

Archivos

de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

184

Volumen 35(2)
Marzo - Abril 2018



ORIGINALES

Frequency of High Intensity Circuit Training and diet. Effects on performance and health in active adults: Randomized Controlled Trial

Percepción de esfuerzo y cambios en el rendimiento producidos por una sesión de entrenamiento en circuito en hipoxia o normoxia

Efectos de la exposición aguda a gran altitud en jugadores profesionales de fútbol aclimatados y no aclimatados

Relación entre parámetros antropométricos y metabólicos en estudiantes de colegios públicos extremeños

Psychophysiological response of fighter aircraft pilots in normobaric hypoxia training

REVISIONES

Actualización de la gestión de las lesiones deportivas

Economía de carrera y rendimiento. Esfuerzos de alta y baja intensidad en el entrenamiento y calentamiento. Revisión bibliográfica



DiaSpect Tm



ANALIZADOR de HEMOGLOBINA PORTÁTIL

¡OFERTA LANZAMIENTO!

- Resultados precisos en menos de 2 segundos.
- Coeficiente de Variación (CV) inferior al 1%.
- Medidas: 15cm x 9cm x 4cm

Conexión Bluetooth, lo que unido a la App **POC Connect** (exclusivamente versión para Android a través de Play Store), permite ver en el smartphone a tiempo real los resultados de hemoglobina y nos permite su almacenamiento (pudiendo incorporar la identificación del paciente,...) y exportación en formato .CSV, también su envío mediante email,...

El medidor de hemoglobina DiaSpect TM nos va a permitir de una forma rápida y económica, conocer el nivel de Hemoglobina de un paciente partiendo de una muestra de sangre de menos de 10 microlitros.

Rapidez, Fiabilidad y Precisión

320€
IVA no incluido
(21%)



Código Oferta:
Diaspmedep

Analizador de Hemoglobina DiaSpect Tm

- + 100 cubetas para el análisis
- + Caja de 100 Lancetas Unistik 21G



BIOlaster
www.biolaster.com



☎ 943 300 813
639 619 494 📞



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

Iturrana, 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), y Índice SJR (SICI Journal Rank).



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.

Dirijase 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

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. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek Drobnic 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. **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 Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Pablo Jorge Marcos Pardo.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Martínez Rodríguez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. 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. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **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 Serratos 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



AEPSAD
AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN
DE LA SALUD EN EL DEPORTE

Los analizadores de Lactato* de los Deportistas de Elite

**El lactato es el indicador líder del acondicionamiento aeróbico para los deportistas, y un elemento clave para predecir la fatiga muscular y el rendimiento deportivo*



Tiempo medición: 10 segundos
Rango medición: 0,5-25 mmol/L
Volumen de muestra: 0,2 μ l
Transmisión datos PC : Sí (Incorpora chip bluetooth)
Pila: 2 baterías de 1.5V AAA/LR03
Software: Lactate Scout Assistant Gratuito

Lactate Scout+



Tiempo de Medición: 13 segundos
Rango Medición: 0,3-25 mmol/L
Volumen de muestra: 0,7 μ l
Transmisión datos PC: Sí (el cable se vende por separado)
Pila: Botón - 3V DL2450
Software: Lactate Plus - CD incluido con el cable

LACTATE PLUS



Tiempo medición: 15 segundos
Rango medición: 0,5-25 mmol/L
Volumen de muestra: 0,3 μ l
Transmisión datos PC : Sí (el cable se vende por separado)
Pila: Botón - 3V CR2032
Software. Meqnet Windriver.
CD incluido con el cable

Lactate Pro™ 2

Todos los analizadores portátiles de lactato líderes en el mercado, a la venta en:

Laktate
www.laktate.com

619 284 022 

Archivos de medicina del deporte

Volumen 35(2) - Núm 184. Marzo - Abril 2018 / March - April 2018

Sumario / Summary

Editorial

- Health and Medicine in the Future: Change through Sports Medicine – Sports Medicine in Change**
Salud y Medicina en el futuro: Cambio a través de la medicina deportiva - Medicina deportiva en el cambio
Herbert Löllgen, Ruth Löllgen70

Originales / Original articles

- Frequency of High Intensity Circuit Training and diet. Effects on performance and health in active adults: Randomized Controlled Trial**
Frecuencia de entrenamiento en circuito de alta intensidad y dieta. Efectos sobre rendimiento y salud en adultos activos: Ensayo Controlado Aleatorizado
Alejandro Martínez-Rodríguez, José M. García de Frutos, Pablo J. Marcos-Pardo, Fco. Javier Orquín-Castrillón73
- Percepción de esfuerzo y cambios en el rendimiento producidos por una sesión de entrenamiento en circuito en hipoxia o normoxia**
Rating of perceived exertion and physical performance changes after one circuit training session in hypoxia or normoxia
Arturo Camacho, Jacobo A. Rubio-Arias, Domingo J. Ramos-Campo80
- Efectos de la exposición aguda a gran altitud en jugadores profesionales de fútbol aclimatados y no aclimatados**
Effects of acute exposure to high altitude in acclimatized and non-acclimatized professional soccer player
Jorge Cajigal, Oscar F. Aranedá, José Naranjo Orellana86
- Relación entre parámetros antropométricos y metabólicos en estudiantes de colegios públicos extremeños**
Relationship between anthropometric and metabolic parameters in students from public schools of Extremadura
Rafael Timón, Marta Marcos-Serrano, Marta Camacho-Cardenosa, Alba Camacho-Cardenosa, Javier Brazo-Sayavera, Guillermo Olcina Camacho93
- Psychophysiological response of fighter aircraft pilots in normobaric hypoxia training**
Respuesta psicofisiológica de pilotos de caza en entrenamiento de hipoxia normobárica
Álvaro Bustamante-Sánchez, Víctor M. Loarte-Herradón, Jesús F. Gallego-Saiz, Trinidad Trujillo-Laguna, Vicente J. Clemente-Suárez99

Revisiones / Reviews

- Actualización de la gestión de las lesiones deportivas**
Sports injuries management update
Ernesto San Francisco León104
- Economía de carrera y rendimiento. Esfuerzos de alta y baja intensidad en el entrenamiento y calentamiento. Revisión bibliográfica**
Running economy and performance. High and low intensity efforts during training and warm-up. A bibliographic review
Fernando González-Mohíno Mayoralas, José F Jiménez Díaz, Daniel Juárez Santos-García, Rubén Barragán Castellanos, Inmaculada Yustres, José M^o González Ravé108

Programa117

Libros / Books126

Agenda / Agenda127

Normas de publicación / Guidelines for authors131

Health and Medicine in the Future: Change through Sports Medicine – Sports Medicine in Change

Salud y Medicina en el futuro: Cambio a través de la medicina deportiva - Medicina deportiva en el cambio

Herbert Löllgen¹, Ruth Löllgen²

¹Cardiology, Sportsmedicine Practice. ²Consultant Pediatric Emergency Physician. Pediatric Emergency Department. Switzerland. Clinical Lecturer (University of Sydney).

Sports Medicine is a branch of medicine concerned about effects of inactivity, physical activity, movement, exercise, sports and training on the human body at all ages, in healthy and diseased subjects. The main objectives of sports medicine include prevention of many diseases, especially of cardiovascular diseases by physical activity but also prevention of sports injuries, the therapeutic use of physical activity as therapy of different diseases and in rehabilitation after recovery from diseases, surgery or other interventions in internal medicine and traumatology.

Sports medicine is also concerned with providing training recommendations to athletes of all categories ranging from leisure time to top athletes.

The rapid development of science in sports medicine has revealed new fields of activity which will broaden the spectrum of sports medicine.

Genomics and sports medicine

There are many aspects of genomics and sports medicine. For instance, the diagnosis of occult genetic diseases potentially leading to sudden cardiac arrest or death is of great importance. Genetic diseases include heart muscle diseases such as cardiomyopathies or electrical diseases such as abnormalities e.g. long QT-syndrom. Diagnostic testing for genomic abnormalities may be essential and life saving in athletes and their family members, even if conducted as postmortal molecular autopsy.

The prediction of eligibility, endurance or strength and the search for talents among young athletes in certain sports disciplines based on genomic diagnostic examination such as genomics or DNA analysis is neither acceptable from an ethical point of view nor reliable from a genomic scientific point of view to date.

However, in times of *Crispr/Cas9*¹ this aspect should be carefully observed in the future.

A question which remains unanswered is whether genomic analysis may be successful in the search for doping as has been suggested². If this comes true, genomic testing should be strongly promoted by sports organisations such as the IOC or WADA.

Personalisation of sports medicine

A trend towards individual diagnostic testing and more importantly, therapy tailored to the individual has widely emerged in recent research and practical medicine as a way to improve treatment in an individual sports person or patient.

The development of the *exercise prescription for health* (EPH) project has shown to enable individualized recommendations for regular physical activity tailored to existing diseases and type of training.

EPH recommendations follow the FITTprinciple (Frequency; Intensity, Time, Type of sports) extended by formulas facilitating the prescription on an individual basis. Such an approach is a significant step towards individualizing the training recommendation and may enhance adherence to regular physical activity. Therefore, exercise prescription for health is a Europe-wide initiative with a strong motivational component. To avoid any harm to the athlete, a standardized preparticipation examination as developed by the EFSMA is strongly recommended for all sports physicians. This EFSMA recommendation may therefore be a forerunner for personalised medicine³.

Digitization and sports medicine

There is no doubt that digitization is one of the most significant developments in all areas of economy and medicine to date. The EFSMA therefore tries to introduce digitization by means of digitized ECG recording in all European countries together with digitized history and physical examination of all athletes. The next step is to implement a

Correspondencia: Prof. Dr. H. Löllgen
E-mail: herbert.loellgen@gmx.de

central data storage either by browser or by cloud. By this approach and given the cooperation of all European federations, a large database can be established. This will allow prospective evaluations for each country but especially for prospective studies with large numbers in sports medicine. There is still such analysis on early detection of inborn diseases in young recruits from Switzerland with excellent results⁴. Such a database may also enable all sports physician in Europe to obtain expert information regarding difficult interpretation of athlete's ECG and other findings via the secretary of EFSMA as a kind of second opinion.

Sports medicine as a mother for physical activity in other medical disciplines

A meticulous observation of all internal medicine disciplines across the world clearly reveal that physical activity is gaining huge importance in most disciplines, e.g. but not only sports cardiology, sports neurology or sports oncology.

Besides the established disciplines of traumatology and orthopaedics, sports medicine has also been introduced as part of the treatment pillars in psychiatry, paediatrics, obstetrics (sports in pregnancy) as well as pneumology. Furthermore, pre-conditioning, another current development may demand sports medicine support. More and more physicians use exercise training as a pre-treatment prior to surgery, e.g.

bypass surgery, but also in other fields of interventional medicine. In addition, early mobilization of inpatients starting with physical training already while still in hospital demands treatment by a sports physician. Accordingly, the presence of a sports medicine consultancy in every single hospital should be highly considered. This physician should also recommend physical activity after discharge of the patient by an exercise prescription similar to prescription of medication or other measures.

Last but not least, these portrayed new developments must be supported by ethical standards and official sport society statements. This especially concerns athletes of all categories as has been stated by the new declaration of Geneva⁵.

References

1. Doudna JA, Charpentier E. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*. 2014;346(6213):1258096.
2. Pitsiladis Y, Ferriani I, Geistlinger M, de Hon O, Bosch A, Pigozzi F. A Holistic Antidoping Approach for a Fairer Future for Sport. *Curr Sports Med Rep*. 2017;16(14):222-4.
3. Zupet P, Löllgen H for EFSMA: Exercise prescription for health and training recommendations. www.efsma-scientific.eu
4. Abächerli R, Schmid R, Kobza R, Frey F, Schmid JJ. Erne Preparticipating ECG Screening preventing SCD – Insight from the Swiss Army. Annual Meeting of Heart Rhythm Society. San Francisco; 2014, # 5719.
5. Parsa-Parsi Ramin Walter. The Revised Declaration of Geneva. A Modern-Day Physician's Pledge. *JAMA*. 2017;318(20):1971-18.

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:

francisco j. bermell

ELECTROMEDICINA

www.bermellelectromedicina.com

EQUIPOS PARA EL DEPORTE Y LA MEDICINA DEL DEPORTE

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.

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



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

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

Frequency of High Intensity Circuit Training and diet. Effects on performance and health in active adults: Randomized Controlled Trial

Alejandro Martínez-Rodríguez¹, José M. García de Frutos², Pablo J. Marcos-Pardo², Fco. Javier Orquín-Castrillón²

¹Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Alicante. ²Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Deporte. UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia.

Recibido: 14.06.2017

Aceptado: 04.09.2017

Key words:

Body composition.
Muscle mass. Fat mass.
Circuit training.
Functional training.

Summary

Introduction: High intensity circuit training (HICT) has been proven to be one of the most efficient methods to improve physical and physiological parameters using short training sessions. The objective of this study was to discern the effects of a 6-week HICT program in active persons, modifying the training frequency.

Methods: Group A trained two days a week (n=7), group B trained 3 days a week (n=7), while the control group did not perform any training (n=7). All groups followed a diet program adapted to the strength training requirements. The training sessions were comprised of 4 series of 10 self-loading exercises, including sprints and supporting materials, with 1-2 minute rests between series, exerting an 80-95% maximum cardiac frequency intensity. A 1:1 training load density was used, with 20-25 second intervals between work and recovery.

Results: Groups A and B significantly improved in body composition and strength tests (bench press and back squats), compared to the control group as well as in the intragroup analysis when comparing before and after the intervention. However, no significant differences were observed when comparing the two experimental groups. No changes in blood pressure were observed in any inter- or intragroup analysis.

Conclusion: An adapted nutritional program and a 2-day/week HICT program seems to be sufficient in order to obtain significant improvements in strength and body composition in healthy active subjects, although blood pressure was not affected.

Frecuencia de entrenamiento en circuito de alta intensidad y dieta. Efectos sobre rendimiento y salud en adultos activos: Ensayo Controlado Aleatorizado

Resumen

Introducción: El entrenamiento en circuito de alta intensidad (HICT) ha demostrado ser uno de los métodos de entrenamiento más eficaces por la mejora de parámetros físicos y fisiológicos utilizando cortos periodos de entrenamiento. El objetivo de este estudio fue conocer los efectos de un programa de 6 semanas de entrenamiento HICT en personas activas, modificando la frecuencia de entrenamiento.

