

Archivos

de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

189

Volumen 36(1)
Enero - Febrero 2019



ORIGINALES

¿Afecta el entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) al desempeño en el entrenamiento de la fuerza?

Kinematics and thermal sex-related responses during an official beach handball game in Costa Rica: a pilot study

Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes

Estimation of the maximum blood lactate from the results in the Wingate test

Acute effect of an Intra-Set Variable Resistance of back squats over 30-m sprint times of female sprinters

REVISIONES

Frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol durante los partidos: una revisión sistemática

El papel del ejercicio aeróbico en la prevención y manejo de la fibrilación auricular. ¿Amigo o enemigo?



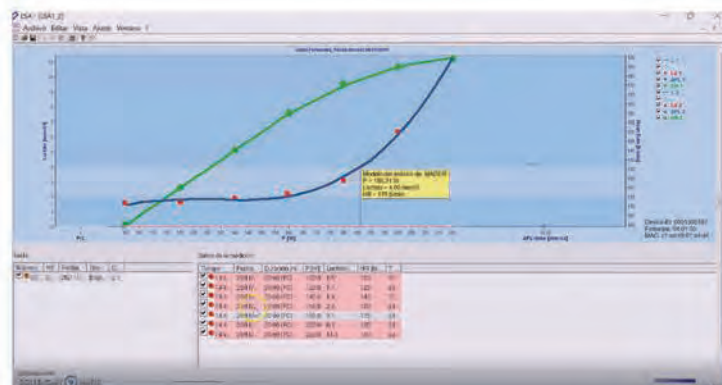
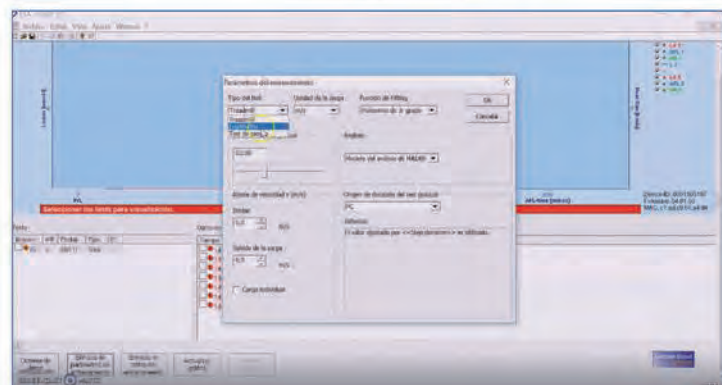
NUEVO ANALIZADOR PORTÁTIL DE LACTATO Lactate Scout 4



- Volumen de muestra: 0.2 µl.
- Resultados en 10 segundos
- Calibración automática
- Conexión PC vía Bluetooth
- Software de análisis Lactate Scout Assistant (en presentaciones Start y Maletín)
- Compatible con las tiras reactivas actuales.

Nuevas Características

- Memoria de hasta 500 resultados
- Nueva pantalla para facilitar la visualización
- Diseño más pequeño, más ligero, más robusto
- **Gran Conectividad:**
 - Conexión a monitores de ritmo cardíaco compatibles
 - **App Android** disponible próximamente





Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno

Presidente:

Pedro Manonelles Marqueta

Vicepresidente:

Carlos de Teresa Galván

Secretario General:

Luis Franco Bonafonte

Tesorero:

Javier Pérez Ansón

Vocales:

Miguel E. Del Valle Soto

José Fernando Jiménez Díaz

Juan N. García-Nieto Portabella

Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea

José Naranjo Orellana

Edita

Sociedad Española de Medicina del Deporte

Iturrama, 43 bis.

31007 Pamplona. (España)

Tel. 948 267 706 - Fax: 948 171 431

femede@femede.es

www.femede.es

Correspondencia:

Ap. de correos 1207

31080 Pamplona (España)

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Pamplona. NA 123. 1984

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 Revista Archivos de Medicina del Deporte ha obtenido el Sello de Calidad en la V Convocatoria de evaluación de la calidad editorial y científica de las revistas científicas españolas, de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

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

M^a Ángeles Artázcoz Bárcena

Adjunto a dirección

Oriol Abellán Aynés

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Ramón Balias Matas.** Consell Catalá de l'Esport. Generalitat de Catalunya. España. **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. **Demitri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburgo. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek Drobic Martínez.** Servicios Médicos FC Barcelona. CAR Sant Cugat del Vallés. España. **Tomás Fernández Jaén.** Servicio Medicina y Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Pedro Guillén García.** Servicio Traumatología del Deporte. Clínica Centro. 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 Jegier.** Medical University of Lodz. Polonia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopédica, 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 Maffulli.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Pablo Jorge Marcos Pardo.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **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.** Subdirector Adjunto del Gabinete del Consejo Superior de Deportes. España. **Juan Ramón Valentí Nin.** Universidad de Navarra. España. **José Antonio Villegas García.** Académico de número de la Real Academia de Medicina de Murcia. España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM
UNIVERSIDAD
CATOLICA DE MURCIA



Archivos

de medicina del deporte

Volumen 36(1) - Núm 189. Enero - Febrero 2019 / January - February 2019

Sumario / Summary

Editorial

Ciencia, práctica y Universidad
Science, practice and University

Pedro J. Benito Peinado 5

Originales / Original articles

¿Afecta el entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) al desempeño en el entrenamiento de la fuerza?

Does high intensity interval training (HIIT) affect the strength training performance?

Jaime Della Corte, Lorena Rangel, Rodrigo Gomes de Souza Vale, Danielli Braga de Mello, Pablo Jorge Marcos-Pardo, Guilherme Rosa 8

Kinematics and thermal sex-related responses during an official beach handball game in Costa Rica: a pilot study

Respuestas cinemáticas y termorreguladoras relacionadas con el sexo durante un partido oficial de balonmano playa en Costa Rica. Un estudio piloto

Randall Gutiérrez-Vargas, Juan Carlos Gutiérrez-Vargas, José Alexis Ugalde-Ramírez, Daniel Rojas-Valverde 13

Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes

Effects of a program of eccentric exercises on hamstrings in youth soccer players

David Álvarez-Ponce, Eduardo Guzmán-Muñoz 19

Estimation of the maximum blood lactate from the results in the Wingate test

Estimación de la concentración máxima de lactato en sangre a partir de los resultados en la prueba de Wingate

José V. Subiela D. 25

Acute effect of an Intra-Set Variable Resistance of back squats over 30-m sprint times of female sprinters

Efecto agudo de un protocolo de resistencia variable intra-serie en sentadillas sobre el tiempo en 30 metros lisos en mujeres velocistas

Álvaro Cristian Huerta Ojeda, Sergio Andrés Galdames Maliqueo, Pablo Andrés Cáceres Serrano, Daniel Galaz Campos, Dahian Siebald Retamal, Felipe Vidal Soriano, Luciano Apolonio Caneo, Jorge Cancino López 29

Revisiones / Reviews

Frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol durante los partidos: una revisión sistemática

Heart rate and the distance performed by the soccer referees during matches: a systematic review

Leandro de Lima e Silva, Erik Salum de Godoy, Eduardo Borba Neves, Rodrigo G. S. Vale, Javier Arturo Hall Lopez, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes 36

El papel del ejercicio aeróbico en la prevención y manejo de la fibrilación auricular. ¿Amigo o enemigo?

The role of aerobic exercise in the prevention and management of auricular fibrillation. Friend or foe?

Lorenzo A. Justo, Saray Barrero-Santalla, Juan Martín-Hernández, Salvador Santiago-Pescador, Ana Ortega, Carlos Baladrón, Alejandro Santos-Lozano 43

VIII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte 50

Conclusiones del Grupo Avilés 52

Libros / Books 53

Agenda / Agenda 54

Normas de publicación / Guidelines for authors 58

Ciencia, práctica y Universidad

Science, practice and University

Pedro J. Benito Peinado

Profesor Titular de Universidad de Fisiología del Ejercicio en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF) de la Universidad Politécnica de Madrid.

En el ámbito de las Ciencias del Deporte, parece haber una distancia considerable entre la ciencia y la práctica, y más aún entre la práctica y la actividad docente universitaria, para la cuál se supone que preparan cada grado. Son las ciencias del Deporte unas ciencias aplicadas, y por tanto no es una ciencia básica, aunque necesita de esta para sustentar muchos de sus principios. Es un hecho demostrable que ningún gobierno de nuestra nación ha apoyado con verdadero entusiasmo el desarrollo de la Ciencia en general, el de las ciencias básicas en particular y mucho menos las ciencias aplicadas como la nuestra, donde todavía luchamos por una ley de regulación profesional que aclare nuestras competencias.

Pero, aunque sea así, la Universidad ha sido siempre cuna de ciencia de calidad a todos los niveles, y aunque a algunos nos den ganas de reír o de llorar al conocer la realidad, es cierto que contribuye de manera relevante, para generar el caldo de cultivo necesario con el que generar el conocimiento que los medios nos permitan.

Aunque es la nuestra una disciplina con poco recorrido en el tiempo, sí lo son las ciencias básicas en las que se apoya la generación de nuestro conocimiento aplicado, la física, la química, las matemáticas, la medicina, la historia, y muchas otras llevan mucho tiempo aportando conocimiento sólido a otros campos, y ahora al nuestro.

Estamos en la era de la información, donde para acceder a cierta cantidad de información, en muchos casos inabordable, solo necesitamos una conexión a internet y algo de curiosidad. La figura del divulgador científico está tomando una predominancia social relevante, de la que es merecedor, ya que las nuevas tecnologías tienen mucho que hacer en nuestras aulas, si queremos superar la obsolescencia actual. Pero hay que puntualizar; la Ciencia está escrita por científicos y para

ser entendida por científicos. Aunque no haya que ser Albert Einstein para entender una publicación científica, se requieren de unos mínimos conocimientos en estadística y diseño de experimentos para no estar a merced del autor y creernos a pie juntillas sus conclusiones. Estos conocimientos se pueden adquirir de varias maneras, pero la más frecuente es haciendo un doctorado, en nuestro caso en Ciencias del Deporte, lo cual no te da el "poder" de leer ciencia, pero sí una mayor probabilidad de entenderla. El problema de una gran inmensa mayoría de divulgadores, es que no tiene esta formación y se dedican a entresacar la información que más les interesa para llegar a las conclusiones a las que antes ellos mismos habían llegado. Aunque esto no es exclusivo del ámbito de la divulgación. En cualquier simplificación pedagógica se tiende a omitir información relevante que haga más comprensible los conceptos e hipótesis formuladas, lo que provoca que se pueda malinterpretar o sacar de contexto la información global original.

He visto recientemente, con gran interés, la opinión de alguno de mis alumnos sobre la formación universitaria que ellos mismos han recibido, y siendo consciente de las limitaciones que tiene esa formación, tengo que indicar que estoy de acuerdo con parte de las críticas que se vierten a nuestro sistema universitario. Estoy de acuerdo en que los grados de muchas disciplinas están alejados de la realidad laboral que tendrán los egresados. También de la escasa motivación y reciclaje de una cantidad no desdeñable de profesores, que institucionalizados no saben o no quieren actualizarse. Donde los sistemas de garantía de calidad de la ANECA y muchas universidades no es más que papel mojado o protocolos infinitos que no atienden a las demandas reales de calidad; como es la conexión entre contenidos analizando en profundidad los programas, el estudio de las necesidades del egresado y la renovación

Correspondencia: Pedro J. Benito Peinado
E-mail: pedroj.benito@upm.es

de los planes de estudios para su adecuación al mercado laboral. Dicho esto, creo que es de justicia defender el buen hacer de muchos docentes, que mantienen como máximo estandarte de la calidad universitaria, su actividad docente, y hace lo que pueden en su labor científica. Además, para poder hacer una crítica real y constructiva de un plan de estudios, hay que haberse estudiado varios programas y planes de una misma disciplina, establecer un criterio de excelencia y entonces criticar los distintos grados. Considero que hay muy pocos alumnos que hayan hecho este ejercicio tan sano, para hacer una crítica objetiva y razonada.

Por otro lado, el conocimiento no es estanco e inalterable en el tiempo, La "verdad" yace en un pozo oscuro, dicen que dijo Séneca, y no es más que la *aproximación inexacta sobre la opción que tienen un conjunto de personas sobre lo que está ocurriendo en un momento en concreto* de nuestra historia. No existe una verdad absoluta, ya que en cuanto es abordada por un humano la vuelve subjetiva e interpretable y por tanto susceptible de discusión, más o menos objetivable. Es por eso, que cuando alguien cuenta que "la verdad es esto o lo otro", me vuelvo un radical de la interpretación y me pongo las gafas de ver de cerca, para observar con detenimiento los argumentos.

Es muy importante la consideración caduca de una verdad reconocida en documentos científicos o empíricos, ya que tanto libros, vídeos, apuntes o cualquier otra forma estanca de recepción de información, envejece muy mal con el tiempo. La mayoría de la información que se publica en cualquier entorno científico queda obsoleta en poco tiempo. La poca que no quede obsoleta sentará una base de conocimiento que, si puede perdurar, pero que será testada en multitud de ocasiones para refutar su validez. Esta es la esencia del conocimiento, tanto empírico como científico; la necesidad constante de contrastar nuestros conocimientos y probarlos en la práctica para observar que funcionan o están obsoletos. Sin embargo, los documentos científicos, buenos artículos y libros escritos con rigor, son contrastables en el futuro, ya que parte de esa solidez la da el proceso, y esto queridos lectores es difícilmente conseguible en un tuit, un vídeo o una infografía.

Hablando de la obsolescencia, una de las críticas más feroces que se hace a la universidad es la baja conexión con la realidad laboral, ya que se aprende muy poco de lo que luego realmente vas a necesitar en la realidad laboral. Se nos olvida que la universidad es mucho más que un agente transmisor de conocimientos. Su objetivo, además de conseguir

competencias en sus graduados, es modificarlos durante el proceso. Cursar unos estudios universitarios, incluye el nerviosismo del primer día, la exigencia de este profesor, el desarrollo del espíritu crítico, el viajar a otras ciudades y conocer otros entornos, laboratorios, experiencias, bibliotecas y un sinfín de momentos que hacen que, si al finalizar la carrera nos presentaran a la persona que éramos al comenzarla, probablemente no la reconoceríamos. Por eso, a todos los que critican sus grados, les envío esta pregunta, ¿Seríais mejores profesionales sin los "pocos" conocimientos y "experiencias" vividas y aprendidas en la universidad? La respuesta más probable es no.

No quiero dejar de lado la distancia, que en nuestro ámbito profesional aleja la ciencia de la práctica. En el mundo del deporte, se piensa que la ciencia no tiene poder suficiente como para hacer predicciones importantes que influyan en el rendimiento real de los deportistas, entendiéndolo como rendimiento ganar o perder, que es la máxima en el rendimiento deportivo. Esta negación de la aplicabilidad de la ciencia al entorno real nace de la sospecha del alto número de variables que intervienen en el resultado y que difícilmente se podrán controlar todas juntas. No niego esta dificultad, y menos aún que actualmente estamos lejos de hacer predicciones con acierto del resultado de las competiciones, pero en un congreso científico del pasado año, pregunté al mejor científico del mundo en hipertrofia si creía posible que pudiéramos crear una ecuación que predijera la evolución de esta variable, su respuesta fue taxativa, "NO", intervienen demasiadas variables como para poder modelizarlas en una sola ecuación. A mediados del año pasado 2018 se publicó la primera ecuación empírica que intenta modelar esta variable. Complejo sí, que no podemos ahora, quizás, pero que sea imposible, no estoy de acuerdo.

Esta editorial es una reflexión sobre el ámbito universitario español, sobre su aplicación y enlace con la práctica profesional, con una mirada neutral, objetiva y positiva del camino que nos queda por recorrer. Creo que el trabajo de mejorar como sociedad incluye mejorar diversas maneras de adquirir, procesar y aplicar información, sin olvidar pilares determinantes de la formación de personas, como la honestidad, la humildad la prudencia y el respeto, que deberían conducirnos a una sociedad más equilibrada y madura. Espero haber logrado al menos, hacer reflexionar sobre el poder de la comunicación.

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



Monografías Femede nº 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.femede.es

¿Afecta el entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) al desempeño en el entrenamiento de la fuerza?

Jaime Della Corte¹, Lorena Rangel¹, Rodrigo Gomes de Souza Vale⁴, Danielli Braga de Mello⁵, Pablo Jorge Marcos-Pardo⁶, Guilherme Rosa^{1,2}

¹Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro. Brasil. ²Grupo de Pesquisas em Exercício Físico e Promoção da Saúde. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro. Brasil. ³Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro. Brasil. ⁴Escola de Educação Física do Exército. Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro. Brasil. ⁵Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física, Fitness y Comportamiento Motor de la Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia. España.

Recibido: 27.02.2018

Aceptado: 19.04.2018

Resumen

Objetivo: Valorar el efecto del entrenamiento intervalado de alta intensidad de (HIIT) sobre el subsiguiente desempeño del entrenamiento de la fuerza (EF) en miembros inferiores.

Métodos: 10 hombres (23,4 ± 2,4 años; 78,9 ± 8,0 kg; Estatura 1,78 ± 0,08 m; IMC 24,80 ± 1,16; %G 12,3 ± 2,5; VO_{2máx} 50,9 ± 3,6 ml/kg/min) fueron sometidos a mediciones antropométricas, cardiorespiratorias y prueba de 10 repeticiones máximas (10RM). En el momento 1 (M1) se realizó el EF compuesto por 3 series de repeticiones hasta el fallo concéntrico para el 100% de 10RM, con intervalos de 3 minutos entre series en el ejercicio leg press 45° (LP). Tres minutos después se inició el ejercicio de femoral sentado (FS), con los mismos procedimientos anteriores. En el momento 2 (M2) se realizó una sesión de HIIT compuesta por 10 estímulos de 1' con intensidad entre el 90 y 95% FC_{máx} (Borg 9 - 10), intercalados con 10 recuperaciones de 1' con intensidad entre 70 al 75% FC_{máx} (Borg 6 - 7). Inmediatamente después, se realizó el EF con los mismos procedimientos del M1. El rendimiento de la fuerza de los miembros inferiores fue determinado por el número de repeticiones ejecutadas en M1 y M2.

Resultados: Hubo una reducción en el total de repeticiones en el M2 tanto en el LP (Δ% = -22,97; p-valor=0,0001) como en el FS (Δ% = -17,56%; p-valor=0,0001) en comparación con el M1. En M2 hubo una reducción sólo en la 3ª serie del LP en el análisis intragrupo, y reducción intergrupos en las tres series del M2 en comparación con M1. Para el FS, se observó reducción intragrupo en la 3ª serie de M1 y M2, además de reducción intergrupos en la 1ª y 3ª serie de M2 en comparación con M1.

Conclusión: El HIIT, con las características de volumen e intensidad prescritas en el presente estudio, fue capaz de ejercer interferencia negativa sobre el subsiguiente desempeño en el EF en miembros inferiores.

Palabras clave:

Ejercicio físico. Entrenamiento intervalado. Entrenamiento de fuerza. Entrenamiento concurrente.

Does high intensity interval training (HIIT) affect the strength training performance?

Summary

Objective: To assess the effect of high intensity interval training (HIIT) on the subsequent performance of strength training (ST) in lower limbs.

Methods: 10 men (23.4 ± 2.4 years, 78.9 ± 8.0 kg, height 1.78 ± 0.08 m, BMI 24.80 ± 1.16, % G 12.3 ± 2.5, VO_{2max} 50.9 ± 3.6 ml / kg / min) were subjected to anthropometric, cardiorespiratory and 10 maximum repetition (10RM) tests. At time 1 (M1) the ST was made up of 3 sets of repetitions until the concentric failure for 100% of 10RM, with intervals of 3 minutes between sets in the exercise leg press 45° (LP). Three minutes later the sitting femoral exercise (FS) was started, with the same procedures as before. At time 2 (M2) a HIIT session composed of 10 1' stimuli with intensity between 90 and 95% HR_{max} (Borg 9 - 10) was performed, interspersed with 10 1' recoveries with intensity between 70 and 75% FC_{max} (Borg 6 - 7). Immediately after, the ST was performed with the same M1 procedures. The strength performance of the lower limbs was determined by the number of repetitions performed in M1 and M2.

Results: There was a reduction in the total of repetitions in the M2 both in the LP (Δ% = -22.97, p-value = 0.0001) and in the FS (Δ% = -17.56%; value = 0.0001) compared to M1. In M2 there was a reduction only in the 3rd series of LP in the intra-group analysis, and intergroup reduction in the three series of M2 compared to M1. For FS, intragroup reduction was observed in the 3rd series of M1 and M2, in addition to intergroup reduction in the 1st and 3rd series of M2 compared to M1.

Conclusion: HIIT, with the characteristics of volume and intensity prescribed in the present study, was able to exert negative interference on the subsequent performance in ST in lower limbs.

Key words:

Physical exercise. Interval training. Strength training. Concurrent training.

Correspondencia: Guilherme Rosa
E-mail: grfitness@hotmail.com

Introducción

Los beneficios de la práctica regular de ejercicio físico para la salud de los practicantes, así como la importancia de la utilización de actividades aeróbicas y de fortalecimiento muscular en su composición están documentados¹. La práctica regular de ejercicio físico proporciona mejoras para la salud, como el aumento en la captación máxima de oxígeno, el aumento de la masa magra, la reducción de la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) en reposo, el aumento de los niveles del colesterol HDL, reducción de los niveles del colesterol LDL, y aumento de la tolerancia a la glucosa².

Entre las modalidades de ejercicios físicos existentes están el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento de resistencia aeróbica. El entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) es uno de los métodos a través de los cuales el ejercicio aeróbico puede ser realizado para promover adaptaciones fisiológicas positivas provenientes de alteraciones metabólicas y de la homeostasis iónica³. El HIIT está insertado en modalidades como fútbol, balonmano, baloncesto, ciclismo, carrera⁴, además de otras modalidades deportivas. Los atletas y técnicos están interesados en perfeccionar e incluir ese método en sus programas de entrenamiento⁵, con propósitos de mejorar el rendimiento⁶.

Otro tipo de entrenamiento considerado importante para la mejora del desempeño es el entrenamiento de fuerza (EF). Este es utilizado tanto para el mantenimiento de la salud en la población en general, como para la mejora del rendimiento de los atletas⁷. De esta forma, el EF ha sido recomendado con la finalidad de aumentar la masa muscular, mejorar la fuerza, la condición física y la salud^{8,9}. En la práctica, con la manipulación de las variables (orden de los ejercicios, tiempo de intervalo entre las series y ejercicios, número de series y repeticiones, fraccionamiento del entrenamiento, entre otros)⁸, se pueden obtener diferentes respuestas fisiológicas, como la mejora del funcionamiento integrado entre el sistema nervioso y el sistema muscular (adaptaciones neurales) y también los efectos hipertróficos del entrenamiento.

La combinación de ejercicios de resistencia aeróbica y de fuerza en una misma sesión se denomina entrenamiento concurrente (EC)¹⁰. Atletas e individuos físicamente activos, a menudo utilizan este tipo de entrenamiento¹¹, pues los beneficios de ambas modalidades pueden ser simultáneamente adquiridos¹². En el TC, el ejercicio aeróbico ha sido empleado con el fin de disminuir las reservas de grasa corporal y el ejercicio de fuerza ha sido aplicado en el intento de preservar o aumentar la masa magra¹³.

Sin embargo, algunas consideraciones deben ser hechas en relación a ese método, pues parece haber interferencia negativa en el rendimiento cuando se combinan distintas modalidades en un mismo período de entrenamiento¹⁴⁻¹⁶.

De esta forma, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del entrenamiento intervalado de alta intensidad sobre el subsiguiente desempeño en el entrenamiento de fuerza en miembros inferiores.

Material y método

Muestra

La muestra fue constituida por 10 voluntarios del sexo masculino, practicantes de entrenamiento de fuerza por lo menos con seis meses

de experiencia, con frecuencia semanal superior a cuatro días y tiempo de sesión superior a 60 minutos. Los individuos, según los criterios de estratificación de riesgo de la *American Heart Association* (AHA)¹⁷, no tenían ningún factor de riesgo aparente que pudiera impedir su participación en la investigación.

El estudio adoptó como criterio de exclusión: a) presentar enfermedades degenerativas o metabólicas, lesiones o limitaciones osteomioarticulares que imposibilitaron la realización de los ejercicios programados o disfunciones cardiovasculares; b) usar sustancias ergogénicas / nutricionales.

El estudio atendió las normas para investigaciones involucrando seres humanos, conforme a la Resolución 466/2012 del Consejo Nacional de Salud, Brasil y la Declaración de Helsinki¹⁸. El proyecto del estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Federal del Estado de Río de Janeiro (número 983.976 / 2015).

Procedimientos de recopilación de datos

Cada voluntario realizó cinco visitas no consecutivas, siempre en los mismos horarios y con intervalos de 48 h hasta 72 h de acuerdo con la disponibilidad de cada uno de los voluntarios. En la primera visita los participantes fueron orientados sobre todos los procedimientos del estudio y respondieron al cuestionario de la AHA. También se realizó una evaluación antropométrica y la prueba de 10 repeticiones máximas (10 RM). En la segunda visita, se realizó el *re-test* de 10 RM. En la tercera visita, se realizó una prueba ergométrica para estimar el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2\text{máx}}$) relativo ($\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$), donde se midieron las variables FC_{Reposo} (después de 10 minutos de reposo) y la $FC_{\text{Máxima}}$. Las cuarta y quinta visitas, se destinaron a la intervención.

Evaluación antropométrica

Para medir la estatura se utilizó un estadiómetro profesional de la marca Sanny®, modelo ES2020, Brasil. La evaluación de la composición corporal fue realizada a través de una bioimpedancia eléctrica (BIA) de la marca InBody®, modelo 230 Biospace, Corea del Sur, con capacidad de 250 kg y precisión de 100 g. El índice de masa corporal (IMC) fue calculado por la razón entre la masa corporal total (MCT) y el cuadrado de la estatura (m). Todas las mediciones antropométricas siguieron los específicos protocolos sugeridos por la *International Standards for Anthropometric Assessment* (ISAK)¹⁹.

Test de 10 repeticiones máximas (10 RM)

Los tests y *re-test* de 10 repeticiones máximas (10RM) se realizaron en un solo día en los equipos *leg press* 45° (LP) y femoral sentado (FS), siguiendo las recomendaciones de Baechle y Earle²⁰. Se optó por la aplicación del test de 10 RM por presentar elevada correlación con la fuerza muscular evaluada en 1 repetición máxima (1RM) y menor índice de lesión²¹.

Las tests y los retests se interrumpieron en el momento en que los evaluados no pudieron realizar el movimiento completo, ocurriendo una interrupción concéntrica voluntaria en 10 RM²². La velocidad de ejecución del movimiento fue de aproximadamente 2 segundos para cada fase de movimiento.

Si la carga para 10 RM no fuera obtenida después de tres intentos, la prueba debería ser cancelada y realizada en el día posterior no consecutivo previamente programado. Los intervalos entre los intentos en cada ejercicio durante la prueba y / o *re-test* de 10 RM se fijaron en 5 minutos. Se consideró como 10 RM la mayor carga establecida en ambos días, con diferencia menor que el 5% y si la diferencia de las cargas obtenidas fuera igual o superior al 5%, un nuevo *re-test* estaba marcado para obtener la reproducibilidad de la carga²³. Posteriormente a la obtención de la carga en el determinado ejercicio, se daban intervalos de recuperación no inferiores a 10 minutos, antes de pasar a la prueba en el ejercicio de fuerza siguiente²⁴.

Todos los test y *re-test* se realizaron en horarios similares a los de entrenamientos de los individuos, con temperatura controlada entre 18 °C y 22 °C y supervisados por un evaluador experimentado con un coeficiente de correlación intraclass (CCI) de 0,95. Los participantes del estudio fueron orientados a no realizar ejercicios físicos de ninguna naturaleza y a no ingerir sustancias estimulantes en las 24 horas previas tanto en la recolección de datos como en la intervención.

Frecuencia Cardíaca Máxima (FC_{máx})

Para la prescripción y control de la intensidad en HIIT, se obtuvo la FC_{máx} de los voluntarios a través de un test incremental en tapiz rodante (Inbramed®, modelo Master ATL, Brasil) a través del protocolo propuesto por Bruce²⁵. La frecuencia cardíaca fue monitoreada mediante un pulsómetro de la marca Polar® (Finlandia), modelo S210. Para el efecto de caracterización del grupo de muestras, el consumo máximo de oxígeno (VO_{2máx}) fue estimado a través del mismo test.

Intervención

En el primer momento de la intervención (M1), los participantes fueron sometidos al EF en los equipos LP y FS. El calentamiento específico consistió en 1 serie de 15 repeticiones en el LP con el 50% de la carga máxima obtenida en el test y / o *re-test* de 10 RM. Tres minutos después del calentamiento se realizaron 3 series con repeticiones hasta el fallo concéntrico voluntario con intensidad de 100% de 10 RM y intervalo de 3' entre las series. Tres minutos después del final de la 3ª serie en el LP, siguiendo los mismos procedimientos en cuanto al volumen y la intensidad, se iniciaron las 3 series en el FS.

En el segundo momento de la intervención (M2), los sujetos monitoreados con el pulsómetro, fueron sometidos al HIIT, conforme al protocolo adaptado de Gibala et al.²⁶, que consistió en 30 minutos en el tapiz rodante (Life Fitness, modelo 95T Flex Deck Shock Absorption System, EE.UU.), sin inclinación, divididos en: a) calentamiento de 5' con intensidad entre 50 a 55% de la FC_{máx}; b) fase específica de 20' divididos en 10 estímulos de 1' con intensidad entre 90 y 95% de la FC_{máx} y percepción de esfuerzo entre 9 y 10 de la escala de Borg (CR10)²⁷, intercalados con 10 intervalos activos de 1' con intensidad entre el 70 y el 75% de la FC_{máx} y la percepción de esfuerzo entre 6 y 7; c) el descenso de 5' con una intensidad del 50% de la FC_{máx}. Inmediatamente después del HIIT, los participantes realizaron el TF, adoptando los mismos procedimientos realizados en el M1. Sin embargo en esta etapa el TF no fue precedido por el calentamiento específico en el LP y en el FS.

El desempeño de la fuerza de miembros inferiores fue determinado por el número de repeticiones realizadas en cada una de las series del TF ejecutadas en los distintos momentos de la intervención.

Análisis de datos

Los datos fueron procesados en el software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS Statistics 20 - Chicago, E.U.A.) y se presentaron como media, desviación estándar y valores mínimos y máximos. La normalidad y homogeneidad de los datos de la muestra se verificaron con las pruebas de *Shapiro-Wilk* y *Levene*, respectivamente. Con base en los resultados, se optó por la realización del test de *t-Student* pareado para análisis del número total de repeticiones realizadas entre los momentos de la intervención. La ANOVA con medidas repetidas, seguida del *Post-Hoc* de Tukey fue empleada para análisis intra e inter protocolos de intervención. El nivel de significancia adoptado fue de $p < 0,05$.

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los datos referentes a la composición corporal y el acondicionamiento cardiorrespiratorio de los voluntarios. Los resultados de la prueba de *Shapiro-Wilk* para las variables mencionadas presentaron una distribución próxima a la curva normal.

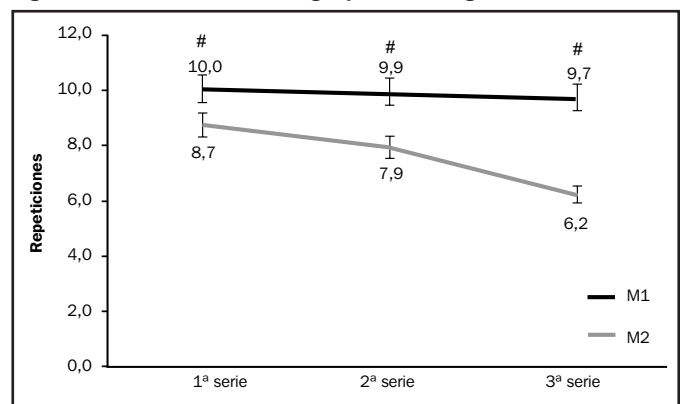
La Figura 1 representa el análisis entre el número de repeticiones realizadas en cada serie ejecutada en el aparato LP en ambos momentos de la intervención (M1 y M2).

Tabla 1. Composición corporal y acondicionamiento cardiorrespiratorio.

