

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



## REVISIÓN

# Efectos y alteraciones cardiovasculares provocados por la práctica de deportes de resistencia. Una revisión sistemática

Álvaro Huerta-Ojeda<sup>a,b,e,\*</sup>, Rodrigo Navarrete-Peña<sup>c</sup>, Nicolás Valenzuela-Fernández<sup>c</sup>, Sergio Galdames-Maliqueo<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Educación, Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Viña del Mar, Chile

<sup>b</sup>Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports, Chile

<sup>c</sup>Facultad de Ciencias, Magíster Medicina y Ciencias del Deporte, Universidad Mayor, Chile

<sup>d</sup>Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile

<sup>e</sup>Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte (ISAFYD), Escuela de Educación Física de la Universidad de Las Américas, Chile

Recibido el 8 de septiembre de 2016; aceptado el 19 de diciembre de 2016

### PALABRAS CLAVE

Arritmia;  
Riesgo arritmogénico;  
Entrenamiento de resistencia;  
Patología cardíaca;  
Corazón de atleta

### Resumen

La práctica de actividad física, especialmente el deporte de resistencia, produce adaptaciones cardiovasculares beneficiosas para la salud. Sin embargo, en varias investigaciones se ha reportado la presencia de algún tipo de arritmias cardíacas ventriculares o supraventriculares, lo que ha desencadenado una alerta en los profesionales que recomiendan este tipo de estímulos. Como resultado de ello, los profesionales empezaron a revisar y analizar la evidencia científica de los últimos 10 años. En la siguiente revisión sistemática se evaluaron artículos publicados entre los años 2006 y 2016 que relacionaron los deportes de resistencia con arritmias cardíacas. Se identificaron 12 artículos, que fueron agrupados según el efecto generado en el corazón (arritmias, fibrilación auricular, fibrosis cardíaca y cambios anatómicos). Debido a la alta exigencia cardíaca a que se exponen los deportistas de resistencia, existe una tendencia a la aparición de distintos tipos de arritmias.

© 2016 FC Barcelona. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: achuertao@yahoo.es (A. Huerta-Ojeda).

**KEYWORDS**

Arrhythmia;  
 Arrhythmogenic risk;  
 Endurance training;  
 Cardiac pathology;  
 Athletic heart  
 syndrome

**Cardiovascular effects and alterations from endurance sports. A systematic review****Abstract**

The practice of endurance sports provides health benefits due to cardiovascular adaptation. Nevertheless, there has been a lot of research in which patients have shown some type of ventricular cardiac arrhythmia. This has worried some professionals who have been utilising this kind of training. As a result of this, professionals have begun revising and analyzing the scientific evidence from the last ten years. This investigation was focused on the review of possible development of arrhythmias and cardiovascular alterations that endurance sports can cause. In the following systematic review, we evaluate publications that show a direct relation between endurance sports and cardiac arrhythmias from 2006 to 2016. Twelve articles were identified and then grouped by different effects on the heart. Due to the high levels of cardiac stress that endurance-trained athletes are exposed to, there is a tendency for them to show different types of arrhythmias.

© 2016 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

La práctica regular de la actividad física origina importantes beneficios para la salud y reduce los factores de riesgo, como las enfermedades cardiovasculares y la mortalidad asociada a los eventos cardíacos<sup>1</sup>. Teniendo en cuenta este presupuesto, en los últimos años la práctica de los deportes de resistencia de larga duración ha aumentado considerablemente<sup>2</sup>, con un incremento de muertes súbitas entre corredores de maratón, debido a una predisposición a generar arritmia ventricular y supraventricular<sup>3</sup>. Por otra parte, se ha descrito una asociación entre sujetos que practican deportes de resistencia y la aparición de fibrilación auricular<sup>4,5</sup>. Esta última es actualmente una de las condiciones más comunes entre los atletas y afecta del 0,4 al 1% de la población general<sup>6</sup>.

La práctica constante de deportes de resistencia, de deportes que requieren fuerza o una combinación de los mismos origina adaptaciones en todo el cuerpo<sup>7,8</sup>. A nivel cardiovascular, la adaptación más común se conoce como «corazón de atleta»<sup>9-12</sup>. Suele consistir en un remodelado cardíaco con cambios significativos de diámetro, grandes hipertrofias concéntricas y volúmenes eyectados por ambos ventrículos, mayores que en la población general. Algunos autores han reportado un alargamiento del ventrículo izquierdo<sup>9,13</sup>. Todos los factores antedichos pueden conducir al riesgo creciente de desarrollar condiciones negativas del corazón<sup>14-20</sup>. Se han sugerido diferentes mecanismos fisiopatológicos para explicar el riesgo creciente de desarrollar fibrilación auricular asociada al deporte<sup>9,21,22</sup>. Estas explicaciones implican los latidos auriculares ectópicos como la primera causa posible, y hacen referencia a los efectos de las venas pulmonares ectópicas que pueden generar fibrilación auricular paroxística<sup>3,9</sup>. Otra causa hipotética es la modulación del sistema nervioso autónomo. Se refiere al papel desempeñado por el sistema nervioso autónomo al afectar al latido del corazón, dependiendo del predominio del vago o la estimulación adrenérgica<sup>3,9</sup>. Por último, los cambios estructurales en las aurículas debidos al ejercicio han sido postulados como otra causa posible<sup>3,6,9</sup>. Otras explicaciones

posibles incluyen el sexo (hembra) y la inflamación/dilatación del corazón, aunque hay poca evidencia científica a este respecto<sup>3,6</sup>.

