

Strain de la aurícula izquierda por speckle tracking: evaluación de su reproducibilidad global y segmentaria

Dres. Carlos Américo, Matías Pécora, Barbara Janssen, Gabriel Parma, José Boggia, Lucía Florio

Resumen

Objetivos: evaluar la reproducibilidad intra e interobservador en la medición del *strain* auricular izquierdo función reservorio mediante *speckle tracking*, usando un protocolo para su análisis global y segmentario.

Métodos y resultados: se estableció un protocolo para la adquisición y medición del *strain* de la aurícula izquierda (SAI), para un análisis global y segmentario, utilizando un modelo tipo “ojo de buey”. Se evaluó su reproducibilidad mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI) en 20 participantes de la cohorte GEnotipo, Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión arterial en el Uruguay (GEFA-HT-UY). Se obtuvo una excelente reproducibilidad global intraobservador de 0,92 (IC: 0,81-0,97) y buena reproducibilidad interobservador de 0,82 (IC: 0,59-0,92). El análisis segmentario de SAI no fue reproducible. Los valores promedio de SAI fueron 31,0% (\pm 7,5) para la vista de 4 cámaras; 34,6% (\pm 9,9) para la vista de 2 cámaras, y 36,8% (\pm 13,9) para la vista de 3 cámaras. El valor global de SAI tomando las tres vistas fue de 34,1% (\pm 7,8) y de 32,8% (\pm 6,5) considerando las vistas de 4 y 2 cámaras.

Conclusión: el protocolo de adquisición y análisis de SAI para la función de reservorio fue reproducible para su análisis global, no así para su análisis segmentario.

Palabras clave: STRAIN AURICULAR IZQUIERDO
ECOCARDIOGRAFÍA SPECKLE-TRACKING
ESTUDIO POBLACIONAL

Left atrium strain by speckle tracking: evaluation of its global and segmental reproducibility

Summary

Objective: to evaluate intra and inter-observer reproducibility of speckle tracking left atrial strain reservoir function using a protocol for its global and segmental analysis.

Methods: a protocol for acquisition and measurement of left atrial strain was created (bull’s-eye type), for its global and segmental analysis. Reproducibility was assessed using intraclass correlation coefficient in twenty participants from the GEnotipo, Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión arterial en el Uruguay cohort. For global assessment intra-observer reproducibility graded excellent [0.92 (IC: 0.81-0.97)] while inter-observer reached good reproducibility [0.82 (IC: 0.59-0.92)]. Left atrial strain segmental analysis was not reproducible. Mean (\pm SD) left atrial strain was 31.0 \pm 7.5% for 4 chamber view, 34.6 \pm 9.9% for 2 chamber view and 36.8 \pm 13.9% for 3 chamber view. Global left atrial strain considering three views was 34.1 \pm 7.8%, and 32.8 \pm 6.5% considering 4 and 2 chamber views.

Conclusion: left atrial strain acquisition and analysis protocol for reservoir function was reproducible for its global but not for its segmental analysis.

Key words: LEFT ATRIAL STRAIN
SPECKLE-TRACKING ECHOCARDIOGRAPHY
POPULATION STUDY

Departamento de Fisiopatología. Unidad de Imagen Cardíaca, Centro Cardiovascular Universitario, Hospital de Clínicas. Montevideo, Uruguay.

Correspondencia: Dr. Matías Pécora. Correo electrónico: pecora.matias@gmail.com

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Fuentes de financiamiento: Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), proyectos de Iniciación a la Investigación 2017, formulario número 407.

Recibido Ago 30, 2018; aceptado Oct 1, 2019.

Strain do atrio esquerdo por speckle tracking: avaliação da sua reprodutibilidade global e segmentar

Resumo

Objetivo: avaliar a reprodutibilidade intra e interobservador do *strain speckle tracking* atrial esquerdo função de reservatório usando um protocolo para sua análise global e segmentar.

Métodos: foi criado um protocolo de aquisição e mensuração de strain do atrio esquerdo, por sua análise global e segmentar (tipo olho de boi). A reprodutibilidade foi avaliada por meio do coeficiente de correlação intraclassa em vinte participantes da coorte GENotipo, Fenotipo e Ambiente da Hiper-Tensiologia arterial em UruguaY. Para a avaliação global, a reprodutibilidade intra-observador foi excelente [0,92 (IC: 0,81-0,97)], enquanto o interobservador alcançou boa reprodutibilidade [0,82 (IC: 0,59-0,92)]. A análise segmentar de *strain* do atrio esquerdo não foi reprodutível. A média (\pm SD) de *strain* do atrio esquerdo foi $31,0 \pm 7,5\%$ para 4 câmaras, $34,6 \pm 9,9\%$ para 2 câmaras e $36,8 \pm 13,9\%$ para 3 câmaras. A *strain* global, considerando três visualizações, foi de $34,1 \pm 7,8\%$ e $32,8 \pm 6,5\%$ considerando a visão de 4 e 2 câmaras.

