

Artículo original

Dilatación de la aurícula izquierda en deportistas de alta competición y electrofisiología auricular



Cristian Herrera^{a,b}, Vanesa Bruña^{b,c}, Agustí Comella^d, Alejandro de la Rosa^e, Leonel Díaz-González^f, Martín Ruiz-Ortiz^g, Juan Lacalzada-Almeida^h, Alejandro Lucía^{i,j}, Araceli Boraita^k, Antonio Bayés-de-Luna^l y Manuel Martínez-Sellés^{a,b,m,n,*}

^aServicio de Cardiología, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

^bCentro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

^cServicio de Cardiología, Hospital Universitario 12 de Octubre, Madrid, España

^dLaboratorio de Fisiología del Ejercicio de Bayés Sport, Grupo de Investigación en Metodología, Métodos, Modelos y Resultados (M3O) de la Universidad de Vic-Universidad Central de Catalunya, Vic, Barcelona, España

^eServicio de Cardiología, Hospital Hspiten Rambla, Santa Cruz de Tenerife, España

^fServicio de Cardiología, Clínica CEMTRO, Madrid, España

^gServicio de Cardiología, Hospital Universitario Reina Sofía, Córdoba, España

^hLaboratorio de Imagen Cardíaca, Servicio de Cardiología, Hospital Universitario de Canarias, La Laguna, Tenerife, España

ⁱFacultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad Europea, Madrid, España

^jLaboratorio de Actividad Física y Salud, Instituto de Investigación Hospital 12 de Octubre, Madrid, España

^kServicio de Cardiología, Centro de Medicina del Deporte, Madrid, España

^lFundación de Investigación Cardiovascular, ICCV-Instituto de Investigación, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España

^mFacultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud, Universidad Europea, Madrid, España

ⁿFacultad de Medicina, Universidad Complutense, Madrid, España

Historia del artículo:

Recibido el 14 de enero de 2021

Aceptado el 31 de mayo de 2021

On-line el 22 de junio de 2021

Palabras clave:

Bloqueo interauricular

Deportista

Dilatación de la aurícula izquierda

Onda P

RESUMEN

Introducción y objetivos: Existe poca información sobre la dilatación de la aurícula izquierda (AI) y los parámetros electrocardiográficos en deportistas.

Métodos: Estudio observacional multicéntrico en deportistas de competición y controles. La dilatación de la AI se definió como un volumen indexado por área de superficie corporal ≥ 34 ml/m². Se estudió su relación con parámetros electrocardiográficos auriculares.

Resultados: Se incluyó en total a 356 sujetos: 308 deportistas de competición (media de edad, $36,4 \pm 11,6$ años) y 48 controles ($49,3 \pm 16,1$ años). Los deportistas de competición tenían un mayor volumen medio indexado de la AI ($29,8 \pm 8,6$ frente a $25,6 \pm 8,0$ ml/m²; $p = 0,006$) y una mayor prevalencia de dilatación de la AI (113 [36,7%] frente a 5 [10,4%]; $p < 0,001$), sin diferencias relevantes en cuanto a la duración de la onda P ($106,3 \pm 12,5$ frente a $108,2 \pm 7,7$ ms; $p = 0,31$), la prevalencia de bloqueo interauricular (40 [13,0%] frente a 4 [8,3%]; $p = 0,36$) ni la puntuación *Morphology-Voltage-P-wave duration* ($1,8 \pm 0,84$ frente a $1,5 \pm 0,8$; $p = 0,71$). El entrenamiento competitivo se asoció de manera independiente con la dilatación de la AI (OR = 14,7; IC95%, 4,7–44,0; $p < 0,001$), pero no con la duración de la onda P (OR = 1,02; IC95%, 0,99–1,04), el bloqueo interauricular (OR = 1,4; IC95%, 0,7–3,1) o la puntuación *Morphology-Voltage-P-wave duration* (OR = 1,4; IC95%, 0,9–2,2).

Conclusiones: La dilatación de la AI es frecuente en deportistas de competición, pero no se acompaña de una modificación relevante en los parámetros electrocardiográficos.

© 2021 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Left atrial enlargement in competitive athletes and atrial electrophysiology

ABSTRACT

Introduction and objectives: There are scarce data on left atrial (LA) enlargement and electrophysiological features in athletes.

Methods: Multicenter observational study in competitive athletes and controls. LA enlargement was defined as LA volume indexed to body surface area ≥ 34 mL/m². We analyzed its relationship with atrial electrocardiography parameters.

Results: We included 356 participants, 308 athletes (mean age: 36.4 ± 11.6 years) and 48 controls (mean age: 49.3 ± 16.1 years). Compared with controls, athletes had a higher mean LA volume index (29.8 ± 8.6 vs 25.6 ± 8.0 mL/m², $P = .006$) and a higher prevalence of LA enlargement (113 [36.7%] vs 5 [10.4%], $P < .001$), but there were no relevant differences in P-wave duration (106.3 ± 12.5 ms vs 108.2 ± 7.7 ms; $P = .31$), the

Keywords:

Interatrial block

Athlete

Left atrial enlargement

P-wave

* Autor para correspondencia: Servicio de Cardiología, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Dr. Esquerdo 46, 28007 Madrid, España.
Correo electrónico: mmsselles@secardiologia.es (M. Martínez-Sellés).

prevalence of interatrial block (40 [13.0%] vs 4 [8.3%]; $P = .36$), or morphology-voltage-P-wave duration score (1.8 ± 0.84 vs 1.5 ± 0.8 ; $P = .71$). Competitive training was independently associated with LA enlargement (OR, 14.7; 95%CI, 4.7–44.0; $P < .001$) but not with P-wave duration (OR, 1.02; 95%CI, 0.99–1.04), IAB (OR, 1.4; 95%CI, 0.7–3.1), or with morphology-voltage-P-wave duration score (OR, 1.4; 95%CI, 0.9–2.2).

