



SOCIEDAD  
COLOMBIANA  
DE CARDIOLOGÍA Y  
CIRUGÍA CARDIOVASCULAR

# Revista Colombiana de Cardiología

[www.elsevier.es/revcolcar](http://www.elsevier.es/revcolcar)



CARDIOLOGÍA DEL ADULTO – ARTÍCULO ORIGINAL

## Reproducibilidad del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo por ecocardiografía bidimensional *speckle tracking*: Estudio Longitudinal de Salud del Adulto (ELSA-Brasil)



Wilson Cañon-Montañez<sup>a,b,c,\*</sup>, Angela B.S. Santos<sup>b</sup>, Maria Vitória F. do Amaral<sup>b</sup>,  
Lisandra Almeida Nunes<sup>b</sup>, Bruce B. Duncan<sup>a</sup>, Maria Inês Schmidt<sup>a</sup> y Murilo Foppa<sup>b,d</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

<sup>b</sup> Núcleo de Pesquisa em Imagem Cardiovascular, Serviço de Cardiologia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil

<sup>c</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Santander, Bucaramanga, Colombia

<sup>d</sup> Programa de Pós-Graduação em Cardiologia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Recibido el 24 de febrero de 2017; aceptado el 29 de agosto de 2017

Disponible en Internet el 20 de noviembre de 2017

### PALABRAS CLAVE

Reproducibilidad de resultados;  
*Strain* longitudinal;  
Contracción miocárdica;  
Ecocardiografía

### Resumen

**Introducción:** Se han propuesto técnicas ecocardiográficas avanzadas como el *strain* longitudinal global por ecocardiografía bidimensional *speckle tracking* para la detección de alteraciones precoces de la función sistólica del ventrículo izquierdo. La evaluación de la reproducibilidad del *strain* longitudinal global es fundamental para su aplicación clínica en diferentes escenarios. **Objetivo:** Estimar la reproducibilidad del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo en individuos de un estudio de cohorte del Brasil.

**Métodos:** La reproducibilidad del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo fue evaluada mediante lectura y análisis de imágenes de ecocardiografía de una muestra aleatoria de 50 participantes de la línea de base del Estudio Longitudinal de Salud del Adulto (ELSA-Brasil).

**Resultados:** Los participantes tenían una edad promedio de  $49,7 \pm 7,3$  años, 54% eran mujeres y la media del *strain* longitudinal global fue  $-19,5\% \pm 1,9\%$ . La reproducibilidad interobservador de la medida del *strain* longitudinal global mostró un coeficiente de variación de 7,4% y un coeficiente de correlación intraclase de 0,76 (IC 95%: 0,61, 0,86). El análisis del acuerdo interobservador de las medidas del *strain* longitudinal global mediante el método de Bland & Altman evidenció un promedio de diferencias de  $0,1\% \pm 1,4\%$  y unos límites de acuerdo superior de 2,9 e inferior de -2,7.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [wcanon@udes.edu.co](mailto:wcanon@udes.edu.co) (W. Cañon-Montañez).

**KEYWORDS**

Reproducibility of results;  
Longitudinal strain;  
Myocardial contraction;  
Echocardiography

**Conclusiones:** Hubo una reproducibilidad adecuada de las medidas del strain longitudinal global del ventrículo izquierdo en participantes del ELSA-Brasil y los valores fueron similares a los reportados en otros estudios epidemiológicos longitudinales. Los hallazgos refuerzan la utilidad del strain longitudinal global como un índice clínico de deformación miocárdica, capaz de detectar alteraciones subclínicas de la contractilidad miocárdica.

© 2017 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Reproducibility of left ventricular global longitudinal strain using two-dimensional ultrasound speckle tracking: Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil)

**Abstract**

**Introduction:** Advanced echocardiography techniques, such as the global longitudinal strain using two-dimensional ultrasound speckle tracking, have been proposed for the detection of early changes in the left ventricular systolic function. The evaluation of the reproducibility of left ventricular global longitudinal strain is essential for its clinical application in different scenarios.

**Objective:** To determine the reproducibility of left ventricular global longitudinal strain in individuals from a Brazil cohort study.

**Methods:** The reproducibility of left ventricular global longitudinal strain was evaluated by the reading and analysis of echocardiograph images of a random sample of 50 participants of the baseline Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil).

**Results:** The mean age of the participants was  $49.7 \pm 7.3$  years, of whom 54% were women, and the mean global longitudinal strain was  $-19.5\% \pm 1.9\%$ . The inter-observer reproducibility of the mean global longitudinal strain, had a coefficient of variation of 7.4%, and an intra-class correlation of 0.76 (95% CI: 0.61 – 0.86). The analysis of the inter-observer agreement of the global longitudinal strain measurements using the Bland and Altman method showed a mean differences of  $0.1\% \pm 1.4\%$ , and upper and lower limits of agreement of 2.9 and  $-2.7$ , respectively.

**Conclusions:** There was adequate reproducibility of the left ventricular global longitudinal strain measurements in participants of the ELSA-Brasil study, and the values were similar to those reported in other longitudinal epidemiological studies. The findings reinforce the use of the global longitudinal strain as a clinical marker of myocardial deformation, capable of detecting subclinical changes in myocardial contractility.