Método: El grupo A entrenó con una frecuencia de 2 días a la semana (n=7), el grupo B (n=7) 3 días a la semana y el grupo control no realizó ningún entrenamiento (n=7). Ambos grupos siguieron un programa dietético adaptado a los requerimientos de los entrenamientos de fuerza. Realizaron un mismo entrenamiento compuesto de 4 series de 10 ejercicios con auto-cargas, con material auxiliar y carreras, con descanso de 1 y 2 minutos entre las series, a una intensidad entre el 80-95% de la FC máx. Se utilizó una densidad de la carga de entrenamiento de 1:1 con intervalos de trabajo y recuperación de 20 a 25 segundos.

Resultados: Los grupos A y B mostraron, en comparación al grupo control, mejoras en la composición corporal y en los test de fuerza (press de banca y sentadilla) antes y después de la intervención con HICT. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias cuando se compararon los resultados obtenidos entre ambos grupos experimentales. Las diferencias se observaron frente al grupo control, ya que tanto el grupo A como el grupo B mostraron mejoras significativas en la composición corporal y la fuerza. La presión arterial no presentó diferencias en las comparaciones inter e intragrupo.

Conclusión: Un programa dietético nutricional adaptado y una frecuencia de entrenamiento de HICT de dos días parece ser suficiente para obtener mejoras en la fuerza y la composición corporal, aunque no para mejorar la presión arterial en sujetos sanos activos.

Palabras clave:

Peso corporal.
Masa muscular. Masa grasa.
Entrenamiento en circuito.
Entrenamiento funcional.

Correspondencia: Alejandro Martínez-Rodríguez
E-mail: amartinezrodriguez@ua.es

Introduction

High intensity circuit training (HICT)¹ is a training method where high intensity repetitions are performed, followed by complete pauses or active recoveries before commencing another repetition at the same programmed intensity². The activities are generally of short duration but vigorous, with complete rests or low-intensity exercises performed between series. This method dramatically stimulates the body and causes a physiological readjustment, as well as requiring significantly less time and fewer exercises³.

The most relevant responses or acute effects that occur during and after HICT exercises are the use of fat as energy substrate as well as other physiological adaptations, such as increased catecholamine and cytokine production⁴. At the peripheral level, both blood vessels and muscles develop functional and structural adaptations^{5,6}. In this sense, HICT is becoming of increased interest for glycaemic control in type II diabetes, having a higher and more prolonged post-exercise hypoglycaemic effect than moderate intensity exercises of the same or longer duration⁷. Other chronic adaptations include increased resting glycogen storage¹ and improved resting blood pressure levels⁸.

In this context, HICT can exert significant changes in adult body composition, especially regarding fat mass. This morphological change is one of the most health-related factors, as lower fat mass is associated with decreased mortality and co-morbidity risks⁹. Furthermore, these changes can be further enhanced with a nutritional-diet intervention, as combining exercise with an individualized adapted diet can positively affect body compositions of strength-related athletes¹⁰.

The ACSM (American College Sports Medicine) recommendations regarding sports practice¹¹ present healthy sports practice guidelines, and grades them in relation to the level of scientific evidence (graded A-D). These recommendations include those related with frequency, intensity, training type, volume, etc. In this sense, regarding resistance training, there is no consensus if 2 or 3 days/week training is preferable. Certain authors, such as Westcott and colleagues¹² have already questioned this and have tried to study their effects on body composition and blood pressure, among other parameters, in resistance training but not HICT.

Therefore, the aim of this study is to understand the effect HICT exerts on sports performance variables, body composition and blood pressure. To this end, two different HICT programmes with different weekly frequencies were compared, with the hypothesis that increasing the number of training days per week, at the same duration, the subjects would obtain better results in the variables studied.

Material and method

Design

A quasi-experimental design was performed for 6 weeks in 2 experimental groups and one randomized control group (blind distribution). The variables (explained below) were assessed in all the subjects one week before the intervention, as well as week 0 and 7, performed by the same researcher using the same protocol and at the same moment of the day.

Sample

The volunteers were taken from different sports centres in Spain, Región de Murcia, choosing from adult males. A meeting was held with the interested collaborators to inform of the research, the conditions and requirements, as well as the possible benefits and inherent risks of the training program. Ethical approval was given by the Ethical Committee of San Antonio Catholic University of Murcia in Spain, and was performed in accordance with the ethical standards of the committee responsible for human experimentation (institutional and national) and with the Helsinki Declaration of 1975 revised in 2008.

The inclusion criteria were: functionally independent males of 21-40 years of age; no muscular, ligament, bone, nerve or articular pathology that may interfere with the training program; no cardiovascular or cardiorespiratory problems. Also, the volunteers must be considered to be physically active for the past 5 years, based on the definition published in Martin *et al.*¹³, where an active individual is that who exercises or trains (aerobic, resistance or mixed) at least 3 times a week in non-consecutive days, and must have at least 5 years of experience in resistance training.

The exclusion criteria are: under pharmacological treatment or supplements; performs other sports activities that may influence in the results of the study; does not respect the training program or attend the training sessions; does not fulfil one of the inclusion criteria.

A total of 21 male volunteers were selected. A simple randomized sampling was performed to group the volunteers into two experimental (n=7 each) and one control group (C, n=7) (Figure 1). Both experimental groups performed the same HICT training program, with the only difference being the number of weekly sessions (2 per week in Group A, 3 per week in Group B). The program lasted a total of 6 weeks. Group C did not perform any physical exercise. Because all participants used smartphones, the physical activity of the control group and the experimental groups outside the intervention program were controlled by "Google fit" app (step count) free for iOS and android.

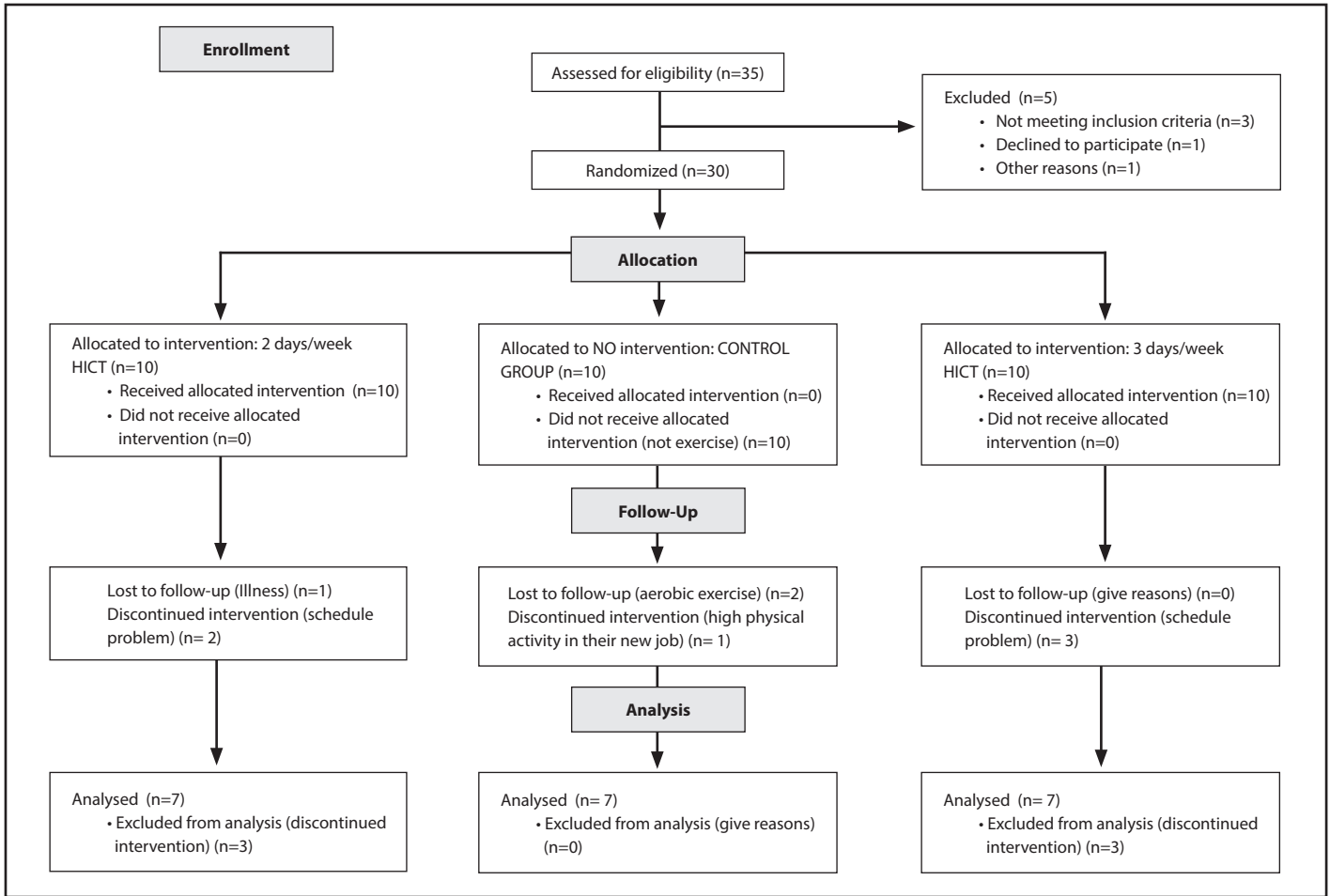
Body composition

The ISAK protocol was used in order to normalize the body composition values of the volunteers¹⁴. The anthropometric variables¹⁰ used to estimate fat mass (percentage and weight) using Carter's formula were measured with the following materials: Harpenden plycometer (Baty International Ltd., West Sussex, United Kingdom) with a 2 mm precision and flexible metallic metric tape with 1mm precision; weight was measured using a digital scale¹⁵ Tanita BC-418 MA (Tanita Corporation, Arlington Heights, IL) with a 100 g precision. Standing height without shoes was measured using a Seca 202 stadiometer (Seca, Hamburg, Germany) to the nearest 0.1 cm.

Blood pressure

Arterial blood pressure was measured in all the participants at the beginning and end of the intervention. This was performed at rest, with the volunteers seated for at least 10 minutes. The measurement was performed with a digital tensiometer (Omron MX3 Plus, model HEM-742-E)¹⁶, following the recommendations published in Schoenfeld *et al.*¹⁷

Figure 1. Consort flow diagram.



Strength test

The 1 REP MAX (1RM) bench press and squat tests were performed following NSCA recommendations described by Schoenfeld in 2016¹⁸.

Maximum cardiac frequency

Cardiac frequency was measured using Polar Team for Apple systems and Polar H7 Bluetooth pulsometers¹⁹.

Diet program

All the participants of the experimental groups and control group followed the same diet program, adapted to their energy requirements¹⁴. Before commencing the training intervention, the control and experimental groups assisted a nutritional education workshop to inform them of the diet plan. The diet plan consisted in 2 g/kg body weight proteins, 5-8 g/kg body weight carbohydrates and 1 g/kg body weight lipids²⁰. An isocaloric diet was provided, with no energy restriction. All the participants were given indications as to what foods could be consumed and when to eat. A dietitian was provided for the participants to contact in case of any doubt.

Training program

The training program lasted 6 weeks. Group A performed 2 HICT sessions per week at a 1:1 density, group B performed 3 sessions, while Group C did not perform any training.

The duration of the intervals was established at 20-25 seconds of effort, with an intensity of 80-95% HRmax.

Metabolic exercises were performed, with self-loads. These exercises were organized into 3 exercises for upper body muscle groups, 3 for lower hemisphere muscles, 2 for core muscles (abdominal and lumbar) and 2 running muscle groups. Also, they were divided in calisthenics, with materials and runs.

Therefore, a total of 10 exercises were performed, with a focus on metabolic exercises with self-load, multi-muscle, poly-articulate, and of intramuscle coordination. The participants were supervised by a graduate in Sports Science in order to ensure that the voluntary fatigue was achieved in a safe manner, and that proper resting periods were performed. The total training time was of approximately 50 minutes (4 series).

The training session commenced with a general warm-up, consisting in a continuous run, adding dynamic exercises every 3 minutes.

Afterwards, 2 minutes of vegetative activity was performed, at a 50-60% maximum CF intensity. Dynamic stretching of the muscle groups to use in the training session was executed. Once the training session was completed, 2 progressive 10-15 metre sprints were performed, with no rests between them. See Annex for the specifications of the training program.

Statistics

The SPSS® software (version 24.0 IBM for Windows) was used for the statistical analysis. Results were presented as mean \pm standard deviation (SD). Were performed descriptive analysis, Kolmogorov-Smirnov normality distribution test, T-test for related samples, and inter-subject one-way ANOVA as well as post-hoc tests (Tukey and Games-Howell) depending on if the variances were homogenous. Parametric tests were used as the data analysed presented a normal distribution. The 95% confidence interval (95% CI) were calculated. Level of significance was fixed at $p < 0.05$.

A correlation analysis for each group was performed separately, and a linear regression was assessed with the variables that presented a certain level of significance. Effect Size (ES) was calculated according to Cohen guidelines²¹. Threshold values for Cohen ES statistics were >0.2 (small), >0.6 (moderate), and >1.2 (large).

Results

The descriptive analysis of the samples divided by groups and moment (pre or post-intervention) is shown in Table 1, as well as the results of the inter-group and intra-group means.

The comparison analysis of related samples indicated that both groups presented significant differences after the 6-week HICT intervention. On one hand, group A significantly improved in the reduction of triceps skinfolds (95%CI=[0.23736 -3.04836]; ES=0.319), as well as in the abdominal (95%CI=[0.41479-6.44236]; ES= 0.463) and total sum of the 6 folds (95%CI=[3.02456-17.97544]; ES=1.388). Also, decreased fat

Table 1. Description data of the sample and significative results after related sample comparison and differences between groups.