No ha sido posible establecer científicamente si la transformación del miocardio de individuos que practican actividad física durante largos períodos de tiempo puede ser la causa de síntomas o condiciones fisiopatológicas tales como arritmias ventriculares o fibrilación auricular<sup>1,23,24</sup>. Sin embargo, hay evidencia de que existe una relación entre hacer deporte y la aparición de arritmias o fibrilación auricular<sup>14-16</sup>, así como posibles explicaciones para esta relación<sup>3,6,9</sup>. Por lo tanto, es claro que la información existente es ambigua y apenas permite extraer conclusiones sobre este tema. El objetivo de esta revisión sistemática es, por lo tanto, revisar y analizar la evidencia científica existente, publicada en los últimos 10 años, sobre las arritmias y alteraciones cardiovasculares que pueden deberse a los deportes de resistencia.

**Material y métodos****Búsqueda bibliográfica**

Para este estudio se realizó una búsqueda minuciosa de referencias bibliográficas y fuentes electrónicas en diferentes bases de datos y motores de búsqueda. Para esta búsqueda se utilizó la combinación de palabras que se muestran en la tabla 1. La búsqueda electrónica se llevó a cabo en la Web of Science (WOS), Scopus, Sport Discus, PubMed y Medline.

La estrategia de búsqueda se dividió en cinco etapas. La primera etapa consistió en la búsqueda electrónica en las diferentes bases de datos; se identificaron 1.654 estudios, y después de eliminar todos los duplicados quedaron 742 trabajos para someter a estudio sus títulos y resúmenes. La segunda etapa consistió en revisar todos los documentos restantes, tras lo cual quedaron 38. En la tercera etapa se leyeron 38 trabajos para identificar los estudios que debían ser analizados. Después de revisar los trabajos se eliminaron 30, todos ellos porque no consistían en estudios experi-

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda mediante la selección y combinación de palabras clave

Pasos	Estrategia	WOS	Scopus	Sport Discus	PubMed	Medline
1	Maratón	2.603	3.071	12.270	1.370	1.402
2	Entrenamiento de resistencia	7.768	9.113	2.326	6.709	2.592
3	Corazón de atleta	2.702	4.532	274	2.559	226
4	#1 OR #2 OR #3	12.227	15.696	14.774	10.037	4.161
5	Arritmia	34.636	67.920	1.616	68.490	23.302
6	Fibrosis miocárdica	7.238	6.624	62	7.293	2.704
7	Riesgo arritmogénico	756	1.102	2	839	133
8	#5 OR #6 #OR #7	41.753	74.457	1.674	75.256	25.979
9	#4 AND #8	354	804	33	431	32

**Tabla 2.** Criterios de inclusión

Diseño del estudio	Experimental
Población	Hombres y mujeres adultos (entrenados y no entrenados)
Intervención	Realización de entrenamiento de resistencia
Comparador	Presentar factores de riesgo arritmogénico
Resultados	Positivo y negativo
Lenguas	Inglés y español

**Criterios de inclusión y exclusión**

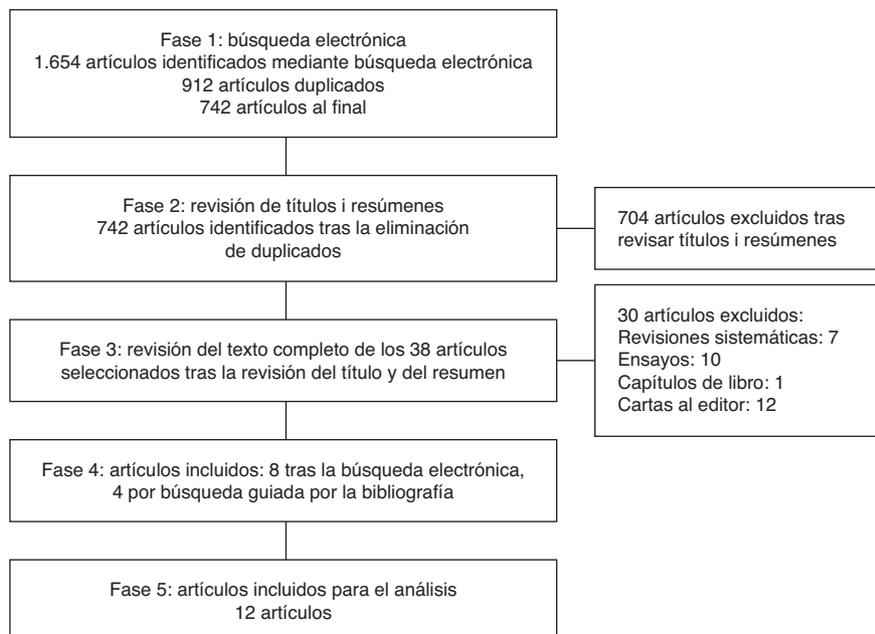
Los límites de búsqueda fueron: trabajos publicados en los últimos 10 años (enero de 2006 a enero de 2016), escritos en inglés o en español, sin ningún cribado sobre el tipo de estudio buscado.

La importancia de cada estudio fue valorada de acuerdo con los criterios de inclusión que se muestran en la tabla 2. Se excluyeron los estudios que no cumplían los criterios de inclusión. Las discrepancias surgidas fueron resueltas por consenso entre los investigadores.

**Valoración de la calidad metodológica**

La base de datos de fisioterapia basada en la evidencia (*Physiotherapy Evidence Database* [PEDro]) se utilizó para valorar la calidad de los estudios. Se clasificaron según tres criterios de selección (máximo tres estrellas), comparabilidad (máximo cinco estrellas) y resultados (máximo dos estrellas). Se consideró que los trabajos con una puntuación

mentales. La cuarta etapa consistió en buscar artículos, guiados por la bibliografía. Esta etapa incluyó cuatro nuevos estudios. Además, los revisores independientes acordaron la inclusión de estos doce artículos en la revisión sistemática (fig. 1).



