

Strain de la aurícula izquierda por *speckle tracking*: descripción de protocolo para su medición “paso a paso”

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

Resumen

En base a la evidencia disponible y a la experiencia de trabajo en la cohorte del estudio GEnotipo, Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión arterial en el Uruguay (GEFA-HT-UY) se describe un protocolo “paso a paso” para la adquisición y medición de *strain* de la aurícula izquierda, tanto de forma global como para un análisis segmentario tipo “ojo de buey”, mediante ecocardiografía bidimensional con *speckle tracking*.

Palabras clave: FUNCIÓN DEL ATRIO IZQUIERDO
ECOCARDIOGRAFÍA SPECKLE TRACKING
STRAIN BIDIMENSIONAL
PROTOCOLOS

Strain of the left atrium by speckle tracking: description of protocol for its measurement “step by step”

Summary

Based on the available evidence and work experience of the GEnotipo, Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión arterial en el Uruguay (GEFA-HT-UY) cohort, a “step by step” protocol for the acquisition and measurement of the left atrial strain is described, both as a global and segmentary analysis (“bull’s eye” like) using two-dimensional speckle tracking echocardiography.

Key words: LEFT ATRIAL FUNCTION
SPECKLE-TRACKING ECHOCARDIOGRAPHY
TWO-DIMENSIONAL STRAIN
PROTOCOLS

Strain do átrio esquerdo por *speckle tracking*: descrição do protocolo para sua medida “passo a passo”

Resumo

Baseado nos elementos disponíveis e a experiência de trabalhar na coorte do estudo GEnotipo, Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión arterial en el Uruguay (GEFA-HT-UY) se descreve um protocolo de “passo a passo” para a aquisição e a medição do strain da aurícula esquerda, tanto em forma global como pra uma análise segmentar tipo “olho de boi”, usando a ecocardiografia bidimensional com *speckle tracking*.

Palavras chave: FUNÇÃO DO ÁTRIO ESQUERDO
ECOCARDIOGRAFÍA SPECKLE TRACKING
STRAIN BIDIMENSIONAL
PROTOCOLOS

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

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

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Recibido Ago 30, 2018; aceptado Feb 22, 2019

Introducción

El *strain* de la aurícula izquierda (SAI) estimado por ecocardiografía bidimensional con *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, como insuficiencia cardíaca, fibrilación auricular (FA) e infarto agudo de miocardio (IAM)⁽¹⁻²⁴⁾.

La aurícula izquierda (AI) contribuye a la hemodinamia cardíaca, modulando el llenado del VI a través de la interacción de la función de reservorio, conducción y fuerza contráctil. La función de reservorio se corresponde con la contracción isovolumétrica del VI, su eyección y relajación isovolumétrica. Esta depende de la función sistólica del VI, el tamaño de la aurícula y su complacencia. La función de conducción se corresponde con la fase temprana de llenado ventricular y es modulada por la complacencia auricular y la relajación del VI. Por último, la función contráctil depende del retorno venoso pulmonar (precarga auricular), de la presión ventricular de fin de diástole (poscarga auricular) y de la reserva contráctil de la aurícula^(15,16,19,20).

El SAI es un parámetro de función auricular no volumétrico, es decir evalúa su función como bomba muscular, siendo muy importante la deformación del tejido auricular y el sentido en el que se realiza. A través del *strain* auricular longitudinal se pueden medir las funciones de reservorio, de conducción y de bomba, que se correlacionan inversamente con el grado de fibrosis estimado por resonancia nuclear magnética con realce tardío de gadolino. Un valor

de *strain* bajo nos orienta hacia una aurícula fibrosa, no complaciente y con disminución de su capacidad contráctil⁽²⁴⁾.

Sin embargo, en las últimas guías publicadas por la American Society of Echocardiography (ASE) y la European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) para la evaluación diastólica⁽²⁵⁾ y la cuantificación de función y tamaño de las cámaras⁽²⁶⁾ la estimación del *strain* auricular no ha sido incluida. La necesidad de una estandarización de la metodología, adquisición de mayor experiencia por los operadores, más estudios de reproducibilidad y de un software específico de *strain* auricular, son los fundamentos propuestos^(20,23-25,27-29).