© 2017 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introducción**

La función miocárdica depende básicamente de tres aspectos principales: contracción de los cardiomiocitos, propiedades de relajación del miocardio y sincronización electromecánica<sup>1</sup>. El cálculo de la fracción de eyección (FE) es la medida indirecta más usada para estimar la contracción miocárdica. Aunque la FE es el método más utilizado, se sabe que este parámetro tiene baja sensibilidad para la valoración exhaustiva de la contractilidad miocárdica y para caracterizar alteraciones subclínicas de la función sistólica del ventrículo izquierdo debido a dependencia angular, calidad y orientación de la imagen, condiciones de carga y geometría ventricular a partir de ecocardiografía bidimensional<sup>2,3</sup>.

El desarrollo de técnicas ecocardiográficas avanzadas como el *strain* longitudinal global por ecocardiografía bidimensional *speckle tracking* (2D-EST) ha fortalecido la

capacidad de valorar la disfunción subclínica del ventrículo izquierdo mediante una evaluación cuantitativa y más completa del desempeño del miocardio<sup>3-5</sup>. El strain longitudinal global medido por 2D-EST es un índice clínico de deformación miocárdica, que se define como el cambio fraccional en longitud de un segmento del miocardio, normalmente relacionado con la longitud al final de la diástole. Este índice proporciona la oportunidad de cuantificar tanto la magnitud como el tiempo de deformación regional, sistólico y diastólico<sup>6-8</sup>.

Estudios recientes demuestran grandes ventajas con el uso del strain longitudinal global por 2D-EST en el diagnóstico de isquemia<sup>9,10</sup> o en la detección precoz de cardiotoxicidad en pacientes tratados con quimioterapia<sup>11</sup>. El strain longitudinal global es una herramienta de fácil uso y de gran poder diagnóstico para la evaluación de la función ventricular izquierda, más sensible que la FE por ecocardiografía convencional<sup>2,3,8</sup>. Sin embargo, tiene

algunas limitaciones como la dependencia de calidad y parámetros de adquisición de imagen ecocardiográfica y la variabilidad de los valores por múltiples equipos y programas disponibles por varios fabricantes<sup>4,12,13</sup>.

Estudios previos han examinado la reproducibilidad de las medidas de *strain* basadas en 2D-EST en muestras predominantemente pequeñas o de poblaciones de referencia<sup>14-16</sup>. En consecuencia, los datos disponibles sobre reproducibilidad del *strain* longitudinal global en contextos comunitarios y en estudios de cohorte aún son escasos<sup>15,17</sup>. En esta perspectiva, conocer previamente la reproducibilidad del *strain* longitudinal global constituye una oportunidad importante para la aplicación clínica de esta medida. Para esto se utilizan datos de participantes del Estudio Longitudinal de Salud del Adulto (ELSA-Brasil) para estimar la reproducibilidad intra e interobservador del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo.

## Métodos

### Población de estudio

ELSA-Brasil es un estudio de cohorte de 15.105 funcionarios (hombres y mujeres de 35-74 años, activos o pensionados) de universidades públicas e instituciones de investigación localizadas en seis estados de Brasil, cuyo principal propósito es proporcionar datos para orientar políticas públicas relacionadas con el control y manejo de enfermedades cardiovasculares, diabetes y otras enfermedades crónicas no transmisibles en adultos. La evaluación basal de los participantes del estudio se hizo entre agosto de 2008 a diciembre de 2010. El diseño, los detalles metodológicos y el perfil de la cohorte han sido publicados previamente<sup>18,19</sup>. ELSA-Brasil fue aprobado por los comités de ética e investigación de las instituciones involucradas y todos los participantes proporcionaron su consentimiento informado por escrito<sup>18,20</sup>.

Los exámenes de ecocardiografía fueron ofrecidos a todos los centros de investigación en la línea de base; fueron prioritarios en aquellos participantes que pertenecían a una muestra aleatoria predefinida de ELSA-Brasil, diseñada para estudios suplementarios de la cohorte. En los individuos mayores de 60 años, el examen fue opcional para cada centro de acuerdo con la disponibilidad local de recursos. Para la lectura y análisis de *strain* longitudinal global, se seleccionaron al azar 50 participantes de la muestra aleatoria de la cohorte. Se excluyeron participantes con imágenes ecocardiográficas inadecuadas y/o faltantes para 2D-EST y presencia de arritmias (ejemplo: fibrilación auricular).

### Ecocardiografía bidimensional

Los exámenes estuvieron a cargo de ecocardiografistas expertos quienes siguieron las recomendaciones de las Sociedades europea y norteamericana de Cardiología<sup>21,22</sup>. Las imágenes se obtuvieron a través de un equipo idéntico (*Aplio XG*, *Toshiba Corporation*, Tshigi, Japón) con un transductor sectorial de 2,5 MHz. Se seleccionaron secuencias de tres latidos cardíacos consecutivos en cada ventana ecocardiográfica y se registraron en formato digital para luego ser transferidas al centro de lectura de ecocardiografía de

ELSA-Brasil, junto con un formato de adquisición de imagen que reportaba acerca de la calidad de la imagen y la evaluación de hallazgos preliminares.