	Edad (años)	MCT (kg)	Est (m)	IMC (kg/m ²)	%G	VO _{2máx} (ml/kg/min)
Media	23,4	78,9	1,78	24,8	12,3	50,9
dp	2,4	8,0	0,08	1,16	2,5	3,6
SW (p-valor)	0,32	0,71	0,72	0,94	0,78	0,39

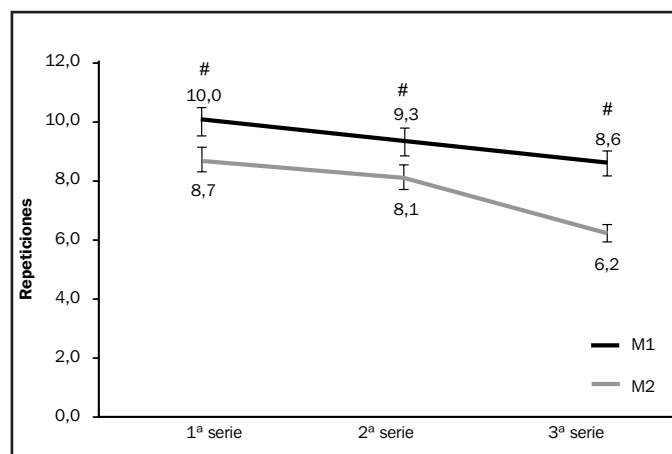
MCT: masa corporal total; Est: estatura; IMC: índice de masa corporal; %G: porcentaje de masa grasa; dp: desviación estándar; SW (p-valor): test de normalidad *Shapiro-Wilk*.

Figura 1. Análisis intra e intergrupos en el Leg Press 45°.



#Diferencia significativa intergrupos; *Diferencia significativa intragrupo.

Figura 2. Análisis intra e intergrupos en el Femoral sentado.



#Diferencia significativa intergrupos; *Diferencia significativa intragrupo.

Tabla 2. Número total de repeticiones.

Equipamientos	M1	M2	Δ%	p-valor
Leg Press 45°	29,6	22,8	-22,97	<0,001
Femoral sentado	27,9	23,0	-17,56	<0,001

Después del análisis intragrupos, se observó una diferencia significativa sólo en la tercera (F = 3,269; p = 0,04) serie del M2, sin cambios en el M1. Para el análisis intergrupo, fue posible observar que en M2 hubo una reducción significativa del número de repeticiones en la primera (F = 5,828; p = 0,02), segunda (F = 7,531; p = 0,01) y tercera (F = 15,818; p = 0,001) en comparación con el M1.

La Figura 2 representa el análisis entre el número de repeticiones realizadas en cada serie ejecutada en el aparato FS en ambos momentos de la intervención (M1 y M2).

Después del análisis intragrupos, se observó una reducción en la tercera serie del M1 (F = 7,151, p = 0,003) y de M2 (F = 3,691, p = 0,04) en comparación con las demás. El análisis intergrupos demostró que hubo una reducción significativa en el número de repeticiones en la primera (F = 5,053; p = 0,03) y tercera series (F = 7,005; p = 0,01) del M2 en comparación con el M1. No hubo diferencias intergrupos para la segunda serie (F = 3,323, p = 0,08).

La Tabla 2 presenta la comparación y variación porcentual (Δ%) entre el número total de repeticiones realizadas en las tres series en los ejercicios utilizados en ambos momentos de la intervención (M1 y M2).

Es posible observar que hubo reducción significativa (p < 0,05) entre el número total de repeticiones ejecutadas por los participantes en las tres series tanto en el LP como en la máquina de FS.

Discusión

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del HIIT sobre el desempeño de la fuerza en miembros inferiores. El HIIT cuando se ejecutó anteriormente al EF redujo significativamente la fuerza muscular de

miembros inferiores. El ejercicio aeróbico puede provocar una fatiga residual que afecta a la capacidad de la realización de repeticiones máximas en el ejercicio de fuerza, y que una de las posibles causas de esa fatiga está relacionada con la depleción de las existencias de creatina-fosfato^{28,29}.

El entrenamiento aeróbico de alta intensidad (>90% VO_{2máx}) recluta más las unidades motoras compuestas de fibras del tipo II, así como el entrenamiento de fuerza en protocolos por encima del 70% de 1RM³⁰. Al analizar la influencia de los distintos métodos e intensidades del entrenamiento cardiorrespiratorio sobre el desempeño de la fuerza, sólo el método intermitente (1' de estímulo con 1' de recuperación) con intensidad elevada (90% VO_{2máx}) fue capaz de influir negativamente el desempeño de la fuerza³¹. Estas mismas intensidades fueron utilizadas en el presente estudio, corroborando así con los resultados presentados.

Para Simão *et al.*³², el desempeño tanto en los grandes como en los pequeños grupos musculares realizados por último en la secuencia de un programa de entrenamiento, resultan en un menor número de repeticiones, sobre todo en las últimas series de cada ejercicio. El desempeño es mejor en los ejercicios que inician una sesión de entrenamiento, independientemente del tamaño de la masa muscular y del número de articulaciones involucradas. Como en el presente estudio la reducción en el número total de repeticiones en el LP fue mayor que en el FS, esto fue probablemente debido a la interferencia del HIIT asociado al ejercicio neuromuscular realizado en el LP.

Sin embargo, los hallazgos de Raddi *et al.*³³ apuntan que la interferencia negativa del entrenamiento cardiorrespiratorio sobre el desempeño de la fuerza depende del segmento corporal utilizado, ya que, en su investigación, no se observaron diferencias significativas para la fuerza dinámica o isométrica de miembros superiores, con y sin previa realización de entrenamiento cardiorrespiratorio a través de carrera en tapiz rodante.

Leveritt *et al.*³⁴ investigaron los efectos de una sesión de ejercicio cardiorrespiratorio de alta intensidad sobre la fuerza de miembros inferiores, concluyendo que el desempeño muscular puede ser inhibido si la sesión de entrenamiento de fuerza es precedida por ejercicio incremental realizado en cicloergómetro con intensidades variando entre el 40% y el 100%. Estos datos corroboran con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se observó reducción en el desempeño muscular en los dos ejercicios probados cuando se realizaron después de una sesión de entrenamiento cardiorrespiratorio de intensidad elevada.

Jones *et al.*³⁵ evaluaron los efectos del orden de realización del entrenamiento concurrente sobre las respuestas endocrinas y la producción de fuerza. En cuanto a la producción de fuerza, los resultados sugieren que la realización del ejercicio cardiorrespiratorio previamente al entrenamiento de fuerza puede resultar en adaptaciones agudas desfavorables para el desarrollo de esta variable, sobre todo en intensidades elevadas.

Se constató que el desempeño en el entrenamiento de fuerza, cuando va precedido por entrenamiento cardiorrespiratorio, muestra reducción del 37,4% en comparación a su ejecución de forma aislada, presentando datos similares a los hallazgos del presente estudio. Después de la realización de entrenamiento cardiorrespiratorio, en intensidad del 70% de la FC_{reserva}, la capacidad de realizar el entrenamiento de fuerza en el ejercicio Leg Press 45° con intensidad del 85%

de 1RM fue significativamente más baja. El mismo fue observado en el presente estudio.

En los resultados de la presente investigación, los hallazgos de Costa et al.² demostraron que el entrenamiento cardiorrespiratorio realizado anteriormente al entrenamiento de fuerza no fue capaz de ejercer influencia negativa sobre el desempeño muscular. Sin embargo, el entrenamiento cardiorrespiratorio fue realizado con una duración de 25', en intensidad del 70% de la FC_{reserva} y a través del método continuo. El rendimiento muscular fue evaluado en el ejercicio extensión de rodilla en silla con intensidad del 70% de 1RM.

Con base en los datos obtenidos en esta investigación, es posible concluir que el rendimiento muscular tanto en el ejercicio LP como en FS, evaluado por el número de repeticiones realizadas, presentó una reducción significativa cuando se realizó después de entrenamiento intervalado de alta intensidad. Así, es posible inferir que el entrenamiento aeróbico, con las características de volumen e intensidad prescritas en la presente investigación, es capaz de ejercer influencia negativa sobre el desempeño de la fuerza de miembros inferiores.

Se sugiere para estudios futuros el aumento de la muestra y del tiempo de intervención para que sea posible investigar el efecto crónico del entrenamiento concurrente sobre el desempeño de la fuerza en la realización de ejercicios para los mismos grupos musculares.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116(9):1081.
- Costa LS, Pereira WP, Calixto AM, Abdalla AS, Rosa G. Efeito do Exercício Aeróbico sobre o Desempenho da Força de Membros Inferiores. *Braz J Sports Exerc Res*. 2010;1(2):118-21.
- Mohr M, Krstrup P, Nielsen JJ, Nybo L, Rasmussen MK, Juel C, et al. Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007;292(4):1594-602.
- Cicioni-Kolsky D, Lorenzen C, Williams MD, Kemp JG. Endurance and sprint benefits of high intensity and supramaximal interval training. *Eur J Sport Sci*. 2013;13(3):304-11.
- Iaia FM, Bangsbo J. Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(Suppl, 2):11-23.
- Hamilton RJ, Paton CD, Hopkins WG. Effect of high-intensity resistance training on performance of competitive distance runners. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(1):40-9.
- Paavolainen L, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*. 1999;86(5):1527-33.
- American College of Sports Medicine. Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:687-708.
- Mascarenhas LPG, Souza WC, Franz J, Abreu VL, Decimo J, Cascante-Rusenhack M, et al. Effect of strength training on body composition, strength and aerobic capacity of Brazilians adolescents' handball players related with peak growth rate. *Arch Med Deporte*. 2016;33(4):239-43.
- Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81(5):418-27.
- Docherty D, Sporer B. A Proposed Model for Examining the Interference Phenomenon between Concurrent Aerobic and Strength Training. *Sports Med*. 2000;30(6):385-94.
- Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, Logan PA. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *J Strength Cond Res*. 2003;17(3):503-8.
- Pollock ML, Glenn AG, Janus DB, Jean-Pierre D, Rod KD, Barry AF, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(6): 975-91.
- Paulo AC, Souza EO, Laurentino G, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Efeito do treinamento concorrente no desenvolvimento da força motora e da resistência aeróbia. *Rev Mackenzie Educ Fis Esporte*. 2005;4(4):145-54.
- Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med*. 2014;44(7):1005-17.
- Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W, Boonen S, Bautmans I. Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. *Exp Gerontol*. 2013;48(11):1351-61.
- American College of Sports Medicine. Diretrizes do ACSM para testes de esforço e sua prescrição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014. p. 34.
- W.M.A. Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 59th WMA General Assembly, Seoul. 2008. (Consultado 26/02/2018). Disponible em: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>
- Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, Hans DR. Protocolo internacional para la valoración antropométrica (1ª ed.). United Kingdom. Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría, 2011.
- Baechle TR, Earle RW. Essentials of strength training and conditioning. Champaign: *Human Kinetics*; 2008. p. 249-58.
- Pereira MIR, Gomes PSC. Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima: revisão e novas evidências. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(5):325-35.
- Loureiro S, Dias I, Sales D, Alessi I, Simão R, Fermino RC. Efeito das diferentes fases do ciclo menstrual no desempenho da força muscular em 10RM. *Rev Bras Med Esporte*. 2011;17(1):22-5.
- Lemos A, Simão R, Monteiro W, Polito M, Novaes J. Desempenho da força em idosas após duas intensidades do exercício aeróbio. *Rev Bras Med Esporte*. 2008;14(1):28-32.
- Simão R, Monteiro W, Jacometo A, Tesseroli C, Teixeira G. A influência de três diferentes intervalos de recuperação entre séries com cargas para 10 repetições máximas. *Rev Bras Ci e Mov*. 2006;14(3):37-44.
- ACSM. Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde 3ªEd: Guanabara Koogan; 2011. p. 167.
- Gibala MJ, Little JP, Essen MV, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*. 2006;575(3):901-11.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin LG, Hrovatin LA, Parker PD, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001;15(1):109-15.
- Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, Logan PA. Concurrent strength and endurance training. *Sports Med*. 1999;28(6):413-27.
- Gomes RV, Aoki MS. Suplementação de creatina anula o efeito adverso do exercício de endurance sobre o subsequente desempenho de força. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(2):131-4.
- Nelson AG, Arnall DA, Loy SF, Silvester LS, Conlee RK. Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Phys Ther*. 1990;70(5):287-94.
- Souza EO, Tricoli V, Franchini E, Paulo AC, Regazzini M, Ugrinowitsch C. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. *J Strength Cond Res*. 2007;21(4):1286-90.
- Simão R, Farinatti, PTV, Polito MD, Maior AS, Fleck, SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistive exercises. *J Strength Cond Res*. 2005;19:152-6.
- Raddi L, Gomes R, Charro M, Bacurau R, Aoki M. Treino de Corrida não Interfere no Desempenho de Força de Membros Superiores. *Rev Bras Med Esporte*. 2008;14(6): 544-7.
- Leveritt M, Abernethy J. Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res*. 1999;13(1):47-51.
- Jones TW, Howatson G, Russel M, French DN. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *Eur J Sport Sci*. 2017;17(3):326-34.

Kinematics and thermal sex-related responses during an official beach handball game in Costa Rica: a pilot study

Randall Gutiérrez-Vargas^{1,2}, Juan Carlos Gutiérrez-Vargas², José Alexis Ugalde-Ramírez^{1,2}, Daniel Rojas-Valverde^{1,2}

¹Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud y Deporte (CIDISAD). Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida. Universidad Nacional. Costa Rica.

²Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida. Universidad Nacional. Costa Rica.

Recibido: 14.11.2017

Aceptado: 26.04.2018

Summary

Beach handball is a sport characterized by being a complex, dynamic, fluid of constant exchange of offensive and defensive plays. The objectives of this study was describe and analyzing the kinematics and thermal responses in male and female beach handball players during an official game in Costa Rica. Sixteen beach handball players participated, eight women and eight men. All participants were grouped by sex in two teams, male team and female team and every team played against the same adversary. Every game had two periods, 10 min each, 5 min rest, were made. GPS devices were used to quantify the kinematics responses, heart rate was obtained through cardiac monitors, internal temperature was measured using CorTemp pills and body weight loss, sweating rate and fluid intake were calculated. The main results shown significant differences between men and women in the total distance (m) ($p < .01$), average speed (km/h) ($p < .01$), maximum speed (km/h) ($p = .022$), total impacts (g) ($p < .01$), body weight change (%) ($p = .038$), sweat rate (ml/min) ($p < .01$), and liquid intake (ml) ($p < .01$). Internal temperature ($^{\circ}\text{C}$) was different between men and women after warn-up ($p = .044$) and final first period ($p = .007$). Also, it found a significant decreased in the maximum speed (km/h) ($p = 0.10$) and body load (AU) ($p = .026$) in the second period both in men and women. In conclusion, beach handball is a sport that is played a medium-high intensity [HR mean (men= 156.1 ± 17.5 bpm, women= 158.1 ± 19.8 bpm)]. As a practical implication, this study provides information that may be used as a base or support to plan and designing training methodologies according to the specific kinematics and thermal requirements of beach handball players.

Key words:

Sport. Dehydration. Heart rate. Body temperature. Kinematics.

Respuestas cinemáticas y termorreguladoras relacionadas con el sexo durante un partido oficial de balonmano playa en Costa Rica. Un estudio piloto

Resumen

El balonmano de playa es un deporte caracterizado por ser complejo, dinámico y fluido de constante intercambio de acciones defensivas y ofensivas. El objetivo de este estudio fue describir y analizar las respuestas cinemáticas y termorreguladoras en jugadores masculinos y femeninos de balonmano de playa durante un partido oficial en Costa Rica. Dieciséis jugadores participaron, ocho hombres y ocho mujeres. Todos los participantes fueron agrupados según su sexo en dos equipos, masculino y femenino, cada equipo jugó un partido contra otro equipo. Cada partido tuvo dos periodos de 10 min cada uno, con 5 min de descanso. Se utilizaron dispositivos GPS para cuantificar las respuestas cinemáticas, la frecuencia cardiaca fue obtenida mediante monitores cardiacos, se midió la temperatura interna utilizando píldoras TemCorp y se calculó la pérdida de peso corporal, la tasa de sudoración y la ingesta de líquido. Los principales resultados mostraron diferencias significativas entre hombres y mujeres en la distancia total recorrida (m) ($p < 0,01$), velocidad promedio (km/h) ($p < 0,01$), velocidad máxima (km/h) ($p = 0,022$), impactos totales (g) ($p < 0,01$), cambio en el peso corporal (%) ($p = 0,038$), tasa de sudoración (ml/min) ($p < 0,01$), y líquido ingerido (ml) ($p < 0,01$). La temperatura interna ($^{\circ}\text{C}$) entre hombres y mujeres fue diferente después del calentamiento ($p = 0,044$) y al final del primer tiempo ($p = 0,007$). También, se encontró una disminución significativa en la velocidad máxima (km/h) ($p = 0,10$) y carga corporal (UA) ($p = 0,026$) en el segundo periodo en hombres y mujeres. En conclusión, el balonmano de playa es un deporte que se juega a intensidad media a alta [FC promedio (hombres= $156,1 \pm 17,5$ lpm, mujeres= $158,1 \pm 19,8$ lpm)]. Como implicación práctica, este estudio aporta información que puede ser usada como base para diseñar metodologías de entrenamiento acorde con los requerimientos cinemáticos y termorreguladores de los jugadores de balonmano de playa.

Palabras clave:

Deporte. Deshidratación. Frecuencia cardiaca. Temperatura corporal. Cinemática.

Correspondencia: Randall Gutiérrez-Vargas

E-mail: randall.gutierrez.vargas@una.cr

Introduction

Currently, several sports federations have been developing and promoting disciplines that can be played on the beach. Soccer, volleyball and recently the handball are among the most popular sports around the world, which are practiced on the sand, and in many cases in hot environments.

Beach handball is a sport characterized by being a complex, dynamic, fluid of constant exchange of offensive and defensive plays. It differs from the indoor handball in the conformation of the teams and in the tactical actions^{1,2}. Eight players participate per team during a beach handball match, which can participate in offensive-defensive actions, only attack or only defensive, according to the tactical dispositions. Another difference is the score, which depends on the technical and motor complexity of the executions, for example, the players can make acrobatics moves to score, which will be awarded a double value (2 points) to the team.

There are few studies that have analysed the intensity of efforts in sports played on the beach. Researches so far published in beach handball have used heart rate (HR) as a parameter to evaluate the physical efforts of the players; it suggests that the practice of beach handball is a vigorous activity³⁻⁶. In this sense, Lara-Cobos³ during the 13 matches and Silva *et al.*⁴ during a game of female beach handball tournament found that the HR was maintained between 139 and 167 bpm, while other authors⁵ reported for male players a mean HR of 164.3 ± 14.5 bpm during three matches.

As to the kinematic responses, recently a comparison was made⁶ during four beach handball games the kinematic responses between sexes. They found that men covered more distance than women both in the first and the second period, likewise, men travel more meters at high intensities than women. Total body impacts and body load were higher in women than in men.

Regarding other sports practiced in similar conditions, the mean HR during a beach volleyball match is 149.5 ± 14.1 bpm⁵, and in beach soccer matches is 165 ± 20 bpm⁷. The beach soccer players perform high-intensity activities during 3% to 9.5% of the match^{7,8}.

In addition to the physical efforts performed by the players during a beach handball match, it should also consider the thermal sensation and the effects caused by environmental conditions such as temperature and relative humidity^{9,10}. The environmental conditions in combination with the intensity and duration of physical effort can generate excessive levels of sweating, dehydration, loss of body weight and elevation of body temperature in athletes, which may cause alterations in the thermoregulation of the body and in the cardiovascular system of the organism, which increases the possibility of athletes suffering health problems¹¹⁻¹⁴.

Karras, Chrissanthopoulos, and Diafas¹⁵ evaluated the effect of playing beach handball matches in high humidity and environmental temperatures on the body fluid loss in female players. Zetou, Giatsis, Mountaki, and Komninakidou¹⁶ did not find states of dehydration among elite players and not the elite beach volleyball, and the weight loss reported not exceed 800 grams per player during a tournament in high temperature (>33 °C). During soccer matches in the professional and

recreational players, it has been reported an internal body temperature ranged between 37.5 °C and 39.5 °C^{17,18}.

Based on the scientific evidence so far reported about the beach handball, and the fact that in Costa Rica there are no studies on beach handball, only a few studies worldwide has been performed. To have a deeper understanding about this popularity increasing sport, the objective of this study was to describe and compare the kinematic responses, the change in the body weight, fluid balance and the internal temperature between male and female beach handball players during an official game in Costa Rica.

Material and method

Participants

Sixteen beach handball players participated, eight women and eight men. All players were team members of Costa Rican indoor handball top league club, all participated of an official beach handball tournament organized by the Federación Costarricense de Balonmano. The players were, apparently healthy, well trained (2-3 times/week) and played at least 1 official game/week, with none neuromuscular, cardiovascular or neurological disorders. Participant's characterization is shown in Table 1.

Ethical statement

All subjects were informed of the details of the experimental procedures and the associated risks and discomforts. Each subject gave written informed consent according to the criteria of the Declaration of Helsinki regarding biomedical research involving human subjects¹⁹.

Equipment and procedures

Firstable, all the study methods and informed consent were given to the participants. The characterization of the participants was made taking, weight (Elite Series BC554, Tanita-Ironman®, ± 0.1 kg sensibility), height, age, sport experience. The weight was measured pre- and post- games.

All participants were grouped by sex in two teams, male group (MG) and female group (FG). Each game was conducted under official International Handball Federation rules, the same referees and against the same rival (handball club). Two official games of two periods, 10 min each, 5 min rest, were made. The participants were provided with

Table 1. Participant's characterization data.

	Men (n= 8)	Women (n= 8)	Total (n= 16)
Age (years)	25.6 \pm 9	26 \pm 7	25.8 \pm 7.8
Weight (kg)	78.1 \pm 6.5	70.5 \pm 12.7	74.3 \pm 10.5
Height (cm)	177.8 \pm 4.2	166.8 \pm 7.6	173.1 \pm 8
Sport experience (years)	9.2 \pm 9.8	6 \pm 6	7.6 \pm 8
Training frequency (days)	3.1 \pm 2.3	3.1 \pm 1.6	3.1 \pm 1.9

an integrated accelerometer and global positioning cell (SP PRO X II, 15 Hz, GPSport, Canberra) to measure the kinematics variables, total distance, body load, impacts, speed average. The impacts above 5g were considered based in Di Salvo *et al*²⁰ because of their influence in fatigue previously reported. GPS test, re-test reliability is $r=0.75^{21}$.

To measure the thermal stress participants swallowed a pill to measure intestinal internal temperature (CorTemp 2000, HQInc. and CorTemp Data Recorder V4.3), with an accuracy of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ following fabricant. The pill was subministrated an hour before the game²², and the first measurement was made to each player after the warm-up (15 minutes before start game), the second measurement was made at end the first period and the third measurement was made at end second time. They also wear a heart rate monitor band (CodedT14, Polar, Finland) to measure the heart beats per minute (bpm).

The environmental heat stress was assessed through the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT), obtained with an QUESTemp³⁶ WBGT (3M, Wisconsin), with a fabricant precision of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ in temperature and $\pm 5\%$ in relative humidity. It was sat 10 meters from the lateral line of the court. The mean WTGB thermal stress index was 36.1 ± 1.6 .

The players got liquid intake *ad libidum*, the total intake (ml) was measured after the game to estimate the sweating rate (SR) of each participant per minute played through the following formula²³.

$$\text{SR} = \frac{(\text{weight pre} - \text{weight post}) + \text{total liquid intake (ml)}}{\text{total minutes played}}$$

To know the percentage of body weight lost (%BWL), the following formula was used²³:

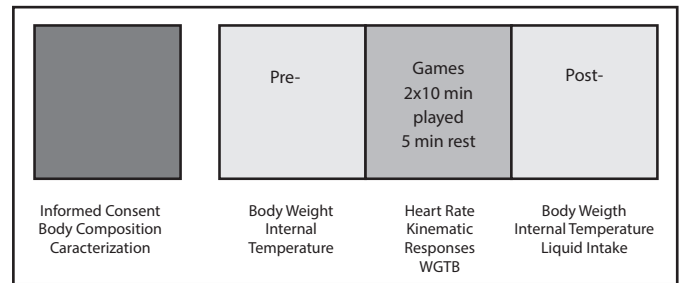
$$\% \text{BWL} = \frac{(\text{weight pre} - \text{weight post})}{\text{weight pre}} \times 100$$

The measures were taken immediately before, during and after the official games, for more detail see Figure 1.

Statistical analysis

Descriptive statistics were implemented through the mean (M) and their respective standard deviations (\pm SD). Results are expressed as means \pm standard deviation (SD). The normality of the data of each of the variables was checked by Shapiro-Wilk test and the Levene test for homogeneity of variance; Box's *M* test and Mauchly Sphericity for the homogeneity of the covariance matrices of the dependent variables. Data were analysed using independent group *t*-Student and was subjec-

Figure 1. Schematical design.



ted a 2 (sex) x 2 (moment) mixed model ANOVA, with an alpha set prior at $p < .05$. The magnitudes of the differences were analysed using the omega squared (ω_p^2) for ANOVA analysis and qualitatively categorized as follow: $\omega_p^2 > .15$ high effect, ω_p^2 around .06 moderate effect and $\omega_p^2 < .01$ as small effect (Cohen, 1977). The magnitudes of the differences were analysed using *d*-Cohen for t-student analysis categorized as follow: $d < .2$ small, *d* around .5 moderate and $d < .8$ large (Cohen, 1977). The data analysis was performed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, IBM, SPSS Statistics, V 22.0 Chicago, IL, USA).

Results

Table 2 shows heart rate and kinematics data by period and sex. There was not statistically significant interaction in cinematic variables in sex by period, as follow: total distance [$F(1,14)$: .039, $p = .846$, $\omega_p^2 = 0$ (small)], average speed [$F(1,14)$: .030, $p = .865$, $\omega_p^2 = 0$ (small)], maximum speed [$F(1,14)$: 2.431, $p = .141$, $\omega_p^2 = .14$ (small)], body load [$F(1,14)$: .005, $p = .943$, $\omega_p^2 = 0$ (small)], total impacts [$F(1,14)$: .252, $p = .624$, $\omega_p^2 = 0$ (small)].

The main effects analysis, presented significant differences by group (men vs women): total distance [$F(1,14)$: 12.847, $p < .01$, $\omega_p^2 = .43$ (high)], average speed [$F(1,14)$: 12.630, $p < .01$, $\omega_p^2 = .42$ (high)], total impacts [$F(1,14)$: 20.496, $p < .01$, $\omega_p^2 = .59$ (high)], were higher in men than women.

It was also found significant differences between first period and second period: maximum speed [$F(1,14)$: 8.912, $p = .010$, $\omega_p^2 = .38$ (high)], body load [$F(1,14)$: 6.233, $p = .026$, $\omega_p^2 = .30$ (high)] were lower in the second period.

Regarding the HR, no differences were found in heart rate between the sexes [$F(1,14)$: .046, $p = .833$, $\omega_p^2 = .043$ (small)], either between periods [$F(1,14)$: .192, $p = .668$, $\omega_p^2 = .043$ (small)].

Table 2. Heart Rate and kinematics data by period and sex.

	1st period	Men (n= 8) 2nd period	Total	1st period	Women (n= 8) 2nd period	Total
Heart rate (bpm)	155.9 \pm 18.1	155.9 \pm 19.8	156.1 \pm 17.5	156.5 \pm 23.1	159.3 \pm 17	158.1 \pm 19.8
Total distance (m) ^a	503.2 \pm 138	435.5 \pm 128.1	938.7 \pm 211.8	332.2 \pm 134.7	281.2 \pm 87.7	613.4 \pm 145
Average speed (km/h) ^a	3 \pm .81	2.6 \pm .8	2.8 \pm .6	2 \pm .8	1.7 \pm .5	1.8 \pm .4
Maximum speed (km/h) ^{ab}	17.1 \pm 1.8	14.7 \pm 1.7	15.9 \pm 2.1	14.0 \pm 2.5	13.2 \pm 2.0	13.6 \pm 2.2
Body load (AU) ^b	9.4 \pm 4	7.3 \pm 3.7	16.7 \pm 7.4	6.8 \pm 3.2	4.6 \pm 2.7	11.3 \pm 4
Total impacts (g) ^a	696.6 \pm 198.7	554.6 \pm 188.4	1251.3 \pm 302.8	397.9 \pm 135.8	320.5 \pm 168.5	718.4 \pm 138.4

^aSignificant differences between sex $p < .050$.

^bSignificant differences between periods $p < .050$.

Table 3. Fluid intake, fluid balance and internal temperature variables by sex.

	Men (n=8)	Women (n=8)	ES (rating)
Weight change (%)	.1 ± .8 ^a	.9 ± .8 ^a	-.57 (moderate)
Sweat rate (ml/min)	72.2 ± 20 ^a	41.3 ± 17.5 ^a	.82 (large)
Liquid intake (ml)	1443.8 ± 399.5 ^a	825 ± 349.5 ^a	.82 (large)
Internal Temperature after warm-up (°C)	38.1 ± .9 ^a	39.0 ± .7 ^a	.55 (moderate)
Internal Temperature final first period (°C)	37.6 ± 1.6 ^a	39.6 ± .8 ^a	.80 (large)
Internal temperature final game (°C)	37.9 ± 1.7	38.3 ± 1.6	.20 (small)

^aSignificant differences between sexes $p < .050$.

Table 3 shows fluid intake, fluid balance and internal temperature data by sex. There were found statistical differences between sex values of: the women presented a weight change % [$t_{(14)} = -2.288, p = .038, d = -.57$ (moderate)], internal temperature after warm-up [$t_{(14)} = -2.217, p = .044, d = .55$ (moderate)], and final first period [$t_{(14)} = -3.173, p = .007, d = .80$ (large)] higher than men. While men had a sweat rate per minute played [$t_{(14)} = 3.296, p < .01, d = .82$ (large)], and liquid intake [$t_{(14)} = 3.297, p < .01, d = .82$ (large)]; higher than women. No differences were found in internal temperature final game between sexes [$t_{(14)} = -.956, p = .355, d = .20$ (small)].

Discussion

The objective of this study was to describe and compare the kinematic responses, the change in the body weight, fluid balance and the internal temperature in male and female during an official beach handball game in Costa Rica.

Despite we have found few studies about beach handball, we discuss our results comparing it with handball indoor or with the scientific evidence so far reported about the beach handball and also other sport played on the sand in heat environment such as beach soccer and beach volleyball.

Kinematics responses

The total distance traveled per player in this study was 613.4 ± 145 m (38.8 ± 11.7 m/min) in average per game, which is lower than the reported by Pueo *et al.*⁶ in elite beach handball. Men covered more distance (m) than women; it coincides with what is reported in the literature⁶.

When comparing the distance traveled during beach handball match with indoor handball matches, differences are found. Female players U19 performed above 6300 m (105 m/min) per game, analyzed by video²⁵, whereas Michalsik and Aagaard²⁶ reported average distance traveled for men of 3627 ± 568 m and for women of 4002 ± 551 m. This could be due to the differences in the dynamics of play that are shown between both sport modalities (indoor vs beach) and in the surface where are practiced, in this sense the sand limits more the movements in comparing with the firm surface. Moreover, the results found in this study not agree with the total distance traveled in other sport played on sand like as beach soccer, who reports an average 1135 ± 26.8 m (97.7 ± 15.1 m/min) per game⁷.

The maximum speed reached by the players in this study (14.7 ± 2.1 km/h) was shown below the value reported other sport as beach soccer during a match⁷. Men showed an average and maximum speed (km/h) higher than women. This may be related to the fact that men performed quickest movements and travel more distance running at high-intensity and in sprints⁵. The above, also might explain that men had more total body impacts than women.

It was also observed that the values of kinematics variables both men and women decreased in the second period. The maximum speed and body load was significantly, whereas the values of total distance, speed average and total impact not significantly. This decrease can be due onsets of muscle fatigue which causes alterations in the contractile responses, causing a decrease in the speed and efficiency of movements, reverberating in the physical performance during the game. Also, the extreme environment's conditions could affect. It have been notable that affect the physical performance of the athletes^{9,10}. The WTGB in both games (36 °C) was above the recommend values (<30 °C) for sports practice^{9,10}.

No differences were found between sex and pre-post in kinematic responses and HR. Heart rate presented by the players during the matches coincides with that reported in studies of beach handball in female players^{3,4,6}, and in male players^{5,6}. Compared with other sports such as soccer^{7,8} and beach volleyball⁵, heart rate also shows similar results. The above, demonstrate that handball matches were played at vigorous intensity as well have been reported in the literature³⁻⁶. Also, the results reinforce that beach handball is an activity that demands the use of aerobic and anaerobic energy systems.

Thermal responses

In this study, the percentage of body weight loss did not overcome 1% of the body weight of the players after the games. The body weight loss in men was 0.078 kg, while in women was 0.66 kg. These results are similar to the values reported of beach volleyball players¹⁴. However, this does not coincide with that reported by other authors, who found that beach handball players lost 2.8% body weight in average in beach handball matches of 30 minutes in high heat and humidity environments¹⁶. Likewise, these results are different from the reported in football players, in which it was observed that the body weight decreases 2.58 ± 0.88 kg after a match of 90 minutes¹¹.