Descripción del protocolo

La población estudiada estuvo constituida por habitantes adultos de Montevideo, del Complejo Juana de América y alrededores y del barrio Bella Italia, reclutados en el contexto del estudio GEnotipo Fenotipo y Ambiente de la HiperTensión arterial en el Uruguay (GEFA-HT-UY)⁽³⁰⁾. Contamos con 538 participantes que realizaron la fase inicial del estudio y actualmente se está desarrollando la fase de seguimiento. La evaluación ecocardiográfica forma parte de esta cohorte desde fines del 2016.

Se utilizó un ecógrafo Vivid i (GE® Healthcare), transductor transtorácico de 3-5 MHz. Las imágenes adquiridas fueron analizadas en la estación de trabajo ECHOPAC, versión 110 (GE®), en la Unidad de Hipertensión Arterial del Hospital de Clínicas.

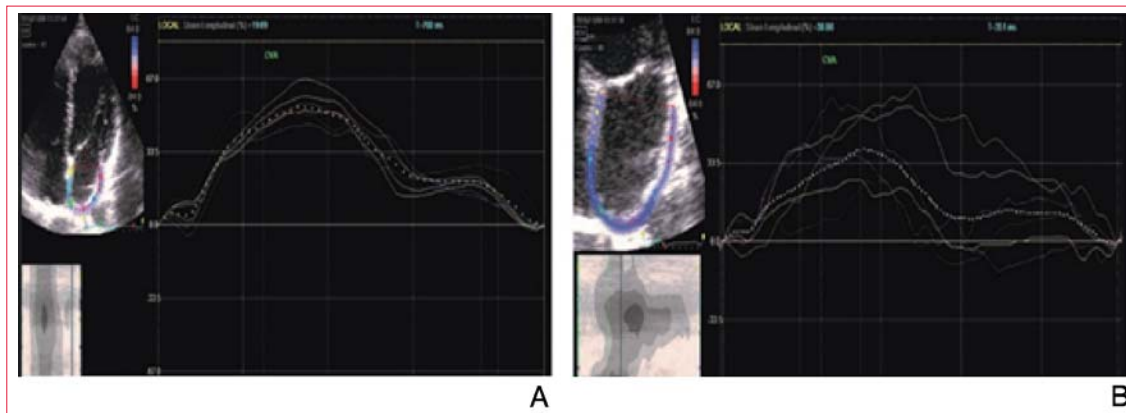


Figura 1. A) Ilustración del registro de *strain* auricular obtenido a partir de una vista de 4 cámaras sin zoom. A la izquierda se observa el seguimiento parietal por parte del software sobre la pared auricular de acuerdo con la etapa del ciclo cardíaco. A la derecha se observa el registro de *strain* auricular. Cada línea de color representa la deformación de cada sector de la pared auricular. La línea punteada refleja la deformación global de la aurícula acorde a la etapa del ciclo cardíaco. B) A la izquierda se observa el seguimiento parietal (trazado azul) del movimiento auricular de acuerdo con la etapa del ciclo cardíaco. A la derecha se ilustra el registro de *strain* auricular, obsérvese el constante movimiento ondulante y asincrónico de todas sus paredes.

