

Diferencias de sexo entre deportistas de ultramaratón preesfuerzo y posesfuerzo

Sex differences between pre and post effort ultra marathon athletes

JOSÉ M PICCO¹, SEBASTIÁN WOLFF¹, EMANUEL GONZÁLEZ-DÁVILA¹, DAVID WOLFF¹

RESUMEN

Introducción: La presencia de mujeres en las competencias de ultramaratón se observa cada vez con más frecuencia. Las adaptaciones fisiológicas y la respuesta al máximo esfuerzo se diferencian influenciados por el sexo.

Objetivos: Evaluar las diferencias observadas en los deportistas de ultramaratón o ultratrail (carreras de montaña de más de 42 km) en reposo (adaptaciones fisiológicas) y en el posesfuerzo (fatiga cardíaca inducida por el ejercicio [FCIE]), estratificado por parámetros de entrenamiento.

Material y métodos: Se reclutaron veinticinco deportistas (mujeres n 6) que participaron de la carrera cruce Mendoza (55 km en montaña); fueron evaluados antes y después de la finalización de la carrera mediante ecocardiografía Doppler y técnicas de deformación miocárdica (posprocesamiento). Mediante relojes deportivos se documentaron parámetros durante el entrenamiento y la carrera. Se realizó extracción de sangre posesfuerzo inmediato para documentar variables asociadas con fatiga cardíaca.

Resultados: Completaron la carrera 24 deportistas, 19 hombres (42 ± 12 años) y 5 mujeres (38 ± 4 años). Las mujeres presentaban parámetros similares de entrenamiento y completaron la prueba sin diferencia en tiempos respecto a los hombres. Se observó disminución de los parámetros de función miocárdica izquierda (fatiga cardíaca inducida por el ejercicio) en el 50% de los hombres y el 5% de las mujeres.

Conclusiones: A pesar de no encontrar diferencias en las características del entrenamiento, se observó en las mujeres menos adaptación fisiológica basal y menor incidencia de fatiga cardíaca inducida por el ejercicio.

Palabras clave: Función ventricular - Técnicas de imagen cardíaca/métodos - Cardiomegalia inducida por el ejercicio - Fatiga - Corazón - Mujeres

ABSTRACT

Introduction: the presence of women in ultramarathon competitions is observed with increasing frequency. Physiological adaptations and response to maximum effort are differentiated influenced by sex.

Objectives: to evaluate the differences observed in ultramarathon or ultratrail athletes (mountain races over 42 km) at rest (physiological adaptations) and at post-effort (exercise-induced cardiac fatigue-FCIE), stratified by training parameters.

Material and methods: twenty-five athletes (women n 6) who participated in the Mendoza crossing race (55 km in the mountains) were recruited, being evaluated before and after the end of the race using Doppler echocardiography and myocardial deformation techniques (post-processing). Through sports watches, parameters during training and running are documented. Immediate post-effort blood collection was performed to document variables associated with cardiac fatigue.

Results: 24 athletes completed the race, 19 men (42 ± 12 years) and 5 women (38 ± 4 years). The women presented similar training loads and completed the test with no difference in time compared to the men. Decreased left myocardial function parameters (exercise-induced cardiac fatigue) were observed in 50% of men and 5% of women.

Conclusions: Despite not finding differences in training characteristics, less baseline physiological adaptation and a lower incidence of exercise-induced cardiac fatigue were observed in women.

Key words: Ventricular function - Cardiac Imaging Techniques / methods - Cardiomegaly, Exercise-Induced - Fatigue - Heart - Women

INTRODUCCIÓN

El corazón presenta varias adaptaciones fisiológicas al entrenamiento; la frecuencia cardíaca (FC) disminuye en reposo debido al aumento del tono vasovagal, aumenta los volúmenes de fin de sístole, fin de diástole, así como el volumen sistólico y disminuye su contractilidad. Todas estas adaptaciones fisiológicas

se realizan en pos de tener mayor reserva contráctil y poder aumentar el volumen minuto cardíaco hasta 5 veces durante los esfuerzos intensos. Estas adaptaciones están descritas sobre todo en deportistas de sexo masculino. Si el esfuerzo físico intenso se prolonga el tiempo suficiente, pueden observarse alteraciones miocárdicas (caída de la fracción de eyección, disminución de la fracción de acortamiento, aumento de volumen