**Figura 1.** Identificación de estudios de la revisión sistemática.

**Tabla 3.** Lista de artículos incluidos con su puntuación en la escala PEDro

		Selección	Comparación	Resultados	Total
1	Biffi et al. <sup>25</sup>	**	**	**	6
2	Biffi et al. <sup>26</sup>	****	**	**	8
3	Fuchs et al. <sup>27</sup>	*	**	**	5
4	Myrstad et al. <sup>28</sup>	*	**	**	5
5	Verdile et al. <sup>29</sup>	*	**	**	5
6	Matelot et al. <sup>30</sup>	*	**	**	5
7	Brugger et al. <sup>14</sup>	*	**	**	5
8	Heidbuchel et al. <sup>15</sup>	*		*	2
9	Molina et al. <sup>16</sup>	**	**	**	6
10	Lindsay i Dunn <sup>31</sup>	**	**	**	6
11	Pelliccia et al. <sup>32</sup>	*	**	**	5
12	Wilhelm et al. <sup>33</sup>	*	**	**	5

de 8 a 11 eran de alta calidad metodológica, mientras que los de 4 a 7 eran de calidad media y aquellos con menos de 4 estrellas se consideraron de baja calidad.

De acuerdo con la escala PEDro, ningún trabajo obtuvo una puntuación alta, mientras que once fueron clasificados como moderados y un estudio fue clasificado como de baja calidad (tabla 3).

## Resultados

### Adaptaciones cardíacas al entrenamiento

Se buscaron adaptaciones cardíacas como resultado de un entrenamiento deportivo de larga duración y se encontraron cambios eléctricos y anatómicos<sup>3,6,9</sup>. Los diferentes efectos que se encontraron se realizaron comparando y sintetizando los resultados. Los artículos encontrados se dividieron en tres categorías, basadas en diferentes efectos sobre el corazón, para clasificarlos y lograr el objetivo de este estudio: a) arritmia (n = 7); b) fibrilación auricular (n = 3), y c) fibrosis cardíaca, cambios cardíacos y anatómicos (n = 2) (tabla 4).

A continuación, y después de una revisión sistemática, detallada y completa de los últimos 10 años, únicamente se presentan los artículos sobre los deportes de resistencia de larga duración y sus efectos sobre el corazón.

### Arritmia (taquiarritmia, bradiarritmia y arritmia)

Esta alteración se refiere a una pérdida de ritmo cardíaco normal debido a desequilibrios en la conductividad eléctrica del corazón, dando lugar a patrones irregulares de frecuencia cardíaca (*arrythmia* / arritmia, *tachyarrythmia* / taquiarritmia o *bradyarrythmia* / bradiarritmia, ventricular y supraventricular)<sup>25</sup>. Por lo tanto, la búsqueda debe limitarse a estos términos exactos.

La investigación de Biffi et al.<sup>25</sup> estudió a 37 sujetos físicamente activos y sus niveles de entrenamiento. Fueron desentrenados y reentrenados. Al final del estudio se encontró un aumento de taquiarritmia ventricular. Sin embar-

go, este aumento se redujo un año después de haber vuelto al entrenamiento. En el año 2008<sup>26</sup> estos mismos autores realizaron un estudio en el que se seleccionó a 175 atletas de élite que habían participado activamente en maratones y que no presentaban signos ni factores de riesgo asociados a enfermedades cardiovasculares. Los investigadores compararon su comportamiento cardíaco con el de otros grupos de sujetos, cada uno con una magnitud diferente de entrenamiento. No encontraron diferencias significativas entre la masa del ventrículo izquierdo y la generación de taquiarritmia ventricular.

De modo parecido, Fuchs et al.<sup>27</sup> hallaron deportistas de élite y amateurs que presentaban arritmia durante las pruebas de esfuerzo. Al final del estudio, durante el período de seguimiento de  $70 \pm 25$  meses, todos los atletas, excepto uno con una larga historia de miocardiopatía, estaban vivos. Un estudio de Verdile et al.<sup>29</sup> monitorizó el entrenamiento y la vida deportiva de 5.011 atletas sanos durante  $7,4 \pm 5$  años. Al final del estudio se notificaron arritmias benignas que no estaban asociadas con eventos cardíacos. De la misma manera, Matelot et al.<sup>30</sup> estudiaron si el ejercicio asociado a síntomas, como la bradicardia, predispuso al desarrollo de arritmia o parada cardíaca. Compararon a deportistas con bradicardia con sujetos sedentarios, y sus resultados mostraron la asociación de cero atletas con bradicardia profunda y episodios de arritmia.

Por otra parte, Brugger et al.<sup>14</sup> valoraron el impacto de una vida de entrenamiento aeróbico en la remodelación anatómica y adaptación eléctrica en 95 atletas. Los investigadores dividieron la muestra en grupos según el tiempo de entrenamiento que habían practicado a lo largo de la vida. Al final del estudio se reportaron cambios significativos en el remodelado anatómico y adaptaciones eléctricas asociadas al tiempo que habían estado entrenando. Además, Pelliccia et al.<sup>32</sup> estudiaron la asociación entre el entrenamiento de alta intensidad y la incidencia de episodios cardíacos o disfunciones causadas por el entrenamiento de este tipo. Este estudio evaluó a 114 deportistas olímpicos que habían estado entrenando ininterrumpida e intensamente durante un largo período de tiempo. Al final del estudio no se encontró relación entre la intensidad del entre-

**Tabla 4.** Características de las publicaciones que vinculan el entrenamiento aeróbico de larga duración y sus efectos sobre el corazón