	GROUP A (n=7): 2 HICT sessions		Group B (n=7): 3 HICT sessions		Group C (n=7): Control	
	Pre-Intervention Mean	Post-Intervention Mean SD	Pre-Intervention Mean	Post-Intervention Mean SD	Pre-Intervention Mean	Post-Intervention Mean SD
Age	31.1 \pm 7.9	31.1 \pm 7.9	27.4 \pm 5.9	27.4 \pm 5.9	30.8 \pm 5.8	30.8 \pm 5.8
Body composition						
Weight (kg)	77.2 \pm 8.1	77.2 \pm 7.0	70.5 \pm 7.1	70.0 \pm 6.5	77.5 \pm 8.3	77.6 \pm 8.3
Height	178.1 \pm 10.9	178.1 \pm 10.9	172.1 \pm 2.7	172.1 \pm 2.7	179.4 \pm 9.3	179.4 \pm 9.3
BMI (kg/m ²)	24.4 \pm 1.3	24.4 \pm 1.6	23.9 \pm 2.7	23.7 \pm 2.5	24.3 \pm 1.4	24.3 \pm 1.5
Waist (cm)	82.6 \pm 6.1	81.4 \pm 5.8	78.9 \pm 5.6	78.4 \pm 6.1	82.7 \pm 6.3	83.3 \pm 6.8
Hip (cm)	96.5 \pm 5.3	95.9 \pm 3.4	67.4 \pm 39.2	92.1 \pm 4.3	96.4 \pm 5.2	96.5 \pm 5.3
Waist-Hip Ratio	0.8 \pm 0.0	0.8 \pm 0.0	0.8 \pm 0.0	0.8 \pm 0.0	0.9 \pm 0.0	0.9 \pm 0.0
Triceps skinfold (mm)	13.2 \pm 5.3	11.6 \pm 4.7 ^a	12.5 \pm 4.7	8.8 \pm 3.4 ^{**a}	13.2 \pm 5.3	13.4 \pm 5.2
Subscapular skinfold (mm)	13.6 \pm 5.0	11.5 \pm 2.5	11.3 \pm 1.6	10.6 \pm 2.1	14.6 \pm 5.0	14.8 \pm 5.0
Supraespal skinfold (mm)	15.2 \pm 3.3	14.6 \pm 2.7	15.1 \pm 1.9	14.0 \pm 1.7 [*]	16.2 \pm 3.7	16.4 \pm 3.5
Abdominal skinfold (mm)	24.1 \pm 8.0	20.6 \pm 7.1 ^a	22.6 \pm 7.9	19.6 \pm 8.1 ^a	22.1 \pm 9.0	22.4 \pm 9.1
Thigh skinfold (mm)	15.4 \pm 6.0	14.0 \pm 7.1	14.6 \pm 3.9	13.9 \pm 4.3	17.0 \pm 5.8	17.2 \pm 6.3
Calf skinfold (mm)	9.4 \pm 4.1	8.1 \pm 2.6	10.3 \pm 4.6	7.4 \pm 2.9 [*]	9.7 \pm 4.4	9.7 \pm 4.0
Skinfold sum of 6 (mm)	80.9 \pm 27.9	70.4 \pm 22.5 ^a	76.4 \pm 19.5	64.1 \pm 18.1 ^{**a}	81.2 \pm 28.1	82.4 \pm 28.1
Fat mass (%)	11.1 \pm 2.9	10.0 \pm 2.4 ^a	10.6 \pm 2.1	9.3 \pm 1.9 ^{**a}	14.8 \pm 4.2	15.0 \pm 4.2
Fat mass (kg)	8.6 \pm 2.7	7.8 \pm 2.3 ^a	7.5 \pm 1.8	6.5 \pm 1.5 ^a	11.6 \pm 3.9	11.8 \pm 3.9
Strength test Results						
Bench Press RM (kg)	76.3 \pm 14.2	85.4 \pm 11.8 ^{**a}	75.0 \pm 17.4	82.9 \pm 15.2 ^a	74.6 \pm 11.2	75.1 \pm 13.5
Squat RM (kg)	104.7 \pm 19.2	120.0 \pm 18.2 ^a	103.7 \pm 22.0	121.4 \pm 20 ^{**b}	102.7 \pm 21.2	98.9 \pm 19.8
Blood pressure Results						
Systolic pressure (mmHg)	138.9 \pm 10.3	116.0 \pm 46.6	134.7 \pm 8.8	130.7 \pm 10.4	139.6 \pm 9.3	140.1 \pm 9.6
Diastolic pressure (mmHg)	77.0 \pm 4.4	62.0 \pm 24.7	62.7 \pm 25.3	53.7 \pm 36.0	78.3 \pm 4.4	77.9 \pm 5.5

HICT: High Intensity Circuit Training; SD: Standar Deviation; BMI: Body Mass Index; RM: Reptetium Maximum; *: Significant difference pre vs post test ($p < 0.05$); **: Significant difference pre vs post test ($p < 0.01$); ^a: Significant difference with Control Group ($p < 0.05$); ^b: Significant difference with Control Group ($p < 0.01$).

mass was observed, both in kg (95%CI=[0.26181-1.45842]; ES=0.319) and percentage (95%CI=[0.31788-1.88922]; ES=0.413). The strength tests also presented significant differences, with improvements observed in the 1RM bench press (95%CI=[-13.62394 - -4.66177]; ES=0.697), and squat (95%CI=[-25.71796 - -4.85347]; ES=0.818). However, no significant differences were observed in the other variables analysed.

On the other hand, group B also presented significant differences in the same skinfolds as group A, as well as in two additional ones: triceps (95%CI=[1.28408 - 6.14449]; ES=0.902), abdominal (95%CI=[0.62703-5.37297]; ES=0.375), supra-spinal (95%CI=[0.13021 - 2.01264]; ES=0.610), leg (95%CI=[0.78559 - 5.07155]; ES=0.754) and the total sum of the six skinfolds (95%CI=[5.28382-19.14475]; ES=0.654). Furthermore, fat mass was significantly decreased, both in kg (95%CI= [0.26473-1.65221]; ES=0.604), and percentage (95%CI= [0.55533-2.01211]; ES=0.649).

Group B also significantly improved after the intervention in 1RM strength tests: bench press (95%CI=[-13.12764 - 2.58664]; ES=0.484), and squat (95%CI=[-24.89231 - -10.53626]; ES=0.842). As in Group A, no significant differences were observed in the other variables analysed.

Group C (control) did not present any significant differences in the intra-group analysis.

The inter-group analysis, comparing the average increase of the variables after the intervention, showed that Groups A and B did not present any significant difference. However, significant differences were observed when the two groups were compared to the control, specifically regarding increased triceps skinfold (Group A: 95%CI=[0.01109-3.632], ES=1.682; Group B: 95%CI=[0.8968-6.9889], ES=2.104); abdominal skinfold (Group A: 95%CI=[0.4801-7.0342], ES=1.682; Group B: 95%CI=[0.0515-6.6056], ES=1.853); total sum of skinfolds (Group A: 95%CI=[2.3194-21.052], ES=2.035; Group B: 95%CI=[4.7174-22.0826], ES=2.509); fat mass percentage (Group A: 95%CI=[0.3053-2.2732], ES=2.208; Group B: 95%CI=[0.5573-2.3816], ES=2.800) and kg of fat mass (Group A: 95%CI=[0.2825-1.7806], ES=2.235; Group B: 95%CI=[0.2611-1.9987], ES=2.056).

With respect to the variables related to sports performance, groups A and B significantly improved after the intervention compared to group C. These variables consisted in increased 1RM in bench press (Group A: 95%CI=[-15.7534 - -4.5323], ES=2.947; Group B: 95%CI=[-15.4579 - -2.2564], ES=2.162) and squat (Group A: 95%CI=[-34.2487 - -8.037], ES=2.508; Group B: 95%CI=[-32.7647 - -14.3781], ES=3.827).

The correlation analysis indicated that, among the two experimental groups, significant negative correlations were detected in the total sum of skinfolds and 1RM bench press at the end of the intervention (Group A: R=-0.851; p=0.015; Group B: R=-0.761; p=0.047). This was also observed in the percentage of fat mass, where a negative correlation was observed between this variable and 1RM bench press (Group A: R=-0.851; p=0.015; Group B: R=-0.761; p=0.047). Similarly, a significant correlation was detected between 1RM squat and 1RM bench press in group B after the intervention (R=0.871; p=0.011).

Lastly, since a significant correlation was detected between fat mass and 1RM bench press, a linear regression analysis was performed. In this sense, 1RM bench press was used as the dependent variable, and percentage of fat mass or total sum of skinfolds as predictors. The results complied with the model both in Group A (R squared=0.670; p= 0.015; Durbin-Watson=1.798) and B (R squared=0.579; p= 0.047; Durbin-Watson=1.809).

Discussion

The results of the study indicates that a 6-week HICT program is an efficient method to improve maximum strength (1RM) as well as body composition in physically active adult males, independently if the training program is performed 2 or 3 days a week.

Positive results were obtained in the intragroup analysis before and after the intervention, with no significant differences among the two experimental groups, while both significantly improved compared to the control group. These results seem to indicate that a frequency of 2 days/week of HICT is sufficient to obtain positive results in physically active adult males. Despite the short duration of the study (6 weeks), significant results were obtained, and were similar to other studies where a 10-week HICT intervention was used²², who also reported a 4.2% decrease in fat mass. Similarly, another study, analysing males and females in a 3 sessions/week, 5-week intervention²³, also reported a decrease in fat mass, although in this case the training sessions lasted 20 minutes with a ratio of 15 seconds of exercise and 15 seconds of rest, alternating 2 minutes of battle rope with 2 minutes of kettlebell.

Certain authors consider that the changes in body composition observed with this type of training are mainly due to the anaerobic metabolism, due to its intermittent character and high intensity²⁴. On the other hand, other authors³ postulate that the changes could be due to the increased use of fatty acids and caloric expenditure of this type of training. Other possible reasons reported could be due to the increased use of catecholamines²⁵ or growth hormone²⁶, which stimulate lipolysis and subsequently the use of subcutaneous or intramuscular fat. During a HICT intervention, the metabolic adaptations of the skeletal muscle favour lipid oxidation. Tremblay and collaborators²⁷ have demonstrated that high intensity training sessions increase the activity of muscle glycolytic enzymes, reducing subcutaneous fat while increasing the activity of β hydroxyacyl coenzyme A dehydrogenase, which catalyzes a fundamental step of fat oxidation. Boutcher²⁸ reported an increase in fat oxidation as a method of eliminating lactate and hydrogens and to resynthesize glycogen. In this sense, it is possible that the metabolism during post-exercise recovery could continue burning calories at the same rate as during the actual exercise²⁹. Lastly, it is important to note that a nutritional program intervention with no physical exercise does not improve the body composition of physically active adults.

The applied HICT program corresponded to 20-25 seconds of activity, with the same amount of rests, at a 1:1 ratio, similar to that described by Bisciotti³⁰. In this sense, a classic intermittent exercise program with a 1/1-1/2 effort/recovery ratio (6 seconds / 10 seconds – 10 seconds / 10 seconds – 20 seconds / 20 seconds – 30 seconds / 30 seconds) was performed. This results in the cardiac frequency to increase during exercise, reaching at least 70% maximum CF, thus considered as high intensity, as described by the American College of Sports Medicine (ACSM)³¹. Due to the short duration of the rests, the recovery was incomplete, causing the pulse rate to be maintained at a plateau³². Also, it is important to note that the training program used follows the ACSM recommendations for cardiovascular exercises (20-60 minutes/session, 3-5 sessions per week)³³.

These results indicate that this innovative training method presents certain advantages over other established ones. By using a HICT method

while considering training frequency and number of repetitions, the results show that the participants obtain a better physical condition (regarding strength) and body composition, and in a shorter time period than with other training methods.

The study demonstrates that a 6-week HICT program with strength and resistance self-loading significantly improves maximum strength and local muscle resistance. The maximum strength was measured using 1RM tests in bench press and squat, with a 10% and 20% improvement, respectively, in both experimental groups, being these values statistically significant.

In a similar work, Bucley *et al.*³⁴ compared 2 groups performing a 6-week HICT program, at a frequency of 3 sessions per week. The first group trained by rowing for 30 minutes, while the second group performed a variety of multidisciplinary exercises at intervals, with 18 repetitions and rests lasting 60 seconds, for a total of 30 minutes. As a result, the first group did not significantly improve in any of the strength tests performed (bench press or squat), while the second group improved by 15% their results in 1RM squat, 70% local muscle resistance in squat, and 12% in 1RM bench press. These results coincide with a previous work by McCarthy, which demonstrated that the strength gained in a concurrent training program (including strength and resistance) are achieved at a frequency of 3 sessions per week or less.

In the present study, significant improvements were detected in 1RM bench press and squat only when the groups were compared before and after the intervention, while no significant differences were observed between groups A and B. However, both groups reported significantly better results compared to group C, who did not perform any HICT.

Similarly, a study published by Dorgo *et al.*³⁵ developed an 18-week training program with a group of adolescents, who performed 10-14 repetitions of 3-4 exercises using different materials (medicine ball, elastic bands, rope...), with a brief 20-30 second rest between each exercise. At the end of the intervention, the experimental group reported a 30% improvement in upper body resistance strength, which is similar to the values obtained in the present study. The same authors also detected an 83% increase in upper body maximum strength at the end of the intervention.

The results obtained in the present study can also be at least partially due to the type of exercises included in the HICT program (push-ups, burpee, bastard, Squat), which are very similar to the movements that are used in the strength tests.

Regarding the limitations of the study, it is important to note that this intervention was performed with a small number of volunteers (3 groups: 2 experimental and 1 control, n=7 each), although each participant was thoroughly supervised during the whole study. In this sense, regarding body composition, the authors contemplate in future studies the possibility of including additional anthropometric variables, such as muscle or bone mass. Other additional variables that could be included are body composition by densitometry, and how strength training may affect certain parameters such as bone mineral content or density. As for blood pressure, it is possible that a longer intervention period may be necessary for HICT to significantly alter this parameter.

As for sports practice, additional tools could be considered for future intervention studies, such as the first beat, which can monitor all

the weekly sessions and allow the analysis of the variability in cardiac frequency and compare the effects of the training or even the effects of training and/or rests of the sample studied.

In conclusion, a 6-week HICT program combined with an adapted diet plan results in significant improvements in 1RM bench press, squat and body composition, as well as reducing fat mass. This was observed both comparing before and after the intervention as well as compared to the control group, which did not perform any physical activity. However, no significant improvements were detected regarding blood pressure. Similar results were obtained when the program was performed 2 or 3 days a week. Finally, it is important to note that a protein-rich diet by itself, without physical activity, is not sufficient to improve strength or body composition.