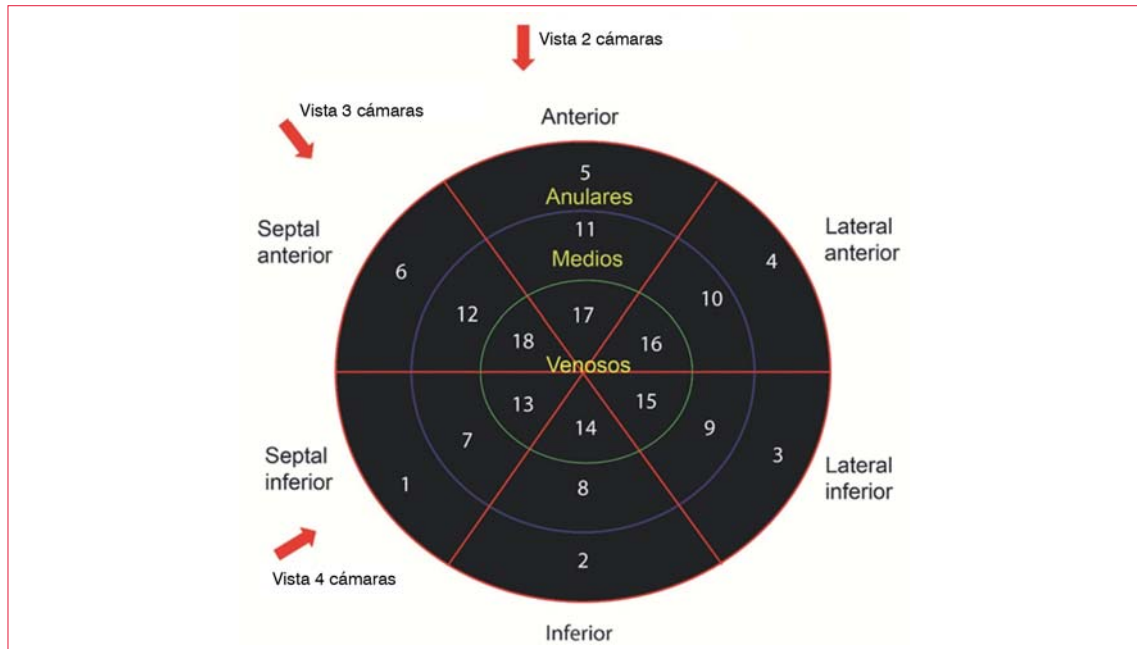


Figura 2. Se ilustra el “ojo de buey” de la aurícula izquierda, donde se divide en 18 segmentos, seis por cada vista apical.

Para la medición del *strain* longitudinal auricular se obtuvieron vistas apicales de 2,3 y 4 cámaras, con un *frame rate* entre 50 y 90 fps intentando obtener las tres ventanas con un *frame rate* similar (idealmente un valor absoluto hasta 10 unidades menor respecto a la frecuencia cardíaca). La adquisición de la imagen se realizó sin zoom auricular (figura 1A). Se elaboró un modelo tipo “ojo de buey” de la AI, la cual se dividió en 18 segmentos (figura 2).

La región de interés se trazó punto a punto, delineando el borde endocárdico auricular, desde la unión de la pared auricular con el anillo mitral hasta la unión de la pared auricular con el anillo mitral contralateral, no incluyendo en la región de interés dicho anillo, como tampoco las venas pulmonares ni la orejuela.

Se estableció el ancho de muestreo (ancho de ROI) como el mínimo ofrecido por el software, dada la poca variación del espesor de la pared auricular durante el ciclo cardíaco y durante los estados patológicos. Luego, el mismo software divide a la pared auricular en seis segmentos equidistantes para cada vista apical (figura 3).

A continuación, se realizó el seguimiento automático del área de interés y se calificó automáticamente en aprobado o no aprobado. Para la realización de nuestro protocolo se desestimó la aprobación automática del seguimiento y se priorizó el juicio del observador (figura 4 A y B).

En cuanto al punto de comienzo del trazado de *strain* auricular se consideró la onda R del electrocardiograma (ECG) (figura 5).

Posteriormente el programa ilustró el gráfico de curvas donde en el eje de las X se presenta el tiempo y en el eje de las Y la medida de *strain* en valores porcentuales. Cuando las curvas de *strain* son gatilladas por el comienzo del QRS, todos los valores de *strain* son positivos y hay dos picos, el primero de los cuales se corresponde con la función de reservorio (figura 5).

Se presentan entonces, por cada vista, seis curvas correspondientes a cada uno de los seis segmentos y una punteada que corresponde al promedio de todos los segmentos. En el primer pico de esta última, comprendido entre las ondas R y T del ECG (previo a la apertura de la válvula mitral), se encuentra el promedio de la función de reservorio de dicha vista. El segundo pico corresponde a la función de bomba y se encuentra inmediatamente después de la onda P del ECG. La diferencia entre el primer pico (función de reservorio) y el segundo (función de bomba) corresponde a la función de conducción auricular (figura 5).