This difference in the lost body weight could be due to the greater intake of liquid shown by men. For the case of the men, the liquid intake

was similar to that reported in male beach volleyball players¹⁶ but the liquid ingested by women was below the reported¹⁶. Nevertheless in male soccer players the liquid intake reported during matches¹¹ is higher than the reported in this study, which can be due to the duration of the activities; a football match lasts 90 minutes, while a beach handball match only 20 minutes. This difference may increase or decrease the need to ingest fluid, mainly because the quantity of liquid intake during sports activities with times less than one hour is shown insufficient in accordance with the recommendations²⁷.

Also, we can view that men had a higher liquid intake and sweating rate than women. These results agree with the literature, which has indicated that the higher fluid intake increased sweating during physical exercise because the liquid is used in the sweating and evaporation process as the main physiological mechanism to regulate body temperature^{11,12}. Therefore these results evidenced that an adequate hydration can prevent health problems for athletes relations with dehydration²⁷.

In this study sweating rate per minute was 72.3 ml for men and 41.3 ml for women, both values are shown over the sweat rate reported in futsal players (12.3 ml/min played) after the games²⁴. In this sense, a possible justification will be the environmental conditions of temperature and relative humidity to which the players were exposed to their respective analyzed events.

As for the internal body temperature, although we could not obtain the basal temperature of the athletes or before the game, after the first time, the temperature was 38.6 °C and remained similar at the end the second time 38.3 °C, it which is similar to the internal temperature of soccer players during 90-minute matches^{17,18}. In the measurement after warm up and the final first time, women had an internal temperature higher than men. This values found in our study are observed as normal for well-trained players, who activate their thermoregulatory responses (sweating and evaporations) faster and more efficiently to prevent the body from suffering heat problems.

However, one of the limitations of this study was not having taken the effective time each player in the match, as well as the considerations of the demands according to the game positions. For future research, it is recommended to complement kinematic analyses and thermal responses with tactical analyses, because they can help to understand players' responses in competitions. Besides that, we suggest that for future research the effect of kinematics, physiological and thermal responses on performance in beach handball match should be analyzed.

In conclusion, beach handball is a sport that is played a medium-high intensity, whose behaviors and demands differ from other sports due to its characteristics of game, which conditions the players to make short but explosive movements, therefore the distances traveled are short due the rules allow players not to actively participate throughout the game.

Also, our results suggest that the physical effort performed by the players are different between sexes, which cause the thermoregulatory mechanisms of each player responds to the physical efforts and because to the environmental conditions.

As a practical implication, this study provides information that may be used as a base or support to plan and designing training methodologies according to the specific kinematics and thermal requirements of beach handball.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Gruic I, Vuleta D, Bazzo M, Ohnjec K. Situational efficiency of team's in female part of tournament in the world beach handball Championship in Cadiz. 6th International Scientific Conference on Kinesiology, Opatija, Croatia. (Online) 2011;524-8. (consulted 0824/2017). Available in: https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Sarmiento3/publication/256492932_Konferencija_zbornik-2011-web/links/00b7d52317b69e29f1000000/Konferencija-zbornik-2011-web.pdf?origin=publication_list#page=524
- Morillo-Baro JP, Reigal RL, Hernández-Mendo A. Análisis del ataque posicional de balonmano de playa masculino y femenino mediante coordenadas polares. *Rev Int Cienc Deporte*. 2015;41(11):226-44.
- Lara-Cobos D. La respuesta cardiaca durante la competición de balonmano playa femenino. *Apunts Med Esport*. 2011;46(171):131-6.
- Silva A, Coeli R, Azevedo S, Guedes D, Lacerda, LM, Silva, DC, et al. Physiological and nutritional profile of elite female beach handball players from Brazil. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016;56(5): 503-9.
- Belka J, Hulka K, Šafár M, Weisser R, Chadimova J. Beach handball and beach volleyball as means leading to increasing physical activity of recreational sportspeople-pilot study. *J Sports Sci*. 2015;3:165-70.
- Pueo B, Jimenez-Olmedo J, Penichet-Tomas A, Ortega-Becerra M, Espina-Agullo J. Analysis of time-motion and heart rate in elite male and female beach handball. *J Sports Sci Med*. 2017;16:450-8
- Castellano J, Casamichana D. Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer. *J Sports Sci Med*. 2010;9:98-103.
- Scarfone R, Minganti C, Ammendolia A, Capranica L, Tessitore A. Match analysis and heart rate of beach soccer players during amateur competition. *G/SEPER*. 2015;3:1-12.
- Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:556-72.
- Brocherie F, Millet G. Is the wet-bulb globe temperature (WBGT) index relevant for exercise in the heat? *Sports Med*. 2015;45(11):1619-21.
- Aragón-Vargas LF, Moncada-Jiménez J, Hernández J, Barrenechea A, Monge M. Evaluation of pre-game hydration status, heat stress, and fluid balance during professional soccer competition in the heat. *Eur J Sports Sci*. 2009 9(5):269-76.
- Lorenzo S, Halliwill JR, Sawka MN, Minson CT. Heat acclimation improves exercise performance. *J Apply Physiol*. 2010;109(4):1140-7.
- Morris JG, Nevill ME, Boobis LH, Macdonald IA, Williams C. Muscle metabolism, temperature and function during prolonged, intermittent, high-intensity running in air temperatures of 33°C and 17°C. *Int J Sports Med*. 2005;26:805-14.
- Shirreffs SM, Armstrong LE, Cheuvront SN. Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *J Sports Sci*. 2004;22:57-63.
- Karras D, Chryssanthopoulos C, Diafas V. Body fluid loss during four consecutive beach handball matches in high humidity and environmental temperatures. *Serbian J Sports Sci*. (Online journal) 2007;1(1-4):15-20. (consulted 0824/2017). Available in: <http://sjs-sportsacademy.edu.rs/archive/details/full/body-fluid-loss-during-four-consecutive-beach-handball-matches-in-high-humidity-and-environmental-temperatures-8.html>
- Zetou E, Giatsis G, Mountaki F, Komninakidou A. Body weight changes and voluntary fluid intakes of beach volleyball players during an official tournament. *J Sci Med Sport*. 2008;11(2):139-45.
- Duffield R, Coutts AJ, Quinn J. Core temperature responses and match running performance during intermittent-sprint exercise competition in warm conditions. *J Strength Cond Res*. 2009;23(4):1238-44.
- Edwards AM, Clark NA. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *Br J Sports Med*. 2006;40:133-8.
- Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Fortaleza: 64.a Asamblea General de la AMM. (Online) 2013. (Consulted 0718/2017). Available in: <https://www.wma.net/es/politicas-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*. 2007;28(3):222-7.

21. Johnston R, Watsford M, Kelly S, Matthew P, Spurrs R. The validity and reliability of 10Hz and 15Hz GPs units for assessing athlete movement demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;28(6):1649-55.
22. Domitrovich, JW, Cuddy JS, Ruby BC. Core-Temperature sensor ingestion timing and measurement variability. *J Athl Train*. 2010;45(6):594-600.
23. Barbero JC, Castagna C, Granda J. Deshidratación y reposición hídrica en jugadores de fútbol sala: Efectos de un programa de intervención sobre la pérdida de líquidos durante la competición. *Eur J Hum Mov*. 2006;17:97-110.
24. Martins M, Aparecida J, Kleveron J, Worms RH, Wagner R, Bohn JH, et al. A desidratação corporal de atletas amadores de futsal. *Rev Bras Presc Fisiol Exerc*. 2007;1(5):24-36.
25. Bělka J, Hůlka H, Šafář M, Weisser R. External and internal load of playing positions of elite female handball players (U19) during competitive matches. *Acta Gymnica*, 2016;46(1):12-20.
26. Michalsik L, Aagaard P. Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2015;55(9):878-91.
27. Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, Julia-Sanchez S, Álvarez-Herms J. Protocolo de hidratación antes, durante y después de la actividad físico-deportiva. *Eur J Hum Mov*. 2013;31:57-76.

Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes

David Álvarez-Ponce^{1,2}, Eduardo Guzmán-Muñoz¹

¹Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile. ²Universidad Finis Terrae, Chile.

Recibido: 23.02.2018

Aceptado: 07.05. 2018

Resumen

Objetivo: Determinar los efectos de un programa de ejercicios excéntricos de 6 semanas de duración sobre el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles.

Material y método: Ensayo clínico aleatorizado y controlado de corte longitudinal. La muestra fue constituida por 37 futbolistas juveniles (18 grupo control y 19 experimental) de sexo masculino entre 14 y 16 años pertenecientes a las categorías sub-15 y sub-16 de un club deportivo de la ciudad de Talca, Chile. Todos los jugadores fueron evaluados en una sesión pre-intervención (S0) midiendo el rango de extensión activa de rodilla en la pierna dominante (PD) y no dominante (PND) con el test *Active Knee Extension* (AKE) utilizando un electrogoniómetro. El grupo experimental fue sometido a ejercicios excéntricos de la musculatura isquiotibial 3 veces a la semana por un periodo de 6 semanas. Las sesiones de intervención se llevaron a cabo previo al entrenamiento habitual de los futbolistas. Ambos grupos fueron reevaluados en 4 sesiones: tercera (S1), sexta (S2), novena (S3) y duodécima semana (S4).

Resultados: En el grupo control no se observan ganancias en el rango de extensión activa de rodilla, mientras que en los futbolistas que fueron sometidos a 6 semanas de ejercicio excéntrico se observa una ganancia del rango de movimiento de 11,4° para la PD y de 7,8° para la PND. En este grupo los cambios significativos se produjeron a la S1 ($p = 0,005$) en PD y PND ($p = 0,008$); S2 en PD ($p < 0,001$) y PND ($p = 0,006$); y S3 en la PD ($p = 0,004$).

Conclusión: Un entrenamiento progresivo de ejercicios excéntricos de 6 semanas sobre la musculatura isquiotibial genera cambios positivos en el rango de extensión activa de rodilla, disminuyendo el acortamiento de este grupo muscular, principalmente, en la pierna dominante. Los efectos se mantienen hasta la tercera semana una vez finalizada la intervención.

Palabras clave:

Ejercicios de contracción excéntrica.
Acortamiento de isquiotibiales.
Fútbol. Deportes.

Key words:

Eccentric contraction exercises. Hamstrings tightness. Soccer. Sports.

Effects of a program of eccentric exercises on hamstrings in youth soccer players

Summary

Objective: To determine the effects of a 6-week eccentric exercise program on the active knee extension range of motion in young soccer players.

Material and method: Randomized controlled trial. The sample was constituted by 37 youth players (18 control group and 19 experimental) of male sex between 14 and 16 years belonging to the under-15 and under-16 categories of a sports club in the Talca city, Chile. All the players were evaluated in a pre-intervention session (S0) by measuring the active knee extension range of motion in the dominant leg (DL) and non-dominant leg (NDL) with the Active Knee Extension (AKE) test using an electrogoniometer. The experimental group was subjected to eccentric exercises of the hamstring muscle 3 times a week for a period of 6 weeks. The intervention sessions were carried out prior to the usual training of the players. Both groups were reevaluated in 4 sessions: third (S1), sixth (S2), ninth (S3) and twelfth week (S4).

Results: In the control group there were no gains in the active knee extension range of motion, while in the soccer players who underwent eccentric exercise, a gain of 11.4° was observed for the DL and 7.8° for the NDL. In this group, significant changes occurred at S1 ($p = 0.005$) in PD and PND ($p = 0.008$); S2 in PD ($p < 0.001$) and PND ($p = 0.006$); and S3 in the PD ($p = 0.004$).

Conclusion: A progressive training of eccentric exercises of 6 weeks on the hamstring musculature generates positive changes in the active knee extension range of motion, reducing the shortening of this muscle group, mainly, in the dominant leg. The effects are maintained until the third week after the intervention.

Correspondencia: David Antonio Álvarez Ponce

E-mail: davidalvarezpo@santotomas.cl

Introducción

El jugador de fútbol se encuentra constantemente expuesto a sufrir lesiones musculoesqueléticas, siendo la extremidad inferior más afectada que la superior¹. Se ha visto que los futbolistas juveniles tienen mayor incidencia de lesiones que los profesionales durante el periodo de entrenamiento y que las más frecuentes son las de origen muscular².

La lesión de isquiotibiales alcanza un 37%³, representando entre el 12 y 16% del total de las lesiones relacionadas al fútbol⁴. Investigaciones actuales señalan que alrededor de un 12% del total de una temporada de competencia es perdida debido a las lesiones que puede sufrir el futbolista⁵. Además, se ha reportado que entre un 12% y 30% de los jugadores se vuelve a lesionar dentro de los 2 primeros meses de regreso a la práctica deportiva, lo que ha generado una gran preocupación en las grandes organizaciones del fútbol de elite⁵. En este contexto, se ha establecido que la lesión de isquiotibiales presenta una alta tasa de recidiva tras la vuelta al entrenamiento deportivo, alcanzando un 12%⁴.

En general, los isquiotibiales se lesionan principalmente en la carrera, debido a un cambio intenso y brusco desde una contracción excéntrica máxima a una contracción concéntrica durante la desaceleración de la extensión de rodilla⁶. Esto se produce en la fase final del balanceo, provocando una elongación de la estructura muscular asociada a una carga y/o contracción. La porción mayormente afectada corresponde a la porción larga del bíceps femoral, por sobre el semitendinoso y semimembranoso, debido a que sus puntos de inserción son los que más se alejan durante el mecanismo de lesión, siendo la unión miotendinosa la ubicación anatómica más frecuente de injuria⁶.

El riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales es generalmente multifactorial, donde se ha descrito que algunos de los factores extrínsecos se asocian al entrenamiento y otros directamente a la competencia, pero se coincide que los más comunes corresponden a un calentamiento insuficiente y la sobreexigencia de la musculatura^{6,7}. Por su parte, los factores intrínsecos incluyen la fatiga muscular, disminución de la fuerza, desequilibrio de fuerza agonista/antagonista y la falta de flexibilidad⁶⁻⁸. Con respecto a la flexibilidad, no está clara su contribución en la lesión de isquiotibiales, pero se ha reportado que estructuras músculo-tendinosas acortadas provocan una respuesta tardía en la musculatura adyacente ante situaciones desestabilizantes, lo cual podría estar asociado a lesiones musculoesqueléticas⁹⁻¹¹. Específicamente en isquiotibiales, los resultados han sido controversiales y solo algunos autores sugieren que habría una relación entre la falta de flexibilidad e incidencia de la lesión en futbolistas durante una temporada regular¹². Las diferencias de resultados encontrados por las investigaciones se podrían atribuir a los distintos métodos de evaluación utilizados para medir la flexibilidad de isquiotibiales. Para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales existen pruebas como el *Straight-Leg-Raising* (SLR), el *Sit and Reach* (SR) y el *active knee extensión* (AKE). En la actualidad, el SLR ha quedado destinado principalmente a la evaluación neurológica y el SR ha sido considerado poco apropiado para evaluar isquiotibiales por la participación de musculatura lumbo-pélvica en la prueba¹³. Por su parte, el AKE es un test de movilidad activa que pareciera ser la prueba más válida de evaluación puesto que logra aislar la flexibilidad de la musculatura isquiotibial¹⁴. Esta prueba mide el ángulo de extensión de

rodilla con flexión de cadera en 90° con un sistema de verticalización de fémur. Por su validez y confiabilidad, el test ha sido recomendado como una buena herramienta para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales¹⁴.

El ejercicio de contracción excéntrica podría ser un mecanismo de prevención para diversas lesiones de rodilla en el fútbol. Sin embargo, los efectos de estos ejercicios sobre la flexibilidad de isquiotibiales han sido poco reportados. Se ha señalado que los ejercicios excéntricos mejoran la flexibilidad de isquiotibiales aumentando el rango de extensión activa de rodilla en 1,67° en adolescentes con acortamiento de isquiotibiales tras 6 semanas de intervención, pero sin presentar diferencias con las técnicas tradicionales de estiramiento muscular¹⁵. Además, se ha observado que el trabajo excéntrico de esta musculatura durante 6 semanas, utilizando el *nordic hamstring* como único ejercicio, mejora la fuerza excéntrica del músculo en 25 nm, optimiza la cinemática con un control más prolongado en la caída del *nordic hamstring* de 5,6° y mejora parámetros neuromusculares durante un gesto motor, aumentando la actividad electromiográfica en un 38%¹⁶. En otros grupos musculares, como por ejemplo en el tríceps sural, se ha demostrado un aumento de la flexibilidad posterior a un programa de ejercicios excéntricos¹⁷. Por su parte, Ramírez-Campillo *et al.* (2015) aplicaron durante 6 semanas un protocolo de entrenamiento pliométrico a un grupo de futbolistas juveniles, intervención con un importante componente excéntrico, y observaron mejoras significativas en pruebas de salto, agilidad, velocidad y flexibilidad de extremidad inferior¹⁸. Si bien, hay algunas investigaciones que sugieren que el ejercicio excéntrico tiene efectos positivos sobre la flexibilidad y otros parámetros musculares, la duración de este cambio en el tiempo no ha sido descrita claramente.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto a corto y largo plazo del entrenamiento excéntrico de 6 semanas sobre el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles.

Material y método

Este estudio corresponde a un ensayo clínico controlado y aleatorizado. Se realizó un muestreo aleatorio simple para asignar a los participantes a un grupo experimental (n=19) y control (n=18).

Participantes

De los 40 futbolistas juveniles entre 14 y 16 años de un club deportivo de la ciudad de Talca (Chile), 37 cumplieron con los criterios de elegibilidad descritos en la Tabla 1. Todos los participantes fueron autorizados por sus tutores legales, para participar en la investigación mediante un asentimiento informado aprobado por el comité de ética de la Universidad Santo Tomás (Chile), respetando los principios fundamentales establecidos en la declaración de Helsinki.

Intervención

La investigación fue llevada a cabo en el campo de entrenamiento del club deportivo durante periodo competitivo del campeonato de clausura 2016 compuesto por 15 fechas con un partido por fin de semana. Ambos grupos (control y experimental) realizaron durante 5 días a la semana su entrenamiento normal de fútbol consistente en ca-

Tabla 1. Criterios de elegibilidad de los participantes.

<p>Criterios de inclusión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Futbolistas de género masculino. - Edad entre 14 y 16 años. - Acortamiento de musculatura isquiotibial mayor a 20° de rango de extensión activa de rodilla en al menos una extremidad. - Aprobación de consentimiento informado por tutor.
<p>Criterios de exclusión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desgarros musculares de isquiotibiales 2 meses previos a la investigación. - Cirugías de MMII en los últimos 6 meses previos a la investigación. - Lesiones de MMII que hayan requerido inmovilización de rodilla prolongada 1 mes previo al estudio. - Lesión musculoesquelética de MMII durante el transcurso del estudio que no le permita continuar con este.

MMII: miembro inferior.

lentamiento, trabajo físico, trabajo técnico, enfriamiento y elongaciones de acuerdo con un programa desarrollada por el equipo de preparación física. La duración de los entrenamientos fue de 90 min. El grupo experimental, durante 3 días a la semana (lunes, miércoles y viernes) fue citado 15 minutos antes de los entrenamientos para ser sometidos a un programa de ejercicios excéntricos de isquiotibiales dirigidos por un kinesiólogo. Previo a esto, se realizó un calentamiento de 1.000 m. con trote suave (máximo nivel 4 según escala de Borg modificada). Los ejercicios excéntricos fueron diseñados en base los antecedentes entregados por la literatura^{6,19-21}, con un descanso de 1 minuto entre cada serie y aplicados durante un periodo de 6 semanas¹⁵⁻¹⁷ (Tabla 2 y Figura 1).

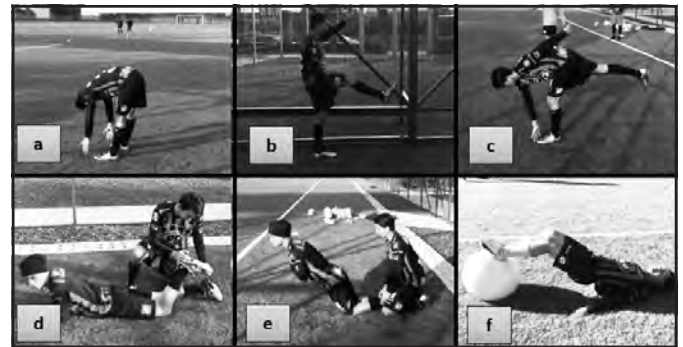
Variable de estudio

Los 37 participantes de la muestra fueron sometidos a la medición del grado de acortamiento de isquiotibiales por medio del rango de extensión activa de rodilla a través del test de AKE¹⁴ y medidos con un electrogoniómetro (Pasco®, Santiago, Chile) en la pierna dominante

Tabla 2. Pauta de ejercicios de contracción excéntrica de isquiotibiales.

Semana 1	Semana 2	Semana 3
Peso muerto bipodal (3 x 10 rep)	Peso muerto unipodal (3 x 8 rep)	Peso muerto unipodal (3 x 12 rep)
Kick controlado (3 x 8 rep)	Kick controlado (3 x 12 rep)	Contra resistencia manual (3 x 8 rep)
Semana 4	Semana 5	Semana 6
Contra resistencia manual (3 x 12 rep)	Nórdico (3 x 8 rep)	Nórdico (3 x 10 rep)
Nórdico (3 x 6 rep)	Supino con balón suizo bipodal (3 x 8 rep)	Supino con balón suizo bipodal (3 x 12 rep)

Rep: repeticiones.

Figura 1. Ejercicios excéntricos de isquiotibiales aplicados en el grupo experimental. a) Peso muerto bipodal, b) Kick controlado, c) Peso muerto unipodal, d) Contra resistencia manual, e) Nórdico, f) Supino con balón suizo bipodal.

(PD) y no dominante (PND), determinada por la pierna de pateo. La medición se realizó con los sujetos posicionados en decúbito supino sobre una colchoneta con caderas y rodillas flexionadas en 90°, con las piernas posadas sobre un cajón con asas y un rollo bajo las rodillas para mantener el fémur en forma vertical. Se posicionó el electrogoniómetro con el fulcro en la línea inter articular lateral de rodilla, el brazo fijo proyectado al trocánter mayor del fémur y el brazo móvil al maléolo lateral de tobillo, según los criterios establecidos por la *American Academy of Orthopaedic Surgeons* (AAOS). Las mediciones fueron realizadas en 5 sesiones: preintervención (S0), tercera semana (S1), sexta semana (S2), novena semana (S3) y duodécima semana (S4). S3 y S4 fueron realizadas a la tercera y sexta semana post intervención, respectivamente.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa GraphPadPrism 6.0. Se consideró la media y desviación estándar para describir las características generales de la muestra (edad, peso, talla e IMC). Para describir el rango de extensión activa de rodilla, se utilizó la mediana y los valores mínimo y máximo. La distribución de normalidad y homogeneidad de varianza fueron calculadas usando las pruebas de *Shapiro-Wilk* y de *Levene*, respectivamente. Se aplicó la prueba no paramétrica de *Kruskal Wallis* para determinar diferencias en el rango de extensión activa de rodilla, tanto para el grupo experimental como el de control. Para conocer las diferencias entre cada una de las mediciones, se empleó el test *post hoc* de *Dunns*. Para todos los análisis se consideró un valor de significancia de 0,05.

Resultados

De los 37 jugadores elegidos, 30 de ellos terminaron el estudio (15 grupo experimental y 15 grupo control). Las características basales de los futbolistas que formaron parte de la investigación se observan en la Tabla 3. Cabe señalar que los futbolistas evaluados presentaron principalmente dominancia de pierna derecha (93,4% control y 80% experimental) y solo una pequeña parte dominancia de pierna izquierda (6,6% control y 20% experimental).

Tabla 3. Características basales de la muestra (media y desviación estándar).

Característica	Control (n=15) media (DE)	Experimental (n=15) media (DE)
Edad (años)	15,00 (0,85)	15,07 (0,80)
Peso corporal (kg)	65,49 (7,18)	61,8 (4,75)
Estatuta bípida (m)	1,72 (0,06)	1,70 (0,06)
IMC (kg/m ²)	22,03 (1,45)	21,33 (1,49)

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; Kg: kilogramos; m: metros.

Para el grupo control de futbolistas juveniles pertenecientes a las categorías sub 15 y 16 no se observan diferencias significativas en el rango de extensión activa de rodilla medida con el test de AKE durante la intervención y seguimiento tanto para la PD ($p = 0,314$) como para la PND ($p = 0,309$) (Tabla 4). Para el grupo experimental, se observa un aumento en el rango de extensión activa de rodilla tanto para la PD ($p = 0,0001$) como para la PND ($p = 0,0014$). La prueba *post hoc* (test de *Dunns*) revela las siguientes diferencias significativas para la PD: S0 vs S1 ($p = 0,005$), S0 vs S2 ($p < 0,001$), S0 vs S3 ($p = 0,004$), S2 vs S4 ($p = 0,001$). En la PND las diferencias fueron encontradas en las siguientes comparaciones: S0 vs S1 ($p = 0,008$) y S0 vs S2 ($p = 0,006$) (Tabla 4).

Discusión

El principal hallazgo de esta investigación señala un efecto positivo de los ejercicios de contracción excéntrica sobre la longitud muscular del grupo isquiotibial evidenciada en el aumento del rango de extensión activa de rodilla y cuantificada a través del test de AKE con electrogoniometría en jugadores de fútbol jóvenes (14-16 años) con acortamiento muscular. Este aumento en el rango fue conseguido tras 6 semanas de entrenamiento progresivo en cuanto a volumen, intensidad y dificultad, con 3 sesiones semanales. Estos resultados son similares a los obtenidos por Brughelli *et al.* (2010), quienes tras 4 semanas de intervención lograron concluir que los ejercicios de contracción excéntrica logran aumentar el rango de rodilla y alargar la musculatura isquiotibial en futbolistas masculinos profesionales²⁰. También, se asemeja a lo reportado por Mahieu *et al.* (2008) con un entrenamiento de 6 semanas en musculatura de pantorrilla de 64 sujetos sanos, voluntarios,

de ambos sexos y con edad promedio aproximada de 22 años¹⁷. Este tipo de ejercicios también ha demostrado generar cambios en fuerza, cinemática y parámetros neuromusculares en sujetos sedentarios¹⁶, mientras que en fútbol se ha señalado como una buena herramienta para prevenir lesiones de isquiotibiales^{22,23}.

Los cambios en el rango de extensión activa de rodilla provocados por el ejercicio excéntrico podrían deberse a un cambio en la rigidez pasiva a nivel de la unión miotendinosa²⁴. Se plantea que el aumento de puentes cruzados de actina y miosina, provocan un incremento de iones de calcio residuales en las fibras musculares, los cuales están vinculados a la ruptura de la membrana celular muscular^{24,25}. El proceso reparativo del micro daño generado por el ejercicio excéntrico provocarían una reestructuración del tejido conectivo, incrementando la rigidez²⁴. Sin embargo, se cree que cuando el ejercicio excéntrico se repite por un periodo mínimo de 6 semanas, la rigidez pasiva musculo-tendón disminuye y transfiere parte de la restricción mecánica del tendón al musculo, aumentando los componentes elásticos en serie del músculo y el tendón que mejoran la longitud muscular^{17,24,26}. Coincidentemente, en nuestro estudio los principales cambios de rango de extensión activa de rodilla se observaron a la sexta semana de intervención.

Se ha señalado que una adecuada longitud muscular es uno de los principales factores protectores frente a lesiones de tejidos blandos, principalmente de las distensiones musculares que alteran la integridad del tejido conectivo y estructuras vasculares relacionadas conducentes a un daño de la fibra muscular²⁶. Una óptima longitud de la musculatura isquiotibial podría mantener una cantidad adecuada de unidades contráctiles o sarcómeros en paralelo y en serie, influyendo directamente en el área de sección transversal y permitiendo un mejor reclutamiento de las fibras de este grupo muscular. Esto permitiría una adecuada relación longitud-tensión y un aumento del brazo de palanca, lo cual favorecería una mayor producción de fuerza^{27,28}.

Van Doormaal *et al.* (2017), señalan que no habría una relación entre la falta de flexibilidad y un riesgo de lesión, medido con el test de *sit and reach*²⁹. Sin embargo, se ha demostrado que esta prueba es incapaz de individualizar la musculatura isquiotibial de la musculatura lumbopélvica¹³. Por esto, en el presente estudio se decidió utilizar la prueba de AKE para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales de manera indirecta, debido a que en fútbol se ha demostrado que una adecuada evaluación de la flexibilidad podría ser una herramienta útil como predictor de lesiones y, que incluso, el trabajo de flexibilización podría ser una estrategia preventiva de lesión³⁰.

Tabla 4. Valores en grados del rango de extensión activa de rodilla durante las semanas de evaluación.

Sesiones de medición	Control (n=15) mediana (min-máx)		Experimental (n=15) mediana (min-máx)	
	PD	PND	PD	PND
S0	21,2 (16,8 - 44,7)	25,2 (18,2 - 44,7)	27,9 (21,1-37,3)	27,4 (17,5-44,1)
S1	24,7 (18,2 - 43,1)	28,7 (20,9 - 37,2)	20,2 (13,1-42,1)	19,9 (12,3-41,9)
S2	23,6 (17,9 - 36,4)	26,7 (19,9 - 37,9)	16,5 (13,9-23,4)	19,6 (10,3-24,8)
S3	23,9 (18,8 - 43,9)	28,1 (21,2 - 37,8)	20,1 (14,3-33,0)	21,2 (13,4-33,7)
S4	24,3 (17,6 - 38,1)	27,5 (20,8 - 38,4)	23,6 (19,3-33,2)	23,1 (17,9-36,4)

S0: Evaluación inicial (pre intervención); S1: evaluación tercera semana (mitad de intervención); S2: evaluación sexta semana (final de la intervención); S3: evaluación novena semana (tercera semana de seguimiento); S4: evaluación duodécima semana (sexta semana de seguimiento); Min: valor mínimo; máx: valor máximo; PD: pierna dominante; PND: pierna no dominante.

Por otra parte, se observó que a las 6 semanas de intervención la PD o de pateo tiene un cambio mayor en el REAR (11,4°) que la pierna no dominante (7,8°). Si bien se ha reportado que la pierna de pateo es sometida a un mayor número de lesiones musculares en futbolistas³¹, existe escasa evidencia que compare los resultados del ejercicio excéntrico entre PD y PND. Los resultados obtenidos en esta investigación podrían ser explicados por la mayor adaptabilidad neuromuscular de la pierna dominante al ser constantemente utilizada.

En esta investigación los cambios comienzan a aparecer a la tercera semana de intervención en ambas piernas y esto coincide con los cambios y adaptaciones arquitectónicas reportadas en isquiotibiales (principalmente en la longitud de los fascículos) a partir de dicha semana con ejercicio excéntrico³². A la duodécima semana de evaluación no se observaron diferencias con respecto a la evaluación inicial para ninguna de las 2 piernas, indicando que a las 6 semanas de seguimiento, durante las cuales continuaron con su entrenamiento y competencia deportiva con normalidad, se perderían los efectos logrados en la longitud muscular provocados por el ejercicio excéntrico en este grupo de estudio. Esto difiere con lo que sostiene Brughelli *et al.* (2009), quien indica que los efectos del ejercicio excéntrico pueden mantenerse durante 23 semanas posteriores a la intervención, no obstante su investigación fue realizada en futbolistas con antecedentes de lesiones recurrentes de isquiotibiales y no en jugadores con acortamiento²⁰. Además, no queda debidamente claro que realizan los futbolistas durante estas 23 semanas, en cambio, la presente investigación específica que los jugadores continúan con su entrenamiento y competencia normal durante las 6 semanas post-intervención. Debido a las diferencias de resultados en investigadores sería interesante determinar el momento exacto donde desaparecen los efectos beneficiosos del ejercicio de contracción excéntrica, el cual ha demostrado ser un activo participante en la prevención de lesiones en el deporte⁶. Esto permitiría establecer la frecuencia con la cual se deben realizar estos ejercicios en el entrenamiento de fútbol con el fin de evitar el acortamiento de la musculatura isquiotibial, lesiones y recidivas. Una investigación ha señalado que un programa de entrenamiento pliométrico de alta intensidad realizado dos veces por semana podría ser implementado como sustituto de algunos ejercicios dentro de la práctica regular de fútbol durante la temporada, ya que determinaron que la inclusión de este tipo de ejercicios en futbolista juveniles mejora el rendimiento explosivo y de resistencia en comparación con un entrenamiento de fútbol aislado³³. Por lo tanto, los ejercicios de tipo excéntrico podrían ser beneficiosos no solo en la rehabilitación de futbolistas lesionados, sino que también en el entrenamiento periódico del deportista como método de prevención de lesiones y mejora del rendimiento deportivo.

Dentro de las limitaciones de este estudio se puede considerar la muestra considera solo jugadores de un club específico de fútbol y excluye la falta de evaluaciones complementarias como la medición de la fuerza excéntrica a través de una máquina de isocinética que se ha utilizado en estudios previos. A pesar de esto es importante destacar que este estudio fue controlado y aleatorizado, fortaleciendo la calidad metodológica de la investigación.

