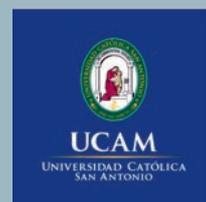


Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

209

Volumen 39(3)
Mayo _ Junio 2022



ORIGINALES

Evaluación de la velocidad máxima en un esprint de 30 metros en jóvenes futbolistas argentinos

¿Es la ultradistancia saludable? estudio descriptivo observacional de una cohorte de corredores de ultradistancia

Evaluación del *functional movement screen* y lesiones en gimnastas

Correlación electro-ecocardiográfica en deportistas de alto rendimiento

ACTN-3 and ECA genes expression do not influence the acute change in muscle mechanical and functional properties in youth handballers

REVISIÓN

Actividad física, condición física y calidad de vida en los adultos mayores. Revisión sistemática





UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia

Campus de los Jerónimos,
Nº 135 Guadalupe 30107

(Murcia) - España

Tlf: (+34)968 27 88 01 · info@ucam.edu



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA



Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno

Presidente

Miguel Enrique del Valle Soto

Vicepresidente

Gonzalo María Correa González

Secretario General

Luis Franco Bonafonte

Tesorero

Javier Pérez Ansón

Vocales

Ostaiska Eguia Lecumberri

Francisco Javier Rubio Pérez

M^ª Concepción Ruiz Gómez

Ex-Presidente

Pedro Manonelles Marqueta

Edita

Sociedad Española de Medicina del Deporte

C/ Cánovas n^º 7, local

50004 Zaragoza (España)

Tel. +34 976 02 45 09

femede@femede.es

www.femede.es

Correspondencia:

C/ Cánovas n^º 7, local

50004 Zaragoza (España)

archmeddeporte@semede.es

http://www.archivosdemedicinadeldeporte.com/

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Zaragoza. Z 988-2020

ISSN

0212-8799

Soporte válido

Ref. SVR 389

Indexada en: EMBASE/Excerpta Medica, Índice Médico Español, Sport Information Resource Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud (IBECS), Índice SJR (SCImago Journal Rank), y SCOPUS

La dirección de la revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, la cual recaerá exclusivamente sobre sus autores.

Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Afiliada a la Federación Internacional de Medicina del Deporte, Sociedad Europea de Medicina del Deporte y Grupo Latino y Mediterráneo de Medicina del Deporte

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

Melissa Artajona Pérez

Adjunto a dirección

Oriol Abellán Aynés

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Mats Borjesson.** University of Gothenburg. Suecia. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Dimitri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburg. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franehek Drobnic Martínez.** Servicios Médicos FC Barcelona. CAR Sant Cugat del Vallés. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Pedro Guillén García.** Servicio Traumatología del Deporte. Clínica Cemtro. España. **Dusan Hamar.** Research Institute of Sports. Eslovaquia. **José A. Hernández Hermoso.** Servicio COT. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. España. **Pilar Hernández Sánchez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Anna Jegjer.** Medical University of Lodz. Polonia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopedica, ARS Medica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** Servicio de Cardiología. Hospital General de la Defensa. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Alejandro Martínez Rodríguez.** Universidad de Alicante. España. **Estrella Núñez Delicado.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Sakari Orava.** Hospital Universitario. Universidad de Turku. Finlandia. **Eduardo Ortega Rincón.** Universidad de Extremadura. España. **Nieves Palacios Gil-Antuñano.** Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. España. **Antonio Pelliccia.** Institute of Sport Medicine and Science. Italia. **José Peña Amaro.** Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba. España. **Fabio Pigozzi.** University of Rome Foro Italico, President FIMS. Italia. **Yannis Pitsiladis.** Centre of Sports Medicine. University of Brighton. Inglaterra. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Peter H. Schober.** Medical University Graz. Austria. **Jordi Segura Noguera.** Laboratorio Antidopaje IMIM. Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Education & Research Department Isokinetic Medical Group. Italia. **Luis Serratosa Fernández.** Servicios Médicos Sanitas Real Madrid CF. Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terreros Blanco.** Director de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD). España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA



AEPSAD
AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN
DE LA SALUD EN EL DEPORTE

ANALIZADOR de **CETONAS** en **SANGRE** **eBketone**



- ✓ Resultados en 10 segundos
- ✓ 0.5 µL Volumen de muestra capilar
- ✓ Sencillo e intuitivo



- PASO 1:** Introduce la tira
- PASO 2:** Obtener la gota de sangre
- PASO 3:** Aplicar la gota a la tira
- PASO 4:** Ver resultados

 **ketoControl**[®]
keto-control.com

 admin@keto-control.com

 619 28 40 22 

Archivos

de medicina del deporte

Volumen 39(3) - Núm 209. Mayo - Junio 2022 / *Mai - June 2022*

Sumario / Summary

Editorial

La prescripción de ejercicio físico, una necesidad

Exercise prescription a need

Luis Franco Bonafonte 128

Originales / Original articles

Evaluación de la velocidad máxima en un esprint de 30 metros en jóvenes futbolistas argentinos

Maximum speed evaluation in a 30 meter sprint test in young Argentine soccer players

Mauro Darío Santander, Horacio Eugenio Anselmi, Gastón César García 132

¿Es la ultradistancia saludable? estudio descriptivo observacional de una cohorte de corredores de ultradistancia

Is ultradistance healthy? a descriptive observational study of a cohort formed by ultradistance runners

Inhar Esnaola, Ricardo Palenzuela, Maite Urcelay, Nerea Sarriegi, José I. Martín, Haritz Esnal..... 138

Evaluación del *functional movement screen* y lesiones en gimnastas

Functional movement screen assessment and injuries in gymnasts

Mercedes Vernetta-Santana, Alicia Salas-Morillas, Jesús López-Bedoya 147

Correlación electro-ecocardiográfica en deportistas de alto rendimiento

Electrocardiographic and echocardiographic association in high performance athletes

Claudio M. Mariño, Carlos R. Vozzi, Lara Vozzi, Stella M Pezzotto 154

ACTN-3 and ECA genes expression do not influence the acute change in muscle mechanical and functional properties in youth handballers

Expresiones de los genes ACTN-3 y ECA no influyen en el cambio agudo de las propiedades musculares mecánicas y funcionales en jugadores juveniles de balonmano

Randall Gutiérrez-Vargas, Jose Alexis Ugalde-Ramírez, Guillermo Miranda, Isabel Briceño-Suarez, Rocío Ulloa-Sandí, Daniel Rojas-Valverde 162

Revisiones / Reviews

Actividad física, condición física y calidad de vida en los adultos mayores. Revisión sistemática

Physical activity, physical condition and quality of life in older adults. Systematic review

Antonio M. López-Martí, Irene de Haro Padilla, Antonio López-Téllez, Jerónimo García Romero 168

Normas de publicación / Guidelines for authors 177

La prescripción de ejercicio físico, una necesidad

Exercise prescription a need

Luis Franco Bonafonte

Doctor en Medicina. Especialista en Medicina del Deporte. Secretario General de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00082

Las evidencias científicas de la relación de ejercicio físico- salud han ido en aumento, y en este momento son contundentes, y aceptadas por las sociedades científicas y organismos como la Organización Mundial de la Salud.

Se reconoce como la condición física es un excelente predictor de la expectativa y calidad de vida, así como que existe una asociación inversa, entre condición física y morbi-mortalidad en la población general.

La medicina avanza proporcionando tratamientos efectivos para muchas patologías que son accesibles para la mayor parte de la población, pero también, el avance científico viene demostrando sin ningún género de dudas que la práctica regular de ejercicio físico, incluso en intensidades bajas, es extraordinariamente efectivo tanto en la prevención como en el complemento del tratamiento de un número creciente de patologías crónicas, algunas de ellas con una prevalencia de magnitud pandémica. Este problema es de tal magnitud que el Consejo de la Unión Europea ha efectuado la recomendación a los Estados miembros de "trabajar en políticas eficaces en materia de actividad física beneficiosa para la salud, impulsando un planteamiento intersectorial que englobe ámbitos políticos como el deporte, la salud, la educación, el medio ambiente y el transporte".

Es indudable que la sociedad, en su conjunto, debe asumir la incorporación de la actividad física y el ejercicio como estrategia de salud para prevenir y para servir como tratamiento complementario de la enfermedad.

Desde la sanidad, la medicina y el resto de profesionales sanitarios tienen un papel primordial en el manejo del ejercicio para la salud y también, fuera de la sanidad, los profesionales de la actividad física y el deporte ocupan un papel muy destacado en la promoción y ejecución de formas de vida activas como estrategias para el fomento de la salud.

La prescripción de ejercicio físico, constituye la receta del ejercicio, tal como se realiza con los medicamentos, debiendo contener todos los elementos necesarios para la ejecución del programa de ejercicio: tipo

de ejercicio, intensidad, duración, número de repeticiones y de series, periodos de descanso, criterios de progresión, evolución, etc.

La prescripción se debe realizar habiendo tomado en consideración las contraindicaciones y precauciones del ejercicio físico adaptadas a cada paciente. Debe obedecer a una indicación establecida de acuerdo con la evidencia científica y clínica y debe formar parte del tratamiento global del paciente.

El programa de ejercicio, que está destinado a mejorar alguno o algunos de los componentes de la aptitud física, se debe prescribir teniendo en cuenta la patología, el tratamiento médico y otros tratamientos, situación funcional, aspectos socioeconómicos, culturales y preferencia del paciente para que el programa se pueda mantener sin que lo abandone y es que, la adecuada programación de ejercicio propicia la participación regular, el disfrute y la seguridad de los participantes en el programa.

La evaluación periódica de la respuesta al programa de ejercicio terapéutico es una parte esencial de la prescripción y del propio programa, por ello habrá que estar atentos a aquellas circunstancias en las que el paciente: no alcance los objetivos previstos inicialmente, a la aparición de síntomas o signos de esfuerzo excesivo o de respuestas inadecuadas al ejercicio físico o bien al rechazo del paciente al programa propuesto.

En este contexto, es necesario incluir de forma rutinaria en el control y seguimiento clínico, la evaluación de la condición física como base para la prescripción de ejercicio físico y su control evolutivo.

Fundamentalmente la de aquellos componentes de la condición física que se relacionan con la salud como el perfil aeróbico, la fuerza y la composición corporal, sin olvidar la flexibilidad y el equilibrio.

Para lo cual deberemos realizar de forma rutinaria la valoración de los mismos con diferentes test, según los medios materiales con los que contemos: ergoespirometrías, ergometrías, test de los 6 minutos, test de velocidad de los 4 metros, dinamometría de mano, peso, talla y perímetro de cintura, entre otros.

Correspondencia: Luis Franco Bonafonte
E-mail: luisfrancoBonafonte@gmail.com

Así el ejercicio físico prescrito se orientará a la mejora de las cualidades de la condición física que se relacionan con la salud, que habrán sido evaluados y monitorizados periódicamente con los test realizados.

De vital importancia es la individualización de la prescripción de ejercicio, es decir adaptar lo máximo posible la prescripción a las características fisiológicas y la respuesta al ejercicio de cada paciente y como se ha indicado anteriormente a los condicionantes patológicos, de tratamientos médicos y a la situación económica, social y cultural de cada paciente.

Los programas de ejercicio físico propuestos deben ser fáciles de prescribir y sencillos de asumir por parte de los pacientes a quienes van dirigidos evitando los posibles efectos negativos: abandono, lesiones del aparato locomotor, aumento del riesgo cardiovascular y metabólico.

Todo este proceso necesita la valoración, control y supervisión por personal cualificado como ya se ha indicado.

En este momento todas estas actuaciones son desarrolladas de forma magnífica y en algunos casos casi "heroica" por grupos de trabajo y profesionales en diferentes puntos de la geografía de nuestro país pero de forma inconexa, no estructurada y sin formar parte de la cartera habitual de los servicios de salud.

A día de hoy, los ejemplos más evidentes de la necesidad de la valoración y prescripción de ejercicio físico de calidad, incluyen la prehabilitación quirúrgica y el COVID persistente, que vienen a sumarse a las patologías que habitualmente eran el objetivo de la prescripción, como las cardiovasculares, respiratorias, metabólicas, oncológicas, entre otras.

Los profesionales más preparados, los médicos especialistas en medicina del deporte, no forman parte del sistema público de salud, mientras que los médicos del sistema: asistencia primaria y otras especialidades, normalmente adolecen de formación de calidad sobre este tema.

Así es que nos encontramos en una situación en la que, aunque las evidencias científicas nos indican la bondad de la prescripción de ejercicio para la salud de los individuos y poblaciones y su efecto positivo a todos los niveles para los sistemas de salud, incluido el económico a medio y largo plazo, no se ofrece este servicio a la población de una forma extendida ni generalizada.

Desde la Medicina del Deporte y especialmente desde la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED) somos conscientes de esta situación y estamos preocupados por la misma, figurando entre las prioridades de nuestra actuación.

Creemos que entre las medidas a adoptar se deberían incluir: la información a los ciudadanos, la formación a los médicos del sistema público en prescripción de ejercicio y que los médicos especialistas en medicina del deporte ejercieran como consultores para aquellos casos complejos y como apoyo a otros compañeros especialmente de la asistencia primaria.

Las instituciones y administraciones públicas sanitarias y deportivas, deberían abordar de forma decidida su implementación de forma progresiva en la cartera de servicios de la sanidad.

Desde la Sociedad Española de Medicina del Deporte y en nombre de los especialistas en medicina del deporte, ofrecemos nuestra colaboración para informar a la población (como ya venimos haciendo), para dar una formación de calidad en prescripción de ejercicio para la salud a nuestros compañeros de asistencia primaria y de otras especialidades,

con programas ya desarrollados, así como continuar trabajando para convencer a las administraciones e instituciones de que es un tema de gran trascendencia y relevancia por su efecto positivo en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos, por lo que debería abordarse de forma prioritaria.

Conflicto de intereses

El autor no declara conflicto de interés alguno.

Bibliografía consultada

- Bouchart C, Shephard RJ, Stephens T, Sutton JP, McPherson BD. Exercise, Fitness and Health. Champaign, IL. *Human Kinetics, Inc*; 1990;75-102.
- Schmitz KH, Courneya KS, Matthews C, Demark-Wahnefried W, Galvao DA, Pinto BM, et al. American College of Sports Medicine roundtable on exercise guidelines for cancer survivors. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(7):1409-26.
- Mercier J, Pérez-Martin A, Bigard X, Ventura R. Muscle plasticity and metabolism effects of exercise and chronic diseases. *Mol Asp Med*. 1999;20:319-73.
- ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166(1):111-7.
- Chakravathy MV, Joyner MJ, Booth FW. An obligation for primary care physicians to prescribe physical activity to sedentary patients to reduce the risk of chronic health conditions. *Mayo Clin Proc*. 2002;77(2):165-73.
- Franco L, Rubio FJ. Sedentarismo, actividad física y riesgo cardiovascular. En Millán J. *Medicina Cardiovascular. Arterioesclerosis*. Tomo I. Barcelona: MASSON; 2005. 445-453.
- Organización Mundial de la Salud. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Noviembre. 2010.
- Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, Paffenbarger RS, Gibbons LW, Macera CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*. 1995; 273(14):1093-8.
- Laukkanen JA, Lakka TA, Rauramaa R, Kuhanen R, Venalainen JM, Salonen R, et al. Cardiovascular fitness as a predictor of mortality in men. *Arch Intern Med*. 2001; 161(6):825-31.
- Kokkinos P, Myers J. Exercise and physical activity: clinical outcomes and applications. *Circulation*. 2010;122(16):1637-48.
- Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Balir SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of diseases and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219-29.
- Ekelund U, Ward HA, Morat T, Luan J, Weiderpass E, Sharp SS, et al. Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in European men and women: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study (EPIC). *Am J Clin Nutr*. 2015. doi: 10.3945/ajcn.114.100065.
- Goodwin RD. Association between physical activity and mental disorders among adults in the United States. *Prev Med*. 2003;36(6):698-703.
- Williams PT, Thompson PD. The Relationship of Walking Intensity to Total and Cause-Specific Mortality. Results from the National Walkers' Health Study. *PLoS ONE*. 2013; 8(11):e81098. doi:10.1371/journal.pone.0081098 eCollection 2013.
- Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(11):1849-55.
- López Chicharro J, Lopez Mojares LM. *Fisiología clínica del ejercicio*. Madrid. Editorial Médica Panamericana 2008.
- Fiuzza-Luces C, Garatachea N, Berger NA, Lucia A. Exercise is the real polypill. *Physiol* 2013;28:330-58.
- The economic cost of physical inactivity in Europe. An ISCA/Cebr. Report. 2015; Centre for Economics and Business Research. <http://inactivity-time-bomb.nowwemore.com>
- Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015(Suppl-3)25:1-72.
- Aragóns MT, Fernández P, Ley de Vega V. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte. Actividad física y prevalencia de patologías en la población española. Edita: Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte 2016.
- Franco L, Rubio FJ, Valero A, Oyón P. Efectividad de un programa de ejercicio físico individualizado no supervisado, de cuatro meses de duración, sobre la tolerancia al

- esfuerzo, percepción de fatiga y variables antropométricas en paciente sedentarios con factores de riesgo cardiovascular. *Arch Med Deporte*. 2016;33(5):324-9.
22. Rubio FJ, Franco L, Valero A, Ibarreche D, Oyón P, Ugarte P. Efecto de un programa de ejercicio físico individualizado sobre el perfil lipídico en pacientes sedentarios con factores de riesgo cardiovascular. *Clin Investig Arterioscler*. 2017;29(5):201-8.
 23. Recomendación del Consejo de 26 de noviembre de 2013 sobre la promoción de la actividad física beneficiosa para la salud en distintos sectores (2013/C 354/01). *Diario Oficial de la Unión Europea*. 4.12.2013. C 354/1-5.
 24. Thornton JS, Frémont P, Khan K, Poirier P, Fowles J, Wells GD, *et al*. Physical activity prescription: a critical opportunity to address a modifiable risk factor for the prevention and management of chronic disease: a position statement by the Canadian Academy of Sport and Exercise Medicine. *Br J Sports Med*. 2016;50:1109-14.
 25. Promoting physical activity through primary health care: a toolkit. 2021; World Health Organization.

Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

arkray
LT-1730

- Sólo 0,3 µl de sangre
- Determinación en 15 segundos
- Más pequeño que su antecesor
- Calibración automática
- Memoria para 330 determinaciones
- Conexión a PC
- Rango de lectura: 0,5-25,0 mmol/litro
- Conservación de tiras reactivas a temperatura ambiente y
- Caducidad superior a un año



Importador para España:

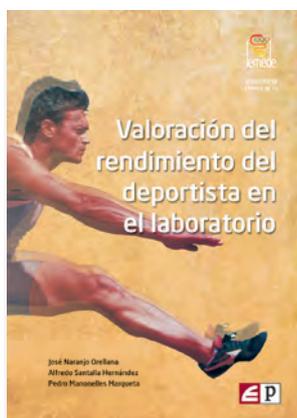


c/ Lto. Gabriel Miro, 54, ptas. 7 y 9
46008 Valencia Tel: 963857395
Móvil: 608848455 Fax: 963840104
info@bermellelectromedicina.com
www.bermellelectromedicina.com

 Bermell Electromedicina

 @BermellElectromedicina

 Bermell Electromedicina



Monografías Fede n° 12
Depósito Legal: B. 27334-2013
ISBN: 978-84-941761-1-1
Barcelona, 2013
560 páginas.



Dep. Legal: B.24072-2013
ISBN: 978-84-941074-7-4
Barcelona, 2013
75 páginas. Color



Índice

Foreward
Presentación
1. Introducción
2. Valoración muscular
3. Valoración del metabolismo anaeróbico
4. Valoración del metabolismo aeróbico
5. Valoración cardiovascular
6. Valoración respiratoria
7. Supuestos prácticos
Índice de autores

Índice

Introducción
1. Actividad mioeléctrica
2. Componentes del electrocardiograma
3. Crecimientos y sobrecargas
4. Modificaciones de la secuencia de activación
5. La isquemia y otros indicadores de la repolarización
6. Las arritmias
7. Los registros ECG de los deportistas
8. Términos y abreviaturas
9. Notas personales

Información: www.fede.es

Evaluación de la velocidad máxima en un esprint de 30 metros en jóvenes futbolistas argentinos

Mauro Darío Santander¹, Horacio Eugenio Anselmi², Gastón César García^{3,4}

¹Subsecretaría de Deporte de Neuquén, Neuquén, Argentina. ²Universidad Nacional Lomas de Zamora. Licenciatura en Alto Rendimiento Deportivo. Buenos Aires, Argentina.

³Dirección de Deportes de San Rafael, Mendoza Argentina. ⁴Departamento de Investigación. Instituto Superior de Formación Docente, Mercedes Tomasa de San Martín de Balcarce 9-003. San Rafael, Mendoza. Argentina.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00083

Recibido: 07/10/2019

Aceptado: 19/06/2020

Resumen

Introducción: El objetivo de este estudio fue comparar en jóvenes futbolistas federados, la velocidad en un esprint de 30 metros en diferentes edades. También se compararon los tiempos empleados en dos fases (segmentos 0 a 10 metros y 10 a 30 metros), de acuerdo a la edad.

Material y método: 505 futbolistas masculinos fueron medidos con el test de 30 metros, en un rango de edades entre 11,0 y 16,9 años. Fueron divididos en 5 grupos de acuerdo a la edad cronológica. Se realizaron mediciones antropométricas (peso corporal y talla parada). Para medir el test de 30 metros se utilizaron tres pares de lámparas de haz de sincronización por infrarrojos (fotocélulas) colocadas a; 0,0 m, 10,0 m y 30,0 m de la línea de salida.

Resultados: El grupo 1 (11 años) recorrió la distancia de 30 metros en 5,48±0,36 s, el grupo 2 (12 años) en 5,17±0,42 s, el grupo 3 (13 años) en 4,94±0,44 s, el grupo 4 (14 años) en 4,64±0,29 s, el grupo 5 (15 años) en 4,56±0,28 s, y el grupo 6 (16 años) en 4,42±0,22 s.

Conclusión: Los jóvenes de mayor edad, en promedio, recorrieron la distancia de 30 metros en menor tiempo, aunque solo variaron significativamente entre los 11,5 a 14,5 años ($p>0,01$). Durante el segmento 0 a 10 m, también se observó la misma tendencia, siendo significativamente en todas las edades, a excepción la de 12,5 años ($p>0,01$).

Palabras clave:

Esprint. Potencia anaeróbica. Niños. Prueba de campo. Fútbol.

Maximum speed evaluation in a 30 meter sprint test in young Argentine soccer players

Summary

Introduction: the objective of this study was to compare in young federated soccer players, the speed in a sprint of 30 meters in different ages. The times used in two phases (0 to 10 meters and 10 to 30 meters) was analyzed according to age.

Material and method: 505 male soccer players were measured with the 30-meter test, in an age range between 11,0 and 16,9 years. They were divided into 5 groups per chronological age. Anthropometric measurements (body weight and size) were analyzed. To measure the 30-meter test, three pairs of infrared synchronizations beam lamps (photocells) placed at; 0,0 m, 10,0m and 30,0 m from the starting line.

Results: group 1 (11 years) traveled the distance of 30 meters in 5,48±0,36 s, group 2 (12 years) in 5,17±0,42 s, group 3 (13 years) in 4,94±0,44 s, group 4 (14 years) in 4,64±0,29 s, group 5 (15 years) in 4,56±0,28 s, and group 6 (16 years) in 4,42±0,22 s.

Conclusion: The older youth, on average, traveled the distance of 30 meters in less time, although they only varied significantly between 11,5 and 14,5 years ($p>0,01$). During the segment 0 to 10m, the same trend was also observed, being significantly at all ages, except for 12,5 years ($p>0,01$).

Key words:

Sprint. Anaerobic power. Children. Field test. Soccer.

Correspondencia: Gastón C. García.
E-mail: garciagaston@yahoo.com.ar

Introducción

Durante un partido de fútbol se recorre en promedio distancias entre 10.000 y 12.000 metros, dependiendo el puesto de juego¹. Estas distancias son clasificadas, dependiendo la velocidad de desplazamiento. Aquellas velocidades que son realizadas por encima de 23 km·h⁻¹, son denominadas "sprint"¹. Durante un esprint se recorre en promedio una distancia de 20 metros, acumulando un total entre 200 y 400 metros^{1,2}.

Si bien estas acciones, en relación a la distancia total recorrida en un partido, representan en promedio un 5%, los sprints juegan un rol importante en el mismo. Faude *et al*³, observaron en la liga alemana, que, de 360 goles, el 60% fueron concretados con sprints lineales, un 9% de esprint con cambios de dirección, un 22% a través de un salto, y solo un 8% con otro tipo de actividades, concluyendo que los sprints juegan un rol importante³. De acuerdo a este estudio, el 69% de los goles fueron realizados bajo carreras de esprint. Justamente por esto, los preparadores físicos evalúan, monitorean y entrenan esta cualidad en sus deportistas⁴⁻⁶.

Una forma sencilla de evaluar un esprint, es medir el tiempo empleado a través de una carrera lineal, ejecutado a la máxima velocidad que los futbolistas puedan alcanzar⁷. Los dispositivos utilizados son fotocélulas o una cámara de video. Por lo general estas distancias rondan entre los 30 y 50 metros^{7,8}. En estas distancias se valoran dos fases: una primera fase denominada velocidad de aceleración (VA) y otra denominada velocidad máxima (VM)⁹. De acuerdo a la bibliografía, las distancias a recorrer en cada de una de las fases mencionadas, varían⁴⁻¹¹. Las distancias de 5, 10, 15 y 20 metros son utilizadas para evaluar la VA, mientras que distancias superiores a 20 metros, son utilizadas para valorar la VM⁴⁻¹¹. Otra forma de localizar la VM, es utilizando varias fotocélulas (o cámara filmadora), para medir el tiempo empleado en varios segmentos de 10 metros¹¹. Por ejemplo, después de medir un esprint de 40 metros, se promedia el tiempo empleado en cada uno de los segmentos, 0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 metros, y luego se localiza la VM en uno de los segmentos (por lo general, es el segmento 20-30 o 30-40¹¹). Esta forma es muy utilizada en la actualidad¹¹. Buchheit *et al*¹¹, demostraron en futbolistas entrenados, que el 70% de los jóvenes menores de 14 años, la VM era alcanzaba en el segmento de 20-30 m, y el 30% lo alcanzaban en el segmento 30-40 m¹¹. Por lo contrario, entre los 15 y 18 años, el 60% alcanzaban la VM en el segmento de 30-40 m y el 40% en el segmento de 20-30 m¹¹. Por este motivo, el monitoreo de esta cualidad es importante durante la etapa formativa.

En Argentina el fútbol, es uno de los deportes más practicados¹². Si bien es de público conocimiento que los preparadores físicos evalúan y entrenan esta capacidad, es difícil encontrar estudios realizados en jóvenes futbolistas argentinos. Por este motivo el objetivo del estudio fue comparar el tiempo empleado en el test de 30 metros en varones con edades comprendidas entre 11,0 y 16,9 que participaban activamente en el deporte federado de fútbol neuquino. El segundo objetivo fue observar la relación entre las dos fases medidas: segmento 0-10 m y segmento 10-30 m, de acuerdo a la edad. Tal conocimiento brindaría información útil para los entrenadores y preparadores físicos para valorar y monitorear los progresos en sus deportistas en las etapas formativas.

Material y método

Diseño de estudio

El estudio fue realizado en las instalaciones de cada club medido, durante el periodo de septiembre – octubre. Las mediciones fueron realizadas en los horarios de entrenamiento, entre las 15:00 y 17:00 horas. En todas las mediciones los sujetos utilizaron vestimenta deportiva (pantalón corto, camiseta y botín). Las evaluaciones de campo, fueron llevadas a cabo sobre el terreno de juego. Los sujetos no realizaron ejercicio físico intenso 48 horas previas a las evaluaciones.

Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 505 varones. Todos los sujetos eran jugadores de fútbol federados pertenecientes al Alto Valle de Río Negro y Neuquén y se encontraba durante el periodo de temporada (torneo). Solo fueron incluidos aquellos sujetos que tenían las siguientes características; a) tener al menos 6 meses de participación en la actividad, b) no tener ninguna lesión neuromuscular y/o cardiorrespiratoria, c) ser mayor de 11,0 años y menor de 17,0 años, d) tener experiencia en las pruebas de velocidad y e) experiencia en el entrenamiento de la velocidad. Todos los sujetos recibieron una explicación clara del estudio, incluyendo los riesgos y beneficios de la participación. Se obtuvo el consentimiento informado por los padres, al ser menores de edad. Además, el estudio estuvo avalado y aprobado por LIFUNE (Liga de fútbol de Neuquén). Para el análisis fueron divididos en 6 grupos teniendo en cuenta la edad decimal; grupo 1 (entre 11,0-11,9 años), grupo 2 (entre 12,0-12,9 años), grupo 3 (entre 13,0-13,9 años), grupo 4 (entre 14,0-14,9 años), grupo 5 (entre 15,0-15,9 años) y grupo 6 (entre 16,0-16,9 años).

Evaluaciones

Antropometría: Se midió la masa corporal (MC) y la estatura de pie (EP). Las mediciones fueron llevadas a cabo, según las normas de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)¹³. Se calculó Índice de Masa Corporal (IMC kg/m²) dividiendo el peso corporal del sujeto por su estatura expresada en metros al cuadrado.

Equipamiento

Se utilizaron tres pares de lámparas de haz de sincronización por infrarrojos (Equipo Winlaborat con velocidad de muestreo de 14 us de fotocélulas y tasa de muestreo de software de 1.000 hz, Argentina) con una altura de haz de 0,9 m del suelo se colocaron 0,0 m, 10,0 m y 30,0 m de la línea de salida. El terreno sobre el cual se realizaron las pruebas era césped y todos los sujetos utilizaron botines deportivos.

Procedimientos

Luego de las mediciones antropométricas los participantes completaron un calentamiento general que constó de 10 minutos de trote ligero y el estiramiento dinámico. Luego se realizó un calentamiento con ejercicios específicos para la prueba de velocidad.

Los sujetos se colocaron detrás de la línea de salida y del haz de la lámpara inicial, para evitar cualquier movimiento extraño de forma prematura pueda romper el haz a 50 cm. La posición fue parada, con un pie adelante y el otro atrás (*Split start*) como lo recomienda la bibliografía¹⁰. En el comando "Ya", los sujetos comenzaron a correr. Se les instruyó para que corrieran lo más rápidamente posible a lo largo de la distancia de 30 metros. La velocidad fue medida con una precisión de 0,01 segundos, tomándose el valor más rápido de dos intentos. Entre los intentos los sujetos descansaron entre 5 y 7 minutos.

Las distancias de 10 m y 30 m, han mostrado ser válidos¹⁶, fiable¹⁷ ($r=0,90$ y $0,95$) al igual que el error técnico de medición (1,3% y 0,5%) respectivamente¹⁸.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico IBM; SPSS 18.0. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el test de Levene para corroborar la presencia de normalidad y homocedasticidad en la muestra de estudio. Luego se aplicó estadística descriptiva para el cálculo de frecuencias, media, desviación estándar, valor máximo y mínimo. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre el MC, EP, IMC y el tiempo empleado en el test de 30 metros se utilizó la prueba ANOVA one way. Para la diferencia entre los promedio de los grupos se aplicó la prueba Scheffé. La relación entre las diferentes fases de velocidad fue calculada usando el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando el siguiente criterio: 0,1 muy baja; 0,1-0,3, baja; 0,3-0,5, moderada; 0,5-0,7, buena; 0,7-0,9, muy buena; y 0,9-1,0, perfecta¹⁴. En todos los casos se aceptó un nivel alfa $p<0,05$.

Resultados

En la Tabla 1 se pueden observar las características antropométricas de la muestra distribuidos por edades y el tiempo empleado en el test de 30 metros.

En las medidas antropométricas se encontraron diferencias entre los grupos.

La MC del grupo 1 fue significativamente inferior con respecto a los grupos 3, 4, 5 y 6. El grupo 2 fue significativamente inferior con respecto a los grupos 4, 5 y 6. El grupo 3 fue significativamente inferior con respecto a los grupos 5 y 6. No se observaron diferencia en la MC entre los grupos 4, 5 y 6.

La EP del grupo 1 fue significativamente inferior con respecto a todos los grupos. El grupo 2 fue significativamente inferior con respecto a los grupos 3, 4, 5 y 6 y superior con respecto al grupo 1. El grupo 3 fue significativamente inferior con respecto a los grupos 4, 5 y 6 y superior con respecto al grupo 1 y 2. No se observaron diferencia en la EP entre los grupos 4, 5 y 6.

En el IMC solamente fue diferente estadísticamente significativa entre el grupo 1 y 6.

En la Figura 1 se muestran los tiempos empleados en el tramo de 0,0 a 10,0 metros (A), el tramo de 10,0 a 30,0 metros (B) y el tramo de 0,0 a 30,0 metros en los diferentes grupos.

En la Tabla 2 se muestran las correlaciones obtenidas en las diferentes fases del sprint de 30 metros.

En la Figura 2 se puede observar la representación porcentual de la velocidad máxima alcanzada en cada grupo, tomando como referencia el grupo de mayor edad. Las curvas pertenecen a la velocidad máxima de ambos segmentos (0-10m y 10-30m).

La Tabla 3, se construyó utilizando los siguientes cuartiles, siendo el cuartil 0-25; bajo rendimiento, 26-50; rendimiento bajo-moderado, 51-75; rendimiento moderado-alto y 76-100; rendimiento alto. Esta tabla tiene como objetivo, brindarle al preparador físico, marcas de referencias para valorar a sus deportistas.

Discusión

Por primera vez, fueron medidos con el test de 30 metros, una gran cantidad de jóvenes futbolistas patagónicos, en ambos segmento; velocidad de aceleración (0-10 m) y velocidad máxima (10-30 m).