Todos los estudios fueron valorados y leídos de manera enmascarada en el centro de lectura para parámetros ecocardiográficos estándares, bajo un protocolo pre-especificado en una estación de trabajo (*ComPACS Review Station 10.5*, *Medimatic Solutions Srl*, Italia)<sup>18,23</sup>.

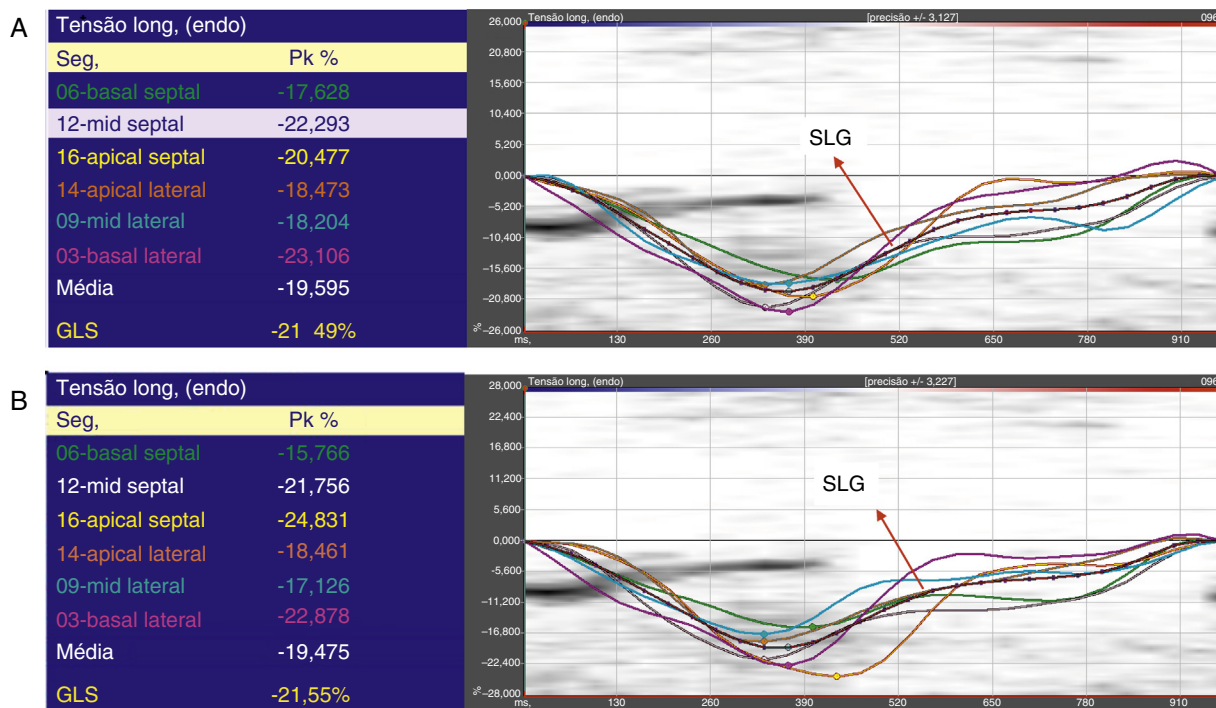
### Medición del *strain* longitudinal global

La evaluación cuantitativa de la deformación miocárdica del ventrículo izquierdo mediante el *strain* longitudinal global siguió las guías y recomendaciones actuales para 2D-EST<sup>4,22</sup>, utilizando un *software* disponible comercialmente (*2D Cardiac Performance Analysis*®, *TomTec-ArenaTM 1.2 Imaging Systems*, Unterschleißheim, Alemania) y validado previamente<sup>24-26</sup>.

La metodología *speckle tracking* realiza seguimiento de puntos o huellas y puede definirse como el rastreo de puntos que forman la imagen bidimensional. Estos puntos también se denominan marcas acústicas digitales. Cada marca digital es formada por un pequeño conjunto de imágenes en escala gris, cuya disposición es única y caracteriza una porción particular del miocardio, denominada patrón de seguimiento (*speckle pattern*)<sup>5-7</sup>.

El *software* 2D-EST rastrea patrones de seguimiento a lo largo del borde endocárdico durante todo el ciclo cardíaco. Posteriormente, las medidas de *strain* son calculadas automáticamente en seis segmentos para cada proyección: apical cuatro cámaras (a4c), apical tres cámaras (a3c) y apical dos cámaras (a2c), y presentadas como pico promedio de acortamiento y expresadas en porcentaje<sup>5-7</sup>. El *strain* longitudinal mide la deformación en el sentido base-ápex de la cavidad, es decir, el acortamiento de la cámara. En vista de que la longitud final de la cavidad (sistólica) es menor que la longitud inicial (diastólica), el porcentaje de la deformación es negativo<sup>6-8</sup>.