Conclusions: LA enlargement is common in adult competitive athletes but is not accompanied by a significant modification in electrocardiographic parameters.

© 2021 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Abreviaturas

AI: aurícula izquierda
BIA: bloqueo interauricular
ECG: electrocardiograma
MVP: *Morphology-Voltage-P-wave duration*
ViAI: volumen de la aurícula izquierda indexado por área de superficie corporal

INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico es beneficioso, pero si se realiza de forma intensiva, puede inducir un remodelado cardíaco potencialmente deletéreo¹. Entre las características que definen el «corazón de atleta»^{2,3}, se encuentra la dilatación de las cámaras cardíacas⁴. La dilatación de la aurícula izquierda (AI) en atletas de competición se puede considerar un mecanismo adaptativo, que no es secundario a un aumento de las presiones de llenado del ventrículo izquierdo ni a valvulopatía mitral⁵. Sin embargo, existe una clara asociación entre la dilatación de la AI y una mayor tasa de eventos cardiovasculares, incluso en sujetos sin taquiarritmias supraventriculares ni enfermedad valvular^{6,7}. Estudios recientes han analizado los riesgos que puede entrañar la dilatación de la AI en deportistas, principalmente debido a la posible predisposición a la fibrilación auricular⁸.

La ecocardiografía es el método utilizado más ampliamente para evaluar el volumen de la AI⁹, y el volumen de la AI indexado por área de superficie corporal (ViAI) ha mostrado valor pronóstico¹⁰. Estudios previos han indicado una pobre correlación entre los índices electrocardiográficos de la onda P y el tamaño de la AI en la población general¹¹. La relación entre la dilatación de la AI y las características de la electrofisiología auricular no se ha analizado en deportistas de competición, un grupo en el que no está claro cuál es el límite superior para definir el tamaño normal de la AI^{4,5}. Nuestro objetivo es analizar la dilatación de la AI, la duración de la onda P y el bloqueo interauricular (BIA) en deportistas de alta competición.

MÉTODOS

ALMUDAINA (Análisis y Lectura de Mediciones Uniformes de Dilatación Auricular Izquierda Notificadas en Atletas) es un estudio observacional retrospectivo de ámbito nacional en el que han participado 9 centros de nuestro país. El periodo de estudio comprendió de enero a septiembre de 2020. Los individuos que reunían las condiciones para participar en el estudio tenían una edad ≥ 16 años y se debía disponer de un electrocardiograma (ECG) digitalizado y un ecocardiograma transtorácico realizados el mismo día. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: a) cardiopatía isquémica, valvulopatía moderada o grave, fracción de eyección del ventrículo izquierdo $< 50\%$ o miocardiopatía

primaria conocida (hipertrófica, dilatada, arritmogénica o no compactada); b) arritmias relevantes; c) dispositivos cardíacos implantados; d) ausencia de ondas P medibles en el ECG de superficie; e) mala ventana transtorácica; f) anomalías y deformidades de la pared torácica, y g) enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Se seleccionaron los casos que cumplían la definición de consenso de atleta de competición (aquel que practica un deporte individual o de equipo que requiere una competición regular contra otros deportistas, otorga una gran importancia a la excelencia y el éxito y exige un entrenamiento sistemático y generalmente de intensidad)^{12,13} en deportes de habilidad, potencia, de resistencia o mixtos, a nivel nacional o internacional.

Los controles seleccionados fueron individuos que no participaban en deportes de competición (aunque sí de forma recreativa) y no realizaban programas de entrenamiento regular.

Se obtuvo un ECG de superficie de 12 derivaciones en reposo de cada sujeto de acuerdo con los estándares establecidos (25 mm/s y 10 mm/mV), con una amplitud de filtrado de 0,05–150 Hz y filtro de 50 Hz. Se analizaron los siguientes parámetros de la onda P: a) duración; b) voltaje en la derivación I, y c) la puntuación MVP (*Morphology-Voltage-P-wave duration*) de la onda P¹⁴. Se analizó la presencia de BIA, tanto parcial (definido por una duración de la onda P ≥ 120 ms, con una polaridad positiva en las derivaciones inferiores) como avanzado (duración de la onda P ≥ 120 ms con una morfología bifásica $[\pm]$ en derivaciones inferiores)¹⁵. La puntuación MVP es una escala de riesgo que puede ayudar a predecir la aparición de fibrilación auricular *de novo*, y se calcula asignando puntos según la morfología de la onda P en las derivaciones inferiores (0–2), su voltaje en la derivación I (0–2) y su duración (0–2)¹⁴. La duración de la onda P se midió manualmente en un laboratorio central utilizando el *software* GeoGebra 4.2 después de amplificar el tamaño original del ECG por un factor de 20. Todas las mediciones se realizaron por un observador cegado a los datos clínicos y ecocardiográficos de los sujetos y, en caso de duda, se consultó a un segundo observador experto.

Los ecocardiogramas transtorácicos Doppler bidimensionales se analizaron por ecocardiografistas experimentados y adquiridos de acuerdo con las directrices de la *American Society of Echocardiography*/European Association of Cardiovascular para la cuantificación de las cámaras cardíacas⁹. El tamaño de la AI se cuantificó en telesístole con las siguientes medidas promediadas después de 3 ciclos consecutivos: a) diámetro anteroposterior de la AI (plano paraesternal del eje largo); b) área de la AI (plano apical de 4 cámaras), y c) volumen de la AI (en planos apical de 2 y 4 cámaras, mediante el método de disco biplano modificado). El volumen de la AI se indexó por el área de superficie corporal para obtener el ViAI. Un ViAI ≥ 34 ml/m² definió la dilatación de la AI^{9,16}. En los casos en que no se pudo calcular el ViAI, se empleó el criterio de área de la AI (≥ 20 cm²) para definir la dilatación de la AI⁹. La dilatación de la aurícula derecha se definió con el criterio de área (> 18 cm²) o volumen indexado (25 ml/m²).