Bibliography

- Schmidt D, Anderson K, Graff M, Strutz V. The effect of high-intensity circuit training on physical fitness. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016;56(5):534-40.
- Buchheit M, Laursen P. High intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med*. 2013;43:313-38.
- Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012;590:1077-84.
- Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011.
- Hood MS, Little JP, Tarnopolsky MA, Myslik F, Gibala, MJ. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci in Sports Exerc*. 2011;43:1849-56.
- Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med*. 2012;42:489-509.
- Adams O. The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2013;6:113-22.
- Ciolac E. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovasc Dis*. 2012;2:102-10.
- Delgado F, Camaño N, Jerez M, Campos J, Ramírez C, Osorio P, et al. Effects of a multidisciplinary program on morbid obese patients and patients with comorbidity who are likely to be candidates for bariatric surgery. *Nutr Hosp*. 2015;31(5):2011-6.
- Martínez-Rodríguez A, Vicente S, Montero C, Cervello E, Roche E. Nutritional strategies to reach the weight category in judo and karate athletes. *Arch Buda*. 2015;11(1):381-91.
- Garber C, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59.
- Westcott WL, Winnett RA, Annesi JJ, Wojcik JR, Anderson ES, Madden PJ, et al. Prescribing physical activity: applying the ACSM protocols for exercise type, intensity, and duration across 3 training frequencies. *Phys Sportsmed*. 2009;37(2):51-8.
- Martin SB, Morrow JR, Jackson AW, Dunn AL. Variables related to meeting the CDC/ACSM physical activity guidelines. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(12):2087-92.
- Mielgo A, Maroto S, Luzardo S, Palacios G, Antuñano N, González G, et al. Evaluation of nutritional status and energy expenditure in athletes. *Nutr Hosp*. 2015;31(3):227-36.
- Kelly JS, Metcalfe J. Validity and Reliability of Body Composition Analysis Using the Tanita BC418-MA. *J Exerc Physiol*. 2012;15(6):74-83.
- Coleman A, Freeman P, Steel S, Shennan A. Validation of the Omron MX3 Plus oscillometric blood pressure monitoring device according to the European Society of Hypertension international protocol. *Blood Press Monit*. 2005;10(3):165-8.
- Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, et al. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*. 2005;111(5):697-716.
- Schoenfeld BJ, Contreras B, Vigotsky AD, Peterson M. Differential Effects of Heavy Versus Moderate Loads on Measures of Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *J Sports Sci Med*. 2016;15(4):715-22.
- Cheatham SW, Kolber MJ, Ernst MP. Concurrent validity of resting pulse-rate measurements: a comparison of 2 smartphone applications, the polar H7 belt monitor, and a pulse oximeter with bluetooth. *J Sport Rehabil*. 2015;24(2):171-8.

20. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet*. 2016;116(3):501-28.
21. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-13.
22. Smith MM, Sommer AJ, Starkoff BE, Devor ST. Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *J Strength*. 2013;27(11):3159-72.
23. Meier J, Quednow J, Sedlak T. The Effects of High Intensity Interval-Based Kettlebells and BattleRope Training on Grip Strength and Body Composition in College-Aged Adults. *Int J Exerc Sci*. 2015;8(2):124-33.
24. Schuenke M, McBride J. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86(5):411-7.
25. Brachen RM, Linnane DM, Brooks S. Plasma catecholamine and neprine responses to brief intermittent maximal intensity exercise. *J Amino Acids*. 2009;36(2):209-17.
26. Nevill ME, Holmyard DJ, Hall GM, Allsop P, van Oosterhout A, Burrin JM, et al. Growth hormone responses to treadmill sprinting in sprint and endurance trained athletes. *Eur J Appl Physiol*. 1996;72(5-6):460-7.
27. Tremblay A, Simoneau J, Bouchard C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*. 1994;43(7):814-8.
28. Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes*. 2012:1-8.
29. Henderson GC, Fattor JA, Horning MA, Faghinihnia N, Johnson ML, Mau TL, et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the post exercise recovery period. *J Physiol*. 2007; 584(3):963-81.
30. Orquín FJ, Torres G, Ponce F. Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts Med Esport*. 2009;44(164):156-62.
31. American College of Sports Medicine. Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing cardiorespiratory and muscular fitness in healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30(6):975-91.
32. Billat V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Med*. 2001;31(2):75-90.
33. Carpinelli R, Otto R, Winett R. A critical analysis of the ACSM Position Stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols. *J Exerc Physiol Online*. 2004;7(3):1-60.
34. Buckley S, Knapp K, Lackie A, Lewry C, Horvey K, Benko C, et al. Multi-modal High-Intensity Interval Training Increases Muscle Function and Metabolic performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40(11):1157-63.
35. Dorgo S, King GA, Candelaria N, Bader JO, Brickey GD, Adams CE. The effects of manual resistance training on fitness in adolescents. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(8):2287-94.

Percepción de esfuerzo y cambios en el rendimiento producidos por una sesión de entrenamiento en circuito en hipoxia o normoxia

Arturo Camacho^{1,2}, Jacobo A. Rubio-Arias^{1,2}, Domingo J. Ramos-Campo^{1,2}

¹Facultad de Deporte. Departamento de Ciencias de la Actividad física y el Deporte. Universidad Católica de Murcia. Murcia. ²UCAM Centro de Investigación en Alto Rendimiento Deportivo. Murcia.

Recibido: 08.05.2017
Aceptado: 19.09.2017

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar los cambios en el rendimiento de fuerza y en la percepción de esfuerzo (RPE) producidos por una sesión de entrenamiento de fuerza en circuito en hipoxia ($FiO_2 = 0,16$) o normoxia ($FiO_2 = 0,21$). Once deportistas entrenados en fuerza realizaron dos sesiones de entrenamiento en circuito de forma aleatoria en hipoxia o normoxia. Tres días después de una primera sesión de familiarización en la que se determinaron las cargas, se llevó a cabo la primera sesión de entrenamiento. La última sesión se llevó a cabo 72 horas después. La sesión consistió en dos bloques de tres ejercicios (bloque 1: *press* banca, peso muerto y *curl* de bíceps; bloque 2: media sentadilla, *press* francés y extensión de tobillos) realizando 3 series de 6 repeticiones al 6RM con un descanso de 35 segundos entre ejercicio, 3 minutos entre serie y 5 minutos entre bloques. Se analizó la percepción de esfuerzo (RPE) después de cada serie y los valores medios y máximos de velocidad, aceleración, fuerza y potencia, así como los tiempos obtenidos hasta la máxima velocidad y la máxima potencia en media sentadilla y *press* de banca. Los resultados no muestran diferencias significativas en el RPE entre condiciones. Se observan diferencias significativas entre ambas condiciones en la primera serie de sentadilla en la variable aceleración pico (normoxia = $2,9 \pm 0,7$ m/s²; hipoxia = $2,2 \pm 1,1$ m/s²; $p = 0,037$) y en la variable potencia pico (normoxia = $1577,1 \pm 587,5$ W; hipoxia = $1227,2 \pm 636,3$ W; $p = 0,039$). En conclusión, la adición de hipoxia a la sesión de entrenamiento de fuerza afecta a la potencia y a la aceleración pico desarrollada en el ejercicio de sentadilla pero no modifica la percepción de esfuerzo que tiene el deportista.

Palabras clave:
Altitud. Entrenamiento de fuerza. Hipoxia. Percepción de esfuerzo.

Rating of perceived exertion and physical performance changes after one circuit training session in hypoxia or normoxia

Summary

The aim of this study was to analyze the rating perceived exertion and physical performance changes after one session of circuit training in hypoxia ($FiO_2 = 0.16$) or normoxia ($FiO_2 = 0.21$). Eleven resistance-trained young male subjects participated in the study. They performed two circuit training session (hypoxia or normoxia) in randomized order. Three days before the first training session, a familiarization and 6RM test session was performed. After 72 hours of rest, the subjects performed the last training session. The circuit training consisted of two blocks of three exercises (Block 1: bench press, deadlift and elbow flexion; Block 2: half-squat, triceps extension, and ankle extension). Each exercise was performed at 6RM. Rest periods lasted for 35 s between exercises, 3 min between sets, and 5 min between blocks. Rating of perceived exertion (RPE) and peak and mean force, velocity, power and acceleration and time to perform peak power and velocity were determined during all the sets half-squat and bench press exercises. No differences were observed in RPE values between hypoxia and normoxia. Moreover, significant differences were observed in the first trial of half squat in peak acceleration (normoxia = 2.9 ± 0.7 m/s²; hypoxia = 2.2 ± 1.1 m/s²; $p = 0.037$) and peak power (normoxia = 1577.1 ± 587.5 W; hypoxia = 1227.2 ± 636.3 W; $p = 0.039$) between hypoxia and normoxia. In conclusion, these results indicate that simulated hypoxia during circuit training exercise decreases peak power and peak acceleration but maintains rating perceived exertion of the exercise. These differences must be taken into account to avoid an excessive fatigue.

Key words:
Altitude. Resistance training. Hypoxia. Perceived exertion.

Correspondencia: Domingo J. Ramos-Campo
E-mail: djramos@ucam.edu / domingojesusramos@gmail.com

Introducción

Los programas de entrenamiento buscan mejorar la forma física de los deportistas utilizando para ello metodologías diversas¹. Entrenadores y científicos buscan optimizar el rendimiento aplicando los métodos más efectivos de entrenamiento. En este sentido, el entrenamiento de fuerza cada vez tiene mayor importancia tanto para mejorar el rendimiento como para prevenir lesiones en cualquier tipo de modalidad deportiva^{1,2}.

Un método de trabajo que suelen utilizar los entrenadores es el entrenamiento en circuito. Éste método se caracteriza por utilizar cargas bajas con volúmenes elevados para conseguir mejoras en el rendimiento basadas en un aumento de fuerza y la obtención de adaptaciones musculares como la resistencia muscular o la mejora del sistema cardiovascular³. Específicamente, durante los últimos años se está investigando sobre el entrenamiento en circuito con altas cargas (HRC), que es un método de entrenamiento que utiliza intensidades mayores (6 repeticiones máximas (RM) con unos tiempos de recuperación relativamente breves (35") y tiene una carga cardiovascular mayor que circuitos tradicionales. El HRC nos otorga la posibilidad de trabajar diferentes tipos de ejercicios, a una intensidad media-alta 6-RM sin descensos en la potencia muscular⁴. Por lo tanto, éste método de entrenamiento nos proporciona efectos similares de rendimiento que otros métodos de trabajo, optimizando el tiempo de entrenamiento y aplicando sesiones más cortas⁵.

Otra estrategia de preparación física muy utilizada para mejorar el rendimiento en diferentes deportes individuales y colectivos es el entrenamiento en hipoxia. La aplicación de entrenamientos en condiciones de hipoxia produce un mayor estrés sobre el metabolismo anaeróbico⁶⁻⁸. En este sentido, numerosos estudios con entrenamiento de fuerza en hipoxia⁹⁻¹⁴ están comprobando la incidencia de estos factores metabólicos y de otros mecanismos como el mayor reclutamiento de fibras, la producción de citoquinas o el incremento de hormonas para la mejora de la fuerza y para generar una mayor respuesta hipertrófica del músculo a través del incremento del área de sección transversal del músculo. Junto con estos estudios que analizan las respuestas fisiológicas al entrenamiento IHRT, otra variable muy considerada por los estudios ha sido la percepción de esfuerzo del participante^{12,15}. Dichos estudios no encuentran diferencias en la percepción de esfuerzo entre diferentes sesiones de entrenamiento en hipoxia o normoxia, utilizando sesiones de entrenamiento tradicionales: 3-4 series de 8-12 repeticiones al 70% del 1RM.

Centrándonos en el rendimiento de fuerza, estudios previos no observan un efecto de la disminución de la FiO_2 sobre la potencia de salto¹⁶ tras una sesión de salto en hipoxia ($FiO_2 = 13,5\%$ y $16,5\%$ vs $20,9\%$) o la potencia y fuerza generada¹⁷ durante una sesión de sentadilla y peso muerto (5 series x 5 repeticiones al 80% del 1RM ($FiO_2 = 13\%$ y 16% vs $20,9\%$). Además, en las sesiones que utilizan estos autores continúan aplicando unos parámetros de entrenamiento tradicionales¹⁷ o a través de saltos¹⁶.

Basándonos en las evidencias actuales, el entrenamiento de fuerza en circuito, unido a un entorno en hipoxia podría ser un buen método para mejorar el rendimiento en sesiones de entrenamiento más cortas. Aun así, es necesaria más investigación para conocer los efectos agudos y las respuestas fisiológicas que produce un entrenamiento en hipoxia, ya que no hay estudios en la literatura que estudien el efecto añadido del uso de un entrenamiento en circuito junto con la aplicación de una

baja FiO_2 . Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar los efectos agudos en el rendimiento de fuerza y en la percepción de esfuerzo (RPE) producidos por una sesión de entrenamiento de fuerza en circuito en hipoxia ($FiO_2=0,16$) o normoxia ($FiO_2=0,21$).

Material y método

Diseño

Se realizó un estudio comparativo cruzado y doble ciego para determinar la relación causa-efecto de las variables dependientes y el entrenamiento de fuerza en hipoxia. Los participantes completaron el entrenamiento en circuito bajo dos condiciones: normoxia (N) donde la fracción de oxígeno inspirada (FiO_2) fue 0,21 (0 m de altitud); e hipoxia (H) donde la FiO_2 fue 0,16 (2.100 m de altitud). Durante ambas sesiones los participantes respiraban a través de una máscara conectada a un generador de hipoxia (GO_2 Altitude hypoxicator, Biomedtech, Australia).

Participantes

Once hombres con adaptaciones previas al entrenamiento de fuerza (edad: $24,1 \pm 3,6$ años; altura: $176,6 \pm 4,2$ cm; peso: $71,1 \pm 6,4$ kg; masa grasa: $12,1 \pm 1,6\%$; 6-RM *press* banca: $57,6 \pm 12,5$; 6-RM sentadilla: $96,2 \pm 21,2$ kg). Los participantes no tuvieron lesiones musculares ni exposición a la altitud en los tres meses anteriores al estudio. Los procedimientos experimentales fueron explicados a los sujetos y firmaron su consentimiento informado. El presente estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Católica San Antonio de Murcia.