Para el análisis del *strain* longitudinal global, los bordes endocárdicos fueron rastreados al final de la diástole en las vistas a4c y a2c. El final de la diástole fue delimitado por el complejo QRS o a través del cierre de la válvula mitral. Para este estudio de reproducibilidad, la medida primaria de interés es el *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo, que corresponde al promedio de los valores de *strain* de los 12 segmentos (a4c y a2c) regionales del ventrículo izquierdo: inferoseptal basal, inferoseptal medio, septal apical, lateral apical, anterolateral medio, inferior lateral basal, inferior basal, inferior medio, inferior apical, anterior apical, anterior medio y anterior basal. Las mediciones de *strain* longitudinal global tuvieron un tiempo promedio de duración de 10 a 15 minutos por participante y fueron realizadas por dos evaluadores con diferentes grados de experiencia. El evaluador 1 (WCM), investigador con menos experiencia, recibió un entrenamiento de dos meses en el centro de lectura de ecocardiografía de ELSA-Brasil, relacionado con la técnica ecocardiográfica 2D-EST y siguiendo un protocolo estandarizado. El evaluador 2 (ABSS) es investigador especialista en el área de Cardiología y con formación avanzada en la metodología 2D-EST. Cada uno hizo dos mediciones de *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo de cada



**Figura 1** Ejemplos de medidas de *strain* obtenidos para la vista apical 4 cámaras: (A) Evaluador 1. (B) Evaluador 2. Las líneas coloreadas representan las curvas de *strain* para cada uno de los seis segmentos regionales del ventrículo izquierdo; la línea punteada representa el *strain* longitudinal global (SLG) del ventrículo izquierdo.

participante, con un intervalo de tiempo de dos semanas entre cada una de ellas.

La **figura 1** muestra ejemplos representativos de las curvas de deformación miocárdica del ventrículo izquierdo generadas por análisis de imagen de *strain* en la vista apical cuatro cámaras hechas por cada uno de los evaluadores.

## Análisis estadístico

Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar (DE) para variables continuas y como número total y proporción para variables categóricas. Se utilizaron varios métodos estadísticos para analizar las fuentes de variabilidad y las medidas de reproducibilidad. Inicialmente se calcularon los coeficientes de variación (CV) intra- e interobservadores del *strain* longitudinal global. Posteriormente se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI) de la medida del *strain* longitudinal global con sus respectivos intervalos de confianza (IC) del 95% tanto para análisis intra- e interobservadores, mediante el método de modelo mixto de dos vías con efecto fijo para el evaluador<sup>27</sup>. Por último, se determinó el nivel de acuerdo interobservador de las medidas de *strain* longitudinal global usando los límites de acuerdo del 95% de Bland & Altman<sup>28</sup>. Los análisis estadísticos se efectuaron en Stata<sup>®</sup> 11.1.

## Resultados

La **tabla 1** muestra las características sociodemográficas y clínicas de los 50 participantes incluidos en el estudio, quienes tenían una edad promedio de  $49,7 \pm 7,3$  años, el

54% eran mujeres y la media de *strain* longitudinal global fue  $-19,5 \pm 2,1\%$ . La presión arterial sistólica y diastólica media de los participantes fue  $121 \pm 19$  y  $75 \pm 11$  mm Hg, respectivamente. En general, el 32% eran hipertensos, 6% fumadores, 8% obesos, 10% tenían diabetes, 30% síndrome metabólico de acuerdo con la definición y criterios de la declaración interina conjunta para población de origen europeo<sup>29</sup> y el 4% tenía enfermedad coronaria prevalente.

## Reproducibilidad intra- e interobservadores

Las medidas de reproducibilidad del *strain* fueron similares en las vistas a4c y a2c. La reproducibilidad intraobservador del *strain* longitudinal global en los dos evaluadores se muestra en la **tabla 2**. El CV fue menor para el evaluador 1 (5,4%) mientras que el CCI fue mayor para el evaluador 2 (0,86, IC 95%: 0,77, 0,92). La reproducibilidad interobservador de la medida de *strain* longitudinal global se presenta en la **tabla 3**. Los resultados muestran un CV de 7,4% y un CCI de 0,76 (IC 95%: 0,61 - 0,86).

## Nivel de acuerdo

El análisis del acuerdo interobservador de las medidas de *strain* longitudinal global mediante el método de Bland & Altman, mostró un promedio de diferencias distribuido de manera normal, cercano a cero ( $0,1\% \pm 1,4\%$ ) y unos límites de acuerdo estrechos (**fig. 2**), superiores a 2,9 e inferiores a -2,7.

**Tabla 1** Características sociodemográficas y clínicas de los participantes. Muestra aleatoria, ELSA-Brasil (n = 50)

Característica	Media ± DE o N (%)
<i>Parámetros sociodemográficos</i>	
Edad (años)	49,7 ± 7,3
<i>Sexo</i>	
Femenino	27 (54)
<i>Raza/color de piel</i>	
Blanca	18 (36)
Negra	11 (22)
Pardos/otros	21 (42)
<i>Parámetros clínicos y de laboratorio</i>	
Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	25,0 ± 3,7
Colesterol total (mg/dl)	213,4 ± 39,2
Colesterol HDL (mg/dl)	58,9 ± 15,7
Presión arterial sistólica (mm Hg)	121 ± 19
Presión arterial diastólica (mm Hg)	75 ± 11
<i>Hábito de fumar</i>	
Nunca fumó	32 (64)
Exfumador	15 (30)
Fumador	3 (6)
Obesidad	4 (8)
Diabetes mellitus	5 (10)
Síndrome metabólico*	15 (30)
Hipertensión arterial	16 (32)
Enfermedad coronaria prevalente	2 (4)

DE: desviación estándar; HDL: *high-density lipoprotein*  
 \* Definición y criterios de la declaración interina conjunta para población de origen europeo<sup>29</sup>.