Conclusão: o protocolo de aquisição e análise de *strain* do atrio esquerdo para função de reservatório foi reproduzível para sua análise global, mas não para sua segmentação.

Palavras chave: STRAIN AURICULAR ESQUERDO
ECOCARDIOGRAFIA SPECKLE-TRACKING
ESTUDO POPULACIONAL

Introducción

El *strain* de la aurícula izquierda (SAI) estimado por ecocardiografía bidimensional por *speckle tracking* ha adquirido importancia como parte de la evaluación de la función diastólica y estimación de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo (VI), así como también en la predicción de eventos adversos en varias patologías: insuficiencia cardíaca, fibrilación auricular e infarto agudo de miocardio, entre otras⁽¹⁻²⁴⁾.

El análisis de la deformación de la fibra miocárdica mediante *speckle tracking* ha sido y es ampliamente estudiado para el análisis de la función ventricular izquierda en diversos contextos clínicos. Es una herramienta que ha mostrado excelente reproductibilidad y buena correlación con otros métodos de evaluación de la función sistólica del VI.

Su rol en el estudio de la función ventricular derecha, auricular izquierda y en la evaluación de la función diastólica, está en pleno desarrollo⁽²⁵⁻²⁷⁾.

El estudio de la función auricular izquierda es complejo y multiparamétrico^(26,27); las guías de cuantificación de la función y tamaño de las cavidades cardíacas contemplan el uso de medidas bidimensionales y volumétricas para tal cometido. El *strain* auricular izquierdo reservorio (SAIR) es un método de reciente desarrollo en la última década, que permite evaluar la función auricular izquierda y su relación con la función ventricular izquierda.

Su uso aún no ha sido ampliamente recomendado en guías de ecocardiografía, pues el método para su análisis todavía no se ha protocolizado. La información publicada es dispar en cuanto a la técnica empleada, software y valores reportados. Incluso ha sido evaluado con software no diseñado para el estudio de la deformación de la pared auricular. En las últimas versiones de las distintas marcas de equipos

Principales aportes:

- Primer reporte de valores de *strain* de la aurícula izquierda en una población uruguaya.
- Informar la reproductibilidad global y segmentaria de un parámetro novedoso de reciente implementación.

de ecocardiografía, ya disponemos de software específico para su medición^(20,23-25,27-32).

Para una mayor comprensión de los principios teóricos y de la técnica que hemos revisado y empleado, se sugiere al lector acceder al protocolo de estudio: *Strain* de la aurícula izquierda por *speckle tracking*: descripción de protocolo para su medición "paso a paso"⁽³³⁾.

Objetivos

- **General:** evaluar el comportamiento del protocolo "paso a paso" para la medición del SAI.
- **Específico:** evaluar la factibilidad y reproductibilidad del protocolo propuesto tanto global como por segmentos de la aurícula izquierda.

Material y método

Población: personas adultas del complejo habitacional Juana de América y alrededores, barrio Bella Italia, Montevideo, reclutados en el contexto del estudio GENotipo, Fenotipo y Ambiente de la Hipertensión arterial en el UruguaY (GEFA-HT-UY)⁽³⁴⁾.

Material: se utilizó un ecógrafo Vivid i (GE® Healthcare) con transductor transtorácico de 3-5 MHz. Las imágenes adquiridas fueron analizadas en la estación de trabajo ECHOPAC, versión 110