En conclusión, una intervención progresiva de ejercicios excéntricos para la musculatura isquiotibial de 6 semanas de duración realizada durante una temporada de competencia de fútbol genera cambios

positivos en el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles, disminuyendo el acortamiento de isquiotibiales. Estos cambios se lograron evidenciar principalmente en la pierna de pateo, donde su efecto se mantuvo durante 3 semanas posteriores a la intervención. Por el potencial beneficio que tienen los ejercicios de tipo excéntrico sobre la longitud muscular, se recomienda incluirlos en los programas de flexibilidad aplicados a futbolistas, lo cual, además, podría disminuir el riesgo de lesión y favorecer el rendimiento del deportista.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Cheron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in adults: a systematic review. *Chiropr Man Ther.* 2017;25:1-10.
2. Cheron C, Le Scanff C, Leboeuf-Yde C. Association between sports type and overuse injuries of extremities in children and adolescents: a systematic review. *Chiropr Man Ther.* 2016;24:1-10.
3. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1226-32.
4. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football - analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.* 2004;38(1):36-41.
5. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):553-8.
6. Sherry MA, Best TM, Silder A, Thelen DG, Heiderscheidt BC. Hamstring Strains: Basic Science and Clinical Research Applications for Preventing the Recurrent Injury. *Strength Cond J.* 2011;33(3):56-71.
7. van Beijsterveldt AMC, van de Port IGL, Vereijken AJ, Backx FJG. Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(3):253-62.
8. Clark RA. Hamstring injuries: Risk assessment and injury prevention. *Ann Acad Med Singapore.* 2008;37(4):341-6.
9. Mendez-Rebolledo G, Guzman-Munoz E, Gatica-Rojas V, Zbinden-Foncea H. Longer reaction time of the fibularis longus muscle and reduced postural control in basketball players with functional ankle instability: A pilot study. *Phys Ther Sport.* 2015;16(3):242-7.
10. Guzmán-Muñoz E, Mendez-Rebolledo G, Gatica-Rojas V. Retraso de la latencia de activación de los músculos de cadera y rodilla en individuos con acortamiento de la banda iliotibial. *Fisioterapia.* 2017;39(3):116-21.
11. Guzmán-Muñoz E, Concha-Cisternas Y. Retraso de la latencia de activación de los músculos vasto medial oblicuo y vasto lateral en individuos con síndrome de dolor patelofemoral. *MHSALUD.* 2016;13(2):1-11.
12. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players - A prospective study. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):41-6.
13. Bennell K, Tully E, Harvey N. Does the toe-touch test predict hamstring injury in Australian Rules footballers?. *Aust J Physiother.* 1999;45(2):103-9.
14. Hamid MSA, Ali MRM, Yusof A. Interrater and Intrarater Reliability of the Active Knee Extension (AKE) Test among Healthy Adults. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(8):957-61.
15. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train.* 2004;39(3):254-8.
16. Delahunt E, McGroarty M, De Vito G, Ditroilo M. Nordic hamstring exercise training alters knee joint kinematics and hamstring activation patterns in young men. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(4):663-72.
17. Mahieu NN, McNair P, Cools A, D'Haen C, Vandermeulen K, Witvrouw E. Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(1):117-23.
18. Ramírez-Campillo R, Meylan CM, Álvarez-Lepín C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Andrade DC, *et al.* The effects of interday rest on adaptation to 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):972-9.
19. Seagrave III RA, Perez L, McQueeney S, Toby EB, Key V, Nelson JD. Preventive effects of eccentric training on acute hamstring muscle injury in professional baseball. *Orthop J Sports Med.* 2014;2(6):2325967114535351.

20. Brughelli M, Mendiguchia J, Nosaka K, Idoate F, Los Arcos A, Cronin J. Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Phys Ther Sport*. 2010;11(2):50-5.
21. Krist MR, van Beijsterveldt AMC, Backx FJG, de Wit GA. Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *J Physiother*. 2013;59(1):15-23.
22. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jorgensen E, Holmich P. Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men's Soccer A Cluster-Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2011;39(11):2296-303.
23. Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(1):40-8.
24. Guilhem G, Cornu C, Guével A. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Ann Phys Rehabil Med*. 2010;53(5):319-41.
25. Howell JN, Chleboun G, Conatser R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *J Physiol London*. 1993;464:183-96.
26. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(5):783-90.
27. Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2001;16(2):87-101.
28. Savelberg H, Meijer K. Contribution of mono- and biarticular muscles to extending knee joint moments in runners and cyclists. *J Appl Physiol (1985)*. 2003;94(6):2241-8.
29. van Doormaal MCM, van der Horst N, Backx FJG, Smits DW, Huisstede BMA. No Relationship Between Hamstring Flexibility and Hamstring Injuries in Male Amateur Soccer Players: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. 2017;45(1):121-6.
30. McCall A, Davison M, Andersen TE, Beasley I, Bizzini M, Dupont G, et al. Injury prevention strategies at the FIFA 2014 World Cup: perceptions and practices of the physicians from the 32 participating national teams. *Br J Sports Med*. 2015;49(9):603-U66.
31. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J. Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer The UEFA Injury Study. *Am J Sports Med*. 2013;41(2):327-35.
32. Guex K, Degache F, Morisod C, Saily M, Millet GP. Hamstring Architectural and Functional Adaptations Following Long vs. Short Muscle Length Eccentric Training. *Front Physiol*. 2016;7:9.
33. Ramírez-Campillo R, Meylan C, Alvarez C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Cañas-Jamett R, et al. Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1335-42.

Estimation of the maximum blood lactate from the results in the Wingate test

José V. Subiela D.

Instituto Nacional de Deportes de Venezuela. Caracas. Venezuela.

Recibido: 23.08.2017

Aceptado: 08.05.2018

Summary

Muscle energy is provided by three mechanisms acting simultaneously, with differences in their power and capacity: alactacid anaerobic, lactacid anaerobic and aerobic. In efforts leading to exhaustion in less than two minutes, and in the initial and final stages of the efforts of medium and long duration, lactacid anaerobic mechanism has a fundamental role. The determination of lactacid anaerobic capacity is very important to estimate the performance capacity in many sports and physical activities. This paper proposes an indirect method to determine the maximum lactatemia, by the use of average performance in the Wingate test. The results of the Wingate test were transformed into lactate levels by a proposed formula, and were compared to the actual measurement of maximum blood lactate post maximum effort in field trials for different sport modalities. The method was tested in 185 athletes (103 men and 82 women) from different national teams from Venezuela, which practiced 18 sports (males) and 17 sports (females). Direct lactate measurements did not differ from levels calculated from the results of the Wingate test (men: 19.60 ± 1.49 in Wingate test vs. 18.80 ± 1.70 mmol.l⁻¹, in field measurement; women: 16.10 ± 1.47 vs. 14.82 ± 1.64 , respectively). Direct correlation between the lactate levels obtained by measurement and by calculation was highly significant (all subjects $r = 0.86$, $p < 0.000000$). In conclusion, calculation of lactacid anaerobic capacity with a formula that uses the result of Wingate test, may be a non invasive, non expensive, simple and reliable method.

Key words:

Lactacid anaerobic capacity. Wingate test. Physical performance. Exercise.

Estimación de la concentración máxima de lactato en sangre a partir de los resultados en la prueba de Wingate

Resumen

La energía muscular es proporcionada por tres mecanismos que actúan simultáneamente, con diferencias en su potencia y capacidad: anaeróbico alactácido, anaeróbico lactácido y aeróbico. En los esfuerzos que llevan al agotamiento en menos de dos minutos y en las etapas inicial y final de los esfuerzos de mediano y largo plazo, el mecanismo anaeróbico lactácido juega un papel fundamental. La determinación de la capacidad anaeróbica lactácida es muy importante para estimar la capacidad de rendimiento en muchos deportes y actividades físicas. Este artículo propone un método indirecto para determinar la lactatemia máxima, mediante el uso del rendimiento promedio en el test de Wingate. Los resultados de la prueba de Wingate se transformaron en niveles de lactato mediante la fórmula propuesta y se compararon con la medición real del lactato sanguíneo máximo después de un esfuerzo máximo en pruebas de campo para diferentes modalidades deportivas. El método fue probado en 185 atletas (103 hombres y 82 mujeres) de diferentes equipos nacionales de Venezuela, que practicaban 18 deportes (hombres) y 17 deportes (mujeres). Las mediciones directas del lactato no difirieron de los niveles calculados a partir de los resultados de la prueba de Wingate (hombres: $19,60 \pm 1,49$ en la prueba de Wingate frente a $18,80 \pm 1,70$ mmol.l⁻¹, en la medición de campo; las mujeres: $16,10 \pm 1,47$ frente a $14,82 \pm 1,64$ mmol.l⁻¹ respectivamente). La correlación entre los niveles de lactato obtenidos por medición directa y la obtenida por cálculo fue altamente significativa (todos los sujetos $r = 0,86$, $p < 0,000000$). En conclusión, la determinación de la capacidad anaeróbica lactácida con una fórmula que utiliza el resultado de la prueba de Wingate, puede ser un método no invasivo, económico, simple y confiable.

Palabras clave:

Capacidad anaeróbica lactácida.
Prueba de Wingate.
Rendimiento físico. Ejercicio.

Correspondencia: José V. Subiela D.

E-mail: jvsubiela@gmail.com

Introduction

Anaerobic source of energy, and more specifically the lactacid mechanism, is critical to the performance in efforts leading to exhaustion in less than two minutes, as well as at the start and the end of long duration efforts^{1,2}.

Lactacid capacity mechanism is closely linked to the ability of lactate production. In this sense it is important to know it, in order to evaluate the anaerobic capacity and its response to training.

Although some methods have been developed for the indirect determination of blood lactate³⁻⁶, as far as we know, there is no evidence for the indirect determination of blood lactate from the Wingate test.

This paper proposes a method to estimate lactate production from average performance in the Wingate test, avoiding the direct determination by the extraction of capillary blood samples.

Material and method

Subjects

Subjects included were 103 men and 82 women, all members of various sport teams of national and international category of Venezuela, who voluntarily agreed to participate in this study. They were asked to sign a written consent; in underage cases this was done by their legal representatives. Biometric characteristics of the groups are presented in Table 1. Male subjects practiced 18 different sports and female subjects 17 sports (Table 2). Most of them were on the pre competitive period of their training program.

Wingate test

All subjects performed two Wingate tests^{7,8} of 30 seconds duration with a charge equivalent to 7.5% of their body weight on a Monark cycle ergometer model 894 Ea, with a recovery period of 180 minutes between the two tests. The best result was used for the comparison with that of the field test.

Field Test

Forty eight hours after the Wingate test, the athletes performed various field exercises, according to the practiced sport of each subject. In those who were in aquatic sports, two 100-meter freestyle swimming tests were applied. Cyclists in their specialties performed twice 750 meters at the speed track. Skaters and ski sports did two 750 meters tests at the skating rink with skates. All others performed two 400-meter races at the track. In all cases the athletes were requested to undertake maximum efforts. The interval between tests was 10 minutes. After each test, blood samples were taken from the earlobe, previously cleaned

Table 1. Biometric data.

Subjects	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
Men	23.2 ± 6.62	173.1 ± 7.13	73.68 ± 11.34
Women	20.63 ± 4.11	158.5 ± 8.24	56.23 ± 8.78

Table 2. Distribution of the athletes in different sports.

Sports	Men	Women
Athletics	14	2
Basketball	5	7
Boating	8	1
Boxing	4	-
Cycling	8	6
Hockey turf	-	10
Judo	-	1
Karate	-	2
Kempo	5	2
Modern pentathlon	6	1
Nordic skiing	2	-
Olympic wrestling	6	-
Rhythmic gymnastics	-	4
Rowing	1	-
Rugby	-	5
Sailing	-	2
Synchronized swimming	-	14
Skating	2	-
Soccer	7	-
Softball	-	3
Surfing	4	-
Table tennis	6	-
Triathlon	4	3
Volleyball	17	6
Water polo	2	13
Wushu	2	-
Total	103	82

and dried, at 1, 3, 5, 7 and 10 minutes. Sampling was interrupted when a measurement was obtained at a figure lower than the preceding assessment.

Blood lactate concentration was assessed by a miniphotometer (Miniphotometer Plus LP20, Dr Lange, Berlin, Germany). The best value in any of the measurements was considered for statistical analysis.

Transformation of the results of Wingate test into lactate levels

A formula was developed to transform the average power in watts Wingate test (Wa) in energy units (Kcal), then the result is converted to lactate values (mmol), taking as reference the caloric equivalent of lactate (0.222 Kcal/g)⁹⁻¹¹. In order to calculate the lactate concentration in mmol/l, it is necessary to know the total lactate production, for which the body water volume must be calculated, since lactate is evenly distributed in all body fluids except in the transcellular fluid (synovial, cerebrospinal fluid, vitreous humor...), reaching similar concentrations 3-5 minutes after the activity^{12,13}. The water content of the body depends on the body fat content, so the body fat percentage was determined in all subjects¹⁴. The lean body weight was determined and based on this value; a water fraction of 0.70 was assumed. All of the subjects studied

had a percentage of fat between the limits accepted for age and sex, and even a relevant percentage of the subjects studied had values lower than the normal lower limit, particularly in endurance sports.

Parameters were expressed in the following terms:

$$La \text{ (mmol.l}^{-1}\text{)} = [(Wa \times 0,06 \times 50,045) / (Wt \times 0,7)] / 2$$

Where:

Wa = Wingate average value (watts).

Wt = Fat free body weight (kg)

Statistical analysis

Values are expressed as mean and standard deviation. Comparison between the determined and the calculated lactate levels was done with paired Student t test. Pearson method was used to calculate correlations between variables. Levels of $p < 0.05$ were considered significant.

Results

The comparison between the measured levels of lactate after the field test and the calculation from the result of the Wingate test are shown in Table 3. The differences were neither significant in the male nor in the female group.

The correlation between the calculated value in the Wingate test and the values obtained with the measurement of blood lactate in the field test, in the different exercises performed by subjects were: male $r = 0,85; p < 0,000000$ (Figure 1); women $r = 0,74; p < 0,000000$ (Figure 2); the whole value for the 185 subjects tested was $r = 0,86; p < 0,000000$ (Figure 3).

Discussion

The Wingate test is a test widely used in the evaluation of athletes during the four last decades, and has been shown to be a good measure of the anaerobic alactacid and lactacid power, but it is also a good indicator of the lactacid capacity of the subjects.

The relationship between lactic acid production and muscle exercise was established more than 200 years ago¹⁵. And there is an obvious link between the maximum capacity of lactic acid production and the capacity of performance in efforts that lead to exhaustion between 30 and 120 seconds. Different lactate responses have been taken in relation to physical exercise to establish training criteria such as the lactic threshold (LT) and the maximum level of lactate in steady state (MLSS)¹⁵. These facts motivated us to present a non-invasive method for estimating the maximum lactate concentration.

The indirect tests that have been developed, have done so in order to calculate the critical speed in cycling in which the minimum level

Table 3. Lactate levels calculated from the Wingate Test and measured at field (mmol.l⁻¹).

Subjects	Wingate	Field
Men	19,60 ± 1,49	18,80 ± 1,70
Women	16,10 ± 1,47	14,82 ± 1,64

Figure 1. Correlation of lactate values calculated from the Wingate test and the levels measured after the field test in 103 men.

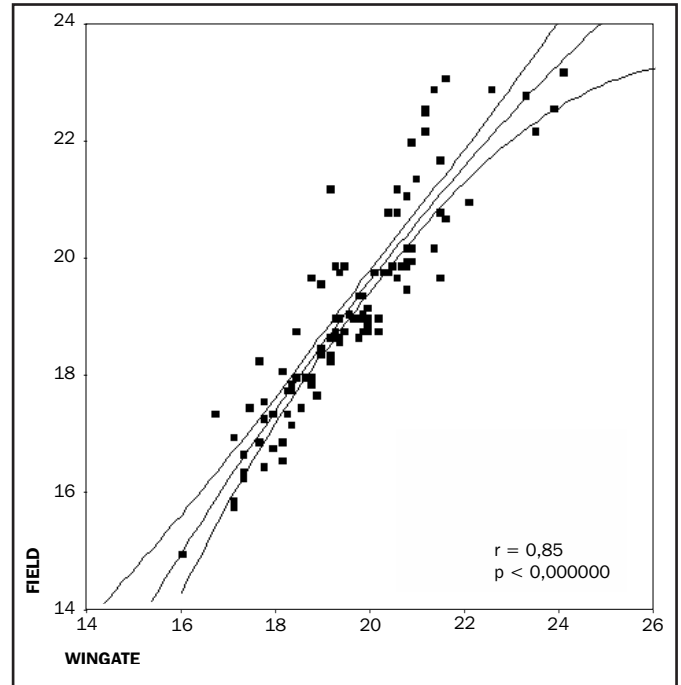
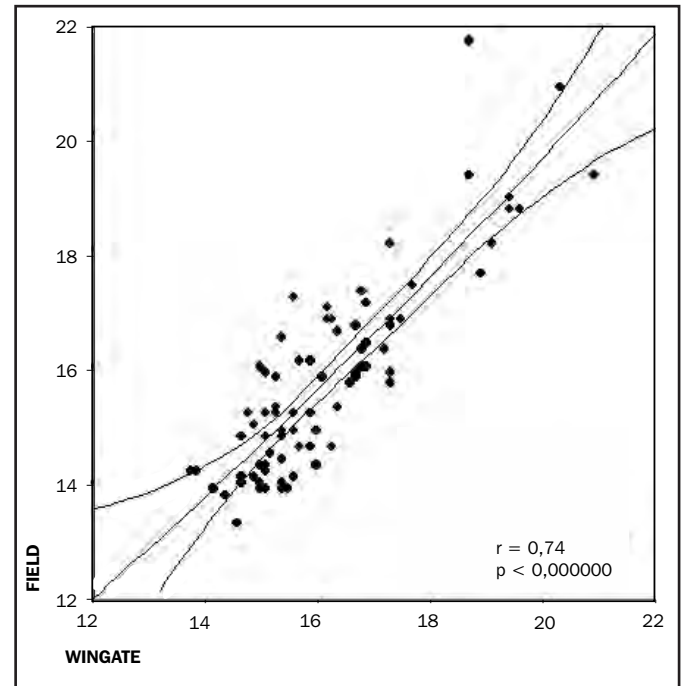
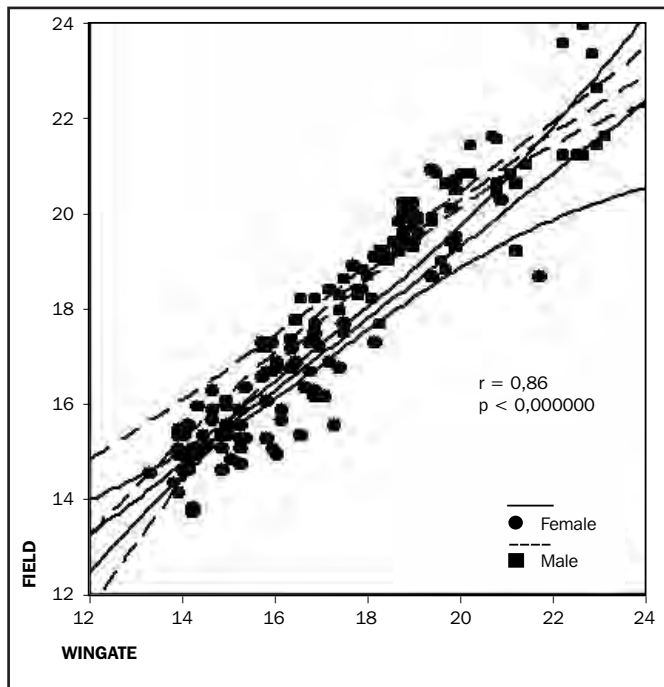


Figure 2. Correlation of lactate values calculated from the Wingate test and the levels measured after the field test in 82 women.



of lactate is reached, which is the concentration that expresses the balance between the production and elimination of blood lactate, and others to determine the exercise intensity or running speed, or swimming that corresponds to the MLSS, as well as in other situations that

Figure 3. Correlation of lactate values calculated from the Wingate test and the levels measured after the field test in 185 athletes.



provide important information that allow to dose, control and evaluate the training with scientific criteria, which has a great practical interest. In this regard we invite groups of researchers interested in the subject to continue developing methods to estimate maximum lactatemia in various situations and with different procedures. This in addition to enrich the knowledge in the area would allow to contrast the results with the proposal that we present.

This study included male athletes from 18 sports and females that practice 17 different sports, all with more than three years of continuous practice on their relevant sports. The level of all participants was national or international category, forming very homogeneous groups in their respective sports. All of them had previously performed the Wingate test in one or more opportunities, so that their characteristics were known and familiar to them.

The presented method offers the possibility of estimating the maximum value of lactate by the transforming the average power obtained in the Wingate test (W_a) into blood lactate concentration ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$).

The results of the present study are limited to the group studied. It will be necessary to apply the formula to other groups, including less experienced athletes and hierarchy, to verify if the proposed procedure provides results similar to those obtained in the present work.

In conclusion a formula based in the results of the Wingate test is proposed to calculate capacity of lactate production in subjects that practice different sports. The method is simple, practical, non invasive and economical, and possibly a good predictor of lactacid anaerobic capacity.

Acknowledgment

We wish to express our appreciation and gratitude to Dra. Sonia H. Torres for her collaboration in the revision and correction of the text. Similary our thanks to Dr. Bepsi Collazo for her collaboration in the realization of the graphics.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

1. di Prampero P, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: reappraisal of older and recent concepts. *Respiration Physiology*. 1999;118:103-15.
2. di Prampero PE. Physiological bases of human performance during work and exercise. In: *Physical activity in the 21 st century: Challenges for young and old*, edited by Taylor NAS and Groeller H. Philadelphia: Elsevier, 2008, p 267-73.
3. Paulo V. Mezzaroba, Fabiana A. Machado. Indirect determination of lactate minimum speeded from a single maximal performance in young swimmers. *J Sports Sci Med*. 2013;12:655-59.
4. Sotero RC, Pardono E, Campbell CSG, Simões HG. Indirect assessment of lactate minimum and maximal blood lactate steady-state intensity for physically active individuals. *J Strength Cond Res*. 2009;23:847-53.
5. MacIntosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:232-49.
6. Denadai BS, Gomide EBG, Greco CC. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity and maximal lactate steady state in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2005;19:364-8.
7. Bar-Or O, Dotan R, Inbar O. A 30-second all out ergometric test, its reliability and validity for anaerobic capacity. *Isr J Med Sci*. 1977;13:326-7.
8. Popadic J, Barack O, Grujic N. Maximal anaerobic power test of different sport disciplines. *J Strength Cond Res*. 2009;23:751-5.
9. Margaria R, Cerretelli P, di Prampero PE, Massari C, Torrelli G. Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. *J Appl Physiol*. 1963;18:371-7.
10. Margaria R, Cerretelli P, Mangili F. Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. *J Appl Physiol*. 1964;19:623-8.
11. Cerretelli P. *Fisiologia del lavoro e dello sport*. Roma. Società Editrice Universo; 1973, p 77.
12. Subiela JV. Introducción a la fisiología humana. Énfasis en la fisiología del ejercicio. *Barquisimeto*. FUNDAUPEL-IPB, 2005, p 38.
13. Karlsson J. Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. With special reference to oxygen deficit at the onset of work. *Acta Physiol Scand*. 1971; suppl 358: 1-72.
14. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurements on 481 men and women age 16 to 72 years. *Br J Nutr*. 1974;32:77-97.
15. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011;6:8-24.

Acute effect of an Intra-Set Variable Resistance of back squats over 30-m sprint times of female sprinters

Álvaro Cristian Huerta Ojeda^{1,5,6}, Sergio Andrés Galdames Maliqueo^{2,5,6}, Pablo Andrés Cáceres Serrano³, Daniel Galaz Campos³, Dahian Siebald Retamal³, Felipe Vidal Soriano³, Luciano Apolonio Caneo³, Jorge Cancino López⁴

¹Universidad de Las Américas. Viña del Mar. Chile. ²Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación. Valparaíso. Chile. ³Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso. Chile. ⁴Universidad Finis Terrae. Santiago. Chile. ⁵Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports. Valparaíso. Chile. ⁶Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte ISAFYD. Escuela de Educación Física de la Universidad de Las Américas. Viña del Mar. Chile.

Recibido: 15.03.2018

Aceptado: 21.05.2018

Summary

Introduction: Several pre-conditioning methods have been tested in order to produce Postactivation Potentiation (PAP) in men. However, it is unknown if Intra-Set Variable Resistance generates the same effect in female sprinters.

Objective: Thus, the acute effect of an Intra-Set Variable Resistance (I-SVR) protocol of back squats on 30-m sprint times of female sprinters was determined.

Material and method: Ten female sprinters were the subjects of this study (age = 20.3 ± 1.9 years, body mass 56.0 ± 6.9 kg, height = 1.64 ± 6.1 m, 30-m sprint = 4609.2 ± 236.4 ms). The pre-conditioning with I-SVR consisted of 4 back squats exercise sets: each set included 22% 1RM X 5 reps (equivalent to $1.0\text{-}1.1$ m·s⁻¹), 60% 1RM X 4 reps (equivalent to $0.6\text{-}0.7$ m·s⁻¹), and 30-m sprint X 3 with a 2-minute rest.

Results: The repeated measures ANOVA did not show significant differences in 30-m sprint after the application of pre-conditioning protocols with I-SVR ($p > 0.05$), while [La] provided evidence of a significant increase post-effort ($p < 0.0001$). However, great individual variations were observed.

Conclusions: Considering that the pre-conditioning with I-SVR did not increase the performance in women sprinters, which may be due to insufficient load to elicit a PAP response or that the fatigue induced outweighs the benefit, the coaches considering the use of this pre-conditioning protocol in order to generate PAP must explore its effectiveness individually. Factors such as strength levels, protocol resistance used to generate PAP, and, above all, the recovery interval between pre-conditioning and the following sprint need further research.

Key words:

Postactivation potentiation.
Back squats. Sprinter women.

Efecto agudo de un protocolo de resistencia variable intra-serie en sentadillas sobre el tiempo en 30 metros lisos en mujeres velocistas

Resumen

Introducción: Varios métodos de pre-activación se han probado para desencadenar Potenciación Post Activación (PAP) en hombres. Sin embargo, se desconoce si la Resistencia Variable Intra-Serie genera el mismo efecto en mujeres velocistas.

Objetivo: Determinar el efecto agudo de un protocolo de Resistencia Variable Intra-Serie (RVI-S) en sentadillas sobre el tiempo en 30 metros lisos en mujeres velocistas.

Material y método: Diez velocistas de nivel regional fueron parte de este estudio (edad = $20,3 \pm 1,9$ años, masa corporal $56,0 \pm 6,9$ kg, estatura = $1,64 \pm 6,1$ m, 30 metros lisos = $4609,2 \pm 236,4$ ms). La pre-activación con RVI-S consistió en 4 series de sentadillas: cada serie incluyó 5 repeticiones al 22% de 1RM (equivalente a $1,0\text{-}1,1$ m·s⁻¹) + 4 repeticiones al 60% de 1RM (equivalente a $0,6\text{-}0,7$ m·s⁻¹) + 3 carreras de 30 metros separadas con una pausa de 2 minutos. Las variables fueron: el tiempo promedio de tres repeticiones de 30 metros de carrera y concentraciones de Lactato ([La]).

Resultados: La ANOVA de medias repetidas no mostró diferencias significativas en el tiempo promedio realizado en 30 metros lisos después de la aplicación de protocolos de pre-activación con RVI-S ($p > 0,05$), mientras que las [La] mostraron incrementos significativos post esfuerzo ($p < 0,0001$). Sin embargo, se observaron grandes variaciones individuales.

Conclusiones: Considerando que la pre-activación con RVI-S no mostró incrementos en el rendimiento en mujeres velocistas, posiblemente por una carga insuficiente para desencadenar PAP o que la fatiga muscular superó el posible beneficio, los entrenadores que consideren el uso de este protocolo de pre-activación para genera PAP deben explorar la efectividad en forma individual. Factores tales como los niveles de fuerza, la resistencia del protocolo usado para generar PAP, y por sobre todo el intervalo de recuperación entre la pre-activación y la subsiguiente carrera necesitan de mayor investigación.

Palabras clave:

Potenciación post activación.
Sentadillas. Mujeres velocistas.

Correspondencia: Álvaro Cristian Huerta Ojeda

E-mail: achuertao@yahoo.es

Introduction

In recent years, the topic of strength training has led to the development of varied and innovative training methodologies¹⁻³. One of the methodologies used to naturally enhance acute muscular strength is Postactivation Potentiation (PAP)^{4,6}. Several pre-conditioning training methods have been applied in order to generate PAP, such as ballistic exercises, maximum isometric exercises, and squats, among others⁷⁻⁹. Some research has shown that, with the correct conditioning load and the appropriate rest, the subject will enhance the strength level temporarily^{5,6,10}. Currently, pre-conditioning with Variable Resistance (VR) has taken a key role in the PAP^{3,11}. A review performed by Soria-Gila *et al.*³ concluded that pre-conditioning with Intra-Set Variable Resistance (I-SVR) with elastic bands and/or chains generated a significant increase in strength levels. Meanwhile, Turner *et al.*² concluded that pre-conditioning with plyometric exercises improved acceleration in 20-m sprints. In the same way, Vanderka *et al.*¹ showed evidence that a pre-conditioning with half-squats produces PAP in athletes and soccer players.

In the description of the PAP phenomenon, it has been observed that subjects who have great power are more likely to potentiate^{8,12}. More specifically, it has been shown that I-SVR load evidenced a positive acute effect over time in 30-m sprints in elite male military athletes¹³; furthermore, an increase in the performance of 10-yard distance was observed after applying a pre-conditioning with I-SVR through a back squats exercise at 85% 1RM + 30% of additional load with an elastic band in recreationally resistance-trained males¹². Fukutani *et al.*¹⁴ also showed a significant increase in CMJ post I-SVR pre-conditioning (heavy condition: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75 – 3 x 90% at 1RM in squats; moderate condition: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75% at 1RM in squats). However, despite the existing evidence, it is still uncertain whether these pre-conditioning loads can generate the same effect in other types of population, let alone in the female population. Specifically, evidence has shown that loads above 80% at 1RM in subjects with low strength level could be detrimental, generate fatigue, and decrease athletic performance^{15,16}.

Despite the fact that scientific evidence has shown that pre-conditioning stimuli can generate PAP^{8,9}, not all methods applied generate the

same effect; specifically, if the strength levels, the rest interval time, and other variables such as training volume and intensity, are not sufficient to establish a dosage-response connection^{17,18}. In a systemic review performed by Huerta *et al.*¹¹, the effects from using different methods of VR as pre-conditioning to generate PAP were analyzed. The researchers concluded that there was not enough evidence to truly know the real effect of VR over PAP. However, there are indications that I-SVR can generate acute changes in the explosive strength levels¹¹. Unfortunately, evidence shows that subjects with low power levels have fewer chances to potentiate, in these population the fatigue induced can outweighs the possible benefit (PAP)^{8,16}. In addition, the effect of sex (gender) over PAP is not completely described⁹. Therefore, a plausible line of research is to check whether pre-conditioning through I-SVR applied in elite male military athletes¹³ can produce the same effect in sprinter women.

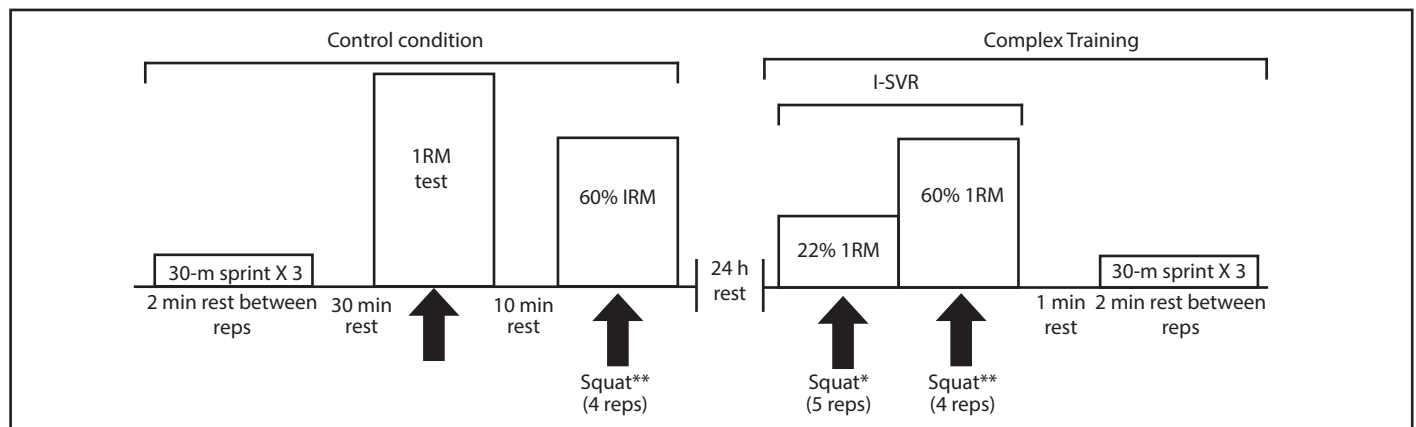
In connection to the above, it was the aim of this study to determine the acute effect of an I-SVR protocol in back squats over time in 30-m sprints in sprinter women.