Autores	Año	Consecuencias sobre el corazón	Método	Resultados	n
Biffi et al. <sup>25</sup>	2011	Arritmia	Treinta y cuatro atletas sin anomalías cardiovasculares y con taquiarritmia ventricular frecuente y compleja fueron monitorizados durante 24 h utilizando un electrocardiógrafo Holter, en tres períodos. En primer lugar, durante un entrenamiento más intensivo, luego en un período de desentrenamiento de 3 a 6 meses y finalmente después de 2, 6 y 12 meses de reentrenamiento	Los sujetos mostraron reversibilidad parcial (101-500 CVP/24 h) o reversibilidad marcada (< 100 CVP) en arritmias después del desentrenamiento. El reentrenamiento en un primer momento originó un aumento significativo de la frecuencia de arritmias en comparación con el desentrenamiento (de 280 ± 475 a 1,54 ± 2.186 CVP; p = 0,005), pares ventriculares (0,14 ± 0,42 a 4,4 ± 8,2; p = 0,005) y taquicardia ventricular no sostenida (de 0 a 0,8 ± 1,8; p ≤ 0,02). Posteriormente se observó una reducción gradual en la frecuencia de todas las arritmias ventriculares durante un año de entrenamiento (917 ± 1.630 CVP, evento bradicárdico 1,8 ± 4,2 y 4, y TVNS 0,4 ± 1,2	37
Biffi et al. <sup>26</sup>	2008	Arritmia	Las pruebas cardiovasculares se llevaron a cabo durante el período más intenso de entrenamiento de los atletas, y fueron monitorizados durante 24 h con un electrocardiógrafo Holter, se incluyó una sesión de acondicionamiento (promedio 1 h); esta intervención consistía en hacer lo que el deportista habitualmente hacía. También se realizaron pruebas ecocardiográficas durante las sesiones de entrenamiento	Los atletas con y sin hipertrofia ventricular izquierda no difirieron respecto al número total de CVP (p = 0,58), los pares ventriculares (p = 0,3) y la TVNS (p = 0,61). Además, los atletas con CVP único aislado (n = 130) y uno con formas complejas de ectopia (multiformes de CVP, eventos bradicárdicos o TVNS forzada, n = 45) no mostraron diferencias significativas en la masa del ventrículo izquierdo (97,9 ± 21 vs 102 ± 22 g/m <sup>2</sup> ; p = 0,2)	175
Fuchs et al. <sup>27</sup>	2011	Arritmia	Inicialmente: electrocardiograma y prueba de esfuerzo (protocolo de Astrand). Luego: ecocardiograma Holter, resonancia magnética y estudio electrofisiológico	Un total de 56.462 atletas fueron sometidos a una prueba de esfuerzo en el control previo a la participación, y se identificaron 192 menores de 35 años con arritmias ventriculares durante la prueba de esfuerzo. De los 192 atletas seleccionados, 90 tuvieron 3 o más LVP (grupo A) y 102 atletas tuvieron LVP y pares ventriculares o TVNS (oscilando entre 3 y 30 latidos consecutivos) durante la prueba de esfuerzo (grupo B)	284
Myrstad et al. <sup>28</sup>	2014	Fibrilación auricular	Electrocardiograma y cuestionario	La acumulación de años de ejercicio de resistencia regular se asocia con un aumento gradual del riesgo de FA, con un OR de 1,16 (IC del 95%: 1,06-1,28) por cada 10 años de ejercicio, 1,16 (IC del 95%: 1,06-1,36) entre los esquiadores y 1,20 (IC del 95%: 1,06-1,35) entre los hombres en el <i>Oslo Health Study</i> . Ejercicio de resistencia también se asoció con un aumento gradual en el riesgo de flutter auricular. La OR para el flutter auricular por 10 años de ejercicio fue de 1,42 (IC del 95%: 1,20-1,69) y no hubo diferencia entre las dos cohortes	3.545

(cont.)

Tabla 4. (Continuación)

