

## Valoración del *strain* auricular izquierdo en competidores de ultramaratón ¿Se extiende la fatiga cardíaca a todas las estructuras miocárdicas?

### *Evaluation of the left atrium strain in ultramarathon competitors. Does cardiac fatigue extend to all myocardial structures?*

José Picco\*, Emanuel González-Dávila, Sebastián Wolff y David Wolff

Instituto de Cardiología y Deportes Wolff, Mendoza, Argentina

#### Resumen

**Introducción:** La aurícula izquierda cumple varias funciones durante el ciclo cardíaco (reservorio, conducción y contracción), que podrían verse afectadas por la remodelación fisiológica al igual que por el estrés inducido por el ejercicio intenso (carreras de ultra-trail de montaña). **Objetivo:** Valorar si las adaptaciones fisiológicas de la aurícula izquierda al deporte (aumento del volumen auricular), así como el estrés inducido por las competiciones de ultramaratón, influyen en la función auricular izquierda estimada por *strain* auricular realizado mediante speckle tracking. **Método:** Fueron evaluados 28 participantes antes y después del ejercicio (en el transcurso de 1 hora posterior al esfuerzo de carreras de ultra-trail) utilizando ecocardiografía Doppler y nuevas técnicas ecocardiográficas (posprocesamiento). Se excluyeron cinco deportistas: dos por regular ventana ecocardiográfica que no permitía visualizar correctamente el borde endomiocárdico y tres por no finalizar la carrera. Se realizaron estadística descriptiva convencional, análisis comparativo para datos pareados mediante test *t* de Student y correlación de Pearson para valorar factores que influyeran en las alteraciones detectadas. **Resultados:** La mediana de edad de los competidores fue de  $38 \pm 9$  años, con predominancia del sexo masculino ( $n = 17$ , 65%). En el ecocardiograma basal se encontró una media de volumen auricular izquierdo de  $33 \pm 7$  ml/m<sup>2</sup> (min. 21 ml/m<sup>2</sup>, max. 47 ml/m<sup>2</sup>), con *strain* auricular izquierdo basal promedio del 31%. En la evaluación tras el esfuerzo se observó una disminución no significativa del volumen auricular izquierdo, que mantuvo el *strain* auricular e incluso aumentó su deformación, como en el caso de las mujeres evaluadas. **Conclusiones:** A diferencia de lo observado en otros parámetros de función ventricular tras un esfuerzo, el *strain* auricular no se ve afectado por la fatiga cardíaca.

**Palabras clave:** *Strain* miocárdico. Fatiga cardíaca. Corazón de atleta.

#### Abstract

**Introduction:** The left atrium fulfills several functions during the cardiac cycle (reservoir, conduction and contraction) that could be affected by physiological remodeling as well as by stress induced by intense exercise (ultra-mountain trail races). **Objective:** To assess whether the physiological adaptations of the left atrium to sport (increase in atrial volume) as well as

#### Correspondencia:

\*José Picco

E-mail: piccojose@gmail.com

0120-5633 / © 2020 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 06-05-2020

Fecha de aceptación: 17-07-2020

DOI: 10.24875/RCCAR.M22000135

Disponible en internet: 19-05-2022

Rev Colomb Cardiol. 2022;29(2):145-149

[www.rccardiologia.com](http://www.rccardiologia.com)

*the stress induced by ultramarathon competitions influence left atrial function estimated by atrial strain performed by speckle tracking. **Method:** 28 participants were evaluated pre and post exercise, using Doppler echocardiography and new echocardiographic techniques. Conventional descriptive statistics, comparative analysis were performed for paired data using the t test and Pearson correlation to assess factors that influence the detected alterations. **Results:** The median age of the competitors was  $38 \pm 9$  years with a predominance of males ( $n = 17$ , 65%). In the basal echocardiogram, we found an average left atrial volume of  $33 \pm 7$  ml/m<sup>2</sup> (min. 21 ml/m<sup>2</sup>, max. 47 ml/m<sup>2</sup>), with an average baseline left atrial strain of 31%. In the post-effort evaluation, a non-significant decrease in left atrial volume was observed, maintaining atrial strain and even increasing its deformation, as in the case of the women evaluated. **Conclusions:** Unlike what was observed in other parameters of ventricular function after effort, atrial strain is not affected by cardiac fatigue.*

**Keywords:** Myocardial strain. Athlete's heart. Heart fatigue

## Introducción

Realizar ejercicio de manera recreativa aporta beneficios a la salud cardiovascular<sup>1</sup>. Sin embargo, muchos de estos deportistas recreativos entrenan largas horas y se someten a pruebas físicas de mucha intensidad, lo cual los condiciona al desarrollo, a largo plazo, de modificaciones fisiológicas cardíacas en un afán de mejorar el rendimiento deportivo. Esta condición, llamada «corazón de atleta», ha sido descrita por varios autores<sup>2,3</sup>.