Procedimiento

Todas las sesiones tuvieron lugar en el laboratorio a una temperatura controlada de $21 \pm 2^\circ C$ durante un periodo de 3 semanas y fueron llevadas a cabo en la misma hora del día. Los participantes asistieron en total 3 veces. El primer día se llevó a cabo el test 6-RM para la determinación de los pesos de los diferentes ejercicios a realizar durante las sesiones de entrenamiento siguiendo indicaciones de estudios previos⁴. Durante esa sesión también se realizó una familiarización con los ejercicios y pruebas a realizar. Además, se llevó a cabo un análisis de la composición corporal con un analizador de biomedancia (Tanita BC-601, TanitaCorp, Tokyo, Japan). Después de 3 días de descanso, los sujetos comenzaron a realizar la primera sesión del circuito de forma aleatoria en una de las condiciones (normoxia o hipoxia). Después de 72 horas de recuperación los participantes realizaron la siguiente sesión en la condición que les faltaba (tercera sesión). Los participantes en el estudio fueron informados para mantener una dieta equilibrada durante la duración del estudio y se les prohibió la ingesta de cafeína y alcohol al menos 24 horas antes de cada sesión.

Protocolo experimental

Calentamiento

Previamente al entrenamiento se realizó una familiarización con la máscara de 10 minutos. A continuación, se daba comienzo al calenta-

miento que consistía en 5´ sobre una bicicleta estática a 75w, seguido de 5 minutos de estiramientos activos. Después de esto se comenzaba con el calentamiento específico utilizando la siguiente secuencia: 10 repeticiones al 50% de 6-RM para cada ejercicio con 1 minuto de recuperación; 8 repeticiones al 75% de 6-RM con dos minutos de recuperación, y repeticiones hasta el fallo con una carga de 6-RM. La carga de 6-RM se ajustó aproximadamente un $\pm 2,5\%$ si el sujeto realizaba ± 1 repetición, y se ajustó aproximadamente un $\pm 5\%$ si el sujeto realizaba ± 2 repeticiones¹⁸. Se controlaba la fase excéntrica de cada movimiento mediante metrónomo digital, mientras que la fase concéntrica se llevaba a cabo a la máxima velocidad posible. Los sujetos descansaron 5 minutos antes de comenzar el circuito.

Circuito de alta intensidad

El circuito consistía en dos bloques de tres ejercicios. Se realizaron 3 series del primer bloque donde se incluían los ejercicios de *press* banca, peso muerto y *curl* de bíceps con un descanso de 35 segundos entre ejercicio y de 3 minutos entre serie. Tras 5 minutos de recuperación se comenzaba el segundo bloque que consistía en media sentadilla, *press* francés y extensión de tobillos (con idénticos tiempos de recuperación). Los sujetos fueron supervisados por un levantador experimentado para asegurar que la fatiga voluntaria se lograra de forma segura y con un control técnico estricto¹⁹ (Figura 1).

Protocolo de medición

Tras la realización de cada serie se medía la percepción de esfuerzo subjetivo (RPE) del sujeto mediante la escala de Borg 6-20. Previamente

Figura 1. Protocolo de la sesión de entrenamiento en circuito.

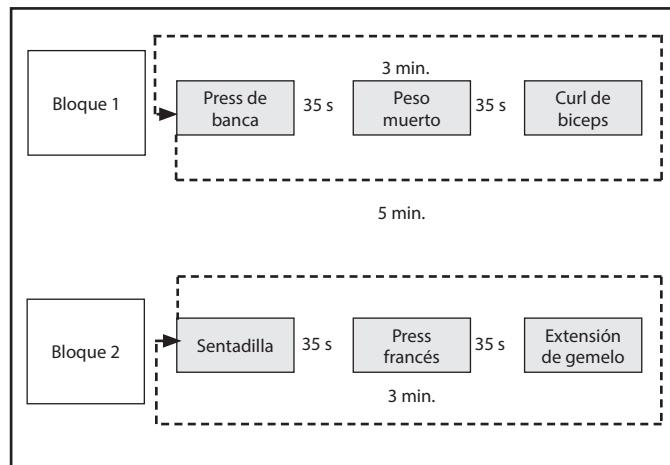


Tabla 1. Valores de percepción de esfuerzo percibido (RPE). Media (Desviación Estándar).

Variable	Condición	Bloque 1			Bloque 2		
		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 1	Serie 2	Serie 3
RPE	N	10,0 (2,3)	11,0 (1,6)	12,3 (1,7)	10,7 (0,7)	11,5 (1,4)	12,0 (1,7)
	H	11,8 (3,0)	12,4 (2,6)	14,1 (3,8)	12,4 (2,3)	13,7 (3,1)	13,1 (2,6)

RPE: Percepción de esfuerzo percibido; N: normoxia; H: hipoxia.

había sido explicada su funcionamiento y utilidad y todos los sujetos tenían experiencia con ella. Además, se realizaron mediciones de los valores de rendimiento para los ejercicios de *press* de banca (bloque 1) y media sentadilla (bloque 2), en cada una de las series, a través de un encoder lineal (Chronojump, Barcelona, España) colocado en la barra. Las variables de rendimiento analizadas fueron: valores medios y máximos de velocidad, aceleración, fuerza y potencia, así como los tiempos obtenidos hasta la máxima velocidad y la máxima potencia.

Análisis estadístico

El conjunto de datos fue analizado utilizando el programa SPSS, paquete estadístico para Windows (versión 20.0; SPSS, Inc. Chicago, IL, USA). Se realizó un análisis descriptivo obteniendo medias y desviación típica. A continuación se llevaron a cabo las pruebas de normalidad donde se utilizó Shapiro-wilk. Fue llevado a cabo un análisis de modelo lineal general, medidas repetidas y comparaciones por pares (Test de Bonferroni). En el caso de las variables no paramétricas utilizamos las pruebas de los rangos con signo de Wilcoxon y la U de Mann-Whitney. El nivel de significación estadística se fijó en $p \leq 0,05$.

Resultados

Los resultados mostrados en la Tabla 1 no presentan diferencias significativas en el RPE entre condiciones.

A continuación, en la Tabla 2 se muestran los valores medios y pico de velocidad (m/s), aceleración (m/s^2), fuerza (N) y potencia (W) de los ejercicios de *press* de banca y media sentadilla registrados durante cada una de las series. También se pueden observar los valores de tiempo (s) para alcanzar la potencia y la velocidad pico.

Los datos muestran una tendencia al descenso en las variables de rendimiento en la condición de hipoxia respecto a la condición de normoxia, sin observar diferencias estadísticamente significativas. Tan sólo se observan diferencias entre ambas condiciones de entrenamiento en la primera serie de sentadilla en la variable aceleración pico ($p = 0,037$) y en la variable potencia pico ($p = 0,039$).

Discusión

El objetivo principal de este estudio fue analizar los efectos agudos que provoca una sesión de entrenamiento de fuerza en circuito en hipoxia ($FiO_2 = 0,16$) sobre variables de rendimiento físico y percepción subjetiva de esfuerzo. El hallazgo principal de esta investigación es que la adición de hipoxia a la sesión de entrenamiento de fuerza afecta a la potencia y a la aceleración pico desarrollada en

Tabla 2. Valores de las variables de rendimiento en press de banca y sentadilla en normoxia e hipoxia. Media (Desviación Estándar).

Variable	Condición	Bloque 1			Bloque 2		
		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 1	Serie 2	Serie 3
Velocidad media (m/s)	N	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)	0,3 (0,1)	0,5 (0,1)	0,5 (0,1)	0,4 (0,2)
	H	0,4 (0,2)	0,4 (0,2)	0,3 (0,2)	0,4 (0,1)	0,4 (0,2)	0,3 (0,2)
Aceleración media (m/s ²)	N	1,4 (0,5)	1,3 (0,3)	1 (0,5)	2,4 (0,8)	2,5 (0,9)	2,4 (1,1)
	H	1,2 (0,7)	1,3 (0,7)	1 (0,9)	1,9 (1)	2,1(1,3)	1,9 (1,1)
Fuerza media (N)	N	671,5 (292,8)	638,1 (224,6)	525,9 (226,2)	1587,9 (340,8)	1618,4 (354,1)	1525,8 (560,4)
	H	493,4 (216,4)	501,3 (217,1)	379,7 (287,9)	1354,1 (583,7)	1297,2 (701,7)	1303,6 (700,6)
Potencia Media (W)	N	279,3 (118,3)	247,9 (104,4)	180,5 (76,1)	744,3 (230,8)	760,2 (221,4)	728,1 (300,6)
	H	201,1 (89,4)	208,1 (90,3)	159,9 (119,6)	596,4 (280,8)	619,9 (342,2)	599,6 (327,3)
Potencia Media (W)	N	0,6 (0,2)	0,6 (0,1)	0,5 (0,2)	0,8 (0,2)	0,9 (0,2)	0,8 (0,3)
	H	0,6 (0,3)	0,6 (0,3)	0,4 (0,4)	0,7 (0,3)	0,7 (0,4)	0,6 (0,4)
Aceleración pico (m/s ²)	N	3,3 (1,5)	3,2 (1,2)	2,5 (1,1)	2,9* (0,7)	3 (0,7)	2,6 (1,1)
	H	2,7 (1,2)	3,2 (1,8)	2,2 (1,8)	2,2* (1,1)	2,3(1,3)	2,1 (1,2)
Fuerza pico (N)	N	883,2 (360,3)	827,9 (248,1)	673,2 (282,5)	2016,9 (401,3)	2082,8 (449,2)	1926,1 (713,2)
	H	637,2 (270,6)	670,9 (276,1)	497,5 (370,2)	1695,5 (705,1)	1666,1 (887,8)	1656,3 (882,4)
Potencia pico (W)	N	472,8 (207,1)	404,6 (133,8)	296,6 (119,7)	1577,1* (587,5)	1664,3 (587,8)	1597,6 (670,3)
	H	321,3 (168,5)	335,3 (167,2)	261,1 (209,3)	1227,2*(636,3)	1301,1 (750,1)	1254,8 (726,5)
Tiempo hasta máxima velocidad (s)	N	0,7 (0,2)	0,8 (0,2)	0,8 (0,4)	0,5 (0,1)	0,5 (0,1)	0,5 (0,2)
	H	0,7 (0,3)	0,7 (0,3)	0,5 (0,4)	0,5 (0,2)	0,4 (0,2)	0,4 (0,2)
Tiempo hasta máxima aceleración (s)	N	0,7 (0,2)	0,7 (0,2)	0,8 (0,4)	0,5 (0,2)	0,5 (0,2)	0,4 (0,2)
	H	0,6 (0,3)	0,6 (0,2)	0,5 (0,3)	0,4 (0,2)	0,3 (0,2)	0,3 (0,2)

Bloque 1: Valores de press de banca; Bloque 2: Valores de media sentadilla; *diferencias estadísticamente significativas entre H y N $p \leq 0,05$; N: normoxia; H: hipoxia.

el ejercicio de sentadilla pero no modifica la percepción de esfuerzo que tiene el deportista.

En relación a la variable RPE, nuestros resultados están en la línea de la literatura que analiza dicha variable. Estudios previos^{12,15,17} observan que no existen diferencias en la percepción de esfuerzo subjetivo, aun viéndose aumentadas las demandas cardiovasculares. En el presente estudio, se vieron tendencias a mayores aumentos en la variable de percepción de esfuerzo tras el primer bloque del HRC aunque sin diferencias significativas. Una de las posibles razones de los menores valores obtenidos en el segundo bloque puede deberse a los ejercicios utilizados y a la mayor demanda de los ejercicios del primer bloque con respecto al segundo. Los ejercicios que implican a un mayor número de grupos musculares incrementan el consumo de oxígeno y la capacidad de extracción por parte de los músculos del oxígeno sanguíneo disminuyendo la saturación y aumentando la frecuencia cardíaca²⁰. En este sentido, en el primer bloque, los ejercicios utilizados (*press* banca, peso muerto y *curl* de bíceps) suponen la movilización de grandes grupos musculares, mientras que los ejercicios seleccionados en el segundo bloque (media sentadilla, *press* francés y extensión de tobillos) tienen una menor demanda al solo utilizar un único ejercicio multiarticular. A diferencia de dichos resultados otros estudios sí encuentran diferencias en la RPE entre condiciones^{21,22}. Estos resultados contradictorios podrían

explicarse por la diferente metodología de entrenamiento; tradicional frente al circuito de alta intensidad. Por lo tanto, la variable de RPE es un buen indicador para un entrenamiento en hipoxia, ya que nos proporciona información valiosa sobre la intensidad del ejercicio y nos permite controlar la carga de entrenamiento en esta condición ambiental^{23,24}.

En relación a los valores máximos de rendimiento, los resultados de este estudio muestran diferencias significativas en la primera serie de media sentadilla. Estudios previos han observado que en condiciones de hipoxia se produce un aumento de la concentración de lactato en sangre, disminuye el pH sanguíneo y disminuye la disponibilidad de oxígeno²⁵. Dichos hallazgos parecen sugerir una mayor implicación metabólica de la glucólisis anaeróbica, necesaria para mantener la resíntesis de ATP. Así, cuando el metabolismo aeróbico no puede satisfacer la demanda de ATP la degradación de fosfocreatina y la mayor implicación de la glucólisis anaeróbica colaboran para proporcionar la energía necesaria²⁶. Por otro lado, el mayor estrés metabólico y acidosis asociada al entrenamiento en hipoxia⁹ unido a los tiempos de recuperación breves que utilizamos en el HRC, afectan a la capacidad de los músculos para mantener el equilibrio entre utilización y resíntesis de ATP, limitando la recuperación muscular²⁷. Esta respuesta fisiológica, tal como sugieren los estudios, podría explicar este descenso del rendimiento observado en nuestro estudio. Sin embargo, es necesario llevar a cabo un análisis

de dichas variables, no estudiadas en nuestro trabajo. Por lo tanto, los resultados parecen indicar, que el entrenamiento propuesto en hipoxia, repercute negativamente en la capacidad de generar picos de fuerza en media sentadilla. Así pues, estos resultados deberían ser tenidos en cuenta a la hora de planificar un entrenamiento de fuerza en hipoxia, ya que la velocidad y potencia muscular son factores que se modifican con la hipoxia y que pueden modificar la respuesta al entrenamiento²⁸.