Material and method

Experimental approach to the study

This study used a repeated measures design. All subjects were part of a control condition and an experimental condition (Figure 1); a 24-hour rest interval was set between both conditions. Each back squats set of pre-conditioning was performed with I-SVR. This variation of loads within the sets consisted of 4 sets of back squats exercises, with a load and repetition of each set being 1.0-1.1 m·s⁻¹ X 5 repetitions (reps), 0.6-0.7 m·s⁻¹ X 4 reps. The load was adjusted for each subject according to 1 repetition maximum (1RM), and the subjects were asked to perform back squats at the highest possible speed. Once the load was adjusted, all subjects performed the pre-conditioning at the required speed¹⁹. After performing pre-conditioning with back squats, 3 reps of 30-m sprints were performed with a 2-minute rest between each, the rest time between sets being 2 minutes. The dependent variables were: time in 30-m sprint and post-effort Lactate concentrations [La]. Some inves-

Figure 1. Sequence of the experimental condition.



*Load needed to move the squat bar between 1.0-1.1 m·s⁻¹ (1.0-1.1 m·s⁻¹ velocity in back squats).

**Load needed to move the squat bar between 0.6-0.7 m·s⁻¹ (0.6-0.7 m·s⁻¹ velocity in back squats).

Table 1. Characteristics of the subjects.

Subject	Age (y)	Body mass (kg)	Height (m)	% body fat*	Squat 1RM (kg)	Squat /body mass	30-m sprint (ms)
a	19.1	51.3	1.65	14.1	78.3	1.53	4826.0
b	22.5	43.0	1.52	14.1	79.6	1.85	4459.0
c	19.9	53.5	1.63	14.1	82.5	1.54	4386.7
d	17.7	60.0	1.70	18.8	92.7	1.55	4308.3
e	20.1	58.3	1.66	18.8	90.7	1.56	4633.3
f	21.3	56.9	1.64	14.1	93.0	1.63	4845.0
g	21.8	48.3	1.52	14.1	101.5	2.10	5009.3
h	23.1	63.8	1.63	18.8	112.0	1.76	4366.0
i	17.4	60.9	1.67	19.5	117.4	1.93	4721.7
j	20.3	63.7	1.60	19.5	115.9	1.82	4536.3
Mean	20.3	56.0	1.62	16.6	96.4	1.73	4609.2
SD	1.9	6.9	6.1	2.6	14.7	0.2	236.4

1RM: 1 repetition maximum.

*Sum of four skinfolds[†].

tigations have used 30-m sprints to observe changes in performance due to the PAP phenomenon^{2,13}, while [La] were used to observe the anaerobic metabolism²⁰. Before starting the procedure, weight, height, and skinfolds were measured in all subjects. Fat percentage was obtained through the summation of all four skinfolds²¹.

Subjects

10 sprinter women participated in this study (age = 20.3 ± 1.9 years [SD], body mass 56.0 ± 6.9 kg, height = 1.64 ± 6.1 m) (Table 1). All women and coaches were informed about the objective of the research and about the possible risks of the procedure. The subjects signed a written consent containing all the information of the study before proceeding with the protocol. The written consent and the study were approved by the Bioethics Committee of the Universidad de Playa Ancha, Chile (registry number 006/2017).

Procedures

All evaluated subjects had a 48-hour rest before the control condition intervention. The subjects were asked to refrain from caffeine ingestion or any substance that could increase their metabolism during the assessment. Both control condition and experimental condition took place between 9 am and 11 am. The procedure began with a warm-up consisting of 10 minutes of slow jogging, 5 minutes of dynamic stretching of the lower limbs, and then 3 X 80-m accelerations. Control condition included three evaluations: a) The mean times of 3 X 30-m sprint with a 2-minute rest. The times were measured at the starting point, 10 m, 20 m, and 30 m. The mean performance of all 30-m sprint reps was used for the statistical analysis and was named Control Sets (CS). 10-m and 20-m sprint times were also used for the statistical analysis (CS). 10-m, 20-m, y 30-m sprint were evaluated using a Chrono Jump® photocell and Chrono Jump software version 1.4.6.0^{13,20}. b) After a 30-minute rest, the indirect 1RM in back squats was measured using a lineal encoder Chrono Jump® and Chrono Jump software version 1.4.6.0²². c) After a 10-minute rest, 4 reps of back squats between 0.6-07 m·s⁻¹ were

evaluated. The load needed to move the bar in back squats between 0.6-07 m·s⁻¹ was equivalent to 60% 1RM¹⁹. The average performance in these four back squats reps was used for the statistical analysis.

The experimental condition consisted of 4 I-SVR sets. Each set included back squat pre-conditioning with I-SVR: 22% 1RM X 5 reps (equivalent to 1.0-1.1 m·s⁻¹), 60% 1RM X 4 reps (equivalent to 0.6-0.7 m·s⁻¹)¹⁹, and the mean times of 30-m sprint X 3 with a 2-minute rest interval. At the end of each set, [La] post-effort was measured with an h/p/Cosmos Sirius®. Between each set there was a rest interval of 2 minutes. Mean times of three reps per sets in 10-m, 20-m, and 30-m sprints were the dependent variables. These time points were used in the statistical analysis in order to compare the postactivation performance to control condition.

Statistical procedures

All statistical analyses were performed using the *Entorno de Programación R* software²³. The mean of 10-m, 20-m, 30 m, [La], and velocity in back squats were submitted to the Shapiro-Wilk test. An analysis of the variance of repeated measures (ANOVA) was used to examine the effect of pre-conditioning with I-SVR on the mean times of 10-m, 20-m, and 30-m sprint performance, [La], and velocity in back squats. The ANOVA was used with five time points: a) control session (control set [SC]) before pre-conditioning with I-SVR, b) experimental set 1 (S1), c) experimental set 2 (S2), d) experimental set 3 (S3), and e) experimental set 4 (S4).

Individual responses on the mean times of 30-m sprint performance were analyzed using means, DS, and delta between different conditions. The size of the effect (SE) for both cases was calculated using partial Eta-squared.

The Bonferroni correction was used as post hoc analysis when the level of significance showed important differences among the means ($p \leq 0.05$). The size of the effect for the pairwise comparison was calculated using Cohen's d-test with the following effect scale: insignificant ($d < 0.2$), small ($d = 0.2 - 0.6$), moderate ($d = 0. - 1.2$), large ($d = 1.2 - 2.0$), and very large ($d > 2.0$). The level of statistical significance for all analyses was set at $p \leq 0.05$.

Table 2. Variation of mean performance after the application of a pre-conditioning with I-SVR of back squats.

Variables	control set mean ± SD	set 1 mean ± SD	set 2 mean ± SD	set 3 mean ± SD	set 4 mean ± SD	ANOVA p	Square ETA Partial
10-m sprint (ms)	1880.7±68.2	1872.8±63.1	1864.6±64.9	1868.2±54.7	1860.3±50.9	ns	0.029
20-m sprint (ms)	3262.8±149.9	3247.6±145.3	3254.5±144.2	3262.3±141.9	3245.7±121.1	ns	0.005
30-m sprint (ms)	4609.2±236.4	4580.1±234.9	4615.8±224.9	4603.2±231.2	4592.4±194.6	ns	0.005
[La] (mmol/L)	1.52±0.2	5.79±1.5	8.14±1.9	9.38±2.3	8.41±2.1	*	0.878
Squat velocity (m·s ⁻¹)	0.689±0.03	0.692±0.07	0.675±0.06	0.678±0.04	0.692±0.09	ns	0.033

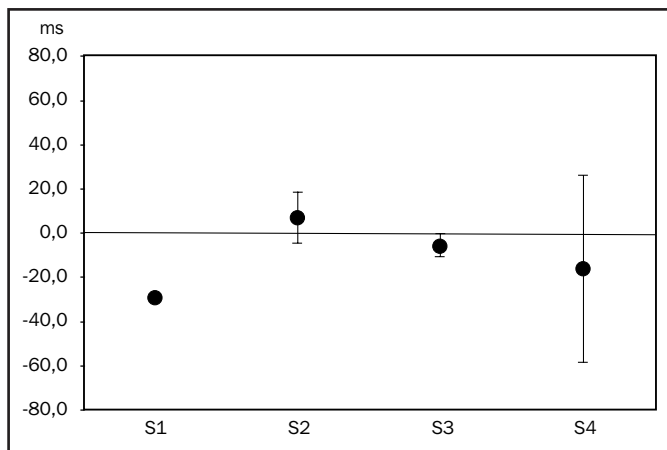
ms: (millisecond); SD: (standard deviation); * p<0.0001; ns (no significant).

Table 3. Individual performance mean variation post application of pre-conditioning with I-SVR of Back Squats.

Subjects	t-mean 30-m CS (ms)	t-mean t 30-m S1 (ms)	Δ S1-CS (ms)	% S1 vs CS	t-mean t 30-m S2 (ms)	Δ S2-CS (ms)	% S2 vs CS	t-mean t 30-m S3 (ms)	Δ S3-CS (ms)	% S3 vs CS	t-mean t 30-m S4 (ms)	Δ S4-CS (ms)	% S4 vs CS
a	4826.0	4549.3	-276.7	5.7	4543.3	-282.7	5.9	4569.3	-256.7	5.3	4726.7	-99.3	2.1
b	4459.0	4504.0	45.0	-1.0	4957.3	498.3	-11.2	4968.7	509.7	-11.4	4589.0	130.0	-2.9
c	4386.7	4790.7	404.0	-9.2	4639.7	253.0	-5.8	4619.7	233.0	-5.3	4749.3	362.7	-8.3
d	4308.3	4985.3	677.0	-15.7	4827.3	519.0	-12.0	4984.0	675.7	-15.7	4833.0	524.7	-12.2
e	4633.3	4493.3	-140.0	3.0	4594.3	-39.0	0.8	4562.0	-71.3	1.5	4751.3	118.0	-2.5
f	4845.0	4163.0	-682.0	14.1	4159.7	-685.3	14.1	4338.0	-507.0	10.5	4190.7	-654.3	13.5
g	5009.3	4534.3	-475.0	9.5	4647.7	-361.7	7.2	4430.7	-578.7	11.6	4408.7	-600.7	12.0
h	4366.0	4347.3	-18.7	0.4	4373.3	7.3	-0.2	4339.7	-26.3	0.6	4539.3	173.3	-4.0
i	4721.7	4661.3	-60.3	1.3	4671.0	-50.7	1.1	4487.7	-234.0	5.0	4657.0	-64.7	1.4
j	4536.3	4772.3	236.0	-5.2	4744.7	208.3	-4.6	4732.0	195.7	-4.3	4479.0	-57.3	1.3

I-SVR (intra-set variable resistance); t-mean 30-m (time mean in 30-m sprint); CS (control set); S1 (set 1); S2 (set 2); S3 (set 3); S4 (set 4); ms (milliseconds); Δ S_n-CS (delta time between experimental and control set); % S_n vs CS (percentage variation between experimental and control set).

Figure 2. Time mean 30-m sprint with I-SVR.



Results

Time in 10-m, 20-m, and 30-m sprint

Means and SD values are depicted in Table 2. ANOVA showed no significant differences for time in 10-m sprint ($F = 0.26, p = 0.89, ES = 0.029$), 20-m sprint ($F = 0.04, p = 0.99, ES = 0.005$), and 30-m sprint ($F = 0.04, p = 0.99, ES = 0.005$) (Figure 2).

Individual responses

The analysis showed that five out of 10 subjects (50%) increase in the mean performance of 30-m sprint throughout the experimental conditions, while seven out of 10 subjects (70%) showed an increase in their mean performance in one or more experimental sets in 30-m sprint time (Table 3).

Lactate

ANOVA showed significant differences in [La] post-effort ($F = 64.49, p < 0.0001, ES = 0.878$) (Table 2), while the post hoc analysis showed evidence of significant differences in all the pairs analyzed (Table 4).

Back squats speed

ANOVA did not provide significant differences for the time in back squats execution speed ($F = 0.30, p = 0.87, ES = 0.033$) (Table 2).

Discussion

Taking into consideration that the effects of sex (gender) and I-SVR over PAP were not completely outlined^{9,24}, the acute effect of a pre-conditioning protocol with I-SVR in back squats over time in 30-m sprints in high-level sprinter women had to be determined. The pre-conditioning

Table 4. Post hoc analysis for [La] among the control set and 4 experimental sets.

Contrast	mean ± SD	mean ± SD	Δ	Confidence Interval	Student's t-test	ES
Pair 1 [La] mmol/L ⁻¹	Control Set 1.52±0.2	Set 1 5.79±1.5	4.27 mmol/L ⁻¹	3.12 - 5.41 mmol/L ⁻¹	*	4.89
Pair 2 [La] mmol/L ⁻¹	Control Set 1.52±0.2	Set 2 8.14±1.9	6.62 mmol/L ⁻¹	5.15 - 8.08 mmol/L ⁻¹	*	6.07
Pair 3 [La] mmol/L ⁻¹	Control Set 1.52±0.2	Set 3 9.38±2.3	7.96 mmol/L ⁻¹	6.13 - 9.58 mmol/L ⁻¹	*	6.21
Pair 4 [La] mmol/L ⁻¹	Control Set 1.52±0.2	Set 4 8.41±2.1	6.89 mmol/L ⁻¹	5.35 - 8.42 mmol/L ⁻¹	*	5.87

[La] (Lactate concentrations); SD (standard deviation); ES (effect size); * $p < 0.0001$.

with I-SVR of 4 back squats exercise sets (30% 1RM X 5 reps + 60% 1RM X 4 reps) showed a significant increase in 30-m sprints performed by elite male military athletes¹³. In connection with the main aim of this study, ANOVA results did not show a significant difference among the Control Set and the four Experimental Sets ($p > 0.05$). Unfortunately, the references found with I-SRV were scarce^{3,11,13}, even less in women. However, the main premise in which the research was based was that pre-conditioning with VR generated a significant increase in acute muscular strength levels³, and that increment was evidenced in the research carried out by Wyland *et al.*¹². The researchers presented evidence of a significant decrease in 10-yard times after performing squats at 85% 1RM + 30% additional load with an elastic band ($p = 0.002$)¹². Another relevant precedent for this study was that the strongest subjects can generate PAP^{14,16}. A study performed by Fukutani *et al.*¹⁴ also showed evidence of such a phenomenon. In the study by Fukutani *et al.*¹⁴, the sample used included weightlifters who were capable of lifting 2.4 times their own body weight in squats. After the I-SVR conditioning (heavy condition: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75 – 3 x 90% 1RM in squat exercises; moderate condition: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75% 1RM in squat exercises), PAP was observed in both conditions ($p < 0.05$). Equally, Hirayama *et al.*²⁵ reported PAP in CMJ after the application of protocols with I-SVR ($p < 0.05$). Meanwhile, Seitz *et al.*⁸ determined that the size of the effect (SE) in speed tests was moderate after a pre-conditioning of the lower limbs (SE = 0.51). In more detail, at the end of this last study the researchers observed: a) a greater PAP effect among stronger individuals, unfortunately, in this study there was no connection between PAP and strength levels in back squats performed by sprinter women; b) a greater PAP effect with polymeric loads (SE = 0.47) when compared to other pre-conditioning methods such as high-intensity loads (SE = 0.41), traditional moderate intensity (ES = 0.19), and maximum isometric (ES = -0.09); c) that weaker subjects respond better to longer rest intervals; and d) that both weaker and stronger subjects evidence a greater PAP after conditionings with shallower squats⁸. In this regard, after a conditioning with I-SVR in a power zone ranging from 0.6 and 0.9 m·s⁻¹ of vertical bar speed¹⁹, Huerta *et al.*¹³ reported a significant enhancement in 30-m sprints among the CS and the four experimental sets ($p < 0.001$). However, Huerta *et al.*¹³ found that elite male military athletes are more likely to generate PAP due to the level of potentiation is dependent on the individual's level of strength and resistance training experience⁸.

Considering that 50% of the sample enhanced their performance in 30-m sprints and that 70% showed improvements in one of the experimental sets, the authors believe that the methodology used¹³ is applicable to female sprinters. However, if I-SVR pre-conditioning

has to be implemented, individual responses should be checked, and it is advisable to use a longer rest between pre-conditioning and the following exercise⁸. This is due to the fact that the enhancement scope of the sprint might be affected by the rest interval among each set⁷. Moreover, the volume, type, and intensity of the conditioning stimulus have an impact on the connection between PAP and fatigue²⁶. In research developed by Boulosa *et al.*²⁷ a CMJ in PAP was observed after a 9-minute rest. Unfortunately, the authors used a sample comprised of resistance-trained men (squat/body mass = 2.4), and that same research also concluded that the best method to induce PAP is independent from the rest between pre-conditioning and the following exercise²⁷. Similarly Lim *et al.*²⁸ concluded that the pre-conditioning with single-joint isometric, multi-joint isometric, and multi-joint dynamic generates large individual variations; more specifically, when applying similar loads some athletes potentiate and others do not. Lim *et al.*²⁸ suggest that coaches should explore the effectiveness of different PAP protocols individually.

In connection to the secondary aim of this study – to determine the variations in general and local fatigue indicators during the application of an acute I-SVR protocol in back squats in female sprinters²⁰ – the results of ANOVA showed a significant difference among the CS and the four experimental sets in which [La] ($p < 0.0001$) but no significant difference in the execution of back squat exercises ($p > 0.05$). Similar to this research, a study performed by Huerta *et al.*¹³ reported no significant changes in the maximum and average power in back squat exercises. The foregoing is understood as a non-existing occurrence of local fatigue in both sprinter groups after applying I-SVR pre-conditioning protocols. However, when comparing both results of the researches, there is a noticeable difference in [La] post-effort. While the men athlete group showed no significant changes in [La] post-effort after the application of a I-SVR protocol²⁰, women athletes showed a significant increase in [La] using the same I-SVR pre-conditioning loads as the men and 30-m sprint repetitions from the first to the fourth experimental sets. This allowed the authors to infer that these pre-conditioning loads with I-SVR generate different effects in groups with different training level¹⁶. While there was an increase in the performance of 30-m sprint in men¹³, the average in women did not generate PAP. Perhaps, an increment in the rest period between each 30-m sprint repetition and among the experimental sets might trigger a PAP response in this group^{8,16}. In a research carried out by West *et al.*²⁹, where performance was evaluated through CMJ, significant decreases were reported after the application of a backward sled dog protocol of 5 sets of 2 X 20-m loaded with 75% body mass ($p < 0.001$). An important precedent present in that research is that [La] increased significantly the moment the protocol application ended

($p < 0.001$). Also, it is important to notice that the load applied by West et al.²⁹ was heavier than the one applied in this research. However, the pattern of [La] is seen as a fatigue indicator in all the studies mentioned here, and for that matter it is also a parameter that must be considered in all protocols to generate PAP.

Conclusions

This study showed no evidence of enhancement in the time of the test performance (10-m, 20-m, and 30-m sprints) after the application of pre-conditioning protocols with PAP I-SVR. However, large individual variations were observed post I-SVR pre-conditioning. Therefore, a pre-conditioning with I-SVR in back squats exercise: 22% 1RM X 5 reps (equivalent to 1.0-1.1 m·s⁻¹), 60% 1RM X 4 reps (equivalent to 0.6-0.7 m·s⁻¹)¹⁸, 30-m sprint X 3 with a 2-minute rest, does not generate PAP in all female sprinters. Considering that the pre-conditioning with I-SVR did not increase the performance in women sprinters, which may be due to insufficient load to elicit a PAP response or that the fatigue induced outweighs the benefit, the coaches considering the use of this pre-conditioning protocol in order to generate PAP must explore its effectiveness individually. Factors such as strength levels, protocol resistance used to generate PAP, and, above all, the recovery interval between pre-conditioning and the following sprint need further research.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Vanderka M, Krcmar M, Longova K, Walker S. Acute effects of loaded half-squat jumps on sprint running speed in track and field athletes and soccer players. *J Strength Cond Res.* 2016;30(6):1540-6.
- Turner AP, Bellhouse S, Kilduff LP, Russell M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *J Strength Cond Res.* 2015;29(2):343-50.
- Soria-Gila MA, Chiroso IJ, Bautista IJ, Baena S, Chiroso LJ. Effects of variable resistance training on maximal strength: A meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3260-70.
- Bogdanis GC, Tsoukos A, Veligekas P, Tsolakis C, Terzis G. Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *J Strength Cond Res.* 2014;28(9):2521-8.
- Sale DG. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002;30(3):138-43.
- Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med.* 2009;39(2):147-66.
- Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med.* 2014;44:1693-702.
- Seitz LB, Haff GG. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med.* 2016;46:231-40.
- Maloney SJ, Turner AN, Fletcher IM. Ballistic exercise as a pre-activation stimulus: A review of the literature and practical applications. *Sports Med.* 2014;44:1347-59.
- Sale DG. Postactivation potentiation: Role in performance. *Br J Sports Med.* 2004;38(4):386-7.
- Huerta A, Chiroso LJ, Guisado R, Chiroso IJ, Cáceres P. Efecto de la resistencia variable sobre la potenciación post activación: Una revisión sistemática. *Arch Med Deporte.* 2016;33(5):338-45.
- Wyland TP, Van Dorin JD, Reyes GF. Postactivation potentiation effects from accommodating resistance combined with heavy back squats on short sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3115-23.
- Huerta A, Chiroso LJ, Guisado R, Chiroso IJ, Cáceres P. Acute effect of a complex training protocol of back squats on 30-m sprint times of elite male military athletes. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(3):752-6.
- Fukutani A, Takei S, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2236-43.
- Huerta A, Chiroso LJ, Guisado R, Chiroso IJ, Cáceres P. Efecto agudo de un protocolo de complex training sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares. *Arch Med Deporte.* 2016;33(6):367-74.
- Huerta A, Chiroso LJ, Guisado R, Chiroso IJ, Cáceres P, Galdames S. Efecto agudo de Complex training en press banca sobre la distancia del lanzamiento de la granada. *Rev Cub Med Mil.* 2016;45(3):300-11.
- Lesinski M, Muehlbauer T, Busch D, Granacher U. Effects of complex training on strength and speed performance in athletes: A systematic review. Effects of complex training on athletic performance. *Sportverletz Sportschaden.* 2014;28(2):85-107.
- Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, et al. Meta-analysis of post-activation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):854-9.
- Bautista IJ, Chiroso IJ, Chiroso LJ, Martín I, González A, Robertson RJ. Development and validity of a scale of perception of velocity in resistance exercise. *J Sports Sci Med.* 2014;13:542-9.
- Huerta A, Chiroso LJ, Guisado R, Chiroso IJ, Cáceres P. 2016. Effect of two complex training protocols of back squats in blood indicators of muscular damage in military athletes. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(5):1487-92.
- Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(1):77-97.
- Sanchez-Medina L, Perez C, Gonzalez-Badillo J. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31(2):123-9.
- Revelle W. Psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research. Northwestern University, Evanston, Illinois 165. 2014:1-10.
- Tsolakis C, Bogdanis G, Nikolaou A, Zacharogiannis E. Influence of Type of Muscle Contraction and Gender on Postactivation Potentiation of Upper and Lower Limb Explosive Performance in Elite Fencers. *J Sports Sci Med.* 2011;10:577-83.
- Hirayama K. Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1284-8.
- Tobin DP, Delahunt E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(2):367-72.
- Boullousa DA, Abreu L, Beltrame LGN, Behm DG. The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2059-66.
- Lim JJ, Kong PW. Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2013;27(10):2730-6.
- West DJ, Cunningham DJ, Crewther BT, Cook CJ, Kilduff LP. Influence of ballistic bench press on upper body power output in professional rugby players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2282-7.

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

Frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol durante los partidos: una revisión sistemática

Leandro de Lima e Silva^{1,2}, Erik Salum de Godoy^{1,2}, Eduardo Borba Neves³, Rodrigo G. S. Vale^{1,2,4}, Javier Arturo Hall Lopez⁵, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes^{1,2}

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro (PPGCEE/UERJ). Brasil. ²Laboratório do Exercício e Esporte (LABEES/UERJ). Brasil. ³Instituto de Pesquisa do Exército (IPCFEx). Rio de Janeiro. Brasil. ⁴Universidade Estádico de Sá. Cabo Frio. Rio de Janeiro. Brasil. ⁵Universidad Autónoma de Baja California (UABC). México.

Recibido: 26.02.2018

Aceptado: 18.06.2018

Resumen

Introducción: El árbitro de fútbol tiene un relevante papel en la práctica de la modalidad y necesita de excelente condición física. El objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol de campo durante sus actuaciones en los juegos.

Material y método: Se realizó una amplia búsqueda de artículos, sin restricción de fechas, en las siguientes bases de datos electrónicas: Pubmed, Scielo y Google académico, siendo la última búsqueda efectuada el día 10/09/2017. Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: ("frecuencia cardíaca" o "heartrate" o "heart rate determination") AND ("distancia" o "distance" o "distance perception" o "vertical dimension") AND (árbitro de fútbol o "soccer referee" or "football referee").

Resultados: Se encontraron 78 artículos con potencial relevancia, 27 artículos contemplaron todos los criterios inclusión, sumando 428 árbitros de fútbol, analizados en 2.936 partidos de la modalidad.

Conclusión: Los árbitros necesitan una preparación muy específica. Recorren grandes distancias en los partidos, $10,36 \pm 1,11$ km por juego, pero de forma muy específica. Cambian mucho de dirección, de intensidad, de velocidad y rango de frecuencia cardíaca, esto sucede varias veces de forma no progresiva. En la mayoría de los juegos, se desplazan en baja intensidad, pero los estímulos de alta intensidad son muy intensos y duran muy poco de 2 a 4 segundos en su mayoría, estando directamente en los que en esas ocasiones llegan a alcanzar el 97% de su FC_{\max} . Se sugiere como una aplicación práctica una atención especial en la preparación y el análisis de los procesos decisivos. Los árbitros deben ser entrenados, evaluados y cuantificados en circunstancias que se asemejen a las condiciones de juego, tanto física, como psicológicamente. Es necesario enlazar las demandas físicas con las cognitivas en los entrenamientos y pruebas que asemejen a los ambientes de los partidos.

Palabras clave:

Fútbol. Frecuencia cardíaca. Desplazamiento. Revisión. Fisiología. Deporte. Movimiento. Carrera. Trabajo. Educación física.

Heart rate and the distance performed by the soccer referees during matches: a systematic review

Summary

Introduction: The football referee has an important role in the practice of the sport, requiring excellent physical conditioning. The objective of the present study was to analyze the relationship between heart rate and distance covered by field soccer referees during their performances in games.

Material and method: A broad search of articles was carried out, without restriction of dates, in the following electronic databases: Pubmed, Scielo and Google academic, being the last search carried out on 10/09/2017. The following search terms were used: ("heart rate" or "heart rate determination") AND ("distance" or "distance perception" or "vertical dimension") AND

Results: There were 78 articles with potential relevance, 27 articles included all the inclusion and exclusion criteria, totaling 428 soccer referees, analyzed in 2,936 games of the modality.

Conclusion: The referees need a very specific preparation. They travel long distances in games, $10,36 \pm 1.11$ km per game, but in a very specific way. They vary greatly in direction, intensity, speed and range of heart rate, this happens several times in a non-progressive way. They work in matches with a FC_{med} ranging around $158,88 \pm 3,99$ bpm and, in most games, they move in low intensity, but high intensity stimuli are very intense and last very little from 2 to 4 seconds, being directly connected to the crucial bids, on these occasions they reach 97% of their FC_{\max} . Finally, it is suggested as a practical application a special attention is needed in the preparation and analysis of decision-making processes. Referees need to be trained, evaluated and quantified in circumstances that resemble game conditions, both physically and psychologically. It is necessary to ally physical demands with cognitive, that resemble the environments of the matches, in the trainings and tests.

Key words:

Soccer. Heart rate. Displacement. Review. Physiology. Sport. Movement. Running. Work. Physical education.

Correspondencia: Leandro de Lima e Silva

E-mail: l.limaesilva@gmail.com

Introducción

El árbitro de fútbol tiene un papel relevante en la práctica de la modalidad, ya que tiene la responsabilidad de aplicar las reglas del juego y, esto hace que sea posible posicionarse bien y cómodamente al momento de tomar decisiones, ya que sus decisiones sobre el juego son definitivas y validan el resultado de la disputa¹.

Es necesario que el árbitro consiga acompañar los desplazamientos estando lo más cerca posible, buscando una óptica bien angulada. Esto permite que el árbitro sea imparcial y correcto, estando libre de cualquier presión psicológica o física^{2,3}, exigiéndose así, una buena resistencia para realizar ejercicios intermitentes y prolongados⁴.

El interés de la ciencia por el fútbol ha aumentado considerablemente, pues el deporte es más dinámico. A partir de la década de 1990, las investigaciones, que antes eran demasiado contingentes, se volvieron más sistemáticas, pero el cambio del patrón de juego presentado por la selección campeona del mundo en 1994 parece haber sido un hito para el fútbol, así como para la comunidad académica dedicada a estudiar esta modalidad deportiva. Diversos estudios relevantes se intensificaron a partir de este acontecimiento⁵.

Pero los estudios, en su mayoría, apuntan al jugador. Pocos trabajos tratan sobre las necesidades físicas del árbitro de fútbol, ya que él juega un papel en el juego alcanzando frecuencias cardíacas muy elevadas. Catterall *et al.*⁶ en investigaciones verificaron que los árbitros de fútbol, durante los partidos, alcanzaban valores medios de la frecuencia cardíaca (FC) de 165 bat.min⁻¹. Otros estudios⁷⁻⁹ encontraron valores equivalentes y en algunos casos incluso mayores para la FC durante el juego. Estos valores corresponden a aproximadamente el 85-90% de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx})^{7,9,10}. Es razonable afirmar que se hace necesario un nivel adecuado de aptitud física, principalmente del sistema cardiorespiratorio. El lactato sanguíneo aumentó sustancialmente cuando se comparó la evaluación del árbitro del pre-juego con el post-juego en el estudio de Castillo *et al.*¹¹. Corroborando con lo anterior se sugiere que, el sistema anaeróbico es estimulado durante los partidos.

Durante la preparación extenuante ocurre el mayor índice de lesión sufrida por esos profesionales¹². La Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) creó una prueba periódica inspirada en los desplazamientos ejecutados por los mismos durante los partidos¹³, que tiene carácter extenuante, y configurando otro obstáculo a ser alcanzado para que los árbitros de fútbol puedan ser considerados aptos para actuar en los partidos. Por eso es necesario planear y ejecutar entrenamientos eficaces y específicos.

Sin embargo, hasta el momento no se han encontrado revisiones sistemáticas donde se analice el efecto de la frecuencia cardíaca de los árbitros de fútbol ni sobre la distancia recorrida durante los partidos. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol de campo durante sus actuaciones en los juegos.

Material y método

La revisión de literatura se realizó de acuerdo con las líneas de recomendación para revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA¹⁴. Se llevó a cabo una amplia búsqueda, sin restricción de fechas, en

las siguientes bases de datos electrónicas: Pubmed, Scielo y Google académico, siendo la última búsqueda efectuada el día 10/09/2017.

Se utilizaron los siguientes descriptores de acuerdo con DeCS y MASH, destacando que se descartaron los descriptores que no tenían afinidad ni posibilidad de relación con el foco y objetivo de la investigación: ("frecuencia cardíaca" o "heart rate" o "heart rate determination") AND ("distancia" o "distance" o "distance perception" o "vertical dimension") AND (árbitro de fútbol o "soccer referee" or "football referee"). Pero cabe resaltar que los tres últimos términos, se utilizaron por tener conexión directa con el objetivo de este estudio y ser los términos utilizados en los artículos disponibles en las bases de datos utilizadas en esta revisión cuando el foco es el árbitro de fútbol, ya que ni el DeCS, MESH, presentaron descriptores relacionados a estos términos, y ni a sus posibles sinónimos. Además, se utilizaron tres descriptores a la vez, siempre combinando un descriptor de cada variable del estudio (FC_{med} y distancia recorrida) con un descriptor relacionado con la muestra (árbitros de fútbol) hasta que se agotaron todas las combinaciones posibles.