Tabla 2. Correlaciones entre las dos fases del sprint de 30 metros, en los diferentes grupos de edad.

Grupos	Fases	10-30 m	0-30 m
11 a 11,9 años	0-10 m	r = 0,83	r = 0,92
12 a 12,9 años	0-10 m	r = 0,74	r = 0,88
13 a 13,9 años	0-10 m	r = 0,78	r = 0,91
14 a 14,9 años	0-10 m	r = 0,65	r = 0,86
15 a 15,9 años	0-10 m	r = 0,68	r = 0,88
16 a 16,9 años	0-10 m	r = 0,48	r = 0,77

Tabla 1. Características antropométricas de los jugadores juveniles y el tiempo empleado en la prueba de 30 metros.

Grupos Muestra	Edad (años)	MC (Kg)	EP (cm)	IMC (kg·m ²)	Tiempo empleado (s)			Velocidad (km/h) *		
					0 a 10m	10 a 30m	0 a 30m	0 a 10m	10 a 30m	0 a 30m
G1 (n=28)	11,5±0,3	44,3±12,1	148,1±7,6	19,8 ± 3,7	2,15±0,13	3,33±0,25	5,48±0,36	16,8±1,0	21,7±1,6	19,7±1,2
G2 (n=106)	12,5±0,3	49,4±10,2	155,2 ± 9,0	20,4 ± 3,3	2,04±0,16	3,13±0,29	5,17±0,42	17,7±1,4	23,2±2,0	21,0±1,7
G3 (n=138)	13,4±0,3	53,8±11,9	161,5 ± 8,7	20,4 ± 3,4	1,99±0,16	2,95±0,30	4,94±0,44	18,2±1,5	24,6±2,4	22,0±1,9
G4 (n=85)	14,5±0,3	59,7±10,7	168,6 ± 7,0	21,0 ± 2,9	1,90±0,13	2,74±0,20	4,64±0,29	19,0±1,3	26,4±1,8	23,3±1,4
G5 (n=81)	15,6±0,3	63,7±12,7	170,9 ± 6,4	21,5 ± 3,9	1,86±0,12	2,70±0,18	4,56±0,28	19,5±1,3	26,9±1,7	23,9±1,4
G6 (n=67)	16,4±0,3	63,8±7,8	171,0 ± 6,3	21,9 ± 2,5	1,82±0,10	2,60±0,16	4,42±0,22	19,7±1,0	27,5±1,6	24,3±1,2

MC: Masa corporal. EP: estatura de pie con el sujeto descalzo. IMC: índice de masa corporal. m: metros. s: segundos.

*La velocidad fue calculada; distancia/tiempo empleada.

Figura 1. Tiempo empleado en los diferentes segmentos según la edad, A; segmento 0-10 m, B; segmento 10-30 m, C; segmento 0-30 m.

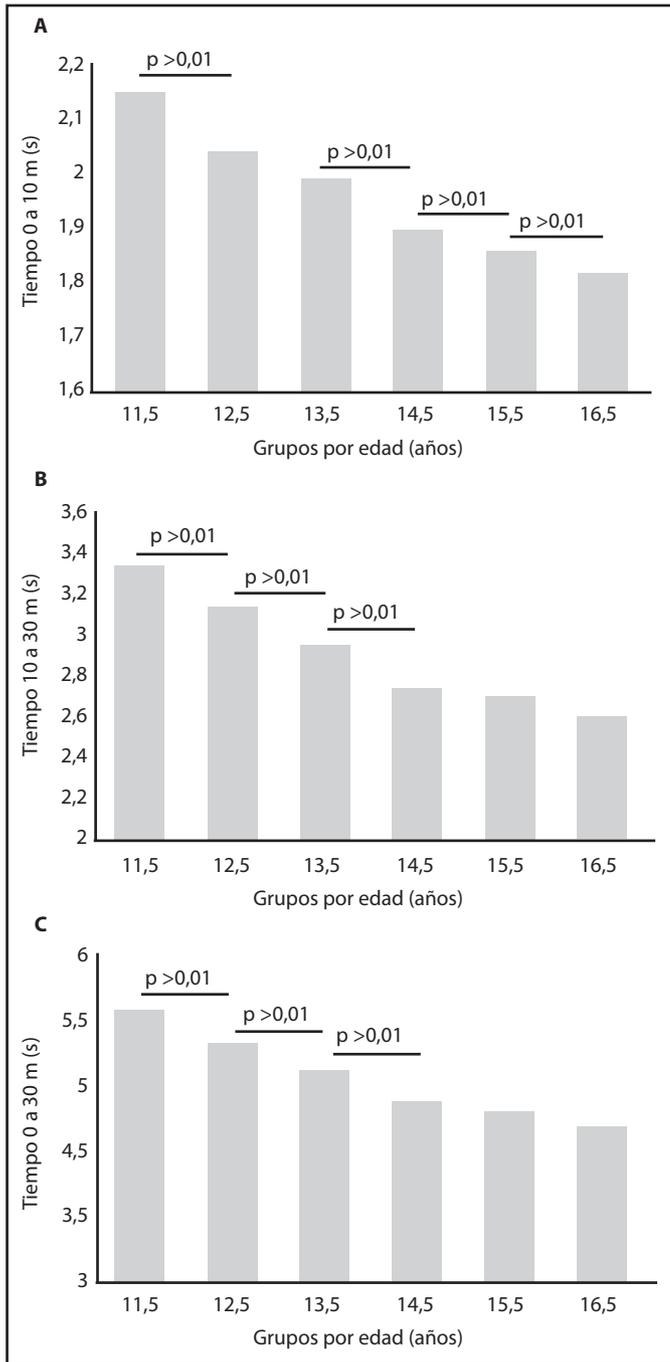


Figura 2. Evolución de la velocidad, de acuerdo a la edad.

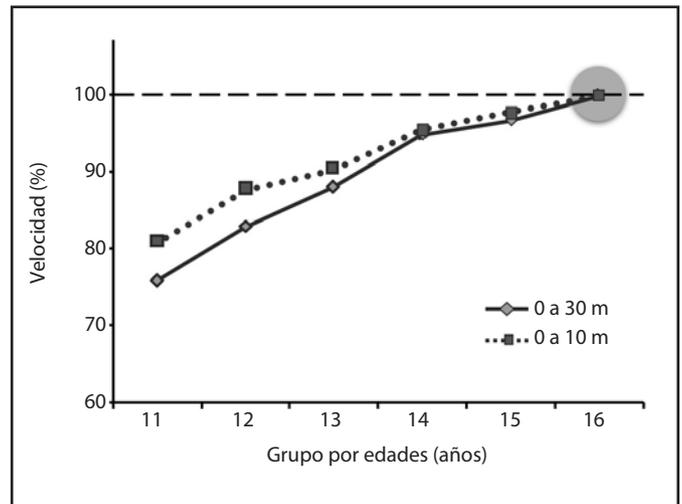
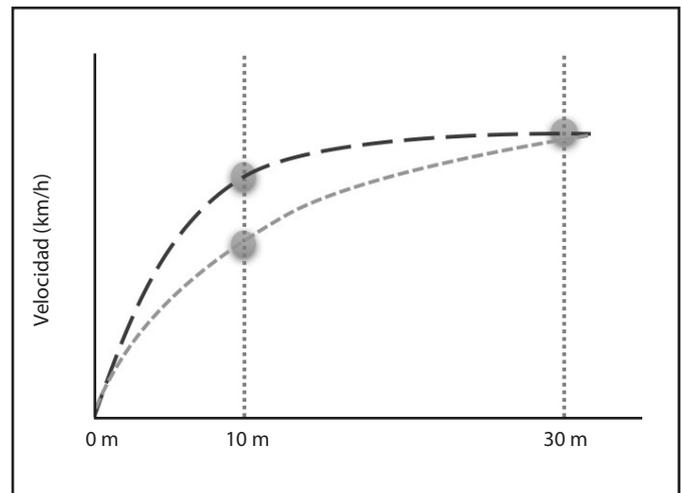


Figura 3. Ejemplo de dos casos del estudio, que tienen mismo tiempo empleado en los 30 metros, pero diferentes tiempos en el segmento 0-10m.



empleados en los segmentos: 0-20 m, 0-10 m, y 10-20 m. En la medida que se incrementaba la edad, disminuía el tiempo empleado, en todos los segmentos, significativamente.

Bucheitt *et al*¹¹ aplicaron un esprint de 40 metros en futbolistas jóvenes entre 13 y 18 años de edad⁴. Compararon, entre los grupos, la velocidad de aceleración (segmento 0-10 m) y la velocidad máxima (localizándolo en algunos de los otros segmentos (10-20, 20-30 y 30-40)). En la medida que la edad se incrementaba, disminuía el tiempo empleado en ambas fases; aceleración y máxima, aunque estas fueron significativas entre los 13 y 15 años. Meyers *et al*, evaluaron la velocidad máxima, con un esprint de 30 metros en escolares entre 11 y 15 años de edad¹⁸. Del mismo que los demás estudios, encontraron que, a medida que la edad se incrementaba, la velocidad era mayor entre los grupos, aunque solo fueron significativos entre los 11 y 14 años. Las diferencias

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que los sujetos de mayor edad, en promedio, recorrieron la distancia de 30 m en menor tiempo, aunque solo variaron significativamente entre los 11,5 a 14,5 años ($p > 0,01$). Este hallazgo es similar a otros estudios. Mathisen y Pettersen aplicaron un esprint de 20 metros en futbolistas jóvenes entre 10 y 16 años¹⁵. Compararon entre las edades, los tiempos

Tabla 3. Propuesta para valorar el rendimiento en los 2 segmento del sprint de 30 metros.

Edad (años)	Tiempo empleado 0 a 10 metros (s)			
	Bajo	Bajo-Mod	Mod-Alto	Alto
11	≥ 2,24	2,23 - 2,14	2,13 - 2,09	≤ 2,08
12	≥ 2,15	2,14 - 2,03	2,02 - 1,93	≤ 1,92
13	≥ 2,10	2,09 - 1,98	1,97 - 1,89	≤ 1,88
14	≥ 2,0	1,99 - 1,90	1,90 - 1,83	≤ 1,82
15	≥ 1,93	1,92 - 1,85	1,84 - 1,77	≤ 1,76
16	≥ 1,90	1,89 - 1,84	1,83 - 1,78	≤ 1,77

Edad (años)	Tiempo empleado 10 a 30 metros (s)			
	Bajo	Bajo-Mod	Mod-Alto	Alto
11	≥ 3,49	3,48 - 3,32	3,31 - 3,17	≤ 3,16
12	≥ 3,30	3,29 - 3,09	3,08 - 2,94	≤ 2,93
13	≥ 3,10	3,09 - 2,92	2,91 - 2,76	≤ 2,75
14	≥ 2,84	2,83 - 2,71	2,70 - 2,61	≤ 2,60
15	≥ 2,79	2,78 - 2,67	2,66 - 2,56	≤ 2,55
16	≥ 2,71	2,70 - 2,60	2,59 - 2,53	≤ 2,52

fueron atribuidas a la longitud de zancada, la frecuencia de pasos y el tiempo de contacto en el piso, descartando el tiempo de vuelo ya que no se observaron diferencias en ningún grupo.

Para comprender mejor las discrepancias encontradas entre las edades, en la figura 2 se han expuesto las diferencias expresadas en valores porcentuales, tomando como valor de referencia (100%) la velocidad obtenida por el grupo de mayor edad (grupo 6). La velocidad alcanzada en los 30 metros del grupo de 15 años representa el 96,8%, el grupo de 14 años el 95,0%, el grupo de 13 años el 88,2%, el grupo de 12 años el 83,0% y el grupo de 11 años el 76,5%. Esta misma tendencia se observa para los valores medidos en el segmento 0,0 a 10,0 metros (VA): para el grupo de 15 años representa el 97,8%, el grupo de 14 años 95,6%, el grupo de 13 años 90,6%, el grupo de 12 años 87,0% y el grupo de 11 años 81,2%. Papaiaikovou *et al*¹⁹ encontraron valores porcentuales similares a nuestro estudio en jóvenes escolares¹⁹. Los autores encontraron que en los niños de 11 años, la velocidad obtenida en el segmento 0-30 metros, representaba el 85% de la velocidad de los jóvenes de 18 años, y esta iba en aumento, alcanzando el 98% a los 16 años y el 100% a los 18 años. A modo de resumen, en la medida en que los jóvenes crecen, disminuye el tiempo empleado en ambas fases del test, producto de su maduración biológica: aumento de la masa muscular, disminución del tejido adiposo, aumento de la fuerza muscular, aumento de las hormonas masculinas, aumento de la longitud de zancada, aumento de la altura del salto y longitud del salto en largo, mejora de la eficiencia mecánica, entre otras, aun cuando no estén bajo un programa de entrenamiento^{6,18,20-26}. Por lo tanto, si el interés es monitorear y/o mejorar la velocidad en etapas formativas, el preparador físico debería tener en cuenta otras variables en forma conjunta para una correcta interpretación integral del rendimiento en sus deportistas.

Otro punto a discutir son las correlaciones obtenidas entre los segmentos 0-10 y 0-30 metros. Los que son más veloces en los primeros 10 metros, también lo son a los 30 metros (rango entre $r=0,92$ a $r=0,77$). Sin embargo, esto no ocurre del mismo cuando se correlacionan los segmentos por separado, 0-10 y 10-30. La correlación disminuye considerablemente (de $r=0,83$ a $r=0,48$) a medida que los jóvenes crecen. El sujeto que es más veloz en los primeros 10 metros, no necesariamente es el más veloz en el segmento 10-30 metros. Uno de los motivos se debe a la capacidad de aceleración que tiene cada jugador y el momento pico en que se alcanza la máxima velocidad de carrera en este segmento⁶. Cuanto menor sea el tiempo de duración del pie en el piso, menor será el tiempo que tarda en recorrer los primeros 10 metros⁶. Para comprender mejor el concepto mencionado, en la Figura 3 se exponen 2 casos que obtienen la misma velocidad final a los 30 metros, pero que aceleran de forma diferente. Este es el principal motivo por el cual no hay una fuerte relación entre los segmentos medidos.

A diferencia del atletismo, en este deporte es importante conocer la calidad que tienen los futbolistas para acelerar en distancias cortas, ya que la mayoría de las situaciones se resuelven en distancias menor a 30 metros^{1,26}. Por este motivo Anselmi⁶ propone filmar durante la evaluación con las fotocélulas los primeros 3 pasos o, en lo posible, filmar todos los pasos en el segmento de 0-10 metros⁶. Esto discriminaría mejor el segmento de los 10 metros.

Para finalizar, queremos destacar dos limitaciones: 1) no se evaluó maduración biológica (estadios de Tanner) y 2) no se diferenciaron los puestos. Si bien esto puede influir en los resultados, las federaciones y asociaciones de fútbol organizan las categorías en función de la edad cronológica, siendo esta la realidad que atraviesan los preparadores físicos. Futuras investigaciones deben confirmar los resultados obtenidos en futbolistas de otras regiones o provincias.

Conclusiones

Los jóvenes de mayor edad, en promedio, recorrieron la distancia de 30 metros en menor tiempo, aunque solo variaron significativamente entre los 11,5 a 14,5 años ($p > 0,01$). Durante la fase de aceleración (0 a 10 m) se observó la misma tendencia, siendo significativamente en todas las edades, a excepción la de 12,5 años ($p > 0,01$).

Aplicación práctica

La Tabla 3, puede ser utilizada, para evaluar ambas fases de la velocidad, en poblaciones que cumplan características similares.

Agradecimientos

A la Liga de Fútbol de Neuquén y su Presidente Luis Sánchez. A Mauricio Serenelli, que facilitó la gestión del proyecto. A los futbolistas que participaron amablemente. A los Docentes Nérida de Paredes Natasha Reyes y Agustín Serenelli.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 2007;28:222-7.
- Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med.* 2007;28:1018-24.
- Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations. *J Sport Sci.* 2012;30:1-7.
- Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Bourdon PC. Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med.* 2010;31:818-25.
- Rumpf MC, Cronin JB. Assessing youth sprint ability: methodological issues, reliability and performance data. *Ped Exe Sci.* 2011;23:442-67.
- Anselmi HE. Capítulo 7. Fuerza rápida, fuerza reactiva y velocidad. Cantidad de calidad. *El arte de la preparación física.* Ed. Personal. 2011;179-226.
- García GC, Secchi JD, Santander MD. *Utilización del trineo en el rugby.* EFD. 2005.
- Moran J, Parry DA, Lewis I, Collison J, Rumpf MC, Sandercock GRH. Maturation-related adaptations in running speed in response to sprint training in youth soccer players. *J Sci Med Sport.* 2018;21:538-42.
- Zafeiridis A, Saraslanidis P, Manou V, Ioakimidis P, Dipla K, Kellis S. The effects of resisted sledpulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005; 45:284-90.
- Bua N, Rodríguez AV, García GC. Perfil funcional y morfológico en jugadores de fútbol amateur de Mendoza, Argentina. *Apunts Med Esport.* 2013;48:89-96.
- Buchheit M, Simpson BM, Peltola E, Mendez-Villanueva A. Assessing maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Int J Sport Physiol Perform.* 2012;7:76-8.
- FIFA. Big Count. 2011.
- Steward L, Maefell-Jones M, Olds T, Ridder H. *International standards for anthropometric assessment.* International society for the advancement of kinanthropometry. International society for the advancement of kinanthropometry, New Zealand, 2011.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;41:3-13.
- Mathisen G, Pettersen SA. Anthropometric factors related to sprint and agility performance in young male soccer players. *J Sports Med.* 2015;5337-42.
- Altmann S, Ringhof S, Neumann R, Woll A, Rumpf MC. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PLoS One.* 2019;14(8):e0220982.
- Darren JP, Nassis GP. Physical fitness testing in youth soccer: issues and considerations regarding reliability, validity and sensitivity. *Pediatr Exerc Sci.* 2015;27:301-13.
- Meyer RW, Oliver JL, Michael G, Hughes MG, Cronin JB, Lloyd RS. Maximal sprint speed in boys of increasing maturity. *Ped Exer Sci.* 2015;27:85-94.
- Papaikovou. The effect of chronological age and gender on the development of sprint performance during childhood and puberty. *J Strength Cond Res.* 2009;23:2568-73.
- Mero A, Kahuanen K, Peltola E, Vuorimaa T, Komi P. Physiological performance capacity in different prepubescent athletic. *J Sport Med Phys Fitness.* 1990;30:57-66.
- Oliver JL, Lloyd RS, Rumpf MC. Developing speed throughout childhood and adolescence: the role of growth, maturation and training. *Stren Cond J.* 2013;35:42-8.
- Meylan CMP, Cronin JB, Oliver JL, Hopkins WG, Contreras B. The effect of maturation on adaptations to strength training and. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24:156-64.
- Asadi A, Ramirez-Campillo R, Arazi H, Sáez de Villarreal E. The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *J Sports Sci.* 2018;36:2405-11.
- Van Praagh E, Dore E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med.* 2002;32:701-28.
- Secchi JD, García GC, España-Romero V, Castro-Piñero J. Physical fitness and future cardiovascular risk in Argentine children and adolescents: an introduction to the ALPHA test battery. *Arch Argent Pediatr.* 2014;112:132-40.
- Katch V. Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care.* 1983;3:241-6.

¿Es la ultradistancia saludable? estudio descriptivo observacional de una cohorte de corredores de ultradistancia

Inhar Esnaola¹, Ricardo Palenzuela², Maite Urcelay², Nerea Sarriegi², José I. Martín³, Haritz Esnal^{1,2}

¹Facultad de Medicina y Enfermería UPV/EHU. Guipúzcoa. ²Hospital Universitario de Donostia, Osakidetza. Guipúzcoa. ³Facultad de Informática UPV/EHU. Guipúzcoa.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00084

Recibido: 11/05/2021

Aceptado: 22/03/2022

Resumen

Objetivo: Describir las características físicas y fisiológicas de un grupo de corredores de ultradistancia, comparar sus hábitos de entrenamiento con las directrices establecidas por la OMS y estudiar las posibles consecuencias lesivas del alto volumen de ejercicio físico realizado.

Material y método: Muestra compuesta por corredores que repitieron participación en las carreras de ultradistancia Ehunmilak de 2017 y 2018. Se analizaron datos recogidos mediante los informes médicos de la carrera y un cuestionario creado específicamente para este estudio. Para el análisis de variables, se utilizaron las pruebas de U de Mann-Whitney y Chi-cuadrado, con un intervalo de confianza del 95%. Un valor de $p < 0,05$ fue considerado estadísticamente significativo.

Resultados: Se observó baja prevalencia de varios factores de riesgo conocidos (HTA 1,8%, DM 0%, dislipemia 0-1,8%, tabaquismo 5,3-10,5%, sobrepeso 17,5%). Durante los dos últimos años, el 0% sufrió lesiones cardiovasculares y el 52,6% lesiones musculoesqueléticas. Los exámenes médicos son realizados con frecuencia, cada año por el 91,2%. El 72% cumplió con las últimas recomendaciones de la OMS en cuanto a volumen de ejercicio físico. Por último, no se encontró relación entre los parámetros que indican gran volumen de ejercicio físico y el resultado del ECG. Lo mismo ocurrió con las lesiones musculoesqueléticas, aunque en este caso se observaron relaciones significativas con el IMC ($p=0,004$) y la intensidad del entrenamiento ($p=0,009$).

Conclusiones: Se observó que el grupo de corredores estudiado goza de buena salud y que sus hábitos de entrenamiento son correctos, acorde a las últimas recomendaciones de la OMS. Además, sus características y hábitos de entrenamiento no mostraron relación con el riesgo de desarrollar un ECG patológico o de sufrir lesiones musculoesqueléticas, exceptuando la relación significativa que mostraron el IMC y la intensidad del entrenamiento con estas últimas.

Palabras clave:

Correr. Entrenamiento de resistencia.
Lesiones deportivas.
Electrocardiografía.
Medicina deportiva.

Is ultradistance healthy? a descriptive observational study of a cohort formed by ultradistance runners

Summary

Objective: To describe the physical and physiological characteristics of a group formed by ultra-distance runners, to compare their training habits with the guidelines established by the WHO and to study the possible harmful consequences of the high volume of physical activity performed.

Material and method: The sample was formed by runners who repeated their participation in the "Ehunmilak" ultra-distance race in 2017 and 2018. Data collected through the medical certificates of the race and an own questionnaire were analyzed. For the analysis of variables, the Mann-Whitney U and Chi-square tests were used, with a 95% confidence interval. A value of $p < 0.05$ was considered statistically significant.

Results: A low prevalence of several well known risk factors was observed (HT 1.8%, DM 0%, dyslipidemia 0-1.8%, smoking 5.3-10.5%, overweight 17.5%). During the last two years, 0% suffered cardiovascular injuries and 52.6% suffered musculoskeletal injuries. Medical examinations were performed frequently, each year by 91.2%. 72% complied with the latest WHO recommendations regarding volume of physical activity. Finally, no relationship was found between the parameters that indicate a high volume of physical exercise and the ECG result. The same occurred with musculoskeletal injuries, although in this case significant relationships were observed with BMI ($p = 0.004$) and training intensity ($p = 0.009$).

Conclusions: It was observed that the group of runners studied is in good health and that their training habits are correct, according to the latest WHO recommendations. In addition, their characteristics and training habits did not show a relationship with the risk of developing a pathological ECG or suffering musculoskeletal injuries, except for the significant relationship that BMI and training intensity showed with the latter.

Key words:

Running. Resistance training.
Athletic injuries.
Electrocardiography.
Sports medicine.

Correspondencia: Inhar Esnaola

E-mail: inharesba@gmail.com

Introducción

La inactividad, el sedentarismo y la baja forma física se consideran factores de riesgo fuertes e independientes para la mortalidad por cualquier causa, patología cardiovascular o cáncer; llegando a presentar riesgos estimados similares a otras entidades bien definidas como el tabaquismo, la hipertensión arterial (HTA), la hiperglucemia en ayunas o el índice de masa corporal (IMC) elevado^{1,2}.

Por consiguiente, la práctica de la actividad física aporta innegables beneficios para la salud: disminuye la mortalidad por cualquier causa; la letalidad e incidencia de enfermedades cardiovasculares y numerosos cánceres; así como de la HTA y la diabetes *mellitus* (DM)²⁻⁷. También ha demostrado tener beneficios para la salud mental, reduciendo la ansiedad y la depresión, mejorando la función cognitiva y el riesgo de sufrir demencia^{3,8,9}.

No obstante, algunas disciplinas deportivas como las ultramaratonnes ponen de manifiesto la necesidad de indagar acerca de los límites del exceso de ejercicio físico. La ultramaratón, carrera que sobrepasa los 42 Km de la maratón, es una disciplina que en los últimos años ha experimentado un gran crecimiento de eventos, y por consiguiente, de participantes¹⁰. Un ejemplo de ello es que solo en Norte América se pasó de 2 carreras de este tipo en 1979 a más de 50 en 2008.

Distintos estudios avalan que los individuos capaces de realizar una carrera de este calibre están más sanos que la población general y tienen menos necesidad de atención médica. Excluyendo el asma y las alergias, sufren menos enfermedades crónicas (cáncer, enfermedades coronarias, infartos, DM y SIDA entre otros), las tasas de absentismo laboral son menores y requieren menor uso del sistema sanitario¹⁰⁻¹².

A pesar de ello, esta práctica deportiva extrema también conlleva riesgos. A corto plazo, el estrés sufrido por el organismo durante la carrera tiene como consecuencia una reacción de fase aguda¹³, aunque la mayoría de cambios sean transitorios¹⁴. Las alteraciones musculoesqueléticas¹⁵⁻¹⁷, digestivas¹⁸⁻²² y dermatológicas^{22,23} son habituales; pero también se presentan anomalías a nivel cardiovascular^{24,25}, renal^{15,26}, hepático^{27,28} o sanguíneo^{29,30}.

Aun así, las que causan mayor preocupación son los posibles daños a largo plazo, siendo una vez más el aparato locomotor uno de los más afectados debido a la gran carga soportada por huesos y articulaciones, aumentando el riesgo de osteoartritis³¹⁻³³ o fracturas de estrés entre otros³³. También merecen una mención especial la "triada de la atleta femenina"^{34,35}, el asma³⁶ y las alergias³⁷. Sin embargo, las que mayor interés han suscitado han sido las lesiones cardiovasculares, dado que últimamente se ha propuesto una relación dosis-respuesta en forma de "U" entre la intensidad del ejercicio físico y la morbilidad cardiovascular³⁸, siendo una de las teorías más aceptadas la existencia de una asociación directa entre el ejercicio físico extremo y la fibrilación auricular (FA)³⁹⁻⁴¹, aunque también existen otros estudios que han propuesto una relación en forma de "J" entre el volumen de la actividad física y el riesgo de FA^{42,43}. Por otra parte, se ha descrito que los deportistas que llevan muchos años practicando deportes de resistencia tienen mayor prevalencia de placas ateroscleróticas en las arterias, aunque estas sean de un perfil de riesgo más bajo^{44,45}.

En este sentido, dada la creciente importancia de esta disciplina deportiva y la necesidad de seguir investigando entorno a ella, este estudio se propuso describir las características físicas y fisiológicas de un grupo de corredores de ultradistancia, establecer si sus hábitos de entrenamiento pueden ser considerados saludables y por último estudiar las posibles consecuencias lesivas del alto volumen de ejercicio físico realizado.

Para poder discernir si dichos hábitos de entrenamiento son saludables se tomaron como referencia las últimas recomendaciones de la OMS, publicadas a finales del 2020³. En ellas, se recomienda en caso de los adultos sanos (18-64 años), un mínimo de 150-300 minutos de actividad física aeróbica moderada, un mínimo de 75-150 minutos de actividad física aeróbica intensa o una combinación equivalente entre ellas a la semana. Aun así, en las mismas recomendaciones se especifica haberse constatado una reducción de la mortalidad por cualquier causa con una actividad física moderada-intensa de hasta 750 minutos a la semana, límite que se ha considerado para establecer si el volumen de entrenamiento sigue siendo saludable.

Material y método

Se trata de un estudio descriptivo observacional de una cohorte de corredores de ultradistancia. La muestra se compuso por individuos que repitieron participación durante dos años consecutivos (2017-2018) en la carrera *Ehunmilak Ultra Trail*; una carrera de ultrafondo de montaña que rodea distintas poblaciones de Gipuzkoa, con un recorrido circular de 172 Km con 11.000 metros de desnivel positivo acumulado. El tamaño de la muestra consistió en 57 participantes, con un nivel alfa definido en 0,05 y un poder estadístico del 95%.

Los criterios de inclusión para poder ser incluido en la selección de la muestra fueron los siguientes: haber participado en las pruebas *Ehunmilak* tanto del 2017 como del 2018; presentar el informe médico de la carrera firmado como apto por un médico junto a un electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones en reposo; haber firmado el permiso pertinente para el uso en investigación de los datos facilitados a la organización de la carrera y haber cumplimentado adecuadamente el cuestionario recibido por *mail*.

El trabajo fue aceptado por el comité ético de investigación del Hospital Donostia además de cumplir con la ley de protección de datos en vigor. La transferencia de los datos por parte de la organización de la prueba de ultradistancia *Ehunmilak* ha mantenido en todo momento el anonimato de los participantes en el estudio, siendo codificado cada participante con códigos alfanuméricos.

El informe médico consiste en un impreso con diferentes apartados a rellenar. Además de los datos administrativos pertinentes, deben aportar información sobre los siguientes parámetros: alergias, HTA, DM, dislipemias, hábitos tabáquicos, peso, altura, antecedentes familiares de cardiopatía isquémica, antecedentes de síncope por ejercicio físico, otras enfermedades, tratamiento habitual, frecuencia cardíaca y tensión arterial en reposo. Además, es opcional pero recomendable proporcionar información sobre la realización de ecocardiograma y prueba de esfuerzo. Dicho informe debe ir acompañado de un ECG de 12 derivaciones realizado en reposo.

El cuestionario enviado a los participantes se solicitaba información sobre la experiencia deportiva (primera participación en una ultramaratón, número de participaciones en total, cuántas de ellas ha logrado finalizar y si sigue realizando ejercicio físico actualmente), hábitos de entrenamiento (semanas de descanso al año, horas de entrenamiento total a la semana, horas de entrenamiento puramente aeróbico a la semana, proporción del entrenamiento semanal realizado por encima del umbral anaeróbico, entrenamiento complementario de fuerza u otro tipo, realización de estiramientos y fisioterapia), exámenes médicos (frecuencia con la que se realizan un chequeo médico, ECG de reposo, ECG de esfuerzo y ecocardiograma) y lesiones músculo-esqueléticas y cardiovasculares sufridas durante los últimos dos años (2019-2020).

El análisis estadístico de los datos recogidos se realizó mediante el programa informático SPSS Statistics versión 25. Para el análisis de las variables numéricas se utilizaron procedimientos de estadística descriptiva (cálculo de medidas de tendencia central y de dispersión y cálculos de frecuencias). Posteriormente, se analizaron las variables cuantitativas y su asociación mediante el test U de Mann-Whitney y las variables categóricas y su asociación mediante Chi cuadrado. Un valor de $p < 0.05$ fue considerado estadísticamente significativo para todos los análisis.

Resultados

Se reclutaron 113 pacientes que cumplían los criterios para recibir el cuestionario por mail. Se obtuvieron 68 respuestas al mismo y 11 fueron excluidas por cumplimentación inadecuada. Finalmente, 57 pacientes fueron incluidos en el estudio, de los cuales 53 fueron hombres y 4 mujeres. El integrante promedio de la muestra se asemejó al perfil de

corredor sano descrito en otros trabajos¹⁰⁻¹²: 43.96 años, peso normal con un índice de masa corporal (IMC) de 23.31, 53 lpm y tensión arterial de 120/70. En la Tabla 1 se muestra la distribución de las variables numéricas en la muestra de estudio.

En la Tabla 2 se presentan las variables categóricas, comparando las de los años 2017 y 2018, y se muestran los resultados del cuestionario realizado el año 2020. En cuanto a los datos del informe médico, se observó poca variabilidad de un año a otro, con pequeños cambios en la prevalencia de alergias, tabaquismo, dislipemias o sobrepeso entre otros. Los hábitos de entrenamiento mostraron que la mayoría descansa ≤ 4 semanas al año (56,1%) y entrena entre 8-13 h semanales (59,7%), siendo habitual el entrenamiento cruzado (56,1% bicicleta, 63,2% fuerza y 61,4% estiramientos). Además, se observó gran tendencia a realizar chequeos médicos, pues la mayoría realiza un examen médico (91,2%), ECG de reposo (70,2%) y prueba de esfuerzo (70,2%) anualmente.

Ningún integrante de la muestra refirió haber sufrido lesiones cardiovasculares durante los dos últimos años. Por ello, se utilizaron los cambios electrocardiográficos para estudiar la relación de las diferentes variables con un posible daño cardiológico. Aunque en un principio los cambios en el ECG se recogieron en tres categorías (normal, alteraciones fisiológicas causadas por el ejercicio físico y patológico), se redujeron a dos categorías para realizar las asociaciones (normal y patológico). Para identificar los ECG patológicos se tuvieron en cuenta las directrices propuestas por el consenso internacional para la interpretación del ECG del deportista, fruto del consenso de expertos en cardiología y medicina del deporte reunidos en febrero de 2015 en Seattle (Estados Unidos)⁴⁶. De este modo, tal y como se recoge en la Tabla 3, mediante el test de U de Mann-Whitney no se observó relación entre las distintas variables y el ECG. No obstante, la relación entre el número de participaciones

Tabla 1. Distribución de las variables numéricas en la muestra de estudio.