Para este protocolo se tomó solo el pico promedio de la función reservorio para cada vista (2, 3 y 4) y el pico reservorio de cada segmento de las paredes auriculares (18 segmentos). El valor de SAI global fue producto del promedio del global de reservorio de cada cámara.

Criterios de exclusión del protocolo

1. No incluir en la imagen la presencia completa de la AI en alguna de las vistas apicales.
2. Mala definición de la pared auricular.

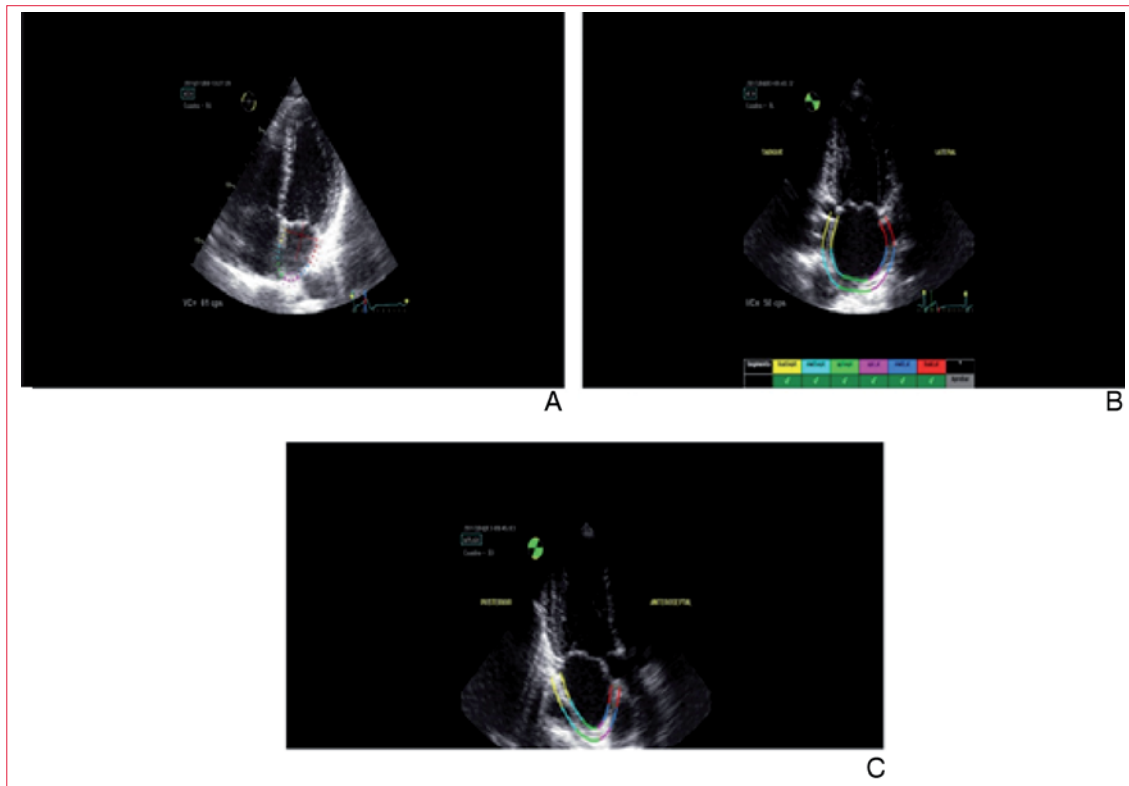


Figura 3. A) Trazado en vista de 4 cámaras, nótese la no inclusión del anillo mitral dentro de la región de interés. El ancho de la región de interés siempre será el mínimo propuesto por el software.
B) Trazado en vista de 2 cámaras, donde el software divide a la aurícula izquierda en seis segmentos equidistantes. Nótese en los segmentos anulares (rojo y amarillo) la pequeña curvatura hacia la luz auricular de la región de interés para mejorar la calidad de seguimiento por el software.
C) Trazado de la región de interés en vista de 3 cámaras, nótese la no inclusión de la pared inferior de la aorta dentro de dicha región.