REV ARGENT CARDIOL 2021;89:13-19. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v89.i1.19245>

Recibido: 30/11/2020 - Aceptado: 18/01/2021

Dirección para separatas: Federico Moreno 1221. Mendoza Ciudad - E-mail: piccojose@gmail.com

¹Instituto de cardiología y medicina del deporte Wolff

de fin de diástole, alteraciones de la motilidad parietal o mediante parámetros de la fibra miocárdica, como la caída en el *strain* longitudinal global (SLG), al igual que elevación de enzimas de daño miocárdico, que, en ausencia de enfermedad cardíaca previa, se atribuye a fatiga cardíaca inducida por el ejercicio (FCIE) un término relativamente nuevo reportado en la bibliografía.

Con la tendencia emergente de las carreras de ultramaratón, se ha observado un aumento de las mujeres que participan de estos eventos en los últimos años. (1) A pesar de este número creciente de participantes femeninas en distintas competiciones de alto rendimiento, la información al respecto todavía es escasa. En un trabajo realizado previamente, observamos, en un número reducido de mujeres, menor presencia de FCIE. (2) Los mecanismos implicados en la presencia o no de adaptaciones fisiológicas y FCIE todavía no están claros y se habla de una variabilidad interindividual que podría estar influenciada por el sexo femenino. El objetivo de este trabajo es analizar las diferencias observadas según el sexo en deportistas de ultramaratón en el preesfuerzo y posesfuerzo, además de realizar una revisión de las posibles hipótesis planteadas que justifiquen las diferencias encontradas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La carrera Cruce Mendoza del circuito Alto *Running* es una carrera llevada a cabo en diciembre de cada año, que parte desde Villavencio a una altura de 1800 metros sobre el nivel del mar (msnm), y se inicia con una temperatura de 17 °C y una humedad del 12%. La carrera llega a su punto más alto del recorrido a los 25 km, en la Cruz de Paramillos, a 3200 msnm con una temperatura de -8 °C, progresa hacia el valle de Uspallata, donde se recupera temperatura hasta 3 °C y se completan 55 km. Es una carrera de autoabastecimiento, por ende, el corredor se responsabiliza de su hidratación, para lo que cuenta con puestos de hidratación a los 10 km, 25 km y 35 km.

Veinticinco deportistas fueron invitados a participar del estudio; luego de la toma de consentimiento informado se recabaron los siguientes datos: factores de riesgo cardiovascular, antecedentes cardiovasculares y medicación habitual, que fueron referidos por los deportistas. Se recabaron datos acerca del tipo e intensidad de entrenamiento mediante promedio aritmético de los 6 meses previos a la carrera de los relojes deportivos (Garmin®, Tomtom®, Samsung®). Los datos recabados fueron frecuencia cardíaca de reposo (promedio automático), tiempo de entrenamiento en horas por semana (promedio de los últimos 6 meses), carga de entrenamiento en kilómetros mensual (promedio mensual de los últimos 6 meses), altimetría promedio de los entrenamientos (promedio de los entrenamientos en los últimos 6 meses), zona de frecuencia cardíaca preponderante durante los entrenamientos, zona de FC preponderante durante la carrera, consumo de oxígeno (VO₂) estimado por el reloj (solo en relojes Garmin®). Las zonas de FC se dividen según el porcentaje de FC máxima en muy suave o 1 (50% de FC máxima en muy suave o 1 (>50 y <60% de FC máxima), suave o 2 (61%-70% de FC máxima), moderada o 3 (71%-80% de FC máxima), intensa o 4 (81%-90% de la FC máxima) y muy intensa o 5 (91%-100% de la FC máxima). Otros parámetros fueron tiempo en minutos de la carrera para cada atleta, puesto, peso antes de la carrera y luego de esta, presión arterial basal y posesfuerzo inmediato, y saturación de oxígeno mediante oximetría de pulso.