El corazón de atleta es una adaptación a la sobrecarga cardíaca y es reversible con el cese de la actividad. Implica un agrandamiento del ventrículo izquierdo, un engrosamiento parietal y un aumento del volumen de la aurícula izquierda. Este agrandamiento auricular no se acompaña de un aumento de la presión intraauricular, dado que los deportistas en reposo y posesfuerzo presentan un patrón de relajación del ventrículo izquierdo normal<sup>4</sup>. Cuando el ejercicio es intenso y prolongado pueden producirse cambios agudos, más allá de los fisiológicos, que ponen al clínico en un escenario incierto<sup>5</sup>. Estos cambios, solapados entre lo fisiológico y algunas condiciones clínicas patológicas (sobrecargas agudas repetitivas), pueden provocar pequeños focos de fibrosis que, sumado a los años de práctica de una actividad intensa, podrían ser sustrato para arritmias, como suele observarse en atletas sénior<sup>6</sup>.

A esta teoría se suman hipótesis de trabajos en los que los deportistas que realizan ejercicio extremo presentan elevación de biomarcadores, como el péptido natriurético cerebral y su porción aminoterminal, o la troponina T ultrasensible<sup>7</sup>.

En atletas de alto rendimiento, con frecuencia se observa un remodelado auricular izquierdo, con modificaciones de la función auricular en la fase de contracción<sup>8</sup>.

Por lo anterior, surge la hipótesis de que la aurícula izquierda responde a los cambios relacionados con la fatiga cardíaca en deportistas de ultramaratón.

## Método

### Ultramaratonos

Previo consentimiento informado, 28 deportistas fueron invitados a participar del estudio. Las carreras que se evaluaron fueron:

- Kumen Aconcagua: recorrido de 10, 38 o 70 km en los distintos campamentos del Parque Provincial Aconcagua, a una altura estimada de 4200 m sobre el nivel del mar, con un desnivel acumulado de 2200 m, realizada en febrero de 2018.
- Cruce Mendoza: recorrido de 10, 30 o 55 km desde Villavicencio hasta Uspallata a través de la Cruz de Paramillos, a una altura máxima de 3400 m sobre el nivel del mar, con un desnivel acumulado de 2400 m, realizada en diciembre de 2018.

Cada deportista fue responsable de su hidratación y de su plan de entrenamiento previo a la carrera. Como criterios de exclusión, no se incluyeron para el análisis deportistas con mala ventana ecocardiográfica que impidiera la correcta visualización del borde endomiocárdico ni deportistas que tuvieran antecedentes cardiovasculares.

Se recabaron datos clínicos y antecedentes cardiovasculares y heredofamiliares. Los deportistas fueron evaluados los días previos a la carrera e inmediatamente posterior a esta (en el transcurso de 1 hora desde la finalización de la carrera). Solo se incluyeron deportistas que completaron 70 km, 55 km y uno que completó 38 km. A todos se les realizó exploración física, interrogatorio dirigido y ecocardiograma Doppler.