3. Mal seguimiento y trazado del registro de *strain* en sus tres fases en alguna de las vistas apicales, a criterio del ojo del observador.
4. Imágenes con zoom auricular.

Discusión del protocolo

Se desaconseja la adquisición de imágenes auriculares con zoom. Nuestra experiencia de trabajo nos ha mostrado escaso seguimiento de la excursión parietal auricular por el software y adquisición de malos trazados de *strain* cuando se adquieren con zoom (figura 1B).

En cuanto al seguimiento endocárdico, nos enfrentamos al punto más controvertido del procedimiento: definir si es adecuado o no. El software con el que contamos fue fabricado para evaluar y seguir el movimiento del VI, pero muchas veces no reconoce en forma automática la correcta excursión parietal auricular. En nuestra experiencia no hubo mejor observador ni evaluador que el propio ojo del operador. Este es quien debe definir si el seguimiento fue adecuado, y no el software. En primera instancia, el

observador debe prestar atención a que el área de interés preestablecida se mueva sincrónica y armónicamente con las paredes auriculares. En segunda instancia, debe observar el trazado con las curvas de *strain* que identifican las tres fases de función auricular en cada línea que representa la deformación del sector auricular. Aunque es de conocimiento, en estados patológicos tales como FA, disincronía auricular, aneurisma interatrial o comunicación interauricular, estas tres fases no siempre se cumplen. Cabe mencionar que la priorización del ojo del observador no es privativa de nuestro equipo de trabajo. En el EACVI NORRE study⁽³¹⁾, estudio multicéntrico de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) y en un documento reciente publicado en 2018 por el grupo de trabajo de EACVI/ASE⁽²⁷⁾, se enfatizó en la importancia de este criterio (figura 4B).

Gatillado del trazado: también existe controversia sobre si comenzar el trazado de SAI gatillado por la onda P del ECG o por la onda R. En la revisión y metaanálisis⁽¹⁹⁾ de Pathan y colaboradores, de los 40 estudios incluidos, 37 fueron gatillados por onda R. A su vez, en el EACVI NORRE study se utilizó la

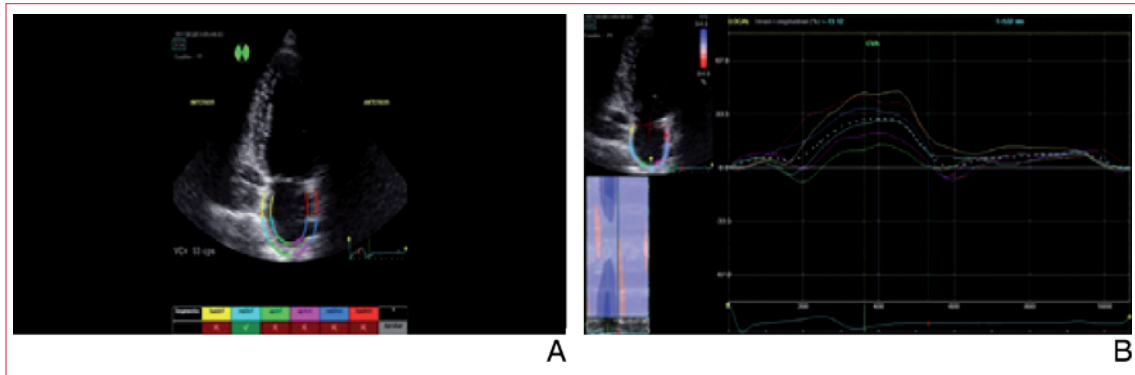


Figura 4. A) Ilustración del seguimiento de *strain* donde se define la región de interés desde el borde endocárdico, adecuando el ancho de la región de interés al mínimo disponible del software. Nótese la no inclusión del anillo mitral dentro de la región de interés. Un aspecto importante es que el software aprueba solamente un segmento de los seis evaluados, pero se observa un seguimiento armónico y continuo por parte del trazado (figura 4B) de todas las fases de la función auricular.