Dos médicos cardiólogos ecocardiografistas realizaron todos los estudios con el mismo equipo (Vivid-i, General Electric Vingmed, Milwaukee, Wisconsin, EE. UU.). Las imágenes fueron guardadas y analizadas posteriormente con el *software* de posprocesamiento *off line*. Los diámetros del ventrículo izquierdo (VI) fueron obtenidos en 2D en el eje largo paraesternal izquierdo. El diámetro ventricular derecho fue obtenido en plano apical de 4 cámaras al nivel del anillo tricuspídeo. Se realizó Doppler pulsado en el tracto de entrada del VI al nivel del borde libre mitral para determinar presiones de llenado ventricular. Se guardó un *loop* de Doppler tisular (DTI) en eje apical de 4 cámaras, al igual que Doppler pulsado tisular en el anillo mitral septal para estimar la relación E/e'. Se realizó medición del tiempo de relajación isovolúmico del ventrículo derecho (TRIVD- valores de referencia cercano a 0 ms [3]) mediante Doppler tisular *on line* colocando el cursor del Doppler pulsado inmediato superior al anillo tricuspídeo en la pared libre del VD. El tamaño de la aurícula izquierda se determinó a través del volumen auricular indexado, realizado en 4 y 2 cámaras apical. El tamaño de la aurícula derecha se estimó mediante área en eje de 4 cámaras apical. Para estimar los parámetros de precarga y poscarga, se estimaron los volúmenes de fin de diástole y fin de sístole indexados por superficie corporal en el preesfuerzo y el posesfuerzo. Los parámetros de volumen ventricular, fracción de eyección (Fey), gasto cardíaco (GC) y SLG fueron determinados mediante detección automática de borde endomiocárdico con la menor intervención posible por el operador (*automatic functional imaging* [AFI]). Los parámetros de torsión ventricular, al igual que el *strain* de la pared libre del ventrículo derecho (SPLVd) se obtuvieron a través de *Q-analysis* en el *software* determinado para el equipo utilizado (Echo- Pac, GE Medical versión 202). El *strain* auricular izquierdo se obtuvo mediante el promedio aritmético de *strain* realizados con *Q-analysis* en eje de 4 cámaras apical y eje de 2 cámaras apical.

Veintitrés de los deportistas accedieron a participar del subestudio de laboratorio; luego del consentimiento informado se extrajeron 10 mL de sangre en el posesfuerzo inmediato. Dada la logística; el valle de Uspallata se encuentra a 120 km de la ciudad de Mendoza y los primeros corredores llegaron a la meta cerca de las 5 am, el procesamiento de las muestras se llevó a cabo en diferido. Las muestras fueron preservadas en congelador antes de su análisis. Se realizó: hemograma con contador hematológico Counter c19 plus, ionograma mediante técnica ISE indirecto, CPK, CPK-MB y ácido láctico con autoanalizador Architect c4000. No se pudieron procesar troponinas por la demora desde la extracción al procesamiento de las muestras.

Para definir fatiga cardíaca inducida por el ejercicio, consideramos el descenso en más de 5% porcentual de (SLG) para el VI y descenso de más del 5% porcentual para SPLVd para fatiga cardíaca derecha. Este parámetro se consideró de esta manera dado que utilizamos el sistema AFI, que puede presentar variaciones entre dos estudios, pero siempre inferior a 5%.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo mediante estadística convencional, análisis comparativo para muestras independientes mediante la prueba t de Student. Las variables cuantitativas se expresan como media y desviación estándar, y las variables cualitativas mediante *n* y porcentaje. Se consideró como significativo un valor *p* <0,05.

Consideraciones éticas

Todos los participantes del estudio completaron una declaración jurada con sus datos en la que acceden a la publicación anónima de los mismos.

RESULTADOS

Veinticuatro de los deportistas incluidos en el estudio completaron la carrera de 55 km (solo una de las mujeres abandonó en el kilómetro 35 por fatiga muscular). El promedio en minutos desde la finalización de la carrera hasta la evaluación de los deportistas fue de 19 ± 10 min.