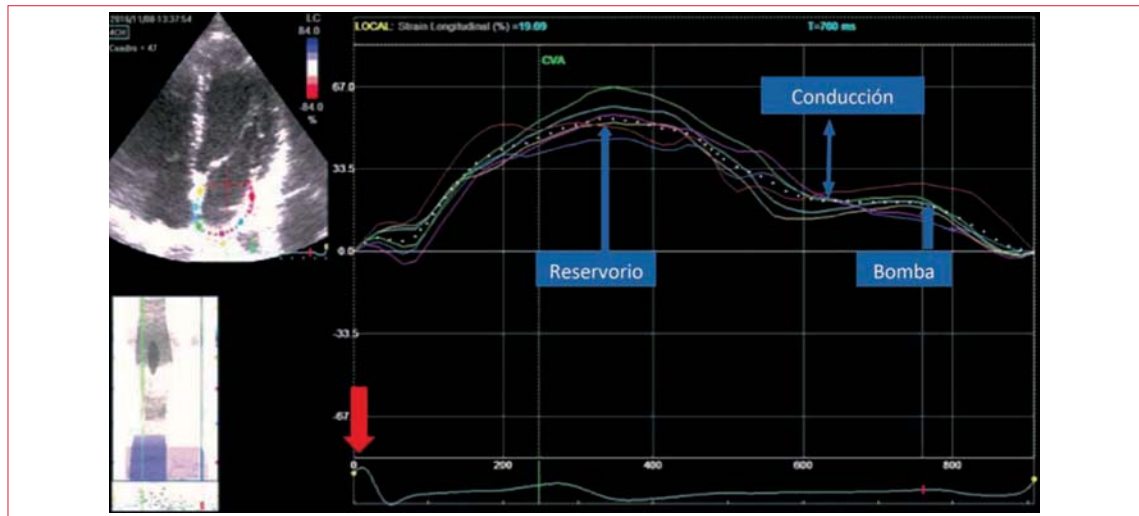


Figura 1. Trazado de *strain* auricular gatillado por onda R (flecha roja). Cada línea de colores denota la deformación de cada segmento de la pared auricular durante las diferentes fases. La línea punteada representa los promedios de los seis segmentos evaluados en una vista apical de 4 cámaras. Se obtienen dos picos positivos, el primero corresponde a la fase de reservorio, el segundo a la función de bomba auricular y la diferencia entre éstos, a la función de conducción. No debe tomarse en cuenta el cierre valvular aórtico para medir función de reservorio.

(GE®), en la Unidad de Hipertensión Arterial del Hospital de Clínicas. Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS versión 19.

Método

Selección de participantes: el ecocardiograma forma parte de la serie de estudios clínicos y paraclínicos que se realizan en la cohorte GEFA-HT-UY desde fines de 2016. Los participantes fueron reclutados a partir de noviembre de 2016 para la realización de ecocardiograma Doppler con el fin de estudiar el SAI en conjunto con otras variables ecocardiográficas, clínicas y paraclínicas⁽³⁴⁾. Al llegar a un n= 30, se procedió a evaluar su factibilidad y reproducibilidad. Se excluyeron los pacientes que no presentaban buena ventana ultrasónica para el estudio de la aurícula izquierda.

Evaluación del *strain* de aurícula izquierda

Se analizó la función reservorio, que ha sido más ampliamente estudiada y validada en estudios clínicos⁽¹⁻²⁴⁾.

La adquisición del SAI se basa en los principios establecidos en la figura 1. Para una mayor comprensión se sugiere al lector acceder al protocolo del estudio⁽³³⁾.

- Adquisición de vistas 2 y 4 cámaras, apical y eje largo apical, sin zoom, con un *frame rate* 10 puntos por debajo de la frecuencia cardíaca del paciente (figura 2).
- Trazado de la región de interés, sin incluir el anillo mitral, con el mínimo ancho de muestreo (ancho de ROI).

- La importancia del observador por encima del software al evaluar el seguimiento de las paredes auriculares.
- Trazado gatillado por onda R (no por onda P). Se considerará el pico de cada curva.
- Posteriormente se realiza el promedio del total de los segmentos analizados.
- Análisis segmentario de la función, durante el período de reservorio, de 18 segmentos, tipo “ojo de buey” (opcional).

Reproducibilidad intra e interobservador

La reproducibilidad del SAI fue evaluada en 20 pacientes seleccionados aleatoriamente. La reproducibilidad intraobservador se evaluó en dos tiempos con una diferencia de cuatro semanas, sin conocimiento del nombre del paciente ni de los resultados previos. La reproducibilidad interobservador se evaluó sin que los dos observadores compartieran la estación de trabajo ni los resultados.

Se evaluó la reproducibilidad tanto de manera global (es decir, tomando el promedio de las tres vistas y de 2 y 4 cámaras), de cada vista por separado, como segmentaria, de la aurícula izquierda dividida en 18 segmentos, tipo “ojo de buey”.

Se utilizó la plataforma SPSS versión 19 y la concordancia se estableció por el coeficiente de correlación intraclass (CCI). Modelo: dos formas mixtas. Tipo: observador individual, acuerdo absoluto. El valor de CCI se estimó con un intervalo de confianza (IC) de 95%. Un valor de $p < 0,05$ se consideró como estadísticamente significativo.

Valores de CCI < 0,5 se consideraron de reproducibilidad pobre, de 0,5-0,75 de reproducibilidad intermedia, entre 0,75-0,9 de buena reproducibilidad y >0,9 como de excelente reproducibilidad.