Se registraron las características clínicas basales de todos los participantes: la edad, el peso, la estatura, los factores de riesgo cardiovascular, las comorbilidades, la historia familiar de muerte

súbita y el tratamiento farmacológico. La presión arterial se midió con dispositivos automáticos después de un periodo en reposo de 5 min.

Este estudio cumplió con la Declaración de Helsinki y se aprobó por el Comité de Ética local del hospital coordinador. Al tratarse de un estudio estrictamente observacional, descriptivo y de carácter retrospectivo, en el que ningún participante se sometió a intervención alguna, el Comité de Ética concedió la exención del consentimiento informado.

Análisis estadístico

Las variables categóricas se expresan como frecuencias y porcentajes. Las variables continuas se presentan como media $\pm$ desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico] si no siguieron una distribución normal. Se utilizó la prueba de la χ^2 para la comparación de variables categóricas y la prueba de la t de Student o la prueba de Kruskal-Wallis o de *analysis of variance* (ANOVA) para la comparación de variables continuas. Mediante regresión logística multivariante, se analizó la relación entre el entrenamiento competitivo y la presencia de dilatación de la AI y los índices de electrocardiografía auricular. Todas las variables se ingresaron inicialmente en el modelo y la selección se realizó mediante la técnica de regresión escalonada hacia atrás (*backward selection-stepwise regression*). Para estudiar la asociación de la dilatación de la AI con la práctica de deporte competitivo se realizó también un ajuste por puntuación de propensión. Para ello se recodificaron las variables numéricas y los valores perdidos para no perder tamaño muestral. El modelo logístico para predecir entre casos y controles mostró una calibración (Hosmer-Lemeshow, $p = 0,549$) y una discriminación (área bajo la curva *receiver operating characteristic* [ROC], 0,891) adecuadas. Todas las pruebas estadísticas se basaron en una prueba de hipótesis de 2 colas. El análisis estadístico se realizó con el paquete de *software* SPSS, versión 23.0 (IBM, Estados Unidos).

RESULTADOS

La población final incluyó a 356 sujetos caucásicos: 308 casos y 48 controles. La [tabla 1](#) resume las características basales de los

participantes. En comparación con los controles, el grupo de deportistas era más joven ($36,4 \pm 11,6$ frente a $49,3 \pm 16,1$ años) y tenía una menor prevalencia de factores de riesgo cardiovascular, con cifras de presión arterial sistólica y diastólica y de frecuencia cardiaca más bajas. Los deportes de resistencia ($n = 221$, 71,8%) fueron los más practicados en el subgrupo de atletas de competición (seguido de los de potencia, $n = 35$ [11,4%] y de los que combinan ambas modalidades, $n = 52$ [16,9%]).

La [tabla 2](#) resume las características ecocardiográficas de ambos grupos. En comparación con los controles, los deportistas mostraban un mayor ViAI ($29,8 \pm 8,6$ frente a $25,6 \pm 8,0$ ml/m²) y una mayor prevalencia de dilatación de la AI (el 36,7 frente al 10,4%). El espesor del tabique interventricular, los volúmenes del ventrículo izquierdo y la excursión sistólica del plano anular tricuspídeo también fueron mayores en los atletas que en los controles.

La [tabla 3](#) muestra datos sobre la evaluación del ECG. No hubo diferencias significativas en los índices electrocardiográficos entre atletas y controles: duración de la onda P ($106,3 \pm 12,5$ frente a $108,2 \pm 7,7$ ms), prevalencia de BIA (40 [13,0%] frente a 4 [8,3%]) y puntuación MVP ($1,8 \pm 0,84$ frente a $1,5 \pm 0,8$). Solo se detectó 1 caso de BIA avanzado en un deportista de 37 años sin comorbilidad, que practicaba atletismo unas 16 h semanales y no presentaba dilatación de la AI.

La [tabla 4](#) muestra la comparación de los sujetos con y sin dilatación de la AI. Los sujetos con dilatación de la AI presentaban mayores media de edad, duración de la onda P, frecuencia de BIA y puntuación en el MVP ($1,9 \pm 1,0$ frente a $1,7 \pm 0,7$; $p = 0,01$). Como solo 5 controles tuvieron dilatación de la AI, las diferencias en los parámetros electrocardiográficos de activación auricular se debieron principalmente a los atletas ([tabla 5](#)).

No se encontró correlación significativa entre la duración de la onda P y el ViAI ni en la muestra total (coeficiente de correlación lineal $r = 0,01$; $p = 0,901$) ni en el grupo de deportistas ($r = 0,004$; $p = 0,966$).

La [tabla 6](#) muestra el análisis multivariado en lo que respecta a la dilatación de la AI. El entrenamiento competitivo se asoció de manera independiente con la dilatación de la AI (*odds ratio* [OR] = 14,7; intervalo de confianza del 95% [IC95%], 4,7–44,0). También se forzó la inclusión en el modelo de factores de riesgo cardiovascular, diámetros ventriculares, duración del intervalo PR