El mayor porcentaje de participantes correspondía a deportistas de sexo masculino ($n = 19$) con una media de edad de 42 ± 12 años. Solo 3 de los participantes hombres presentaban factores de riesgo cardiovascular (1 hipertensión arterial y dislipemia, 1 hipertensión arterial y 1 tabaquismo). Las participantes femeninas eran más jóvenes, con una media de edad de 38 ± 4 años, pero no de manera significativa respecto de los hombres ($p = 0,5$). Ninguna presentaba factores de riesgo cardiovascular.

El promedio de años de entrenamiento en el deporte de los hombres fue de 9 ± 7 años (rango 1 a 27 años), con una carga de entrenamiento en horas por semana los últimos seis meses de $8,5 \pm 3,5$ h (rango 5 h a 20 h) y de kilómetros mensuales (promedio de los últimos seis meses) de 175 ± 53 km (rango 93 km a 280 km). La altimetría de los entrenamientos osciló entre un mínimo de 110 msnm y un máximo de 2500 msnm (media de 1250 ± 750 msnm). El promedio de años de entrenamiento de las mujeres en el deporte fue de $7,8 \pm 5$ años (rango 2 a 15 años), con una carga de entrenamiento en horas por semana los últimos seis meses de 11 ± 3 h (rango 8 h a 15 h) y de kilómetros mensuales (promedio de los últimos seis meses) de 217 ± 170 km (rango 50 km a 540 km). La altimetría de los entrenamientos osciló entre un mínimo de 800 msnm y un máximo de 2000 msnm (media de 1350 ± 388 msnm). No se observaron diferencias significativas.

Doce de los diecinueve participantes masculinos contaban con relojes diseñados para esta práctica deportiva (solo 4 estimaban VO_2 máximo). La FC de reposo promedio 57 ± 7 latidos por minuto (lpm) (rango 47 lpm a 80 lpm). La zona de FC preponderante en los entrenamientos fue zona 4, al igual que durante la carrera en el 80% de los deportistas. La media de tiempo de carrera para este grupo fue de 425 min (311 min para el primer puesto y 570 min para el último puesto).

Tres de las seis participantes mujeres contaban con relojes diseñados para esta práctica deportiva (solo 2 estimaban VO_2 máximo). La FC de reposo promedio 57 ± 7 lpm (rango 47 lpm a 70 lpm). La zona de FC preponderante en los entrenamientos fue zona 3, al igual que durante la carrera en el 100% de las deportistas. La media de tiempo de carrera para este grupo fue de 424 min (min de 356 minutos para el primer puesto y 501 min para el último puesto). (Tabla 1).

Solo se hallaron diferencias respecto a las características basales en el peso ($p = 0,001$), altura ($p = 0,001$) y superficie corporal ($p = 0,001$). Si bien tanto la FC poscarrera, como las zonas de FC durante la

carrera fueron más bajas en las deportistas femeninas esta comparación no fue significativa ($p = 0,54/0,13$).

Al analizar los parámetros ecocardiográficos basales, las competidoras femeninas presentaban mayor fracción de eyección ($p = 0,03$), menor volumen de fin de diástole indexado ($p = 0,01$), menor volumen de fin de sístole indexado ($p = 0,02$), menor diámetro de fin de diástole del VI ($p = 0,005$) y una tendencia a mayor SLG ($p = 0,08$) (Tabla 1).

Al comparar los parámetros ecocardiográficos del posesfuerzo inmediato, las competidoras femeninas presentaron menor caída de la fracción de eyección ($p = 0,001$), mayor disminución del volumen de fin de diástole indexado ($p = 0,06$), mayor disminución del volumen de fin de sístole indexado ($p = 0,003$), menor gasto cardíaco ($p = 0,02$), menor aumento del diámetro de fin de diástole del VI ($p = 0,03$), menos dilatación del VD ($p = 0,01$), menor dilatación de la aurícula derecha ($p = 0,007$), menor tiempo de relación isovolúmica del ventrículo derecho (aunque no de manera significativa $p = 0,3$), mayor SLG ($p = 0,016$) y mayor *strain* auricular izquierdo ($p < 0,005$). Esto se correlacionó con menor incidencia de fatiga cardíaca inducida por el ejercicio en las deportistas femeninas (fatiga cardíaca inducida por el ejercicio para el ventrículo derecho $p = 0,03$ y para el ventrículo izquierdo $p < 0,001$).

