoseptal	Basal	-17,6±3,3	-16,4±1,6	0,0001*
		Medio	-15,7±2,2	-20,2±0,8	<0,0001*
		Apical	-23,0±2,9	-21,8±1,1	0,0001*
Apex			-28,6±4,1	-29,2±2,3	0,1300

[ $\bar{X}$ : Media; DS: Desviación estándar de la media]

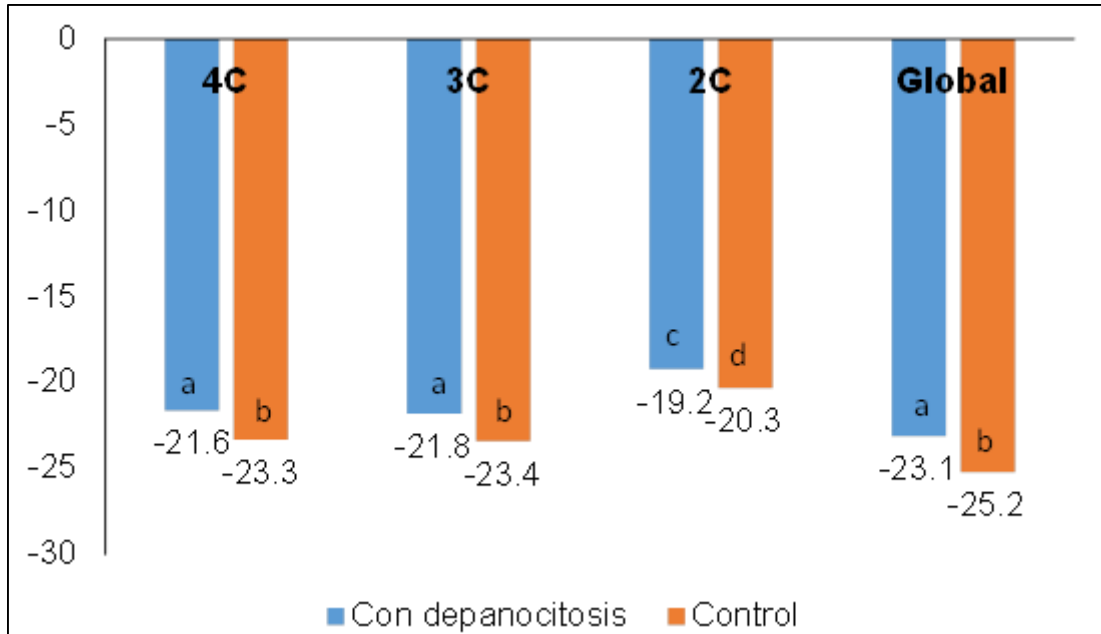
Los valores de las medias de strain longitudinal oscilaron entre -19,2±3,3 y -25,2±2,7, fueron más

negativos en los drepanocíticos, respecto al grupo control, los que se exponen en la Figura. En



esta se observa que no hay diferencias significativas entre las vistas de cuatro cámaras, de tres cámaras y el global (distribución de letras comunes), pero sí entre estos y la vista de dos

cámaras (letras diferentes). Por otra parte, se obtuvieron diferencias significativas entre los valores medios entre los dos grupos en el análisis para cada vista por cámaras ( $p < 0,05$ ).



**Figura.** Strain longitudinal por speckle tracking 2D de la población en estudio.

[Letras diferentes indican diferencias significativas para  $p < 0,05$  según la prueba de Tukey]

### DISCUSIÓN

En el presente estudio los pacientes drepanocíticos tuvieron en su mayoría valores de *strain* segmentarios y longitudinal significativamente más negativos, sin embargo, estaban dentro de la normalidad. Braga y colaboradores<sup>(24)</sup> recientemente llevaron a cabo un estudio para determinar marcadores tempranos de disfunción cardíaca en pacientes con anemia de células falciformes, a través de los índices de acortamiento (*strain*) y rotación (*twist*) ventricular, con el fin de determinar su relación con otros marcadores de riesgo cardiovascular. Ellos, al igual que nosotros tuvieron valores de

*strain* longitudinal normales, sin embargo, encontraron alteraciones en la modalidad *twist*. También informan una rotación del ventrículo izquierdo disminuida en comparación con el grupo control. De igual forma, se establecieron correlaciones estadísticas entre la disminución en la rotación ventricular e índices de gravedad clínica altos, índice de volumen telediastólico del ventrículo izquierdo mayores, así como elevaciones de presión sistólica de la arteria pulmonar;<sup>(24)</sup> por lo que sería importante en estudios posteriores realizar estas mediciones rotacionales.



Estos últimos autores,<sup>(24)</sup> en una muestra de 40 pacientes con anemia de células falciformes y 40 controles sanos, a quienes se les realizó un análisis ecocardiográfico convencional, demostraron aumentos significativos de volúmenes, masa ventricular y cámara cardiaca, así como en las presiones de llenado ventricular en el primer grupo de pacientes. Contra todas las hipótesis y expectativas, al someter a ambos grupos a ecocardiografía bidimensional con técnicas *speckle-tracking*, la fracción de eyección estaba conservada en ambos grupos. Adicionalmente no hubo diferencia entre los valores de deformidad (longitudinal, radial y circunferencial) del ventrículo izquierdo ni de deformidad longitudinal del ventrículo derecho entre estos. Hallazgos que también se observaron en nuestro estudio.