Resultados

Selección de sujetos para el estudio

Al momento de realizar este análisis la base de datos del estudio GEFA-HT-UY contaba con 30 sujetos con ecocardiograma Doppler transtorácico, de los cuales se seleccionaron al azar los primeros 20 que no presentaron criterio de exclusión. De los participantes excluidos, cinco no contaban con una correcta adquisición de imágenes según el protocolo diseñado, por lo cual se descartaron sin analizarse. De los restantes 25, tres presentaban una mala ventana y dos seguimiento errático por parte del *software* de la pared auricular. La factibilidad para el análisis del SAIR, utilizando el protocolo descrito, fue de 80%.

Características de la población analizada

De los sujetos incluidos en el estudio, 11 (55%) fueron mujeres, 17 (85%) de raza blanca, con un promedio de edad de 47 (\pm 19) años, índice de masa corporal (IMC) de 29,5 (\pm 5,9) kg/m². La prevalencia de diabetes y tabaquismo fue de 15% (n=3), y el 35% (n=7) de los sujetos eran hipertensos, de los cuales 4 pacientes recibían tratamiento antihipertensivo.

De los datos de laboratorio, el índice de filtrado glomerular fue 91,1 (\pm 19,8) ml/min/1,73 m², y el colesterol total y colesterol No-HDL fueron 206,0 (178,0-232,0) y 151,0 (127,0-176,0) mg/dl, respectivamente.

Los valores promedio para la presión arterial sistólica fueron 119,4 (\pm 11,2) mmHg, y 77,6 (\pm 6,75) mmHg para la diastólica. El promedio de frecuencia cardíaca fue de 76,2 (\pm 5,2) ciclos por minuto.

Las variables ecocardiográficas convencionales se expresan en la tabla 1. Ningún participante cumplió criterios para disfunción diastólica⁽²⁵⁾.

Los valores promedios de SAI fueron, 31,0% (\pm 7,5) para la vista de 4 cámaras, 34,6% (\pm 9,9) para la vista de 2 cámaras y 36,8% (\pm 13,9) para la vista de 3 cámaras. Por último, el valor global del SAI tomando las tres vistas fue de 34,1% (\pm 7,8) y de 32,8% (\pm 6,5) considerando las vistas de 2 y 4 cámaras. No se observaron diferencias significativas entre los valores promedios de SAI respecto al valor de cada cámara individual, como tampoco diferencias según el sexo (tabla 1).

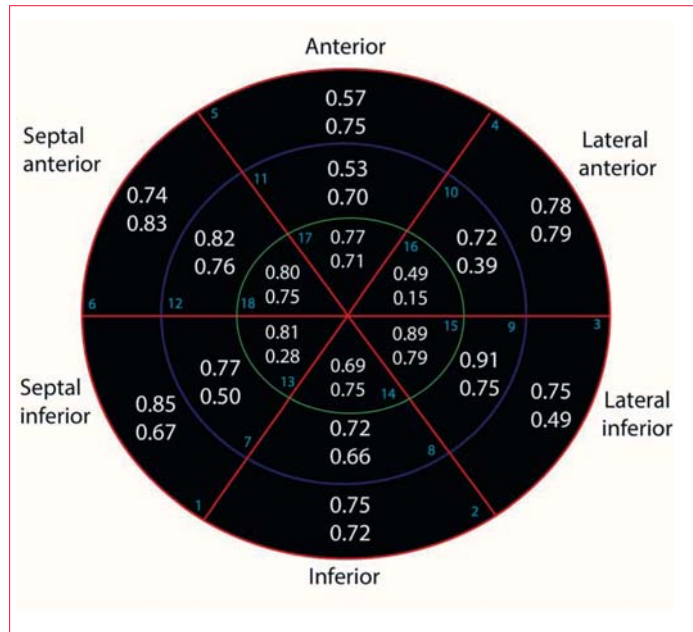


Figura 2. "Ojo de buey" auricular, representando la reproducibilidad de cada sector de las paredes de la aurícula izquierda por el CCI. El valor de CC superior corresponde a la reproducibilidad intraobservador y el inferior a la reproducibilidad interobservador.

Reproducibilidad global

Para obtener el valor global del SAI se promediaron los valores hallados en los tres enfoques apicales. La reproducibilidad intraobservador fue excelente con un CCI de 0,92 (IC: 0,81-0,97) $p < 0,0001$, mientras que la reproducibilidad interobservador fue buena, con un CCI de 0,82 (IC: 0,59-0,92) $p < 0,0001$.