**Tabla 2** Reproducibilidad intraobservador del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo. Muestra aleatoria, ELSA-Brasil (n = 50)

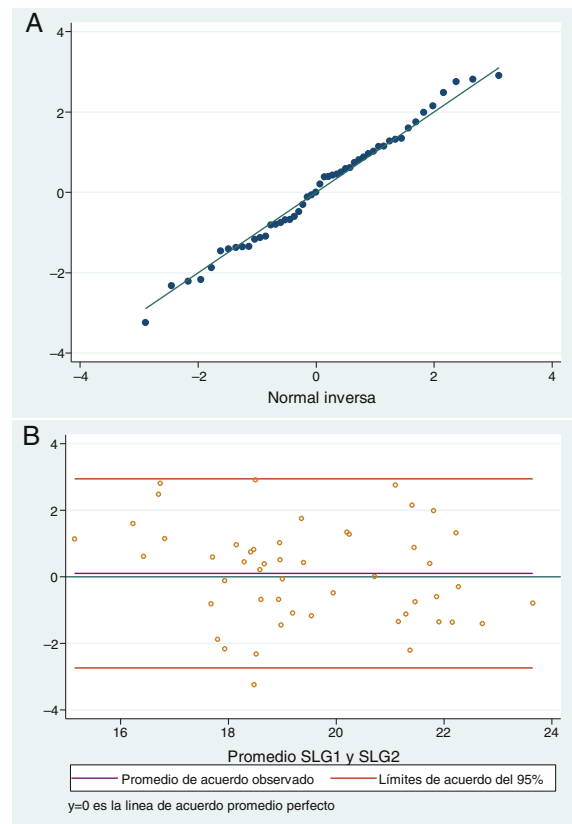
Evaluador	Medida 1	Medida 2	CV, %	CCI (IC 95%)
	SLG, % Media ± DE	SLG, % Media ± DE		
Evaluador 1	19,2 ± 1,7	19,5 ± 1,9	5,4	0,83 (0,73 - 0,90)
Evaluador 2	19,2 ± 2,2	19,4 ± 2,2	6,0	0,86 (0,77 - 0,92)

SLG: *strain* longitudinal global; DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; CCI: coeficiente de correlación intraclase; IC: intervalo de confianza.

**Tabla 3** Reproducibilidad interobservador del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo. Muestra aleatoria, ELSA-Brasil (n = 50)

Medida de <i>strain</i>	Evaluador 1 Media ± DE	Evaluador 2 Media ± DE	CV, %	CCI (IC 95%)
SLG, %	19,5 ± 1,9	19,4 ± 2,2	7,4	0,76 (0,61 - 0,86)

SLG: *strain* longitudinal global; DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; CCI: coeficiente de correlación intraclase; IC: intervalo de confianza.



**Figura 2** (A) Gráfico cuantil normal de las diferencias entre la primera y segunda medición del *strain* longitudinal global (SLG). (B) Límites de acuerdo del 95% de Bland & Altman entre la primera y segunda medición del *strain* longitudinal global (SLG).

### Discusión

En esta cohorte multicéntrica de individuos de edad media, el mayor estudio de cohorte en adultos de Brasil, se estimó la reproducibilidad intra- e interobservador del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo, medido a través de ecocardiografía *speckle tracking*. Hubo reproducibilidad adecuada y nivel de acuerdo de las medidas de *strain* longitudinal del ventrículo izquierdo en participantes del ELSA-Brasil y los valores fueron similares a los reportados en otros estudios epidemiológicos longitudinales.

Las mediciones de *strain* miocárdico mediante ecocardiografía *speckle tracking* se han usado para evaluar la función del ventrículo izquierdo en individuos con factores de riesgo cardiovascular como hipertensión arterial<sup>30</sup>, diabetes mellitus<sup>31</sup>, obesidad<sup>32,33</sup>, dislipidemia<sup>34</sup> y síndrome metabólico<sup>5,35</sup>. Asimismo, estudios previos han mostrado que el *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo, tiene un valor pronóstico superior que la FE para predecir mortalidad<sup>2,36</sup> y eventos cardiovasculares<sup>36-38</sup>. A partir de estas evidencias, se puede inferir que el *strain* longitudinal global es una herramienta de fácil uso, de gran poder diagnóstico para la evaluación de la contractilidad miocárdica y de utilidad clínica en la comprensión y predicción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, tiene algunas limitaciones como la interpretación subjetiva

**Tabla 4** Comparación de la reproducibilidad del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo del ELSA-Brasil con otros estudios epidemiológicos

Estudio	n	Reproducibilidad intraobservador del <i>strain</i> longitudinal global		Reproducibilidad interobservador del <i>strain</i> longitudinal global	
		CV, %	CCI (IC 95%)	CV, %	CCI (IC 95%)
ELSA-Brasil	50	6,0	0,86 (0,77 - 0,92)	7,4	0,76 (0,61 - 0,86)
CARDIAC	40	6,6*	0,79* (0,72 - 0,84)	10,4	0,55 (0,29 - 0,73)
MESA	30	-	0,87 (0,75 - 0,94)	-	0,84 (0,69 - 0,92)
Framingham offspring	20	5,0	0,92 (0,81 - 0,97)	4,0	0,84 (0,64 - 0,93)
NOMAS	20	8,4	0,82 (0,60 - 0,93)	9,2	0,85 (0,66 - 0,94)
ARIC	20	7,7	-	-	-