Autores	Año	Consecuencias sobre el corazón	Método	Resultados	n
Verdile et al. <sup>29</sup>	2015	Arritmia	Evaluación médica de rutina, reconocimiento médico, electrocardiograma y ecocardiograma bidimensional. Se realizó una prueba de esfuerzo antes de la monitorización con un Holter ambulatorio durante 24 h, resonancia magnética y señal de ecocardiograma medio en atletas seleccionados con arritmias ventriculares	De los 5.011 atletas, 367 (7,3%) presentaron $\geq 1$ LVP, incluyendo 331 con $\leq 10$ LVP y 36 (0,7%) con $> 10$ LVP y/o $\geq$ pares ventriculares. Los 331 atletas con $\leq 10$ LVP no tuvieron restricciones en los deportes de competición, y la repetición de la prueba de esfuerzo durante 3-12 meses mostró una reducción espontánea de las arritmias (de $5,2 \pm 4$ a $4 \pm 6$ LVP; $p = 0,002$ ), incluyendo 83 de los 331 (23%) cuyos LVP desaparecieron. De los otros 36 atletas que fueron inhabilitados para hacer deporte debido a la frecuencia y/o complejidad de sus arritmias, 23 mostraron una reducción de las arritmias en 3-12 meses (de $46 \pm 42$ a $28 \pm 11$ LVP, de $8 \pm 10$ a $3 \pm 3$ pares ventriculares y de $3,6 \pm 6$ a $1 \pm 1$ TVNS; $p = 0,05$ ) y fueron readmitidos para competir. De los otros 13 atletas con arritmias persistentes, seis de ellos fueron tratados con éxito de sus arritmias y se les permitió volver a su deporte de competición durante el tiempo de seguimiento de $7,4 \pm 5$ años	5.011
Matelot et al. <sup>30</sup>	2015	Arritmia	Ecocardiograma en reposo, prueba de esfuerzo máximo, test de inclinación, Holter 24 h	La bradicardia profunda en los atletas de resistencia no se asocia con aumentos en el número de incidentes de arritmias cardíacas o susceptibilidad hipotensiva en comparación con los atletas de resistencia sin bradicardia o sedentarismo	46
Brugger et al. <sup>14</sup>	2013	Arritmia	Años de entrenamiento aeróbico	No se encontraron diferencias entre grupos, edad, presión sanguínea o función diastólica. El volumen máximo de la aurícula izquierda y el índice de volumen de conducción aumentan significativamente del grupo de entrenamiento de nivel bajo al grupo de entrenamiento de alto nivel, a diferencia de los parámetros de ecografía y tinción, en el voltaje de la bomba y en el voltaje de la conducción, donde no hubo diferencias significativas. La señal promedio de la onda P aumentó del grupo de entrenamiento de bajo nivel al grupo de entrenamiento de alto nivel. Cuatro episodios de FA no sostenida se registraron en un corredor del grupo de entrenamiento de alto nivel	95
Heidbuchel et al. <sup>15</sup>	2006	Fibrilación auricular	Años de entrenamiento aeróbico	Un total de 31 (23%) pacientes practicaban regularmente deportes de resistencia antes de someterse a la ablación, y 19 de ellos (14%) continuaban su actividad deportiva regular. Una historia de actividad deportiva de resistencia es un factor de riesgo significativo después de la ablación en la fibrosis auricular (HR multivariable 1,96 [1,19-3,22], $p < 0,01$ , y HR multivariable 1,81 [1,10-2,98], $p = 0,02$ ). La actividad deportiva de resistencia continua después de la ablación también mostró una tendencia a aumentar el riesgo de desarrollar fibrosis auricular, a pesar de que la muestra era pequeña. Se ha estimado un mayor riesgo a desarrollar fibrosis auricular, un 10-11% por hora de deporte a la semana antes y después de una ablación ( $p < 0,01$ para ambos)	137

(cont.)

Tabla 4. (Continuación)

Autores	Año	Consecuencias sobre el corazón	Método	Resultados	n
Molina et al. <sup>16</sup>	2008	Fibrilación auricular	Años de entrenamiento aeróbico	El grupo de corredores de maratón mostró un mayor riesgo de presentar FA aislada (HR: 7,38, IC del 95%: 1,10-49,63; p = 0,040)	557
Lindsay y Dunn <sup>31</sup>	2007	Fibrosis cardíaca y cambios anatómicos	Estudio ecocardiográfico de la masa ventricular izquierda, función sistólica y diastólica. Colágeno tipo 1 carboxilo-terminal propéptido (1CCTP), colágeno tipo 1 carboxilo-terminal telopéptido (1CCTT), y matriz tipo 1 metaloproteinasas (MT1M) se midieron como síntesis de colágeno, degradación y marcadores de inhibición de la degradación, respectivamente	Los deportistas veteranos tenían dimensiones significativamente mayores del ventrículo izquierdo y el índice de masa calculado (IMCVI). Las funciones diastólica y sistólica fueron normales. 1CCTP (259 vs 166 µg/l; p > 0,001), 1CCTT (5,4 vs 2,9 µg/l; p = 0,001) y MT1M (350 vs 253 ng/ml; p = 0,01) fue mayor en deportistas. MT1M fue mayor en deportistas con hipertrofia del ventrículo izquierdo	90
Pelliccia et al. <sup>32</sup>	2010	Arritmia	Entrenamiento de resistencia intenso ininterrumpido durante un largo periodo de tiempo	Durante el período de entrenamiento y competición no hubo ningún episodio cardíaco ni ningún nuevo diagnóstico de cardiomiopatía en los 114 atletas olímpicos. El funcionamiento sistólico global del ventrículo izquierdo permaneció sin cambios (fracción de eyección: 62 ± 5 a 63 ± 5%). El volumen del ventrículo izquierdo (142 ± 26 a 144 ± 25 ml; p = 0,52) y el índice de masa del ventrículo izquierdo (109 ± 21 a 110 ± 22 g/m <sup>2</sup> ; p = 0,74) permanecieron sin cambios y los patrones de llenado del ventrículo izquierdo permanecieron dentro de los límites normales, aunque hubo un ligero aumento en el tamaño del ventrículo izquierdo (37,8 ± 3,7 a 38,9 ± 3,2 mm; p < 0,001)	114
Wilhelm et al. <sup>33</sup>	2012	Fibrosis cardíaca y cambios anatómicos	Sujetos que habían corrido maratones	El grupo 2 mostró un aumento significativo del ventrículo izquierdo concéntrico en comparación con los atletas en general. No hubo diferencias significativas entre los grupos en términos de la función diastólica y sistólica del ventrículo derecho	122

1CCTP: colágeno tipo 1 carboxilo terminal propéptido; 1CCTT: colágeno tipo 1 carboxilo-terminal telopéptido; CVP: complejo ventricular prematuro; FA: fibrilación auricular; HR: azar ratio; IMCVI: índice de masa calculado del ventrículo izquierdo; LVP: latido ventricular prematuro; MT1M: matriz tipo 1 metaloproteinasas; TVNS: taquiarritmia ventricular no sostenida.

namiento y la aparición de episodios cardíacos o disfunción ventricular.