La reproducibilidad intraobservador e interobservador del SAI promedio de las vistas 2 y 4 cámaras fue buena, con un CCI de 0,85 (IC: 0,66-0,94) y 0,77 (IC: 0,55-0,88) respectivamente, $p < 0,0001$.

Reproducibilidad por cámaras

- **Cuatro cámaras:** buena reproducibilidad intraobservador, CCI de 0,87 (IC: 0,70-0,94) $p < 0,0001$. Pobre reproducibilidad interobservador, CCI de 0,27 (IC: -0,13-0,61) $p < 0,096$.
- **Dos cámaras:** intermedia reproducibilidad intraobservador, CCI de 0,71 (IC: 0,39-0,87) $p < 0,0001$. Buena reproducibilidad interobservador, CCI de 0,83 (IC: 0,57-0,93) $p < 0,0001$.
- **Eje largo apical:** excelente reproducibilidad intraobservador, CCI de 0,93 (IC: 0,83-0,97) $p < 0,0001$. Buena reproducibilidad interobservador, CCI de 0,80 (IC: 0,54-0,91) $p < 0,0001$ (tabla 2).

Reproducibilidad segmentaria

La reproducibilidad segmentaria, tanto intraobservador como interobservador, fue pobre. Los CCI co-

Tabla 1. Características generales.

Mujeres n (%)	11 (55%)
Raza blanca n (%)	17 (85%)
Edad (años)	47 (± 19)
IMC (kg/m ²)	29,5 (± 5,9)
Diabetes n (%)	3 (15%)
Tabaquismo n (%)	3 (15%)
Hipertensión arterial n (%)	7 (35%)
Índice de filtrado glomerular (ml/min/1,73m ²)	91,1 (± 19,8)
Colesterol total (mg/dl)	206,0 (178,0-232,0)
Colesterol No-HDL (mg/dl)	151,0 (127,0-176,0)
Presión arterial sistólica (mmHg)	119,4 (± 11,2)
Presión arterial diastólica (mmHg)	77,6 (± 6,7)
Frecuencia cardíaca (cpm)	76,2 (± 5,2)
Masa VI indexada (g/m ²)	69,2 (± 12,0)
FEVI (%)	62,9 (± 5,6)
e' promedio (m/s)	0,12 (± 0,03)
E/e' promedio	6,0 (5,0-8,0)
VAI index (ml/m ²)	26,9 (± 3,4)
Grado de disfunción diastólica n (%)	
Sin disfunción	20 (100%)
Indeterminado	0 (0%)
Disfunción diastólica	0 (0%)
SAI vista 4 cámaras (%)	31,0 (± 7,5)
SAI vista 2 cámaras (%)	34,6 (± 9,9)
SAI vista 3 cámaras (%)	36,8 (± 13,9)
SAI global promedio 2, 3, 4 cámaras (%)	34,1 (± 7,8)
SAI global promedio 2 y 4 cámaras (%)	32,8 (± 6,5)

Características de la población: n (%), media (± DE) o mediana (RIC) según corresponda. IMC: índice de masa corporal; SAI: *strain* auricular izquierdo. E/e' prom: relación onda E y e' promedio; VAI index: volumen de aurícula izquierda indexado al área de superficie corporal.

rrespondientes a cada segmento se ilustran en la figura 2.

Discusión

Se describió un protocolo sistematizado para la medición de SAI por *speckle tracking* que resultó facti-

ble y reproducible en el análisis global, no así en cuanto a la valoración de forma segmentaria.

Factibilidad y reproducibilidad

Se reportó una factibilidad de 80% en esta población, lo cual evidencia lo simple del protocolo que hemos descrito, y hace este método aplicable a la práctica clínica. Si bien no es una muestra representativa de Montevideo ni de Uruguay y no se realizó un análisis comparativo, las características generales de la población no presentan grandes diferencias con las reportadas para el país, por lo que es probable que sea aplicable a la población general.

Los valores de CCI para la reproducibilidad del SAI global interobservador e intraobservador están en concordancia con los reportados por la bibliografía^(6,7,35-38).

En el EACVI NORRE Study⁽³⁶⁾ se reportó un CCI de 0,85 para la reproducibilidad intraobservador considerando las vistas de 2 y 4 cámaras.

En el caso del BEFRI Trial⁽⁶⁾ se reporta un CCI de 0,98 intraobservador y 0,93 interobservador para el análisis funcional mediante el promedio de 2 y 4 cámaras.