Tabla 1
Características clínicas basales de los deportistas y los controles

	Deportistas (n = 308)	Controles (n = 48)	p
Edad (años)	36,4 $\pm$ 11,6	49,3 $\pm$ 16,1	< 0,001
Mujeres	80 (26,0)	20 (41,7)	0,024
Peso (kg)	74,6 $\pm$ 13,9	77,0 $\pm$ 14,2	0,273
Altura (cm)	175,6 $\pm$ 7,8	170,9 $\pm$ 10,9	< 0,001
Índice de masa corporal (kg/m ²)	21,2 $\pm$ 3,4	22,5 $\pm$ 3,5	0,017
Área de superficie corporal (m ²)	1,9 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,2	0,700
Dislipemia	13 (4,2)	15 (31,3)	< 0,001
Tabaquismo			< 0,001
Activo	2 (0,6)	8 (5,0)	
Pasado	7 (2,3)	5 (10,4)	
Nunca	226 (73,4)	24 (50,0)	
Diabetes	0	4 (8,3)	< 0,001
Hipertensión arterial	8 (2,6)	12 (25,0)	< 0,001
Presión arterial sistólica (mmHg)	125,2 $\pm$ 12,2	130,4 $\pm$ 15,3	0,019
Presión arterial diastólica (mmHg)	71,0 $\pm$ 9,3	80,5 $\pm$ 10,3	< 0,001
Frecuencia cardiaca (lpm)	66,3 $\pm$ 13,1	74,8 $\pm$ 13,5	< 0,001

Los valores expresan n (%) o media $\pm$ desviación estándar.

Tabla 2

Datos ecocardiográficos de los deportistas y los controles

	Deportistas (n = 308)	Controles (n = 48)	p
Aurícula izquierda			
Diámetro anteroposterior (mm)	36,0 ± 4,6	34,6 ± 2,6	0,378
Volumen (ml)	54,2 ± 18,9	36,2 ± 15,2	0,015
ViAI (ml/m ²)	29,8 ± 8,6	25,6 ± 8,0	0,006
Dilatación de la AI	113 (36,7)	5 (10,4)	< 0,001
Leve	98 (31,8)	5 (10,4)	
Moderada	10 (3,2)	0	
Grave	5 (1,6)	0	
Ventrículo izquierdo			
TIV (mm)	9,7 ± 1,55	8,8 ± 1,6	0,002
PP (mm)	9,6 ± 2,7	9,1 ± 6,2	0,526
DTD (mm)	51,6 ± 4,3	48,0 ± 5,7	< 0,001
DTS (mm)	32,1 ± 4,2	27,4 ± 5,5	< 0,001
Masa (g)	183,4 ± 48,6	175,8 ± 31,1	0,685
Masa indexada (g/m ²)	96,0 ± 22,1	88,0 ± 11,3	< 0,001
FEVI (%)	68,1 ± 5,1	72,9 ± 5,4	< 0,001
Onda E (cm/s)	90,9 ± 21,0	80,3 ± 16,2	0,188
Onda A (cm/s)	59,1 ± 19,3	54,1 ± 11,9	0,492
Relación E/A	1,6 ± 0,5	1,3 ± 1,0	0,707
TD (ms)	200,8 ± 38,6	201,4 ± 41,4	0,965
Relación E/é	5,7 ± 1,5	7,5 ± 1,8	< 0,001
Patrón de llenado transmitral			0,483
Normal	273 (88,6)	44 (91,7)	
Disminución de la relajación	34 (11,0)	4 (8,3)	
Seudonormal	1 (0,3)	0	
Restrictivo	0	0	
Cavidades derechas			
TAPSE (mm)	25,9 ± 2,7	23,2 ± 3,8	< 0,001
Dilatación aurícula derecha	119 (38,6)	6 (12,5)	0,002
Aorta			
Ascendente (mm)	29,43 ± 5,28	31,57 ± 4,48	0,060
Arco aórtico (mm)	23,01 ± 3,56	25,57 ± 3,21	0,075

AI: aurícula izquierda; DTD: diámetro telediastólico; DTS: diámetro telesistólico; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; PP: pared posterior; TAPSE: excursión sistólica del plano del anillo tricúspideo; TD: tiempo de desaceleración; TIV: tabique interventricular; ViAI: volumen de la aurícula izquierda indexado al área de superficie corporal.

Los valores expresan n (%) o media ± desviación estándar.

Tabla 3

Datos del ECG de deportistas y controles

	Deportistas (n = 308)	Controles (n = 48)	p
Onda P			
Duración (ms)	106,3 ± 12,5	108,2 ± 7,7	0,313
Volaje en la derivación I (mV)	0,08 ± 0,04	0,08 ± 0,04	0,791
Bloqueo interauricular	40 (13,0)	4 (8,3)	0,359
Puntuación MVP	1,8 ± 0,8	1,5 ± 0,8	0,071
Otros datos del ECG			
Intervalo PR (ms)	167,0 ± 25,1	164,8 ± 21,5	0,558
Bloqueo de rama derecha			0,046
No	259 (84,1)	46 (95,8)	
Incompleto	45 (14,6)	1 (2,1)	
Completo	3 (1,0)	1 (2,1)	
Anchura/duración QRS (ms)	84,3 ± 11,2	84,8 ± 10,9	0,794
Eje QRS (°)	55,2 ± 30,1	49,7 ± 28,4	0,234
Intervalo QT corregido (ms)	392,8 ± 23,3	398,2 ± 26,2	0,143

ECG: electrocardiograma; MVP: Morphology-Voltage-P-wave duration.

Los valores expresan n (%) o media ± desviación estándar.