Certificado médico						
Variables	N	N*	Media±DE	Mediana	Min.	Max.
Edad actual (años)	57	0	43,96±8,63	44	29	67
Peso (Kg)	57	0	71,18±8,4	73	47	86
Altura (cm)	57	0	174,6±7,59	174	155	193
IMC(Kg/m ²)	57	0	23,31±2,04	22,91	18,94	29,41
FC en reposo (lpm)	57	0	53,72±9,67	53	32	78
TAS (mmHg)	57	0	120,14±11,24	120	90	155
TAD (mmHg)	57	0	71,86±8,61	70	55	90
Cuestionario						
Variables	N	N*	Media±DE	Mediana	Min.	Max.
Primera participación	57	0	2015±2,43	2016	2010	2017
Participaciones en UM	57	0	5,02±3,28	4	0	14
UM finalizadas	57	0	3,46±3,34	2	0	13
Descanso (semanas/año)	55	2	5,44±4,73	4	0	20
Entrenamiento semanal sobre el UA (%)	48	9	14,88±10,63	11	0	50
Reposo por lesiones musculoesqueléticas (semanas/año)	32	25	3,87±5,51	2	0	20
Reposo por lesiones cardiovasculares (semanas/año)	57	0	0±0	0	0	0

IMC: índice de masa corporal; FC: frecuencia cardíaca; TAS: tensión arterial sistólica;

TAD: tensión arterial diastólica; UM: ultra maratón; UA: umbral anaeróbico; N: casos válidos;

N*: casos no válidos; DE: desviación estándar

Tabla 2. Distribución de las variables cualitativas (2017-2018) y resultados del cuestionario (2020).

Año	Certificado médico				Cuestionario		
	2017		2018		2020		
Variables	N	%	N	%	Variables	N	%
Sexo					Participaciones		
Hombre	53	93	53	93	1-4	32	56,1
Mujer	4	7	4	7	5-9	19	33,3
Grupos de edad					≥10	6	10,5
<30	3	5,3	0	0	Deporte en la actualidad		
30-39	16	28,1	17	29,8	Sí	57	100,0
40-49	26	45,6	24	42,1	No	0	0,0
50-59	9	15,8	13	22,8	Disminución por salud		
≥60	3	5,3	3	5,3	Sí	4	7,0
Alergias					No	53	93,0
Sí	3	5,3	6	10,5	Semanas de descanso/año		
No	54	94,7	51	89,5	0-4	32	56,1
HTA					5-9	11	19,3
Sí	1	1,8	1	1,8	10-14	9	15,8
No	56	98,2	56	98,2	≥15	3	5,3
DM					Entrenamiento total/semana		
Sí	0	0,0	0	0,0	5-7	7	12,3
No	57	100	57	100	8-10	20	35,1
Dislipemia					11-13	14	24,6
Sí	1	1,8	0	0,0	14-16	11	19,3
No	56	98,2	57	100	17-19	3	5,3
Tabaquismo					≥20	2	3,5
Sí	6	10,5	3	5,3	Entrenamiento aeróbico/semana		
No	51	89,5	54	94,7	5-7	15	26,3
IMC					8-10	20	35,1
Bajo (<18,5)	0	0	0	0,0	11-13	13	22,8
Normal (18,5-24,9)	47	82,5	44	77,2	14-16	7	12,3
Sobrepeso (24,9-29,9)	10	17,5	13	22,8	17-19	2	3,5
AFCI					≥20	0	0,0
Sí	1	1,8	2	3,5	Sobre umbral anaeróbico/semana		
No	56	98,2	55	96,5	0-5	9	15,8
AFMS					6-10	14	24,6
Sí	1	1,8	1	1,8	11-15	5	8,8
No	56	98,2	56	98,2	16-20	12	21,1
Síncopes					21-25	4	7,0
Sí	0	0,0	0	0,0	26-50	4	7,0
No	57	100	57	100	Entrenamiento cruzado		
AP					Bicicleta/elíptica	32	56,1
Sí	5	8,8	3	5,3	Fuerza	36	63,2
No	52	91,2	54	94,7	Estiramientos	35	61,4
Tratamiento					Otros	8	14,0
Sí	6	10,5	4	7,0	Fisioterapia		
No	51	89,5	53	93,0	Normalmente no	24	42,1
Soplos					Por molestias	17	29,8
Sí	0	0,0	0	0,0	Sí	16	28,1
No	57	100	57	100	Frecuencia examen médico		
Ecocardiograma					1 año	52	91,2
Normal	48	84,2	42	73,7	2 años	2	3,5
CFIE	9	15,8	9	15,8	3 años	1	1,8
Patológico	0	0	0	0	≥ 4 años	2	3,5
Prueba de esfuerzo					Frecuencia ECG reposo		
Normal	13	22,8	11	19,3	No	2	3,5
CFIE					1 año	40	70,2
Normal	41	71,9	41	71,9	2 años	6	10,5
Patológico	0	0	0	0,0	3 años	0	0,0
ECG					≥ 4 años	9	15,8
Normal	15	26,3	18	31,6	Frecuencia ECG esfuerzo		
CFIE	38	64,9	34	59,6	No	7	12,3
Patológico	5	8,8	5	8,8			

(continúa)

Tabla 2. Distribución de las variables cualitativas (2017-2018) y resultados del cuestionario (2020) (continuación).

Año	Certificado médico				Cuestionario		
	2017		2018		2020		
Variables	N	%	N	%	Variables	N	%
Cambios en el ECG							
BIRD	19	33,3	20	35,1	1 año	40	70,2
RPP	16	28,1	14	24,6	2 años	5	8,8
Alteraciones onda T	19	33,3	6	10,5	3 años	1	1,8
HVI	8	14,0	13	22,8	≥ 4 años	7	7,0
ST+	4	7,0	0	0	Frecuencia ecocardiograma		
BCRD	0	0	0	0	No	29	50,9
EV	0	0	0	0	1 año	17	29,8
WPW	1	1,8	1	1,8	2 años	6	10,5
BCRI	1	1,8	0	0	3 años	1	1,8
VAV 1º	1	1,8	0	0	≥ 4 años	4	7,0
					Lesiones musculoesqueléticas		
					Sí	30	52,6
					No	27	47,4
					Lesiones cardíacas		
					Sí	0	0,0
					No	57	100,0

N: casos; HTA: hipertensión arterial; DM: diabetes mellitus; IMC: índice de masa corporal; AFCl: antecedentes familiares de cardiopatía isquémica; AFMS: antecedentes familiares de muerte súbita; AP: antecedentes patológicos; ECG: electrocardiograma; CFIE: cambios fisiológicos inducidos por el ejercicio; BIRD: bloqueo incompleto de rama derecha; RPP: repolarización precoz; EV: extrasístoles ventriculares; HVI: hipertrofia del ventrículo izquierdo; ST+: elevación del segmento ST; WPW=Wolff-Parkinson-White; BCRI: bloque completo de rama izquierda; VAV 1º: bloqueo aurículo-ventricular de primer grado.

Tabla 3. Relación entre las variables estudiadas y el ECG.

Variables	ECG normal n=52	ECG patológico n=5	P
Edad	43,37±8,50	38,80±9,98	0,351
IMC	23,34±2,07	23,01±1,90	0,832
Participaciones en ultramaratones	4,75±3,16	7,80±3,49	0,053
Ultramaratones finalizadas	3,19±3,16	6,20±4,32	0,081
Semanas de descanso/año	5,59±4,76	3,50±4,44	0,310
Horas de entrenamiento total/semana	11,19±3,57	11,80±5,22	0,826
Horas de entrenamiento aeróbico/semana	9,92±3,23	10,20±4,55	0,907
Entrenamiento sobre umbral anaeróbico (%)	14,98±10,93	13,75±7,50	0,985

en ultramaratones y ECG fue muy próxima al nivel de significación estadística propuesto (p=0,053); dado que el número de participaciones en el grupo con ECG normal fue de 4,75±3,16, frente a las 7,80±3,49 del grupo con ECG patológico.

El 52,6% de la muestra refirió haber sufrido alguna lesión musculoesquelética durante los dos últimos años. Mediante Chi cuadrado no se observó relación entre las variables cualitativas estudiadas y las lesiones musculoesqueléticas, tal y como se recoge en la Tabla 4. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 5, el test de U de Mann-Whitney mostró relación significativa entre las lesiones musculoesqueléticas y

Tabla 4. Relación entre las variables cualitativas dicotómicas y las lesiones musculoesqueléticas

Variable	Subgrupo	Lesiones musculoesqueléticas		P
		Sí n=30	No n=27	
Bicicleta/elíptica	Sí	18	14	0,536
	No	12	13	
Fuerza	Sí	20	16	0,563
	No	10	11	
Estiramientos	Sí	19	16	0,752
	No	11	11	
Fisioterapia	Sí	20	13	0,157
	No	10	14	

dos variables cuantitativas: el IMC (p=0,004) y la proporción del entrenamiento semanal realizado sobre el umbral anaeróbico (p=0,009). Por un lado, el IMC medio del grupo de lesionados fue de 22,53±1,75 frente al 24,17±2,02 del grupo de no lesionados. Por el otro, el porcentaje medio del entrenamiento realizado sobre el umbral anaeróbico del grupo de lesionados fue del 18,04 ±10,42 frente al 11,71±10,06 del grupo sin lesiones.

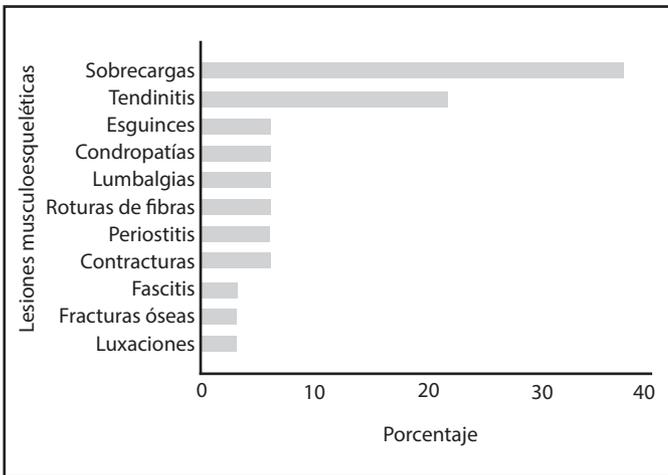
Discusión

Acorde a lo descrito en la bibliografía¹⁰⁻¹² y en el apartado de resultados, se observó que los deportistas que formaron la muestra del estudio gozan de un buen estado de salud. Las lesiones registradas en

Tabla 5. Relación entre diferentes variables y lesiones musculoesqueléticas.

Variable	Lesiones musculoesqueléticas	Lesiones musculoesqueléticas	P
	Sí n=30	No n=27	
Edad	43,83±8,47	42±8,86	0,620
IMC	22,53±1,75	24,17±2,02	0,004
Participaciones en ultramaraton	5,03±3,34	5±3,27	0,981
Ultramaraton finalizadas	3,2±3,11	3,74±3,61	0,650
Semanas de descanso/año	5,20±4,69	5,72±4,86	0,733
Horas de entrenamiento total/semana	11,37±3,81	11,11±3,61	0,817
Horas de entrenamiento aeróbico/semana	10,10±3,39	9,78±3,29	0,690
Entrenamiento sobre umbral anaeróbico (%)	18,04±10,42	11,71±10,06	0,009

Figura 1. Proporciones de las diferentes lesiones musculoesqueléticas entre los corredores que las sufrieron.



esta cohorte fueron musculoesqueléticas y en su mayoría de escasa gravedad (Figura 1). No se objetivaron lesiones cardiovasculares, por lo que se recurrió a los ECGs para analizar este tipo de daños.

En cuanto a si los hábitos de entrenamiento de estos corredores pueden ser considerados saludables, teniendo en cuenta las recomendaciones referidas anteriormente y que los corredores de la muestra entrenan de media 10-11 horas (~600 minutos) a la semana y el 72% de la muestra entrena entre 5 y 13 horas semanales (Figura 2), podemos decir que los hábitos de entrenamiento podrían considerarse mayoritariamente sanos y no excesivos.

Aunque existen opiniones contrarias al respecto, algunos autores han descrito una relación dosis-respuesta en forma de "U" entre el ejercicio físico y el riesgo cardiovascular³⁸. Con los ECGs disponibles en este estudio, no se observó relación alguna entre ellas y las variables

Figura 2. Proporciones de la muestra estudiada según las horas de entrenamiento semanal total.

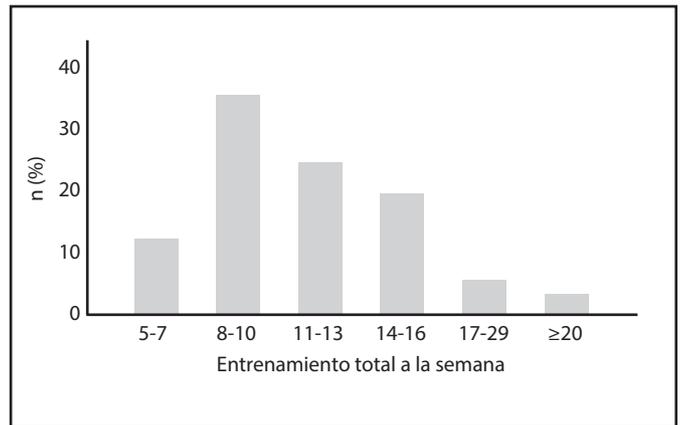


Figura 3. Comparación entre los corredores con ECG normal y patológico, respecto al número de ultramaraton corridas.

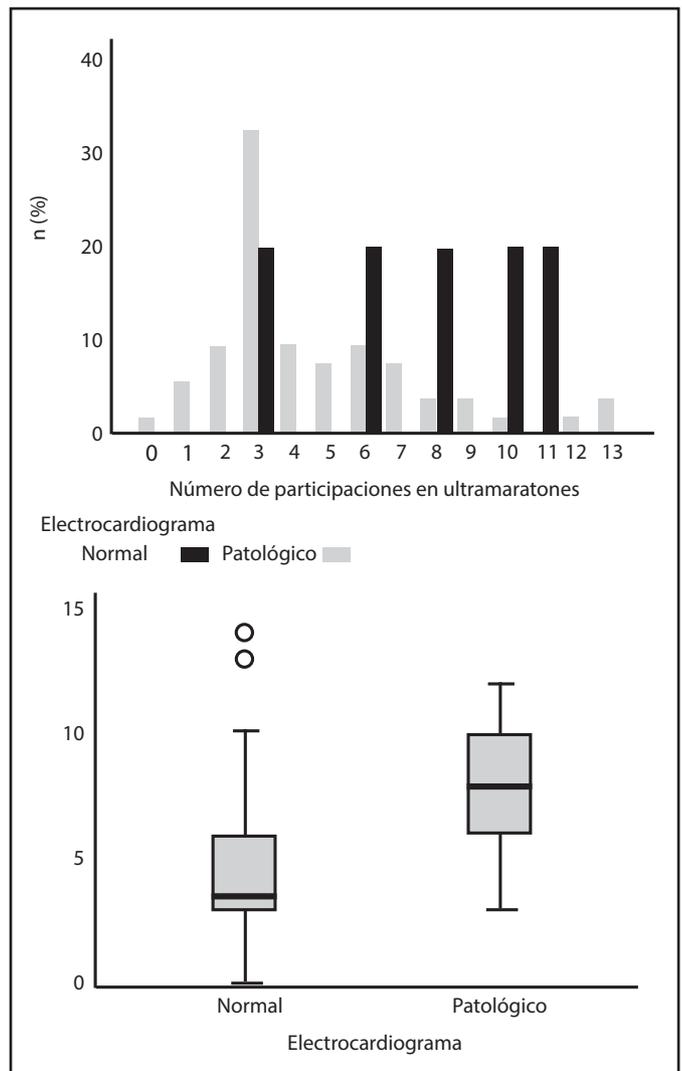


Figura 4. Comparación entre los corredores que sufrieron lesiones musculoesqueléticas y los que no, respecto al porcentaje del entrenamiento semanal realizado sobre el umbral anaeróbico.

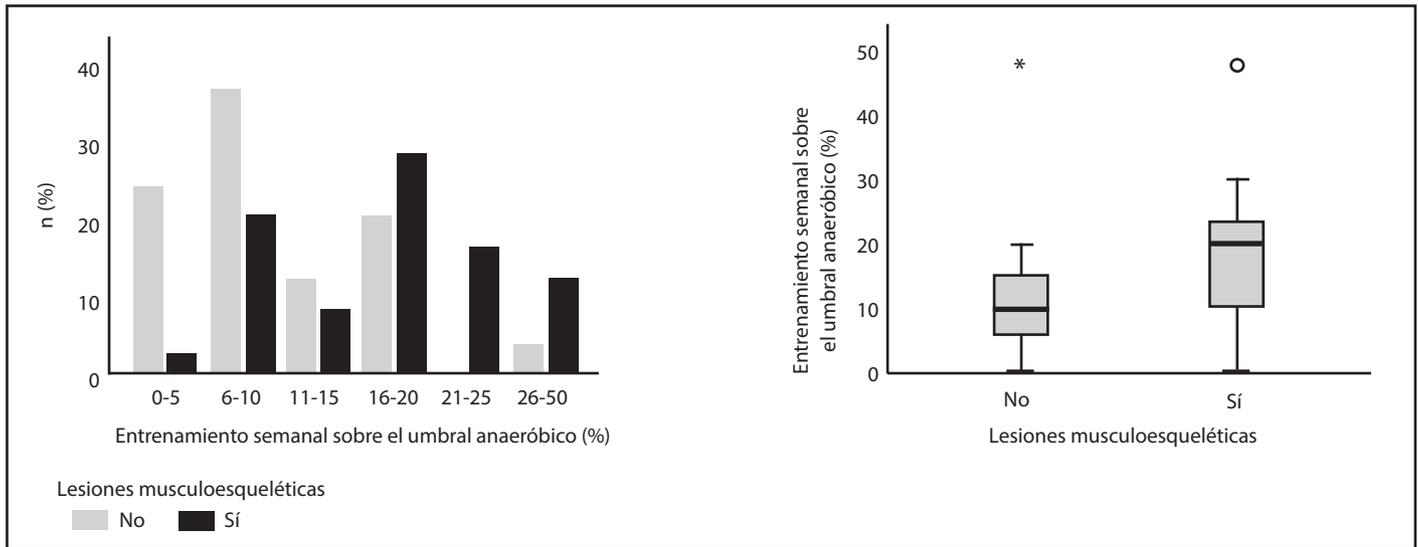
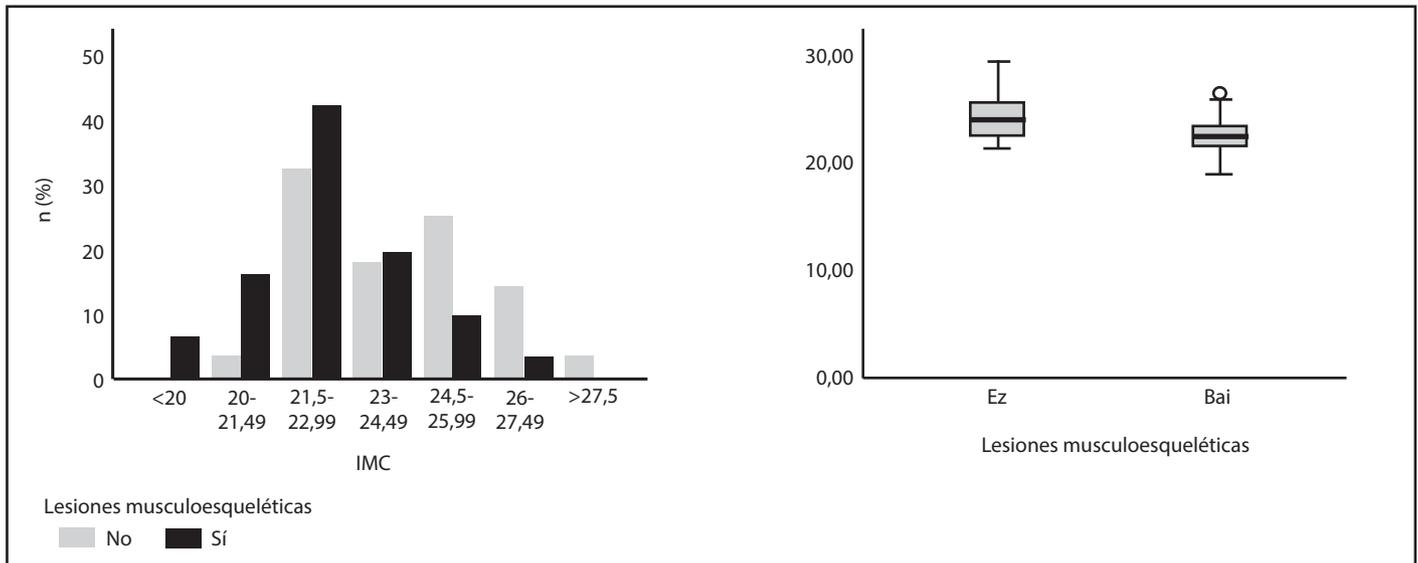


Figura 5. Comparación entre los corredores que sufrieron lesiones musculoesqueléticas y los que no, respecto al índice de masa corporal.



estudiadas. Es decir, parece que los parámetros que se podrían asociar a un exceso de actividad física (participar en más carreras, descansar menos semanas al año, entrenar más horas a la semana, que ese entrenamiento sea puramente aeróbico o entrenar una mayor proporción sobre el umbral anaeróbico) no se relacionaron con el riesgo de sufrir daño cardiovascular. No obstante, mencionar que, aunque no llegó al nivel de significancia propuesto, la relación entre el número de participaciones en ultramaratones y un ECG patológico se acercó a él ($p=0,053$). Esta tendencia podría sugerir una posible relación entre un mayor número de participación en carreras y desarrollar un ECG patológico (Figura 3). Esto podría deberse a que el estrés que suponen estas pruebas extremas induce una reacción de fase aguda en el organismo, provocando

entre otras cosas elevación de algunos biomarcadores que sugieren daño cardíaco²⁴.

El aparato locomotor es uno de los más castigados en este tipo de deportistas^{15-17,31-33}, aunque en general las lesiones no son graves⁴⁷. En la muestra trabajada, no se encontró asociación entre las dolencias musculoesqueléticas y la mayoría de las variables estudiadas. Sin embargo, en este caso se encontraron dos relaciones significativas: con la proporción del entrenamiento realizado sobre el umbral anaeróbico ($p=0,009$) y con el IMC ($p=0,004$).

Parece ser que los individuos que entrenan una mayor proporción sobre el umbral anaeróbico fueron más propensos a sufrir daños del aparato locomotor (Figura 4). Es decir, es posible que realizar una

mayor parte del entrenamiento en una intensidad elevada aumente el riesgo. Sin embargo, según varios autores, no es únicamente una mayor intensidad del ejercicio físico lo que aumenta dicho riesgo; sino que el volumen total del ejercicio físico realizado y con ello el efecto de la interacción entre la propia intensidad, frecuencia y duración del entreno⁴⁸⁻⁵⁰. Además, aunque en este tipo de pruebas una mayor experiencia ha sido relacionada con un menor número de daños^{12,47}, se ha descrito que un perfil más profesional o competitivo es más propenso a sufrir lesiones comparado con uno más recreacional⁵¹. Por lo tanto, podría ser que los participantes con objetivos más competitivos sean los mismos que entrenan a mayor intensidad, aumentando así el riesgo de afección musculoesquelética.

Por último, se observó relación entre el IMC y las lesiones musculoesqueléticas. En un principio, se podría interpretar que es lógico que un IMC más alto aumente el riesgo de perjuicio para el aparato locomotor y un peso más ligero actúe como factor protector⁵²⁻⁵⁴. No obstante, en la cohorte estudiada los corredores con menor IMC sufrieron más daños (Figura 5). Esta tendencia también ha sido descrita en otros estudios: una revisión sistemática constató que había cierta evidencia para sugerir que un peso más elevado y un IMC >26 podrían actuar como factor protector ante patología de las extremidades inferiores en los corredores de larga distancia⁵⁵. En él se propuso que esta relación podría deberse a una menor actividad durante el entrenamiento en el grupo con sobrepeso. Otro estudio observó una distribución diferente de la patología músculo-esquelética en corredores de distintos IMC: se describió menor afectación de la rodilla en los deportistas con sobrepeso, pero mayor proporción de lesiones en las piernas⁵⁶.

Conclusiones

Los corredores de ultradistancia estudiados mostraron parámetros que indican un buen estado de salud, además de unos hábitos de entrenamiento saludables acordes a las últimas recomendaciones de la OMS. Por lo tanto, podríamos decir que, aunque la propia carrera no está exenta de riesgos y puede resultar perjudicial, el estilo de vida y los hábitos de entrenamiento necesarios para poder realizar una prueba de estas características sí podrían ser considerados beneficiosos.

Asimismo, se constató que no existe relación entre las características y hábitos de ejercicio físico de este grupo y el riesgo de desarrollar alteraciones electrocardiográficas, aunque la relación entre el número de participaciones en ultramaratones y un ECG patológico se acercó a él ($p=0,053$), sugiriendo una posible asociación entre dichos factores. Algunos estudios han descrito que el estrés que suponen estas pruebas extremas induce una reacción de fase aguda en el organismo, junto con la elevación de marcadores de daño miocárdico²⁴. ¿Podría ser que esa situación en principio transitoria, a la larga produzca daños irreversibles en el corazón? Tal y como se ha mencionado, no se puede extraer dicha conclusión de este estudio, pero podría ser interesante investigar en torno a esta relación en el futuro.

Lo mismo ocurre con la afectación musculoesquelética, donde no se han observado asociaciones significativas, a excepción de las descritas entre las lesiones musculoesqueléticas y la intensidad del entrenamiento (la proporción del entrenamiento realizado por encima del umbral

anaeróbico), donde se propone la posibilidad de que los participantes con objetivos más competitivos sean los mismos que entrenan a mayor intensidad, aumentando así el riesgo de afección musculoesquelética; y el IMC, donde teniendo en cuenta los hábitos deportivos de la muestra estudiada y que la fórmula del IMC (peso/altura*2) no tiene en cuenta la masa muscular, se propone la hipótesis de que un músculo más fuerte y por lo tanto de mayor peso sea en este caso el factor que protege ante las lesiones. Por eso, sería también interesante estudiar esa posible relación en trabajos futuros.

Aun siendo conscientes de sus limitaciones, este trabajo podría ser útil para allanar el camino a futuros estudios en busca de aumentar el conocimiento todavía limitado en torno a los participantes de esta disciplina deportiva, ya que aún son más las interrogantes que las certezas en torno a ella. ¿Qué sucederá con estos deportistas en el futuro? ¿Habrá daños considerables a largo plazo?

Agradecimientos

Los autores del estudio quieren agradecer a los participantes del estudio su disponibilidad, así como su buena voluntad en la recogida de información para la realización del estudio y sus palabras de ánimo y agradecimientos.

Financiación

El presente estudio carece de financiación alguna.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Blair SN, Kohl HW, Gordon NF, Paffenbarger RS. How much physical activity is good for health?. *Annu Rev Public Health*. 1992;13:99-126.
- Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA*. 1989;262:2395-401.
- World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. 2020.
- Arem H, Moore SC, Patel A, Hartge P, Berrington de Gonzalez A, Viswanathan K, et al. Leisure time physical activity and mortality: a detailed pooled analysis of the dose-response relationship. *JAMA Intern Med*. 2015;175:959-67.
- Saint-Maurice PF, Coughlan D, Kelly SP, Keadle SK, Cook MB, Carlson SA, et al. Association of leisure-time physical activity across the adult life course with all-cause and cause-specific mortality. *JAMA Netw Open*. 2019;2:e190355.
- Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, Mumford JE, Afshin A, Estep K, et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*. 2016;354:i3857.
- Kraus WE, Powell KE, Haskell WL, Janz KF, Campbell WW, Jakicic JM, et al. Physical activity, all-cause and cardiovascular mortality, and cardiovascular disease. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51:1270-81.
- Schuch FB, Vancampfort D, Richards J, Rosenbaum S, Ward PB, Stubbs B. Exercise as a treatment for depression: a meta-analysis adjusting for publication bias. *J Psychiatr Res*. 2016;77:42-51.
- Livingston G, Sommerlad A, Orgeta V, Costafreda SG, Huntley J, Ames D, et al. Dementia prevention, intervention, and care. *Lancet*. 2017;390:2673-734.
- Knechtle B, Nikolaidis PT. Physiology and pathophysiology in ultra-marathon running. *Front Physiol*. 2018;9:634.

11. Hoffman MD, Krishnan E. Health and exercise-related medical issues among 1,212 ultramarathon runners: baseline findings from the ultrarunners longitudinal tracking (ULTRA) study. *PLoS One*. 2014;9:e83867.
12. Hoffman MD. Injuries and health considerations in ultramarathon runners. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016;27:203-16.
13. Fallon KE. The acute phase response and exercise: the ultramarathon as prototype exercise. *Clin J Sport Med*. 2001;11:38-43.
14. Klapcińska B, Waśkiewicz Z, Chrapusta SJ, Sadowska-Krepa E, Czuba M, Langfort J. Metabolic responses to a 48-h ultra-marathon run in middle-aged male amateur runners. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113:2781-93.
15. Hoppel F, Calabria E, Pesta D, Kantner-Rumplair W, Gnaiger E, Burtscher M. Physiological and pathophysiological responses to ultramarathon running in non-elite runners. *Front Physiol*. 2019;10:1300.
16. Lopes AD, Hespanhol Júnior LC, Yeung SS, Costa LO. What are the main running-related musculoskeletal injuries? a systematic review. *Sports Med*. 2012;42:891-905.
17. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Rosemann T. Increase of total body water with decrease of body mass while running 100 km nonstop—formation of edema?. *Res Q Exerc Sport*. 2009;80:593-603.
18. Hoffman MD, Fogard K. Factors related to successful completion of a 161-km ultramarathon. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011;6:25-37.
19. Baska RS, Moses FM, Graeber G, Kearney G. Gastrointestinal bleeding during an ultramarathon. *Dig Dis Sci*. 1990;35:276-9.
20. Glace B, Murphy C, McHugh M. Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2002;12:414-27.
21. Stuempfle KJ, Hoffman MD. Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon. *J Sports Sci*. 2015;33:1814-21.
22. Bennett BL, Hew-Butler T, Hoffman MD, Rogers IR, Rosner MH. Wilderness medical society practice guidelines for treatment of exercise-associated hyponatremia: 2014 update. *Wilderness Environ Med*. 2014;25:S30-42.
23. Scheer BV, Murray A. Al Andalus Ultra Trail: an observation of medical interventions during a 219-km, 5-day ultramarathon stage race. *Clin J Sport Med*. 2011;21:444-6.
24. Christensen DL, Espino D, Infante-Ramírez R, Cervantes-Borunda MS, Hernández-Torres RP, Rivera-Cisneros AE, et al. Transient cardiac dysfunction but elevated cardiac and kidney biomarkers 24 h following an ultra-distance running event in Mexican Tarahumara. *Extrem Physiol Med*. 2017;6:3.
25. Lord R, George K, Somauroo J, Jain N, Reese K, Hoffman MD, et al. Exploratory insights from the right-sided electrocardiogram following prolonged endurance exercise. *Eur J Sport Sci*. 2016;16:1014-22.
26. Lipman GS, Krabak BJ, Rundell SD, Shea KM, Badowski N, Little C. Incidence and prevalence of acute kidney injury during multistage ultramarathons. *Clin J Sport Med*. 2016;26:314-9.
27. Shephard RJ, Johnson N. Effects of physical activity upon the liver. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115:1-46.
28. Bird SR, Linden M, Hawley JA. Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. *Ann Clin Biochem*. 2014;51:137-50.
29. Krabak BJ, Lipman GS, Waite BL, Rundell SD. Exercise-associated hyponatremia, hypernatremia, and hydration status in multistage ultramarathons. *Wilderness Environ Med*. 2017;28:291-8.
30. Chiu YH, Lai JJ, Wang SH, How CK, Li LH, Kao WF, et al. Early changes of the anemia phenomenon in male 100-km ultramarathoners. *J Chin Med Assoc*. 2015;78:108-13.
31. Gessel T, Harrast MA. Running dose and risk of developing lower-extremity osteoarthritis. *Curr Sports Med Rep*. 2019;18:201-9.
32. Palazzo C, Nguyen C, Lefevre-Colau MM, Rannou F, Poiradeau S. Risk factors and burden of osteoarthritis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2016;59:134-8.
33. Almekinders LC, Engle CR. Common and uncommon injuries in ultra-endurance sports. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2019;27:25-30.
34. Folscher LL, Grant CC, Fletcher L, Janse van Rensberg DC. Ultra-marathon athletes at risk for the female athlete triad. *Sports Med Open*. 2015;1:29.
35. Nazem TG, Ackerman KE. The female athlete triad. *Sports Health*. 2012;4:302-11.
36. Elers J, Pedersen L, Backer V. Asthma in elite athletes. *Expert Rev Respir Med*. 2011;5:343-51.
37. Robson-Ansley P, Howatson G, Tallent J, Mitcheson K, Walshe I, Toms C, et al. Prevalence of allergy and upper respiratory tract symptoms in runners of the London marathon. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44:999-1004.
38. Merghani A, Malhotra A, Sharma S. The U-shaped relationship between exercise and cardiac morbidity. *Trends Cardiovasc Med*. 2016;26:232-40.
39. Bosomworth NJ. Atrial fibrillation and physical activity: should we exercise caution?. *Can Fam Physician*. 2015;61:1061-70.
40. George K, Whyte GP, Green DJ, Oxborough D, Shave RE, Gaze D, et al. The endurance athletes heart: acute stress and chronic adaptation. *Br J Sports Med*. 2012;46:i29-36.
41. Abdulla J, Nielsen JR. Is the risk of atrial fibrillation higher in athletes than in the general population? a systematic review and meta-analysis. *Europace*. 2009;11:1156-9.
42. Ricci C, Gervasi F, Gaeta M, Smuts CM, Schutte AE, Leitzmann MF. Physical activity volume in relation to risk of atrial fibrillation: a non-linear meta-regression analysis. *Eur J Prev Cardiol*. 2018;25:857-66.
43. Qureshi WT, Alirhayim Z, Blaha MJ, Juraschek SP, Keteyian SJ, Brawner CA, et al. Cardio-respiratory fitness and risk of incident atrial fibrillation. *Circulation*. 2015;131:1827-34.
44. Merghani A, Maestrini V, Rosmini S, Cox AT, Dhutia H, Bastiaenan R, et al. Prevalence of subclinical coronary artery disease in masters endurance athletes with a low atherosclerotic risk profile. *Circulation*. 2017;136:126-37.
45. Aengevaeren VL, Mosterd A, Braber TL, Prakken NHJ, Doevendans PA, Grobbee DE, et al. Relationship between lifelong exercise volume and coronary atherosclerosis in athletes. *Circulation*. 2017;136:138-48.
46. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, Papadakis M, Wilson M, Prutkin J, et al. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *Br J Sports Med*. 2017;51:704-731.
47. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45:1017-26.
48. Jones BH, Cowan DN, Knapik JJ. Exercise, training and injuries. *Sports Med*. 1994;18:202-14.
49. Walter SD, Hart LE, McIntosh JM, Sutton JR. The Ontario cohort study of running-related injuries. *Arch Intern Med*. 1989;149:2561-4.
50. Ramskov D, Rasmussen S, Sørensen H, Parner ET, Lind M, Nielsen RO. Run clever - no difference in risk of injury when comparing progression in running volume and running intensity in recreational runners: a randomised trial. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4:e000333.
51. Alentorn-Geli E, Samuelsson K, Musahl V, Green CL, Bhandari M, Karlsson J. The association of recreational and competitive running with hip and knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017;47:373-90.
52. Malisoux L, Delattre N, Urhausen A, Theisen D. Shoe cushioning, body mass and running biomechanics as risk factors for running injury: a study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2017;7:e017379.
53. Nielsen RØ, Malisoux L, Møller M, Theisen D, Parner ET. Shedding light on the etiology of sports injuries: a look behind the scenes of time-to-event analyses. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016;46:300-11.
54. Bertelsen ML, Hansen M, Rasmussen S, Nielsen RO. The start-to-run distance and running-related injury among obese novice runners: a randomized trial. *Int J Sports Phys Ther*. 2018;13:943-55.
55. van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SM, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2007;41:469-80.
56. Juhler C, Andersen KB, Nielsen RO, Bertelsen ML. Knee injuries in normal-weight, overweight, and obese runners: does body mass index matter? *J Orthop Sports Phys Ther*. 2020;50:397-401.