Con respecto a la reproducibilidad segmentaria del SAI, hemos demostrado que es pobre. Al analizar en forma detallada, según la topografía de los segmentos, no fue posible identificar un patrón homogéneo de reproducibilidad. No es posible afirmar que el segmento correspondiente a las venas pulmonares es reproducible globalmente, como tampoco las porciones anulares. Sin embargo, llama la atención que los segmentos que presentaron mayor reproducibilidad son los correspondientes al enfoque de 3 cámaras, que presenta la mejor reproducibilidad global. Esta vista es la que menos se ha utilizado para brindar valores normales de *strain* y la más criticada sobre todo en su sector anteroseptal, por la emergencia de la aorta en relación con el septum⁽²⁷⁾.

En cuanto al análisis por cámaras, debemos destacar que la vista de 4 cámaras no fue reproducible interobservador. Sin embargo, la diferencia absoluta entre las medias de los observadores no tiene relevancia clínica (31,0 ± 7,5 vs 35,0 ± 7,3; p<0,05).

Cuando analizamos la reproducibilidad en forma global considerando las vistas de 2 y 4 cámaras, o las tres vistas estudiadas, es de buena a excelente. Esto último muestra el valor adicional del estudio del SAI en forma global más que en forma segmentaria, hallazgo concordante con la literatura y en consonancia con lo descrito para la función ventricular izquierda mediante esta técnica.

Tabla 2. Reproducibilidad SAI. Coeficiente de correlación intraclase (IC 95%)

	<i>Intraobservador</i>	<i>Interobservador</i>
SAI global 2, 3, 4 cámaras	0,92 (0,81-0,97)*	0,82 (0,59-0,92)*
SAI global 2 y 4 cámaras	0,85 (0,66-0,94)*	0,77 (0,55-0,88)*
SAI vista 4 cámaras	0,87 (0,70-0,94)*	0,27 (0,13-0,61)
SAI vista 2 cámaras	0,71 (0,39-0,87)*	0,83 (0,57-0,93)*
SAI vista 3 cámaras	0,93 (0,83-0,97)*	0,80 (0,54-0,91)*

Se representa la reproducibilidad intra e interobservador mediante coeficiente de correlación intraclase. SAI: *strain* auricular izquierdo; IC: intervalo de confianza. * p<0,05

Conclusión

Hemos evaluado la reproducibilidad del protocolo de medición de SAI “paso a paso”, el cual presenta una buena a excelente reproducibilidad global. Este es el primer reporte de reproducibilidad del SAI en una población uruguaya y de acuerdo a nuestro conocimiento, uno de los primeros en Latinoamérica⁽³⁹⁾.

Bibliografía

1. **Gupta D, Shah A, Giugliano R, Ruff C, Antman E, Grip L, et al.** Left atrial structure and function in atrial fibrillation: ENGAGE AF-TIMI 48. *Eur Heart J* 2014; 35(22):1457-65. doi: 10.1093/eurheartj/eh500
2. **Pagola J, González-Alujas T, Flores A, Muchada M, Rodríguez-Luna D, Seró L, et al.** Left atria strain is a surrogate marker for detection of atrial fibrillation in cryptogenic strokes. *Stroke* 2014; 45(8): e164-6. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.005540
3. **McGann C, Akoum N, Patel A, Kholmovski E, Revelo P, Damal K, et al.** Atrial fibrillation ablation outcome is predicted by left atrial remodeling on MRI. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2014; 7(1):23-30. doi: 10.1161/CIRCEP.113.000689
4. **Kuppahally S, Akoum N, Burgon N, Badger T, Kholmovski E, Vijayakumar S, et al.** Left atrial strain and strain rate in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation: relationship to left atrial structural remodeling detected by delayed-enhancement MRI. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010; 3(3): 231-9. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.109.865683
5. **Obokata M, Negishi K, Kurosawa K, Tateno R, Tange S, Arai M, et al.** Left atrial strain provides incremental value for embolism risk stratification over CHA₂DS₂-VASc score and indicates prognostic impact in patients with atrial fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014; 27(7):709-716.e4. doi: 10.1016/j.echo.2014.03.010
6. **Brecht A, Oertelt-Prigione S, Seeland U, Rücke M, Hättasch R, Wagelöhner T, et al.** Left

Contribución de autores

Carlos Américo, <https://orcid.org/0000-0003-0517-1354>
Referente en el análisis ecocardiográfico, realización de reproducibilidad de la técnica interobservador, escritura del manuscrito.

Matías Pécora, <https://orcid.org/0000-0001-6547-7991>
Adquisición de imágenes ecocardiográficas en la comunidad, recolección de datos y análisis de las características de la población estudiada. Análisis ecocardiográfico, realización de reproducibilidad de la técnica intraobservador, análisis estadístico y escritura del manuscrito.

Barbara Janssen, <https://orcid.org/0000-0001-6471-8781>
Asesoramiento en la escritura del manuscrito.