Tabla 4

Características clínicas, ecocardiográficas y electrocardiográficas de los sujetos con y sin dilatación de la aurícula izquierda

	Dilatación de la AI (n = 118)	AI no dilatada (n = 238)	p
Edad (años)	40,73 ± 12,5	36,8 ± 13,1	0,008
Deportista	113 (95,8)	195 (81,9)	0,001
Varón	78 (66,1)	178 (74,8)	0,086
Tipo de deporte			0,111
Resistencia	18 (15,3)	17 (7,1)	
Potencia	20 (16,9)	32 (13,4)	
Índice de masa corporal	22,6 ± 3,5	20,8 ± 3,3	0,001
Superficie corporal (m ²)	1,97 ± 0,2	1,86 ± 0,2	0,001
Horas de deporte semanales	10,0 ± 5,1	10,6 ± 4,6	0,519
Hipertensión arterial	5 (4,2)	15 (6,3)	0,334
Diabetes mellitus tipo 2	1 (0,8)	3 (1,3)	0,675
Tabaquismo	5 (4,2)	17 (7,1)	0,215
Dislipemia	6 (5,1)	22 (9,2)	0,120
ViAI (ml/m ²)	41,3 ± 5,2	25,1 ± 5,8	0,001
Dilatación de aurícula derecha	57 (48,3)	68 (28,6)	0,551
Hipertrofia ventricular izquierda	49 (41,4)	38 (16,0)	0,001
DTDVI (mm)	52,6 ± 4,1	49,9 ± 5,1	0,001
Patrón de llenado transmitral			0,367
Normal	102 (86,4)	215 (90,3)	
Alteración de la relajación	16 (13,6)	22 (9,2)	
Seudonormal o restrictivo	0	1 (0,4)	
E/e'	6,0 ± 1,6	6,1 ± 1,8	0,580
Duración de la onda P (ms)	110,2 ± 13,9	104,7 ± 10,5	< 0,001
Voltaje de la onda P en derivación I (mV)	0,08 ± 0,04	0,08 ± 0,05	0,916
Intervalo PR (ms)	172,4 ± 27,6	163,89 ± 22,5	0,002
Anchura/duración QRS (ms)	84,9 ± 11,7	84,15 ± 10,9	0,546
Intervalo QTc (ms)	394,8 ± 25,9	392,9 ± 22,7	0,479
Bloqueo de rama derecha			0,434
No	104 (88,1)	201 (84,5)	
Incompleto	12 (10,2)	34 (14,3)	
Completo	2 (1,7)	2 (0,8)	
Bloqueo interauricular			0,001
No	94 (79,7)	217 (91,2)	
Parcial	24 (20,3)	19 (8,0)	
Avanzado	0	1 (0,4)	
Puntuación MVP	1,9 ± 1	1,67 ± 0,7	0,026

AI: aurícula izquierda; DTDVI: diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo; MVP: *Morphology-Voltage-P-wave duration*; ViAI: volumen indexado de la AI por superficie corporal.

Los valores expresan n (%) o media ± desviación estándar.

Tabla 5

Valores de onda P de los deportistas y los controles con y sin dilatación de la aurícula izquierda

Deportistas (n = 308)	Dilatación de la AI (n = 113)	Sin dilatación de la AI (n = 195)	p
Duración de la onda P (ms)	110,3 ± 14,1	103,9 ± 10,9	< 0,001
Bloqueo interauricular	23 (20,4)	17 (8,8)	0,004
Puntuación MVP	1,9 ± 1,0	1,7 ± 0,7	0,081
Controles (n = 48)	Dilatación de la AI (n = 5)	Sin dilatación AI (n = 43)	
Duración de la onda P (ms)	108,4 ± 7,4	108,1 ± 7,8	0,939
Bloqueo interauricular	1 (20,0)	3 (7,0)	0,366
Puntuación MVP	2,0 ± 1,2	1,5 ± 0,4	0,177

AI: aurícula izquierda; MVP: *Morphology-Voltage-P-wave duration*.

Los valores expresan n (%) o media ± desviación estándar.

Tabla 6

Análisis multivariado con los predictores independientes de dilatación de la aurícula izquierda

	OR (IC95%)	p
Deportista	14,7 (4,7-44,0)	< 0,001
Edad	1,04 (1,008-1,072)	0,014
Varón	0,23 (0,09-0,61)	0,003
Área de superficie corporal	43,1 (2,9-633,3)	0,006
Masa ventrículo izquierdo	1,02 (1,01-1,03)	< 0,001
Frecuencia cardiaca	0,966 (0,939-0,995)	0,019

IC95%: intervalo de confianza del 95%; OR: odds ratio.

y duración de la onda P, sin que se produjeran cambios relevantes en la asociación de la práctica de deportes de competición y la dilatación de la AI.

Sin embargo, el entrenamiento competitivo no se asoció con la duración de la onda P (OR = 1,02; IC95%, 0,99-1,04; p = 0,19), la puntuación MVP (OR = 1,4; IC95%, 0,9-2,2; p = 0,14) ni la presencia de BIA (OR = 1,4; IC95%, 0,7-3,1; p = 0,34). Las únicas variables que se asociaron de forma independiente con la presencia de BIA fueron la edad en años (OR = 1,05; IC95%, 1,01-1,09; p = 0,015) y la masa del ventrículo izquierdo en gramos (OR = 1,013; IC95%, 1,004-1,023; p = 0,06).

La **tabla 7** muestra las principales diferencias en las características clínicas, ecocardiográficas y electrocardiográficas de los deportistas en función de la presencia de BIA y de dilatación de la AI. Comparados con los otros 3 grupos, los deportistas con BIA y dilatación de la AI eran más añosos y con más frecuencia mujeres y tenían una mayor masa de ventrículo izquierdo.

La **tabla 8** muestra la asociación de la dilatación de la AI con la práctica de deporte competitivo mediante el ajuste por puntuación de propensión.

DISCUSIÓN

Nuestro estudio muestra que, a pesar de ser más jóvenes y sanos que los controles, los atletas tienen una prevalencia mucho mayor de dilatación de la AI, aunque esta se correlaciona escasamente con alteraciones electrocardiográficas.