Evaluación del *functional movement screen* y lesiones en gimnastas

Mercedes Vernetta-Santana^{1,2}, Alicia Salas-Morillas^{2,3}, Jesús López-Bedoya^{1,2}

¹Departamento de Educación Física y Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada. ²Grupo de Investigación Análisis y evaluación de la actividad físico-deportiva CTS 171. ³Departamento de Danza Acrobática y Circense. Instituto Universitario Alicia Alonso. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00085

Recibido: 22/10/2021
Aceptado: 25/03/2022

Resumen

Objetivo: Identificar posibles diferencias en la calidad de movimiento a través del *functional movement screen* (FMS) entre gimnastas adolescentes de acrobática lesionadas o no lesionadas en la última temporada.

Método: Estudio descriptivo, comparativo y transversal donde participaron 20 mujeres adolescentes divididas en dos grupos, uno compuesto por 9 gimnastas que habían sufrido alguna lesión en la última temporada ($14,7 \pm 1,56$) y otro por 11 gimnastas que no habían sufrido ninguna ($13,9 \pm 2,25$). Se usó la batería FMS, compuesta por siete pruebas: sentadilla profunda, paso de valla, estocada en línea, movilidad de hombro, elevación activa de la pierna recta, estabilidad del tronco en flexiones, estabilidad rotatoria del tronco.

Resultados: De las nueve gimnastas que habían sufrido alguna lesión, 66,6% se localizaron en el miembro inferior, tobillos y rodillas. Los resultados de la valoración funcional total del FMS mediante el estadístico U de Mann Whitney, para muestras independientes no mostró diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($Z = -.393$; $p > 0,05$), siendo el rango promedio de FMS similar en ambos casos (10,05 y 11,06 en gimnastas lesionadas y no lesionadas respectivamente). Igualmente arrojó la ausencia de diferencias significativas en cada una de las pruebas de la batería, no encontrándose ninguna relación a través del estadístico R de Spearman, entre la puntuación global del FMS y el grupo de gimnastas lesionadas.

Conclusión: Los resultados de la puntuación total del FMS fueron mayores en las gimnastas que no sufrieron lesión en la temporada pasada, así como ligeramente mejores en todas las pruebas del tren inferior. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas. No existió ninguna relación entre la puntuación total del FMS y el grupo de gimnastas lesionadas.

Palabras clave:

Movimiento funcional.
Functional movement screen.
Competencia motriz.
Gimnasia acrobática.
Lesiones deportivas.

Functional movement screen assessment and injuries in gymnasts

Summary

Objective: To identify possible differences in movement quality through the functional movement screen (FMS) between injured and non-injured adolescent acrobatic gymnasts in the last season.

Method: descriptive, comparative, cross-sectional study involving 20 adolescent female gymnasts divided into two groups, one composed of 9 gymnasts who had suffered an injury in the last season ($14,7 \pm 1,56$) and the other composed of 11 gymnasts who had not suffered any injury ($13,9 \pm 2,25$). The FMS battery was used, consisting of seven tests: deep squat, hurdle step, in-line lunge, shoulder mobility, active straight leg raise, trunk stability in push-ups, trunk rotational stability.

Results: Of the nine gymnasts who had sustained an injury, 66.6% were located in the lower limb, ankles and knees. The results of the total functional assessment of FMS using the Mann Whitney U statistic for independent samples showed no statistically significant differences between groups ($Z = -.393$; $p > 0.05$), with the average range of FMS being similar in both cases (10.05 and 11.06 in injured and non-injured gymnasts respectively). It also showed the absence of significant differences in each of the tests of the battery, and no relationship was found through Spearman's R statistic, between the overall FMS score and the group of injured gymnasts.

Conclusion: The results of the FMS total score were slightly higher in gymnasts who were not injured last season, as well as slightly better in all the lower body tests, hence the FMS can be used as a preventive program to detect possible deficiencies.

Key words:

Functional movement. Functional movement screen.
Motor competence.
Acrobatic gymnastics.
Sports injuries.

Correspondencia: Alicia Salas
E-mail: aliciasalasmorillas@gmail.com

Introducción

La gimnasia acrobática (GA) es una disciplina gimnástica integrada en la Federación Internacional de Gimnasia desde 1999 y consolidada como deporte de competición a nivel internacional. Se trata de un deporte eminentemente cooperativo, donde la conjunción de los movimientos técnicos y corporales unidos y sincronizados a un soporte musical, constituyen la esencia de esta disciplina deportiva¹.

El perfil morfológico para esta disciplina está determinado en función del rol que desempeñan los gimnastas. Los más pequeños y jóvenes se denominan ágiles, los cuales realizan elementos de equilibrio, flexibilidad o saltos aéreos. Los portores o bases son los que soportan estos elementos o realizan propulsiones y recepciones de ellos^{1,2}. Las modalidades competitivas exclusivas de mujeres son parejas y tríos.

El riesgo de posibilidad de lesión en estos gimnastas es cada vez mayor, debido a la elevada dificultad motriz, junto a la gran exigencia técnica que demanda esta disciplina³. Las lesiones más frecuentemente reportadas son en el miembro inferior, siendo las zonas más afectadas tobillos y rodillas, lesiones de carácter mayoritariamente tendinoso y ligamentoso³⁻⁸.

Concretamente, en gimnastas femeninas de esta disciplina las lesiones que más se reportaron fueron en los miembros inferiores, predominando los esguinces, seguidas de contracturas y distensiones, siendo de severidad leve a moderada y produciéndose en el entrenamiento³. La preocupación de la lesión en estas gimnastas, aunque fundamentalmente sea por su salud, además lleva implícito una repercusión en sus compañeros en el rendimiento deportivo y posible baja en competición al ser un deporte eminentemente cooperativo en todas las modalidades.

Entre todas las pruebas de evaluación encaminadas a la reducción de riesgo de lesiones en deportistas según Bennett *et al.*⁹, el *functional movement screen* (FMS) se está convirtiendo en una herramienta clave. Se trata de un método de evaluación estandarizado que nos permite categorizar la calidad del movimiento de forma sistemática, reproducible, confiable y válida. Sirve para valorar patrones de movimiento fundamentales, el control motor y la calidad de los movimientos pudiendo establecer perfiles y comparaciones entre deportistas de la misma disciplina o de diferentes^{10,11}.

Se compone de siete pruebas específicas de movimiento relacionados con la estabilidad, movilidad y equilibrio que pueden detectar la existencia o no de posibles desequilibrios bilaterales de cada segmento corporal involucrado^{12,13}, esto hace de esta batería un potencial predictor de lesiones¹⁴. Las pruebas son sencillas y no requieren mucho tiempo y espacio, necesitan poco material y su fiabilidad es excelente según el metanálisis realizado por Bonazza *et al.*¹⁵.

Existen controversias sobre su capacidad predictiva de lesión¹⁶, sin embargo, varios estudios con judokas y deportistas de CrossFit respectivamente^{17,18}, han informado de su poder como una herramienta clave de información al entrenador para poder intervenir en sus deportistas, o también, para comprobar si la recuperación de sus atletas pos-lesión ha sido adecuada¹⁹.

Por ello, realizar una evaluación funcional a través del FMS a un grupo de gimnastas adolescentes que han tenido alguna lesión en la temporada anterior puede permitir analizar si tiene más posibilidad

de reincidir en sufrir lesiones o comprobar si su recuperación ha sido adecuada.

La posibilidad que nos ofrece el FMS de evaluar la inestabilidad del core, el control neuromuscular, movilidad articular y los desbalances musculares nos posibilitará obtener datos valiosos sobre los déficits que pueden presentar estas gimnastas para afrontarlos de una mejor manera en el futuro con programas de rehabilitación adecuados, que permita disminuir su reincidencia. Como limitaciones de este instrumento en relación a las lesiones más frecuentes en gimnastas de acrobática, destaca la incapacidad de detectar lesiones en la zona del tobillo (zona altamente lesiva en dicha disciplina) y la controversia existente con la prueba de hombro, pues aunque la información bilateral de esta prueba puede aportar pautas funcionales de interés, también puede crear polémica, ya que la puntuación obtenida puede significar riesgo de lesión o en su contra mayor desarrollo de masa muscular de la zona²⁰.

Hasta la actualidad, solo tenemos constancia del uso de dicha batería en un estudio realizado en GA, pero sólo describe la calidad de movimiento en una muestra de gimnastas practicantes de acrobática frente a no practicantes²⁰. De ahí que nuestro objetivo fue identificar posibles diferencias en la calidad de movimiento a través del FMS entre gimnastas adolescentes de acrobática lesionadas o no lesionadas en la última temporada.

Material y método

Participantes

Estudio descriptivo de corte transversal y comparativo con la participación voluntaria de 20 gimnastas mujeres entre 12 y 17 años edad (edad= 14,3±1,97 años; peso= 50,4±8,98 kg; talla= 1,59±0,09; IMC= 19,53±1,78 kg/m²), todas integrantes del mismo club de GA de Granada. Las participantes tenían una experiencia en la modalidad deportiva de 3±1 años y entrenaban de 3 a 4 días a la semana con una media de 3±1 h por sesión con un nivel competitivo nacional. Del total de la muestra, 9 habían sufrido una lesión en la última temporada (una ágil y ocho portoras). Los criterios de inclusión fueron: adolescentes mujeres, gimnastas de acrobática federadas, que asistieran a entrenamientos reglamentados, competidoras de nivel nacional y como criterios de exclusión: presentar algún tipo de lesión actual que le impidiese realizar el FMS en el momento de la evaluación. Antes del comienzo del estudio todos los padres o tutores legales de las gimnastas firmaron previamente un consentimiento informado, donde se exponían el objetivo de esta investigación, así como el procedimiento empleado. El estudio respetó los principios de la Declaración de Helsinki y contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Granada (número 1.011).

Instrumento y materiales

Para analizar la variable de calidad de movimiento se usó el test FMS, creado por Gray Cook y Lee Burton en 1998, cuyos tres objetivos fundamentales son: valorar los patrones básicos del movimiento, detectar asimetrías y valorar el control motor²¹.

El FMS incluye siete pruebas: sentadilla profunda, paso de valla, estocada en línea, movilidad de hombro, elevación activa de la pierna

recta, estabilidad del tronco en flexiones y estabilidad rotatoria del tronco. Se utilizaron los siguientes materiales para poder evaluar las diferentes pruebas: una pica de 1,22 m, dos picas de 0,61 m, un tablón de madera de 2x6 cm, una cinta métrica inelástica y dos cámaras de alta definición con tecnología de grabación 4K para grabar la ejecución de los ejercicios.

Para la variable *lesiones*, se pasó una hoja de auto registro con preguntas relativas a la existencia de lesiones (tipología, severidad y momento en que se produjeron: entrenamiento o competición) durante el periodo preparatorio y de competición desde octubre a junio del 2020/2021.

Por último, para estimar el IMC se utilizó el peso y la talla. El peso se determinó con una báscula digital TEFAL, precisión de 0,05 kg y para la talla se utilizó un tallímetro SECA 220 con precisión de 1mm. Con ambas medidas se aplicó la fórmula peso (kg)/altura (m)² y se obtuvo el IMC (Kg/m²).

Procedimiento

En primer lugar, se obtuvo el consentimiento informado del club donde pertenecían las gimnastas y se hizo hincapié en la confidencialidad de los resultados.

El procedimiento de evaluación se llevó a cabo al principio de la temporada, durante una sesión de entrenamiento después de un día de descanso. Primeramente, se les pasó un cuestionario de auto registro, con preguntas relativas a la existencia o no de lesiones en la temporada anterior. Según los datos obtenidos las gimnastas fueron divididas en dos grupos en función de si hubo o no hubo lesión en la temporada anterior (en los últimos ocho meses) correspondiente al periodo preparatorio y de competición. Antes de comenzar, todas las participantes fueron informadas sobre los procedimientos de la evaluación. Las evaluaciones se realizaron de manera individual, realizándose tres veces cada una de las pruebas que componen la batería del FMS. Todas las gimnastas siguieron el mismo orden de las pruebas y las pautas establecidos por Cook²², para minimizar cualquier posible sesgo o efecto negativo ellas.

En todas las pruebas a excepción de la sentadilla profunda y la estabilidad del tronco en flexiones, se evaluó ambos lados (izquierdo y derecho). Las participantes realizaron un pequeño calentamiento dinámico antes de completar las pruebas del test. Se les facilitó instrucciones verbales de cada ejercicio siguiendo las pautas de descripción propuestas por Cook²² y cada participante tenía tres oportunidades de ejecución correcta.

La máxima puntuación que se puede obtener en la batería son 21 puntos, siendo tres puntos la máxima puntuación por ejercicio. Se otorgaron tres puntos si la gimnasta es capaz de realizar el movimiento, sin necesidad de aplicar ninguna compensación, dos puntos si consigue realizar el movimiento aplicando una o más compensaciones, un punto si no completa el ejercicio y un cero si no puede completar el ejercicio o lo completa con dolor. En las pruebas bilaterales se tomó la puntuación inferior de las dos para el cálculo de la puntuación total de la batería¹².

Cuando la ejecutante alcanza la máxima puntuación en el test, se concluye que tiene muy desarrollados los patrones de movimiento, sin limitaciones en los movimientos básicos. Si alcanza entre los 15 y 20 puntos, se entiende que tiene que mejorar algunas debilidades

encontradas, pero en general se encuentra en un nivel aceptable de patrones de movimiento. Finalmente, si la puntuación es de 14 o inferior, se encontraría en una situación de alarma o riesgo de lesión^{23,24}.

La ejecución de cada participante se grabó digitalmente desde dos planos de movimiento diferentes (frontal y lateral) y posteriormente fue analizada conjuntamente por dos evaluadores con experiencia previa en el uso del FMS²⁵.

Todas las gimnastas tenían la capacidad funcional suficiente para ejecutar cada una de las pruebas y se encontraban en activo, con un rendimiento deportivo óptimo dentro de su modalidad competitiva (parejas o tríos) en el momento de la grabación.

Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se empleó el programa SPSS en su versión 22.0 (SPSS Inc., Chicago IL, USA). Los datos descriptivos en cada una de las pruebas de la batería, se muestran con la media y desviación típica. Asimismo, se calcularon la frecuencia y los valores porcentuales de todas las pruebas, diferenciando el lado corporal en aquellas pruebas bilaterales. Para comprobar las puntuaciones del FMS en función de haber sufrido o no lesiones en la temporada anterior, se empleó la prueba U de Mann Whitney, ya que las variables presentaron una distribución no normal. El valor de diferencia estadísticamente significativa entre grupos (lesionadas y no lesionadas) se mostró siempre que $p < 0,05$. Finalmente, se hizo el análisis correlacional a través del estadístico R de Spearman para conocer si la puntuación global de la batería se relaciona con la lesión o no de la práctica de GA.

Resultados

Como se aprecia en la Tabla 1, las lesiones fueron en su mayoría ligamentosas (n=7). Por otro lado, seis lesiones (66,6%) se localizaron en el miembro inferior, siendo la rodilla (n=2) y el tobillo (n=4) las zonas más afectadas. Atendiendo a estas zonas, las estructuras lesionadas fueron, el ligamento cruzado posterior de la rodilla (n=1) y el ligamento lateral externo del tobillo (n=4). Es de destacar que la mayoría de las lesiones ocurrieron en el segmento dominante (n=6).

Por otro lado, todas las lesiones se produjeron durante el entrenamiento (n=9) y ninguna en competición. Atendiendo a la severidad, la mayoría fueron, leves y moderadas, lo que supuso un tiempo de baja deportiva de no más de una semana para el 44,4% y entre 9 y 20 días para el otro 44,4%.

La Tabla 2 muestra la estadística descriptiva (media y desviación típica) y las diferencias de las puntuaciones obtenidas en cada una de las pruebas de FMS, en función de los dos grupos (no lesionadas y lesionadas). No se observan diferencias significativas en cuanto al rendimiento obtenido en cada una de las pruebas de evaluación realizada por las gimnastas pertenecientes a los dos grupos evaluados.

En la Tabla 3 se observa la frecuencia y el porcentaje obtenido en las diferentes pruebas. En ambos grupos destacaron que en todas las pruebas la gran mayoría alcanzaron la máxima puntuación de 3. La puntuación nunca fue cero para ninguna de las gimnastas. Por otro lado, la prueba que menor puntuación obtuvo fue la movilidad de

hombro, siendo peor en las no lesionadas que en las lesionadas, pero sin diferencia significativa.

Tabla 1. Tipo de lesiones, estructura corporal, localización, severidad y momento de la lesión.

Tipo de lesiones	Gimnastas lesionadas (n=9)
Rotura ligamentos	1 (11,1)
Esguinces	6 (66,6)
Fisuras y fracturas	1 (11,1)
Otras	1 (11,1)
Estructura corporal	
Miembro superior	3 (33,3)
Tronco	-
Miembro inferior	6 (66,6)
Localización	
Rodilla	2 (22,2)
Tobillo	4 (44,4)
Muñeca	1 (11,1)
Antebrazo	1 (11,1)
Mano	1 (11,1)
Severidad	
Leve	4 (44,4)
Moderada	4 (44,4)
Grave	1 (11,1)
Momento de la lesión	
Entrenamiento	9 (100,0)
Competición	-

La Tabla 4, muestra presenta la clasificación de la muestra en función de la puntuación total obtenida en la batería. Se observó como todas las gimnastas alcanzaron un nivel aceptable de calidad de movimiento.

El estadístico U de Mann Whitney, para muestras independientes arrojó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($Z = -0,393$; $p > 0,05$), siendo el rango promedio del FMS similar en ambos casos (10,05 y 11,06 en gimnastas lesionadas y no lesionadas respectivamente). Finalmente, el estadístico R de Spearman no mostró una relación estadísticamente significativa de signo positivo entre las variables puntuación global del FMS y la presencia de lesiones.

Discusión

En cuanto a las lesiones del grupo de gimnastas lesionadas en la temporada anterior, la zona más afectada fue los miembros inferiores resaltando las lesiones de rodilla y tobillo, predominado las ligamentosas, datos que confirman los resultados obtenidos por diferentes autores en jóvenes gimnastas de esta disciplina^{3,4,6}. El 100% de las lesiones se produjeron en el entrenamiento y la mayoría fueron de carácter leve o moderado, lo que supuso un tiempo de baja deportiva no superior a tres semanas, realizándose además de forma activa sin repercutir excesivamente en su entrenamiento datos que van en la línea de los hallados por Vernetta *et al.*, Purnell *et al.*, Caine y Vernetta *et al.*^{3,6,20,26}.

En relación a los datos de la calidad de movimiento, cabe destacar niveles aceptables del test FMS en la muestra total, existiendo prácticamente la misma calidad de movimiento en las gimnastas no lesionadas sin diferencia estadísticamente significativa en la puntuación total del FMS, ni en cada una de las pruebas de forma independiente entre ambos grupos. No obstante, los valores obtenidos en las pruebas relacionadas con la estabilidad del core, equilibrio y control neuromuscular (paso de valla, estocada en línea y sentadilla), el grupo que presentó lesión en la temporada anterior obtuvo una puntuación ligeramente menor.

Tabla 2. Comparativa de las puntuaciones obtenidas en las diferentes pruebas de la batería FMS en función de la presencia o no de lesiones.

Prueba test FMS	No lesionada (n=11)	Lesionadas (n=9)	p
Sentadilla profunda	2,91±,302	2,78±,441	0,441
Paso de valla (dcha)	3,00±0,0	2,89±,333	0,269
Paso de valla (izq)	3,00±0,0	2,89±,333	0,269
Estocada en línea (dcha)	2,91±,302	2,78±,441	0,425
Estocada en línea (izq)	2,91±,302	2,89±,333	0,884
Movilidad de hombro (dcha)	2,09±,944	2,33±,707	0,596
Movilidad de hombro (izq)	2,09±,539	1,89±,782	0,489
Elevación activa de la pierna recta (dcha)	3±0	3±0	1
Elevación activa de la pierna recta (izq)	3±0	3±0	1
Estabilidad del tronco en flexiones	2,55±,522	2,67±,5	0,592
Estabilidad rotatoria tronco (dcha)	2,64±,674	2,89±,333	0,354
Estabilidad rotatoria tronco (izq)	2,73±,647	2,78±,441	0,913
Puntuación total en la batería FMS	19 ± 1,26	18,89±1,61	0,710

*p < 0,005. **p < 0,001

Tabla 3. Frecuencia y porcentaje de cada puntuación en las diferentes pruebas de la batería FMS obtenido por la muestra.

Prueba	No lesionadas N=11				Lesionadas N=9			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Sentadilla profunda	-	-	1 (9,1)	10 (90,9)	-	-	2 (22,2)	7 (77,8)
Paso de valla (dcha)	-	-	-	11 (100)	-	-	1 (11,1)	8 (88,9)
Paso de valla (izq)	-	-	-	11 (100)	-	-	1 (11,1)	8 (88,9)
Estocada en línea (dcha)	-	-	1 (9,1)	10 (90,9)	-	-	1 (11,1)	8 (88,9)
Estocada en línea (izq)	-	-	1 (9,1)	10 (90,9)	-	-	1 (11,1)	8 (88,9)
Movilidad de hombro (dcha)	-	4 (36,4)	2 (18,2)	5 (45,4)	-	1 (11,1)	4 (44,4)	4 (44,4)
Movilidad de hombro (izq)	-	1 (9,1)	8 (72,7)	2 (18,2)	-	3 (33,3)	5 (44,4)	2 (22,2)
Elevación activa de la pierna recta (dcha)	-	-	-	11 (100,0)	-	-	-	9 (100,0)
Elevación activa de la pierna recta (izq)	-	-	-	11 (100,0)	-	-	-	9 (100,0)
Estabilidad del tronco en flexiones	-	-	5 (45,5)	6 (54,5)	-	-	3 (33,3)	6 (66,7)
Estabilidad rotatoria tronco (dcha)	-	1 (9,1)	2 (18,2)	8 (72,7)	-	-	1 (11,1)	8 (88,9)
Estabilidad rotatoria tronco (izq)	-	1 (9,1)	1 (9,1)	9 (81,8)	-	-	2 (22,2)	7 (77,8)

Tabla 4. Frecuencia y porcentaje de la puntuación total obtenida en la batería FMS en todas las gimnastas y dividida en función de la presencia o no de lesiones.

Puntuación FMS	No lesionadas N (%)	Lesionadas N (%)
≤ 17	1 (9,1)	1 (11,1)
18-20	8 (72,8)	8 (88,8)
21	2 (18,2)	0 (0)

En nuestro estudio, destacar que ninguna de las gimnastas obtuvo una puntuación total en el test FMS menor o igual a 14, lo que nos indica según Cook *et al.*²², que ninguno de los grupos presentó mayor riesgo de lesionarse. La mayoría de las gimnastas de ambos grupos obtuvieron puntuaciones entre 18-20 puntos, correspondiente a un nivel aceptable, siendo estos resultados coincidentes con los hallados en los estudios de Vernetta *et al.*, Gil-López *et al.* y Vernetta *et al.*^{20,27,28}, en adolescentes que practicaban actividades deportivas como judo, baloncesto y GA, debido posiblemente a la relación existente entre el desempeño motor en patrones de movimientos básicos con la práctica en actividades fisi-

cas organizadas²⁹. Igualmente, teniendo en cuenta estas puntuaciones, se puede suponer que los entrenamientos a los que están sometidas los diferentes deportistas de los estudios anteriores, tienen un efecto significativo en los resultados más óptimos del FMS^{20,30}.

Destacar que ninguna de las gimnastas lesionadas en la temporada anterior, alcanzaron la puntuación máxima de 21 puntos, siendo lograda por dos gimnastas del grupo de no lesionadas.

Respecto a los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, se puede observar que las puntuaciones son muy similares en ambos grupos, salvo en las pruebas que implicaban el tren inferior (sentadilla profunda, paso de valla derecha/izquierda y estocada en línea derecha/izquierda), donde las gimnastas lesionadas obtienen peores puntuaciones, pero sin diferencias estadísticamente significativa. Esto en parte puede ser debido a que la mayoría de las lesiones en estas gimnastas se localizaron en los miembros inferiores, siendo el tobillo y rodilla las zonas más afectadas. En concreto, teniendo en cuenta que el 22,2% de las lesiones fueron en el tobillo y el 44,4% en la rodilla, las puntuaciones ligeramente menos favorables en el paso de valla y estocada en línea, al ser tests que requieren de estabilidad de rodilla, así como de cadera y tobillo según Cook *et al.*²², podría tener que ver con una pequeña falta que se detectó en estas gimnastas en relación a la capacidad de mantener la estabilidad en su miembro inferior. A este respecto, Nadler *et al.*³¹,

recomiendan realizar un trabajo equilibrado de las articulaciones del pie, tobillo, rodilla y cadera, tanto de movilidad como estabilidad, para evitar desbalances y posibles estados lesivos en ejercicios de grandes cadenas.

En relación a la movilidad articular, en el test de elevación de pierna los dos grupos obtienen una puntuación máxima de 3 puntos en ambos lados, resultados esperables debido a la importancia de la flexibilidad de la articulación coxo-femoral en los deportes gimnásticos³², coincidiendo con las puntuaciones máximas obtenidas en gimnastas de acrobática valoradas a través del FMS²⁰.

Con respecto a las posibles asimetrías en las cinco pruebas bilaterales, las gimnastas en general de ambos grupos presentaron puntuaciones muy similares en todas las pruebas a ambos lados, excepto en la movilidad de hombros donde se observó ligera asimetría en las gimnastas que estuvieron lesionadas con puntuaciones más bajas en el lado izquierdo. Este hecho en estas gimnastas podría estar justificado en que todas eran diestras, ya que como indica Arango³³, los deportistas poseen una tendencia natural a alcanzar amplitudes de movimiento superiores con el miembro dominante a partir de repeticiones. En el caso concreto de la GA las gimnastas realizan en muchas ocasiones movimientos específicos de alta dificultad técnica con un solo brazo. De ahí, que es fundamental concienciar a los entrenadores de incidir en un trabajo paralelo de flexibilidad con la misma intensidad en ambos miembros superiores y evitar descompensaciones que a largo plazo se puedan manifestar en forma de lesión.

Finalmente, no se encontró ninguna relación entre los resultados en la puntuación total del FMS con la presencia de lesiones previas. Desde la publicación del FMS por Cook *et al.*¹², existen varias controversias sobre su utilización como herramienta para la identificación del riesgo de lesión. Son varios los estudios que han hallado una asociación clara del mismo para detectar riesgos de lesiones, así como, determinar diferencias significativas entre lesionados y no lesionados en la puntuación total del FMS^{14,34-36}. Por el contrario, otros trabajos no han encontrado tales diferencias ni asociación como en los resultados de nuestro estudio^{18,37-39}.

Quizás las diferencias no encontradas entre ambos grupos en el presente estudio, podría deberse a la falta de una muestra más grande. Como indican Alemany *et al.*²⁵, diversos estudios realizados actualmente implementan muestras pequeñas que no son representativas estadísticamente, lo cual arroja la falta de asociación entre el riesgo de lesiones y el FMS. Otro punto podría ser el criterio elegido para determinar al grupo de lesionadas, ya que se trataban de gimnastas que estaban recuperadas de las lesionadas sufridas en la temporada anterior. Además, el entrenamiento neuromuscular tan exigente que reciben estas gimnastas por ser un deporte que requiere un nivel de ejecución técnica muy elevado, ha podido influir en las puntuaciones muy aceptables del FMS obtenidas en los dos grupos^{20,40}. Futuros estudios deben investigar la capacidad del FMS para identificar el riesgo de lesión en una muestra más amplia mediante diseños prospectivos, o bien de manera retrospectiva evaluando a gimnastas que se hayan lesionado recientemente antes de la valoración del FMS o incluso que estén en fase de recuperación, siempre y cuando la evaluación resulte posible y conveniente. Igualmente, sería fundamental observar las compensaciones que se realizan en la ejecución de cada test del FMS.

Por último, con respecto al IMC destacar que la mayoría de las gimnastas (75%) fueron clasificadas en normopeso, obteniendo por tanto un IMC saludable, encontrándose sólo un porcentaje bajo de gimnastas con delgadez tipo I (20%), y una sola gimnasta en delgadez tipo III según los indicadores propuestos por Cole *et al.*⁴¹.

Las principales limitaciones del presente estudio radican en el escaso tamaño de la muestra, que hace que los resultados no puedan ser generalizables al resto de jóvenes gimnastas de esta disciplina.

Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto, podemos concluir que los resultados de la puntuación total del FMS fueron ligeramente mayores en las gimnastas que no sufrieron lesión en la temporada pasada puntuando mejor en todas las pruebas excepto en la de estabilidad de tronco en flexiones y estabilidad rotatoria de tronco en ambos lados. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas. Igualmente, no existió ninguna relación entre la puntuación total del FMS y el grupo de gimnastas lesionadas.

Aplicaciones prácticas

Como aplicación práctica, esta batería de test es válida para establecer el perfil funcional de estas gimnastas. De ahí que se pueda convertir en una herramienta básica para los entrenadores al principio de la temporada, ya que les permitirá identificar las limitaciones en ciertos patrones de movimiento en sus gimnastas y así poder diseñar ejercicios que puedan corregir esos déficits de forma individual y poder reducir en parte el riesgo de posibles lesiones⁴¹. Igualmente, debido a las cinco pruebas existentes bilaterales del FMS, la información obtenida podría ser válida para programar entrenamientos orientados a conseguir una simetría entre extremidades y disminuir posibles lesiones futuras. Finalmente, puede servir para controlar el estado de forma tras una lesión y definir el momento apropiado para la reincorporación de las gimnastas a los entrenamientos, especialmente en lesiones de rodilla⁴².

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Vernetta M, López-Bedoya J, Gutiérrez A. La creatividad de la gimnasia acrobática. In: *Creatividad y deporte Consideraciones teóricas e investigaciones breves*. Sevilla: Wanceulen.; 2008. p. 133–56.
2. Taboada Y, Vernetta M, Gutiérrez-Sánchez A. Anthropometric profile in different event categories of acrobatic gymnastics. *J Hum Kinet*. 2017;57:169–79.
3. Vernetta M, Montosa I, López-Bedoya J. Lesiones en jóvenes gimnastas femeninas de acrobática de la élite nacional. *Rev Iberoam ciencias la Act Física y el Deport*. 2018;8:71–84.
4. Grapton X, Lion A, Gauchard GC, Barrault D PP. Specific injuries induced by the practice of trampoline, tumbling and acrobatic gymnastics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:494–9.
5. Martins Ú, Cunha J, França L, Amaro J, Gomes J & Branco CA. I was an acrobat. Am i in pain?. *Br J Sports Med*. 2017;51:357–8.
6. Purnell M, Shirley D, Nicholson I & Adams R. Acrobatic gymnastics injury: occurrence, site and training risk factors. *Phys Ther*. 2010;11:40–6.