Gabriel Parma, <https://orcid.org/0000-0001-6358-3723>
Asesoramiento en la escritura del manuscrito.

José Boggia, <https://orcid.org/0000-0002-1564-8534>
Asesoramiento en la escritura del manuscrito, apoyo en análisis estadístico e interpretación de resultados.

Lucía Florio, <https://orcid.org/0000-0002-9608-2666>
Asesoramiento en la escritura de manuscrito, apoyo en análisis estadístico e interpretación de resultados.

Atrial Function in Preclinical Diastolic Dysfunction: Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography-Derived Results from the BEFRI Trial. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016; 29(8):750-758. doi: 10.1016/j.echo.2016.03.013

7. **Morris D, Takeuchi M, Krisper M, Köhncke C, Bekfani T, Carstensen T, et al.** Normal values and clinical relevance of left atrial myocardial function analysed by speckle-tracking echocardiography: multicentre study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015; 16(4):364-72. doi: 10.1093/ehjci/jeu219
8. **Santos A, Kraigher-Krainer E, Gupta D, Claggett B, Zile M, Pieske B, et al.** Impaired left atrial function in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail.* 2014; 16(10):1096-103. doi: 10.1002/ejhf.147

9. **Dimitroula H, Damvopoulou E, Giannakoulas G, Dalamanga E, Dimitroulas T, Sarafidis P, et al.** Effects of renin-angiotensin system inhibition on left atrial function of hypertensive patients: an echocardiographic tissue deformation imaging study. *Am J Hypertens.* 2010; 23(5):556-61. doi: 10.1038/ajh.2010.4
10. **Kokubu N, Yuda S, Tsuchihashi K, Hashimoto A, Nakata T, Miura T, et al.** Noninvasive assessment of left atrial function by strain rate imaging in patients with hypertension: a possible beneficial effect of renin-angiotensin system inhibition on left atrial function. *Hypertens Res.* 2007; 30(1):13-21.
11. **Blume G, Mcleod C, Barnes M, Seward J, Pellikka P, Bastiansen P, et al.** Left atrial function: physiology, assessment, and clinical implications. *Eur J Echocardiogr.* 2011; 12(6):421-30. doi: 10.1093/ejchocard/jeq175
12. **Sun J, Yang Y, Guo R, Wang D, Lee A, Wang X, et al.** Left atrial regional phasic strain, strain rate and velocity by speckle-tracking echocardiography: normal values and effects of aging in a large group of normal subjects. *Int J Cardiol.* 2013; 168(4):3473-9. doi: 10.1016/j.ijcard.2013.04.167
13. **Tops L, van der Wall E, Schaliq M, Bax J.** Multi-modality imaging to assess left atrial size, anatomy and function. *Heart* 2007; 93(11):1461-70.
14. **Mirza M, Caracciolo G, Khan U, Mori N, Saha SK, Srivathsan K, et al.** Left atrial reservoir function predicts atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: a two-dimensional speckle strain study. *J Interv Card Electrophysiol.* 2011; 31(3): 197-206. doi: 10.1007/s10840-011-9560-6
15. **Langeland S, D'hooge J, Wouters P, Leather H, Claus P, Bijmens 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(14):2157-62. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.554006
16. **Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P.** Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008; 24(5):479-91. doi: 10.1007/s10554-007-9286-9
17. **Shaikh A, Maan A, Khan U, Aurigemma G, Hill J, Kane J, et al.** Speckle echocardiographic left atrial strain and stiffness index as predictors of maintenance of sinus rhythm after cardioversion for atrial fibrillation: a prospective study. *Cardiovasc Ultrasound* 2012; 10:48. doi: 10.1186/1476-7120-10-48
18. **Yoon Y, Kim H, Kim S, Kim S, Park J, Park K, et al.** Left atrial mechanical function and stiffness in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *J Cardiovasc Ultrasound* 2012; 20(3):140-5. doi: 10.4250/jcu.2012.20.3.140
19. **Pathan F, D'Elia N, Nolan M, Marwick T, Negishi K.** Normal ranges of left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2017; 30(1):59-70.e8. doi: 10.1016/j.echo.2016.09.007
20. **Mor-Avi V, Lang R, Badano L, Belohlavek M, Cardim N, Derumeaux G, et al.** Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011; 12(3):167-205. doi: 10.1093/ejchocard/jeq021
21. **Calleja A, Rakowski H, Williams L, Jamorski M, Chan C, Carasso S.** Left atrial and ventricular systolic and diastolic myocardial mechanics in patients with end-stage renal disease. *Echocardiography* 2016; 33(10):1495-1503. doi: 10.1111/echo.13284
22. **Cameli M, Mandoli G, Loiacono F, Dini F, Heinein M, Mondillo S.** Left atrial strain: a new parameter for assessment of left ventricular filling pressure. *Heart Fail Rev.* 2016; 21(1):65-76. doi: 10.1007/s10741-015-9520-9
23. **Smiseth O, Torp H, Opdahl A, Haugaa K, Urheim S.** Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur Heart J* 2016; 37(15):1196-207. doi: 10.1093/eurheartj/ehv529
24. **Olsen F, Bertelsen L, de Knegt M, Christensen T, Vejstrup N, Svendsen J, et al.** Multimodality Cardiac Imaging for the Assessment of Left Atrial Function and the Association With Atrial Arrhythmias. *Circ Cardiovasc Imaging* 2016; 9(10):e004947. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.004947
25. **Nagueh S, Smiseth O, Appleton C, Byrd B, Dokainish H, Edvardsen T, et al.** Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016; 29(4):277-314. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011
26. **Lang R, Badano L, 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: 10.1016/j.echo.2014.10.003
27. **Badano L, Koliass T, Muraru D, Abraham T, Aurigemma G, Edvardsen T, et al.** Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2018; 19(6):591-600. doi: 10.1093/ehjci/jej042