### Fibrilación auricular

La fibrilación auricular es una arritmia común y, como tal, debe incluirse en la categoría anterior. Sin embargo, dada la gran cantidad de datos encontrados durante la revisión de este tema como una materia aparte, se tomó la decisión de crear su propia subcategoría para permitir examinar de

la mejor manera posible los mecanismos físico-patológicos desarrollados por el ejercicio crónico. La fibrilación auricular se refiere a la condición en que el latido es más rápido de lo normal y a menudo provoca un suministro deficiente de sangre<sup>14-16</sup>.

Myrstad et al.<sup>28</sup> evaluaron a 3.545 sujetos y los dividieron en tres grupos según el tiempo que habían estado entrenando en deportes de resistencia. Se buscó una asociación entre la duración del entrenamiento y el riesgo de desarrollar fibrilación auricular. Este estudio halló un aumento gradual

en el riesgo de desarrollar fibrilación auricular acompañada de soplo cardíaco. De modo similar, Heidbuchel et al.<sup>15</sup> estudiaron a 137 sujetos voluntarios que fueron evaluados según el tiempo que habían estado entrenando en deportes de resistencia para observar la relación de este tipo de entrenamiento con el riesgo de desarrollar fibrilación auricular. Este estudio demostró que existe una asociación entre la duración del tiempo de entrenamiento y el mayor riesgo de desarrollar fibrilación auricular. Por otra parte, Molina et al.<sup>16</sup> estudiaron el comportamiento deportivo de 252 hombres para buscar una asociación entre la duración del entrenamiento y el mayor riesgo de desarrollar fibrilación auricular, en comparación con un grupo de sujetos sanos sedentarios. Este estudio encontró un mayor riesgo de desarrollar fibrilación auricular en sujetos que practican deportes de larga duración como el maratón.

### Fibrosis cardíaca y cambios anatómicos

La fibrosis cardíaca se refiere a la inflamación endomiocárdica con engrosamiento fibrótico de partes del corazón<sup>31</sup>. Por otra parte, los cambios anatómicos son intrínsecos al deporte y se conocen como «corazón de atleta»<sup>9,26</sup>.

Lindsay y Dunn<sup>31</sup> examinaron a 90 sujetos de manera no invasiva para detectar la presencia de fibrosis cardíaca (tabla 4), comparando grupos de atletas veteranos con sujetos sanos sedentarios. Encontraron diferencias significativas entre estos dos grupos con respecto a la presencia de fibrosis cardíaca. Por otro lado, Wilhelm et al.<sup>33</sup> compararon un grupo de corredores de maratón con un grupo de sujetos físicamente activos que no corrían ni competían en carreras de maratón. El objetivo fue detectar el impacto del funcionamiento en la remodelación cardíaca. Al final del estudio los investigadores encontraron un aumento concéntrico en el ventrículo izquierdo en el grupo de corredores de maratón, aunque sin alteración de la presión diastólica o sistólica.

### Discusión

En relación con el objetivo de esta revisión, la gran mayoría de los trabajos encontrados mostraron el desarrollo de arritmias ventriculares asociadas a la práctica prolongada de deportes de resistencia<sup>14-16,25,26,28-37</sup>. En segundo lugar, se encontraron diferentes tipos de arritmia ventricular y supraventricular (taquiarritmia)<sup>25,26,29,31</sup>, bradiarritmia<sup>30,38</sup>, fibrilación auricular<sup>14-16,28,39</sup> y arritmia<sup>25,28,30,33,40</sup>. Finalmente, se encontró fibrosis cardíaca<sup>31</sup>, así como cambios anatómicos en el corazón<sup>14,25,26,30,33,41</sup>.

Aunque los estudios que asocian la arritmia con el ejercicio de resistencia pueden dividirse en tres categorías, pocos de ellos se han centrado únicamente en los corredores<sup>14,16,31,33</sup>. Muchos estudios abarcan los deportes de resistencia en general o una amplia gama de deportes sin diferenciar entre sus tipos<sup>15,26,28,29,32</sup>. Además, la evaluación de los cambios y el daño morfológicos requiere un gran número de herramientas para hacerlos visibles<sup>14,25,26,29-33</sup>.

Nueve de los 12 estudios consultados determinan el efecto crónico del ejercicio de larga duración sobre la arritmia, es decir, la duración del ejercicio que conduce a la aparición de diferentes tipos de arritmia<sup>14,16,26,28,29,31,33</sup>. De estos

nueve estudios, solo cuatro se centraron en maratonianos y corredores<sup>14,16,31,33</sup>. Dos estudiaron una amplia gama de deportes (baloncesto, fútbol, esquí, carrera, etc.)<sup>15,32</sup> y tres estudiaron deportes distintos de correr<sup>26,28,29</sup>. Los otros tres estudios se centraron en los efectos agudos del desentrenamiento y reentrenamiento<sup>25</sup>, el seguimiento de atletas con arritmias ventriculares<sup>27</sup> y la relación entre bradicardia y un aumento de la arritmia ventricular<sup>30</sup>.

Después de la revisión sistemática también es importante afirmar que la mayoría de los trabajos evalúa los efectos y las consecuencias de la práctica de este deporte durante años, mientras que un solo trabajo fue un estudio longitudinal. Este estudio observó cómo se comportaron y sintieron durante un cierto período de tiempo los sujetos con arritmia auricular o ventricular<sup>27</sup>.

En relación con el objetivo secundario de esta revisión, se encontró que la mayoría de los trabajos estudiados no mencionaban problemas o limitaciones al entrenar o competir. Sin embargo, un artículo que llevó a cabo el seguimiento de una gran población de atletas informa que un sujeto murió debido a una larga historia de cardiomiopatía. Sin embargo, todos los sujetos vivían durante el período de seguimiento (70 ± 25 meses)<sup>27</sup>. Un estudio que evaluó a 367 atletas halló que 36 de ellos fueron excluidos temporalmente de competir por la frecuencia y la complejidad de su arritmia. Pero en este grupo de atletas excluidos, 23 de ellos disminuyeron esta dificultad y frecuencia durante un período de 3 a 12 meses a un nivel aceptable que les permitió volver a competir. Por otro lado, de los 13 atletas restantes que todavía estaban en un rango peligroso, seis fueron tratados con éxito y, por lo tanto, se les permitió volver a la competición<sup>29</sup>.