El remodelado y la dilatación de la AI en los deportistas son características casi definitorias del corazón del atleta^{3,4}. Sin embargo, el umbral para definir el tamaño normal de la AI en los deportistas es aún objeto de debate^{5,17}. Dos metanálisis han demostrado que el volumen de la AI es significativamente mayor en los deportistas en comparación con los controles. Sin embargo,

Tabla 8

Asociación de la dilatación de la aurícula izquierda con la práctica de deporte competitivo mediante el ajuste por puntuación de propensión

	OR (IC95%)	p
Ajustado por PS	9,19 (2,70-31,32)	< 0,001
Estratificado por PS	6,49 (2,19-19,26)	0,001
Emparejado por PS	10,54 (2,00-55,47)	0,005
Probabilidad inversa de los pesos	13,91 (3,23-59,97)	< 0,001

IC95%: intervalo de confianza del 95%; OR: odds ratio; PS: puntuación de propensión.

los estudios analizados proporcionan resultados heterogéneos sobre la prevalencia de la dilatación de la AI, presumiblemente debido a discrepancias relacionadas con la disciplina deportiva (fuerza o resistencia), el nivel de entrenamiento y la edad^{18,19}. Se han descrito tasas de dilatación de la AI de hasta un 42-48% en remeros de élite²⁰ y en jugadores profesionales de baloncesto^{21,22}, aunque la dilatación grave es un hallazgo poco habitual. Nuestros datos confirman tanto la asociación del deporte competitivo con la dilatación de la AI como que la dilatación grave es excepcional (solo el 1,6% de nuestros atletas).

La principal aportación del estudio ALMUDAINA es que demuestra que el entrenamiento competitivo en atletas no se asocia con una mayor duración de la onda P ni con la presencia de BIA. A pesar de una alta prevalencia de dilatación de la AI, no se detectaron cambios significativos en los índices electrocardiográficos auriculares. Un reciente estudio en jóvenes atletas mostró que menos del 1% tenía una duración de onda P ≥ 120 ms y una porción negativa ≥ 1 mm de profundidad en la derivación V1²³. Incluso en la población general, los criterios electrocardiográficos de dilatación de la AI muestran una baja sensibilidad^{11,24,25}. Además, los cambios en la duración y la morfología de la onda P pueden deberse a un BIA en aurículas de tamaño normal. Este hecho se ha mostrado experimentalmente²⁶ y en situaciones como la presencia de un tumor auricular, que pueden producir BIA sin dilatación de la AI²⁷. Nuestro estudio también respalda que la dilatación de la AI y el BIA son 2 entidades diferentes, ya que la mayoría de nuestros atletas con dilatación de la AI no presentaron BIA.

Sin embargo, los documentos de consenso de la *American Heart Association* sobre deportistas recomiendan considerar cualquier alteración de la onda P, ya sean por dilatación de la AI o por BIA, como «anomalías de la onda P»^{28,29}: creemos que esto incluso podría aumentar la confusión con respecto a la evaluación de la AI. Asimismo, el índice ECG con mayor sensibilidad diagnóstica para la dilatación de la AI (índice de Morris) tiene baja reproducibilidad³⁰ y la negatividad de la onda P aumenta cuando el electrodo V1 se coloca en el segundo espacio intercostal³¹. Además, este patrón

Tabla 7

Principales diferencias en las características clínicas, ecocardiográficas y electrocardiográficas de los deportistas en función de la presencia de bloqueo interauricular y dilatación de la aurícula izquierda

	Sin BIA ni dilatación de la AI (n = 178)	BIA sin dilatación de la AI (n = 17)	Sin BIA con dilatación de la AI (n = 90)	BIA y dilatación de la AI (n = 23)	p*
Edad (años)	34,3 $\pm$ 11,2	34,6 $\pm$ 7,7	38,8 $\pm$ 11,6	43,7 $\pm$ 12,8	< 0,001
Varones	139 (78,1)	14 (82,4)	64 (71,1)	11 (47,8)	0,013
Área de superficie corporal (m ²)	1,9 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,3	1,9 $\pm$ 0,2	2,0 $\pm$ 0,2	0,024
Masa del ventrículo izquierdo (g)	169,6 $\pm$ 44,6	186,5 $\pm$ 61,5	200,8 $\pm$ 45,0	219,5 $\pm$ 44,4	< 0,001
ViAI (ml/m ²)	25,6 $\pm$ 5,3	28,3 $\pm$ 5,9	41,7 $\pm$ 5,8	37,0 $\pm$ 0,1	< 0,001
Frecuencia cardiaca (lpm)	68,9 $\pm$ 13,3	65,8 $\pm$ 8,3	62,3 $\pm$ 12,6	62,3 $\pm$ 12,7	0,004
Duración de la onda P (ms)	102,1 $\pm$ 9,3	122,7 $\pm$ 9,0	105,6 $\pm$ 11,1	128,8 $\pm$ 8,1	< 0,001

AI: aurícula izquierda; BIA: bloqueo interauricular; ViAI: volumen indexado de la AI por superficie corporal.

* Para la comparación de los 4 grupos.

en V1 podría representar solo un defecto de la conducción interauricular²⁵.

En cualquier caso, en comparación con los deportistas sin dilatación de la AI, aquellos con dilatación de la AI tenían una mayor duración de onda P (110 frente a 104 ms) y una mayor prevalencia de BIA (el 20 frente al 9%). Dado lo previo, se puede hipotetizar como probable que haya cierto grado de remodelado eléctrico también en los deportistas con dilatación de la AI. No obstante, el hecho de que ningún deportista con dilatación de la AI presentara BIA avanzado también indica una dilatación de la AI menos patológica en relación con la práctica deportiva.

Las recomendaciones internacionales de 2017 para la interpretación del ECG en deportistas enfatizan que la dilatación de la AI en el ECG sigue siendo un criterio límite que no requiere una evaluación cardiológica adicional, a menos que se acompañe de otras anomalías²⁹. Los hallazgos de nuestro estudio (el entrenamiento competitivo no se asoció con los índices ECG de onda P) refuerzan esta recomendación.

Respecto a la relación de otras variables con la dilatación de la AI, nuestros datos están en concordancia con estudios previos en los que se vio una asociación de la edad^{32,33} y el sexo femenino con la dilatación de la AI^{32,34}.