CV: coeficiente de variación; CCI: coeficiente de correlación intraclase; IC: intervalo de confianza; CARDIAC: The Coronary Artery Risk Development in Young Adults study; MESA: Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis; NOMAS: Northern Manhattan Study; ARIC: The Atherosclerosis Risk in Communities study

\* n = 160.

del evaluador y la variabilidad de los valores por múltiples programas y versiones comerciales de *software* disponibles para su medición<sup>4,12,13</sup>.

En relación a la reproducibilidad del *strain* longitudinal global medido por ecocardiografía *speckle tracking*, la literatura describe reportes de estudios con muestras pequeñas<sup>14,16</sup> y algunos resultados en estudios de cohorte de base comunitaria<sup>15,17</sup>. Recientemente, Tognon et al.<sup>39</sup> evaluaron la reproducibilidad de medidas relacionadas con la función ventricular izquierda en el ELSA-Brasil, usando ecocardiografía bidimensional convencional. Los hallazgos mostraron que la reproducibilidad interobservador de la FE del ventrículo izquierdo fue similar a la reproducibilidad interobservador del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo mediante ecocardiografía *speckle tracking*, evidenciada en el presente estudio.

En la [tabla 4](#) se observan los valores de reproducibilidad intra- e interobservador presentados en el ELSA-Brasil, los cuales son semejantes a los resultados de otros estudios epidemiológicos similares<sup>15,17,40-42</sup>. Ejemplos de estos últimos son el estudio *Framingham Offspring*<sup>15</sup>, que identificó una excelente reproducibilidad intraobservador del *strain* longitudinal global reportando un CCI de 0,92 (IC 95%: 0,81 - 0,97) y buena reproducibilidad interobservador con un CCI de 0,84 (IC 95%: 0,64 - 0,93). Por otro lado, el estudio NOMAS (*Northern Manhattan Study*)<sup>17</sup> mostró resultados semejantes de reproducibilidad interobservador [CCI de 0,85 (IC 95%: 0,66 - 0,94)] e intraobservador [CCI de 0,82 (IC 95%: 0,60 - 0,93)]. Los hallazgos del ELSA-Brasil mostraron resultados similares a los anteriores estudios<sup>15,17</sup> y a otros estudios epidemiológicos<sup>40,41</sup>, encontrándose un CCI de 0,86 (IC 95%: 0,77 - 0,92) y un CCI de 0,76 (IC 95%: 0,61 - 0,86) para reproducibilidad intra- e interobservador, respectivamente.

La reproducibilidad del *strain* longitudinal del ventrículo izquierdo también ha sido evaluada en estudios con población saludable. En ese contexto, investigadores del estudio HUNT<sup>43</sup>, un subestudio de individuos sanos de un estudio de base poblacional de Noruega (*Nord-Trøndelag Health study*), encontraron una excelente concordancia

interobservador del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo (coeficiente de Bland & Altman=0,02). En otro estudio de adultos voluntarios caucásicos sanos<sup>44</sup>, se identificó que el *strain* longitudinal del ventrículo izquierdo presentó adecuada reproducibilidad intra- e interobservador con valores de CCI de 0,88 y 0,63, respectivamente. Recientemente, los hallazgos de Menting et al.<sup>45</sup> mostraron baja variabilidad entre las medidas de *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo (CV intraobservador = 2,7% y CV interobservador = 4,2%).

Una fortaleza del estudio es que las medidas de *strain* fueron hechas con un *software* comercial que realiza análisis *speckle tracking* para imágenes generadas de cualquier tipo de equipo de ecocardiografía. Adicionalmente, cuando se compararon los resultados de reproducibilidad del *strain* longitudinal del ventrículo izquierdo con varios estudios epidemiológicos longitudinales, se encontró que el ELSA-Brasil fue uno de los estudios con mayor número de participantes (n = 50) para la evaluación de reproducibilidad de este índice clínico de deformación miocárdica. Aunque estudios previos<sup>14-17</sup> han reportado variabilidad de las medidas de *strain* entre los diversos equipos y fabricantes, una vez el método fue estandarizado e implementado, los algoritmos de las medidas fueron modificados para disminuir la variabilidad y mejorar su reproducibilidad<sup>4,12,13</sup>. Para el conocimiento actual, éste es el primer estudio de cohortes que reporta valores de reproducibilidad del *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo para población adulta brasilera. Sin embargo, este estudio también tiene algunas limitaciones. Sólo se reportaron valores de reproducibilidad para el *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo y no para otros planos ortogonales (radial y circunferencial) que componen la mecánica y función ventricular izquierda. Además, el *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo se obtuvo mediante imágenes de un único tipo de ecógrafo y los valores de *strain* no se pueden extrapolar a otros equipos de ecocardiografía. Nuevos estudios deberían evaluar la reproducibilidad del *strain* longitudinal entre los diversos equipos disponibles<sup>13</sup>, con el fin de mejorar la aplicabilidad clínica de estas medidas y su uso en grandes estudios

multicéntricos utilizando diferentes fabricantes de máquinas y *software* de ecocardiografía.