Los resultados obtenidos en las variables de fuerza, potencia y aceleración medias y los tiempos necesarios para llegar a la máxima velocidad y máxima potencia muestran que no existen diferencias significativas entre las condiciones analizadas. Aun así, los datos obtenidos en la condición de hipoxia mostraron una tendencia a ser más bajos que en normoxia. En este sentido, nuestros resultados, a pesar de las claras diferencias en las tareas propuestas entre ambos trabajos, parecen estar en concordancia con el estudio de Scott *et al.*¹⁷ que no encontraron diferencias significativas, pero si unos valores inferiores en las variables de fuerza y potencia entre hipoxia y normoxia en una sesión con ejercicios de sentadilla y peso muerto de 5 series de 5 repeticiones al 80% del 1RM al 0,16 o 0,13% de FiO_2 . Éste descenso en los valores medios de rendimiento se asocian a una acumulación de productos que genera fatiga metabólica y fatiga neuromuscular así como con un descenso en los depósitos de fosfocreatina²⁹. Además, también se asocia a una mayor implicación de la glucólisis anaeróbica cuando se realiza un entrenamiento en hipoxia³⁰ que incrementa la acidosis intracelular y que contribuye a la fatiga³¹. Por lo tanto, los valores de rendimiento medios en una sesión de entrenamiento en circuito en hipoxia son similares a los de una sesión en normoxia, lo que sugiere que pueda utilizarse sin efectos adversos y aprovecharse de los beneficios de trabajar en un entorno con baja disponibilidad de oxígeno, que estudios previos relacionan como una mayor hipertrofia muscular^{12,15}.

El presente estudio contribuye a la comprensión de las respuestas agudas de una sesión de entrenamiento en circuito en condiciones de hipoxia. Proporciona evidencias sobre la aplicabilidad potencial en deportes de resistencia que utilizan el entrenamiento de fuerza en sus programas de entrenamiento. Las sesiones de circuito en hipoxia no producen las mismas respuestas agudas en variables de rendimiento que el mismo entrenamiento bajo condición de normoxia. Estas diferencias deben de tenerse en cuenta a la hora de diseñar y optimizar las cargas de entrenamiento. Además, hay que tener en cuenta que los sujetos de este estudio eran atletas bien entrenados y con experiencia en el entrenamiento de fuerza por lo que los resultados son aplicables a atletas que aspiran a mejorar el rendimiento en dicha cualidad. Debido a la alta demanda de la glucólisis anaeróbica que esta modalidad parece producir, los resultados del estudio también pueden aplicarse a jugadores de deportistas de equipo, velocistas o atletas de resistencia que pueden querer optimizar sus sesiones de entrenamiento en fuerza en sesiones más cortas.

En conclusión, los resultados de este estudio demuestran que una sesión de entrenamiento en circuito en hipoxia ($\text{FiO}_2 = 0,16$) no disminuye el rendimiento físico medio de la sesión ni la percepción de esfuerzo que tiene el deportista, pero afecta a la potencia y a la aceleración pico desarrollada en el ejercicio de sentadilla en comparación con el mismo entrenamiento en normoxia. Es necesario seguir investigando en el entrenamiento de fuerza en hipoxia y específicamente en

circuito para conocer las adaptaciones crónicas en fuerza, metabólicas y morfológicas. Si los resultados de futuras investigaciones siguen en la línea de nuestro estudio, podríamos estar ante una nueva metodología de entrenamiento en fuerza ya que no disminuye el rendimiento físico medio de la sesión y por otro lado no provoca que el ejercicio sea percibido como más intenso. Así el deportista se beneficiaría de las mejoras de rendimiento que nos proporciona el medio con baja disponibilidad de oxígeno y en menor tiempo de entrenamiento.

Bibliografía

- McGuigan MR, Wright G, Fleck S. Strength training for athletes: does it really help sports performance? *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7:2-5.
- Mujika I, Ronnestad B, Martin D. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11:283-9.
- Gettman LR, Pollock ML. Circuit weight training: a critical review of its physiological benefits. *Phys Sportsmed.* 1981;9(1):44-60
- Alcaraz PE, Sanchez-Lorente J, Blazeovich A. Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *J Strength Cond Res.* 2008;22:667-71.
- Alcaraz PE, Perez-Gomez J, Chavarrias M, Blazeovich A. Similarity in adaptations to high-resistance circuit vs. traditional strength training in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2011;25:2519-27.
- Katayama K, Matsuo H, Ishida K, Mori S, Miyamura M. Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency. *High Alt Med Biol.* 2003;4:291-304
- Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Corbi F, Pagés T, Viscor G. Anaerobic performance after endurance strength training in hypobaric environment. *Sci Sport.* 2014;29:311-318.
- Álvarez-Herms J, Julia-Sanchez S, Corbi F, Pages T, Viscor G. A program of circuit resistance training under hypobaric hypoxia conditions improves the anaerobic performance of athletes. *Sci Sport.* 2016; 31;78-87.
- Scott BR, Goods P, Slattery K. High-Intensity Exercise in Hypoxia: Is Increased Reliance on Anaerobic Metabolism Important? *Front Physiol.* 2016;7:637.
- Scott BR, Slattery K, Sculley D, Dascombe B. Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. *Sports Med.* 2014;44:1037-54.
- Kon M, Ikeda T, Homma T, Akimoto T, Suzuki Y, Kawahara T. Effects of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1279-85.
- Kon M, Ikeda T, Homma T, Suzuki Y. Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses. *J Strength Cond Res.* 2012;26:611-7.
- Ramos-Campo DJ, Rubio-Arias J, Freitas T, Camacho A, Jiménez-Díaz J, Alcaraz P. Acute Physiological and Performance Responses to High-Intensity Resistance Circuit Training in Hypoxic and Normoxic Conditions. *J Strength Cond Res.* 2017;31:1040-7.
- Yan B, Lai X, Yi L, Wang Y, Hu Y. Effects of Five-Week Resistance Training in Hypoxia on Hormones and Muscle Strength. *J Strength Cond Res.* 2016;30:184-93.
- Nishimura A, Sugita M, Kato K, Fukuda A, Sudo A, Uchida A. Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5:497-508.
- Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Gatterer H, Viscor G, Burtscher M. Differing levels of acute hypoxia do not influence maximal anaerobic power capacity. *Wilder Environm Med.* 2015;26:78-82.
- Scott BR, Slattery K, Sculley D, Hodson J, Dascombe B. Physical performance during high-intensity resistance exercise in normoxic and hypoxic conditions. *J Strength Cond Res.* 2015;29:807-15.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley G, Dooly C, Feigenbaum M, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:364-80.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes M, Franklin B, Lamonte M, Lee I, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1334-59.
- Lewis SF, Taylor WF, Graham RM, Pettinger WA, Schutte JE, Blomqvist CG. Cardiovascular responses to exercise as functions of absolute and relative work load. *J Appl Physiol* 1983; 54(5):1314-1323.
- Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Hamlin M, Viscor G. Strength training under hypoxic conditions. *Physiol Rep.* 2015;3:e12227.

22. Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Gatterer H, Blank C, Corbi F, Pagès T, et al. Anaerobic training in hypoxia: A new approach to stimulate the rating of effort perception. *Physiology & behavior*. 2016;163:37-42.
23. Day ML, McGuigan M, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*. 2004;18:353-8.
24. Gearhart RF, Goss F, Lagally K, Jakicic J, Gallagher J, Gallagher K, et al. Ratings of perceived exertion in active muscle during high-intensity and low-intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2002;16:87-91.
25. Scott BR, Slattery K, Dascombe B. Intermittent hypoxic resistance training: is metabolic stress the key moderator? *Med Hypotheses*. 2015;84:145-9.
26. Calbet JA, Boushel R, Radegran G, Sondergaard H, Wagner P, Saltin B. Determinants of maximal oxygen uptake in severe acute hypoxia. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2003;284:291-303.
27. Hogan MC, Richardson R, Haseler L. Human muscle performance and PCr hydrolysis with varied inspired oxygen fractions: a 31P-MRS study. *J Appl Physiol*. 1999;86:1367-73.
28. Gonzalez-Badillo JJ, Sanchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*. 2010;31:347-52.
29. Haseler LJ, Hogan M, Richardson R. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. *J Appl Physiol*. 1999;86:2013-8.
30. Kasai N, Mizuno S, Ishimoto S, Sakamoto E, Maruta M, Kurihara T, et al. Impact of 6 consecutive days of sprint training in hypoxia on performance in competitive sprint runners. *J Strength Cond Res*. 2017;10.
31. Bowtell JL, Cooke K, Turner R, Mileva K, Sumners D. Acute physiological and performance responses to repeated sprints in varying degrees of hypoxia. *J Sci Med Sport*. 2014;17:399-403.

Efectos de la exposición aguda a gran altitud en jugadores profesionales de fútbol aclimatados y no aclimatados

Jorge Cajigal¹, Oscar F. Araneda², José Naranjo Orellana³

¹Laboratorio de Ciencias del Deporte. Universidad Mayor. Santiago. Chile. ²Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo (LIBFE). Universidad de los Andes. Santiago. Chile. ³Laboratorio de Fisiología del Ejercicio. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España.

Recibido: 12.09.2017

Aceptado: 22.09.2017

Resumen

Objetivo: Evaluar la respuesta cardiopulmonar, equilibrio ácido base y gases en una prueba cardiopulmonar máxima en futbolistas profesionales de primera división de Bolivia residentes de altitudes bajas, medidos durante las primeras seis horas de llegada a la gran altura de 3.600 m.

Métodos: A once futbolistas bolivianos residentes a 150 m (lowlanders, LL) y diez residentes a 3.600 m (highlanders, HL) se les realizó el Yo-Yo endurance test con ergoespirometría, determinación de pH, exceso de bases (EB), gases y lactato en sangre capilar a 150 m y a 3.600 m una semana después.

Resultados: El VO_2max ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) disminuyó a 3.600 m en ambos grupos estudiados, sin diferencia entre el lugar de residencia y altitud. En LL ($p < 0,001$), $3,52 \pm 0,46$ vs $2,92 \pm 0,38$. En HL ($p < 0,001$), $4,02 \pm 0,5$ vs $3,41 \pm 0,45$. La distancia máxima recorrida (metros) fue menor en altura (3.600 m) en ambos grupos, $1.903,64 \pm 202,55$ vs $1.358,2 \pm 210,6$ ($p < 0,001$) en LL, y $2.096,0 \pm 272,4$ vs $1.605,0 \pm 281,17$ ($p < 0,001$) en HL. Pre-ejercicio a 3.600 m, los LL tuvieron mayor pCO_2 ($38,3 \pm 3,0$ vs $30,69 \pm 1,78$ mmHg; $p < 0,001$) y menor satO_2 ($83,1 \pm 2,7$ vs $88,1 \pm 1,1\%$; $p < 0,01$). El ejercicio en altura generó en LL mayores decrementos de pH ($-0,258 \pm 0,06$ vs $-0,206 \pm 0,03$; $p < 0,05$) y de EB ($-18,73 \pm 2,83$ vs $-12,62 \pm 2,13$) sin diferencias en lactato sérico ($10,8 \pm 2,09$ vs $9,43 \pm 2,1$ mmol/L para LL y HL respectivamente).

Conclusión: En las primeras seis horas a 3.600 m, la caída del rendimiento aeróbico es similar en LL y HL, a pesar de una menor respuesta ventilatoria y oxigenación en reposo del grupo LL, además en ejercicio se genera una mayor acidosis metabólica en LL en ambas alturas.

Palabras clave:

Equilibrio ácido-base.
Rendimiento físico.
Hipoxia hipobárica.
Jugadores de fútbol.
Mal agudo de montaña.

Effects of acute exposure to high altitude in acclimatized and non-acclimatized professional soccer player

Summary

Objective: To evaluate the cardiopulmonary response, gases and acid base balance in a cardiorespiratory maximal test applied to professional football players of first division of Bolivia living at low altitude, during the first six hours after arrival to the high altitude of 3,600 meters.

Methods: Eleven Bolivian players living at an altitude of 150 m (lowlanders, LL) and ten highlanders (HL), living at an altitude of 3,600 m, performed the Yo-Yo endurance test with ergospirometry. Base excess (BE), pH, blood gases and capillary blood lactate were determined at 150 m and at 3,600 m seven days later.

Results: VO_2max ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) decreased at 3,600 m in both groups, without differences in slopes or interaction between the factors residence and altitude. In LL ($p < 0,001$), $3,52 \pm 0,46$ vs $2,92 \pm 0,38$. In HL ($p < 0,001$), $4,02 \pm 0,5$ vs $3,41 \pm 0,45$. The distance covered in the test was lower at 3,600 m in both groups: $1358,2 \pm 210,6$ vs $1903,64 \pm 202,55$ m in LL ($p < 0,001$) and $1605,0 \pm 281,17$ vs $2096,0 \pm 272,4$ m in HL ($p < 0,001$). Pre-exercise at 3600 m, LL had a higher pCO_2 ($38,3 \pm 3,0$ vs $30,69 \pm 1,78$ mmHg; $p < 0,001$) and a lower satO_2 ($83,1 \pm 2,7$ vs $88,1 \pm 1,1\%$; $p < 0,01$). Exercise performed at high altitude produced in LL a higher decrement in pH ($-0,258 \pm 0,06$ vs $-0,206 \pm 0,03$; $p < 0,05$) and in BE ($-18,73 \pm 2,83$ vs $-12,62 \pm 2,13$) with no differences in blood lactate ($10,8 \pm 2,09$ vs $9,43 \pm 2,1$ mmol/L for LL and HL, respectively).

Conclusion: During the first six hours at 3,600 m, aerobic performance decrease is similar in LL and HL, although a lower ventilatory response and resting oxygenation of the LL group is found. LL group also showed a greater metabolic acidosis in both altitudes during exercise.

Key words:

Acid-base equilibrium.
Physical performance.
Hypobaric hypoxia.
Soccer players.
Acute mountain sickness.

Correspondencia: Jorge Cajigal
E-mail: jorgecajigal@gmail.com

Introducción

Jugar al fútbol en altura es un interesante desafío científico, deportivo y logístico para los equipos provenientes de nivel del mar. Así, se han planteado tanto riesgos para la salud y la disminución del rendimiento físico como las causas principales de la desventaja que implica competir en estas condiciones¹⁻⁴. A pesar de esto, la FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*), ha planteado que existe aún información insuficiente al respecto, particularmente en altitudes superiores a los 3.000 m⁵⁻⁷.