28. **Collier P, Phelan D, Klein A.** A test in context: myocardial strain measured by speckle-tracking echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2017; 69(8):1043-1056. doi: 10.1016/j.jacc.2016.12.012
29. **Donal E, Lip G, Galderisi M, Goette A, Shah D, Marwan M, et al.** EACVI/EHRA Expert Consensus Document on the role of multi-modality imaging for the evaluation of patients with atrial fibrillation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2016; 17(4):355-83. doi: 10.1093/ehjci/jev354
30. **Wang Y, Li Z, Fei H, Yu Y, Ren S, Lin Q, et al.** Left atrial strain reproducibility using vendor-dependent and vendor-independent software. *Cardiovasc Ultrasound* 2019; 17(1):9. doi: 10.1186/s12947-019-0158-y
31. **Haji K, Wong C, Wright L, Ramkumar S, Marwick T.** Left atrial strain performance and its application in clinical practice. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019; 12(6):1093-1101. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.11.009
32. **Rausch K, Shiino K, Putrino A, Lam A, Scalia G, Chan J.** Reproducibility of global left atrial strain and strain rate between novice and expert using multi-vendor analysis software. *Int J Cardiovasc Imaging* 2019; 35(3):419-426. doi: 10.1007/s10554-018-1453-7
33. **Pécora M, Américo C, Janssen B, Parma G, Boggia J, Florio L.** Strain de la aurícula izquierda por speckle tracking: descripción de protocolo para su medición "paso a paso". *Rev Urug Cardiol.* 2019; 34(1):72-9. doi: 10.29277/cardio.34.1.13
34. **Luzardo L, Lujambio I, Sottolano M, Da Rosa A, Robaina S, Arce F, et al.** Cohorte GEFA-HT-UY (GEnotipo, Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión Arterial en UruguaY): protocolo y primeros resultados. *Rev Méd Urug.* 2013; 29(2):103-13.
35. **Sun B, Park J, Kim J, Choi J, Lee J, Shin M, et al.** Normal reference values of diastolic strain rate in healthy individuals: chronological trends and the comparison according to genders. *Echocardiography* 2018; 35(10):1533-41. doi: 10.1111/echo.14053
36. **Sugimoto T, Dulgheru R, Bernard A, Ilardi F, Contu L, Addetia K, et al.** Echocardiographic reference ranges for normal left ventricular 2D strain: results from the EACVI NORRE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2017; 18(8):833-840. doi: 10.1093/ehjci/jex140
37. **Leung M, van Rosendaal P, Abou R, Ajmone Marsan N, Leung D, Delgado V, et al.** Left atrial function to identify patients with atrial fibrillation at high risk of stroke: new insights from a large registry. *Eur Heart J.* 2018; 39(16):1416-1425. doi: 10.1093/eurheartj/ehx736
38. **Hewing B, Theres L, Spethmann S, Stangl K, Dreger H, Knebel F.** Left atrial strain predicts hemodynamic parameters in cardiovascular patients. *Echocardiography* 2017; 34(8):1170-78. doi: 10.1111/echo.13595
39. **Deschle H, Gantesti J, Culaciati G, Casso N, Alfie L, Gingins M, et al.** Análisis de la deformación auricular longitudinal: alteraciones precoces en hipertensos jóvenes controlados. *Rev Argent Cardiol.* 2014; 82(2):126-32.