7. Rego F, Reis M, OR. Lesões em ginastas portuguesas de competição das modalidades de trampolins, ginástica acrobática, ginástica artística e ginástica rítmica na época 2005/2006. *Rev Port Fisioter no Desporto*. 2007;21:21–7.
8. Vernetta-Santana M, Ariza-Vargas L, Martínez-Patiño MJ, López-Bedoya J. Injury profile in elite acrobatic gymnasts compared by gender. *J Hum Sport Exerc*. 2021;
9. Bennett H, Arnold J, Martin M, Norton K, Davison K. A randomised controlled trial of movement quality-focused exercise versus traditional resistance exercise for improving movement quality and physical performance in trained adults. *J Sports Sci*. 2019;37:2806–17.
10. Fernández-Pino JA, Figueroa-Contreras DE, Garcés-Mondría FI, Montalva-Purcell B, Olivares N, Alonso R. *Calidad de movimiento evaluado a través del Test FMS en estudiantes de primer año de la carrera de Educación Física durante el año 2016*. Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello. 2017.
11. Villalobos-Samaniego C, Rivera-Sosa JM, Ramos-Jimenez A, Cervantes-Borunda MS, Lopez-Alonzo SJ, Hernandez-Torres RP. Métodos de evaluación del equilibrio estático y dinámico en niños de 8 a 12 años. *RETOS*. 2020;37:793-801.
12. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *N Am J Sport Phys Ther*. 2006;1:62.
13. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 2. *N Am J Sport Phys Ther*. 2006;1:132–9.
14. Kiesel K, Plisky PJ VM. Can serious injury in professional football be predicted by a preseason functional movement screen? *N Am J Sport Phys Ther*. 2007;2:147–58.
15. Bonazza NA, Smuin D, Onks CA, Silvis ML, Dhawan A. Reliability, validity, and injury predictive value of the functional movement screen: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2017;45:725–32.
16. Bunn PDS, Rodrigues AI, Bezerra da Silva E. The association between the functional movement screen outcome and the incidence of musculoskeletal injuries: A systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sport Med*. 2019;35:146–58.
17. Gil-López MI, García-Hurtado M y Hernández-García R. Valoración funcional básica del judoka: Un estudio piloto. *Rev Artes Marciales Asiáticas*. 2018;1:20–2.
18. Hernández-García R, Rodríguez-Díaz L, Molina-Torres, G y Torres-Luque G. Efectos de un programa de actividad física con el método pilates sobre la funcionalidad de mujeres embarazadas. Estudio piloto. *Rev Iberoam Ciencias la Act Física y el Deport*. 2018;7:40–52.
19. Li Y, Wang X, Chen X, Dai B. Exploratory factor analysis of the functional movement screen in elite athletes. *J Sports Sci*. 2015;33:1166–72.
20. Vernetta M, Salas A, Peláez-Barrios EM, López-Bedoya J. Calidad de movimiento en adolescentes practicantes y no practicantes de Gimnasia Acrobática mediante la batería Functional Movement Screen. *Retos*. 2021;41:879–86.
21. Dorrel BS, Long T, Shaffer S, Myer GD. Evaluation of the functional movement screen as an injury prediction tool among active adult populations. *Sports Health*. 2015;7:53–9.
22. Cook G. *Movement: Functional movement systems: Screening, assessment, corrective strategies*. Book Baby. 2010.
23. Troule S, CD. Application of functional test to the detection of asymmetries in soccer players. *J Sport Heal Res*. 2016;8:53–64.
24. de Orbe Moreno M, Salas Morillas A, Vernetta Santana M. Evaluación de la calidad de movimiento en escolares mediante el Functional Movement Screen: una revisión. *Sport Sci J Sch Sport Phys Educ Psychomot*. 2021;7:199–217.
25. Alemany J, Bushman T, Grier T, Anderson M, Canham-Chervak M, North W, et al. Functional movement screen: Pain versus composite score and injury risk. *J Sci Med Sport*. 2017;20:540–4.
26. Caine D NL. Gymnastics injuries. *Med Sport Sci*. 2005;48:18–58.
27. Gil-López M, Sanchez-De la Vieja C, Hernández-García R. Perfil funcional básico de los jóvenes del programa nacional de tecnificación en bádminton. *JUMP*. 2021;3:1–9.
28. Vernetta M, De Orbe M, Salas A. Práctica extraescolar del baloncesto y calidad de movimiento en chicas adolescentes. *Rev Iberoam Ciencias la Act Física y el Deport*. 2020;9:75–93.
29. Holfelder B, Schott N. Relationship of fundamental movement skills and physical activity in children and adolescents: A systematic review. *Sport Exerc Perform Psycho*. 2014;15:382–91.
30. Peate WF, Bates G, Lunda K, Francis S, Bellamy K. Core strength: a new model for injury prediction and prevention. *J Occup Med Toxicol*. 2007;2:1–9.
31. Nadler SF, Malanga GA, Feinberg JH, Prybicien M, Stitik TP, DePrince M. Relationship between hip muscle imbalance and occurrence of low back pain in collegiate athletes: a prospective study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80:572–7.
32. Sands WA, McNeal JR, Stone MH RE, JM. Flexibility enhancement with vibration: acute and long-term. *Med Sci Sport Exerc*. 2006;38:720–5.
33. Arango LZ. El uso de ambas manos posibilita un desarrollo mayor. *Pediatr Rev Colomb Pediatr*. 2003;38.
34. Chang WD, Lu CC. Sport-Specific Functional tests and related sport injury risk and occurrences in junior basketball and soccer athletes. *Biomed Res Int*. 2020;
35. Rowe K. Using the Functional Movement Screen® and Y-balance test to predict injury in division iii volleyball players. Masters of education in human movement, sport, and leisure studies graduate projects. 2020. 84.
36. Syaifei M, Budi DR, Listiandi AD, Festiawan R, Kusnandar K, Nurcahyo PJ, Qohhar W. Functional movement screening: an early detection of the student injury risk in sport class. *J Pendidikan Jasm dan Olahraga*. 2020;5:182–91.
37. Bardenett SM, Micca JJ, DeNoyelles JT, Miller SD, Jenk DT, Brooks GS. Functional movement screen normative values and validity in high school athletes: can the fmstm be used as a predictor of injury? *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10:303.
38. Rusling C, Edwards K, Bhattacharya A, Reed A, Irwin S, Boles A HL. The functional movement screening tool does not predict injury in football. *Prog Orthop Sci*. 2015;1:1.
39. Smith PD, Hanlon MP. Assessing the effectiveness of the functional movement screen in predicting noncontact injury rates in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2017;31:3327–3322.
40. Portas MD, Parkin G, Roberts J, Batterham AM. Maturational effect on Functional Movement Screen™ score in adolescent soccer players. *J SciMed Sport*. 2016;19:854–8.
41. Miller JM, Susa KJ. Functional movement screen scores in a group of division IA athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;
42. Davies GJ, McCarty E, Provencher M, Manske RC. ACL Return to sport guidelines and criteria. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017;10:307–14.

Correlación electro-ecocardiográfica en deportistas de alto rendimiento

Claudio M. Marigo¹, Carlos R. Vozzi², Lara Vozzi², Stella M Pezzotto¹

¹Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. ²Instituto Vozzi, Rosario, Santa Fe, Argentina.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00086

Recibido: 08/09/2021

Aceptado: 03/05/2022

Resumen

Introducción: El entrenamiento físico sostenido genera adaptaciones cardíacas estructurales y funcionales. El objetivo de nuestro trabajo fue evaluar la correlación entre los hallazgos electro-ecocardiográficos en una población de deportistas de alto rendimiento.

Material y método: Se evaluaron 30 deportistas varones (10 waterpolistas, 10 triatletas y 10 nadadores), entre 18 y 40 años, con 20 a 30 horas semanales de entrenamiento por al menos un año. Se efectuó evaluación clínica, electrocardiográfica y ecocardiográfica a cada uno de ellos en el Instituto Vozzi.

Resultados: En la evaluación ecocardiográfica, se observó que la media del espesor septal, el índice de masa del ventrículo izquierdo (VI), el diámetro anteroposterior y el área de la aurícula izquierda (AI), el área de la aurícula derecha (AD) y la base del ventrículo derecho (VD) se hallaron por encima de los valores normales para la población general. En los ECG, ninguno de los deportistas presentó crecimiento de AI, AD o VD. Nueve de los 30 (30%) presentaron signos de hipertrofia del VI. Luego de ajustar por edad, peso, talla, superficie corporal y deporte realizado, el diámetro diastólico del VI (DdVI) indexado a la superficie corporal (SC) fue mayor en los deportistas con hipertrofia del VI en el electrocardiograma (ECG) (media ajustada 28,94±0,56 mm; IC95%= 27,78-30,10) vs sin hipertrofia (27,67±0,36 mm; IC95%= 26,93-28,41). Los triatletas presentaron con mayor frecuencia hipertrofia del VI en el ECG respecto de los otros grupos.

Conclusiones: Ciertos parámetros ecocardiográficos en nuestra población de deportistas se hallan por encima de los valores normales para la población general. No se halló relación entre los signos electrocardiográficos y ecocardiográficos de crecimiento de la AI, la AD e hipertrofia del VD. Se halló relación entre hipertrofia del VI en el ECG y aumento del diámetro diastólico del VI indexado en el ecocardiograma. La hipertrofia del VI en el ECG fue más frecuente en el grupo de triatletas.

Palabras clave:

Deportes. Electrocardiografía.
Ecocardiografía. Deportistas.
Hipertrofia.

Electrocardiographic and echocardiographic association in high performance athletes

Summary

Background: Functional and structural cardiac adaptations are generated by sustained physical training. The objective of our investigation was to evaluate the association in electrocardiographic and echocardiographic findings in a population of high-performance athletes.

Material and method: 30 male athletes (10 water polo players, 10 triathlonists and 10 swimmers), ages 18 to 40 years old, training 20 to 30 hours per week for at least one year, were evaluated. Clinical, electrocardiographic (ECG) and echocardiographic examination was performed on each of them at Instituto Vozzi.

Results: Echocardiographic results showed that the mean septal thickness, the mass index of the left ventricle (LV), the anteroposterior diameter and the area of the left atrium (LA), the area of the right atrium (RA) and the base of the right ventricle (RV) were found above normal values for the general population. None of the athletes ECGs presented LA, RA or RV enlargement. Nine of 30 (30%) presented signs of LV enlargement. After adjusting for age, weight, height, body surface area, and sport performed, LV diastolic diameter (LVDD) indexed to body surface area (BSA) was higher in athletes with LV enlargement on ECG (adjusted mean 28.94 ± 0.56 mm; 95% CI = 27.78-30.10) vs without (27.67 ± 0.36 mm; 95% CI = 26.93-28.41). More triathlonists presented LV enlargement signs on the ECG compared to the other groups.

Conclusions: Certain echocardiographic parameters in our population of athletes are above normal values for the general population. There was no relationship comparing electrocardiographic and echocardiographic signs of LA, RA and RV enlargement. An association was found between ECGs LV enlargement and increased LVDD indexed to BSA on the echocardiograms. LV enlargement on the ECGs was more frequent in the triathlon group.

Key words:

Sports. Electrocardiography.
Echocardiography. Athletes.
Hypertrophy.

Correspondencia: Claudio M. Marigo
E-mail: cmarigo2000@yahoo.com.ar

Introducción

Estudios efectuados en las décadas del 50 y el 60, con correlación angiográfica y por autopsia, establecieron las limitaciones del electrocardiograma (ECG) para la detección de la hipertrofia ventricular y observaron que la mayor precisión de los mismos para diagnosticarla se centraba en personas hipertensas y en portadores de valvulopatías izquierdas, especialmente si presentaban grados moderados o severos de hipertrofia¹. Con el tiempo, se fueron desarrollando nuevos criterios que no lograron mejorar la exactitud del método.

No se puede soslayar que la mayoría de los criterios electrocardiográficos para la detección de hipertrofia ventricular izquierda (HVI) se validó en poblaciones con alta prevalencia de enfermedades cardiovasculares (insuficientes renales crónicas en hemodiálisis², hipertensión arterial crónica³). La consecuencia obvia es la baja *performance* de estos criterios cuando son aplicados en poblaciones con baja prevalencia de dichas enfermedades. Una de ellas es la de deportistas, en quienes la interpretación de los ECG se realiza habitualmente en base a los criterios tradicionales empleados en la población no deportista⁴. La validación de los criterios de hipertrofia se efectuó en un principio por correlación con la pieza anatómica, más tarde, a través de distintos métodos de imagen. Al respecto, existe poca información respecto de la correlación electro-ecocardiográfica de las modificaciones cardíacas que surgen como fenómeno adaptativo al entrenamiento físico sostenido.

Fue el objetivo de nuestro trabajo establecer si existe asociación entre los signos electrocardiográficos y ecocardiográficos de crecimiento de las cámaras cardíacas en deportistas de alto rendimiento, entendiéndose por tal aquel que se realiza de manera sistemática y regular, con alta exigencia física, con la finalidad de obtener logros en una competencia⁵.

Material y método

Selección de sujetos

Realizamos un estudio observacional, prospectivo, entre junio y septiembre de 2018, en el cual se incluyeron deportistas varones entre 18 y 40 años, seleccionados de centros de alto rendimiento de la ciudad de Rosario, que entrenaran entre 20 y 30 horas semanales en tres tipos de deportes: triatlón (T), natación (N) y waterpolo (W), con un tiempo mínimo de entrenamiento de un año. Como criterios de inclusión se estableció además que todos estuvieran libres de enfermedad cardiovascular o sistémica y no se encontraran tomando ninguna medicación al momento de la incorporación al estudio. En el Instituto Vozzi se efectuó evaluación clínica, electrocardiográfica y ecocardiográfica a cada uno de los deportistas en el mismo día. Se les solicitó consentimiento informado para su participación en el estudio.

Examen clínico

Se efectuó un examen físico que consistió en la obtención de signos vitales y parámetros antropométricos (peso, talla y superficie corporal).

Electrocardiografía

Los ECG de doce derivaciones fueron realizados con un electrocardiógrafo Fukuda Cardisuny modelo 501 B, a una velocidad de registro de 25 mm/segundo, con un standard de 1 mV/cm, en posición supina. Los trazados fueron interpretados por uno de los autores, el cual se hallaba ajeno a los resultados de los ecocardiogramas, siendo analizados de acuerdo a las recomendaciones emitidas por la Sociedad Europea de Cardiología en 2010⁶. Se evaluaron el ritmo cardíaco, la frecuencia cardíaca, el eje eléctrico, la duración y voltaje de la onda P, el intervalo PR, el complejo QRS (duración y voltajes), el intervalo QT (su duración corregida por fórmula de Bazett), el segmento ST y la onda T. El crecimiento auricular izquierdo (CAI) se definió como una duración de la onda P mayor de 120 milisegundos en derivación D II o una porción negativa de la misma $\geq 0,1$ mV y ≥ 40 ms en V1⁷. El crecimiento auricular derecho (CAD) se definió como una onda P de amplitud mayor de 0,25 mV en derivaciones D II y D III o mayor de 0,15 mV en V1 o V2⁸. Los de HVI e hipertrofia ventricular derecha (HVD) con la presencia de al menos 1 criterio con especificidad mayor de 85% (Tablas 1 y 2) (Figura 1).

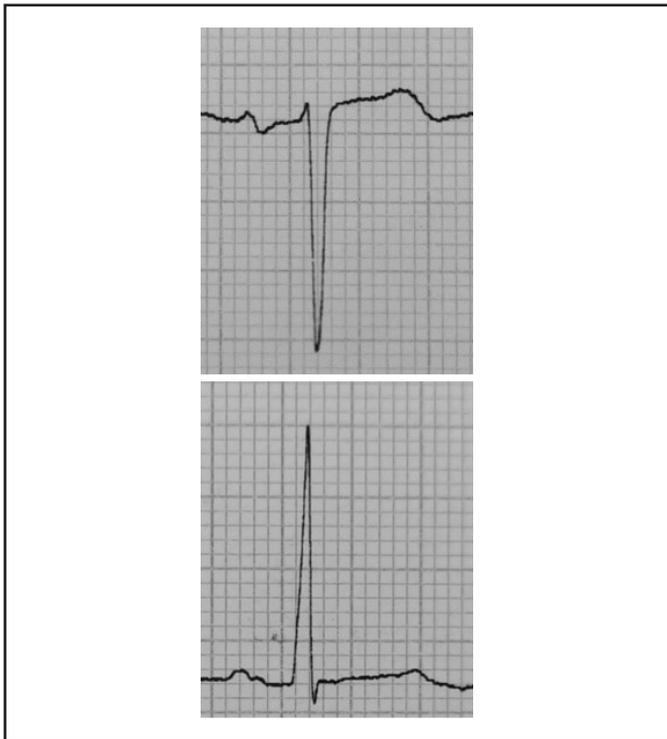
Tabla 1. Criterios de sobrecarga ventricular izquierda.

Sobrecarga ventricular izquierda	Criterio N°
(R I) + (S III) ≥ 25 mm (Gubner 1943)	1
R de avL ≥ 7.5 mm (Minnesota)	2
R de avL > 11 mm (Sokolow 1949)	3
R de avF > 20 mm (Golderberg 1949)	4
(S de V1) + (R de V5-6) > 35 mm (Sokolow 1949)	5
Producto de Sokolow (Sokolow x duración QRS) > 2880 mm/ ms (Molloy 1992)	6
R avL + S V3 > 28 mm en ♂ (Cornell 1985)	7
Producto de Cornell (Cornell x duración QRS) > 2440 mm/ ms (Molloy 1992)	8
Máxima S + S V4 > 28 mm (Peguero Lo Presti 2017)	9
S (máxima) + R (máxima) = 45 mm (Friedman 1977)	10
R V5 o V6 > 26 mm (Sokolow 1949)	11

Tabla 2. Criterios de sobrecarga ventricular derecha.

Sobrecarga ventricular derecha	Criterio N°
R/S en V1 ≥ 1 (Myers 1948)	1
R en V1 ≥ 7 mm (Sokolow 1949)	2
R/S en V5 o V6 ≤ 1 (Sokolow 1949)	3
S en V5 o V6 ≥ 7 mm (Sokolow 1949)	4
R en V1 + S V5/V6 ≥ 10.5 mm (Sokolow 1949)	5
R V5/V6 ≤ 5 mm (Sokolow 1949)	6
R de avR ≥ 5 mm (Sokolow 1949)	7
Eje eléctrico $\geq 110^\circ$	8

Figura 1. Derivaciones V1 y V6 de deportista con Sokolow positivo para SVI.



Ecocardiografía

Los ecocardiogramas doppler fueron efectuados por el mismo operador con un equipo Mindray DC-T6 con un transductor de 2 a 4 MHz, ajeno a los resultados de los ECG. Los deportistas fueron estudiados en reposo, en posición de decúbito lateral izquierdo. Las dimensiones y los espesores del VI fueron obtenidos por modo M derivado de las imágenes bidimensionales desde las vistas paraesternal eje largo y eje corto, según las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía vigentes al momento del estudio⁹ (Figura 2). La masa ventricular izquierda se determinó por el método lineal, con la fórmula del cubo (masa de VI = $0,8 \times \{1,04 \times (\text{diámetro diastólico del VI (DdVI)} + \text{espesor diastólico septal} + \text{espesor diastólico de pared posterior})^3 - \text{DdVI}^3\} + 0,6 \text{ g}$). Los valores se compararon con los considerados normales ajustados para la superficie corporal (SC) (obtenida de acuerdo a la fórmula de Du Bois y Du Bois). Se tomó como valor de corte un índice de masa del VI de 115 gramos/m². Las áreas y volúmenes de fin de sístole de ambas aurículas fueron obtenidas de una vista apical de 4 cámaras. En la misma vista, pero focalizada en cámaras derechas, se realizaron las mediciones de las dimensiones del ventrículo derecho (VD); se obtuvieron los diámetros transversales a nivel de la base del mismo (tracto de entrada) y en el tercio medio a nivel de los músculos papilares, todos en fin de diástole, de acuerdo a las normativas de las guías de evaluación ecocardiográfica de las cámaras derechas¹⁰. También se obtuvieron medidas del VD en el eje corto de grandes vasos, donde se midió el diámetro del tracto de salida proximal y distal del

Figura 2. Medición de dimensión y espesores de VI.



mismo. Por último, su espesor se midió a nivel de la pared libre en vista subxifoidea. La evaluación de la función sistólica del VI se realizó por el método de Simpson biplano, desde las vistas apicales de 4 y 2 cámaras.

La dilatación de las aurículas por ecocardiografía se definió como aumento de sus diámetros, área y/o volumen. Respecto de los ventrículos, se definió como dilatación al aumento de sus diámetros e hipertrofia al aumento de los espesores (en el caso del VD) o de la masa indexada (para el VI). Las mediciones se valoraron como variables cuantitativas.

Análisis estadístico

Se calcularon estadísticas descriptivas para todas las variables estudiadas.

Se compararon los promedios obtenidos para cada variable aplicando pruebas ANOVA para muestras independientes, una vez evaluado el cumplimiento de los supuestos necesarios. Para verificar la distribución normal de los datos se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas fue evaluada mediante la prueba de Levene.

Se efectuaron además análisis de covarianza (ANCOVA) para realizar ajustes por las posibles covariables de confusión (edad, peso, talla, superficie corporal y deporte que realiza) según los parámetros comparados entre deportistas con y sin hipertrofia. Los promedios ajustados se expresan como media \pm error estándar. Al utilizar el análisis de la covarianza nos planteamos la posibilidad de "corregir" o "ajustar" la diferencia hallada entre los grupos en las covariables con diferencias significativas, con el fin de hacer comparables los grupos en estudio.

Se evaluó la asociación entre la presencia de CAI en el ECG y la presencia de aumento del diámetro, el área o el volumen ecocardiográfico de la misma cavidad. Se evaluó además la asociación entre la presencia de CAD en el ECG y el aumento del área o el volumen ecocardiográfico de la misma.

Se evaluó además la asociación entre la presencia de HVI en el ECG y los valores medios del diámetro diastólico del VI absoluto e indexado, el espesor del septum, el espesor de la pared posterior, la masa absoluta y la masa indexada del VI.

Para analizar la existencia de diferencias en la presencia de HVI en el ECG entre los 3 grupos de deportistas, se calcularon frecuencias absolutas y relativas y se compararon aplicando la prueba de Freeman-Halton (extensión de la prueba de probabilidad exacta de Fisher para una tabla de contingencia de dos filas por tres columnas).

Para todos los criterios de SVI que resultaran positivos, se determinaron sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo en relación a la presencia de aumento del índice de masa del VI.

En todos los casos el nivel de significación aceptado fue de $p < 0,05$.

Resultados

En el período de estudio se incluyeron 30 deportistas (10 por grupo) con una edad promedio de $23,9 \pm 5$ años (Tabla 3). Al comparar la edad promedio entre los deportistas de las tres disciplinas analizadas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas (W: $21,1 \pm 2,1$; N: $22,9 \pm 4,4$; T: $27,7 \pm 5,5$; $p = 0,005$). Al realizar las comparaciones múltiples *post hoc*, se encontró que las diferencias halladas se atribuyeron a la diferencia de edad de T (mayor) respecto de los W ($p = 0,005$). La tensión arterial promedio fue de $117/69$ mm Hg; la frecuencia cardíaca promedio 55 latidos por minuto. No hubo diferencias en estos parámetros entre los distintos grupos. Respecto de los parámetros antropométricos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la talla media entre los deportistas de las tres disciplinas analizadas (W: $183,70 \pm 6,897$; N: $177,90 \pm 7,172$; T: $172,90 \pm 9,480$ cm; $p = 0,019$). Al realizar las comparaciones múltiples *post hoc*, se encontró que las diferencias halladas se atribuyeron a la diferencia de talla entre los W y T (mayor en W, $p = 0,015$). Asimismo, se encontró diferencia significativa en el peso medio entre los deportistas de las tres disciplinas (W: $88,0 \pm 8,4$; N: $73,0 \pm 10,1$; T: $69,5 \pm 13,7$ kg; $p = 0,002$). En este caso, las diferencias se deben a que los W tienen un peso promedio mayor al de los T ($p = 0,002$) y a los N ($p = 0,015$). Por tal motivo, la superficie corporal promedio fue de $1,94$ m², mayor en W en relación a T ($1,8 \pm 0,20$, $p = 0,004$) y N ($1,9 \pm 0,16$, $p = 0,003$) (Tabla 3).

Respecto de la evaluación ecocardiográfica, se observó que la media del espesor septal, el índice de masa del VI, el diámetro anteroposterior y el área de la AI, el área de la AD y la base del VD se hallaron por encima de los valores normales para la población general (Tabla 4). La variedad de hipertrofia hallada fue excéntrica (16 deportistas) y concéntrica (1 deportista); presentaron hipertrofia 9/10 triatletas, 6/10 waterpolistas y 2/10 nadadores.

Respecto del análisis de los ECG, ninguno de los deportistas presentó crecimiento de AI o de AD. Nueve de los 30 deportistas (30%) presentaron signos de HVI (3 W y 6 T). Ninguno presentó HVD. La evaluación de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo para todos los criterios de HVI que resultaron positivos en relación a la presencia de aumento del índice de masa del VI se muestran en la Tabla 5. Se destaca la baja sensibilidad de los criterios, así como una elevada especificidad y valor predictivo positivo.

Como puede observarse en la Tabla 6, el diámetro diastólico del VI (DdVI) indexado a la superficie corporal (SC) fue mayor en los deportistas con hipertrofia del VI en el ECG ($29,68$ vs $27,35$ mm, $p = 0,015$). Las medias ajustadas por edad, peso, talla, superficie corporal y deporte realizado (p^*), siguieron mostrando igual comportamiento (medias ajustadas para el DdVI indexado a la SC en deportistas con HVI en ECG: $28,94 \pm 0,56$ mm; IC95% = $27,78-30,10$; en deportistas sin HVI en ECG: $27,67 \pm 0,36$ mm; IC95% = $26,93-28,41$). Se encontró diferencia significativa también para el índice de masa del ventrículo izquierdo (IMVI), resultando mayor (en rango de hipertrofia) en los deportistas con HVI por ECG ($126,89$ vs $111,67$ gramos/m²; $p = 0,049$). Al aplicar el ANCOVA, se observó cómo el ajuste hizo desaparecer las diferencias significativas previamente encontradas (medias ajustadas del IMVI en deportistas con HVI en ECG: $126,53 \pm 7,53$ gramos/m²; IC95% = $111,41-141,65$; en deportistas sin HVI en ECG: $111,37 \pm 4,93$ gramos/m²; IC95% = $101,11-121,62$). El resto de las variables ecocardiográficas no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre deportistas con y sin HVI en el ECG.

La asociación entre deporte practicado y HVI en el ECG se muestra en la Figura 3. La proporción de deportistas con HVI difiere según

Tabla 3. Características de los deportistas.

Parámetro	Rango	Media				p (entre grupos)*
		Global	W	N	T	
Edad (años)	19-39	23,9	21,1	22,9	27,7	T vs W: $p = 0,005$ T vs N = NS
Presión sistólica (mm Hg)	100-138	117,2	120,0	118,0	113,5	NS ($p = 0,416$)
Presión diastólica (mm Hg)	60-80	69,7	68,0	69,0	72,0	NS ($p = 0,429$)
Frecuencia cardíaca (latidos por minuto)	44-94	65,8	61,9	70,1	66,3	NS ($p = 0,290$)
Altura (cm)	162-193	178,16	183,7	177,9	172,9	W vs T: $p = 0,015$ W vs N = NS
Peso (kg)	55-100	76,83	88,0	73,0	69,5	W vs N: $p = 0,015$ W vs T: $p = 0,002$
Superficie corporal (m ²)	1,58- 2,31	1,9	2,1	1,9	1,8	W vs N: $p = 0,003$ W vs T: $p = 0,004$

*Pruebas *post hoc* de Bonferroni.

Tabla 4. Descripción de los valores ecocardiográficos en los deportistas estudiados.

Parámetro ecocardiográfico	Media \pm DS	Mínimo	Máximo	P50 (Mediana)	% valores anormales
Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo (mm)	54,29 \pm 3,80	48,50	64,70	54,40	10
DDVI indexado a la superficie corporal (mm)	28,05 \pm 2,47	24,15	32,71	27,56	20
Septum interventricular en diástole (mm)	11,22 \pm 0,86	9,70	12,70	11,30	63
Pared posterior en diástole (mm)	10,27 \pm 0,91	8,30	11,80	10,40	36
Masa del ventrículo izquierdo (gramos)	229,00 \pm 41,50	168,00	323,00	222,50	46
Índice de masa del ventrículo izquierdo (gramos/m ²)	116,23 \pm 19,72	59,00	158,00	117,00	56
Grosor parietal relativo	0,37 \pm 0,04	0,30	0,45	0,38	13
Diámetro anteroposterior de la aurícula izquierda (mm)	40,19 \pm 3,52	35,00	48,50	40,10	36
Área de la aurícula izquierda (cm ²)	21,25 \pm 3,10	15,00	26,85	21,28	60
Volumen de la aurícula izquierda (ml/m ²)	33,91 \pm 5,43	22,60	43,00	34,34	40
Área de aurícula derecha (cm ²)	19,84 \pm 2,81	14,64	27,14	19,83	56
Volumen de aurícula derecha (ml/m ²)	31,69 \pm 5,88	21,90	46,00	30,85	33
Diámetro de la base del ventrículo derecho (mm)	42,31 \pm 4,00	35,00	50,00	42,00	56
Diámetro medio del ventrículo derecho (mm)	31,60 \pm 7,50	24,4	42,00	33,00	20
Tracto de salida del ventrículo derecho proximal (mm)	33,36 \pm 3,46	28,00	40,00	33,00	30
Tracto de salida del ventrículo derecho distal (mm)	25,09 \pm 5,60	20,00	30,00	26,00	33
Espesor del ventrículo derecho (mm)	4,45 \pm 0,59	3,00	5,80	4,50	0

Nota: En todos los casos se verificó la normalidad de la distribución de los datos y la homogeneidad de varianzas.

Tabla 5. Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y negativo (VPN) de los distintos criterios ECG de SVI en relación a la presencia de hipertrofia por aumento del índice de masa del VI.

Criterio ECG	Sensibilidad %	Especificidad %	VPP %	VPN %
R de avF > 20 mm	6	100	100	47
(S de V1) + (R de V5-6) > 35 mm	35	95	86	63
Producto de Sokolow >2880 mm/ms	35	95	86	64
R avL + S V3 >28 mm	6	100	100	47
Máxima S + S V4 >28 mm	24	100	100	57
S (máxima) + R (máxima)= 45 mm	24	100	100	57
R V5 o V6 > 26 mm	24	94	80	57

el deporte practicado ($p=0,0155$). Se compararon las proporciones entre los N y W aplicando la prueba de Fisher, obteniendo un valor $p=0,2105$. Por lo tanto, la proporción que difiere es la correspondiente a los T, quienes presentan mayor HVI en el ECG que los deportistas de las otras disciplinas.

Discusión

Los principales cambios electrocardiográficos relacionados con las hipertrofias ventriculares se manifiestan en el voltaje y duración del QRS, el eje eléctrico y las alteraciones de la repolarización ventricular. El incremento en el voltaje del complejo de activación ventricular se debe al aumento de la masa ventricular que se despolariza; el aumento en la duración del QRS es producto de la prolongación de la propagación

del impulso en el miocardio hipertrófico. La desviación del eje eléctrico es un elemento que apoya el diagnóstico de hipertrofia y es más relevante para afianzar los criterios de hipertrofia derecha. Las alteraciones secundarias del ST-T avalan el diagnóstico de HVI ante la presencia de criterios de voltaje; por sí solas no son suficientes para hacer diagnóstico. Los crecimientos auriculares se reflejan en la duración, morfología y voltaje de la onda P^{4,6}.

Estos cambios se han correlacionado de manera directa (autopsia, en la cual se pesaba el VI luego de eliminar de la pieza cardíaca las cámaras derechas, aurícula izquierda, aorta y grasa epicárdica o bien se medía el espesor de la pared del VD) o indirecta (a través de métodos de imagen como radiografía, ventriculografía, ecocardiografía y resonancia magnética nuclear) con las dimensiones y/o masa de las distintas cavidades para establecer los criterios de sobrecarga por ECG^{1,11-16}.

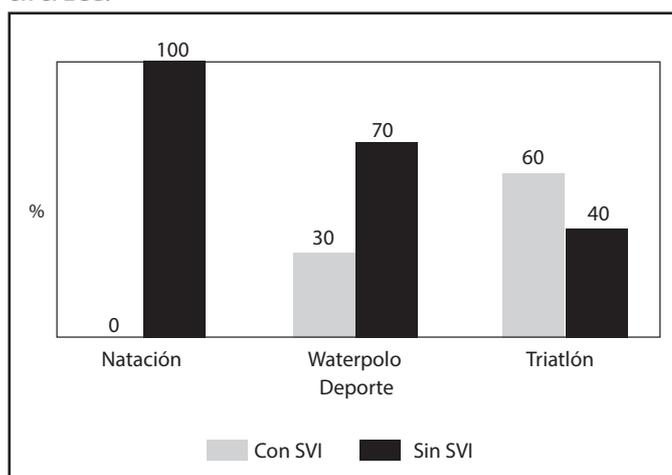
Tabla 6. Comparación de las variables ecocardiográficas del ventrículo izquierdo en relación a la presencia o ausencia de sobrecarga del VI en el ECG.