## Conclusiones

Este estudio muestra que las medidas de *strain* longitudinal global del ventrículo izquierdo hechas por evaluadores expertos entrenados en la metodología *speckle tracking* son reproducibles en el ELSA-Brasil y los valores fueron similares a los reportados en otros estudios epidemiológicos longitudinales. Esta información será de crucial importancia para el seguimiento a largo plazo de la función ventricular de los participantes de la cohorte. Los hallazgos refuerzan la utilidad del *strain* longitudinal global como un índice clínico de deformación miocárdica, capaz de detectar alteraciones subclínicas de la contractilidad miocárdica.

## Financiación

El ELSA-Brasil fue financiado por el Ministerio de Salud de Brasil (Departamento de Ciencia y Tecnología), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil (*Financiadora de Estudos e Projetos - grants* 01 06 0010.00, 01 10 0643.00 RS, 01 06 0212.00 BA, 01 06 0300.00 ES, 01 06 0278.00 MG, 01 06 0115.00 SP, 01 06 0071.00 RJ), *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) y *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) [*grant* 1407742 (Dr. Cañon-Montañez)].

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## Conflicto de intereses

Ninguno.

## Agradecimientos

A todos los participantes del ELSA-Brasil, por su valiosa contribución a este estudio.

## Bibliografía

- Sengupta PP, Korinek J, Belohlavek M, Narula J, Vannan MA, Jahangir A, et al. Left ventricular structure and function: basic science for cardiac imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2006;21:1998–2001.
- Stanton T, Leano R, Marwick TH. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2:356–64.
- Shah AM, Solomon SD. Myocardial deformation imaging: current status and future directions. *Circulation*. 2012;125:e244–8.
- 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. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:183–93.
- Cañon-Montañez W, Santos ABS, Foppa M. Strain longitudinal global: un parámetro útil para evaluar disfunción ventricular izquierda subclínica en el síndrome metabólico. *Rev Colomb Cardiol*. 2016;23:112–9.
- Del Castillo JM, Herszkowicz N, Ferreira C. Speckle tracking - a contratilidade miocárdica em sintonia fina. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc*. 2010;23:46–54.
- Almeida ALC, Gjesdal O, Mewton N, Young Choi E, Teixido-Tura G, Yoneyama K, et al. Speckle-tracking pela ecocardiografia bidimensional - aplicações clínicas. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc*. 2013;26:38–49.
- Reisner SA, Lysyansky P, Agmon Y, Mutlak D, Lessick J, Friedman Z. Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17:630–3.
- Eek C, Grenne B, Brunvand H, Aakhus S, Endresen K, Hol PK, et al. Strain echocardiography and wall motion score index predicts final infarct size in patients with non-ST-segment-elevation myocardial infarction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010;3:187–94.
- Cimino S, Canali E, Petronilli V, Cicogna F, De Luca L, Francone M, et al. Global and regional longitudinal strain assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography identifies early myocardial dysfunction and transmural extent of myocardial scar in patients with acute ST elevation myocardial infarction and relatively. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14:805–11.
- Plana JC, Galderisi M, Barac A, Ewer MS, Ky B, Scherrer-Crosbie M, et al. Expert consensus for multimodality imaging evaluation of adult patients during and after cancer therapy: a report from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15:1063–93.
- 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.
- Farsalinos KE, Daraban AM, Ünü S, Thomas JD, Badano LP, Voigt JU. Head-to-head comparison of global longitudinal strain measurements among nine different vendors: the EACVI/ASE inter-vendor comparison study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:1171–81.
- Mavinkurve-Groothuis AM, Weijers G, Groot-Loonen J, Pourier M, Feuth T, de Korte CL, et al. Interobserver, intraobserver and intrapatient reliability scores of myocardial strain imaging with 2-d echocardiography in patients treated with anthracyclines. *Ultrasound Med Biol*. 2009;35:697–704.
- Cheng S, Larson MG, McCabe EL, Osypuk E, Lehman BT, Stanchev P, et al. Reproducibility of speckle-tracking-based strain measures of left ventricular function in a community-based study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26:1258–66, e2.
- Oxborough D, George K, Birch KM. Intraobserver reliability of two-dimensional ultrasound derived strain imaging in the assessment of the left ventricle, right ventricle, and left atrium of healthy human hearts. *Echocardiography*. 2012;29:793–802.
- Russo C, Jin Z, Homma S, Rundek T, Elkind MS, Sacco RL, et al. Relationship of multidirectional myocardial strain with radial thickening and ejection fraction and impact of left ventricular hypertrophy: a study in a community-based cohort. *Echocardiography*. 2013;30:794–802.