En el año 2000, Brutsaert *et al*⁸ estudiaron la respuesta cardiopulmonar y metabólica al ejercicio en jugadores profesionales aclimatados a la altura (o *highlanders*; HL) y jugadores procedentes de bajas altitudes y no aclimatados a la altura (o *lowlanders*; LL) medidos a las 48 horas de permanencia a 3.600 m. Al término del esfuerzo cardiopulmonar, ambos equipos mostraron una elevación en los equivalentes ventilatorios del oxígeno (VE/VO₂), altas concentraciones de lactato sanguíneo y bajas saturaciones arteriales de oxígeno (SaO₂), sin diferencias entre LL y HL. Además, ambos grupos tuvieron menores valores de VO₂max respecto de mediciones hechas a 430 m, con un mayor efecto observado en los LL, lo cual indica una desventaja fisiológica de este grupo frente a los jugadores aclimatados⁸. Recientemente, se han reportado resultados similares en jugadores juveniles de fútbol no aclimatados a la altura^{2,9}.

Independiente de la estrategia de aclimatación, la menor presión atmosférica hace disminuir las presiones alveolar (PAO₂) y arterial (PaO₂) de oxígeno así como su contenido arterial (CaO₂), lo que disminuye el rendimiento aeróbico respecto al nivel del mar¹⁰. De esta forma, la hipoxia hipobárica aumenta la respuesta ventilatoria regulando la PaO₂, mientras que el CaO₂ es determinado por el desplazamiento en la curva de disociación de la hemoglobina¹¹ y especialmente por la concentración de hemoglobina, por lo que cambios en la volemia y en la respuesta eritropoyética afectarán directamente el CaO₂^{12,13}. Por su parte, la hiperventilación propia de la hipoxia disminuye la presión arterial de CO₂ (PaCO₂), lo que implica posteriormente el restablecimiento del equilibrio ácido base (EAB) a través del aumento de la excreción renal de bicarbonato¹⁴⁻¹⁷. Los cambios mencionados forman parte de la aclimatación a la altura y requieren de aproximadamente 2 a 3 semanas para consolidarse^{18,19}, lo que genera importantes problemas logísticos para su implementación en las competencias deportivas. En vista de este problema, muchos equipos han optado por llegar el mismo día del partido a la altura, jugar y retornar, estrategia que se denomina “*fly-in, fly-out*”¹ o jugar en “hipoxia aguda inmediata” (HAI). La principal justificación para su uso es evitar las manifestaciones del “mal agudo de montaña” que suceden desde las 6 horas, con su pico entre las 24 y 48 horas, en vista de la merma sobre el rendimiento asociada a este cuadro^{15,19,20}. De manera empírica, varios equipos de clubes y selecciones nacionales en Sudamérica han utilizado esta estrategia; sin embargo, no existe información científica al respecto en jugadores de fútbol profesional. Así, el objetivo del presente estudio fue conocer los efectos de la exposición a HAI a gran altitud (3.600 m) sobre la respuesta cardiopulmonar máxima, el EAB y los gases en sangre capilar en jugadores de fútbol profesional aclimatados y no aclimatados a la gran altura.

Material y método

Sujetos

Se estudió a 21 futbolistas profesionales pertenecientes a dos equipos de la primera división boliviana, uno proveniente de una altitud baja y no aclimatados a la altura (n = 11, Trinidad, Bolivia, 150 m), denominados *lowlanders* (LL) y otro formado por sujetos aclimatados a la altura con una permanencia de al menos seis meses (n = 10, La Paz, Bolivia, 3.600 m) denominados *highlanders* (HL). Ninguno de los sujetos del grupo HL era nativo de altura pero todos eran residentes permanentes de la gran altura con un mínimo de aclimatación de 6 meses. La totalidad de los sujetos involucrados en el estudio eran jugadores profesionales y además titulares de sus respectivos equipos, con entrenamientos diarios y partidos de fútbol durante los fines de semana. Todos los sujetos involucrados presentan al menos 5 años de entrenamiento sistemático. La Tabla 1 resume las características de la muestra. Todos los sujetos fueron informados de las pruebas a realizar y dieron su consentimiento por escrito para participar voluntariamente en el estudio. Los protocolos del estudio fueron diseñados siguiendo las indicaciones de la Declaración de Helsinki.

Protocolo

Las evaluaciones se realizaron durante el desarrollo del campeonato nacional de primera división de Bolivia. Inicialmente ambos equipos fueron evaluados a baja altitud (150 m). Un día después de esta medición, los HL retornaron a la altura para ser medidos seis días después en esta condición. El grupo LL viajó a la altura una semana después de la primera medición y tras 60 min en avión se dirigieron inmediatamente al estadio de fútbol Hernando Siles (3.600 m). Desde que los jugadores se expusieron a la altura, hasta que fueron evaluados, transcurrió un tiempo menor a 6 horas (entre 3 y 5 horas de HAI). La Figura 1 muestra el desarrollo de las mediciones.

Procedimiento

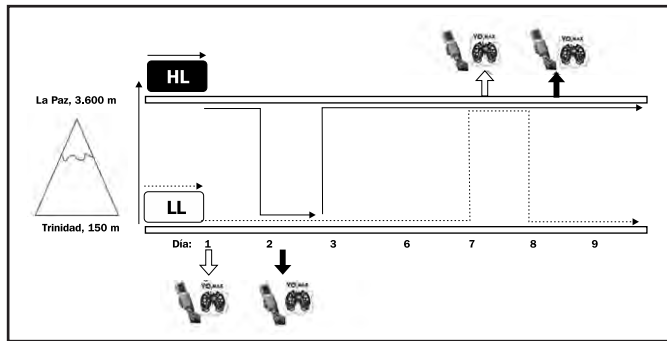
El día de las evaluaciones, temprano por la mañana, se procedió con la evaluación cardiopulmonar aplicando la prueba de campo de esfuerzo máximo *Yo-Yo Endurance Test* (YYET)²¹. Cada jugador realizó la prueba portando un equipo ergoespirómetro que registró los cambios cardiopulmonares. En reposo, (pre-ejercicio) y al término de la prueba,

Tabla 1. Datos antropométricos, edad y tiempo de permanencia en altura.

	Lowlanders (n=11)	Highlanders (n=10)
Edad (años)	21,8±3,4	25,2±3,2*
Estatuta (cm)	172,7±0,07	174,6±0,05
Masa corporal (kg)	68,6±9,7	72,2±6,3
IMC (kg/m ²)	22,9±2,1	23,7±1,6
Permanencia en altura (meses)	0	24,9±32,6*

Los datos se presentan como promedios ± DE. (*) p<0,05.

Figura 1. Descripción del experimento.



Las líneas representan los desplazamientos entre 150 y 3.600 m durante el experimento. Línea punteada para LL y continúa para HL. Las flechas representan los momentos de medición, blanco para LL y negro para HL. *Lowlanders* (LL), *highlanders* (HL).

durante los primeros 30s de recuperación (post-ejercicio), se extrajo una muestra de sangre capilar donde se realizaron las mediciones del EAB y gases.

Prueba de campo YYET

Se utilizó el YYET de resistencia nivel 1²¹⁻²³, con determinación directa y simultánea de la función cardiopulmonar. La prueba se realizó en campo de fútbol de césped natural y con botas de fútbol. La prueba es de tipo progresivo continuo, comenzando a bajas velocidades y con incrementos en la velocidad de carrera de 0,5 km/h cada minuto con el objetivo de alcanzar el máximo esfuerzo cardiopulmonar. El rendimiento físico de cada sujeto se obtuvo como distancia máxima alcanzada en el YYET.

Los jugadores no realizaron ningún ejercicio exigente 48 horas antes de la prueba YYET. Antes de iniciar la prueba realizaron un calentamiento de 10 min de trote a 6-8 km/h, además de ejercicios de flexibilidad y movilidad articular.

Medición de parámetros cardiorespiratorios

Para valorar la respuesta cardiopulmonar máxima, se utilizó un equipo portátil Metamax 3B, (Cortex, Alemania), que fue calibrado antes de cada medición utilizando gases de fábrica y aire ambiental para los analizadores y una jeringa homologada de 3 litros para la calibración del flujómetro. Igualmente, se registró la presión barométrica.

Se consideró como criterio de esfuerzo máximo cardiopulmonar haber alcanzado una meseta en el VO₂max. En caso de no ocurrir meseta, se consideró válida la prueba al reunir 2 de los siguientes 3 criterios: 1) un RER ≥ 1,15; 2) alcanzar al menos el 95% de la FC máxima teórica (220 – edad); 3) concentración de lactato sanguíneo superior a 8 mmol/L²⁴. Los sujetos fueron motivados para alcanzar el máximo esfuerzo cardiopulmonar. En la última etapa del YYET se obtuvo el consumo máximo de oxígeno (VO₂max), ventilación pulmonar máxima (VEmax) y equivalente ventilatorio máximo de oxígeno (VE/VO₂max). Estos parámetros cardiorespiratorios se obtuvieron respiración a respiración y posteriormente fueron exportados a una planilla Excel en intervalos de 15 segundos. Se determinaron los valores máximos como aquellos pertenecientes al intervalo donde se obtuvo el VO₂max.

Medición del EAB y gases en sangre capilar

El EAB y gases fueron medidos en condiciones de reposo (5 minutos sentados) antes de iniciar el calentamiento (pre-ejercicio) y en los 30 segundos siguientes al término del esfuerzo máximo cardiopulmonar (post-ejercicio). Se midió el pH y la pCO₂ y se calculó HCO₃⁻, exceso de bases (EB) y SaO₂ en 100 µL de sangre arterializada o capilar obtenida por punción en el lóbulo de la oreja. Las muestras fueron analizadas con el equipo portátil I-Stat (Abbot, USA) por medio de cartuchos específicos (CG4)^{25,26}. La concentración de lactato en sangre se determinó en una muestra de sangre de 5 µL obtenida también desde el mismo lóbulo de la oreja y utilizando un analizador portátil (Lactate Pro1, Arkray, Japón).

Análisis estadístico

La normalidad de las distribuciones se valoró con el Test de Saphiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas fue evaluada con el test de Levene. Como prueba de contraste de hipótesis se utilizó un ANOVA factorial, considerando como factores principales el lugar de residencia permanente de los deportistas (*Low Landers* o *High Landers*) y el sitio donde se realizaron las mediciones (150 ó 3.600 metros de altura). Cuando se encontraron diferencias significativas en alguno de los factores principales se utilizó la prueba de Bonferroni como test post-hoc. Las correlaciones fueron analizadas mediante el test de Pearson. Para todas las pruebas descritas se utilizó como nivel de significación un valor de *p* inferior a 0,05. Todos los datos se presentan como media y desviación estándar.

El análisis fue realizado utilizando el programa estadístico GraphPad Prism 6.0

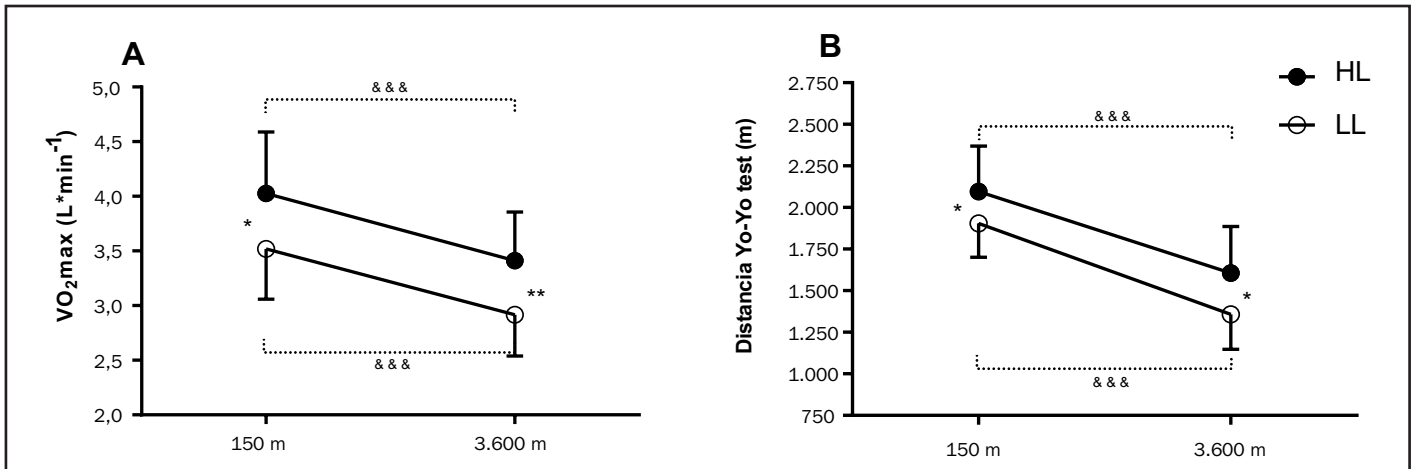
Resultados

Rendimiento físico

Respecto al rendimiento físico, se observó una disminución en el VO₂max absoluto (L*min⁻¹) en la altura en ambos grupos. En LL este parámetro disminuyó desde 3,52 ± 0,46 hasta 2,92 ± 0,38 L*min⁻¹ (p < 0,001) y en HL disminuyó desde 4,02 ± 0,5 hasta 3,41 ± 0,45 L*min⁻¹ (p < 0,001) (Figura 2A). De igual forma, el VO₂max relativo (ml*min⁻¹*Kg⁻¹) disminuyó en LL con la altura desde 51,48 ± 3,92 hasta 42,77 ± 3,67 (p < 0,001) y en HL disminuyó desde 55,65 ± 4,47 hasta 47,76 ± 3,53 (p < 0,001). En la distancia recorrida (metros) en el YYET, también se encontró una disminución en las mediciones en altitud, desde 1.903,64±202,55 hasta 1.358,2±210,6 m (p < 0,001) en el grupo LL y desde 2.096,0±272,4 hasta 1.605,0±281,17 m (p < 0,001) en el grupo HL (Figura 2B). Para ambos parámetros, el grupo LL presentó menores valores que el grupo HL tanto a 150 m como a 3.600 m.