## Ecocardiograma Doppler

Dos médicos cardiólogos ecocardiografistas realizaron todos los estudios con el mismo equipo (Vivid-i, General Electric Vingmed, Milwaukee, Wisconsin, USA). Las imágenes fueron guardadas y analizadas posteriormente con el *software* de posprocesamiento *off line*. Los diámetros del ventrículo izquierdo se obtuvieron en 2D en el eje largo paraesternal izquierdo. El diámetro ventricular derecho se obtuvo en el eje apical de cuatro cámaras a nivel del anillo tricúspide. Se realizó Doppler pulsado en el tracto de entrada del ventrículo izquierdo, a nivel del *tips* mitral, para determinar las presiones de llenado ventricular. Se guardó un *loop* de Doppler tisular (DTI) en el eje apical de cuatro cámaras, al igual que Doppler pulsado tisular en el anillo mitral lateral para estimar la relación E/e'. El tamaño de la aurícula izquierda se determinó a través del volumen auricular indexado, realizado en los ejes de cuatro y dos cámaras apical. El tamaño de la aurícula derecha se estimó mediante el área en el eje de cuatro cámaras apical. Los parámetros de volumen ventricular, fracción de eyección (Fey) y *strain* longitudinal global (SLG) se determinaron mediante detección automática del borde endomiocárdico con la menor intervención posible por el operador (AFI, *Automatic Functional Imaging*). Los parámetros de torsión ventricular, al igual que el *strain* de la pared libre del ventrículo derecho, se obtuvieron mediante *Q-analysis* en el *software* determinado para el equipo utilizado (Echo-Pac, GE Medical versión 201). El *strain* auricular izquierdo se obtuvo mediante el promedio aritmético del *strain* realizado con *Q-analysis* en los ejes de cuatro cámaras apical (prescindiendo de los segmentos septales), dos cámaras apical y tres cámaras apical (prescindiendo de los segmentos aórticos).

## Análisis estadístico

Se realizó análisis descriptivo mediante estadística convencional y análisis comparativo para muestras apareadas mediante t de Student. Las variables cuantitativas se expresaron como media y desviación estándar, en tanto que las variables cualitativas mediante n y porcentaje. Se consideró significativa una  $p < 0.05$ . Se utilizó el *software* estadístico SPSS Statistics versión 17.0.

## Resultados

De los 28 deportistas reclutados, se incluyeron 23 para el análisis. Se excluyeron dos por no completar

**Tabla 1.** Parámetros ecocardiográficos evaluados preesfuerzo y posesfuerzo

Parámetro	Preesfuerzo (media)	Posesfuerzo (media)	p
Fracción de eyección (%)	62.65	57.22	0.008
Diámetro diastólico ventrículo izquierdo (mm)	47.04	43.74	0.000
Volumen auricular izquierdo (ml/m <sup>2</sup> )	32.29	28.21	0.012
Diámetro diastólico ventrículo derecho (mm)	37.52	42.00	0.001
Área auricular derecha (cm <sup>2</sup> )	16.08	17.84	0.138
TAPSE (mm)	27.8	25.74	0.07
S' (cm/s)	12.17	11.37	0.342
Presión sistólica arteria pulmonar (mmHg)	21.56	23.27	0.653
E/A	1.09	1.04	0.328
e' (cm/s)	15.82	15.03	0.320
E/e'	5.920	5.43	0.267
Torsión ventricular (°)	9.238	7.425	0.233
<i>Strain</i> pared libre ventrículo derecho (%)	-25.61	-21.21	0.000
<i>Strain</i> longitudinal global (%)	-19.65	-18.49	.053

E/A: patrón de relajación transmitral; e'e': onda e' del Doppler tisular a nivel del anillo mitral; E/e'e': relación E/e'; S': onda S del Doppler tisular a nivel del anillo mitral; TAPSE: *Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion*.

la carrera de 55 km y tres por mala definición del borde endomiocárdico. De los 23 incluidos, cinco participaron en la carrera de 70 km (Kumen-Aconcagua), uno en la carrera de 38 km (Kumen-Aconcagua) y 17 en la carrera de 55 km (Cruce-Mendoza).

La edad media de los atletas fue de  $38 \pm 9$  años, con predominancia del sexo masculino ( $n = 17$ , 65%). Solo dos deportistas presentaban como factores de riesgo cardiovascular hipertensión arterial en tratamiento. Los demás no tenían factores de riesgo cardiovascular ni antecedentes patológicos cardiovasculares o heredofamiliares. El promedio semanal de horas de entrenamiento fue de  $12 \pm 2$  horas.

En la *tabla 1* se muestran las características ecocardiográficas antes y después de la ultramaratón, y se aprecia que los parámetros de función y deformación miocárdica disminuyen significativamente en el posesfuerzo, lo cual concuerda con lo manifestado en otros

**Tabla 2.** Volumen auricular izquierdo indexado a la superficie corporal

	Preesfuerzo (media)	Posesfuerzo (media)	p
Parámetro			
Volumen auricular izquierdo	33 ml/m <sup>2</sup>	28 ml/m <sup>2</sup>	0.012
<i>Strain</i> auricular	31%	32%	0.6
Hombres			
Volumen auricular izquierdo	35 ml/m <sup>2</sup>	30 ml/m <sup>2</sup>	0.01
<i>Strain</i> auricular	29%	28%	0.5
Mujeres			
Volumen auricular izquierdo	27 ml/m <sup>2</sup>	26 ml/m <sup>2</sup>	0.6
<i>Strain</i> auricular	31%	32%	0.67

estudios (acuñando el término «fatiga cardíaca inducida por el ejercicio») y lo presentado previamente por nuestro grupo de trabajo<sup>9,10</sup>.