Limitaciones

Hay que reconocer ciertas limitaciones en nuestro estudio. El ViAI se calculó con ecocardiografía bidimensional y no se utilizó resonancia magnética cardíaca. Las mujeres estaban infrarrepresentadas en el grupo de deportistas, y dado que el corazón de las deportistas puede tener adaptaciones diferenciales al ejercicio^{23,35}, nuestros resultados son principalmente extrapolables al subgrupo de varones. Nuestra muestra es heterogénea, ya que no se limita a una única práctica deportiva e incluyó a atletas con diferentes niveles e intensidad de entrenamiento. Aunque esto podría verse como una limitación, también contribuye a la generalización de nuestros hallazgos. No se analizó la correlación entre la función y la rigidez (medida por *strain*) de la AI^{36–39}. La media de edad de los deportistas adultos en nuestro estudio (36 años) se puede considerar relativamente elevada. Probablemente el hecho de que el 89% practicara un deporte de resistencia (combinado con potencia en el 17%) explique, en parte, este hallazgo. En cualquier caso, algunos estudios previos realizados en atletas en España también se realizaron en poblaciones con edades relativamente elevadas: 29⁴⁰, 40⁴¹ y 52 años⁴². El bajo número de controles (justificado por la pandemia de la COVID-19) es también una limitación, aunque en las distintas opciones de ajuste con puntuación de propensión se mantuvo una clara asociación de la dilatación de la AI con la práctica de deporte de competición. No creemos que la pandemia haya influido en las características de los controles reclutados, sino en el bajo número de individuos incluidos como controles. Merece la pena destacar que la prevalencia de la dilatación de la AI encontrada en nuestro grupo de control (10%) es superior a la previamente comunicada en población general de 35 o más años (6%)⁴³, por lo que la diferencia entre la prevalencia de la dilatación de la AI en nuestro grupo de atletas (37%) y la población general podría ser incluso más grande. Hasta la fecha, este es el primer estudio que evalúa la asociación de la dilatación de la AI con los índices electrocardiográficos de la onda P en deportistas.

CONCLUSIONES

La dilatación de la AI es frecuente en los atletas, pero no se acompaña de una modificación relevante en los parámetros

electrocardiográficos. Nuestros datos respaldan la hipótesis de que la dilatación de la AI y el BIA son 2 entidades diferentes. Estos hallazgos podrían no extrapolarse a atletas más jóvenes, en los que se deberían hacer estudios prospectivos encaminados a estudiar la dilatación de la AI y los parámetros electrocardiográficos.

¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

- La relación entre la dilatación de la AI y las características electrofisiológicas auriculares no se ha analizado en atletas, un grupo en el que la definición del límite superior de la normalidad para el tamaño de la AI todavía está por determinar.

¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

- ALMUDAINA es un estudio multicéntrico que evalúa la correlación entre la presencia de dilatación de la AI (por criterios anatómicos) y los parámetros electrocardiográficos de crecimiento auricular. Aunque la dilatación de la AI es frecuente en los atletas, no se acompaña de una mayor duración de la onda P, una mayor prevalencia de BIA ni una mayor puntuación en la puntuación MVP (predictor del riesgo de fibrilación auricular). Nuestros datos muestran que el deporte se acompaña de un remodelado auricular con poca expresividad en el ECG de superficie e indican que la dilatación de la AI y el BIA son entidades diferentes.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Definición de los objetivos y del diseño del estudio (M. Martínez-Sellés, C. Herrera), recogida de los datos (todos los autores), análisis de los datos, interpretación de los resultados y redacción del primer borrador del artículo (M. Martínez-Sellés, C. Herrera). Todos los autores revisaron y están de acuerdo con la versión final del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a José María Bellón Cano, estadístico de investigación del Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón por la realización del ajuste mediante puntuación de propensión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez-Sellés M, Lucia A. Exercise and heart. *In medium virtus est?* *Int J Cardiol*. 2019;286:143–144.
2. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 2000;101:336–344.
3. Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*. 2011;123:2723–2735.