Cuatro de los trabajos estudiados indican que el rango de adaptaciones que se presentan debido a la práctica constante del ejercicio de resistencia no causa limitaciones en los atletas y que no se detectó tal limitación<sup>14,16,25,32</sup>. Uno de los trabajos investigó el efecto del desentrenamiento y luego el reentrenamiento de sujetos con arritmia ventricular, y se encontró que en el momento de cesar el entrenamiento se produjo una reducción de la arritmia ventricular y que, al reanudarse el entrenamiento, aumentó a un nivel aún más alto que al principio. Sin embargo, después de un año de entrenamiento los niveles disminuyeron en comparación con el estado basal<sup>25</sup>.

Por otro lado, algunos estudios se refieren a los daños y a las posibles consecuencias de la práctica sistemática del ejercicio de resistencia<sup>16,28</sup>. Sin embargo, en este caso no hay un seguimiento prolongado de los atletas que observe su comportamiento a lo largo de los años de entrenamiento y competición.

### Conclusión

Según la revisión bibliográfica, hay evidencia que demuestra que la práctica sistemática de deportes de resistencia origina una serie de adaptaciones estructurales y morfológicas del músculo cardíaco. Más específicamente, existen pruebas que demuestran cambios nocivos y adaptaciones en deportistas. Sin embargo, todavía es relativamente poco claro, debido a la falta de evidencia científica, si estos

cambios tienden a ocurrir en los deportes de resistencia en general.

Debido a esta consideración, se precisa investigar más después de las competiciones. Esto permitiría conocer los mecanismos que causan posibles adaptaciones y/o alteraciones negativas en los deportistas. A consecuencia de ello, una alternativa para prevenir los riesgos de salud y calidad de vida consiste en realizar seguimientos a largo plazo a estos deportistas para analizar la complejidad, las limitaciones y restricciones que pueden causar efectos negativos o alteraciones a nivel cardiovascular, debido a la participación en deportes de resistencia.

## Aplicaciones prácticas

En términos prácticos, el ejercicio sistemático de larga duración es una forma de mejorar la salud y el rendimiento de la competición. Sin embargo, hay que tener en cuenta algunos factores.

Aunque los estudios no demuestran que surgen complicaciones mayores en sujetos entrenados con arritmia ventricular, para determinar si deben continuar entrenando o compitiendo podemos utilizar directrices como las *Italian cardiological guidelines...*<sup>42</sup>, que ofrecen rangos en los que considerar si los atletas deben hacerlo o no. En este caso solo son aceptados los sujetos con 10 o menos latidos ventriculares prematuros.

Se puede utilizar un Holter de 24 horas para visualizar el electrocardiograma del sujeto, lo que permitirá monitorizar y cuantificar el grado de complejidad y frecuencia de la arritmia ventricular. Los estudios electrofisiológicos también nos permiten estudiar la patología eléctrica o electrofisiológica de los individuos.