18. Aquino EM, Barreto SM, Bensenor IM, Carvalho MS, Chor D, Duncan BB, et al. Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil): objectives and design. *Am J Epidemiol*. 2012;175:315–24.
19. Schmidt MI, Duncan BB, Mill JG, Lotufo PA, Chor D, Barreto SM, et al. Cohort Profile: Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). *Int J Epidemiol*. 2015;44:68–75.
20. Aquino EM, Vasconcellos-Silva PR, Coeli CM, Araújo MJ, Santos SM, Figueiredo RC, et al. Aspectos éticos em estudos longitudinais: o caso do ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47:19–26.
21. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur J Echocardiogr*. 2006;7:79–108.
22. Negishi K, Negishi T, Kurosawa K, Hristova K, Popescu BA, Vinereanu D, et al. Practical guidance in echocardiographic assessment of global longitudinal strain. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8:489–92.
23. Mill JG, Pinto K, Griep RH, Goulart A, Foppa M, Lotufo PA, et al. Aferições e exames clínicos realizados nos participantes do ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47:54–62.
24. 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;47:789–93.
25. Langeland S, D'hooge J, Wouters PF, Leather HA, Claus P, Bijnsens B, et al. Experimental validation of a new ultrasound method for the simultaneous assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle. *Circulation*. 2005;112:2157–62.
26. Korinek J, Wang J, Sengupta PP, Miyazaki C, Kjaergaard J, McMahon E, et al. Two-dimensional strain—a Doppler-independent ultrasound method for quantitation of regional deformation: validation in vitro and in vivo. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18:1247–53.
27. Orozco LC. Medición en salud Diagnóstico y evaluación de resultados. Un manual crítico más allá de lo básico. Primera ed Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander; 2010.
28. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*. 1999;8:135–60.
29. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome. A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*. 2009;120:1640–5.
30. Mizuguchi Y, Oishi Y, Miyoshi H, Iuchi A, Nagase N, Oki T. Concentric left ventricular hypertrophy brings deterioration of systolic longitudinal, circumferential, and radial myocardial deformation in hypertensive patients with preserved left ventricular pump function. *J Cardiol*. 2010;55:23–33.
31. Roos CJ, Scholte AJ, Kharagjitsingh AV, Bax JJ, Delgado V. Changes in multidirectional LV strain in asymptomatic patients with type 2 diabetes mellitus: a 2-year follow-up study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15:41–7.
32. Wierzbowska-Drabik K, Chrzanowski L, Kapusta A, Uznanska-Loch B, Plonska E, Krzeminska-Pakula M, et al. Severe obesity impairs systolic and diastolic heart function - the significance of pulsed tissue Doppler, strain, and strain rate parameters. *Echocardiography*. 2013;30:904–11.
33. Russo C, Sera F, Jin Z, Palmieri V, Homma S, Rundek T, et al. Abdominal adiposity, general obesity, and subclinical systolic dysfunction in the elderly: A population-based cohort study. *Eur J Heart Fail*. 2016;18:537–44.
34. Talini E, Di Bello V, Bianchi C, Palagi C, Delle Donne MG, Penno G, et al. Early impairment of left ventricular function in hypercholesterolemia and its reversibility after short term treatment with rosuvastatin A preliminary echocardiographic study. *Atherosclerosis*. 2008;197:346–54.
35. Cañon-Montañez W. Metabolic syndrome and subclinical left ventricular dysfunction. *Sci Med*. 2016;26:ID25584.
36. Kalam K, Otahal P, Marwick TH. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. *Heart*. 2014;100:1673–80.
37. Russo C, Jin Z, Sera F, Lee ES, Homma S, Rundek T, et al. Left ventricular systolic dysfunction by longitudinal strain is an independent predictor of incident atrial fibrillation: a community-based cohort study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2015;8:e003520.
38. Russo C, Jin Z, Elkind MS, Rundek T, Homma S, Sacco RL, et al. Prevalence and prognostic value of subclinical left ventricular systolic dysfunction by global longitudinal strain in a community-based cohort. *Eur J Heart Fail*. 2014;16:1301–9.
39. Tognon AP, Foppa M, Luft V, Chambless LE, Lotufo P, El Aouar LM, et al. Reproducibility of left ventricular mass by echocardiogram in the ELSA-Brasil. *Arq Bras Cardiol*. 2015;104:104–11.
40. Armstrong AC, Ricketts EP, Cox C, Adler P, Arynchyn A, Liu K, et al. Quality control and reproducibility in m-mode, two-dimensional, and speckle tracking echocardiography acquisition and analysis: the CARDIA study, year 25 examination experience. *Echocardiography*. 2015;32:1233–40.
41. Almeida AL, Teixido-Tura G, Choi EY, Opdahl A, Fernandes VR, Wu CO, et al. Metabolic syndrome, strain, and reduced myocardial function: multi-ethnic study of atherosclerosis. *Arq Bras Cardiol*. 2014;102:327–35.
42. Shah AM, Cheng S, Skali H, Wu J, Mangion JR, Kitzman D, et al. Rationale and design of a multicenter echocardiographic study to assess the relationship between cardiac structure and function and heart failure risk in a biracial cohort of community-dwelling elderly persons: the Atherosclerosis Risk in Communities study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7:173–81.
43. Thorstensen A, Dalen H, Amundsen BH, Aase SA, Stoylen A. Reproducibility in echocardiographic assessment of the left ventricular global and regional function, the HUNT study. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:149–56.
44. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S, et al. Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:651–8.
45. 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.