Al analizar los datos de laboratorio se observó menor concentración de ácido láctico en las mujeres, además de menor elevación de CPK, aunque al realizar la comparación estadística no resultó significativa ($p = 0,3/0,6$) (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La información que encontramos en la bibliografía acerca de la fatiga cardíaca inducida por el ejercicio todavía es limitada, y más en lo que respecta a las mujeres. Por ende, cómo influencia el sexo a las adaptaciones fisiológicas y al estrés inducido por la competencia, por ahora son solo hipótesis.

Mujeres y hombres presentaron características de entrenamiento similares; tanto en horas como en kilómetros, además de completar la competencia en tiempos similares. Sin embargo, observamos corazones con menor adaptación fisiológica basal, aunque con FC similares en el reposo y menores durante el esfuerzo. Concomitante con el trabajo publicado previamente, (2) las competidoras femeninas presentaron menor incidencia de fatiga cardíaca inducida por el ejercicio, a lo que se agregó, además, menor aumento del ácido láctico poscompetencia con daño muscular estimado por CPK ligeramente inferior.

Algunas de estas variaciones podrían explicarse por la intensidad con la que realizan la competencia. Si consideramos la teoría isquémica/atontamiento miocárdico (4-7) de la fatiga cardíaca interpretando que la caída del SLG es por afección de las fibras endomiocárdicas,

Parámetro	Sexo	Media	SD	P (2 colas)
Edad (años)	F	38	±4	0,547
	M	42	±12	
Peso (kg)	F	56,50	3,728	0,001
	M	76,42	12,834	
Altura (cm)	F	163,00	5,514	0,001
	M	174,74	7,023	
Superficie corporal (m ²)	F	1,5717	0,06242	<0,001
	M	1,8842	0,18216	
FC (latidos por minuto)	F	57,67	7,501	0,938
	M	57,95	7,553	
Años de entrenamiento previo	F	7,80	5,119	0,637
	M	9,29	7,069	
Carga de entrenamiento semanal (horas)	F	11,17	3,061	0,133
	M	8,58	3,639	
Carga de entrenamiento mensual (km)	F	217,67	170,976	0,317
	M	172,56	52,165	
Altimetría del entrenamiento (msnm)	F	1350,00	388,587	0,668
	M	1235,89	598,212	
Zona de FC durante los entrenamientos	F	3,5000	0,70711	0,123
	M	4,0000	0,44721	
Zona de FC durante la carrera	F	3,4000	0,54772	0,131
	M	4,0000	0,63246	
Consumo de O ₂ estimado por el reloj	F	32,33	28,042	0,267
	M	49,75	5,620	
Tiempo de la carrera (minutos)	F	424,00	62,382	0,953
	M	425,84	61,853	
FC poscarrera	F	83,17	5,345	0,541
	M	85,63	9,160	
Fey (%)	F	62,67	1,633	0,031
	M	59,88	4,106	
VFD/m ²	F	49,8333	5,07609	0,007
	M	58,8438	7,97855	
VFS/m ²	F	19,7500	2,18518	0,006
	M	24,0375	4,09176	
GC (l/min)	F	3,2000	0,77201	0,084
	M	3,9824	0,94818	
DDVI (mm)	F	44,5000	3,20936	0,005
	M	49,3529	3,29661	
Vol AI (ml/m ²)	F	35,8833	8,57681	0,453
	M	33,4471	5,99928	
DDVD (mm)	F	35,5000	3,33167	0,234
	M	38,2353	5,05630	
Área AD (cm ²)	F	15,2000	15,2000	0,006
	M	18,5059	18,5059	

Tabla 1. Características poblacionales y ecocardiograma Doppler basal

(continúa)