Por último, y con el objetivo de observar cómo se adaptan y las consecuencias de la práctica sistemática, se invitó a los investigadores a determinar grupos de actividades similares, para luego llevar a cabo un seguimiento prolongado de los atletas.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Mont L. Arrhythmias and sport practice. *Heart*. 2010;96:398-405.
- Sanchez LD, Pereira J, Berkoff DJ. The evaluation of cardiac complaints in marathon runners. *J Emerg Med*. 2009;36:368-76.
- Wilhelm M. Atrial fibrillation in endurance athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2014;21:1040-8.
- Graff-Iversen S, Gjesdal K, Jugessur A, Myrstad M, Nystad W, Selmer R, et al. Atrial fibrillation, physical activity and endurance training. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2012;132:295-9.
- Antero-Jacquemin J, Desgorges FD, Dor F, Sedeaud A, Haïda A, LeVan P, et al. Row for your life: A century of mortality follow-up of French Olympic rowers. *PLoS One*. 2014;9:e113362.
- Calvo N, Mont L. Endurance sport practice and atrial fibrillation. *J Atrial Fibrillation*. 2010;2:762-9.
- Alcaraz PE, Perez-Gomez JF, Chavarrias M, Blazevich AJ. Similarity in adaptations to high-endurance circuit vs. traditional strength training in endurance-trained men. *J Strength Cond Res*. 2011;25:2519-27.
- Wehrens XHT, Chiang DY, Li N. Chronic exercise: A contributing factor to atrial fibrillation? *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:78-80.
- Bisbal F, Mont L. Arrhythmias in the athlete. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2012;23:76-81.
- Heidbuchel H, La Gerche A. The right heart in athletes: Evidence for exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2012;23:82-6.
- Kindermann W, Corrado D, Scharhag J. The right heart in athletes. Do we really have sufficient evidence for exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy? *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2012;23:144-5.
- Harrington M. The heart of an endurance athlete. *Lab Anim (NY)*. 2014;43:223.
- Attenhofer Jost CH, Jenni R. Cardiac impact of long-term endurance training: Negligible or negative? *Cardiology*. 2009;112:232-3.
- Brugger N, Krause R, Carlen F, Rimensberger C, Hille R, Steck H, et al. Effect of lifetime endurance training on left atrial mechanical function and on the risk of atrial fibrillation. *Int J Cardiol*. 2014;170:419-25.
- Heidbuchel H, Anné W, Willems R, Adriaenssens B, van de Werf F, Ector H. Endurance sports is a risk factor for atrial fibrillation after ablation for atrial flutter. *Int J Cardiol*. 2006;107:67-72.
- Molina L, Mont LF, Marrugat JF, Berrueto AF, Brugada JF, Bruguera JF, et al. Long-term endurance sport practice increases the incidence of lone atrial fibrillation in men: A follow-up study. *Europace*. 2008;10:618-23.
- Basso C, Corrado D, Thiene G. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy in athletes: Diagnosis, management, and recommendations for sport activity. *Cardiol Clin*. 2007;25:415-22.
- Ector J, Heidbuchel H. Arrhythmias and the athlete: Mechanisms and clinical significance: Reply. *Eur Heart J*. 2007;28:1401.
- Giada F, Barold SS, Biffi A, de Piccoli B, Delise P, el-Sherif N, et al. Sport and arrhythmias: Summary of an international symposium. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007;14:707-14.
- Giada F, Biffi A, Cannom DS, Cappato R, Capucci A, Corrado D, et al. Sports and arrhythmias: A report of the International Workshop Venice Arrhythmias 2009. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010;17:607-12.
- Sharma S, Papadakis M, Whyte G. Chronic ultra-endurance exercise: Implications in arrhythmogenic substrates in previously normal hearts. *Heart*. 2010;96:1255-6.
- Sharma S, Zaidi A. Exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: Fact or fallacy? *Eur Heart J*. 2012;33:938-40.
- Hodkinson EC, Aston K, Walsh SJ. Left bundle branch block morphology ventricular tachycardia in a marathon runner. *Ulsster Med J*. 2012;81:130-3.
- Israel C. Sport and heart arrhythmia: Something new is exciting! *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*. 2012;23:64.
- Biffi A, Maron BJ, Culasso F, Verdile L, Fernando F, di Giacinto B, et al. Patterns of ventricular tachyarrhythmias associated with training, deconditioning and retraining in elite athletes without cardiovascular abnormalities. *Am J Cardiol*. 2011;107:697-703.
- Biffi A, Maron BJ, di Giacinto B, Porcaccia P, Verdile L, Fernando F, et al. Relation between training-induced left ventricular hypertrophy and risk for ventricular tachyarrhythmias in elite athletes. *Am J Cardiol*. 2008;101:1792-5.
- Fuchs T, Torjman A, Galitzkaya L, Leitman M, Pilz-Burstein R. The clinical significance of ventricular arrhythmias during an

- exercise test in non-competitive and competitive athletes. *Isr Med Assoc J.* 2011;13:735-9.
28. Myrstad M, Nystad W, Graff-Iversen S, Thelle DS, Stigum H, Aaronaes M, et al. Effect of years of endurance exercise on risk of atrial fibrillation and atrial flutter. *Am J Cardiol.* 2014;114:1229-33.
  29. Verdile L, Maron BJ, Pelliccia A, Spataro A, Santini M, Biffi A. Clinical significance of exercise-induced ventricular tachyarrhythmias in trained athletes without cardiovascular abnormalities. *Heart Rhythm.* 2015;12:78-85.
  30. Matelot D, Schnell F, Khodor N, Endjah N, Kervio G, Carrault G, et al. Does deep bradycardia increase the risk of arrhythmias and syncope in endurance athletes? *Int J Sports Med.* 2016.
  31. Lindsay MM, Dunn FG. Biochemical evidence of myocardial fibrosis in veteran endurance athletes. *Br J Sports Med.* 2007;41:447-52.
  32. Pelliccia A, Kinoshita NF, Pisicchio CF, Quattrini F, Dipaolo F, Ciardo R, di Giacinto B, et al. Long-term clinical consequences of intense, uninterrupted endurance training in Olympic athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:1619-25.
  33. Wilhelm M, Roten LF, Tanner HF, Schmid JP, Wilhelm I, Saner H. Long-term cardiac remodelling and arrhythmias in nonelite marathon runners. *Am J Cardiol.* 2012;110:129-35.
  34. La Gerche A, Heidbuchel H. Exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: Seek and you will find. *Card Electrophysiol Clin.* 2013;5:97-105.
  35. Olshansky B, Sullivan R. Increased prevalence of atrial fibrillation in the endurance athlete: Potential mechanisms and sport specificity. *Physician Sports Med.* 2014;42:45-51.
  36. Zaidi A, Sharma S. Arrhythmogenic right ventricular remodeling in endurance athletes: Pandora's box or Achilles' heel? *Eur Heart J.* 2015;36:1955-7.
  37. Sawant AC, Calkins H. Relationship between arrhythmogenic right ventricular dysplasia and exercise. *Card Electrophysiol Clin.* 2015;7:195-206.
  38. Stein R, da Silveira AD. Bradyarrhythmias: How slow is too slow in the athlete? *Card Electrophysiol Clin.* 2013;5:107-14.
  39. Thompson PD. Physical fitness, physical activity, Exercise training, and atrial fibrillation first the good news, then the bad. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66:997-9.
  40. La Gerche A. Defining the interaction between exercise and arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail.* 2015;17:128-31.
  41. Zaidi A, Sharma S. Erratum exercise and heart disease: From athletes and arrhythmias to hypertrophic cardiomyopathy and congenital heart disease. *Future Cardiol.* 2013;9:292.
  42. Biffi A, Delise PF, Zeppilli PF, Giada FF, Pelliccia AF, Penco MF, et al. Italian cardiological guidelines for sports eligibility in athletes with heart disease: Part 1. *J Cardiovasc Med.* 2013;14:516-7.