Recientemente, Barbosa y colaboradores<sup>(25)</sup> desarrollaron otro estudio con 90 pacientes con anemia de células falciformes, a quienes se les realizó ecocardiografía bidimensional con técnica *speckle-tracking*, y no hallaron diferencias en la función sistólica del ventrículo izquierdo o del derecho en comparación con los controles. A diferencia de otros estudios, y en el cual se incluye el que se discute, no se aplicaron las medidas de rotación ventricular, lo cual podría haber marcado la diferencia de funcionabilidad miocárdica entre los grupos.

Los datos disponibles para evaluar la función ventricular por *strain* en pacientes con drepanocitosis son limitados. En el presente

estudio no fue detectada una gran variación en la función sistólica del ventrículo izquierdo y tanto en los pacientes como en los controles, la *strain* estuvo dentro de los límites de la normalidad lo cual coincide además con algunos metanálisis publicados.<sup>(26)</sup> Estos hallazgos fueron observados también por Sengupta y colaboradores<sup>(27)</sup> quienes mostraron en un estudio con menos pacientes que no existen diferencias en la *strain* entre enfermos y los controles.

El estado hiperdinámico producto de la sobrecarga presente en la drepanocitosis puede enmascarar una incipiente disfunción del ventrículo izquierdo. La *strain* pudiera estar potencialmente influida por varios factores como son aquellos propios del paciente (edad, sexo, etnicidad, antropometría), la hemodinámica (presión sanguínea, frecuencia cardíaca) o factores cardíacos (dimensiones ventriculares, grosor parietal relativo).<sup>(28)</sup> La deformación se relaciona no solo con la contractilidad sino también con las dimensiones del ventrículo izquierdo, que en este estudio fueron superiores en los enfermos, y con la geometría (ley de Hooke). La detección de disfunción subclínica en un ventrículo con un volumen en sobrecarga puede requerir la corrección de los parámetros de deformación para el volumen del ventrículo izquierdo y condiciones de carga, sin embargo, las guías no establecen la necesidad de ajustar la *strain* por *speckle-tracking* por sexo o morfología del ventrículo izquierdo.<sup>(29)</sup>





## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son los primeros publicados de su tipo en Cuba, las *strain* segmentaria y longitudinal de los pacientes drepanocíticos cubanos analizados con

resultados significativamente diferentes que los individuos sanos, pero normales, coinciden con lo informado en la literatura internacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dragulescu A, Mertens L, Friedberg MK. Interpretation of left ventricular diastolic dysfunction in children with cardiomyopathy by echocardiography: problems and limitations. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013; 6:254-61.
2. Dabirian M, Janbabaei G, Karami H, Nabati M, Aarabi M, Namazi M, et al. Cardiac Structural and Functional Changes Evaluated by Transthoracic and Tissue Doppler Echocardiography in Adult Patients with Sickle Cell Disease. *Acta Informática Médica* [Internet]. 2017 [Citado 01/02/2017];25(1):9-13. Disponible en: <http://doi.org/10.5455/aim.2017.25.9-13>
3. Maron BA, Machado RF, Shimoda L. Pulmonary vascular and ventricular dysfunction in the susceptible patient (2015 Grover Conference series). *Pulm Circ* [Internet]. 2016 [Citado 01/02/2017];6(4):426-38. Disponible en: <http://doi.org/10.1086/688315>
4. Cañón Montanez W, Santos A, Foppa M. Strain longitudinal global: un parámetro útil para evaluar disfunción ventricular izquierda subclínica en el síndrome metabólico. *Rev Colomb Cardiol*. 2016;23(2):112-9.
5. Tadic M, Cuspidi C, Majstorovic A, Pencic B, Backovic S, Ivanovic B, et al. Does the metabolic syndrome impact left-ventricular mechanics? A two-dimensional speckle tracking study. *J Hypertens*. 2014; 32:1870-8.
6. Machado RF, Barst RJ, Yovetich NA, Hassell KL, Kato GJ, Gordeuk VR, et al. Hospitalization for pain in patients with sickle cell disease treated with sildenafil for elevated TRV and low exercise capacity. *Blood* 2011; 118:855-64.
7. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysansky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R, et al. Definitions for a common standard for 2 D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015; 28:183-93.
8. Russo C, Jin Z, Homma S, Rundek T, Elkind MS, Sacco RL, et al. Race-ethnic differences in subclinical left ventricular systolic dysfunction by global longitudinal strain: a community-based cohort study. *Am Heart J*. 2015; 169:721-6.
9. Cañón Montañeza W, Santos A, do Amaral MV, Almeida L, Duncan B, Schmidt MI, et al. Reproducibilidad del strain longitudinal global del ventrículo izquierdo por ecocardiografía bidimensional speckle tracking: Estudio Longitudinal de Salud del Adulto (ELSA-Brasil). *Rev Colomb Cardiol*. 2017; 24(6):559-66.