Parámetro	Sexo	Media	SD	P (2 colas)
TAPSE (mm)	F	27,333	2,9439	0,738
	M	27,706	2,0846	
Svi' (cm/s)	F	9,0000	2,00000	0,292
	M	10,5294	3,22331	
PSAP (mmHg)	F	26,2500	5,73730	0,513
	M	24,0000	5,61743	
E/A	F	1,0000	0,00000	0,402
	M	1,1176	0,33211	
e' (cm/s)	F	15,8333	4,02078	0,040
	M	12,4706	2,93934	
E/e'	F	5,6840	1,09192	0,658
	M	6,1529	2,22461	
Twist (°)	F	9,9400	1,70529	0,825
	M	9,5727	3,41968	
SPLVD (%)	F	27,3333	2,86403	0,950
	M	27,1429	7,03384	
SAI (%)	F	27,7500	4,78714	0,575
	M	29,2000	4,49177	
SLG (%)	F	21,2167	0,82321	0,018
	M	19,7353	1,91146	

Referencias: FC: Frecuencia cardíaca, Fey: Fracción de eyección, GC: Gasto cardíaco, DDVI: Diámetro diastólico ventricular izquierdo, VolAI: Volumen auricular izquierdo, DDVD: Diámetro diastólico ventricular derecho, ÁreaAD: Área auricular derecha, Svi: Onda S del Doppler tisular al nivel del anillo mitral, Svd: Onda S del Doppler tisular al nivel del anillo tricúspideo, Trívvd: Tiempo de relajación isovolúmico del ventrículo derecho, PSAP: Presión sistólica de la arteria pulmonar, E/A: Patrón de relajación trasmitral, e': onda e' del Doppler tisular al nivel del anillo mitral, E/e': Relación E/e', Twist: Torsión ventricular, SPLVD: *Strain* de pared libre de ventrículo derecho, SLG: *Strain* longitudinal global, VFD/m²: Volumen de fin de diástole del VI indexado a superficie corporal, VFS/m²: Volumen de fin de sístole del VI indexado a superficie corporal. SAI: *Strain* auricular izquierdo.

Tabla 2. Datos del ecocardiograma Doppler y laboratorio posesfuerzo

Parámetro	Sexo	Media	SD	P (2 colas)
Fey (%)	F	62,6667	2,50333	0,001
	M	57,6316	3,04066	
VFD/m ² (mL/m ²)	F	45,1667	4,35507	0,018
	M	51,9474	8,20890	
VFS/m ² (mL/m ²)	F	17,0000	1,78885	0,003
	M	22,7895	4,17105	
GC (L/min)	F	3,4000	0,72938	0,026
	M	4,1842	0,69463	
DDVI (mm)	F	43,6667	3,26599	0,036
	M	47,0526	3,23992	
Vol AI (mL/m ²)	F	26,3333	7,20185	0,437
	M	28,2632	4,50730	
DDVD (mm)	F	33,1667	4,16733	0,003
	M	41,2632	6,69861	
Área AD (cm ²)	F	14,4000	2,19089	0,007
	M	18,8632	3,10559	

(continúa)

(continuación)

Parámetro	Sexo	Media	SD	P (2 colas)
SVD (cm/s)	F	13,3333	2,73252	0,972
	M	13,3684	1,86221	
TRIVVD (milisegundos)	F	84,6667	33,12200	0,347
	M	100,4211	36,46965	
TAPSE (mm)	F	22,6667	3,88158	0,322
	M	24,6316	4,21914	
Svi'(cm/s)	F	10,3333	1,50555	0,495
	M	11,2632	3,14187	
PSAP (mmHg)	F	22,0000	2,89828	0,363
	M	23,8235	4,44741	
E/A	F	1,0000	0,00000	0,086
	M	1,3684	0,49559	
e' (cm/s)	F	16,3333	2,87518	0,162
	M	14,1053	3,39763	
E/e'	F	4,0000	1,00000	0,475
	M	4,5368	1,20460	
Twist (°)	F	9,6667	2,87518	0,873
	M	9,4106	3,43796	
SPLVD (%)	F	25,0000	3,39116	0,564
	M	23,2938	6,14008	
SAI (%)	F	42,3333	10,48173	0,000
	M	27,5278	6,27195	
SLG (%)	F	21,7333	2,73252	0,016
	M	18,7526	2,35381	
Hematocrito (%)	F	39,0000	3,34664	0,065
	M	41,4706	2,42687	
NA (meq/l)	F	134,0000	1,78885	0,017
	M	136,7059	2,31205	
K(meq/L)	F	5,2167	0,44008	0,951
	M	5,2059	0,33442	
Cl (meq/L)	F	99,8333	2,31661	0,020
	M	102,5882	2,29289	
CPK (U/L)	F	525,8333	491,89406	0,500
	M	651,5882	345,81354	
CPK-MB (U/L)	F	56,3333	34,33754	0,698
	M	51,5882	21,81186	
Ácido láctico (mmol/L)	F	2,6333	1,25804	0,018
	M	4,3706	1,34013	