	SVI en ECG	N	Media ± DS	IC 95%	Mínimo	Máximo	p	p*
Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo (mm)	No	21	53,86 ± 3,74	52,16-55,56	48,50	64,70	0,359	0,134
	Sí	9	55,28 ± 4,00	52,21-58,35	49,70	60,30		
	Total	30	54,29 ± 3,80	52,87-55,71	48,50	64,70		
DDVI indexado a la superficie corporal (mm/m ²)	No	21	27,35 ± 1,98	26,45-28,25	24,20	32,30	0,015	0,001
	Sí	9	29,68 ± 2,84	27,50-31,87	24,75	32,71		
	Total	30	28,05 ± 2,47	27,13-28,98	24,15	32,71		
Septum interventricular en diástole (mm)	No	21	11,04 ± 0,89	10,64-11,45	9,70	12,50	0,090	0,645
	Sí	9	11,62 ± 0,66	11,12-12,13	10,80	12,70		
	Total	30	11,22 ± 0,86	10,90-11,54	9,70	12,70		
Pared posterior diástole (mm)	No	21	10,29 ± 0,88	9,89-10,68	8,30	11,50	0,865	0,323
	Sí	9	10,22 ± 1,05	9,41-11,03	9,00	11,80		
	Total	30	10,27 ± 0,92	9,93-10,61	8,30	11,80		
Masa del ventrículo izquierdo (gramos)	No	21	224,71 ± 38,62	207,13-242,30	168,00	323,00	0,397	0,287
	Sí	9	239,00 ± 48,52	201,71-276,29	186,00	321,00		
	Total	30	229,00 ± 41,50	213,50-244,50	168,00	323,00		
Índice de masa del ventrículo izquierdo (gr/m ²)	No	21	111,67 ± 18,29	103,34-119,99	59,00	140,00	0,049	0,124
	Sí	9	126,89 ± 19,78	111,68-142,10	93,00	158,00		
	Total	30	116,23 ± 19,72	108,87-123,60	59,00	158,00		
Grosor parietal relativo	No	21	0,38 ± 0,04	0,36-0,39	0,30	0,45	0,449	0,944
	Sí	9	0,37 ± 0,04	0,33-0,40	0,33	0,45		
	Total	30	0,37 ± 0,04	0,36-0,39	0,30	0,45		

p*: Análisis ajustado por edad, peso, talla, superficie corporal y deporte.

Nota: los cálculos se efectúan como si todos los grupos hubiesen tenido la misma distribución de covariables.

En todos los casos se verificó la normalidad de la distribución de los datos y la homogeneidad de varianzas.

Figura 3. Asociación entre deporte practicado e hipertrofia del VI en el ECG.

La cavidad más estudiada ha sido el VI y su expresión electrocardiográfica recae en el voltaje del QRS. El mismo no depende sólo de la presencia de hipertrofia, si no que influyen en él la edad, el género, la raza, el hábito corporal, el patrón geométrico de la hipertrofia, la severidad de la misma y la orientación del corazón en el tórax.

Respecto de los deportistas, la prevalencia de cambios morfológicos y eléctricos varía de acuerdo al género (predominio masculino), la raza (negra), el tipo (mayor en deportes de resistencia como remo y atletismo y menor en los de fuerza), la intensidad y el tiempo de evolución del deporte realizado, en respuesta al entrenamiento físico¹⁷⁻²⁰. La mayoría de los deportes tienen componentes mixtos, es decir combinan sobrecarga de volumen y presión y a diferencia de los procesos patológicos, la sobrecarga del sistema cardiovascular es de tipo intermitente. Esto genera un remodelado fisiológico del VI que se manifiesta mediante ecocardiografía en grados variables de aumento de su tamaño, espesor y masa, esta última en forma concéntrica o excéntrica. En relación a los deportes que evaluamos, el triatlón es considerado un deporte de componentes estático y dinámico alto/ alto, la natación moderado/ alto, mientras que el waterpolo no aparece en las clasificaciones de la última conferencia de Bethesda²¹, ya que es un deporte que ha sido poco explorado.

El remodelado del VI se expresa en el ECG con un aumento del voltaje del QRS como criterio aislado de HVI; sin acompañarse de criterios de no voltaje (CAI, desviación del eje eléctrico, ondas Q patológicas, deflexión intrínseca lenta del QRS o alteraciones de la repolarización)^{17,22,23}. En este sentido, Pelliccia *et al*¹⁷ evaluaron los ECG de 1005 atletas italianos de elite y observó 40% de anomalías, de las cuales el 60% tenía criterios de voltaje de hipertrofia y eran más prevalentes en deportistas de resistencia. El voltaje se asoció al sexo masculino y a

la presencia de aumento de la cavidad y de la masa por ecocardiografía. Ninguno de los deportistas con criterios aislados de voltaje tenía anomalías estructurales como miocardiopatía hipertrófica, tal como sugieren estudios que observaron esta alteración aislada en menos del 2% de los pacientes portadores de esta miocardiopatía²⁴⁻²⁶. No se observaron criterios de no voltaje.

La mayoría de las investigaciones que evaluaron los criterios ECG de HVI fueron efectuados en deportistas de resistencia y tomando como referencia a la ecocardiografía, pero los resultados no son homogéneos. Un dato que no debemos soslayar es que los valores de corte de la masa para definir HVI por eco han ido variando (han reducido su valor) a lo largo del tiempo.

Un estudio de Somauroo *et al.*²⁷ en futbolistas adolescentes, observó que 50% de los mismos presentaban criterio de Sokolow de HVI positivo, con pobre correlación ecocardiográfica. La edad parece no ser un determinante de estos hallazgos, ya que se encontraron resultados similares en veteranos corredores de distancia con edad media de 56 años²⁸. Por último, una investigación de Douglas *et al* en maratonianos demostró un 57% de masa aumentada del VI por eco. El criterio de Sokolow fue el más S (65%) con E de 61%, en tanto el más específico fue el Cornell (95%), pero con una S del 8%²⁹. No se encontró correlación entre los signos de HVI con la masa y la dimensión del VI. En ninguno de los ensayos mencionados hubo signos de no voltaje de HVI.

En nuestra investigación encontramos correlación estadísticamente significativa entre la HVI por ECG y el DdVI indexado a la SC, tal lo reflejado por estudios previos que han demostrado que personas con aumento del mismo, sin aumento de espesores, pueden presentar criterios electrocardiográficos de HVI^{30,31}. Sin embargo, no existen criterios que permitan distinguir claramente entre hipertrofia concéntrica, excéntrica o dilatación del VI sin hipertrofia³². Es de destacar que en 8 de 9 casos con criterios ECG de HVI, los deportistas reunieron más de un criterio de hipertrofia en el ECG. Los productos de los criterios de Sokolow y Cornell no mejoraron la S de los mismos probablemente porque no existe prolongación de los QRS en los deportistas.

Otros estudios han encontrado que los criterios ECG de HVI se correlacionan con el incremento de la masa del VI, más que con que los espesores y las dimensiones del mismo por eco^{33,34}. En el nuestro, el 56% de los deportistas tuvieron aumento del índice de masa del VI (94% variedad excéntrica); el Sokolow fue el criterio más S (35%); la E fue mayor del 90% para todos los criterios. Sin embargo no hubo correlación significativa entre el IMVI y la HVI en los ECG.

Respecto de los deportes que evaluamos, encontramos mayor frecuencia de HVI en el ECG de los triatletas respecto de los otros grupos, coincidiendo con el hallazgo de HVI por eco en el 90% de ellos. Esto puede tener relación con el hecho de que es la disciplina más exigente ya que combina tres tipos de deporte, sumado a que presentan menor peso que nadadores y waterpolistas, lo cual facilita la detección de la HVI por criterios de voltaje.

Llama la atención el bajo voltaje que encontramos en derivación avL, al punto tal que ningún deportista tuvo este criterio positivo y esto influye también en una baja S del Cornell. Algunas de las causas que pueden explicarlo son los ejes eléctricos predominantemente verticales de los deportistas o bien la neutralización de las fuerzas eléctricas izquierdas por las derechas, las cuales si bien no se manifestaron

frecuentemente en los ECG, sí lo hicieron en los ecocardiogramas (con dilatación de cámaras derechas).

En relación al tiempo que demoran las adaptaciones cardíacas en aparecer, un estudio en preadolescentes con edad promedio de 12 años con al menos 3 años de entrenamiento, mostró diferencias significativas en los voltajes precordiales y en ciertos parámetros ecocardiográficos (diámetro de la AI, del VI e índice de masa) respecto de un grupo control³⁵.

Respecto de las cámaras derechas, Pellicia *et al*¹⁷ reportaron una prevalencia de 0,08% de CAD y 0,6% de eje mayor de 110°, en la misma población de deportistas. En otro estudio se observó 0.6% de Sokolow derecho en 172 futbolistas adolescentes²⁷. Dada la baja prevalencia de dichas alteraciones, la presencia de CAD e HVD en el ECG no debiera interpretarse como fisiológica y amerita realizar un examen de imágenes para descartar patología.

En nuestra población el 56% de los deportistas presentó aumento del tamaño del tracto de entrada del VD, sin embargo esto no se vio reflejado en los ECG.

En cuanto a las aurículas se observó dilatación de las mismas, variando de acuerdo al método de cuantificación (diámetro, área, volumen) entre un 36 a un 60% para la AI y de un 33 a un 56% para la AD. Esto tampoco se reflejó en los ECG, reflejando su baja S.

Los hallazgos ecocardiográficos anormales en nuestros deportistas se interpretaron como adaptativos dado la función sistodiastólica biventricular normal en todos ellos. En los ECG no observamos alteraciones patológicas del ST y la onda T, otro dato que sugiere cambios fisiológicos del deportista.

Podemos decir en base a nuestro análisis que la S del ECG para la detección de HVI en deportistas es baja y es poco probable que el refinamiento de los criterios pueda mejorar esta relación. Sin embargo hallamos correlación entre el la HVI por ECG con las dimensiones diastólicas del VI por eco. La capacidad del ECG para detectar dilatación, incremento de espesores e hipertrofia fisiológicas puede diferir de las patológicas y en esto pueden influir las distintas características estructurales o geométricas del miocardio entre unas y otras.

Por último, si bien el número de deportistas que incluimos en nuestra investigación es pequeño a los fines de la emisión de conclusiones válidas, es de destacar que múltiples estudios que han evaluado las manifestaciones electro y ecocardiográficas del entrenamiento, algunos de los cuales citamos, se han basado en un número de deportistas similar al nuestro^{28,29,33,36,37}.

Limitaciones

Una limitación del presente estudio es el reducido número de deportistas incorporados hasta este momento. Aún así, consideramos que esta limitación ha sido saldada con una minuciosa recolección de información sobre las variables evaluadas y con la aplicación de rigurosos análisis estadísticos.

Otra limitación es que no contamos con información del tiempo de evolución exacto de entrenamiento de los deportistas, el cual puede tener influencia en los fenómenos adaptativos observados.

Cabe destacar que los resultados de nuestra investigación no son generalizables a los deportistas recreativos. Además, esta evaluación incluyó sólo hombres.

Conclusiones

Ciertos parámetros ecocardiográficos en nuestra población de deportistas se hallaron por encima de los valores normales para la población general. No se halló relación entre los signos electrocardiográficos de crecimiento de la AI, la AD e hipertrofia del VD con los hallazgos ecocardiográficos.

Los criterios ECG de HVI de voltaje se correlacionaron con mayor DdVI indexado por ecocardiografía y fueron observados con mayor frecuencia en el grupo triatlón.

Los cambios adaptativos morfológicos y funcionales al entrenamiento en el sistema cardiovascular continúan siendo objeto de investigaciones prospectivas que aporten nuevas evidencias a la mejor manera de evaluar deportistas de alto rendimiento. Todas y cada una de las disciplinas deportivas deben ser incluidas y analizadas para identificar el impacto cardíaco que generan los estímulos sostenidos de diferente tipo, especialmente en aquellas que permanecen subestudiadas.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Surawicz, Boris. Electrocardiographic diagnosis of chamber enlargement. *J Am Coll Cardiol.* 1986;8:711-24.
- De Assis Costa F, Romero Rivera I, Castro de Vasconcelos M, Pedrosa Costa A, dos Santos Póvoa R, Nogueira Bombig M, et al. El electrocardiograma en el diagnóstico de la hipertrofia ventricular de pacientes con enfermedad renal crónica. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93:373-9.
- Geva B, Elkayam U, Frishman W, Terdiman R, Laniado S. Determination of left ventricular wall thickening in patients with chronic systemic hypertension. Correlation of electrocardiography and echocardiography. *Chest.* 1979;76:557-61.
- Hancock E, Deal B, Mirvis D, Okin P, Kliffeld P, Gettes L. AHA/ACCF/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. *Circulation.* 2009;119:e251-61.
- Peidro R, Angelino A, Franchella J, Gagliardi J, Saglietti J, Brion G. Consenso corazón y deporte. Comité de Cardiología del deporte del Consejo de Ergometría y Rehabilitación Cardiovascular de la Sociedad Argentina de Cardiología. *Rev Argent Cardiol.* 2007;75 suplemento 4:1-29.
- Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J.* 2010;31:243-59.
- The Criteria Committee of the New York Heart Association. *Nomenclature and criteria for diagnosis of diseases of the heart and great vessels*, seventh edition. Boston, Little, Brown & Company, 1973, p 91-3.
- Friedman HH. Atrial abnormalities. En: Friedman HH, editor. *Diagnostic electrocardiography and vectorcardiography*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1985:129-30.
- Lang R, Badano L, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28:1-39.
- Rudski L, Lai W, Afilalo J, Hua L, Handschumacher M, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A Report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:685-713.
- Prakash R. Echocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy: correlation with ECG and necropsy findings in 248 patients. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis.* 1981;7:179-84.
- Hazen MS, Marwick TH, Underwood DA. Diagnostic accuracy of the resting electrocardiogram in detection and estimation of left atrial enlargement: an echocardiographic correlation in 551 patients. *Am J Heart.* 1991;122:823-8.
- Birkbeck J, Wilson D, Hall M, Meyers D. P-wave morphology correlation with left atrial volumes assessed by 2-dimensional echocardiography. *J Electrocardiol.* 2006;39:225-9.
- Calderón Montero A, Barrios Alonso V. Detección de hipertrofia ventricular izquierda por ECG mediante el producto duración por voltaje. Validación por ecocardiografía. *Hypertension.* 2003;20:381-7.
- Norman Jr J, Levy D. Improved detection of echocardiographic left ventricular hypertrophy using a new electrocardiographic algorithm. *J Am Coll Cardiol.* 1993;21:1680-6.
- Woythaler J, Singer S, Kwan O, Meltzer R, Reubner B, Bommer W, et al. Accuracy of echocardiography versus electrocardiography in detecting left ventricular hypertrophy: comparison with postmortem mass measurements. *J Am Coll Cardiol.* 1983;2:305-11.
- Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, Di Paolo FM, Spataro A, Biffi A, et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation.* 2000;102:278-84.
- Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo F, Accettura D, Cantore R, Castagna W, et al. Prevalence of abnormal electrocardiograms in a large, unselected population undergoing preparticipation cardiovascular screening. *Eur Heart J.* 2007;28:2006-10.
- Magalski A, Maron BJ, Main ML, McCoy M, Florez A, Reid KJ, et al. Relation of race to electrocardiographic patterns in elite american football players. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51:2250-5.
- Basavarajiah S, Boraita A, Whyte G, Wilson M, Carby L, Shah A, et al. Ethnic differences in left ventricular remodelling in highly-trained athletes: relevance to differentiating physiologic left ventricular hypertrophy from hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51:2256-62.
- Maron B, Zipes D, et al. 36th Bethesda Conference: eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:1313-75.
- Sharma S, Whyte G, Elliott P, Padula M, Kaushal R, Mahon N, et al. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br J Sports Med.* 1999;33:319-24.
- Zehender M, Meinertz T, Keul J, Just H. ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *Am Heart J.* 1990;119:1378-91.
- Ryan M, Cleland J, French J, Joshi J, Choudhury L, Chojnowska L, et al. The standard electrocardiogram as a screening test for hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 1995;76:689-94.
- Melacini P, Fasoli G, Canciani B, Buja G, Mammola C, Volta SD. Hypertrophic cardiomyopathy: two-dimensional echocardiographic score versus clinical and electrocardiographic findings. *Clin Cardiol.* 1989;12:443-52.
- Melacini P, Cianfrocca C, Calore C, Di Paolo F, Quattrini F, Pelliccia F, et al. Marginal overlap between electrocardiographic abnormalities in patients with hypertrophic cardiomyopathy and trained athletes: implications for preparticipation screening. *Circulation.* 2007;116:765, abstract 3390.
- Somauroo J, Pyatt J, Jackson M, Perry R, Ramsdale D. An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart.* 2001;85:649-65.
- Northcote R, McKillop G, Todd I, Canning G. The effect of habitual sustained endurance exercise on cardiac structure and function. *Eur Heart J.* 1990;11:17-22.
- Douglas P, O'Toole M, Hiller D, Hackney K, Reichek N. Electrocardiographic diagnosis of exercise induced left ventricular hypertrophy. *Am Heart J.* 1988;116:784-90.
- Browne P, Benchimol A, Desser K, Sheasby C. Electrocardiographic correlates of ultrasonically increased septal, left ventricular posterior wall and left ventricular internal dimensions. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis.* 1978;4:15-27.
- Toshima H, Koga Y, Kimura N. Correlations between electrocardiographic, vectorcardiographic, and echocardiographic findings in patients with left ventricular overload. *Am Heart J.* 1977;94:547-56.
- Selzer A, Ebnother CL, Packard P, Stone AO, Quinn JE. Reliability of electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Circulation.* 1958;17:255-65.
- Bjornstad H, Smith G, Storstein L, Meen H, Hals O. Electrocardiographic and echocardiographic findings in top athletes, athletic students and sedentary controls. *Cardiology.* 1993;82:66-74.
- Budhwani N, Patel S, Dwyer Jr. E. Electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy: The effect of left ventricular wall thickness, size, and mass on the specific criteria for left ventricular hypertrophy. *Am Heart J.* 2005;149:709-14.
- Zdravkovic M, Milovanovic B, Hinic S, Soldatovic I, Durmic T, Koracevic G, et al. Correlation between ECG changes and early left ventricular remodeling in preadolescent footballers. *Physiology International.* 2017, pp. 42-51.
- Rodríguez Reguero J, Iglesias Cubero G, López de la Iglesia J, Terrados N, González V, Cortina R. Prevalence and upper limit of cardiac hypertrophy in professional cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 1995;70:375-8.
- Douglas P, O'Toole M, Hiller D, Reichek N. Left ventricular structure and function by echocardiography in ultraendurance athletes. *Am J Cardiol.* 1986;58:805-9.

ACTN-3 and ECA genes expression do not influence the acute change in muscle mechanical and functional properties in youth handballers

Randall Gutiérrez-Vargas^{1,2}, Jose Alexis Ugalde-Ramírez^{1,2}, Guillermo Miranda^{1,2}, Isabel Briceño-Suarez^{1,2}, Rocío Ulloa-Sandí^{1,2}, Daniel Rojas-Valverde^{1,2,3}

¹Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud y Deporte (CIDISAD), Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida (CIEMHCAVI), Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. ²Núcleo de Estudios para el Alto Rendimiento y la Salud (NARS), Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida (CIEMHCAVI), Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. ³Clínica de Lesiones Deportivas (Rehab&Readapt), Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida (CIEMHCAVI), Universidad Nacional, Heredia Costa Rica.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00087

Recibido: 23/12/2021
Aceptado: 03/05/2022

Summary

The purpose of this study was to explore the potential relationship between ACTN-3 and ACE gene expression over the change in muscle mechanical and functional properties in youth handballers through a congested tournament. 30 players of the first handball division of Costa Rica participated in this study. The participants played a national tournament during three consecutive days (one match per day). The collection of genetic samples was through a mouth rinse with a 5% sucrose solution before the tournament. PCR tests were used to detect the alleles of the ACE and ACTN3 genes and the product's reaction was visualized by electrophoresis. Before and after each match, tensiomyography (TMG) and Countermovement jump (CMJ) tests were used to assess mechanical and functional properties respectively. Descriptive frequency analyses and a one-way analysis of variance of independent groups were the statistics test applied. The results showed that the most prevalent polymorphisms expression was ACTN-3 R-X (56.7%) and ECA I-D (43.3%). No significant differences ($p > 0.050$) were found between genes expressed in the mechanical responses (contraction time (TC), delay time (TD) and, maximum radial displacement (DM)) of the rectus femoral muscle of the dominant leg neither in performance in the test CMJ. Likewise, there was no significant change ($p > 0.050$) in muscle mechanical or functional properties post official matches. In conclusion, handball players have the genes ACE and ACTN. Nevertheless, it seems to have no influence of these genes on the mechanical or functional muscles acute responses. More investigations will be needed to explain and understand the real impact of this gene's expression on muscle performance in handball players.

Key words:

Sport. Muscles. Genes.
Physical functional performance.
Genetics.

Expresiones de los genes ACTN-3 y ECA no influyen en el cambio agudo de las propiedades musculares mecánicas y funcionales en jugadores juveniles de balonmano

Resumen

El propósito de este estudio fue explorar la relación potencial entre la expresión ACTN-3 y ACE sobre el cambio en las propiedades musculares mecánicas y funcionales de jugadores juveniles de balonmano a través de un torneo congestionado. Participaron 30 jugadores de la primera división de balonmano de Costa Rica. Los participantes jugaron un torneo nacional durante tres días consecutivos. La recolección de muestras genéticas se realizó mediante un enjuague bucal con una solución de sacarosa al 5% antes del inicio del torneo. Pruebas de PCR fueron usadas para detectar los aleros de los genes ACTN-3 y ACE y la reacción del producto fueron visualizadas por electroforesis. Antes y después de cada partido, se utilizaron las pruebas de tensiomiografía (TMG) y de salto contramovimiento (CMJ) para evaluar las propiedades mecánicas y funcionales respectivamente. Las pruebas estadísticas aplicadas fueron análisis descriptivo de frecuencias y un análisis de varianza de una vía para grupos independientes. Los resultados mostraron que la expresión de polimorfismos más prevalente fue ACTN-3 R-X (56,7%) y ECA I-D (43,3%). No se han encontrado diferencias significativas ($p > 0,050$) entre genes expresados en las respuestas mecánicas (tiempo de contracción (TC), tiempo de retardo (TD) and, máximo desplazamiento radial (DM)) del músculo recto femoral de la pierna dominante ni en el rendimiento en la prueba de CMJ. Asimismo, no hubo cambios significativos ($p > 0.050$) en las propiedades mecánicas o funcionales de los músculos después de los partidos. En conclusión, los jugadores de balonmano tienen los genes ACE y ACTN, sin embargo, parece que estos genes no influyen en las respuestas agudas mecánicas o funcionales de los músculos. Se necesitan más investigaciones para explicar y comprender el impacto real de la expresión de estos genes en el rendimiento muscular de los jugadores de balonmano.

Palabras clave:

Deporte. Músculo. Genes.
Rendimiento físico funcional.
Genética.

Correspondencia: Randall Gutiérrez-Vargas
E-mail: randall.gutierrez.vargas@una.ac.cr

Introduction

The study of genetic factors within sports science has been relevant due to their influence on sports performance^{1,2}. Genetics has long been used to understand individual performance capacities in different sports³. Genetic polymorphisms are associated with muscular strength and aerobic capacity, improving sports performance in training and competition^{4,5}. Within performance in elite sports, a more complex phenotypic composition is needed, which is why it is influenced by anatomical, biochemical, and psychological factors^{2,6}. Likewise, genetic profiles offer a piece of valuable information that can help talent identification⁷.

The high-level sport requires strength directly related to muscle fibres; these respond specifically from enzymatic activity, muscle contraction, morphology and metabolism¹. To these responses, the angiotensin-converting enzyme (ACE) is related to the aerobic capacity of athletes and ACTN-3 that is associated with strength, speed, and power as predominant capacities^{5,8}. At a physiological level, observing the ACTN-3 and ACE genes and their respective polymorphisms can become fundamental within performance in sport⁹. Genetic factors do not determine an athlete's success, but it is useful to identify them to enhance performance from the genotype³.

The presence of ACTN-3 in the muscle benefits sports performance, specifically in strength and power, and the absence of the polymorphism of this gene benefit those athletes that participate in endurance events¹. In collective sports such as soccer, it is found that the combination of homogeneous RR and heterogeneous RX alleles reflects better performance in strength and speed. In contrast, the combination of homogeneous XX alleles show better performance in endurance competitions; this is associated at a physiological level with the function of the contractile apparatus that is generated from the muscle fibres when doing sports⁹. Female young soccer players, who are faster and more powerful, had a high prevalence of ACE DD and ACTN-3 RX genotypes¹⁰. ACTN-3 has been shown to have higher performance with R alleles within strength and power⁹.

ACE is associated with the D allele with greater volume, muscle strength and a higher percentage of muscle fibres⁹. Subjects with ACTN-3 (RR) polymorphism have longer muscle and specific fibres; in this genotype, the anabolic contribution increases muscle mass⁸. In the ECA polymorphism, it is found that the D allele has greater changes at the muscular level (muscle cross-sectional area) and this condition can enhance the performance on isometric and dynamic strength testing⁸. Therefore, the purpose of this study was to explore the potential relationship between ACTN-3 and ACE gene expression over the change in muscle mechanical and functional properties in youth handballers through a congested tournament.

Material and method

Participants

Thirty players (15 men and 15 women) belong to first division handball teams that participated in a national tournament of I division

organised by the Costa Rican Handball Federation. The average age of the 30 participants was 19.3 years (\pm 3.6) and with an average number of hours of weekly training of 7.5. Those players who participated >45min of an official competition match were included. All participants provided written informed consent for participation in this study, according to the criteria of the Declaration of Helsinki by the World Medical Association¹¹.

Tournament

A total of 12 matches took place over three consecutive days (Saturday, Sunday, and Monday). Four matches were held each day (two for men and two for women). Each team played one match per day. The pitch had the official measurements (20x40 m) and the matches had 60 minutes of duration (30 minutes each period of play).

Collection and treatment of the genetic sample (DNA epithelial cells)

A mouth rinse was performed with a 5% sucrose solution for 60 seconds, and each rinse was collected in a 15 ml centrifuge tube. Subsequently, 3 ml of TNE [17 mM Tris / HCl (pH 8.0), 50 mM NaCl and 7 mM EDTA] diluted in 66% Ethanol prepared previously in the laboratory were added, the rinsing solution was divided into four tubes, one was used as a rapid test, and the others were kept refrigerated for 2, 15, and 30 days respectively¹².

The DNA was left in isolation, and its respective purification was carried out: using the DNA extraction kit, DNA Blood and Tissue Mini kit (Qiagen, West Sussex, UK), according to the manufacturer's instructions. The purity level of the extracted DNA was analysed using a Nanodrop and an agarose gel 1% to confirm its integrity. PCR and PCR RFLP were used respectively to detect the alleles of the ACE (rs1799752) and ACTN3 (rs1815739) genes. Specific primers were used for the identification of the polymorphisms¹³. To perform the enzymatic digestion of the ACTN3 gene, the enzyme Ddel from the manufacturer Thermo Scientific was used. The product's reaction was visualized by electrophoresis on agarose gel at 3%, buffer TBE 0,5%; stained with Gel Red (Biotum).

Mechanical muscle properties (tensiomyography)

Before and after each match, rectus femoral muscle contractile responses of the dominant leg were assessed through a tensiomyography (TMG) (TMG, Ljubljana, Slovenia). For this, each participant took a supine position on a portable massage table. The knee joint was fixed in a comfortable extension on a padded pillow where the participants remained relaxed. Two electrodes (5 x 5 cm) (TheraTrobe, TheraSigma, Orange, CA, United States) were used, placed at 5 cm from each other on the point of the maximal radial circumference of the muscle. A stimulator (TMG-S2 doo, Ljubljana, Slovenia) induced a quadrangular, single-phase, and 1ms wave of pulse duration between 0.1 s and 110 mA and a precise digital displacement transducer (40 GK, Panoptik doo, Ljubljana, Slovenia) positioned perpendicular to the measurement point of muscle was used this had a spring constant of 0.17 Nmm²¹ and registered muscle contraction time (TC) and delay time (TD), both expressed in milliseconds (ms), and, maximum radial muscle displacement (DM) expressed in millimetres.

The stimulus was started by inducing muscle contraction, beginning with 40 mA and increasing by 20 mA; a 10-second rest separated the electrical stimuli to avoid post-tetanic activation¹⁴.

Functional muscle properties (Countermovement jump)

This test was used to assess the power of the players. An Axon Jump platform (Bioingeniería Deportiva, San Martín, Argentina) was used with special software (Smart Axon 4.02). Before and after each match, the participants were placed on the platform with their legs shoulder-width apart and their hands on the waist. When prompted, 15 seconds of consecutive explosive jumps were performed. To record the Rate of Perceived Effort (RPE), the Borg scale was used, where 6 corresponds to "very, very light" effort and 20 as "maximum" effort¹⁵.

Statistical analysis

Using a statistical software (SPSS v23, SPSS Inc., Chicago, USA), descriptive frequency analyses (absolute and relative values) were performed to determine the distribution of polymorphisms in the ACTN-3 and ACE genes. Then, a one-way analysis of variance of independent groups was performed to compare the mechanical and functional muscle responses between the polymorphisms expressed for each gene. Bonferroni's post hoc test was considered to determine specific

differences. Also, it was calculated the percentages of the changes of each variable analyzed between pre- and post-match. $p < 0.050$ was the level significance selected for all analyses

Results

Table 1 shows the percentage frequencies of gene expression in which it is shown that the polymorphisms most expressed in handball players are ACTN-3 R-X (56.7%) and ACE I-D (43.3%).

There were no neuromuscular differences between groups of polymorphisms in the ACE gene in the variables of the dominant rectus femoris TC ($F = 0.113, p = 0.893$), TD ($F = 0.116, p = 0.891$), DM ($F = 0.709, p = 0.501$), and CMJ ($F = 0.825, p = 0.893$). Likewise, no differences were found in TC ($F = 1.832, p = 0.236$), TD ($F = 0.205, p = 0.816$), DM ($F = 1.352, p = 0.276$) or CMJ ($F = 1.522, p = 0.236$) in the ACTN-3 gene (Table 2).

There were no variations in mechanical functions after an official match according to the expressed polymorphism. in the variables according to polymorphism expressed in the ACTN-3 gene: TC ($F = 3.358, p = 0.05$), TD ($F = 1.064, p = 0.359$), DM ($F = 1.772, p = 0.189$), and CMJ ($F = 0.827, p = 0.448$). No significant differences were found in the ECA gene: TC ($F = 0.114, p = 0.892$), TD ($F = 0.658, p = 0.526$), DM ($F = 1.216, p = 0.312$), and CMJ ($F = 0.490, p = 0.618$) (Table 3).

Table 1. Frequency and percentage of expression of polymorphisms in ACTN-3 and ECA genes.

	R/R	R/X	X/X	I/I	I/D D/D
ACTN-3	10 (33%)	17 (56.7%)	3 (10%)		
ACE			11 (36.7%)	13 (43.3%)	6 (20%)

Table 2. Muscle mechanical and functional differences according to polymorphism expressed in ACTN-3 and ACE.

	ACTN-3			ACE		
	R/R	R/X	X/X	I/I	I/D	D/D
TC (ms)	25.9 ± 2.9	25.6 ± 3.7	21.8 ± 2.4	25.9 ± 4.1	24.4 ± 2.3	26.1 ± 4.3
TD (ms)	22.4 ± 1.7	22.8 ± 1.8	22.2 ± 1.5	22.6 ± 1.1	22.4 ± 1.7	22.9 ± 2.6
DM (mm)	7 ± 1.8	7.4 ± 1.6	5.8 ± 0.3	7 ± 1.9	7.3 ± 1.5	7.1 ± 1.6
CMJ (cm)	28.3 ± 5.5	32.4 ± 6.1	31.4 ± 6.3	30.2 ± 6	31.4 ± 6.2	31.2 ± 6.6

TC: contraction time; TD: delay time; DM: maximum radial muscle displacement; CMJ: countermovement jump; ms: milliseconds; mm: millimetres; cm: centimetres.

Table 3. Percentage of change in post-match of muscular mechanical and functional variables according to polymorphism expressed in ACTN-3 and ACE.

	ACTN-3			ACE		
	R/R	R/X	X/X	I/I	I/D	D/D
TC (ms)	11.2 ± 13.8	0.2 ± 9.1	1.9 ± 7.5	2.7 ± 13.2	4.7 ± 9.7	5.0 ± 14.4
TD (ms)	1.8 ± 9.5	-2.5 ± 6.13	-0.9 ± 7.4	-3.0 ± 6.3	0.4 ± 6.6	-0.2 ± 10.9
DM (mm)	6.9 ± 24.9	1.1 ± 23.1	28.4 ± 16.2	14.5 ± 32.5	1.9 ± 15	-1.8 ± 19.7
CMJ (cm)	92.9 ± 313.1	6.6 ± 8.9	-13.1 ± 5.7	4.3 ± 11.5	71.2 ± 274.2	4.7 ± 15.9

TC: contraction time; TD: delay time; DM: maximum radial muscle displacement; CMJ: countermovement jump; ms: milliseconds; mm: millimetres; cm: centimetres.

Discussion

The purpose of this study was to explore the potential relationship between ACTN-3 and ECA gene expression over the change in mechanical muscle properties in youth handballers through a congested tournament. According to the available evidence, few studies have explored the genetic influence on handball player's physiology, physical performance, or other critical factors (risk of injury, anthropometrical characteristics). Only two studies were found that reported outcomes related to handballers^{5,16}. The expression frequency of polymorphisms of the genes analysed in our study can be observed in table 1. The most expressed polymorphisms were the ACTN-3 R-X (56.7%) and the ECA I-D (43.3%). ACE genotypes frequencies within a group of 27 handball players found 21 players with insertion homozygous (II), five with heterozygous (ID) and one with deletion homozygous (DD)⁵. These results are in line with previous literature suggesting that RX genotype is the most frequent in handballers as Chilean¹⁶.