4. Christou GA, O'Driscoll JM. The impact of demographic, anthropometric and athletic characteristics on left atrial size in athletes. *Clin Cardiol.* 2020;43:834–842.
5. Diaz Babio G, Vera Janavel G, Constantin I, et al. Atrial size and sports. A great training for a greater left atrium: how much is too much? *Int J Cardiovasc Imaging.* 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s10554-020-02082-2>.
6. Benjamin EJ, D'Agostino RB, Belanger AJ, Wolf PA, Levy D. Left atrial size and the risk of stroke and death. The Framingham Heart Study. *Circulation.* 1995;92:835–841.
7. Hee L, Nguyen T, Whatmough M, et al. Left atrial volume and adverse cardiovascular outcomes in unselected patients with and without CKD. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2014;9:1369–1376.
8. Flannery MD, Kalman JM, Sanders P, La Gerche A. State of the art review: atrial fibrillation in athletes. *Heart Lung Circ.* 2017;26:983–989.
9. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28:1–39e14.
10. Tsang TS, Abhayaratna WP, Barnes ME, et al. Prediction of cardiovascular outcomes with left atrial size: is volume superior to area or diameter? *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:1369–1376.
11. Tsao CW, Josephson ME, Hauser TH, et al. Accuracy of electrocardiographic criteria for atrial enlargement: validation with cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2008;10:7.
12. Maron BJ, Douglas PS, Graham TP, Nishimura RA, Thompson PD. Task Force 1: preparticipation screening and diagnosis of cardiovascular disease in athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:1322–1326.
13. Maron BJ, Zipes DP, Kovacs RJ. American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee of Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in Young, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Functional Genomics and Translational Biology, and American College of Cardiology. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: preamble, principles, and general considerations: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation.* 2015;132:e256–e261.
14. Alexander B, Mildren J, Hazim B, et al. New electrocardiographic score for the prediction of atrial fibrillation: The MVP ECG risk score (morphology-voltage-P-wave duration). *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2019;24:e12669.
15. Bayés de Luna A, Martínez-Sellés M, Bayés-Genís A, Elosua R, Baranchuk A. What every clinician should know about Bayés syndrome. *Rev Esp Cardiol.* 2020;73:758–762.
16. D'Andrea A, Riegler L, Cocchia R, et al. Left atrial volume index in highly trained athletes. *Am Heart J.* 2010;159:1155–1161.
17. Cantinotti M, Koestenberger M, Santoro G, et al. Normal basic 2 D echocardiographic values to screen and follow up the athlete's heart from juniors to adults: What is known and what is missing. A critical review. *Eur J Prev Cardiol.* 2020;27:1294–1306.
18. Iskandar A, Mujtaba MT, Thompson PD. Left atrium size in elite athletes. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8:753–762.
19. Cuspidi C, Sala C, Tadic M, et al. Left atrial volume in elite athletes: A meta-analysis of echocardiographic studies. *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29:922–932.
20. Król W, Jędrzejewska I, Konopka M, et al. Left atrial enlargement in young high-level endurance athletes – another sign of athlete's heart? *J Hum Kinet.* 2016;53:81–90.
21. Cheema B, Kinno M, Gu D, et al. Left atrial size and strain in elite athletes: A cross-sectional study at the NBA Draft Combine. *Echocardiography.* 2020;37:1030–1036.
22. Shames S, Bello NA, Schwartz A, et al. Echocardiographic characterization of female professional basketball players in the US. *JAMA Cardiol.* 2020;5:991–998.
23. Hock J, Wheeler M, Singh T, Ha LD, Hadley D, Froelicher V. Comparison of the Stanford ECG left atrial criteria with the international ECG criteria for sports screening. *Clin J Sport Med.* 2019. <http://dx.doi.org/10.1097/JSM.0000000000000766>.
24. Josephson ME, Kastor JA, Morganroth J. Electrocardiographic left atrial enlargement. Electrophysiologic, echocardiographic and hemodynamic correlates. *Am J Cardiol.* 1977;39:967–971.
25. Lee KS, Appleton CP, Lester SJ, et al. Relation of electrocardiographic criteria for left atrial enlargement to two-dimensional echocardiographic left atrial volume measurements. *Am J Cardiol.* 2007;99:113–118.
26. Guerra JM, Vilahur G, Bayés de Luna A, et al. Interatrial block can occur in the absence of left atrial enlargement: New experimental model. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2020;43:427–429.
27. Gentile-Lorente DI, Scott L, Escobar-Robledo LA, et al. Atypical advanced interatrial block due to giant atrial lipoma. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2021;44:737–739.
28. Hancock EW, Deal BJ, Mirvis DM, et al. AHA/ACC/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part V: electrocardiogram changes associated with cardiac chamber hypertrophy: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society: endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *Circulation.* 2009;119:e251–e261.
29. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:1057–1075.
30. Sajeev JK, Koshy AN, Dewey H, et al. Poor reliability of P-wave terminal force V₁ in ischemic stroke. *J Electrocardiol.* 2019;52:47–52.
31. Rasmussen MU, Fabricius-Bjerre A, Kumarathurai P, et al. Common source of miscalculation and misclassification of P-wave negativity and P-wave terminal force in lead V₁. *J Electrocardiol.* 2019;53:85–88.
32. Zemrak F, Ambale-Venkatesh B, Captur G, et al. Left atrial structure in relationship to age, sex, ethnicity, and cardiovascular risk factors: MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *Circ Cardiovasc Imaging.* 2017;10:e005379.
33. Nikitin NP, Witte KK, Thackray SD, Goodge LJ, Clark AL, Cleland JG. Effect of age and sex on left atrial morphology and function. *Eur J Echocardiogr.* 2003;4:36–42.
34. Proietti M, Raparelli V, Basili S, Olshansky B, Lip GY. Relation of female sex to left atrial diameter and cardiovascular death in atrial fibrillation: The AFFIRM Trial. *Int J Cardiol.* 2016;207:258–263.
35. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Natali MB, et al. Morphological and functional adaptation of left and right atria induced by training in highly trained female athletes. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7:222–229.
36. 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;31:148–157.
37. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Natali BM, et al. Increased left atrial size is associated with reduced atrial stiffness and preserved reservoir function in athlete's heart. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2015;31:699–705.
38. D'Ascenzi F, Caselli S, Solari M, et al. Novel echocardiographic techniques for the evaluation of athletes' heart: A focus on speckle-tracking echocardiography. *Eur J Prev Cardiol.* 2016;23:437–446.
39. Bisbal F, Baranchuk A, Braunwald E, Bayés de Luna A, Bayés-Genís A. Atrial failure as a clinical entity: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75:222–232.
40. Serra-Payá N, Garnacho-Castaño MV, Sánchez-Nuño S, et al. The relationship between resistance exercise performance and ventilatory efficiency after beetroot juice intake in well-trained athletes. *Nutrients.* 2021;13:1094.
41. Moreno R, Chamorro JL, López de Subijana C, Employee-Athletes. Exploring the elite Spanish athletes' perceptions of combining sport and work. *Front Psychol.* 2021;12:633133.
42. Vicent L, Ariza-Solé A, González-Juanatey JR, et al. Cardiac Arrest and Myocardial Infarction Notified After Marathon Or Similar effort (CAMINAMOS) registry. Exercise-related severe cardiac events. *Scand J Med Sci Sports.* 2018;28:1404–1411.
43. Ou Q, Chen Y, Yu S, Guo X, Zhao H, Sun Y. Prevalence of left atrial enlargement and its risk factors in general Chinese population. *BMC Cardiovasc Disord.* 2016;16:53.