Referencias: FC: Frecuencia cardíaca, Fey: Fracción de eyección, GC: Gasto cardíaco, DDVI: Diámetro diastólico ventricular izquierdo, VolAI: Volumen auricular izquierdo, DDVD: Diámetro diastólico ventricular derecho, ÁreaAD: Área auricular derecha, Svi: Onda S del Doppler tisular al nivel del anillo mitral, Svd: Onda S del Doppler tisular al nivel del anillo tricúspideo, Trivvd: Tiempo de relajación isovolúmico del ventrículo derecho, PSAP: Presión sistólica de la arteria pulmonar, E/A: Patrón de relajación trasmitral, e': Onda e' del Doppler tisular al nivel del anillo mitral, E/e': Relación E/e', Twist: Torsión ventricular, SPLVD: *Strain* de pared libre de ventrículo derecho, SLG: *Strain* longitudinal global, VFD/m²: Volumen de fin de diástole del VI indexado a superficie corporal, VFS/m²: Volumen de fin de sístole del VI indexado a superficie corporal, SAI: Strain auricular izquierdo, Na: Sodio (valores de referencia 135 mequ/L a 145 mequ/L), K: potasio (valores de referencia 3,5 mequ/L a 5 mequ/L), Cl: Cloro (valores de referencia 95 mequ/L a 110 mequ/L), CPK: Creatinfosfoquinasa (valores de referencia menores de H 130 U/L y M 110 U/L), CPK-MB: CPR fracción MB (valores de referencia menores de H y M 25 U/L), ácido láctico (valores de referencia menor de 1,9 mmol/L).

las más sensibles a la isquemia, lo que es secundario a la disminución del tiempo de perfusión diastólica durante largos periodos de competencia, observamos que las deportistas realizan la competencia en zonas de FC más bajas que los hombres. Esto se correlacionaría con mayor perfusión diastólica para las mujeres durante la competencia. También se ve reflejado en la menor concentración de producción de productos, como el ácido láctico.

Pero no todos los hombres presentaron FCIE y no todas las mujeres están protegidas de esta, por lo que, si bien hay una influencia asociada al sexo, deben mezclarse otros parámetros que colaboren a la protección de la FCIE.

Una teoría interesante es la propuesta por el grupo de Sanz de la Garza y otros autores (8, 9) que muestran la capacidad de algunos deportistas de reclutar *shunts* arterio-venosos anatómicos o dilatar los capilares pulmonares durante el ejercicio, demostrado mediante el pasaje de contraste (solución salina agitada) a las cavidades izquierdas sin la presencia de *shunt* intracardíaco, en el posesfuerzo inmediato. Esta capacidad es un indicador de reserva capilar pulmonar y está asociada con menor elevación de la presión arterial pulmonar y menor repercusión en el estrés parietal sobre el VD. (9) Correlaciona respecto a nuestro trabajo con el menor aumento del tiempo de relajación isovolúmico observado en las mujeres, un indicador de menor resistencia vascular pulmonar. Si bien la información es escasa, las mujeres presentan mayor presencia de *shunts* arterio-venosos, lo que explica por qué presentan menor afección del SPLVd y así menor fatiga cardíaca derecha inducida por el ejercicio.

Otro parámetro que puede colaborar con la disminución de la FCIE es la complacencia arterial, que mejoraría la resistencia vascular periférica, aminorando la carga impuesta a ambos ventrículos y aumentando la extracción de oxígeno periférico. Esta complacencia arterial se ha observado con mayor frecuencia en las mujeres luego del ejercicio, (10) lo que puede estar influenciado por el efecto vasodilatador que presentan los estrógenos (11) y la edad, dado que declina de manera inversamente proporcional a la edad. La menor presencia de FCIE, al igual que la menor producción de ácido láctico en las competidoras femeninas, podría estar influenciada por el sexo y la menor edad respecto a los competidores masculinos.