Al evaluar el volumen auricular indexado se halló una media de volumen auricular izquierdo de  $33 \pm 12$  ml/m<sup>2</sup> (min. 25 ml/m<sup>2</sup>, max. 47 ml/m<sup>2</sup>) en el ecocardiograma basal y de  $28 \pm 6$  ml/m<sup>2</sup> en el ecocardiograma posesfuerzo, lo que indica una disminución estadísticamente significativa. La media de *strain* auricular preesfuerzo fue del 31%, mientras que la media de *strain* auricular posesfuerzo fue del 32%; no hubo diferencias significativas al realizar el test t de Student para datos pareados ( $p = 0.6$ ) (Tabla 2).

Ahora bien, al analizar el grupo según el sexo, en los hombres se encontró una dilatación auricular leve, con una media de  $35 \pm 7$  ml/m<sup>2</sup> en el preesfuerzo y de  $30 \pm 6$  ml/m<sup>2</sup> en el posesfuerzo. Esta disminución en el volumen auricular en el posesfuerzo resulta significativa ( $p = 0.01$ ). Al analizar el *strain* auricular en este grupo se encontró una media de *strain* preesfuerzo del 29% y de *strain* posesfuerzo del 28%, sin significancia estadística en el test t de Student ( $p = 0.5$ ). Por tanto, se interpretó que en los hombres no se produciría una afección de la función auricular a pesar de disminuir el volumen auricular izquierdo posterior a la ultramaratón.

Las mujeres presentaron un volumen auricular izquierdo preesfuerzo de  $27 \pm 3,6$  ml/m<sup>2</sup> y posesfuerzo de  $26 \pm 4$  ml/m<sup>2</sup>, dato no significativo en la comparación estadística ( $p = 0.6$ ). Al evaluar el *strain* auricular en ellas se encontró una media del 31% en el preesfuerzo y una media del 32% en el posesfuerzo. Tampoco hubo un cambio significativo en la comparación estadística ( $p = 0.67$ ).

## Discusión

La fatiga cardíaca inducida por el ejercicio se define como una reducción transitoria de la función sistólica y diastólica, posterior a un ejercicio físico extenuante, en ausencia de enfermedad cardíaca previa<sup>10</sup>.

Comparados con la población general, los deportistas presentan un mayor tamaño auricular<sup>11</sup>. La mayoría de estos registros que muestran cambios en la conformación miocárdica excluyen a participantes femeninas. En este trabajo se ve que los cambios morfológicos son más frecuentes en los hombres que en las mujeres, aunque no haya diferencias en las horas de entrenamiento.

Los atletas de alto rendimiento tienen distintos niveles de dilatación auricular, lo cual está relacionado con el aumento del volumen minuto que requiere la demanda metabólica del ejercicio que practican, pero este aumento no se acompaña de un incremento de la presión de fin de diástole, dado que la relajación ventricular no se ve afectada<sup>12</sup>. El aumento de volumen auricular sin incremento de la presión de llenado tampoco altera la función contráctil de la aurícula en reposo<sup>13</sup>. Comparados con la población sana que no practica deporte, los atletas tienen un mayor volumen auricular y una menor deformación longitudinal global del periodo de reservorio<sup>14</sup>. Estos trabajos han sido realizados con deportistas en reposo, y en la literatura consultada no se ha valorado previamente la función auricular mediante *strain* auricular en el posesfuerzo inmediato de carreras de ultramaratón para objetivar si la fatiga cardíaca se extiende a todos los parámetros de función miocárdica.

Como se observa en este análisis, el *strain* auricular en el posesfuerzo no disminuye en los deportistas, independientemente del sexo y de la disminución del volumen auricular en el posesfuerzo. Tampoco observamos alteración de la relajación ventricular en el posesfuerzo, a pesar de la caída objetiva de la fracción de eyección y del *strain* longitudinal global.