B) Ilustración del registro de *strain* auricular luego de proceder a pesar de que el software no aprobó la mayoría de los segmentos. Obsérvese el correcto registro y la sincronía del movimiento de todos los segmentos auriculares acorde a cada fase auricular.

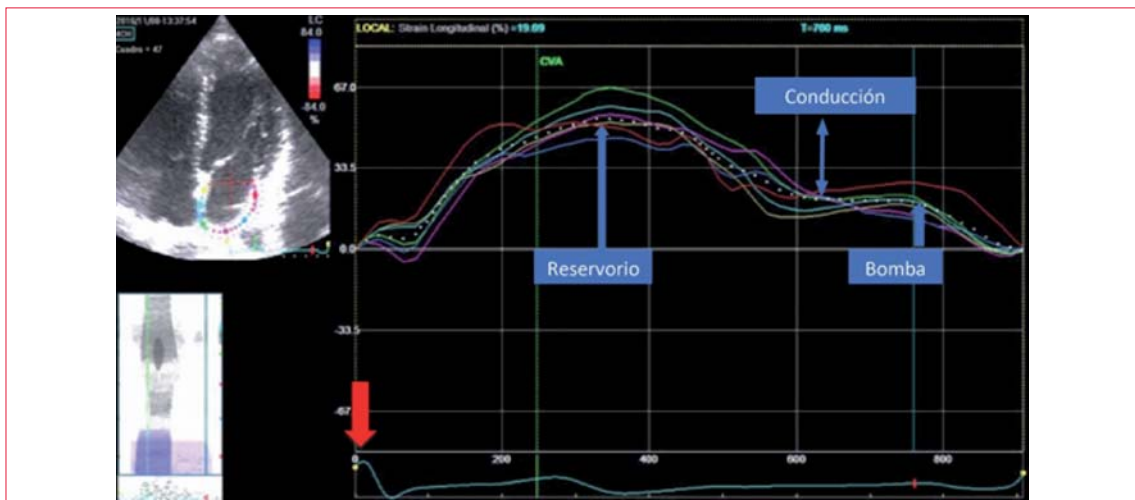


Figura 5. Trazado de *strain* auricular gatillado por onda R (flecha roja). Cada línea de colores denota la deformación de cada segmento de la pared auricular durante las diferentes fases. La línea punteada representa los promedios de los seis segmentos evaluados en una vista apical de 4 cámaras. Se obtienen dos picos positivos, el primero corresponde a la fase de reservorio, el segundo a la función de bomba auricular y la resta entre ambos picos a la función de conducción. No tomar en cuenta el cierre valvular aórtico para medir la función de reservorio.

onda R como gatillo para el trazado de *strain*. Nuestro grupo de trabajo adhiere a la posición de comienzo del trazado por la onda R, ya que existe mayor evidencia disponible, permite estandarizar las medidas para toda la población y el análisis de pacientes que no se encuentren en ritmo sinusal.

Otro aspecto no estandarizado es qué vistas deben incluirse para el análisis: si solo 4 cámaras, si 2 y 4 cámaras o 2, 3 y 4 cámaras. En la revisión y metaanálisis mencionado⁽¹⁹⁾, 19 trabajos evaluaron el *strain* auricular solo en la vista de 4 cámaras, 17 en las vistas de 2 y 4, y solo cuatro estudios en la vista de 2, 3 y 4 cámaras, sin encontrar diferencias significativas en los valores de *strain* longitudinal de la AI. En el EACVI

NORRE study⁽³¹⁾ se incluyeron las vistas 2 y 4 cámaras. En el documento de posición sobre *strain* auricular, publicado en 2018 por el grupo de trabajo de EACVI/ASE⁽²⁷⁾, recomiendan la medición de SAI solamente por 4 cámaras, tomando como opción válida incluir también en el análisis la vista de 2 cámaras. En cuanto a la vista apical de 3 cámaras, fundamentan que puede ser dificultoso discernir entre la aorta ascendente y la pared anteroseptal auricular, lo que puede alterar la medición y los valores de *strain*.

En el presente protocolo se priorizó el análisis completo de la AI, considerando las tres vistas apicales, para obtener el valor global de SAI, como se realiza para el *strain* del VI.