Todas las hipótesis planteadas para explicar las diferencias encontradas en las adaptaciones fisiológicas y la respuesta del corazón al posesfuerzo inmediato, como la presencia de menor FCIE en las mujeres, por ahora no tienen el sustento bibliográfico suficiente, aunque las teorías resultan muy atractivas. Es probable que la diferencia hormonal sea la responsable de muchas de estas diferencias observadas, que hacen a las mujeres

Contamos con un bajo número de competidoras femeninas, por lo que se realiza un trabajo para plantear hipótesis más que para confirmarlas.

CONCLUSIONES

En las competidoras femeninas de ultramaratón, se observa menor presencia de fatiga cardíaca inducida por el esfuerzo, además de parámetros distintos de adaptación fisiológica al esfuerzo como menor FC durante la competencia, menor elevación de la resistencia vascular pulmonar durante el esfuerzo y menor producción de ácido láctico respecto a los competidores masculinos.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflictos de intereses.

(Véase formulario de conflicto de intereses de los autores en la web / Material suplementario).

BIBLIOGRAFÍA

- Hoffman MD, Ong JC, Wang G. Historical analysis of participation in 161 km ultramarathons in North America. *Int J Hist Sport* 2010;27:1877-91. <https://doi.org/10.1080/09523367.2010.494385>
- Picco José, Wolff Sebastián, González Dávila Emanuel, Wolff David. Fatiga cardíaca en corredores de ultratrail estimado por nuevas técnicas ecocardiográficas. *Rev Argent Cardiol* 2019;87:456-61. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v87.i6.16558>
- Grignola J, Pontet J, Vallarino M, Ginés F. Características propias de las fases del ciclo cardíaco del ventrículo derecho. *Rev Esp Cardiol* 1999;52:37-42. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(99\)74863-3](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(99)74863-3)
- Starnes JW, Bowles DK. Role of exercise in the cause and prevention of cardiac dysfunction. *Exerc Sport Sci Rev* 1995 23:349-74. <https://doi.org/10.1249/00003677-199500230-00013>
- Goodman JM, McLaughlin PR, Liu PP. Left ventricular performance during prolonged exercise: absence of systolic dysfunction. *Clin Sci (Lond)* 2001;100:529-37. <https://doi.org/10.1042/cs1000529>
- Whyte GP, George K, Sharma S, Lumley S, Gates P, Prasad K, et al. Cardiac fatigue following prolonged endurance exercise of differing distances. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:1067-72. <https://doi.org/10.1097/00005768-200006000-00005>
- Paulus WJ, Shah AM. NO and cardiac diastolic function. *Cardiovasc Res* 1999; 43: 595-606. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(99\)00151-0](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(99)00151-0)
- La Gerche A, MacIsaac AI, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Voigt JU, et al. Pulmonary transit of agitated contrast is associated with enhanced pulmonary vascular reserve and right ventricular function during exercise. *J Appl Physiol* 2010; 109(5): 1307-1317. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00457.2010>
- Sanz-de la Garza M, Vaquer-Seguí A, Durán K, Blanco I, Burgos F, Alsina X, et al. Pulmonary transit of contrast during exercise is related to improved cardio-pulmonary performance in highly trained endurance athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2019 Dec 4;2047487319891779. <https://doi.org/10.1177/2047487319891779>
- Cote A, Phillips A, Foulds H, Charlesworth S, Bredin S, Burr JF, et al. Sex Differences in Cardiac Function After Prolonged Strenuous Exercise *Clin J Sport Med* 2015;25:276-283). <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000130>
- Parker TA, Dunbar Ivy D, Galan HL, Grover TR, Kinsella JP, Abman SH. Estradiol improves pulmonary hemodynamics and vascular remodeling in perinatal pulmonary hypertension. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2000; 274: 374-81. <https://doi.org/10.1152/ajplung.2000.278.2.L374>