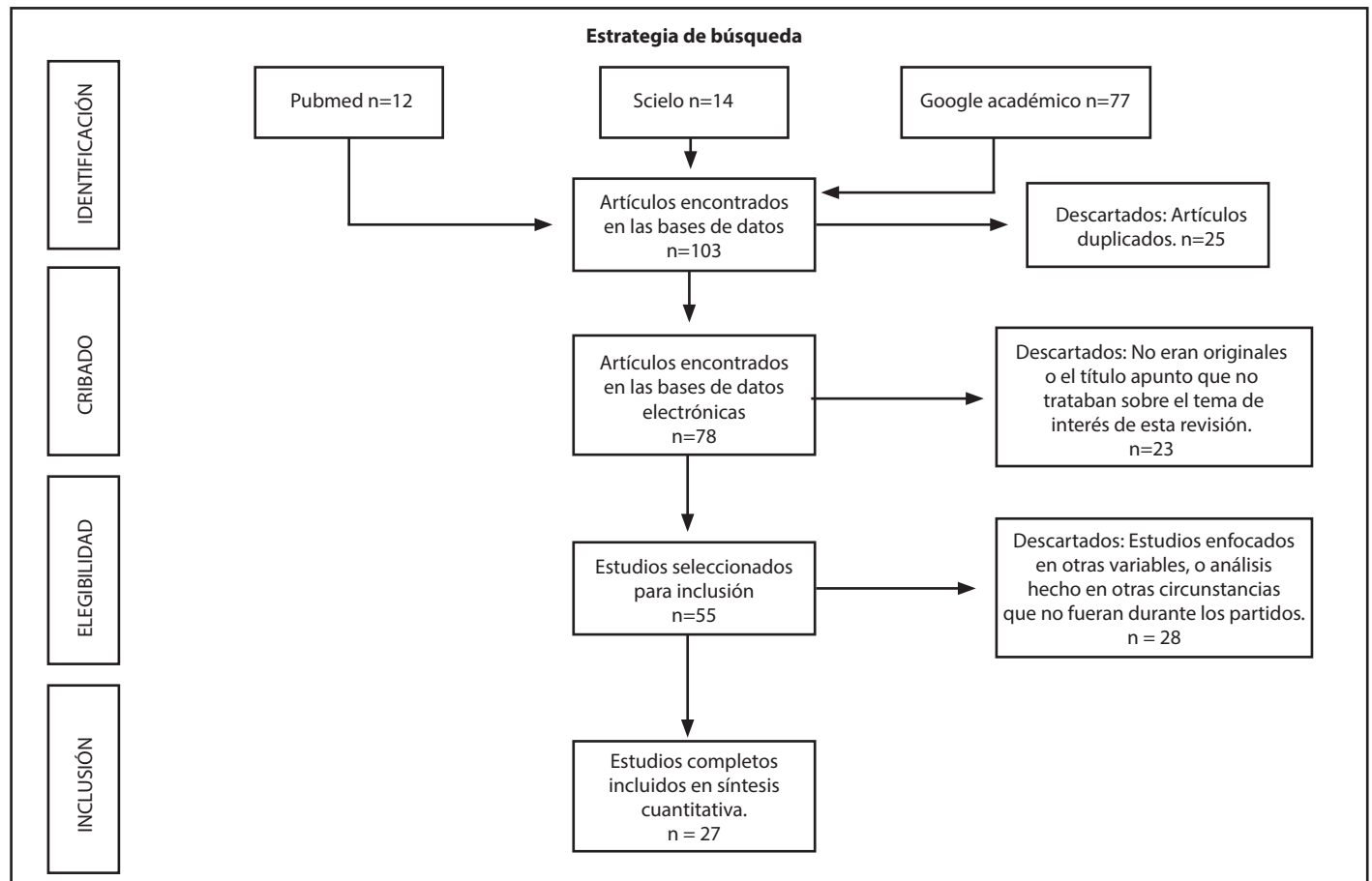
Los criterios adoptados para la inclusión de los estudios fueron: a) estudios realizados con árbitros centrales de fútbol de campo; b) estudios que analizaron y / o cuantificaron la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida durante las partidas; d) los artículos en inglés y portugués. Los criterios de exclusión adoptados fueron: a) estudios que sólo abordaban frecuencia cardíaca y/o distancia recorrida por los árbitros estando en otras actividades o ambientes, que no fueran ejerciendo sus actividades durante los partidos de la modalidad en campo; b) no es un estudio destinado a analizar juegos en las categorías sub 20 y profesional, ya que es una realidad del deporte que los atletas de la categoría sub 20 estén frecuentemente relacionados entre los atletas de la categoría arriba y, también disputen los partidos en la categoría profesional c) estudios publicados antes de 1994. Después de la inclusión, los estudios fueron cuantificados con relación al riesgo de sesgo según la escala de Loney¹⁵, apropiada para estudios con características transversales, cuya puntuación máxima a ser alcanzada por un estudio es de 8 puntos. En consecuencia, de estos criterios adoptados, la búsqueda se dio de acuerdo con el siguiente diagrama de flujo.

Resultados

La búsqueda en las bases de datos electrónicos se encontró 78 artículos con potencial relevancia, 27 artículos cumplieron todos los criterios inclusión y exclusión, sumando 428 participantes, todos árbitros centrales de fútbol de campo a nivel profesional. Los estudios analizaron a los árbitros durante sus actuaciones en los partidos de la modalidad, lo que en el total de los trabajos encontrados reveló el análisis de estos árbitros en 2.936 partidos de fútbol. En todos los estudios, cuando fue necesario, se adoptó un nivel de significancia de $p < 0,05$. La exposición de los artículos analizados fue hecha para atender las variables de interés de esta revisión sistemática. De esta forma, los estudios fueron separados en dos tablas: la primera con el objetivo de presentar los artículos incluidos en la investigación, y la segunda enfocada en las variables de interés del estudio (Figura 1).

La Tabla 1 presenta las características descriptivas de los artículos de los 27 incluidos en la revisión.

Figura 1. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda, selección de los estudios incluidos y razones para la exclusión del estudio.



La Tabla 2 presenta las características descriptivas de los 27 artículos, incluidos en la revisión. Las dos primeras columnas están destinadas a identificar el estudio, la primera columna decrece la referencia bibliográfica y la segunda describe a los autores del estudio y al año. Las demás, fueron destinadas a presentar la edad media de la muestra del estudio, la distancia recorrida por los árbitros en los partidos, la FC_{med} y la $FC_{máx}$.

En cuanto a la distancia recorrida en los juegos en los estudios, el promedio fue de $10,36 \pm 1,11$ km, siendo analizados 2.917 partidos. Sólo un artículo hizo mención al tiempo de experiencia en el arbitraje³⁷, que separó su muestra en dos grupos: árbitros experimentados y árbitros no experimentados.

En cuanto al patrón de desplazamiento durante la distancia recorrida en el juego, diversos artículos analizaron teniendo en cuenta el tipo de patrón de movimiento^{6,7,9,16-19,26,27,29,33,40,41}, donde los tipos de desplazamientos descritos no variaron en relación con la nomenclatura. En general, los patrones fueron descritos como: parado, caminando, trotando, corriendo, corriendo con intensidad, "Sprint" y desplazamiento de espaldas. En todos estos artículos la velocidad de corte para la modalidad "corriendo con intensidad" fue de >18 km/h o 5 m/s.

Un hecho curioso que el análisis de los estudios antes citados reveló, y que no fue bien discutido por ninguno de ellos, fue que el tiempo y la distancia recorrida en los desplazamientos de espalda fueron siempre

mucho mayores que en "Sprint". Silva⁴⁰ verificó en sus resultados que los "sprints" representan menos del 1% del tiempo total del juego.

Los demás artículos^{6,7,9,17-19,23-25,27,29-31,34,35,37-40} hicieron su análisis pautados en la intensidad del desplazamiento y, en todos ellos, el punto de corte relacionado para definir alta intensidad fue de >18 km/h o >5 m/s. Los resultados de estos estudios fueron coherentes en afirmar que el árbitro se desplaza, en la mayor parte del juego, a baja velocidad, pero de forma muy intermitente donde la velocidad media, teniendo como base todos los estudios, fue de $5,9 \pm 0,26$ km/h, pero con picos cortos de alta intensidad, que duran en promedio de $3 \pm 1,41$ segundos. En estos picos cortos, la media de las velocidades máximas de los estudios encontrados fue de $19,84 \pm 1,56$ km/h. El mayor valor de velocidad máxima de un árbitro en juego en los estudios de esta revisión sistemática fue de $25,96$ km/h, relatada en el estudio de Silva³⁹.

La FC_{med} de los artículos encontrados fue de $158,88 \pm 3,99$ bpm y la media de la $FC_{máx}$ fue de $185,02 \pm 6,99$ ppm. En la relación FC_{med} y $FC_{máx}$ en porcentaje, la FC_{med} de los estudios presentados en la tabla 2 fue de $85,64 \pm 1,94\%$ de la $FC_{máx}$.

Algunos estudios^{21,22,37,38}, para fines de análisis, dividieron la FC_{med} en bandas basadas en el porcentaje en relación a $FC_{máx}$ y, buscaron medir el tiempo de permanencia durante el juego en cada banda. Roman et al.²¹. Determinan estas fases de la siguiente manera: fase 1 ($<35\%$), fase

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática.

Ref.	Autor/año	Competición	Muestra (n) (Árbitros / N. de Juegos)	Puntuación en la escala de Loney
(8)	Johnston, McNaughton (1994)	Liga estatal de Tasmania	10/10	5
(16)	Da Silva, Rodriguez-Añez (1999)	Campeonato Paranaense serie A	9/9	4
(17)	D'ottavio, Castagna (2001)	Campeonato Italiano serie A	33/96	7
(7)	D'ottavio, Castagna (2001)	Campeonato italiano serie A	18/18	6
(9)	Krustrup, Bangsbo (2001)	Liga de Dinamarca 1a e 2a Div.	27/43	8
(18)	Castagna (2002)	Campeonato Italiano A e B	22/22	7
(19)	Rebelo <i>et al.</i> (2002)	Campeonato Portugués	8/8	4
(20)	Roman <i>et al.</i> (2004)	Campeonato Paranaense 1998	12/15	4
(21)	Roman <i>et al.</i> (2004)	Campeonato paranaense 1a Div.	12/12	4
(22)	Helsen, Bultynck (2004)	Euro Copa 2000	17/31	6
(23)	Castagna C <i>et al.</i> (2004)	Campeonato Italiano Serie Ay Copa Europea	13/13	6
(24)	Mallo <i>et al.</i> (2007)	Copa del Mundo sub-17	12/12	5
(25)	Weston <i>et al.</i> (2007)	Liga Inglesa 1ª Div.	19/254	7
(26)	Oliveira <i>et al.</i> (2008)	Campeonato Paulista Sub 20	8/8	5
(27)	Da Silva <i>et al.</i> (2008)	Campeonato paranaense series A y B	29/29	5
(28)	Silva (2008)	Campeonato Paranaense A e B 2005 e 2006	10/30	7
(29)	Da Silva <i>et al.</i> (2010)	Campeonatos Paranaense e Paulista	16(PN=9+SP=7)/16	6
(30)	Vieira <i>et al.</i> (2010)	Campeonato Potiguar 2009	11/21	4
(31)	Weston <i>et al.</i> (2010)	Liga inglesa 1a Div	22/778	7
(32)	Ardigò (2010)	Campeonato Italiano 6a e 7a Divisiones	6/20	5
(33)	Da Silva <i>et al.</i> (2011)	Campeonato Paranaense Serie A	10/30	6
(34)	Weston <i>et al.</i> (2011)	Liga Inglesa	59/1269	7
(35)	Dos Santos V <i>et al.</i> (2012)	Campeonato Bahiano 2012	30/138	6
(36)	Roman <i>et al.</i> (2012)	Campeonato Paranaense	12/12	4
(37)	Silva (2014)	Campeonato Cearense 3a División, Sub 20 y Copa UNIMED	28/28	6
(38)	Cipriani (2015)	Liga Portuguesa 2013 y 2014	1/11	5
(39)	Silva (2016)	Campeonato Goiano 2016	2/3	5

Ref: referencia bibliográfica; Autor/año: autor y año de elaboración del estudio; Competición: competición que se utilizó para recopilar los datos; PN: árbitro del estado de Paraná en Brasil; SP: árbitro del estado de Sao Paulo en Brasil.

2 (35-59%), fase 3 (60-79%), fase 4 (80-89%) y fase 5 (>90%) de la $FC_{\text{máx}}$ estimada por la fórmula de Karvonen. Ya Cipriani *et al.*³⁸ establecen estas fases por intervalos absolutos de la FC de la siguiente manera: fase 1 (75-104 bpm), fase 2 (105-125 bpm), fase 3 (126-146 bpm), fase 4 (147-167 bpm) y fase 5 (168-188 bpm), basados en una prueba de esfuerzo máximo de laboratorio, estos autores separaron las fases 4 y 5 como si fueran categorías de rendimiento, pero esas bandas son aquellas donde las intensidades se encuentran encima del umbral anaeróbico y por debajo del valor de $VO_2\text{max}$, y se espera que sólo individuos entrenados demuestren este tipo de rendimiento. Además, si se intenta estudiar sus resultados, afirmar que los árbitros permanecieron 50-69% del tiempo del juego en la fase 4, encima del umbral anaeróbico.

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue identificar en la literatura estudios que abordaran las demandas físicas de los árbitros centrales de fútbol, en los partidos. Los estudios analizados en esta revisión sistemática

corroboran a Reilly y Gregson⁴² que afirman que la distancia recorrida por los árbitros en los partidos de fútbol varía entre 9 a 13 km. A pesar del gran avance del fútbol en relación al pilar físico, ya en 1988, el trabajo de Asami *et al.*, pionero en la descripción de las acciones motoras del árbitro de fútbol, considerado como clásico en esta área⁴¹, ya relataba en sus resultados que corroboran esa distancia. En ese estudio, los autores analizaron la distancia recorrida en un juego por dos clases de árbitros: una de la liga japonesa, es decir, árbitros nacionales, y otra de árbitros internacionales. El desplazamiento medio de los árbitros nacionales fue de 10.168 ± 756 metros, siendo que los árbitros internacionales presentaron un desplazamiento promedio de 9.736 ± 1.077 metros.

Gran parte de los estudios encontrados hacen mención a la distancia recorrida midiendo esa distancia en cada acción motora ejecutada por esos profesionales en actuación en los juegos. El árbitro pasa la mayor parte del tiempo en actividades de baja intensidad caminando o trotando. Algunos estudios afirmaron que ellos caminan más, otros afirmaron que lo árbitro trota más durante el juego. Esto dependerá en gran medida de la intensidad del juego. El porcentaje relacionado a la caminata en los artículos fue de 30 a 60% durante el juego. Esta

Tabla 2. Distancia recorrida, FC_{med} e $FC_{máx}$ de los árbitros de fútbol durante los partidos.

Ref.	Autor/año	Edad media de la muestra	Distancia recorrida	FC_{med}	$FC_{máx}$
(8)	Johnston, McNaughton (1994)	---	9,40±0,83	1° tiempo: 163 2° tiempo: 162	191,76
(16)	Da Silva, Rodriguez-Añez (1999)	---	9,29±0,62	---	---
(17)	D'ottavio, Castagna (2001)	37,8±2,1	11,49±0,98	---	---
(7)	D'ottavio, Castagna (2001)	37,5±2,14	11,17±1,69	163±5	183,5
(9)	Krustrup, Bangsbo (2001)	38 (de 29 a 47)	10,07±0,13	162±2	190,5
(18)	Castagna (2002)	37,0±2,4	11,63±0,9	---	---
(19)	Rebello <i>et al.</i> (2002)	37±6,6	---	150±21,9	176±17
(20)	Roman <i>et al.</i> (2004)	37,1±6,8	10,71±0,89	---	---
(21)	Roman <i>et al.</i> (2004)	35,5±6,7	10,71±0,89	156,5±13,2	179,5±12,1
(22)	Helsen, Bultynck (2004)	40,2±3,9	---	155±16	182,35
(23)	Castagna <i>et al.</i> (2004)	37±3	12,95±0,54	---	---
(24)	Mallo <i>et al.</i> (2007)	33,4±3,8	11,05±0,93	161±8	187
(25)	Weston <i>et al.</i> (2007)	40,1± 4,9	11,62±0,73	---	---
(26)	Oliveira <i>et al.</i> (2008)	26,79,73±4,13	9,35±1,02	160,51±2	---
(27)	Da Silva <i>et al.</i> (2008)	38,9±3,8	9,15±0,07	---	---
(40)	Silva (2008)	38,89±3,79	9,18±0,39	---	---
(29)	Da Silva <i>et al.</i> (2010)	PN=38,44±4,0 SP=27,29±4,7	9,13±0,25 10,03±0,84	---	---
(30)	Vieira <i>et al.</i> (2010)	36,36 ± 6,34	10,50 ± 0,35	162,77 ± 7,44	182,22 ± 7,72
(31)	Weston <i>et al.</i> (2010)	(31-48)	11,53±0,74	---	---
(32)	Ardigò (2010)	22,6±2,4	11,39±0,69	163±8	201
(33)	Da Silva <i>et al.</i> (2011)	38±1,1	9,18±0,12	---	---
(34)	Weston <i>et al.</i> (2011)	(22-49)	11,77±0,80	---	---
(35)	Dos Santos <i>et al.</i> (2012)	---	10,05	---	---
(36)	Roman <i>et al.</i> (2012)	35,5±6,7	10,71±0,89	156,5±13,2	179,5±12,1
(37)	Silva (2014)	Arb. Exp. 31,17±5,18 Ñ. Exp. 28.60±5.06	Arb. Exp. 9,3±0,7 Ñ. Exp. 8,8±0,9	1° tiempo: 157.23 ±12.92 2° tiempo: 155.31 ±12.43	1° tiempo: 180,46±9,31 2° tiempo: 181,62 ±15.84
(38)	Cipriani (2015)	(un árbitro) 39	---	159	191
(39)	Silva (2016)	37,6±4,39	9,2±0,65	---	---

Arb. Exp.: árbitro con experiencia; Ñ. Exp.: árbitro sin experiencia; PN: Paraná; SP: São Paulo; 1° tiempo: primera parte de 45 minutos del juego; 2° tiempo: segunda parte de 45 minutos del juego; PN: árbitro del estado de Paraná en Brasil; SP: árbitro del estado de Sao Paulo en Brasil.

gran variación en el porcentaje de caminata en los partidos parece sufrir influencia incluso de la región donde el juego ocurre. En el caso de los árbitros brasileños, caminaron el 58% del tiempo total de juego, al igual que en otro estudio con árbitros daneses⁹, ese tiempo de caminata durante el juego correspondió al 40% y los árbitros japoneses y portugueses caminaba sobre 33% del partido^{19,41}. Las diferencias de estilo de juego (entre países) también deben tenerse en cuenta cuando se comparan los resultados encontrados.

Es consenso que las acciones motoras más utilizadas por los árbitros son el trote y la caminata^{6-9,16-19,24,26,29,34,40,41}, pero también es unánime que la intensidad del juego tiene gran influencia en este aspecto. El perfil de la actuación de los árbitros es directamente influenciado por la distancia cubierta por la pelota en el juego²⁴. El estudio de Weston *et al.*²⁵ realizado con 19 árbitros analizados en 254 partidos en Inglaterra durante la Premier League, estudiaron una correlación positiva de la performance

física de los árbitros con la de los jugadores, también observaron que el desempeño físico de los árbitros presentó una correlación negativa entre el primer y segundo tiempo de los juegos, pues cuando el primer tiempo es muy intenso tiende a disminuir en el segundo tiempo, suponiendo que un comportamiento de ahorro de energía puede estar siendo adoptado por los árbitros. El estudio de Costa *et al.*⁴³ aunque no se ha incluido entre los artículos de esta revisión sistemática, no encontró diferencias significativa en la distancia recorrida, ni en la velocidad máxima entre el primer y segundo tiempo del partido. A pesar de esto, la velocidad media y el tiempo que se mantuvieron entre el 90-100% de la $FC_{máx}$ fue mayor en el primer tiempo de los partidos. Esta alternancia de intensidad entre los tiempos del partido también fue verificada en otros estudios^{8,9,17,20,26,27}.

La frecuencia cardíaca es otro factor relevante. La FC_{med} en juego representa en promedio 70 a 85% de la $FC_{máx}$ estimado. El estudio de

Krustrup y Bangsbo⁹ observó que el valor más alto de frecuencia cardíaca que un árbitro alcanza en un partido corresponde a cerca del 97% de su $FC_{m\acute{a}x}$. Esta información puede ser relacionada con los datos literarios para jugadores de fútbol. En este sentido, se observa que la frecuencia cardíaca del jugador durante el partido varía entre el 80 y el 90% de la $FC_{m\acute{a}x}$ ⁴⁴⁻⁴⁶, valores cercanos a los presentados por los árbitros de fútbol.

El partido exige de los árbitros un tipo de desplazamiento muy atípico, con características demasiado intermitentes, con mucha alternancia de ritmo muy brusca e inesperada. El sistema de producción de energía más solicitado en los partidos es el aeróbico, pero las intervenciones anaeróbicas parecen ser las más importantes para la actuación de los árbitros de fútbol. A pesar de esto, estas intervenciones ocurren en menor cantidad durante un partido. Los estudios de esta revisión sistemática corroboraron esa menor cantidad de acciones de alta intensidad (*sprints*) y relatan incluso que son menos utilizadas que los desplazamientos de espaldas de los árbitros en los partidos^{6,8,9,17-19,24,25,29,40,41}.

Por otro lado, a pesar de que el acondicionamiento físico es importante, el poder decisorio es el punto crucial del juego²⁹. En cuanto a esto, algunos estudios apuntan que los árbitros más experimentados tienden a acertar más^{22,25,30,31,34,36,37}, Silva³⁷ concluye en su estudio, que además de tender a acertar más, los árbitros más experimentados fueron mejores en el control de la FC, manteniendo incluso el ritmo entre los tiempos del partido. El estudio de Aoba *et al.*⁴⁷ encontró una diferencia significativa entre los árbitros de nivel internacional y nivel nacional de la asociación Japonesa de fútbol (JFA) en relación a la distancia de los puntos en que ocurrieron faltas hasta el lugar donde los árbitros estaban. En este estudio los árbitros fueron evaluados por distancia de movimiento, distancia de los puntos en que ocurrieron faltas hasta el lugar donde los árbitros estaban y frecuencia cardíaca. Por todos esos indicios, parece que la experiencia beneficia al árbitro en la toma de decisión y en la administración del esfuerzo físico durante el juego, hecho que requiere más estudios, pues es necesario analizar a qué distancia de las acciones de juego los árbitros estaban en el momento de las decisiones. Esto puede variar bastante y no alterar la distancia recorrida por el mismo, y es consenso que, la distancia aumentada en relación a una acción de juego dificulta su evaluación. Tal vez esto haya ocurrido porque los árbitros más experimentados tienden a tener una mejor evaluación espacial en el campo de juego, pudiendo alterar su movimiento en el partido, desgastándose menos y llegando a una distancia cómoda para evaluar la jugada.

En el caso de los árbitros de la federación paranaense de fútbol³⁶, corrobora esta línea de raciocinio, el estudio realizado con árbitros de fútbol relata que los que tienen más años de experiencia son más seguros y no necesitan estar tan cerca para analizar las acciones de juego, y que los más jóvenes corren más durante los partidos. Aunque hay un protocolo que oriente este movimiento en juego sugerido por la FIFA y sus entidades afiliadas^{1,48,49}, parece que el tiempo de arbitraje puede mejorar ese movimiento alcanzando decisiones correctas con menor esfuerzo. El más importante para el éxito del árbitro de fútbol es realmente la decisión, que se toma en corto tiempo y en estado metabólico bien alterado dependiendo del momento del juego³¹.

Las cuestiones cognitivas son imprescindibles para esta modalidad deportiva. Algunos de estos temas, como por ejemplo, la autoconfianza

y la ansiedad se asocian al riesgo de que los jóvenes se lesionen durante las disputas⁵⁰. Para los árbitros de fútbol los factores cognitivos también son importantes y pueden sufrir influencias de aspectos relacionados al ambiente de juego, así como de factores fisiológicos. Gomez-Carmona *et al.*⁵¹ verificaron en su estudio que los aspectos que influenciaron la decisión de los árbitros y causaron los errores fueron: la parte del campo, el período de juego y la $FC_{m\acute{a}x}$ porcentaje del árbitro.

Helsen y Bultynck²² hicieron un estudio sobre las decisiones de los árbitros en los partidos. En este estudio, apuntan que estos profesionales toman en promedio 137 decisiones observables durante el juego. Esto fue medido a través del lenguaje corporal de los árbitros en el replay en video de los partidos y varió de 104 a 162. Los autores relataron que el 64% de esas decisiones fueron tomadas en comunicación con los árbitros asistentes y con el cuarto árbitro. También afirman que es importante para los árbitros entrenar en video, asistiendo acciones de juego, pero no es posible elevar un árbitro al nivel de especialista simplemente por imitación perspectiva. Los entrenamientos y evaluaciones visuales todavía son muy limitados porque se realizan generalmente en ambientes estáticos. Lo que es comprensible debido a la complejidad de simular el ambiente decisorio como los árbitros de fútbol en los juegos en ambiente controlado.

Conclusión

Los resultados apuntan que los árbitros de fútbol recorren grandes distancias en los juegos ($10,36 \pm 1,11$ km), pero de forma muy específica y cambian mucho de dirección, de intensidad, velocidad y rango de frecuencia cardíaca. Esto sucede varias veces de forma no progresiva. La FC_{med} es de $158,88 \pm 3,99$ bpm durante los partidos y, en la mayoría de los partidos, los árbitros se desplazan a baja intensidad. Sin embargo, los estímulos de alta intensidad son muy intensos y duran muy poco, cerca de 2 a 4 segundos, estando directamente conectados a las jugadas cruciales del juego. En esas ocasiones llegan a alcanzar el 97% de su $FC_{m\acute{a}x}$.

Se sugiere como aplicación práctica una atención especial en la preparación, así como en el análisis de los procesos decisorios de estos profesionales. Los estudios apuntan que aún hay mucho que evolucionar en el aspecto cognitivo. Los árbitros deben ser entrenados, evaluados y cuantificados en circunstancias que se asemejen a las condiciones de juego. Es necesario que se conozca mejor las condiciones en que esos momentos de decisión están siendo procesados, tanto físicamente, como psicológicamente, para que se pueda elaborar y perfeccionar los entrenamientos.

Se recomiendan estudios que investiguen las asociaciones entre las demandas físicas y cognitivas, y que presenten comparaciones entre los ambientes de los partidos en los entrenamientos y con el juego oficial. Esto puede desarrollar la práctica del arbitraje y favorecer el éxito del fútbol.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- IFAB. Soccer laws illustrated: officially approved and recommended by The Referees' Committee of FIFA: with the laws of the game and decisions of the International Football Association Board: FIFA; 2017/2018. 202 p.
- Costa VTd, Ferreira RM, Penna EM, Costa ITd, Noce F, Simim MADm. Análise estresse psíquico em árbitros de futebol. *Rev Bras Psic Esp*. 2010;3(2):2-16.
- Rontoyannis G, Stalikas A, Sarros G, Vlastaris A. Medical, morphological and functional aspects of Greek football referees. *J Sports Med Phys Fit*. 1998;38(3):208-14.
- Rebello A, Silva S, Pereira N, Soares J. Stress físico do árbitro de futebol no jogo. *Rev port ciênc desporto*. 2002;2(5):24-30.
- Settoni Giglio S, Spaggiari E. A produção das ciências humanas sobre futebol no Brasil: um panorama (1990-2009). *Rev História*. 2010(163).
- Catterall C, Reilly T, Atkinson G, Coldwells A. Analysis of the work rates and heart rates of association football referees. *Brit J Sport Med*. 1993;27(3):193-6.
- D'ottavio S, Castagna C. Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play. *J Sports Med Phys Fit*. 2001;41(1):27.
- Johnston L, McNaughton L. The physiological requirements of Soccer refereeing. *Aust J Sci Med Sport*. 1994;26(3-4):67-72.
- Krustrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sport Sci*. 2001;19(11):881-91.
- Harley R, Tozer K, Doust J. An analysis of movement patterns and physiological strain in relation to optimal positioning of association football referees. In: Spinks W, Reilly, T. and Murphy, A., eds, editor. *Science and football IV*. Routledge, London2001. p. 137-43.
- Castillo D, Yanci J, Cámara J, Weston M. The influence of soccer match play on physiological and physical performance measures in soccer referees and assistant referees. *J Sports Sci*. 2016;34(6):557-63.
- de Oliveira MC, Reis LN, da Silva AI. Injury incidence in Brazilian football referees. *Arch Med Deporte*. 2016;33(172):108-12.
- FIFA F. referee physical fitness test. Multimedia Teaching Material. Zurich Switzerland, Fédération Internationale de Football Association, April, CD-ROM, Macromedia Flash Player2006.
- Galvão TF, Pansani TdSA, Harrad D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol Serv Saúde*. 2015;24:335-42.
- Loney PL, Chambers LW, Bennett KJ, Roberts JG, Stratford PW. Critical appraisal of the health research literature prevalence or incidence of a health problem. *Chronic Diseases and Injuries in Canada*. 1998;19(4):170.
- Da Silva AI, Rodríguez-Añez C. *Ações motoras do árbitro de futebol durante a partida. Treinamento Desportivo*. Londrina: Editora Treinamento Desportivo. 1999;4(2):5-11.
- D'ottavio S, Castagna C. Analysis of match activities in elite soccer referees during actual match play. *J Strength Cond Res*. 2001;15(2):167-71.
- Castagna C, Abt G, D'ottavio S. Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res*. 2002;16(2):231-5.
- Rebello A, Silva S, Pereira N, Soares J. Stress físico do árbitro de futebol no jogo. *Rev port ciênc desporto*. 2002;2(5):24-30.
- Uma análise das alterações nas variáveis fisiológicas e aptidão física (teste da FIFA) e suas prováveis interferências no desempenho do arbitro durante a partida [Internet]. UNICAMP. 1999 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000202204>.
- Roman ER, Arruda Md, Gasperin C, Fernandez R, Da Silva A. Estudo da desidratação, intensidade da atividade física e distância percorrida pelo árbitro de futebol durante a partida. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2004;2:160-71.
- Helsen W, Bultynck J-B. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sport Sci*. 2004;22(2):179-89.
- Castagna C, Abt G, D'ottavio S. Activity profile of international-level soccer referees during competitive matches. *J Strength Cond Res*. 2004;18(3):486-90.
- Mallo J, Navarro E, García-Aranda J-M, Gillis B, Helsen W. Activity profile of top-class association football referees in relation to performance in selected physical tests. *J Sci Med Sport*. 2007;25(7):805-13.
- Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, Abt G. Analysis of physical match performance in English Premier League soccer referees with particular reference to first half and player work rates. *J Sci Med Sport*. 2007;10(6):390-7.
- Oliveira MCd, Guerrero Santana CH, Barros Neto Tld. Análise dos padrões de movimento e dos índices funcionais de árbitros durante uma partida de futebol. *Fit Perf J*. 2008;7(1):41-7.
- da Silva AI, Fernandes LC, Fernandez R. Energy expenditure and intensity of physical activity in soccer referees during match-play. *J Sport Sci*. 2008;7(3):327.
- Da Silva AI. Reposição hídrica e gasto energético do árbitro de futebol no transcorrer da partida: Tese de Doutorado. Curitiba: UFPR; 2007.
- Da Silva AI, Fernandez R, De Oliveira MC, de Barros Neto TL. Nível de desidratação e desempenho físico do árbitro de futebol no Paraná e São Paulo. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2010;9:148-55.
- Vieira CMA, Costa EC, Aoki MS. O nível de aptidão física afeta o desempenho do árbitro de futebol? *Rev Bras Edu Fis Esp*. 2010;24(4):445-52.
- Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, Breivik S. Ageing and physical match performance in English Premier League soccer referees. *J Sport Sci*. 2010;13(1):96-100.
- Ardigò LP. Low-cost match analysis of Italian sixth and seventh division soccer refereeing. *J Strength Cond Res*. 2010;24(9):2532-8.
- Da Silva A, Fernandes L, Fernandez R. Time motion analysis of football (soccer) referees during official matches in relation to the type of fluid consumed. *Braz J Med Biol Res*. 2011;44(8):801-9.
- Weston M, Drust B, Atkinson G, Gregson W. Variability of soccer referees' match performances. *Int J Sports Med*. 2011;32(03):190-4.
- Gonçalves dos Santos V, Navarro F, Dortas AG. O esforço físico realizado pelos árbitros em jogos oficiais do campeonato Baiano de futebol profissional. *RBFF-Rev Bras Futsal e Futebol*. 2012;4(12):124-30.
- Roman ER, Arruda M, Da Silva AI. Estudo da relação entre o perfil antropométrico, variáveis do jogo e testes físicos da FIFA em árbitro de futebol. *RBFF-Rev Bras Futsal e Futebol*. 2012;4(12):98-107.
- Varição da capacidade de decisão dos árbitros de futebol em função da experiência e aptidão aeróbia [Internet]. Repositório da UTAD. 2014 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://hdl.handle.net/10348/3019>.
- Avaliação da performance do árbitro de futebol 11: estudo de caso [Internet]. Universidade de Lisboa. 2015 [cited January 10, 2018]. Available from: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/11962/1/Tese%20Mestrado%201.pdf>.
- Análise do desempenho físico de árbitros de futebol durante as finais do campeonato goiano de 2016 [Internet]. UFG. 2016 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/11943/5/TCCG%20-%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20F%C3%ADsica%20-%20Rodrigo%20Mendon%C3%A7a%20Silva.pdf>.
- Reposição hídrica e gasto energético do árbitro de futebol no transcorrer da partida [Internet]. Universidade Federal do Paraná. 2008 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://hdl.handle.net/1884/14658>.
- Asami T, Togari H, Ohashi J. *Analysis of movement patterns of referees during soccer matches*. London: Spon (Verlag): Science and football;1988.
- Reilly T, Gregson W. Special populations: the referee and assistant referee. *J Sport Sci*. 2006;24(07):795-801.
- Costa EC, Vieira CM, Moreira A, Ugrinowitsch C, Castagna C, Aoki MS. Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *J Sports Sci Med*. 2013;12(3):559.
- Balikian Junior P, Lourenção A, Ribeiro LFP, Festuccia WTL, Neiva CM. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. *Rev Bras Med Esp*. 2002:32-6.
- Silva PRS, Romano A, Texeira AAA, Visconti AM, Roxo CDMN, Machado GS, Vidal JRR, Inarra LA. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) em jogadores de futebol. *Rev Bras Med Esporte*. 1999;5(6):225-32.
- Silva S, Pereira J, Kaiss L, Kulaitis A, Silva M. Diferenças antropométricas e metabólicas entre jogadores de futebol das categorias profissional, júnior e juvenil. *Rev Trein Desportiva*. 1997;2(3):35-9.
- Aoba Y, Yoshimura M, Miyamori T, Suzuki S. Assessment of soccer referee performance during games. *Football Sci*. 2011;8:8-15.
- Campo tático [Internet]. Comissão de Arbitragem do Rio de Janeiro. 2017. Available from: <http://www.coafri.com.br/anexos/campotatico2017.pdf>.
- FIFA, cartographer Objectivos para instructores de Brasil - Manual de instruções RAP 102015.
- Abenza L, Olmedilla A, Ortega E, Esparza F. Lesiones y factores psicológicos en futbolistas juveniles. *Arch Med Deporte*. 2009;132):280-8.
- Gomez-Carmona C, Pino-Ortega J. Kinematic and physiological analysis of the performance of the referee football and its relationship with decision making. *J Hum Sport Exerc*. 2016;11(4):397-414.