10. Sengupta P, Narula J. Cardiac Strain as a Universal Biomarker. *JACC: Cardiovasc Imag.* 2014; 7(5):534-6.
11. Farsalinos KE, Daraban AM, Ünlü S, Thomas JD, Badano L P, Voigt JU. Head-to-head comparison of global longitudinal strain measurements among nine different vendors: the EACVI/ASE inter-vendor comparison study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015; 28:1171-81.
12. Stainback R, Estep JD, Agler DA, Birks EJ, Bremer M, Hung J, et al. Echocardiography in the Management of Patients with Left Ventricular Assist Devices: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *Am Soc Echocardiogr.* 2015; 28:853-909.
13. Silvestry FE, Cohen MS, Armsby LB, Burkule NJ, Fleishman CE, Hijazi, ZM, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of Atrial Septal Defect and Patent Foramen Ovale: From the American Society of Echocardiography and Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Soc Echocardiogr* 2015; 28:910-58.
14. D'hooge J, Barbosa D, Gao H, Claus P, Prater D, Hamilton J, et al. Two-dimensional speckle tracking echocardiography: standardization efforts based on synthetic ultrasound data. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016; 17:693-701.
15. Phelan D, Collier P, Thavendiranathan P, Popovic ZB, Hanna M, Plana JC, et al. Relative apical sparing of longitudinal strain using two dimensional speckle-tracking echocardiography is both sensitive and specific for the diagnosis of cardiac amyloidosis. *Heart.* 2012; 98:1442-8.
16. Kraigher Krainer E, Shah AM, Gupta DK, Santos A, Claggett B, Pieske B, et al. Impaired systolic function by strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol* 2014; 63:447-56.
17. Menting ME, McGhie JS, Koopman LP, Vletter WB, Helbing WA, van den Bosch AE, et al. Normal myocardial strain values using 2D speckle tracking echocardiography in healthy adults aged 20 to 72 years. *Echocardiography.* 2016; 33:1665-75.
18. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil JS, et al. Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol.* 2014; 67:651-8.
19. Kusunose K, Yamada H, Nishio S, Tomita N, Hotchi J, Bando M, et al. Index- beat assessment of left ventricular systolic and diastolic function during atrial fibrillation using myocardial strain and strain rate. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25:953-9.
20. Paraskevaidis IA, Panou F, Papadopoulos C, Farmakis D, Parissis J, Ikonomidis I, et al. Evaluation of left atrial longitudinal function in patients with hypertrophic cardiomyopathy: A tissue Doppler imaging and twodimensional strain study. *Heart.* 2009; 95:483-9.
21. Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2008; 24: 479-91.
22. Geyer H, Caracciolo G, Haruhiko A, Wilansky S, Carerj S. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010; 23: 351-69.



23. World Medical Association. Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. 64th WMA General Assembly. Fortaleza, Brasil, October 2013. Updated Helsinki guidelines for clinical research get mixed reviews. JAMA [Internet]. 2013 [Citado 01/02/2017];310:[Aprox. 2p.]. Disponible en: <http://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
24. Braga JC, Assef JS, Waib PH, Moraes AG, de Mattos RB, Guimaraes FB, et al. Altered left ventricular twist is associated with clinical severity in adults and adolescents with homozygous sickle cell anemia. J Am Soc Echocardiogr. 2015; 28:692-9.
25. Barbosa MM, Vasconcelos MC, Ferrari TC, Fernandes BM, Passaglia LG, Silva CM, et al. Assessment of ventricular function in adults with sickle-cell disease: role of two-dimensional speckle-tracking strain. J Am Soc Echocardiogr. 2014; 27:1216-22.
26. Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popovic ZB, Marwick TH. Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. J Am Soc Echocardiogr. 2013; 26:185-91.
27. Sengupta SP, Jaju R, Nugurwar A, Caracciolo G, Sengupta PP. Left ventricular myocardial performance assessed by 2-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with sickle cell crisis. Indian Heart J. 2012; 64:553-8.
28. Marwick TH, Leano RL, Brown J, Sun JP, Hoffmann R, Lysyansky P, et al. Myocardial strain measurement with 2-dimensional speckle-tracking echocardiography: definition of normal range. JACC Cardiovasc Imaging. 2009; 2:80-4.
29. Blessberger H, Binder T. NON-invasive imaging: Two dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles. Heart. 2010; 96:716-22.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

### Contribución de autoría

AJTZ: elaboró el diseño del estudio; revisión bibliográfica; análisis estadístico e interpretación de los resultados.

DFMT: asesoró la ejecución de la investigación y recolección de datos; realizó la revisión sustancial y crítica del documento.

LBM: identificó la idea del estudio, realizó la investigación sustancial y crítica del documento, asesoró la ejecución de la investigación.

Todos los autores participamos en la discusión de los resultados y hemos leído, revisado y aprobado el texto final del artículo.