Valores normales de SAI reportados por la bibliografía

Actualmente existen tres grandes trabajos que describen valores de SAI en la población normal.

La revisión sistemática y metaanálisis del año 2016⁽¹⁹⁾, referido en el párrafo anterior, informa una media de 39,4% (con un intervalo de confianza de 95%, 38%-40,8%) para la función de reservorio. De los 40 estudios incluidos, 34 fueron realizados con la estación de trabajo Echo-Pac GE®.

The EACVI NORRE study⁽³¹⁾ describió una media de 42,5% ($\pm 6,4$) para población global, brindando también valores de acuerdo a rangos etarios. En cuanto a la metodología de trabajo, los trazados fueron gatillados por onda R y los promedios globales de SAI se obtuvieron de las vistas de 2 y 4 cámaras.

Por último, el estudio multicéntrico de Morris y colaboradores⁽³²⁾ del año 2015, describe una media de 45,5% ($\pm 11,4$), sin establecer diferencias en cuanto a etnia, pero sí en cuanto a rango etario. En cuanto a la metodología de trabajo, se utilizó para la adquisición de imágenes el dispositivo de ultrasonido Vivid 7 GE® y para el análisis la estación de trabajo Echo-Pac versión 113 de GE®. El trazado de *strain* fue gatillado por la onda R. Los valores globales de SAI se obtuvieron del promedio de las vistas de 2 y 4 cámaras.

Conclusiones

Hemos desarrollado un protocolo de medición de SAI “paso a paso” con el fin de incentivar y familiarizar al ecocardiografista con este método. Se describe en forma detallada cómo se realiza la medición del SAI y se contrasta con la evidencia actual disponible. Los autores se proponen evaluar su reproducibilidad tanto global como segmentaria e informar en un futuro valores normales de *strain* auricular en población sana uruguaya y contrastarlos con los valores propuestos por la mayor evidencia actual^(19,31,32).

Protocolo “paso a paso”

1. Visualizar la AI en su totalidad en vistas 2, 3 y 4 cámaras, sin zoom, con un *frame rate* de 10 por debajo de la frecuencia cardíaca del paciente. Es indispensable la monitorización ECG concomitante.
2. Trazar la región de interés, sin incluir el anillo mitral, las venas pulmonares ni la orejuela, con mínimo ancho de ROI.
3. El juicio del observador será el que prime sobre el software en la evaluación del seguimiento de las paredes auriculares.

4. Con el trazado gatillado por onda R, se deben tomar los picos de cada fase.
5. Se deben promediar los valores globales de cada vista.
6. El análisis segmentario tipo “ojo de buey” será opcional.

TIPS para la medición

- En algunas ocasiones, cuando el seguimiento de la pared auricular por medio del software o las curvas de *strain* obtenidas son asincrónicas, realizar nuevamente el trazado o corregir el área de interés puede optimizar el registro.
- Muchas veces el seguimiento de la pared auricular mejora reestructurando la región de interés, un poco más por dentro del endocardio o con una pequeña muesca hacia la luz auricular de los segmentos que están adyacentes al anillo mitral.
- Por último, en la vista de 3 cámaras es necesario no incluir la pared aórtica en el trazado para obtener valores fieles y un buen registro de *strain* (figura 3C).

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.
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.
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.
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.
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.

6. **Brecht A, Oertelt-Prigione S, Seeland U, Rücke M, Hättasch R, Wagelöhner T, et al.** Left Atrial Function in Preclinical Diastolic Dysfunction: Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography-Derived Results from the BEFRI Trial. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016; 29(8):750-8.
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.
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.
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.
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.
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.
13. **Tops L, van der Wall E, Schaliij 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 S, 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.
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.
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.
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.
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.
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.
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.
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):1495-503.
22. **Cameli M, Mandoli G, Loiacono F, Dini F, Heinlein M, Mondillo S.** Left atrial strain: a new parameter for assessment of left ventricular filling pressure. *Heart Fail Rev.* 2016; 21(1):65-76.
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.
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):1-17.
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.
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.
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.
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.
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.
30. **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.
31. **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):833-40.
32. **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.