Lo anterior motiva a pensar que la función auricular contribuye al correcto desempeño cardíaco para no aumentar las presiones venosas pulmonares y mantener un correcto llenado ventricular en el esfuerzo.

## Conclusiones

La función auricular estimada por el *strain* auricular en el posesfuerzo de carreras de ultramaratón no se ve afectada, a pesar de los cambios en el volumen auricular y de la caída de algunos parámetros de función miocárdica interpretados como fatiga cardíaca.

Las participantes femeninas, por algún motivo que desconocemos, presentan menor adaptación a la

sobrecarga de volumen, pero manifiestan menos parámetros de fatiga cardíaca en el posesfuerzo de una ultramaratón estimados por ecocardiograma Doppler y nuevas técnicas ecocardiográficas.

## Limitaciones

Se trata de una muestra de poca dimensión para realizar conclusiones contundentes, pero consideramos que, como estudio piloto, plantea una hipótesis interesante.

No contamos con consumo de oxígeno para valorar si estas modificaciones están o no relacionadas con el estado físico de los deportistas.

## Financiamiento

Los autores declaran que no hubo financiamiento.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

## Bibliografía

1. Morris JN, Heady JA, Raffle PA, Roberts CG, Parks JW. Coronary heart-disease and physical activity of work. *Lancet*. 1953;262(6796):1111-20.
2. Thompson P, Venero C. A history of medical reports on the Boston Marathon: 112 years and still running. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(6):1341-8.
3. D'Andrea A, Formisano T, Riegler L, Scarafile R, America R, Martone F, et al. Acute and chronic response to exercise in athletes: the "supernormal heart". *Adv Exp Med Biol*. 2017;999:21-41.
4. Wright S, Sasson Z, Gray T, Chelvanathan A, Esfandiari S, Dimitry J, et al. Left atrial phasic function interacts to support left ventricular filling during exercise in healthy athletes. *J Appl Physiol*. 1985;119(4):328-33.
5. Gabrielli L, Bijnens BH, Brambila C, Duchateau N, Marin J, Sitges-Serra I, et al. Differential atrial performance at rest and exercise in athletes: potential trigger for developing atrial dysfunction? *Scand J Med Sci Sports*. 2016;26(12):1444-54.
6. Carbone A, D'Andrea A, Riegler L, Scarafile R, Pezzullo E, Martone F, et al. Cardiac damage in athlete's heart: when the "supernormal" heart fails! *World J Cardiol*. 2017;9(6):470-80.
7. Yoon JH, Park Y, Ahn J, Shin KA, Kim YJ. Changes in the markers of cardiac damage in men following long-distance and ultra-long-distance running races. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016;56(3):295-301.
8. Gabrielli L, Bijnens BH, Brambila C, Duchateau N, Marin J, Sitges-Serra I, et al. Differential atrial performance at rest and exercise in athletes: potential trigger for developing atrial dysfunction? *Scand J Med Sci Sports*. 2016;26(12):1444-54.
9. La Gerche A, Burns A, Mooney D, Inder W, Taylor A, Bogaert J, et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodeling in endurance athletes. *Eur Heart J*. 2012;33:998-1006.
10. Picco J, Wolf S, Gonzalez DE, Wolf D. Fatiga cardíaca en corredores de ultratrail estimado por nuevas técnicas ecocardiográficas. *Rev Argent Cardiol*. 2019;87:456-61.
11. Sanchis L, Sanz-de La Garza M, Bijnens B, Giraldeau G, Grazioli G, Marin J, et al. Gender influence on the adaptation of atrial performance to training. *Eur J Sport Sci*. 2017;17(6):720-6.
12. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Natali BM, Cameli M, Lisi M, Focardi M, et al. Training-induced dynamic changes in left atrial reservoir, conduit, and active volumes in professional soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(8):1715-23.
13. D'Ascenzi F, Anselmi F, Focardi M, Mondillo S. Atrial enlargement in the athlete's heart: assessment of atrial function may help distinguish adaptive from pathologic remodeling. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(2):148-57.
14. Cuspidi C, Tadic M, Sala C, Gherbesi E, Grassi G, Mancia G. Left atrial function in elite athletes: a meta-analysis of two-dimensional speckle tracking echocardiographic studies. *Clin Cardiol*. 2019;42:579-87.