El papel del ejercicio aeróbico en la prevención y manejo de la fibrilación auricular. ¿Amigo o enemigo?

Lorenzo A. Justo¹, Saray Barrero-Santalla², Juan Martín-Hernández¹, Salvador Santiago-Pescador¹, Ana Ortega¹, Carlos Baladrón¹, Alejandro Santos-Lozano¹

¹Universidad Europea Miguel de Cervantes. Valladolid. ²Escuela de Ciencias de la Salud. Universidad de León. León.

Recibido: 27.07.2018

Aceptado: 03.01.2019

Resumen

La fibrilación auricular es la arritmia que presenta mayor prevalencia en la población a nivel mundial. De hecho, la bibliografía científica existente parece mostrar también una elevada prevalencia en deportistas de resistencia. Sin embargo, actualmente la relación entre la fibrilación auricular y el ejercicio aeróbico resulta controvertida. Por un lado, el ejercicio aeróbico puede considerarse una herramienta de prevención primaria para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, incluidas las arritmias. Por otro, realizar actividades de alta intensidad de manera regular con grandes volúmenes, ha sido identificada por algunos autores como un factor de riesgo. Actualmente, se desconoce el mecanismo exacto por el cual el ejercicio aeróbico podría incrementar el riesgo de fibrilación auricular, pero podría estar relacionado con cambios anatómicos y funcionales a nivel cardíaco. Esta revisión pretende realizar una actualización del efecto que presenta el ejercicio aeróbico sobre la fibrilación auricular para establecer una pauta de prescripción. Los resultados del presente trabajo, según la evidencia actual, parecen mostrar al ejercicio aeróbico como una estrategia no farmacológica útil tanto para la prevención, como para el tratamiento de la fibrilación auricular. El efecto preventivo del ejercicio aeróbico en la fibrilación auricular parece estar relacionado con la disminución de factores de riesgo asociados. Aunque no existe consenso sobre la carga de ejercicio, se considera que el ejercicio aeróbico debería practicarse regularmente y a una intensidad moderada-vigorosa para alcanzar los mayores beneficios. Se requieren más investigaciones para determinar los mejores parámetros de ejercicio aeróbico en la fibrilación auricular.

Palabras clave:

Arritmia cardíaca. Prevención primaria. Prevención secundaria. Factor de riesgo.

The role of aerobic exercise in the prevention and management of auricular fibrillation. Friend or foe?

Summary

Atrial fibrillation is the arrhythmia with the highest prevalence world-wide. In fact, scientific literature seems to show a high prevalence of atrial fibrillation in endurance athletes too. However, currently the relationship between atrial fibrillation and aerobic exercise is controversial. On the one hand, aerobic exercise could be defined as a useful tool to be used as primary prevention strategy for the development of cardiovascular diseases, including arrhythmias. On the other hand, some authors identify it as a risk factor, specifically if it is performed at high intensity with large regular volumes. But the exact mechanism by which aerobic exercise might increase the risk of atrial fibrillation is unknown, although it could be related to anatomical and functional changes at the cardiac level. This review aims to update the knowledge about the effect of aerobic exercise on atrial fibrillation to establish a prescription pattern. The results of the present work, according to the current evidence, show the aerobic exercise as a non-pharmacological strategy, both for the primary and secondary prevention of atrial fibrillation. The preventive effect of aerobic exercise on atrial fibrillation seems to be related to the reduction of associated risks. Although there is no consensus on the exercise load, it is considered that aerobic exercise should be practiced often and at a moderate-vigorous intensity to get the greatest benefits. More research is required to determine the best parameters of aerobic exercise in atrial fibrillation.

Key words:

Cardiac arrhythmia. Primary prevention. Secondary prevention. Risk factor.

Correspondencia: Lorenzo Antonio Justo Cousiño

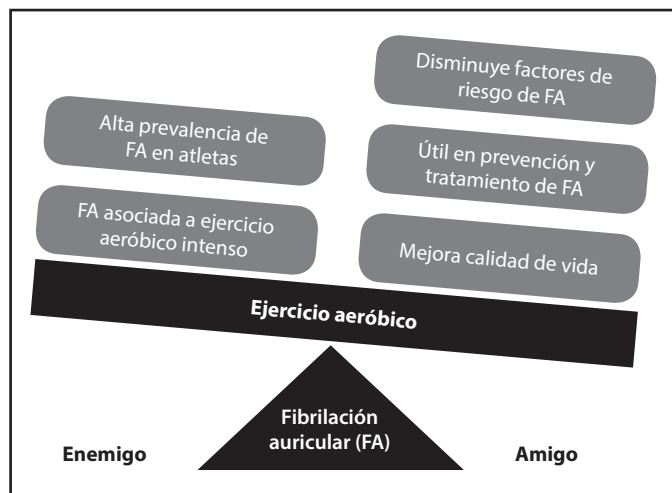
E-mail: ljusto@uemc.es

Introducción

Existen una serie de complicaciones que pueden alterar el ritmo cardíaco normal, haciendo que éste sea más rápido, lento o irregular¹. Las arritmias más comunes son el flutter auricular, la taquicardia ventricular, la taquicardia supraventricular, la fibrilación ventricular y la fibrilación auricular (FA). De entre ellas, la FA es la que presenta mayor prevalencia – 1-2% en la población general^{2,3} –, además de una alta tasa de morbilidad y mortalidad cardiovascular asociadas^{1,4}.

La edad se ha descrito como el principal factor de riesgo de desarrollo de FA^{5,6}. No obstante, otros factores como la hipertensión, la obesidad, la enfermedad renal crónica o la diabetes *mellitus* también se consideran factores predisponentes^{7,8}. Se ha demostrado que el ejercicio aeróbico (EA) regular tiene efectos positivos sobre el control de la tensión arterial⁹, el índice de masa corporal¹⁰, la función renal¹¹ y la sensibilidad a la insulina¹². El EA puede, por lo tanto, incidir positivamente sobre algunos de los factores predisponentes y debe contemplarse como posible profiláctico de la FA¹³. El EA de carácter máximo también se ha empleado con éxito como tratamiento no farmacológico en pacientes de FA, mostrando tasas de reversión de hasta un 27% en pacientes previamente programados para cardioversión eléctrica¹⁴. Además, el EA influye positivamente sobre el bienestar y la calidad de vida de estos pacientes, independientemente de su eficacia sobre la sintomatología de la FA¹⁵. En cambio, existe cierta controversia en la relación entre el EA y la FA (Figura 1). Mientras que el EA moderado parece ser una herramienta adecuada para la profilaxis y el tratamiento de la FA, hay investigaciones que demuestran que dosis elevadas de EA aumentan las probabilidades desarrollar FA solitaria; es decir, sin otras patologías cardiovasculares asociadas¹⁶. Por ejemplo, la prevalencia de FA en esquiadores de fondo se ha documentado en un 12,8%, frente al 1-2% de la población general¹⁷. Parece existir una línea, marcada por los componentes de la carga de EA que condiciona esta relación aparentemente paradójica entre EA y FA. El volumen, frecuencia e intensidad del EA pueden determinar su influencia en uno u otro sentido, aunque

Figura 1. Controversia en la relación entre el ejercicio aeróbico y la fibrilación auricular.



aún no se conocen los límites exactos de esta relación. El ejercicio de intensidad, volumen y frecuencia moderados parece tener un efecto preventivo, mientras que el ejercicio vigoroso y mantenido largamente en el tiempo incrementa el riesgo de desarrollar FA¹⁴.

Esta paradoja impone una consideración bidireccional hacia el ejercicio físico. Por un lado, desde la perspectiva del profesional del acondicionamiento y, por otro, desde la del clínico. Este trabajo pretende revisar el estado del arte sobre la FA –así como su vinculación con el EA– y establecer un marco de prescripción de EA basado en la evidencia científica para la prevención y tratamiento de la FA.

La fibrilación auricular

Las contracciones del corazón se producen por medio de señales eléctricas que se inician en la aurícula derecha, más concretamente en el nódulo sinusal auricular (NSA). Estas señales hacen que las aurículas se contraigan y bombeen la sangre a los ventrículos. A su vez, la corriente viaja desde el NSA a través de las fibras musculares al nódulo atrioventricular (NAV), que da la señal de contracción de los ventrículos para que bombeen la sangre a los pulmones y al resto del organismo¹⁸. En la FA las señales eléctricas no se inician en el NSA, sino que lo hacen en múltiples localizaciones. En consecuencia, las contracciones del corazón no están sincronizadas y las aurículas y ventrículos se contraen de forma independiente¹⁸. Este desajuste deriva en una pérdida de funcionalidad de la aurícula, que ocasiona a su vez una estasis sanguínea predisponente a la formación de trombos¹⁹.

La alteración del sistema eléctrico del corazón hace que este lata de forma rápida y desorganizada¹⁹. En condiciones normales el corazón late regularmente a un ritmo de entre 60-100 latidos por minuto (lpm). En la FA este ritmo es superior –frecuencia ventricular entre 90-170 lpm–, y se acompaña de una alta frecuencia de contracción auricular (>300 lpm)^{18,20}. Si se analiza el ritmo cardíaco en un electrocardiograma (ECG), se pueden observar el ritmo irregular que caracteriza la FA y otras características definitorias, como la ausencia de ondas P, que en ocasiones se sustituyen por actividad eléctrica visible en la derivación V1 e intervalos RR irregulares^{19,20}.

Tipos de fibrilación auricular

Los síntomas de FA comprenden palpitaciones, angina de pecho, sensación de desvanecimiento – incluso síncope –, disnea, fatiga crónica y tolerancia limitada al ejercicio aunque, en ocasiones, la FA puede presentarse también de forma asintomática^{1,21}. Independientemente de su patrón clínico, la FA afecta negativamente a la calidad de vida del paciente²². La *European Heart Rhythm Association*¹⁹⁻²¹ propone una clasificación de la FA en base a su patrón clínico, así como a su impacto sobre la calidad de vida del paciente (Tabla 1). Otras posibles referencias para su clasificación son la forma de presentación (*i.e.* aguda o crónica) y la duración de la arritmia (*i.e.* superior o inferior a 48 h). Según esta referencia existen tres tipos de FA (Tabla 2): paroxística, persistente y permanente o crónica^{20,23}.

Es habitual que la FA se presente junto con otras patologías cardiovasculares^{24,25}. En cambio, el tipo de FA más frecuentemente asociado a

Tabla 1. Clasificación de los tipos de Fibrilación Auricular de la European Hearth Rythm Association (EHRA).

Puntuación	Características
EHRA I	Asintomática.
EHRA II	Síntomas leves que no impiden la actividad diaria normal.
EHRAIII	Síntomas intensos que afectan a la actividad diaria normal.
EHRA IV	Síntomas incapacitantes que impiden la actividad diaria normal.

Tabla 2. Clasificación de los tipos de Fibrilación Auricular en base a su forma de presentación y su duración.

Tipo	Características
Paroxística	Se caracteriza por episodios recurrentes de corta duración en 48h, que pueden llegar hasta 7 días de evolución. Este tipo de FA se interrumpe espontáneamente.
Persistente	Se prolonga durante 7 días o más. La interrupción de la arritmia no es espontánea y debe inducirse por medicación o cardioversión eléctrica.
Crónica	La FA es clasificada como crónica cuando no ha sido posible restablecer el ritmo cardíaco tras un año de tratamiento o tras varias recidivas. En este caso, el tratamiento debe suspenderse y la presencia de la arritmia debe ser aceptada por el médico y el paciente como crónica.

la práctica intensa de EA se diagnostica en ausencia de otros síntomas tras la exploración física, un test de función de tiroides, un estudio electrocardiográfico y un test de esfuerzo. Esta FA solitaria es habitualmente diagnosticada en varones adultos jóvenes (*i.e.* <60 años) y su prevalencia oscila entre el 2 y el 50%, dependiendo de la población de estudio¹⁶.

Epidemiología de la FA

La FA afecta a un 1-2% de la población general²⁶, con valores que aumentan desde el 0,5% en jóvenes y adultos menores de 40 años¹³ hasta el 8% en adultos mayores de 80 años²⁷. Independientemente de la edad, la incidencia de FA es 1,5 veces mayor en hombres que en mujeres²³. A pesar de que se ha establecido claramente una diferencia sexual en la FA, se desconocen los mecanismos exactos de dichas diferencias, aunque se propone la influencia de factores hormonales, estructurales y electrofisiológicos²⁸. En España, la prevalencia total de FA es del 4,4%⁴ y en EEUU es de 2,7-6,1 millones de personas, con un aumento estimado de 15,9 millones en 2050⁷.

A diferencia de lo observado en otras patologías cardíacas, la FA tiene mayor prevalencia entre la población físicamente activa y deportista, con una prevalencia de entre el 0,2% y el 60%³. La FA se ha vinculado especialmente a los deportes de resistencia y ha mostrado ser dependiente no solo de la intensidad del ejercicio, sino también del número

de horas de práctica acumuladas a lo largo de la vida¹⁹. Resulta llamativo que también se haya constatado una asociación inversa. Mont *et al.* (2002) registraron una mayor tasa de práctica deportiva (62,7%) entre los pacientes de FA solitaria en comparación con la población general (15,4%)²⁹. El tipo de práctica deportiva también parece condicionar las probabilidades de desarrollar FA, que es más común en los corredores de maratón, ciclistas y esquiadores de fondo en comparación con otros tipos de deporte⁷.

En los últimos años se ha incrementado la participación en deportes de resistencia de larga duración, lo que aumenta el riesgo de incidencia de FA asociado con el ejercicio en las próximas décadas³⁰.

Factores de riesgo

En base a los datos de prevalencia, la edad parece ser el principal factor de riesgo de desarrollo de FA. En este sentido, se ha descrito que el 70% de los pacientes de FA están comprendidos en un rango de edad de entre 65 y 85 años. La FA está comúnmente asociada a otras patologías cardiovasculares. La hipertensión acompaña al 70-80% de los diagnósticos de FA en población sedentaria³¹. Las variaciones de la tensión arterial observadas durante los episodios de hipoxemia e hipercapnia^{5,8} en pacientes de apnea del sueño también parecen ser responsables de la predisposición de esta población (*i.e.* probabilidad 4 veces mayor) al desarrollo de FA⁵. Finalmente, se ha descrito que los pacientes de insuficiencia cardíaca (IC) muestran un riesgo cinco veces mayor de desarrollar FA⁵. Esta relación entre IC y FA es bidireccional, en tanto que los pacientes de FA también presentan un riesgo de 2 a 3 veces mayor de desarrollar IC⁷. El desarrollo de FA en pacientes con IC puede predisponer también a un aumento de riesgo de tromboembolismo y un deterioro sintomático de la IC²⁰.

La obesidad también se considera un factor predisponente al desarrollo de FA. Concretamente, se ha descrito que la probabilidad de desarrollo de FA es de un 49% en pacientes obesos en comparación con pacientes en normopeso³², probablemente debido a alteraciones de la estructura cardíaca, que pueden tener como consecuencia un aumento de la presión intraauricular. Los pacientes obesos pueden ser, además, resistentes al tratamiento con antiarrítmicos y a la ablación por radiofrecuencia^{7,8}. Otros factores como el tabaquismo, la enfermedad renal crónica, la diabetes *mellitus*, el consumo abusivo de alcohol, la disfunción tiroidea y los antecedentes familiares son aceptados como factores de riesgo^{5,6}.

La elevada prevalencia de FA en deportistas de resistencia indica que el EA podría ser un importante factor predisponente al desarrollo de FA². Su asociación con los deportes de resistencia sugiere que la FA podría estar más vinculada con la duración y frecuencia del ejercicio que con su intensidad. En este sentido, los años acumulados de ejercicio de resistencia se han asociado con un aumento gradual de riesgo de FA (*i.e.* OR de 1,16 por cada 10 años de ejercicio)¹³. Otras investigaciones han llegado a conclusiones similares. Por ejemplo, Molina *et al.* (2008) registraron una tasa de incidencia anual de FA solitaria en corredores de maratón de 0,43/100 en comparación a hombres sedentarios, cuya tasa era de 0,11/100³³. Del mismo modo, frecuencias muy altas de ejercicio (*i.e.* 5-7 sesiones por semana) aumentan el riesgo de desarrollo de FA

en comparación con la población sedentaria³⁴. Estos mismos datos se replican al comparar la incidencia de FA en individuos que practicaban más de 5 h de ejercicio semanal con la de individuos que practicaban menos de 1 h de ejercicio semanal³⁵. En cambio, metanálisis recientes han observado una asociación significativa entre la edad y la práctica deportiva. El riesgo de sufrir FA en adultos con una edad inferior a 54 años es casi 2 veces mayor que en la población general, mientras que no se ha observado dicha asociación en atletas mayores. Aunque no se pueden descartar sesgos de publicación³⁶.

El mecanismo tras la FA inducida por el EF de alta frecuencia y duración podría estar relacionado con la adaptación cardíaca a este tipo de estímulo, que induce una remodelación de la estructura cardíaca en general³⁷ y auricular en particular^{2,38}. Un trabajo reciente llevado a cabo en modelos roedores ha demostrado cómo el EA frecuente (*i.e.* 1 h al día durante 8 o 16 semanas) incrementa la susceptibilidad al desarrollo de FA. El posterior análisis de la estructura y función cardíacas apunta hacia la dilatación auricular, la fibrosis y los cambios en la regulación autonómica como potenciales responsables del desarrollo de FA³⁹. En concordancia con estos resultados, se ha podido comprobar que aproximadamente el 20% de los atletas de competición presentan un diámetro superior a 40 mm en la aurícula izquierda (AI)².

Estos resultados se oponen a los publicados previamente por Brugger *et al.* (2014). En este trabajo retrospectivo se analizaron la estructura y función cardíacas de tres grupos de corredores amateur, con dosis acumuladas de ejercicio a lo largo de su vida de menos de 1500 h, de 1.500-4.500 h y de más de 4.500 h. Sus resultados indican que la remodelación estructural y eléctrica del corazón no tienen influencia sobre la función mecánica auricular y, por tanto, no podrían considerarse como responsables del posible desarrollo de FA⁴⁰. Los corredores que participaron en este estudio presentaron una incidencia de FA del 6,6%, inferior a la media de su condición. No obstante, estos resultados abren paso a futuros estudios que esclarezcan los mecanismos fisiológicos tras la FA inducida por el ejercicio.

Además, en la literatura se ha descrito que la relación entre ejercicio físico y la FA es dependiente del sexo. El ejercicio físico intenso se ha asociado a menor riesgo de FA en mujeres y a un mayor riesgo en hombres^{41,42}. Mohanty *et al.* (2016) hipotetiza que en el ejercicio físico debe existir un "efecto umbral" a partir del cual el riesgo de FA es mayor; siendo este umbral diferente para hombres y mujeres⁴¹. Aunque los mecanismos fisiopatológicos de las diferencias sexuales en la FA aún son hipotéticos⁴³.

Muchos estudios sobre ejercicio físico y FA incluyen únicamente atletas masculinos, a pesar de que las mujeres constituyen una proporción considerable en la participación deportiva^{36,42}. Publicaciones recientes describen remodelaciones específicas asociadas al género de atletas de resistencia. Supuestamente, los hombres tienen un mayor riesgo de FA asociado a una aurícula derecha de mayor tamaño y a una remodelación más amplia en comparación con las mujeres⁴⁴.

Además de los factores previamente expuestos, es necesario considerar los factores genéticos, ya que han adquirido relevancia en las últimas publicaciones^{45,46}. Fatkin *et al.* (2018) plantean tres hipótesis para describir la relación de las variantes genéticas y el ejercicio físico como causa de FA en atletas. Por un lado, existen variantes genéticas que aisladamente provocan FA sin relación con el ejercicio físico. Por otra

parte, las variantes genéticas asociadas con el FA podrían tener un efecto aditivo e independiente con el ejercicio físico. Finalmente, podrían existir complejas interacciones sinérgicas de factores genéticos con ejercicio físico. Además, proponen a los canales iónicos mecanosensitivos como un nexo entre la genética y las alteraciones en la remodelación cardíaca⁴⁵.

Tratamiento de la fibrilación auricular

El tratamiento de la FA puede dividirse en dos tipos de terapia: la farmacológica y la no farmacológica. Mediante la terapia farmacológica se pretende restaurar el ritmo sinusal y evitar las complicaciones tromboembólicas^{47,48}, mientras que la terapia no farmacológica se utiliza cuando la anterior no cumple su objetivo o como otra opción de mejora sintomática y de la calidad de vida⁴⁹. En la terapia farmacológica es prescriptivo el uso de dos tipos de fármacos, los antiarítmicos y los anticoagulantes. Los fármacos antiarítmicos pueden, a su vez, destinarse al control de la frecuencia cardíaca (FC) o del ritmo cardíaco. Este tipo de fármacos no solo se emplean con el objetivo de mejorar la sintomatología de la FA y de reducir la posibilidad de un evento cardiovascular, sino también para la mejora de la tolerancia al EA como tratamiento secundario⁴⁷. Por su parte, los fármacos anticoagulantes tienen el objetivo de reducir la probabilidad de formación de trombos y eventos embolígenos, especialmente elevada en los pacientes de FA⁴⁹.

Terapia farmacológica

Entre los fármacos para el control de la frecuencia cardíaca se encuentran la digoxina, los bloqueadores de los canales del calcio (BCC) – como el Verapamilo o Diltiazem – y los β -bloqueantes. La acción de estos fármacos retrasa la conducción a través del NAV, haciendo que las contracciones ventriculares sean más lentas⁴⁷. Las características de cada paciente deben decantar la elección del fármaco. Por ejemplo, los β -bloqueantes y los BCC disminuyen la presión arterial, por lo que tendría que prestarse especial atención a su prescripción en pacientes hipotensos. La digoxina se recomienda en pacientes con hipotensión arterial o sedentarios y se usa como complemento de los otros fármacos cuando por sí solos no son suficientes^{48,49}. Según el estudio AFFIRM⁴⁷, la eficacia de estos fármacos usados como primera línea de tratamiento alcanzó tasas de éxito del 70% en los pacientes tratados con β -bloqueantes, del 54% en los tratados con BCC –en ambos casos con o sin digoxina– y del 58% con digoxina⁴⁷.

Sin tratamiento con fármacos para el control del ritmo cardíaco, la tasa de recidiva de la FA es de 71-84% durante el primer año. Esta tasa puede reducirse a un 44-67% siguiendo una terapia farmacológica⁴⁷. Entre los fármacos destinados al control del ritmo cardíaco se encuentra la Amiodarona. Otros fármacos alternativos son la Dronedrona, el Sotalol y la Dofetilida⁴⁸. Para el control del ritmo cardíaco también puede utilizarse la cardioversión eléctrica, que tiene una eficacia del 90% respecto a la cardioversión farmacológica (tasa de éxito del 40%), aunque no puede llevarse a cabo en pacientes no aptos para la sedación^{47,48}. Los riesgos que derivan de la cardioversión eléctrica son los procesos tromboembólicos, que presentan un riesgo de 1-2%, y que pueden conducir a un accidente cardiovascular (ACV). Este riesgo puede minimizarse con anticoagulantes^{20,47}. En cualquier caso, el uso

de antiarrítmicos es necesario después de la cardioversión eléctrica, ya que de otro modo la probabilidad de recidiva es alta⁴⁸.

Se ha demostrado que tanto los fármacos para el control de la FC como del ritmo cardíaco mejoran la tolerancia al ejercicio en pacientes con FA⁵⁰. No obstante, no hay estudios suficientes que determinen que la elección de una estrategia sea mejor que la otra en cuanto a mejoras en ACV o muerte⁵⁰. Por lo tanto, la elección de cualquiera de estas estrategias depende de las circunstancias de cada paciente⁴⁹.

Una de las complicaciones de la FA es la formación de trombos. Su riesgo aumenta con la edad, desde un 1,5% en individuos menores de 60 años hasta un 24% en mayores de 80 años, independientemente del tipo de FA⁴⁹.

La Sociedad Europea de Cardiología propone la utilización de la escala CHA₂DS₂-VASc para determinar el riesgo de ACV en pacientes con FA. En los pacientes con factores de riesgo para ACV (CHA₂DS₂-VASc con una puntuación de 1 o más en hombres, y 2 o más en mujeres) está indicado el uso de anticoagulantes orales. La warfarina y otros inhibidores de la vitamina K fueron los primeros anticoagulantes utilizados en pacientes con FA. Sin embargo, el uso de inhibidores directos de trombina (dabigatrán) y los inhibidores del factor X activado (apixabán, edoxabán y rivaroxabán) se ha incrementado rápidamente debido a que pueden administrarse a dosis fijas y no requieren una monitorización regular^{51,52}.

Terapia no farmacológica

La terapia no farmacológica para el tratamiento de la FA comprende un procedimiento invasivo, la ablación con catéter, así como la realización de EA. La ablación con catéter es un procedimiento invasivo que se usa en pacientes resistentes o intolerantes a los fármacos antiarrítmicos y tiene como objetivo restablecer y mantener el ritmo sinusal^{52,53}. Este procedimiento consiste en la colocación de catéteres en las venas pulmonares para aislar desencadenantes eléctricos, provocando lesiones circulares que remodelan el sistema eléctrico. La tasa de éxito de la ablación con catéter no parece depender tanto del paciente como del tipo de FA⁵⁴. En este sentido, la eficacia en la FA paroxística es >70% en una sola intervención y puede alcanzar hasta un 80-90% de curación⁴⁹. En cambio, en la FA persistente son necesarias varias intervenciones para obtener resultados razonables⁵³. Actualmente en estos pacientes también se plantea un tratamiento "híbrido" que incluya farmacoterapia antiarrítmica tras la ablación con catéter, pero aún no existe evidencia sólida que lo soporte⁵².

Al igual que sucede en la terapia farmacológica, los efectos de la terapia mediante EA dependen de la dosis administrada. El EA previene el desarrollo de FA, probablemente debido a su efecto beneficioso sobre factores de riesgo asociados, tales como patología cardíaca, diabetes mellitus, u obesidad¹³.

En el estudio LEGACY se ha observado que la pérdida de peso en individuos obesos con FA provoca una disminución de la sintomatología de la FA evaluada por medio de la Escala de Severidad de FA y monitorizada por medio de Holter. Este estudio ha incluido un total de 355 individuos a los que se realizó un seguimiento durante 5 años. El grupo de sujetos que había perdido más peso ($\geq 10\%$) presentaron mejores resultados frente a pérdidas de peso inferiores. Resulta posible que existan diversos mecanismos que relacionen la pérdida de peso

con la disminución de la FA, ya que el sobrepeso se asocia a múltiples factores de riesgo cardiovasculares que a su vez se guardan relación con el incremento de riesgo de FA. En estos sujetos, además de las recomendaciones dietéticas se pautó inicialmente ejercicio físico de baja intensidad tres veces a la semana, llegando a alcanzar 200 minutos de actividad física moderada-intensa por semana⁵⁵.

Pero el EA también puede resultar eficaz como tratamiento de pacientes de FA. Hegbom *et al.* (2007) llevaron a cabo un programa de 24 sesiones de EA –administradas a lo largo de 8 semanas– con un grupo de pacientes menores de 70 años con FA permanente. Las sesiones de ejercicio comprendieron ejercicios de fortalecimiento del tronco, intercalados con períodos de EA moderado-vigoroso (*i.e.* 70-90% FC_{máx}). La intervención de ejercicio mejoró significativamente la calidad de vida de los pacientes, así como su tolerancia al EA y su capacidad para llevar a cabo las actividades básicas de la vida diaria⁵⁶. El ejercicio aeróbico moderado (*i.e.* hasta un 70% FC_{máx}) también parece ser suficiente para producir mejoras en la calidad de vida de los pacientes, así como en su FC de reposo. Es destacable la alta aceptación del tratamiento por parte de los pacientes, que mostraron una tasa de adherencia al tratamiento del 96%¹⁵. Debe notarse que las intervenciones de EA mencionadas tuvieron una duración breve (*i.e.* 8 y 12 semanas, respectivamente), aunque con una frecuencia elevada (*i.e.* 3 sesiones por semana) y una intensidad entre moderada y vigorosa. Los resultados de estos trabajos han de interpretarse con cautela, ya que la participación de los pacientes estuvo sujeta a criterios de elegibilidad y no todos los pacientes de FA serían capaces de llevar a cabo programas de ejercicio de estas características. Finalmente, cabe destacar que el EA de intensidad máxima puede emplearse como tratamiento de choque para la reversión de la FA. Gates *et al.* (2010) aplicaron un protocolo de ejercicio incremental máximo en tapiz rodante (*i.e.* protocolo de Bruce) a un grupo de 18 pacientes de entre 36 y 74 años, previamente programados para cardioversión eléctrica. Cinco de ellos (*i.e.* 27%) mostraron una reversión de la FA tras 5,5-18,2 min de ejercicio en rangos de FC de 164-203 Imp, probablemente debido a una alteración aguda, seguida de un reajuste del equilibrio simpático/parasimpático¹⁴.