Handball is an intermittent team sport that requires both the anaerobic and aerobic energy systems^{17,18}. The most prevalent gene expression was the ECA I-D, associated with a higher aerobic and endurance capacity. On the other hand, RX alleles have implied a better predisposition to strength, speed, power movement⁹. In both cases, the frequency and influence of these alleles of ACE and ACTN are associated with the physical and physiological demands that characterize handball^{17,18}.

In other sport disciplines have been observed similar percentages of prevalence of these genes. For example, in Russian and Lithuanian professional athletes such as weightlifters, powerlifters, and throwers, the prevalence of these polymorphisms' expression was between 43% to 51% for ACE I-D and between 45% to 56% for ACTN-3 R-X¹³.

ACE and ACTN are associated with physical performance in physical tests^{5,8}. Nevertheless, results obtained in the present study did not evidence any significant difference among the genes expression, which coincide with results found in an Italian athletes' group, who did not present a significant correlation between ACE I/D and ACTN3 (R577X) with power capacity³.

Other research had reported some influence of these genes on the jump capacity. In male soccer players, individuals with ACTN RR usually had better performance in jump tests than individuals with RX and XX¹⁹. Besides, ACTN RR and RX female soccer players groups showed a higher capacity during a CMJ test of seven continuous jumps¹⁰. The players with higher predisposition of these genes' expressions used gain muscle mass and strength and the development of a higher number of fibres type II, that can explain the power responses of the athletes⁸.

This study included the analysis of tensiomyography responses of the leg's muscles; however, no previous investigations were found that relate muscle mechanical responses with gene expression. It is known that tensiomyography assess muscles contractile properties^{20,21}. In female rugby players, a higher stiffness of vastus lateralis muscle was correlated with higher muscle power assessed by Wingate anaerobic test²⁰. Likewise, vertical jump performance had shown an association with tensiomyography responses in power and endurance athletes²¹.

The analysis of the changes in the tensiomyography responses and vertical jump seem not to show a significant effect on the gene's expression. However, during the young soccer short-congested fixture period, muscle stiffness of biceps femoris and rectus femoris decreased due to cumulative fatigue during the game and throughout the tournament¹⁴. In team sports such as handball, in which players frequently perform high-intensity activities¹⁷, the manifestation of muscle fatigue can affect physical performance reducing the force, power, aerobics, and anaerobic capacity during the game. Another important aspect described in the literature is the association between ACTN and low muscle injury risk⁹.

Authors should highlight some limitations, as the relative low sample size, to analyse and obtain solid conclusions. On the other hand, only two variables associated with physical performance were analysed, this should be extended in future studies. This could have limited the possible correlations or differences between physical capacities with gene expression like have been informed in previous literature.

Conclusion

The handball players have ACE and ACTN; however, a potentiation of effect was not found on the mechanical or functional muscle responses. According to these results, these genes it seems not to influence on these neuromuscular capacities.

More investigations will be needed to explain and understand the real influence of this gene's expression on the physical performance of handball players. It will be crucial to add other facts like nutrition, physical training experience and anthropometric within the future studies to obtain a more complete scenery about this topic. Also, to consider analysing ACE and ACTN together with physical activities during the games, knowing the influence of these genes' expression on the physical performance players when they are competing will help practitioners have a better understanding of the characteristics of this sport.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Castilha, FA, Ferreira HR, Oliveira G, Oliveira T, Fernandes PR, Filho JF. The influence of gene polymorphisms and genetic markers in the modulation of sports performance: A review. *J Exerc Physiol Online*. 2018;21:248-65.
- Massida M, Calò CM, Cięszczyk P, Kikuchi N, Ahmetov II, Williams AG. Genetics of team sports. In: Barh D Ahmetov II. *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics*. Academic Press. 2019. p. 105-28.
- Puthuchery Z, Skipworth JRA, Rawal J, Loosemore M, Van Someren K, Montgomery HE. Genetic influences in sport and physical performance. *Sport Med*. 2011;41:845-59.
- Sessa F, Chetta M, Petito A, Franzetti M, Bafunno V, Pisanelli D, et al. Gene polymorphisms and sport attitude in Italian athletes. *Genet Test Mol Biomark*. 2011;15:285-90.
- Rocha AW, Nascimento WM, Oliveira CM, Pereira JM, Nascimento OV, dos Santos JOL, et al. Frequency of gene ACE I polymorphism I-D in athletes of different sports. *Rev Bras Med Esporte*. 2020;26:107-12.
- Ahmetov II, Fedotovskaya ON. Current progress in sports genomics. *Adv Clin Chem*. 2015;70:247-314.
- Pickering C, Kiely J, Grgic J, Lucia A, Del Coso J. Can genetic testing identify talent for sport? *Genes*. 2019;10:E972.

8. Wagle JP, Carroll KM, Cunanan AJ, Wetmore A, Taber CB, DeWeese BH, et al. Preliminary investigation into the effect of ACTN3 and ACE polymorphisms on muscle and performance characteristics. *J Strength Cond Res.* 2021;35:688-94.
9. Arroyo Moya W. Genética y fútbol: Asociación de los polimorfismos genéticos ACTN3 y ACE-I/D en jugadores de fútbol: Revisión literaria. *RETOS.* 2021;39:929-36.
10. Jeremic D, Macuzic IZ, Vulovic M, Stevanovic J, Radovanovic D, Varjadic V, et al. ACE/ACTN3 genetic polymorphisms and athletic performance of female soccer players. *Rev Bras Med Esporte.* 2019;25:35-9.
11. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013;310:2191-4.
12. Aidar M, Line SR. A simple and cost-effective protocol for DNA isolation from buccal epithelial cells. *Braz Dent J.* 2007;18:148-52.
13. Gineviciene V, Jakaitiene A, Aksenov M, Aksenova A, Druzhevskaya A, Astratenkova I, et al. Association analysis of ACE, ACTN3 and PPARGC1A gene polymorphisms in two cohorts of European strength and power athletes. *Biol Sport.*
14. Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas R, Rodríguez-Montero A, Pereira LA, Loturco I, Martín-Rodríguez S. Reduced muscle contractile function in elite young soccer players after a short-congested fixture period. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol.* 2019;233:249-57.
15. Rojas-Valverde D, Sánchez-Ureña B, Gómez-Carmona CD, Ugalde-Ramírez A, Trejos-Montoya A, Pino-Ortega J, et al. Detection of neuromechanical acute fatigue-related responses during a duathlon simulation: Is tensiomyography sensitive enough? *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol.* 2020;235:53-61.
16. Andrade-Mayorga O, Lavados-Romo P, Valdebenito C, Herrera, CL, Carrasco, C, Salazar LA. Polimorfismo genético ACTN3 R577X en deportistas universitarios chilenos. *J Morphol.* 2019;37:1493-7.
17. Manchado C, Tortosa Martínez J, Pueo B, Cortell Tormo JM, Vila H, Ferragut C, et al. High-performance handball player's time-motion analysis by playing positions. *Int J Environ.* 2020;17:6768.
18. Póvoas SCA, Ascensão AAMR, Magalhães J, Seabra AF, Krustup P, Soares JMC, et al. Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J Strength Cond Res.* 2014;28:430-42.
19. Pimenta EM, Coelho DB, Veneroso CE, Barros Coelho EJ, Cruz IR, Morandi RF, et al. Effect of ACTN3 gene on strength and endurance in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013;27:3286-92.
20. Valenzuela PL, Montalvo Z, Sánchez-Martínez G, Torrontegi E, De La Calle-Herrero J, Domínguez-Castells R, et al. Relationship between skeletal muscle contractile properties and power production capacity in female Olympic rugby players. *Eur J Sport Sci.* 2018;18:677-84.
21. Loturco I, Gil S, Laurino CF, de Souza, Roschel H, Kobal R, et al. Differences in muscle mechanical properties between elite power and endurance athletes: a comparative study. *J Strength Cond Res.* 2015;29:1723-8.

Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

Miguel Ángel López

Campeón del Mundo en 20 km. marcha (Pekín, 2015)
Estudiante y deportista de la UCAM



- **Actividad Física Terapéutica** ⁽²⁾
- **Alto Rendimiento Deportivo:**
 - **Fuerza y Acondicionamiento Físico** ⁽²⁾
- **Performance Sport:**
 - **Strength and Conditioning** ⁽¹⁾
- **Audiología** ⁽²⁾
- **Balneoterapia e Hidroterapia** ⁽¹⁾
- **Desarrollos Avanzados de Oncología Personalizada Multidisciplinar** ⁽¹⁾
- **Enfermería de Salud Laboral** ⁽²⁾
- **Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales** ⁽¹⁾
- **Fisioterapia en el Deporte** ⁽¹⁾
- **Geriatría y Gerontología:**
 - **Atención a la dependencia** ⁽²⁾
- **Gestión y Planificación de Servicios Sanitarios** ⁽²⁾
- **Gestión Integral del Riesgo Cardiovascular** ⁽²⁾
- **Ingeniería Biomédica** ⁽¹⁾
- **Investigación en Ciencias Sociosanitarias** ⁽²⁾
- **Investigación en Educación Física y Salud** ⁽²⁾
- **Neuro-Rehabilitación** ⁽¹⁾
- **Nutrición Clínica** ⁽¹⁾
- **Nutrición y Seguridad Alimentaria** ⁽²⁾
- **Nutrición en la Actividad Física y Deporte** ⁽¹⁾
- **Osteopatía y Terapia Manual** ⁽²⁾
- **Patología Molecular Humana** ⁽²⁾
- **Psicología General Sanitaria** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Presencial ⁽²⁾ Semipresencial

Actividad física, condición física y calidad de vida en los adultos mayores. Revisión sistemática

Antonio M. López-Martí¹, Irene de Haro Padilla², Antonio López-Téllez³, Jerónimo García Romero⁴

¹Máster en Investigación en Actividad Física y Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga (UMA). Málaga. ²Grado Educación Primaria (Educación Física). Consejería Educación y Deporte. Junta de Andalucía. ³Médico de Familia. Centro de Salud Puerta Blanca. Servicio Andaluz de Salud. Málaga. ⁴Departamento de Fisiología Humana, Anatomía Patológica y Educación Física y Deportiva. Universidad de Málaga (UMA). Málaga.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00088

Recibido: 08/09/2021
Aceptado: 27/03/2022

Resumen

Introducción: El envejecimiento de la población junto al sedentarismo, puede ocasionar un deterioro funcional que conduciría a la disminución de la condición física y de la calidad de vida. La promoción del envejecimiento activo puede mejorar la calidad de vida y la condición física de nuestros mayores.

Objetivo: Evaluar la evidencia científica disponible sobre el efecto de la actividad física en los mayores, en términos de calidad de vida, condición física y mantenimiento de la independencia funcional.

Material y método: Revisión sistemática en las bases de datos WOS, SCOPUS y PubMed. Selección de artículos: Se incluyeron estudios de intervención que evaluaban la calidad de vida y capacidad funcional de los adultos mayores. Los estudios fueron evaluados según la calidad metodológica con la escala PEDro.

Resultados: Se encontraron 1331 artículos, de los que se incluyeron 17. Las intervenciones incluyeron ejercicios de resistencia, fuerza, equilibrio, coordinación y velocidad de la marcha. Los hallazgos principales indicaron que un mayor índice de actividad física se relacionó con un menor deterioro de las funciones físicas y cognitivas de los mayores y, por lo tanto, con una mejor calidad de vida.

Conclusiones: Un estilo de vida activo se asocia a una mejor calidad de vida, mejor condición física y mantenimiento de la independencia funcional. Serían convenientes otros estudios, con una mayor homogeneidad en los instrumentos de recogida de datos, con mayor frecuencia de intervenciones, para definir los programas de ejercicios más adecuados y para incrementar la evidencia científica.

Palabras clave:

Calidad de vida. Condición física.
Envejecimiento activo.
Revisión sistemática.

Physical activity, physical condition and quality of life in older adults. Systematic review

Summary

Background: The aging of the population together with sedentary lifestyle, can cause a functional deterioration that leads to the decrease of physical condition and quality of life. Promoting active aging can improve the quality of life and physical condition of our elders.

Objective: This work aims to investigate the available scientific evidence on the effect of physical activity in older adults, in terms of quality of life, physical condition, and maintenance of functional independence.

Material and method: A systematic review was performed in the WOS, SCOPUS and PubMed databases. Selection of articles: Intervention studies evaluating the quality of life and functional capacity of older adults were included. The studies were evaluated according to methodological quality with the PEDro scale.

Results: 1331 articles were found, of which 17 were included. Interventions included resistance, strength, balance, coordination, and gait speed exercises. The main findings indicated that a higher rate of physical activity was associated with less impairment of physical and cognitive functions in older adults and, therefore, with a better quality of life.

Conclusions: an active lifestyle is associated with a better quality of life, better physical condition and maintenance of functional independence. Other studies, with greater homogeneity in the data collection instruments, with greater frequency of interventions, would be convenient to define the most appropriate exercise programs and to increase the scientific evidence.

Key words:

Quality of Life. Physical condition.
Physical activity elderly.
Systematic review.

Correspondencia: Antonio López Téllez
E-mail: anlote01@gmail.com

Introducción

El descenso de la natalidad y el aumento de la esperanza de vida ha ocasionado un envejecimiento de la población, especialmente en países desarrollados, donde la esperanza de vida ha aumentado considerablemente¹. En España la esperanza de vida es de 85,8 años en mujeres y de 80,5 años en hombres. El porcentaje de población mayor de 65 años actualmente es del 19,3% y se espera que alcance el 25,6% en 2031 y el 34,6% en 2066¹.

Por otra parte, más del 50% de la población mayor de 60 años es físicamente inactiva^{1,2}, lo que puede conducir a un estado de fragilidad, discapacidad y de dependencia. Las personas que no hacen suficiente actividad física presentan un riesgo de mortalidad entre un 20% y un 30% superior al de aquellas personas que son lo suficientemente activas^{3,4}.

La actividad física se recomienda para mejorar la condición física y la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en todas las etapas de la vida. Se ha demostrado que tener un estilo de vida activo favorece una vida más saludable e independiente para las personas mayores, mejora sus capacidades funcionales y mentales y por lo tanto, su CVRS⁴⁻¹¹. Además, contribuye al mantenimiento de la masa ósea y muscular, aumentando así el rendimiento funcional y disminuyendo la sarcopenia¹², mejorando la coordinación y el equilibrio dinámico y estático, componentes importantes para prevenir el proceso de fragilidad (estado clínico asociado al envejecimiento de disminución de la reserva funcional) y el riesgo de caídas¹³⁻¹⁵.

La condición física y la CVRS están estrechamente relacionados, contribuyen a mantener un nivel global de funcionamiento y favorecer un envejecimiento satisfactorio, cuyo objetivo es mantener la autonomía e independencia de las personas mayores^{16,17}.

Existen numerosos estudios con metodologías muy diversas en los que se recomienda la realización de actividad física como medio para prevenir la aparición de fragilidad, discapacidad y dependencia y, en definitiva, mejorar la CVRS y conseguir un envejecimiento satisfactorio^{2,13-17}. Sin embargo, no se conocen qué componentes de la actividad física o intervenciones pueden ser más determinantes en la mejora, si la actividad física grupal o individual, multicomponentes (programa combinado de ejercicios de resistencia, fuerza, coordinación, equilibrio y flexibilidad), entre otras.

El objetivo de este trabajo es actualizar el conocimiento sobre el efecto de la actividad física en la calidad de vida, la condición física y el mantenimiento de la independencia funcional en las personas mayores, mediante la revisión de los estudios existentes en este campo, para conocer las intervenciones más efectivas y poder potenciarlas; así como definir posibles líneas de investigación en dicha área.

Material y método

Diseño y estrategia de búsqueda

Se realizó una revisión sistemática mediante una búsqueda avanzada de trabajos originales y revisiones, en las bases de datos disponibles a través de la Universidad de Málaga: Catálogo Jábega, biblioteca de la Universidad; así como en las bases de datos electrónicas Web Of Science

(WOS), SCOPUS y PubMed, en noviembre de 2020. Se utilizaron los descriptores MeSH: "physical activity", "exercise", "physical condition", "elderly", "quality of life", "frail", y los operadores booleanos AND y OR. La revisión se complementó con una búsqueda manual de referencias bibliográficas de los documentos encontrados para localizar estudios no identificados con la búsqueda electrónica. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo utilizado para la selección de los artículos relevantes para el trabajo.

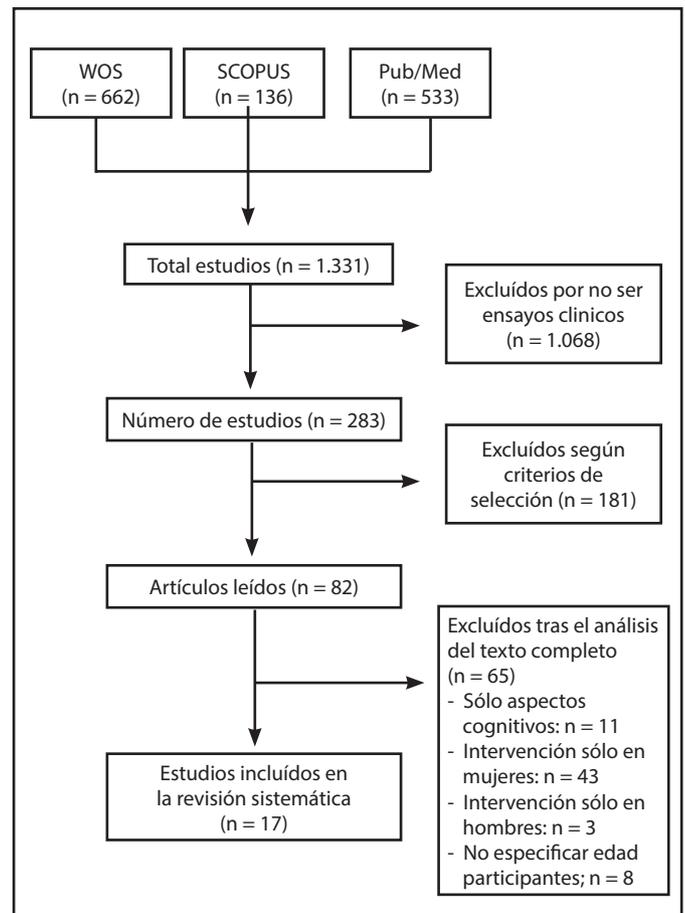
Criterios de inclusión

Artículos en inglés o español, publicados en los últimos 10 años. Estudios de intervención (ensayos clínicos y cuasiexperimentales) en los que se evaluaba el efecto de la actividad física sobre la condición física y la CVRS en personas mayores de 60 años de ambos sexos.

Criterios de exclusión

Se excluyeron los que no cumplieron los criterios de inclusión descritos, otros por no tener acceso al texto completo, los duplicados y los que no tenían una metodología explícita.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de los artículos.



Selección de estudios y extracción de datos

La selección de los artículos de interés se realizó por dos revisores de manera independiente a partir de la revisión de sus títulos y resúmenes; en los artículos cuyo resumen no era concluyente, se hizo una evaluación del texto completo y en el caso de desacuerdo entre revisores se buscó consenso.

En cada artículo original revisado se buscó información sobre: autor, año de publicación, tamaño de la muestra, edad de los sujetos, características de la intervención (grupos, tipo de actividad, componentes, duración del programa, número de sesiones y su duración, instrumentos de medida y resultados obtenidos).

Evaluación de la calidad metodológica

Se analizaron los 17 estudios que cumplieron los criterios de inclusión. La calidad metodológica se calificó utilizando la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro)¹⁸, que evalúa 11 ítems de respuesta ("Sí", "No" o "No informa"), de los que solo 10 son evaluables, ya que el primero no se puntúa por referirse a la validez externa del estudio. Los ítems contestados con "Sí" se califican con 1 punto, el resto con "0".

Resultados

El diagrama con el procedimiento de selección de los artículos se muestra en la Figura 1.

Se revisaron 1.331 artículos. En una primera selección fueron descartados 1.068 artículos al no ser estudios experimentales. De los 263 restantes, se excluyeron 181 según los criterios de inclusión; por edad de población; artículos duplicados; artículos que relacionaban el ejercicio físico con enfermedades concreta, o que trataban únicamente aspectos cognitivos relacionados con el ejercicio. De los 82 artículos resultantes, se hizo una segunda revisión, en la que resultaron finalmente seleccionados 17 artículos.

Calidad metodológica

En la evaluación metodológica según la escala PEDro, la puntuación osciló entre 6 y 8, siendo la puntuación media de 7,12. Lo que indica una buena calidad metodológica de los artículos seleccionados.

Características de los artículos seleccionados

La muestra de los 17 artículos analizados fue de 1910 hombres y mujeres mayores de 60 años. En cuanto al ámbito, 16 se realizaron en la comunidad¹⁹⁻³⁴, y uno en residencia de ancianos³⁵ (Tabla 1).

Características de las intervenciones

En cuanto al número de grupos en estudio; en 10 estudios se incluyeron dos grupos, un grupo de intervención (GI) y otro de control (GC)^{19-21,23,26,30-35}. Tres estudios incluyeron tres grupos (dos de ellos con 2 GI y 1 GC^{22,28}, y otro con 3 GI²⁴). Dos estudios incluyeron dos grupos, ambos de intervención^{27,29}; y un estudio (antes-después), sin grupo control²⁵.

Tipo de intervención: la intervención realizada a los grupos de control consistió en las recomendaciones saludables habituales a nivel

comunitario; como mantenerse activo (caminar al menos 150 minutos a la semana) y dieta equilibrada^{19-21,23,26,30,31,33,35}.

En los grupos de intervención: se realizaron programas de entrenamiento multicomponente^{9, 20, 25, 26, 30-35}; programas para mejorar la marcha²¹; la fuerza (fortalecimiento muscular)²²; ejercicios de pilates²³; gimnasia acuática, gimnasia general y musculación²⁴; ejercicios en el medio acuático frente al medio terrestre²⁷; gimnasia acuática^{28,29}.

Periodo de intervención: abarcó entre las 8 semanas³³, y los 6 meses^{19,25,29}, con una mediana de 12 semanas^{20-24,31,32,35}.

Frecuencia de las intervenciones: En la mayoría de los estudios se realizaron entre dos^{20,23-25,28,29,35} y tres^{27,32} sesiones semanales de unos 60 minutos.

Mediciones

Todos los estudios realizaron las mediciones de los participantes al comienzo del estudio y tras la intervención, excepto un estudio²⁶ que evaluó la intervención una semana después de su finalización. Realizaron seguimiento de los participantes tras la intervención, dos estudios: a los 3 meses³³ y a los 12 meses²¹. El resto de los estudios no realizó seguimiento.

Medidas de la condición física

Actividad física: Los patrones de actividad física diaria se midieron en 2 estudios mediante acelerómetros, podómetros y el cuestionario *Physical Activity Scale for the Elderly* (PASE); y observaron tras un programa de entrenamiento, una mejora significativa en los patrones de actividad física y de la capacidad funcional^{21,26}.

Fuerza muscular: Se encontró mejoría significativa ($p < 0,05$), tras el programa en la mayoría de los estudios analizados, tanto en extremidades superiores como inferiores^{20-22,25,29,32,35}. Sin embargo, en un estudio que midió la fuerza de agarre en extremidades superiores no encontró significación¹⁹.

Velocidad de la marcha: Se analizó la velocidad de la marcha en 10 estudios, y se obtuvo una mejora significativa ($p < 0,05$) en todos ellos^{19-21,25,26,28,29,32,33,35}. Las pruebas utilizadas para su medición fueron el *Timed-Meter Walk Test* (MWT)^{20,35}; el test *6 min Walk Test* (6MWT)^{19,25,28}; y el *Short Physical performance Battery* (SPPB)³³. Un estudio analizó la velocidad de la marcha utilizando un sistema de análisis de movimiento VICON, formado por un conjunto de 8 cámaras con sensores y marcadores de movimiento en cada paciente, (que analizó la velocidad de la marcha, la cadencia y la longitud de paso), obteniendo mejoras significativas en la condición física y en el riesgo de caídas tras la intervención³².

Equilibrio: Se evaluó en 12 estudios; se utilizaron diversas pruebas, para equilibrio dinámico o estático, según estudio: el *Test of Static Balance* (FICSIT-4T)³⁵, el Equilibrio en 3 niveles²⁰, capacidad funcional (SPPB)^{19,33}, el *Berg Balance Scale*^{23,28}, *the Functional Reach Test* (FRT)^{29,32}, TUG^{30,34} y el *Senior Fitness Test* (SFT)²⁵. Se obtuvieron mejorías estadísticamente significativas en todos los estudios en comparación con los grupos de control.

La flexibilidad se evaluó mediante diversas pruebas, de forma aislada o como componente de test de condición física funcionales; el test SPPB^{19,33}; el test *Chair Sit and Reach test* (CSAR)^{25,29,34}. El estudio de Cichocki et al.³⁴ no obtuvo mejora significativa de la flexibilidad, tras la intervención.

Tabla 1. Características de los artículos seleccionados (n=17)

Autores	Muestra	Características de intervención	Variables / Herramientas de medida	Resultados	PEdro
Harris <i>et al.</i> 2015 ²¹	n = 298; 160 mujeres y 138 hombres Edad: 60 – 74	Programa de marcha. 3 meses 2 grupos: GI + GC. Intervención para aumentar la marcha a través de: - Técnicas de cambio de comportamiento. - Plan individual de marcha.	- Acelerómetro (ActiGraph GT3X+) para controlar la actividad física. - Podómetro (conteo de pasos)	Los cambios en los recuentos de pasos diarios promedio (IC 95%:513-1560) y la MVPA semanal en episodios de 10 min (IC95%:40-87) fueron significativamente más altos en el GI que en el GC.	8/10
Sayers y Gibson, 2014 ²²	n = 64; 43 mujeres y 21 hombres. Edad: 70,3 + 6,9	Programa de ejercicios de fuerza. 12 semanas. 3 grupos: 2 GI: 1º: fuerza a velocidad alta 2º: fuerza a velocidad lenta. GC: calentamiento y estiramiento.	Fuerza de extremidades inferiores: medidas de rendimiento muscular.	Ejercicios de fuerza a velocidad alta aumentó la velocidad de los adultos mayores (0,18±0,21 m/s; p<0.05), permitiendo mejorar en tareas funcionales relacionadas con la seguridad.	8/10
Tarazona-Santabalbina, 2016 ¹⁹	n=100 54% mujeres. Edad: 79,9 + 3,8	Programa de ejercicios. 24 semanas. 5 sesiones/semana de 65 min. 2 grupos: GI + GC Ejercicios de: - Propiocepción - Resistencia Aeróbicos. - Fuerza - Flexibilidad. Estiramiento - Coordinación, equilibrio	Condición física: - Fuerza de agarre; Equilibrio y marcha (Tinetti); Capacidad funcional (SPPB); rendimiento físico (PPT); Consumo de energía (PAEE). Otras: - ABVD (Barthel) y AIVD (Lawton y Brody); Estado cognitivo (MMSE); Soporte social (Duke); Calidad de vida (EQ-5D); Estado emocional (Yesavage).	GI vs GC: Mejoras en: - Equilibrio estático y durante la marcha (dinámico) (p=0,007) - Rendimiento físico. Consumo de energía asociado con el ejercicio (P<0,001). - Capacidad funcional: ABVD, AIVD, estado cognitivo, estado emocional, soporte social y calidad de vida (P<0,001). - Fragilidad: La puntuación de la fragilidad se redujo en el grupo de intervención (P<0,001) (IC95%:20,3-45,0)	6/10
Ng, 2015 ²⁰	n = 246 61,4% mujeres. Edad: 70 + 4,7 comunidad	12 semanas. 2 sesiones/semana, de 90 min. 2 grupos: GI + GC Programa de entrenamiento multicomponente.	Condición física: - Fuerza dinámica máxima (1RM); - Velocidad de la marcha (6 min).	GI vs GC: Mejoras en - Fuerza muscular (flexión piernas) (p<0,001) - Velocidad de la marcha (p<0,001) Fragilidad: Reducción de la puntuación de la fragilidad (35,6% a 47,8%) (P<0,01)	8/10
Cadore, 2014 ³⁵	n = 24 70% mujeres. Edad: 91,9 + 4,1	Programa de ejercicios. 12 semanas. 2 sesiones/semana. De 40 min. 2 grupos: GI + GC Fuerza dinámica máxima: 8-10 repeticiones, al 40-60% de 1RM combinado con el equilibrio y reentrenamiento de la marcha.	Condición física: - Fuerza muscular isométrica y dinámica máxima. - Fuerza extremidades inferiores (test levantarse silla); - Velocidad de la marcha - Equilibrio estático. Otras: - Incidencia de caídas; ABVD (Barthel)	GI pre-post: Mejoras en: - Flexión isométrica cadera (P<0,05); y extensión rodilla (P<0,01); - Velocidad de la marcha (P<0,05); - Menor incidencia de caídas (P<0,0001); GI vs GC: Mejoría en: - Fuerza isométrica agarre de la mano, flexión de la cadera y extensión de la rodilla; Fuerza dinámica máxima extremidades superiores e inferiores; Fuerza extremidades inferiores en el test de levantarse de la silla (P<0,01) - Velocidad de la marcha (P<0,05); - Equilibrio estático (P<0,05); - Menor Incidencia de caídas (P<0,0001).	6/10

(continúa)

Tabla 1. Características de los artículos seleccionados (n=17) (continuación)

Autores	Muestra	Características de intervención	Variables / Herramientas de medida	Resultados	PEdro
Campos de Oliveira et al., 2015 ²³	n = 32 100% mujeres. Edad: 63,6 ± 1	Programa de ejercicios de Pilates. 12 semanas. 2 sesiones/semana. 60 min 2 grupos: GI + GC Pilates. <i>Stretching</i>	- Torque isocinético de extensores y flexores de rodilla. - Prueba <i>Timed Up and Go</i> (TUG), - Escala de equilibrio de Berg. - Evaluación de la Encuesta de salud (SF-36).	Mejora significativa de todas las variables (p<0,05), excepto en la Escala de equilibrio de Berg (p = 0,0509) El grupo control no muestra cambios.	6/10
Vicentini de Oliveira et al., 2014 ²⁴	n = 120 100% mujeres. Edad: 60-70	Tres programas de ejercicios diferentes para 3 grupos. 3 meses. 2 sesiones/semana. 3 GI: - G1: Hidrogimnasia - G2: Gimnasia general - G3: Musculación	Test de calidad de vida de la OMS: WHOQOL-OLD	Beneficios para la calidad de vida en los 3 grupos, pero especialmente en el grupo de musculación (P<0,001)	8/10
López Téllez et al. 2012 ²⁵	n = 29 27 mujeres. Edad: >65 Comunidad	Programa de ejercicios. 6 meses. 2 sesiones/semana. 60 min. - Sesiones de educación higiénica sanitaria mensuales. - 3 jornadas de actividades sociales. - 2 sesiones semanales de actividad física de una hora de duración.	- CVRS: SF-36 - Condición Física Funcional: Batería <i>Senior Fitness Test</i> .	Mejora la calidad de vida relacionada con la salud (P<0,05) y para el componente sumario mental incremento de 11,7 puntos (p<0,001). Mejoría de la condición física funcional. Mejoras en: - Marcha: aumento 62 m (p<0,001) (IC95%:48-76). - Fuerza: 73,9% (IC95%: 56-92) - Equilibrio dinámico: 86,4% (IC 95%: 74-99); - Flexibilidad: 69,6% (IC 95%: 51-88).	7/10
de Roos et al. 2018 ²⁶	n = 52; 34 mujeres y 18 hombres. Edad: 70,2 + 9,5	Entrenamiento combinado de ejercicios junto con un programa de marcha. Duración: 10 semanas.	- Acelerometría (para medir actividad física diaria) - Cuestionario PASE - 6 MWT - Cuestionario CVRS (CRQ)	El aumento de la capacidad funcional entre los grupos fue clínicamente relevante (IC del 95%: 2,3 a 65,6) a favor del grupo de intervención.	7/10
Oh et al. 2015 ²⁷	n = 66 Edad: >65	Programa de ejercicios. 10 semanas. 3 sesiones/semana. 2 GI: - medio terrestre y - medio acuático.	- SF36 - Cuestionario M-FES. (<i>modified falls efficacy scale</i>). - Instrumentos de medida: Dinamómetro de mano, <i>Sit and Reach</i> , fuerza de cadera en flexión, ext, abd y add; <i>TUG (Timed Up-and-Go)</i> .	Mejora fuerza abducción (p=0,001) y aducción cadera (p=0,007). Mejoría calidad de vida significativamente diferente entre ambos grupos (p < 0,001). Mejora significativa en el riesgo de caídas en ambos grupos (p = 0,040) (IC 95%).	8/10
Arnold et al. 2010 ²⁸	n = 79 Edad: >65	Programa de ejercicios acuáticos y educación. 11 semanas. 2 sesiones/semana. 3 grupos: 2 GI + GC: - 1º Ejercicio acuático: estiramientos, control postural y equilibrio. - 2º Ejercicio acuático + clase de educación: Igual que el anterior + clase de educación. - G. Control.	- Equilibrio. Berg Balance Scale. - Caídas. Escala ABC. - Rendimiento funcional. (30s-CST) - Caminar. 6MW	La combinación de ejercicio acuático y educación es efectiva para mejorar los factores de riesgo de caídas en adultos mayores (p = 0,038).	8/10

(continúa)

Tabla 1. Características de los artículos seleccionados (n=17) (continuación)