Conclusión

La evidencia científica demuestra la eficacia de numerosas alternativas para el tratamiento de la FA. De entre ellas, el EA parece ser una estrategia adecuada, no solo para el tratamiento, sino también para la prevención de la FA. Los resultados apuntan a que la realización moderada de EA reduce el riesgo de desarrollar FA y en ciertos casos resulta eficaz para mejorar la sintomatología de una FA preexistente. Aún se desconoce cómo la intensidad, volumen y frecuencia de la actividad determinan su eficacia. De hecho, la práctica intensa de EA a largo plazo se relaciona con una mayor probabilidad de desarrollo de FA. En su conjunto, estos resultados sitúan al EA como una estrategia de prevención contrastada y como un potencial tratamiento alternativo a otras terapias. La intensidad prescriptiva de ejercicio debe ser dependiente de las características del paciente, aunque el ejercicio debe realizarse con frecuencia. No obstante, faltan evidencias científicas que establezcan la combinación de parámetros de la carga de EA más segura y eficaz,

así como las posibles interacciones del EA con otros tratamientos o enfermedades coadyuvantes.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Reiffel JA. Atrial fibrillation: what have recent trials taught us regarding pharmacologic management of rate and rhythm control? *Pacing Clin Electrophysiol.* 2011;34(2):247-59.
- Turagam MK, Velagapudi P, Kocheril AG. Atrial Fibrillation In Athletes: The Role Of Exercise. *J Atr Fibrillation.* 2014;6(5):87-90.
- Sacchi S, Mascia G, Biase Di L, Santageli P, Burkhardt JD, Padeletti L, et al. Prevalence and Management of Atrial Fibrillation in Middle-Aged/Older Athletes. *Card Electrophysiol Clin.* 2013;115-21.
- Gomez-Doblas JJ, Muniz J, Martin JJ, Rodriguez-Roca G, Lobos JM, Awamleh P, et al. Prevalence of atrial fibrillation in Spain. OFRECE study results. *Rev Esp Cardiol.* 2014;67(4):259-69.
- Anumonwo JM, Kalifa J. Risk Factors and Genetics of Atrial Fibrillation. *Cardiol Clin.* 2014;32:485-94.
- Menezes AR, Lavie CJ, DiNicolantonio JJ, O'Keefe J, Morin DP, Khatib S, et al. Atrial fibrillation in the 21st century: a current understanding of risk factors and primary prevention strategies. *Mayo Clin Proc.* 2013;88(4):394-409.
- Shenasa M, Shenasa H, Soleimanieh M. Update on atrial fibrillation. *Egypt Heart J.* 2014;66:193-216.
- Rosiak M, Dziuba M, Chudzik M, Cygankiewicz I, Bartczak K, Drodz J, et al. Risk factors for atrial fibrillation: Not always severe heart disease, not always so 'lonely'. *Cardiol J.* 2010;17(5):437-42.
- Cornelissen VA, Fagard RH. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension.* 2005;46(4):667-75.
- Dhulia H, Sharma S. Playing it safe: exercise and cardiovascular health. *The Practitioner.* 2015;259(1786):15-20.
- Zelle DM, Klaassen G, van Adrichem E, Bakker SJ, Corpeleijn E, Navis G. Physical inactivity: a risk factor and target for intervention in renal care. *Nat Rev Nephrol.* 2017;13(3):152-68.
- Hopper I, Billah B, Skiba M, Krum H. Prevention of diabetes and reduction in major cardiovascular events in studies of subjects with prediabetes: meta-analysis of randomised controlled clinical trials. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2011;18(6):813-23.
- Myrstad M, Nystad W, Graff-Iversen S, Thelle DS, Stigum H, Aaronaes M, et al. Effect of years of endurance exercise on risk of atrial fibrillation and atrial flutter. *The Am J Cardiol.* 2014;114(8):1229-33.
- Gates P, Al-Daher S, Ridley D, Black A. Could exercise be a new strategy to revert some patients with atrial fibrillation? *Intern Med J.* 2010;40(1):57-60.
- Osbak PS, Mourier M, Kjaer A, Henriksen JH, Kofoed KF, Jensen GB. A randomized study of the effects of exercise training on patients with atrial fibrillation. *Am Heart J.* 2011;162(6):1080-7.
- Calvo N, Brugada J, Sitges M, Mont L. Atrial fibrillation and atrial flutter in athletes. *Br J Sports Med.* 2012;46 Suppl 1:i37-43.
- Grimsmo J, Grundvold I, Maehlum S, Arnesen H. High prevalence of atrial fibrillation in long-term endurance cross-country skiers: echocardiographic findings and possible predictors—a 28-30 years follow-up study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2010;17(1):100-5.
- Fernández-Pérez J, González-Cotán F, Paneque-Sánchez-Toscano I, Pinilla-Jiménez C. Procedimiento de actuación de enfermería en la ablación mediante radiofrecuencia de la fibrilación auricular. *Cardiocoore.* 2010;45(3):115-9.
- Martínez-Rubio A, Pujol E, Bonastre M, Guilera E, Guindo J. Epidemiología de la fibrilación auricular en España. *Rev Esp Cardiol Supl.* 2013;13(C):3-8.
- Camm A, Kirchhof P, Lip G, Schotten U, Savelieva I, Ernst S, et al. Guidelines for the management of atrial fibrillation: The Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2010;31(19):2369-2429.
- Hasun M, Gatterer E, Weidinger F. Atrial fibrillation: state of the art. *Wien Klin Wochenschr.* 2014;126(21-22):692-704.
- Thrall G, Lane D, Carroll D, Lip GY. Quality of life in patients with atrial fibrillation: a systematic review. *Am J Med.* 2006;119(5):448.e1-448.e19.
- Elizari MV. Consenso de Fibrilación Auricular. *Rev Argent Cardiol.* 2005;73(6):469-85.
- Parvez B, Darbar D. Lone AF - Etiologic factors and genetic insights into pathophysiology. *J Atr Fibrillation.* 2010;1(12):675-84.
- Kozłowski D, Budrejko S, Lip GY, Rysz J, Mikhailidis DP, Raczak G, et al. Lone atrial fibrillation: what do we know? *Heart.* 2010;96(7):498-503.
- Chugh SS, Havmoeller R, Narayanan K, Singh D, Rienstra M, Benjamin EJ, et al. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation.* 2014;129(8):837-47.
- Furberg CD, Psaty BM, Manolio TA, Gardin JM, Smith VE, Rautaharju PM. Prevalence of atrial fibrillation in elderly subjects (the Cardiovascular Health Study). *Am J Cardiol.* 1994;74(3):236-41.
- Odening KE, Deiß S, Dilling-Boer D, Didenko M, Eriksson U, Nedios S, et al. Mechanisms of sex differences in atrial fibrillation: role of hormones and differences in electrophysiology, structure, function, and remodelling. *Europace.* 2018 Oct 22 [Epub ahead of print].
- Mont L, Sambola A, Brugada J, Vacca M, Marrugat J, Elosua R, et al. Long-lasting sport practice and lone atrial fibrillation. *Eur Heart J.* 2002;23(6):477-82.
- Raju H, Kalman JM. Management of Atrial Fibrillation in the Athlete. *Heart Lung Circ.* 2018;27(9):1086-92.
- Ball J, Carrington MJ, McMurray JJ, Stewart S. Atrial fibrillation: profile and burden of an evolving epidemic in the 21st century. *Int J Cardiol.* 2013;167(5):1807-24.
- Benjamin EJ, Wolf PA, D'Agostino RB, Silbershatz H, Kannel WB, Levy D. Impact of atrial fibrillation on the risk of death: the Framingham Heart Study. *Circulation.* 1998;98(10):946-52.
- Molina L, Mont L, Marrugat J, Berruzo A, Brugada J, Bruguera J, et al. Long-term endurance sport practice increases the incidence of lone atrial fibrillation in men: a follow-up study. *Europace.* 2008;10(5):618-23.
- Aizer A, Gaziano JM, Cook NR, Manson JE, Buring JE, Albert CM. Relation of vigorous exercise to risk of atrial fibrillation. *Am J Cardiol.* 2009;103(11):1572-7.
- Drca N, Wolk A, Jensen-Urstad M, Larsson SC. Atrial fibrillation is associated with different levels of physical activity levels at different ages in men. *Heart.* 2014;100(13):1037-42.
- Ayinde H, Schweizer ML, Crabb V, Ayinde A, Abugroun A, Hopson J. Age modifies the risk of atrial fibrillation among athletes: A systematic literature review and meta-analysis. *Int J Cardiol Heart Vasc.* 2018;18:25-9.
- Aggleton P, Chalmers H. Nursing models. Model future. *Nurs Times.* 1990;86(3):41-3.
- La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J.* 2012;33(8):998-1006.
- Guasch E, Benito B, Qi X, Cifelli C, Naud P, Shi Y, et al. Atrial fibrillation promotion by endurance exercise: demonstration and mechanistic exploration in an animal model. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(1):68-77.
- Brugger N, Krause R, Carlen F, Rimensberger C, Hille R, Steck H, et al. Effect of lifetime endurance training on left atrial mechanical function and on the risk of atrial fibrillation. *Int J Cardiol.* 2014;170(3):419-25.
- Mohanty S, Mohanty P, Tamaki M, Natale V, Gianni C, Trivedi C, et al. Differential Association of Exercise Intensity With Risk of Atrial Fibrillation in Men and Women: Evidence from a Meta-Analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2016;27(9):1021-9.
- Stergiou D, Duncan E. Atrial Fibrillation (AF) in Endurance Athletes: a Complicated Affair. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2018;20(12):98.
- Estes NAM, Madias C. Atrial Fibrillation in Athletes: A Lesson in the Virtue of Moderation. *JACC Clin Electrophysiol.* 2017;3(9):921-8.
- Sanchis L, Sanz-de La Garza M, Bijnsen B, Giraldeau G, Grazioli G, Marin J, et al. Gender influence on the adaptation of atrial performance to training. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(6):720-6.
- Fatkin D, Santiago CF, Huttner IG, Lubitz SA, Ellinor PT. Genetics of Atrial Fibrillation: State of the Art in 2017. *Heart Lung Circ.* 2017;26(9):894-901.
- Guasch E, Mont L, Sitges M. Mechanisms of atrial fibrillation in athletes: what we know and what we do not know. *Neth Heart J.* 2018;26(3):133-45.
- Patel C, Salahuddin M, Jones A, Patel A, Yan G, Kowey P. Atrial Fibrillation: Pharmacological Therapy. *Curr Probl Cardiol.* 2011;36:87-120.
- Kalus JS. Pharmacotherapeutic decision-making for patients with atrial fibrillation. *Am J Health Syst Pharm.* 2010;67(9 Suppl 5):S17-25.
- Bajpai A, Savelieva I, Camm AJ. Treatment of atrial fibrillation. *Br Med Bull.* 2008;88(1):75-94.
- Halsey C, Chugh A. Rate versus rhythm control for atrial fibrillation. *Cardiol Clin.* 2014;32(4):521-31.
- Mateo J. Nuevos anticoagulantes orales y su papel en la práctica clínica. *Rev Esp Cardiol.* 2013;13(Supl.C):33-41.

52. Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, Ahlsson A, Atar D, Casadei B, *et al.* 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Europace*. 2016;37(38):2893-962.
53. Boersma LV, Castella M, van Boven W, Berruezo A, Yilmaz A, Nadal M, *et al.* Atrial fibrillation catheter ablation versus surgical ablation treatment (FAST): a 2-center randomized clinical trial. *Circulation*. 2012;125(1):23-30.
54. Calvo N, Mont L, Tamborero D, Berruezo A, Viola G, Guasch E, *et al.* Efficacy of circumferential pulmonary vein ablation of atrial fibrillation in endurance athletes. *Europace*. 2010;12(1):30-6.
55. Pathak RK, Middeldorp ME, Meredith M, Mehta AB, Mahajan R, Wong CX, *et al.* Long-Term Effect of Goal-Directed Weight Management in an Atrial Fibrillation Cohort: A Long-Term Follow-Up Study (LEGACY). *J Am Coll Cardiol*. 2015;65(20):2159-69.
56. Hegbom F, Stavem K, Sire S, Haldal M, Orning OM, Gjesdal K. Effects of short-term exercise training on symptoms and quality of life in patients with chronic atrial fibrillation. *Int J Cardiol*. 2007;116(1):86-92.

VIII JORNADAS NACIONALES DE MEDICINA DEL DEPORTE

MEDICINA DEL BALONCESTO

22-23 DE NOVIEMBRE DE 2019



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE (SEMED)
REGIDORÍA D'ESPORTS / AJUNTAMENT DE REUS

PROGRAMA CIENTÍFICO (PRELIMINAR)

DÍA 22 DE NOVIEMBRE, VIERNES

09.00-10.30 PONENCIA: La Medicina del Deporte en el Baloncesto.

Baloncesto femenino.

Organización y control médico en Selecciones Españolas.

Baloncesto en la discapacidad – baloncesto en silla de ruedas.

11.00 -12.30 PONENCIA: Lesiones y Baloncesto

La rodilla.

El tobillo.

Músculo y tendón.

12.30 -13.30 CONFERENCIA INAUGURAL

El médico de equipo.

15.30 -17.00 PONENCIA: Muerte Súbita y Deporte

Recomendaciones sobre participación deportiva en la cardiopatía isquémica.

El electrocardiograma en la prevención de la muerte súbita del deportista.

Arritmias y muerte súbita del deportista.

17.30 -19.00 TALLER

Electrocardiograma en deportistas.

DÍA 23 DE NOVIEMBRE, SÁBADO

10.00 -11.30 PONENCIA: Controversias: Nutrición - Ayudas Ergogénicas. Los mitos de la alimentación en el deporte.**12.00 – 13.00 PONENCIA: Manejo del dolor en Medicina del Deporte.**

Bloqueos nerviosos en lesiones del aparato locomotor en Medicina del Deporte.

Distrofia Simpático Refleja y Lumbalgia – Síndrome facetario en deportistas.

¿Qué ofrece la Unidad de Dolor?

13.00 -13.45 CONFERENCIA DE CLAUSURA Actualización en dopaje.

COMUNICACIONES CIENTÍFICAS

El Comité Científico invita a todos los participantes a remitir comunicaciones científicas (comunicaciones orales y póster-presentación interactiva) a las VIII Jornadas Nacionales de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.

Temas para presentación de Comunicaciones Científicas:

- Medicina del deporte.
- Entrenamiento y mejora del rendimiento.
- Biomecánica.
- Cardiología del deporte.
- Fisiología del esfuerzo.
- Nutrición y ayudas ergogénicas.
- Cineantropometría.
- Lesiones deportivas: diagnóstico, prevención y tratamiento.
- Actividad física y salud.

Derechos de inscripción	Antes del 18-7-2019	Del 18-7-2019 al 19-9-2019	Desde 27-9-19 y en sede Jornadas
Cuota general	125 euros	150 euros	200 euros
Miembros ARAMEDE/ FEMEDE	100 euros	125 euros	175 euros
Médicos MIR*	60 euros	75 euros	125 euros
Estudiantes**	30 euros	30 euros	30 euros

*Es necesaria acreditación.

**Grados, Licenciaturas y Diplomaturas: Medicina, CC Actividad Física y Deporte, CC de la Salud...). Es necesaria acreditación. No se considera estudiantes los profesionales que cursen estudios, ni a graduados, licenciados y/o diplomados.

Secretaría Científica

Sociedad Española de Medicina del Deporte
 Dirección: Apartado de correos 1207.
 31080 Pamplona
 Teléfono: +34 948 26 77 06
 Fax: +34 948 17 14 31
 Correo electrónico: congresos@femede.es
 Página web: <http://www.femede.es>

CONCLUSIONES DEL GRUPO AVILÉS

12 y 13 de noviembre de 2018

- **El Grupo Avilés manifiesta la necesidad de mantener la celebración de estas jornadas con periodicidad anual.**
Parece imprescindible que, en el modelo administrativo y deportivo español, los responsables de la medicina del deporte de ámbito estatal, de las Comunidades Autónomas (CCAA), locales y de los Centros de Alto Rendimiento y Tecnificación, mantengan su colaboración y que el Grupo Avilés se constituya como Red de Centros capaz de canalizar las informaciones y propuestas entre los profesionales responsables de la Medicina del Deporte en las administraciones.
La colaboración debe mantenerse a pesar de las dificultades, y las administraciones nacionales y autonómicas deben responsabilizarse de ello.
- **El Grupo Avilés conoce y está de acuerdo en la necesidad de redactar e implantar el Plan de Apoyo a la Salud en el Deporte por parte de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD) y el Consejo Superior de Deportes (CSD).**
Este Plan debe desarrollar los artículos 41 a 50 del Cap. III de la Ley Orgánica 3/2013 de Protección de la Salud del deportista y lucha contra el Dopaje en la actividad deportiva (LOPSD).
El Grupo acepta la propuesta por parte de la AEPSAD, en constituirse como grupo de expertos para el desarrollo de dicho Plan.
- **El Grupo Avilés insta a la AEPSAD y al CSD a que desarrolle el artículo 46 de la LOPSD de 2013, sobre Reconocimientos Médicos para la práctica del Deporte.**
Para ello propone la revisión del Documento SISTEMA DE RECONOCIMIENTOS MÉDICOS PARA LA PRÁCTICA DEL DEPORTE elaborado por la Subcomisión de Protección de la Salud de la Comisión de Control y Seguimiento de la Salud y el Dopaje, actualizado por la Sociedad Española de Medicina del Deporte.
Una vez revisado este documento por el Grupo Avilés, la Sociedad Española de Medicina del Deporte y otros expertos, insta a la Administración a que aborde la regulación de Reconocimientos Médico-deportivos obligatorios dentro de su ámbito de competencias (expedición de licencias deportivas nacionales o autonómicas homologadas para las CCAA).
Todo este proceso se ha de poner en marcha de un modo progresivo y con un estudio de impacto económico y administrativo. Se deben contemplar los diferentes niveles deportivos, los tipos de actividad y las especialidades deportivas.
El Grupo Avilés se pone a disposición de la Administración como grupo de expertos en Medicina del Deporte.
- **El Grupo Avilés recuerda el impacto positivo de planes y estrategias de promoción de la ACTIVIDAD FÍSICA BENEFICIOSA PARA LA SALUD (AFBS), como el Plan A+D del CSD, por ello pide al CSD y a la AEPSAD que vuelva a diseñar, desarrollar e implementar acciones en este sentido, además haciéndolo en una aproximación colaborativa, tal y como recomienda la Organización Mundial de la Salud.**
El Grupo Avilés pone a disposición de la Administración los ejemplos de buenas prácticas en Prescripción de Actividad Física a través de la Medicina del Deporte, con evidencias de mejora significativas de la salud y de muy importante ahorro económico, como un elemento muy importante en esta estrategia.
- **El Grupo Avilés manifiesta el interés y la necesidad de fomentar la Investigación en materia de Medicina del Deporte.**
Necesidad de reimplantar y mantener convocatorias específicas de investigación en materia de deporte y medicina del deporte, bien en los Planes Nacionales I+D o bien propias y específicas de la AEPSAD-CSD, dado el impacto positivo que tienen para el deporte.
- **El Grupo Avilés manifiesta su preocupación por las dificultades que viene experimentando la formación especializada en Medicina del Deporte desde hace ya muchos años.**
Entiende que el mantenimiento de la especialidad es imprescindible para que el Deporte Español cumpla sus objetivos como actividad saludable y para obtener el rendimiento del ámbito deportivo que hasta ahora ha tenido.



EJERCICIOS DE NATAción

Por: Rubén Guzmán
 Edita: Ediciones Tutor. Editorial El Drac.
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.
 Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235
 E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com
 Madrid 2018. 368 páginas. P.V.P: 21 euros

La técnica es fundamental para el rendimiento en natación. Ya sea en la piscina o en aguas abiertas, tanto los entrenadores como los nadadores saben que la eficiencia a la hora de entrar en el agua y moverse equivale a milisegundos de mejora; milisegundos que marcan la diferencia en una com-

petición. Ahí es donde este libro ofrece ayuda. Incluye 176 ejercicios para perfeccionar las brazadas, corregir defectos y mejorar las sensaciones en el agua.

Además de dominar los cuatro estilos de competición, se aprenderá los fundamentos de la posición del cuerpo, las remadas, las salidas, los giros y las lle-

gadas. Encontrará, el lector, incluso una sección de ejercicios en aguas abiertas y sesiones de ejercicios con bandas de resistencia para realizar en seco.

Describe esta obra con gran precisión todos los estilos, todas las destrezas y todo lo que se necesita para ser un nadador de éxito.



PERIODIZACIÓN. TEORÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO (nueva edición actualizada)

Por: Tudor O. Bompa y Carlo A. Buzzichelli
 Edita: Ediciones Tutor. Editorial El Drac.
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.
 Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235
 E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com
 Madrid 2019. 416 páginas. P.V.P: 49,95 euros

Con este libro se puede aprender cómo maximizar las ganancias del entrenamiento. Guiado por la experiencia de sus autores, este texto aporta la información básica para comprender las últimas investigaciones y procedimientos relacionados con la teoría del entrenamiento, a la vez que proporciona al lector los soportes científicos de los principios fundamentales de la periodización. Esta edición actualizada presenta una exhaustiva exposición de

la periodización basada en la teoría y metodología de Tudor Bompa.

Incluye: una revisión de la historia, los términos y las teorías relacionados con la periodización; la discusión de la importancia del diseño de un plan anual a nivel competitivo y específico del deporte, descartando cualquier aproximación válida-para-todos; un amplio capítulo sobre la integración de las habilidades biomotoras dentro del proceso de entrenamiento; actua-

lización completa de la información sobre las sesiones de entrenamiento, los microciclos y los macrociclos; un extenso capítulo sobre los métodos para desarrollar la fuerza muscular, incluyendo la manipulación de las variables de carga y la conversión en fuerza específica; y una detallada explicación del entrenamiento de la velocidad y la agilidad, diferenciándolo entre los deportes individuales y los de equipo.



ESTUDIO LONGITUDINAL DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN ESCOLARES DE EDUCACIÓN PRIMARIA (Memoria final)

Por: José Naranjo Orellana, Fco. Javier Alonso Alfonseca, M^a Dolores Carranza Márquez, Julio David Ruda Puente
 Edita: Consejería de Turismo y Deporte. Junta de Andalucía.
 C/Juan Antonio de Vizarrón s/nº. 41092 Sevilla.
 E-mail: publicaciones.ctd@juntadeandalucia.es
 Sevilla 2018. 111 páginas

Este es el primer estudio longitudinal de obesidad infantil realizado en España. Se comparan datos longitudinales de composición corporal por Cineantropometría y por bio-impedancia en niños y niñas y se analizan longitudinalmente diferentes criterios diagnósticos de sobrepeso y obesidad.

Han sido estudiados alumnos de tres colegios públicos a lo largo de seis cursos de Educación Primaria, entre 2011 y 2017.

De los resultados obtenidos se deduce que hay un claro conflicto con los criterios utilizados para definir los límites con los que diagnosticar sobre-

peso y obesidad, por lo que es de gran importancia que al facilitar datos de prevalencia (fijos o comparados) se informe de qué criterios se están utilizando y no comparar nunca datos obtenidos con diferentes criterios de diagnóstico o comparando periodos de tiempo donde estos criterios hayan variado.

2019		
9th Annual Sports Medicine Winter Summit	6-10 Marzo Park City, Utah (EEUU)	web: https://www.cmtravel.com/conferences/sports-medicine-summit-2/
XV Congreso sobre Medicina y Deporte de Alto Nivel	8-9 Marzo Madrid	web: https://deporteelanube.es/
XVI Congreso Nacional de Psicología de la Act. Física y del Deporte	13-16 Marzo Zaragoza	web: www.psicologiadeporte.org
V Congreso de Prevención de Lesiones Deportivas	14-15 Marzo Murcia	web: http://eventos.ucam.edu/prevencion-lesiones-deportivas
Nutrition Science & Practice Conference (ASPEN19)	23-26 Marzo Phoenix (EEUU)	web: http://www.nutritioncare.org/conference/
7th International Conference & Exhibition on Physiotherapy & Physical Rehabilitation	25-26 Marzo Roma (Italia)	web: https://physiotherapy.annualcongress.com/
8th World Congress on Physical Medicine and Rehabilitation	25-26 Marzo Sidney (Australia)	web: https://rehabilitation.conferenceseries.com/
XXXVI Congresso FMSI: "Biological age, chronological age"	27-29 Marzo Roma (Italia)	web: www.fmsi.it/
I Curso monográfico del hombro en el tenis. Patología específica	29-30 Marzo Santander	web Secretaria Técnica: www.congresos-santander.com
XVII Congreso de la Asociación Argentina de Traumatología del Deporte	11-12 Abril Buenos Aires (Argentina)	web: http://aatd.org.ar/
5th International Scientific Exercise and Quality of Life: From Healthy Childhood to Active Aging	11-13 Abril Novi Sad (Serbia)	web: https://www.kif.unizg.hr/znanost/konferencije?@=61jg
2019 AMSSM Annual Meeting	12-17 Abril Houston (EEUU)	web: https://www.amssm.org/
40 Years of Comparative Sport and Physical Education	22-24 Abril Maia-Porto (Portugal)	web: http://iscpes.pt/portal/
XIII Congreso de SETRADE	25-26 Abril Palma de Mallorca	E-mail: sanicongress@setrade.org web: http://www.setrade.org/
XXVIII Isokinetic Medical Group Conference: "Football Medicine meets the universe of sport"	27-29 Abril Londres (Reino Unido)	web: http://www.footballmedicinestrategies.com/en/2019-wembley/3988/482/
The International Conference on Sport, Education & Psychology	2-3 Mayo Bucarest (Rumanía)	web: www.futureacademy.org.uk
International Conference on Medicine and Science in Athletics	3-5 Mayo Doha (Qatar)	web: www.aspetar.com
1er Congreso Internacional de Podología Deportiva	10-11 Mayo Plasencia (Cáceres)	web: www.sepod.es
3rd International Conference Sport, Recreation, Health	10-11 Mayo Belgrado (Serbia)	E-mail: conference@vss.edu.rs
12th Biennial ISAKOS	12-16 Mayo Cancún (México)	web: www.isakos.com

57º Congreso SERMEF	15-18 Mayo Sevilla	web: http://congresosermef.com/index.php
22nd International Symposium on Adapted Physical Activity (ISAPA)	14-18 Junio Charlottesville (EE.UU.)	web: http://isapa2019.org
2019 AIESEP International Conference	19-22 Junio Nueva York (EE.UU.)	web: https://aiesep2019.adelphi.edu
30 Jornadas AEMB	20-22 Junio Madrid	web: http://aemeb.es/madrid-2019/
XL Juegos Mundiales de la Medicina-International Sports Medicine Symposium	22-29 Junio Budva (Montenegro)	web: http://www.medigames.com
VIII Congreso Iberoamericano de Nutrición	3-5 Julio Pamplona	web: http://www.academianutricionydietetica.org/congreso.php?id=7#
24th Annual Congress of the European College of Sport Science	3-6 Julio Praga (Rep. Checa)	E-mail: office@sport-science.org
II Congreso Mexicano de Medicina del Deporte	3-6 Julio Mérida-Yucatán (México)	web: https://comede.mx/
13th Congreso Mundial de la International Society of Physical and Rehabilitation Medicine	9-13 Julio Kobe (Japón)	web: http://www.isprm.org
2nd International Conference on Physical Education, Sports Medicine and Doping Studies	15-16 Julio Sidney (Australia)	web: https://sportsmedicine.conferenceseries.com/
15th European Congress of Sport and Exercise Psychology	15-20 Julio Münster (Alemania)	web: https://www.fepsac2019.eu
Congreso colombiano de nutrición y dietética y II Internacional en alimentación y nutrición	15-17 Agosto Manizales (Colombia)	web: https://acodin.org/congreso-2019/
9th VISTA Conference	4-7 Septiembre Amsterdam (Países Bajos)	web: www.paralympic.org/news/amsterdam-host-vista-2019
Congress on Healthy and Active Children	11-14 Septiembre Verona (Italia)	web: http://i-mdrc.com/fourth-assembly/
14th International Congress of shoulder and elbow surgery (ICES)	17-20 Septiembre Buenos Aires (Argentina)	web: www.ices2019.org
56º Congreso SECOT	25-27 Septiembre Zaragoza	web: www.secot.es
IX Congreso de la Sociedad Cubana de Medicina Física y Rehabilitación	1-4 Octubre La Habana (Cuba)	web: http://www.rehabilitacioncuba.com
11th European Congress on Sports Medicine	3-5 Octubre Portorose (Eslovenia)	web: http://www.efsm.eu
13th European Nutrition Conference On Malnutrition In An Obese World	13-18 Octubre Dublín (Irlanda)	web: www.fens2019.org

Agenda

50 Congreso Nacional de Podología y VI Encuentro Iberoamericano	18-19 Octubre Santander	web: https://50congresopodologia.com/
Congreso Internacional de Fisioterapia	25-26 Octubre Toledo	web: congreso@coficam.org
5th World Conference on Doping in Sport	5-7 Noviembre Katowice (Polonia)	web: http://www.wada-ama.org
26th Word Congress TAFISA	13-17 Noviembre Tokyo (Japón)	web: www.tafisa.org
10th Annual International Conference: Physical Education Sport & Health	23-24 Noviembre Pitesti (Rumanía)	web: http://sportconference.ro/
56 Congreso Argentino de COT	28 noviembre-1 Diciembre Buenos Aires (Argentina)	web: www.congresoaaot.org.ar
2020		
14th ISPRM World Congress – ISPRM 2020	4-9 Marzo Orlando (EE.UU.)	web: http://www.isprm.org/congress/14th-isprm-world-congress
Congreso FESNAD	11-13 Marzo Zaragoza	web: http://www.fesnad.org/
IOC World Conference Prevention of Injury & Illness in Sport	12-14 Marzo Mónaco (Principado de Mónaco)	web: http://ioc-preventionconference.org/
25th Annual Congress of the European College of Sport Science	1-4 Julio Sevilla	E-mail: office@sport-science.org
International Congress of Dietetics	15-18 Septiembre Cape Town (Sudáfrica)	web: http://www.icda2020.com/
XXXVI Congreso Mundial de Medicina del Deporte	24-27 Septiembre Atenas (Grecia)	web: www.globalevents.gr
26th TAFISA World Congress	13-17 Noviembre Tokyo (Japón)	web: www.icsspe.org/sites/default/files/e9_TAFISA%20World%20Congress%202019_Flyer.pdf
2021		
26th Annual Congress of the European College of Sport Science	7-10 Julio Glasgow (Reino Unido)	E-mail: office@sport-science.org
22nd International Congress of Nutrition (ICN)	14-19 Septiembre Tokyo (Japón)	web: http://icn2021.org/
European Federation of Sports Medicine Associations (EFSMA) Conference 2021	28-30 Octubre Budapest (Hungria)	web: http://efsma.eu/
Congreso Mundial de Psicología del Deporte	Taipei (Taiwan)	
Congreso Mundial de Podología	Barcelona	web: https://cgcop.es/newweb/eventos/
2022		
XXXVII Congreso Mundial de Medicina del Deporte FIMS	Guadalajara (México)	web: www.femmede.com.mx

Curso "ENTRENAMIENTO, RENDIMIENTO, PREVENCIÓN Y PATOLOGÍA DEL CICLISMO"

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias y a los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, destinado al conocimiento de las prestaciones y rendimiento del deportista, para que cumpla con sus expectativas competitivas y de prolongación de su práctica deportiva, y para que la práctica deportiva minimice las consecuencias que puede tener para su salud, tanto desde el punto de vista médico como lesional.

Curso "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 1/5/2018 A 1/5/2019) CON 2,93 CRÉDITOS

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos para el estudio del sistema cardiocirculatorio desde el punto de vista del electrocardiograma (ECG).

Curso "FISIOLOGÍA Y VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL CICLISMO"

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias y a los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, destinado al conocimiento profundo de los aspectos fisiológicos y de valoración funcional del ciclismo.

Curso "AYUDAS ERGOGÉNICAS"

Curso abierto a todos los interesados en el tema que quieren conocer las ayudas ergogénicas y su utilización en el deporte.

Curso "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 1/5/2018 A 1/5/2019) CON 6,60 CRÉDITOS

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos para el estudio del sistema cardiocirculatorio desde el punto de vista de la actividad física y deportiva, para diagnosticar los problemas cardiovasculares que pueden afectar al deportista, conocer la aptitud cardiológica para la práctica deportiva, realizar la prescripción de ejercicio y conocer y diagnosticar las enfermedades cardiovasculares susceptibles de provocar la muerte súbita del deportista y prevenir su aparición.

Curso "ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN EN EL DEPORTE"

Curso dirigido a médicos destinado a facilitar al médico relacionado con la actividad física y el deporte la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para prescribir una adecuada alimentación del deportista.

Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE"

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias (existe un curso específico para médicos) y para los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, dirigido a facilitar a los profesionales relacionados con la actividad física y el deporte la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para conocer la adecuada alimentación del deportista.

Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE" Para Diplomados y Graduados en Enfermería

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (NO PRESENCIAL 15/12/2015 A 15/12/2016) CON 10,18 CRÉDITOS

Curso dirigido a facilitar a los Diplomados y Graduados en Enfermería la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para conocer la adecuada alimentación del deportista.

Curso "CINEANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS"

Curso dirigido a sanitarios destinado a adquirir los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la cineantropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría y el rendimiento deportivo.

Curso "CINEANTROPOMETRÍA"

Curso dirigido a todas aquellas personas interesadas en este campo en las Ciencias del Deporte y alumnos de último año de grado, destinado a adquirir los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la cineantropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría y el rendimiento deportivo.

Más información:
www.femede.es

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

La Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE (A.M.D.) con ISSN 0212-8799 es la publicación oficial de la Federación Española de Medicina del Deporte. 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, 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 Federación.

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

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad de FEMEDE 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 deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe, escritos 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. Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: femede@femede.es.
2. En la primera página figurarán exclusivamente y por este orden los siguientes 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... Se adjuntará una carta en la que el primer autor, en representación de todos los firmantes del estudio, efectúa la cesión de los derechos de reproducción total o parcial sobre el artículo, en caso de ser aceptado para ser publicado. Además, en documento adjunto, 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.

3. En la segunda página figurará el 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>).
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. Revisiones de conjunto: 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 DE CONJUNTO:** 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 en hojas aparte 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 citación oficial 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:** 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.** 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 0501/2004).

Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>

7. **Tablas y Figuras:** Las tablas y figuras se enviarán en archivos independientes en formato JPEG. Las tablas también se enviarán en formato word.

Las tablas 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.

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

Tanto las tablas como las figuras 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.

8. 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.
9. 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.
10. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
11. Envío de los trabajos: ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE. Por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: femedede@femedede.es. El envío irá acompañado de una carta de presentación en la que se solicite el examen del trabajo para su publicación en la Revista, se especifique el tipo de artículo que envía y se certifique por parte de todos los autores que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.

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.

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 aún 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.



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