Autores	Muestra	Características de intervención	Variables / Herramientas de medida	Resultados	PEdro
Sato <i>et al.</i> 2011 ²⁹	n = 35 Edad: ≥65	Programa de ejercicios acuáticos. 6 meses. 2 GI: 1º grupo: 1 sesión/semana. 2º grupo: 2 sesiones/semana. Ejercicios de gimnasia en piscina, con 10 min de calentamiento y estiramientos fuera del agua.	- Fuerza muscular miembros inferiores. - Flexibilidad. - Equilibrio (FRT). - Caídas.	Mejoras tras la intervención en la fuerza muscular, en el equilibrio y en la flexibilidad. En la prueba de movilidad (TUG) para el riesgo de caídas no se encontraron diferencias significativas en las pruebas antes y después de la intervención. Sí se encontraron mejoras significativas en las ABVD (p<0,05).	6/10
Siegrist <i>et al.</i> , 2016 ³⁰	n = 378. 285 mujeres. Edad: 65-94	16 semanas. 1 hora/semana. Programa de ejercicios Multicomponente: entrenamiento de fuerza, equilibrio, marcha y entrenamiento funcional.	- Equilibrio. <i>Timed Up-and-Go</i> (TUG) - Rendimiento funcional. (30s-CST) - Caídas. <i>Falls Efficacy Scale</i> ; Test de Romberg.	Los pacientes en el grupo de intervención mostraron mejoras significativas en: Caídas (IC 95 %:0,35; 0,84), p=0,007. Equilibrio (p=0,014)	8/10
Oh <i>et al.</i> 2012 ³¹	n = 65 Edad: ≥65	12 semanas. 2 grupos: GI + GC Programa de ejercicios Multicomponente: entrenamiento de fuerza, equilibrio, agilidad, flexibilidad, resistencia muscular.	- Escala ABC. - SF-8	Reduce el miedo a caer (p=0,02), mejora el equilibrio (5.84 ± 1.62) (p=0,003), flexibilidad (4.14 ± 0.73) (p<0,001) y fuerza muscular (7.42 ± 1.98) (p=0,004). Además, mejora la calidad de vida (11%).	7/10
Zhuang <i>et al.</i> , 2014 ³²	n = 56 (36 mujeres) Edad: 60-80	Programa de ejercicios multicomponente + Tai Chi. 12 semanas. 3 sesiones/semana. 60 min 2 grupos: GI + GC - Programa de ejercicios de fuerza y equilibrio. - Tai Chi (Tai Chi Chuan de 8 formas)	- Rendimiento funcional. (30s-CST) - Equilibrio y caídas. <i>Timed Up-and-Go</i> (TUG); - (FRT); <i>Star Excursion Balance Test</i> (SEBT) - Fuerza isocinética de los extensores de la rodilla y el tobillo. Dinamómetro. - Análisis tridimensional de la marcha. Sistema VICON.	Tras la intervención se encontraron mejoras significativas en todas las variables (p<0,001; d=0,36), mejorando la condición física y reduciendo el riesgo de caídas.	7/10
Cichocki <i>et al.</i> , 2015 ³⁴	n = 222 88% mujeres. Edad: 72-99	20 semanas. 1 sesión/semana. 60 min. 2 grupos: GI + GC. Programa de ejercicios multicomponente: entrenamiento de fuerza, marcha, equilibrio, baile, estiramientos y Yoga.	- Calidad de vida. EQ-5D. - Equilibrio. <i>Timed Up-and-Go</i> (TUG). - Flexibilidad. <i>Chair Sit and Reach</i> (CSAR); <i>Test Back Scratch</i> (BS); <i>Lower Back Scratch</i> y <i>Neck Reach Test</i> . - Evaluación del estado cognitivo. <i>Mini-Mental State Examination</i> (MMSE).	Mejoras en la CVRS tras la intervención (p=0.001). No se encontraron resultados significativos en los test de flexibilidad y equilibrio.	7/10
Otones <i>et al.</i> , 2020 ³³	n = 44 78,1% mujeres. Edad: ≥65 Dolor crónico y frágenes (SHARE). Comunitario	Programa de ejercicios multicomponente + Prog educativo. 8 semanas (1 sesión/sem). 60 min 2 grupos: GI + GC.	- Calidad de Vida (EQ-5D). - EAV (Dolor crónico) - SHARE (índice de fragilidad) - Capacidad funcional (SPPB: equilibrio, velocidad marcha y fuerza pierna. - ABVD (Barthel).	Mejoras significativas en: Calidad de vida (IC95%: -0,33-0,04) y Capacidad funcional (p<0,01)	6/10

1RM: 1 Repetición máxima (prueba); 6MWT: 6 Min Walk Test; 30s-CST: Test 30s Chair Stand Test; ABVD: Actividades básicas de la Vida Diaria; AIVD: Actividades Instrumentales de la Vida Diaria; CRQ: Chronic Respiratory Questionnaire. (Cuestionario); CVRS: Calidad de Vida Relacionada con la Salud; EQ-5D: cuestionario Euroqol Quality-Of-Life Scale; Escala ABC (ABC scale): Activities specific Balance Confidence; FRT: the Functional Reach Test; MMSE: Mini-Mental State Examination; PAEE: Physical Activity Energetic Expenditure; PASE: Physical Activity Scale for the Elderly; PPT: Physical Performance Test; SF-8: Versión abreviada del cuestionario SF-36; Sistema VICON: sistema de análisis de movimiento, formado por cámaras, marcadores y sensores de movimiento; SPPB: Short Physical Performance Battery; TUG: Timed Up and Go; WHOQOL-OLD: World Health Organization Quality of Life-Old.

Medida de la CVRS: Nueve estudios la midieron específicamente^{19,23-27,31,33,34}, y obtuvieron resultados positivos ($p < 0,05$), en todos ellos, tras la intervención. Las medidas utilizadas fueron el cuestionario *Euroqol Quality-Of-Life Scale* (EQ-5D)^{19,33,34}, el cuestionario SF-36^{23,25,27}, el cuestionario SF-8 (Versión abreviada del SF-36)³¹; el cuestionario *Chronic Respiratory Questionnaire* (CRQ)²⁶; y el WHOQOL-OLD (*World Health Organization Quality of Life-Old*)²⁴, test elaborado por la Organización Mundial de la Salud para valorar específicamente la calidad de vida de los ancianos.

Efecto del ejercicio físico sobre otras variables:

Caídas: Siete artículos evaluaron el riesgo de caída en sus estudios^{27-32,35}. Las medidas utilizadas fueron: el *Falls Efficacy Scale*³⁰; el test de Romberg³⁰, el cuestionario *Modified falls efficacy scale* (M-FES)²⁷; la escala ABC (*Activities-specific Balance Confidence*)^{28,31}; y el *Timed Up-and-Go* (TUG), muy utilizado para evaluar el equilibrio dinámico, muy relacionado con el riesgo de caídas; y por lo tanto siendo fiable para identificar la fragilidad de los ancianos^{19,27,29,30,32,34,35}. Todos los estudios encontraron una reducción en la incidencia de caídas tras la intervención.

Fragilidad: En dos artículos se evaluaron los efectos del ejercicio físico sobre la fragilidad^{19,20}, presentando reducción de la puntuación en los test de fragilidad estadísticamente significativos en ambos ($p < 0,05$).

Cuatro artículos analizaron el efecto de la actividad física sobre la discapacidad^{19,29,33,35}, obteniendo una mejoría sobre las actividades básicas de la vida diaria (ABVD), evaluadas con el índice de Barthel^{19,33} y con el indicador de discapacidad FIM (*Functional Independence Measure*)²⁹. El estudio de Tarazona-Santabalbina *et al.*, evaluó además las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD) mediante la *Adelaide Activities Profile* (AAP) y el índice de Lawton y Brody, obteniéndose una mejoría en la discapacidad ($p < 0,05$).

Dos estudios analizaron los efectos del ejercicio sobre el estado cognitivo mediante el *Mini-Mental State Examination* (MMSE)^{19,34}; solo el estudio de Tarazona *et al.* mejoró tras el ejercicio con un incremento del 9% en MMSE ($p = 0,025$); además, obtuvieron mejorías en el estado emocional y el soporte social, medidos con la escala de Yesavage ($p = 0,043$) y Duke ($p < 0,001$), respectivamente.

Discusión

El objetivo de esta revisión es actualizar el conocimiento sobre el efecto de la actividad física en el envejecimiento activo, para definir posibles líneas futuras de investigación en dicha área. Los resultados obtenidos muestran el beneficio de la actividad física sobre la calidad de vida, la condición física y mantenimiento de la independencia funcional de los adultos mayores, a través de estudios experimentales seleccionados. La mayor parte de los estudios incluidos indican que la actividad física mejora los distintos componentes de la condición física y la CVRS en las personas mayores.

En los 17 estudios analizados, encontramos que la mayoría se realizaron en la comunidad, aplicaron una intervención multicomponente, con una duración entre 8 semanas y 6 meses. En general, a pesar de las diferencias metodológicas en los diferentes estudios, los resultados

de esta revisión demuestran una asociación estadísticamente entre la actividad física y la mejora de la condición física y la CVRS.

Los programas de intervención y los test utilizados para valorar la CVRS y la condición física fueron heterogéneos, aunque todos los test están validados. Algunos son instrumentos genéricos, que presentan diferentes componentes o escalas; otros son más específicos, dirigidos a aspectos de interés (enfermedad, fragilidad, ancianos, etc.) o a determinados componentes de la condición física (resistencia, fuerza, flexibilidad, equilibrio y coordinación).

Entre los cuestionarios utilizados para evaluar la CVRS destacó el SF36, debido a su alta disponibilidad en varios idiomas, fiabilidad, validez y sensibilidad y su versión reducida SF8. Otros cuestionarios utilizados fueron: el cuestionario *Euroqol Quality-Of-Life Scale* (EQ-5D), el WHOQOL-OLD (*World Health Organization Quality of Life-Old*) y el *Chronic Respiratory Questionnaire* (CRQ). Para analizar la capacidad y rendimiento funcional se utilizaron: *Short Physical Performance Battery* (SPPB), el test *30s Chair Stand Test* (30s-CST), *the Functional Reach Test* (FRT), el *Physical Performance Test* (PPT), el *Senior Fitness Test* (SFT) y el *Functional Independence Measure* (FIM). Todos son test validados y muy utilizados en población mayor y de fácil ejecución, sin embargo, la diversidad de escalas y la ausencia de valores de referencia poblacionales, podría dificultar la comparabilidad de los estudios^{15,17}.

En cuanto al tipo de intervención, fue diferente en los 17 artículos analizados, aunque en todos buscan el mismo objetivo, mantener o mejorar la condición física y calidad de vida de las personas mayores. La mayoría de estudios realizaron programas de entrenamiento multicomponente^{19,20,25,26,30,31,33-35}; o una combinación de este tipo de programas junto con una intervención más específica en deportes acuáticos^{24,27} o Tai Chi³², que realizó ejercicios de entrenamiento multicomponente combinado con ejercicios de Tai Chi Chuan (estilo de Tai Chi de 8 formas: se realizan movimientos que implican cambios de peso, alineación corporal y movimientos coordinados realizados de manera lenta, continua, circular y fluida. Solamente cinco estudios centraron la intervención en un sólo tipo de actividad o deporte^{21-23,28,29}).

Las intervenciones con programas de actividad física parecen ser efectivas para lograr mejoras en la CVRS, y demuestran mejoras en la condición física y en la independencia funcional de los adultos mayores^{13,14,17}.

Consideramos que las actividades variadas, con diferentes componentes, a pesar de la dificultad que puede suponer su realización; son más satisfactorias para las personas mayores, aportan mayores beneficios; y favorecen la adherencia al programa, reduciendo el número de abandonos. Aunque tienen el inconveniente de desconocer qué componentes son los más determinantes en la mejora, al realizarse una valoración global. Basándonos en los resultados de los estudios, incluir programas multicomponentes con ejercicios de fuerza, marcha, equilibrio y flexibilidad aporta beneficios en la prevención de la discapacidad^{15,19,29,34,35}, favorece la independencia funcional^{28,30,32}, mejora la condición física^{19,20,24-27,30-32,34,35} y reduce el riesgo de caídas^{27-32,35}.

Además, se ha observado mejoría en la realización de las actividades de la vida diaria^{19,29,33,35}, disminución del deterioro cognitivo^{19,34}, disminución de la fragilidad^{19,20} y mejoría en la CVRS^{19,24-27,31,33,34}.

El resto de estudios, en los que se realizaban ejercicios específicos de marcha²¹, fuerza²², Pilates²³ o ejercicio en el medio acuático^{28,29}, ob-

tuvieron igualmente mejorías significativas en términos de condición física^{21-23,28,29}, independencia funcional^{22,23,28,29} y calidad de vida²³.

En todos los programas de ejercicios se realizan ejercicios para mejorar el equilibrio y desarrollar la fuerza muscular, ya que permite una mejora en la estabilidad postural y por lo tanto una reducción de caídas^{27-32,35-37}. El equilibrio y la velocidad de la marcha se han determinado como uno de los indicadores de fragilidad en personas mayores³⁸ y están directamente relacionados con el riesgo de caídas en mayores^{39,40}. Los estudios analizados demuestran la eficacia de los programas de ejercicios para mejorar la condición física de las personas mayores, y para retrasar y prevenir la discapacidad provocada por el envejecimiento^{19,29,34,35,41-44}.

En cuanto a las limitaciones de los estudios seleccionados, se encuentra la variabilidad en cuanto al número de participantes, los diversos tipos de intervenciones e instrumentos de medidas. Consideramos necesarios estudios que obtengan un valor de referencia estándar, para facilitar la comparabilidad de los índices. Así como estudios que indiquen cuáles son los programas de ejercicios idóneos para esta población, los que aporten mayores beneficios, así como los programas que favorezcan la continuidad y permanencia en el tiempo. Aunque la mayoría de las intervenciones identificadas lograron resultados positivos en sus evaluaciones, las limitaciones de diseño (reducido número de participantes, ámbitos reducidos, la dificultad de enmascaramiento de los participantes o investigadores) podrían limitar su extrapolación.

En esta revisión los artículos finalmente seleccionados fueron los que mejor se ajustaron a los criterios de inclusión; también se incluyeron estudios realizados en nuestro medio, lo que podría favorecer la extrapolación de sus resultados a nuestra población. Posiblemente exista un sesgo de publicación de los estudios con resultados positivos, por lo que podrían existir estudios con resultados negativos y no se han publicado. Un aspecto para destacar es que la mayoría de los estudios se realizaron en la comunidad, lo que facilitaría su extrapolación; aunque es algo a tener en cuenta para abrir futuras líneas de investigación dentro de residencias y hospitales.

Sería necesario realizar estudios para valorar qué tipo de programas son más efectivos y aplicables, con una mayor homogeneidad en los instrumentos de recogida de datos, para facilitar la comparabilidad de los índices, su aplicabilidad a la población mayor y para incrementar la evidencia científica.

Conclusiones

En esta revisión sistemática se muestra que, a pesar de las diferencias metodológicas en los diferentes estudios, un estilo de vida activo con la realización de actividades multicomponentes, grupales o comunitarias, es beneficioso para los adultos mayores y se asocia a una mejor CVRS, condición física, mantenimiento de la independencia funcional y una reducción del riesgo de caídas.

Financiación

No existe ninguna financiación pública ni privada.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Este trabajo ha surgido por iniciativa propia de los autores; como fase previa de un proyecto de investigación en fase de diseño.

Bibliografía

1. INE. Instituto Nacional de Estadística. Esperanza de vida al nacimiento según sexo. 2018.
2. Guallar-Castillón P, Santa-Olalla Peralta P, Ramón Banegas J, López E, Rodríguez-Artalejo F. Actividad física y calidad de vida de la población adulta mayor en España. *Med Clin*. 2004;123:606-10.
3. Manini TM. Using physical activity to gain the most public health bang for the buck. *JAMA Intern Med*. 2015;175:968-9.
4. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. World Health Organization; 2013.
5. Battaglia G, Bellafore M, Alesi M, Paoli A, Bianco A, Palma A. Effects of an adapted physical activity program on psychophysical health in elderly women. *Clin Interv Aging*. 2016;11:1009-15.
6. Bendikova E, Bartik P. Selected determinants of seniors lifestyle. *J Hum Sport Exerc*. 2015;10:805-14.
7. Bohórquez R, Lorenzo M, García AJ. Actividad física como promotor del autoconcepto y la independencia personal en personas mayores. *Rev Iberoam Psicol Ejerc Deporte*. 2014;9:533.
8. Clifford A, Rahardjo TB, Bandelow S, Hogervorst E. A cross-sectional study of physical activity and health-related quality of life in an elderly Indonesian cohort. *Br J Occup Ther*. 2014;77:451-6.
9. Gomez-Piriz PT, Puga González E, Jurado Gilabert RM, Pérez Duque P. Calidad de vida percibida y esfuerzos específicos en personas mayores. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. Madrid. 2014;14:227-42.
10. Serrano-Sanchez JA, Lera-Navarro A, Espino-Torón L. Actividad física y diferencias de fitness funcional y calidad de vida en hombres mayores. *Int J Med Sci Phys Act Sport*. 2013;13:87-105.
11. Su CL, Lee CJ, Shinger HS. Effects of involvement in recreational sports on physical and mental health, quality of life of the elderly. *Anthropologist*. 2014;17:45-52.
12. Seematter-Bagnoud L, Lenoble-Hoskovec C, Santos-Eggimann B, Büla C. Promotion de l'activité physique chez les aînés: enjeux et stratégies spécifiques. *Rev Med Suisse*. 2012;8:1453-7.
13. Franco MR, Pereira LSM, Ferreira PH. Exercise interventions for preventing falls in older people living in the community. *Br J Sports Med*. 2014;48:867-8.
14. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson LM, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;2012.
15. Theou O, Stathokostas L, Roland KP, Jakobi JM, Patterson C, Vandervoort AA, et al. The Effectiveness of exercise interventions for the management of frailty: a systematic review. *J Aging Res*. 2011;2011.
16. Naughton MJ, Shumaker SA, Anderson RT, Czajkowski SM. Psychological aspects of health-related quality of life measurement: tests and scales. En: Spilker B. *Quality of life and pharmaco economics in clinical trials*. New York. Lippincott-Raven;1996.p.117-31.
17. Ramírez-Vélez R. Actividad física y calidad de vida relacionada con la salud: revisión sistemática de la evidencia actual. *Rev Andal Med Deporte*. 2010;3:110-20.
18. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*. 2003;83:713-21.
19. Tarazona-Santabalbina FJ, Gómez-Cabrera MC, Pérez-Ros P, Martínez-Arnau FM, Cabo H, Tsaparas K, et al. A multicomponent exercise intervention that reverses frailty and improves cognition, emotion, and social networking in the community-dwelling frail elderly: a randomized clinical trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2016;17:426-33.
20. Ng TP, Feng L, Nyunt MSZ, Feng L, Niti M, Tan BY, et al. Nutritional, physical, cognitive, and combination interventions and frailty reversal among older adults: a randomized controlled trial. *Am J Med*. 2015;128:1225-36.
21. Harris T, Kerry SM, Victor CR, Ekelund U, Woodcock A, Iliffe S, et al. A primary care nurse-delivered walking intervention in older adults: PACE-Lift cluster randomised controlled trial. *PLoS Med*. 2015;12: e1001783.
22. Sayers SP, Gibson K. High-speed power training in older adults: A shift of the external resistance at which peak power is produced. *J Strength Cond Res*. 2014;28:616-21.

23. Campos de Oliveira L, Gonçalves de Oliveira R, Pires-Oliveira DA de A. Effects of pilates on muscle strength, postural balance and quality of life of older adults: a randomized, controlled, clinical trial. *J Phys Ther Sci.* 2015;27:871-6.
24. Vicentini de Oliveira D, Marques Gomes Bertolini SM, Martins Júnior J. Qualidade de vida de idosas praticantes de diferentes modalidades de exercício físico. *ConScientiae Saúde.* 2014;13:187-95.
25. López-Téllez A, Río Ruiz J, Molinero Torres F, Fernández Maldonado I, Martínez Zaragoza I, Prados Torres P. Efectividad de un programa de intervención socio-motriz en población mayor con riesgo social. *Semergen.* 2012;38:137-44.
26. de Roos P, Lucas C, Strijbos JH, van Trijffel E. Effectiveness of a combined exercise training and home-based walking programme on physical activity compared with standard medical care in moderate COPD: a randomised controlled trial. *Physiotherapy.* 2018;104:116-21.
27. Oh SJ, Lim JM, Kim Y, Kim MS, Song WG, Yoon BC. Comparison of the effects of water- and land-based exercises on the physical function and quality of life in community-dwelling elderly people with history of falling: A single-blind, randomized controlled trial. *Arch Gerontol Geriatr.* 2015;60:288-93.
28. Arnold CM, Faulkner RA. The effect of aquatic exercise and education on lowering fall risk in older adults with hip osteoarthritis. *J Aging Phys Act.* 2010;18:245-60.
29. Sato D, Kaneda K, Wakabayashi H, Shimoyama Y, Baba Y, Nomura T. Comparison of once and twice weekly water exercise on various bodily functions in community-dwelling frail elderly requiring nursing care. *Arch Gerontol Geriatr.* 2011;52:331-5.
30. Siegrist M, Freiburger E, Geilhof B, Salb J, Hentschke C, Landendoerfer P, et al. Fall prevention in a primary care setting. The effects of a targeted complex exercise intervention in a cluster randomized trial. *Dtsch Arztebl Int.* 2016;113:365-72.
31. Oh DH, Park JE, Lee ES, Oh SW, Cho S Il, Jang SN, et al. Intensive exercise reduces the fear of additional falls in elderly people: Findings from the Korea falls prevention study. *Korean J Intern Med.* 2012;27:417-25.
32. Zhuang J, Huang L, Wu Y, Zhang Y. The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adults. *Clin Interv Aging.* 2014;9:131-40.
33. Otones P, García E, Sanz T, Pedraz A. A physical activity program versus usual care in the management of quality of life for pre-frail older adults with chronic pain: randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* 2020;20:396.
34. Cichocki M, Quehenberger V, Zeiler M, Adamcik T, Manousek M, Stamm T, et al. Effectiveness of a low-threshold physical activity intervention in residential aged care - results of a randomized controlled trial. *Clin Interv Aging.* 2015;10:885-95.
35. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gómez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age.* 2014;36:773-85.
36. Kuptniratsaikul V, Praditsawan R, Assantachai P, Ployetch T, Udompunturak S, Pooliam J. Effectiveness of simple balancing training program in elderly patients with history of frequent falls. *Clin Interv Aging.* 2011;6:111-7.
37. Almeida TL, Alexander NB, Nyquist LV, Montagnini ML, Santos ACS, Rodrigues GHP, et al. Minimally supervised multimodal exercise to reduce falls risk in economically and educationally disadvantaged older adults. *J Aging Phys Act.* 2013;21:241-59.
38. Kim JW, Eom GM, Kim CS, Kim DH, Lee JH, Park BK, et al. Sex differences in the postural sway characteristics of young and elderly subjects during quiet natural standing. *Geriatr Gerontol Int.* 2010;10:191-8.
39. Toraman A, Yildirim NÜ. The falling risk and physical fitness in older people. *Arch Gerontol Geriatr.* 2010;51:222-6.
40. Hirashima K, Higuchi Y, Imaoka M, Todo E, Kitagawa T, Ueda T. Dual-tasking over an extended walking distance is associated with falls among community-dwelling older adults. *Clin Interv Aging.* 2015;10:643-8.
41. Clegg A, Young J, Iliffe S, Rikkert MO, Rockwood K. Frailty in elderly people. *Lancet.* 2013;381:752-62.
42. Svantesson U, Jones J, Wolbert K, Alricsson M. Impact of physical activity on the self-perceived quality of life in non-frail older adults. *J Clin Med Res.* 2015;7:585-93.
43. Marques EA, Mota J, Carvalho J. Exercise effects on bone mineral density in older adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Age.* 2012;34:1493-515.
44. Varma VR, Tan EJ, Wang T, Xue QL, Fried LP, Seplaki CL, et al. Low-intensity walking activity is associated with better health. *J Appl Gerontol.* 2014;33:870-87.

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

La Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE (Arch Med Deporte) con ISSN 0212-8799 es la publicación oficial de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). Edita trabajos originales sobre todos los aspectos relacionados con la Medicina y las Ciencias del Deporte desde 1984 de forma ininterrumpida con una periodicidad trimestral hasta 1995 y bimestral a partir de esa fecha. Se trata de una revista que utiliza fundamentalmente el sistema de revisión externa por dos expertos (*peer-review*). Incluye de forma regular artículos sobre investigación clínica o básica relacionada con la medicina y ciencias del deporte, revisiones, artículos o comentarios editoriales, y cartas al editor. Los trabajos podrán ser publicados EN ESPAÑOL O EN INGLÉS. La remisión de trabajos en inglés será especialmente valorada.

En ocasiones se publicarán las comunicaciones aceptadas para presentación en los Congresos de la Sociedad.

Los artículos Editoriales se publicarán sólo previa solicitud por parte del Editor.

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad de SEMED y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. Todos los autores de los trabajos deberán enviar por escrito una carta de cesión de estos derechos una vez que el artículo haya sido aceptado.

Envío de manuscritos

1. Los trabajos destinados a publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte se enviarán a través del sistema de gestión editorial de la revista (<http://archivosdemedicinadeldeporte.com/revista/index.php/amd>).
2. Los trabajos deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe.
3. Los envíos constarán de los siguientes documentos:
 - a. **Carta al Editor** de la revista en la que se solicita el examen del trabajo para su publicación en la Revista y se especifica el tipo de artículo que envía.
 - b. **Página de título** que incluirá exclusivamente y por este orden los siguiente datos: Título del trabajo (español e inglés), nombre y apellidos de los autores en este orden: primer nombre, inicial del segundo nombre si lo hubiere, seguido del primer apellido y opcionalmente el segundo de cada uno de ellos; titulación oficial y académica, centro de trabajo, dirección completa y dirección del correo electrónico del responsable del trabajo o del primer autor para la correspondencia. También se incluirán los apoyos recibidos para la realización del estudio en forma de becas, equipos, fármacos...
 - c. **Manuscrito**. Debe escribirse a doble espacio en hoja DIN A4 y numerados en el ángulo superior derecho. Se recomienda usar formato Word, tipo de letra Times New Roman tamaño 12.

Este texto se iniciará con el título del trabajo (español e inglés), resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión de 250-300 palabras. Incluirá la intencionalidad del trabajo (motivo y objetivos de la investigación), la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones. Ha de estar redactado de tal modo que permita comprender la esencia del artículo sin leerlo total o parcialmente. Al pie de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave en castellano e inglés (keyword), derivadas del Medical Subject Headings (MeSH) de la National Library of Medicine (disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>).

Después se escribirá el texto del trabajo y la bibliografía.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

- d. **Tablas**. Se enviarán en archivos independientes en formato JPEG y en formato word. Serán numeradas según el orden de aparición en el texto, con el título en la parte superior y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Todas las abreviaturas no estándar que se usen en las tablas serán explicadas en notas a pie de página.

Las tablas se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

- e. **Figuras**. Se enviarán en archivos independientes en formato JPEG de alta resolución. Cualquier tipo de gráficos, dibujos y fotografías serán denominados figuras. Deberán estar numeradas correlativamente según el orden de aparición en el texto y se enviarán en blanco y negro (excepto en aquellos trabajos en que el color esté justificado).

Se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.

La impresión en color tiene un coste económico que tiene que ser consultado con el editor.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

- f. **Propuesta de revisores**. El responsable del envío propondrá un máximo de cuatro revisores que el editor podrá utilizar si lo considera necesario. De los propuestos, uno al menos será de nacionalidad diferente del responsable del trabajo. No se admitirán revisores de instituciones de los firmantes del trabajo.
- g. **Carta de originalidad y cesión de derechos**. Se certificará, por parte de todos los autores, que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.
- h. **Consentimiento informado**. En caso de que proceda, se deberá adjuntar el documento de consentimiento informado

que se encuentra en la web de la revista archivos de Medicina del Deporte.

- i. **Declaración de conflicto de intereses.** Cuando exista alguna relación entre los autores de un trabajo y cualquier entidad pública o privada de la que pudiera derivarse un conflicto de intereses, debe de ser comunicada al Editor. Los autores deberán cumplimentar un documento específico.
En el sistema de gestión editorial de la revista se encuentran modelos de los documentos anteriores.
4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
 - a. **Originales:** Máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
 - b. **Revisión:** Máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
 - c. **Editoriales:** Se realizarán por encargo del comité de redacción.
 - d. **Cartas al Editor:** Máximo 1.000 palabras.
5. **Estructura del texto:** variará según la sección a la que se destine:
 - a. **ORIGINALES:** Constará de una **introducción**, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue. **Material y método:** Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle. **Resultados:** Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. No se debe repetir en el texto la información de las tablas o figuras. **Discusión:** Los autores expondrán sus opiniones sobre los resultados, posible interpretación de los mismos, relacionando las propias observaciones con los resultados obtenidos por otros autores en publicaciones similares, sugerencias para futuros trabajos sobre el tema, etc. Se enlazarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones gratuitas y conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. Los **agradecimientos** figurarán al final del texto.
 - b. **REVISIONES:** El texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesarios para una perfecta comprensión del tema tratado.
 - c. **CARTAS AL EDITOR:** Tendrán preferencia en esta Sección la discusión de trabajos publicados en los dos últimos números con la aportación de opiniones y experiencias resumidas en un texto de 3 hojas tamaño DIN A4.
 - d. **OTRAS:** Secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.
6. **Bibliografía:** Se presentará al final del manuscrito y se dispondrá según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa. En el texto del artículo constará siempre la numeración de la cita entre paréntesis, vaya o no vaya acompañado del nombre de los autores; cuando se mencione a éstos en el texto, si se trata de un trabajo realizado por dos, se mencionará a ambos, y si son más de dos, se citará el primero seguido de la abreviatura "et al.". No se incluirán en las citas bibliográficas comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado.

La abreviatura de la revista Archivos de Medicina del Deporte es *Arch Med Deporte*.

Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:

- **Revista:** Número de orden; apellidos e inicial del nombre de los autores del artículo sin puntuación y separados por una coma entre sí (si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros añadiendo a continuación et al.); título del trabajo en la lengua original; título abreviado de la revista, según el World Medical Periodical; año de la publicación; número de volumen; página inicial y final del trabajo citado. Ejemplo: 1. Calbet JA, Radegran G, Boushel R, Saltin B. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass. *J Physiol*. 2009;587:477-90.
 - **Capítulo en libro:** Número de orden; autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial, año y páginas. Ejemplo: Iselin E. Maladie de Kienbock et Syndrome du canal carpien. En: Simon L, Alieu Y. *Poignet et Medecine de Reeducation*. Londres: Collection de Pathologie Locomotrice Masson; 1981. p. 162-6.
 - **Libro.** número de orden; autores, título, ciudad, editorial, año de la edición, página de la cita. Ejemplo: Balias R. *Ecografía muscular de la extremidad inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte*. Barcelona. Editorial Masson; 2005. p. 34.
 - **Material electrónico,** artículo de revista electrónica: Ejemplo: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerg Infect Dis*. (revista electrónica) 1995 JanMar (consultado 05/01/2004).
Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>
7. La Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará con relación a la aceptación y fecha posible de su publicación.
 8. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE, oídas las sugerencias de los revisores (la revista utiliza el sistema de corrección por pares), podrá rechazar los trabajos que no estime oportunos, o bien indicar al autor aquellas modificaciones de los mismos que se juzguen necesarias para su aceptación.
 9. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabilizan de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
 10. Envío de los trabajos: Los trabajos destinados a publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte se enviarán a través del sistema de gestión editorial de la revista (<http://archivosdemedicinadeldeporte.com/revista/index.php/amd>).

Ética

Los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas <http://www.wame.org/> (World Association of Medical Editors).

Los trabajos que se envían a la Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE para evaluación deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica y con animales de laboratorio, ratificados en Helsinki y actualizadas en 2008 por la Sociedad Americana de Fisiología (<http://www.wma.net/es/10home/index.html>).

Para la elaboración de ensayos clínicos controlados deberá seguirse la normativa CONSORT, disponible en: <http://www.consort-statement.org/>.

Campaña de aptitud física, deporte y salud



La **Sociedad Española de Medicina del Deporte**, en su incesante labor de expansión y consolidación de la Medicina del Deporte y, consciente de su vocación médica de preservar la salud de todas las personas, viene realizando diversas actuaciones en este ámbito desde los últimos años.

Se ha considerado el momento oportuno de lanzar la campaña de gran alcance, denominada **CAMPAÑA DE APTITUD FÍSICA, DEPORTE Y SALUD** relacionada con la promoción de la actividad física y deportiva para toda la población y que tendrá como lema **SALUD – DEPORTE – DISFRÚTALOS**, que aúna de la forma más clara y directa los tres pilares que se promueven desde la Medicina del Deporte que son el practicar deporte, con objetivos de salud y para la mejora de la aptitud física y de tal forma que se incorpore como un hábito permanente, y disfrutando, es la mejor manera de conseguirlo.

ANALIZADOR PORTÁTIL DE LACTATO

Lactate Scout 4



- Volumen de muestra: 0.2 µl.
- Resultados en 10 segundos
- Calibración automática
- Conexión PC vía Bluetooth (en presentaciones Start y Maletín)
- Software de análisis Lactate Scout Assistant (en presentaciones Start y Maletín)
- Memoria de hasta 500 resultados
- Pantalla e-paper para facilitar la visualización
- Diseño más pequeño, más ligero, más robusto
- Gran Conectividad, Conexión a monitores de ritmo cardíaco compatibles



1 Sacar la tira reactiva e introducirla en el Lactate Scout 4



2 Poner la muestra de sangre en el sensor de la tira reactiva



3 Se mostrará el resultado en 10 segundos