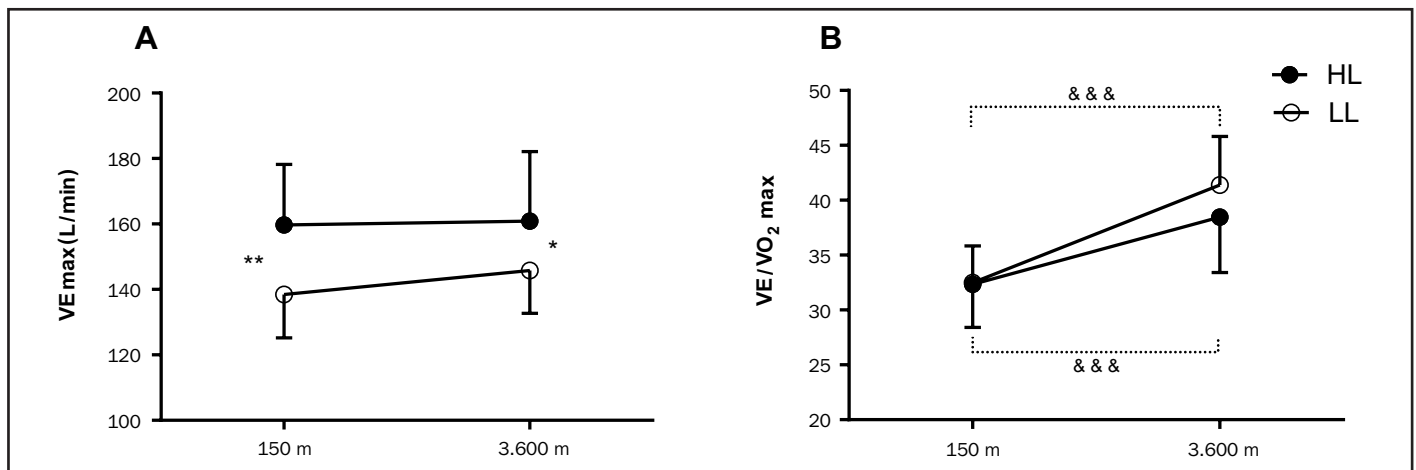
La VEmax (L/min) no mostró variación (p = 0,42) por el cambio de altura en ninguno de los grupos (138,44 ± 13,23 vs 145,83 ± 13,08 para LL y 159,72 ± 18,51 vs 160,84 ± 21,32 para HL) (Figura 3A). El grupo HL mostró mayores valores de VE tanto a 150 m (p < 0,01) como a 3.600 m (p < 0,05). Respecto al VE/VO₂max (Figura 3B), aumentó desde 32,49 ± 3,34 hasta 41,39 ± 4,41 (p < 0,001) en LL y desde 32,35 ± 3,95 hasta 38,47 ± 5,03 (p < 0,001) en HL al comparar 150 m con 3.600 m respectivamente. No se encontraron diferencias entre grupos a la misma altura (p = 0,25).

Figura 2. VO_2 max absoluto (A) y distancia máxima Yo-Yo Test (B) medidos a 150 m y 3.600 m en futbolistas *lowlanders* (LL) y *highlanders* (HL). Los valores son promedios \pm SD.



*Diferencias entre grupos a la misma altura: *p < 0,05; **p < 0,01. (&&&) Diferencias entre 3.600 m y 150 m: (&&&) p < 0,001.

Figura 3. Ventilación máxima (VE max) (A) y equivalente ventilatorio máximo para el oxígeno (VE/ VO_2 max) (B) medidos a 150 m y 3.600 m en futbolistas *lowlanders* (LL) y *highlanders* (HL). Los puntos representan promedios \pm SD.



*Diferencias entre grupos a la misma altura: *p < 0,05; **p < 0,01. (&&&) Diferencias entre 3.600 m y 150 m: (&&&) p < 0,001.

EAB pre-ejercicio

En la Tabla 2 se muestran los datos del EAB y gases. En relación al EAB pre-ejercicio, el pH no se modificó en LL pero sí aumentó en HL a 3.600 m (p < 0,01). HCO_3^- no se modificó en ninguno de los grupos a 3600 m (p = 0,76) pero sí se encontraron valores más elevados en los sujetos LL tanto a 150 m (p < 0,001) como a 3.600 m (p < 0,001). La pCO_2 (Figura 4A), disminuyó en altitud en HL (p < 0,001) con menores valores en el equipo HL tanto a 150 m (p < 0,001) como a 3.600 m (p < 0,001). El EB (Tabla 2) no se modificó con la altura en ninguno de los equipos (p = 0,44). Sin embargo, en HL presentó valores más bajos en comparación a LL tanto a 150 m (p < 0,001) como a 3.600 m (p < 0,001). El lactato aumentó a 3.600 m en LL (p < 0,01) y HL (p < 0,05), encontrándose mayor lactato a 3.600 m en LL respecto a HL (p < 0,05). Finalmente, respecto

a la SAO_2 (Figura 4B) la altura tuvo un efecto diferente en el grupo LL y HL. Así, a 150 m no existen diferencias en los grupos, disminuyendo en la altura para ambos casos (p < 0,001) pero con un valor mayor en el grupo HL (88,1 \pm 1,1 vs 83,1 \pm 2,7; p < 0,01).

EAB post-ejercicio

En relación a los parámetros del EAB post-ejercicio, se encontró que el pH no cambia a 3.600 m en ninguno de los dos grupos, presentando valores más elevados el grupo HL tanto a 150 m (p < 0,05) como a 3.600 m (p < 0,01). En relación al HCO_3^- post-ejercicio, se encontró a 3.600 m una menor concentración tanto en sujetos LL (p < 0,01) como HL (p < 0,05) sin diferencias entre ambos grupos (p = 0,66). La pCO_2 post-ejercicio también disminuyó a 3.600 m en LL (p < 0,01) y HL (p < 0,001) con valores

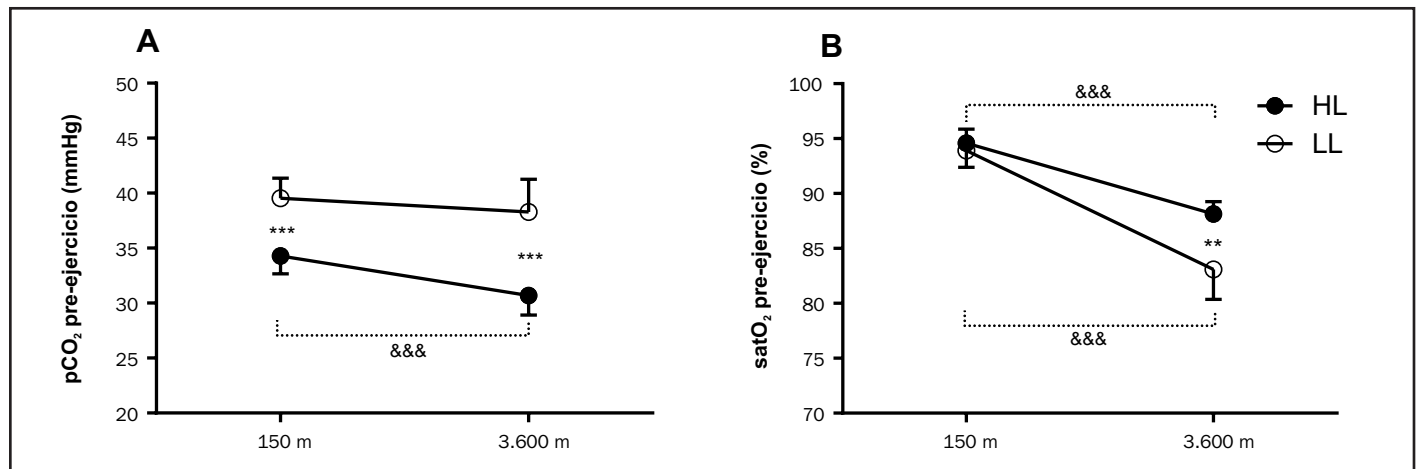
Tabla 2. Equilibrio ácido base y gases en sangre capilar pre y post ejercicio máximo, en futbolistas profesionales medidos a 150 m y 3.600 m de altitud.

	Lowlanders (n=11)		Highlanders (n=10)	
	150 m	3.600 m	150 m	3.600 m
pH pre	7,425±0,02	7,440±0,03	7,416±0,01	7,454±0,02 ^b
pH post	7,192±0,05	7,182±0,05	7,230±0,04*	7,248±0,04**
ΔpH-0,234±0,05	-0,258±0,06	-0,185±0,04*	-0,206±0,03*	
HCO ₃ ⁻ pre (mmol/L)	25,93±0,74	26,07±2,25	22,01±0,97***	21,59±1,49***
HCO ₃ ⁻ post (mmol/L)	14,05±1,80	11,53±1,92 ^b	13,95±1,87	12,15±1,38
Δ HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	-11,93±2,25	-14,55±2,15 ^b	-8,1±1,73***	-9,44±1,78***
pCO ₂ pre (mmHg)	39,5±1,83	38,3±3,0	34,3±1,62***	30,69±1,78 *** ^c
pCO ₂ post (mmHg)	36,6±4,5	30,5±2,8 ^b	33,1±2,25*	27,65±2,64 * ^c
Δ pCO ₂ (mmHg)	-2,9±4,7	-7,8±2,4 ^b	-1,2±2,38	-3,0±2,57***
BE pre (mmol/L)	1,64±0,92	2,09±2,47	-2,60±1,17***	-2,25±1,39***
BE post (mmol/L)	-14,10±2,33	-16,64±2,77 ^a	-13,5±2,64	-14,88±2,42
Δ BE (mmol/L)	-15,8±2,86	-18,73±2,83 ^b	-10,9±2,38***	-12,62±2,13***
Lactato pre (mmol/L)	1,89±0,48	2,87±0,81 ^b	1,64±0,53	2,1±0,46* ^a
Lactato post (mmol/L)	11,7±1,93	13,72±2,40 ^b	10,7±1,85	11,53±2,12*
Δ Lactato (mmol/L)	9,76±1,82	10,8±2,09	9,06±1,88	9,43±2,1

Los cambios absolutos (Δ) fueron calculados como los valores post-pre ejercicio. Los valores son presentados como promedio ± DS.

(*)Diferencias entre grupos a la misma altura: (*) p (a, b y c). Diferencias entre 3.600 m y 150 m: (a) p<0,05; (b) p<0,01; (c) p<0,001.

Figura 4. pCO₂ (A) y SaO₂ (B) pre ejercicio, medidos a 150 m y 3600 m en futbolistas lowlanders (LL) y highlanders (HL). Los puntos representan promedio ± DS.



*Diferencias entre grupos a la misma altura: **p<0,01; ***p<0,001. (&) Diferencias entre 3.600 m y 150 m: (&&&) p<0,001.

inferiores en HL a ambas altitudes (p <0,05). El EB post ejercicio disminuyó significativamente sólo en sujetos LL a 3.600 m (p <0,05) sin encontrarse cambios en el grupo HL (p = 0,16). Finalmente, el lactato post ejercicio aumentó sólo en sujetos LL a 3.600 m (p <0,01) encontrándose además valores inferiores en HL en altura (p <0,05).

EAB cambios absolutos por ejercicio

Como se puede apreciar en la Tabla 2, los decrementos del pH, HCO₃⁻, EB y pCO₂ tras ejercicio fueron mayores para el grupo LL en

ambas alturas. El incremento de Lactato no mostró diferencias dentro de los grupos ni al comparar entre ellos.

Correlaciones y análisis de regresión

En reposo se encontró una correlación negativa (r = -0,85 p <0,001) entre la SaO₂ y pCO₂ para LL y HL medidos a 3.600 m (Figura 5). Para LL se encontró una mayor pCO₂ y menor SaO₂, mientras que los HL mostraron menor pCO₂ y mayor SaO₂.

Figura 5. Relación entre los valores absolutos de SaO_2 (%) y pCO_2 (mmHg) en sangre capilar pre-ejercicio en futbolistas *lowlanders* (LL, n=11) y *highlanders* (HL, n=8) medidos en La Paz a 3.600 m.

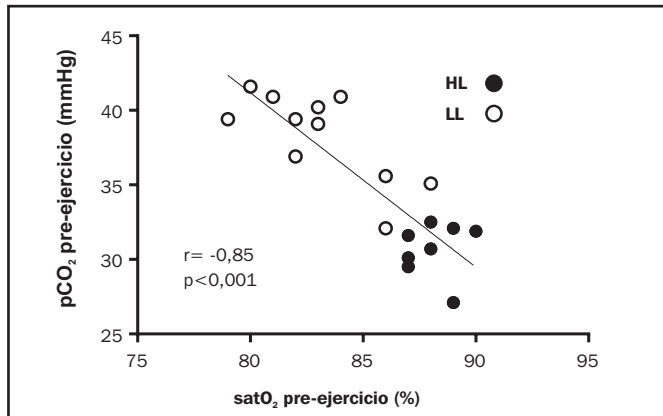
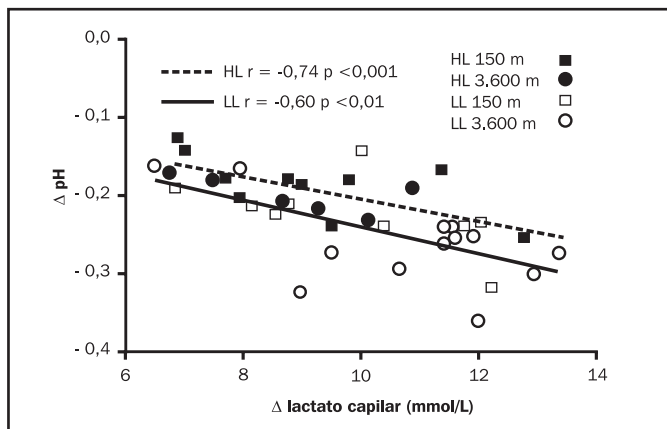


Figura 6. Relación entre los cambios absolutos de lactato y pH en sangre capilar (Δ = post – pre ejercicio) en futbolistas *lowlanders* (LL) y *highlanders* (HL). La línea punteada corresponde a los HL (n=11) y línea continua a los LL (n=8).



Finalmente, la Figura 6 muestra dos rectas diferentes para LL ($r = -0,60$ $p < 0,01$) y HL ($r = -0,74$ $p < 0,001$) al relacionar los incrementos de lactato con los de pH.

Discusión

Rendimiento físico

Hasta donde sabemos, el presente trabajo evaluó por primera vez el efecto de la HAI en jugadores de fútbol profesional. El hallazgo más importante del estudio fue que la disminución en altitud del VO_2max y de la distancia máxima del YYET tanto en sujetos HL como LL, sugiere que el efecto de la exposición bajo una condición HAI afectaría de igual manera el rendimiento físico y cardiopulmonar tanto en sujetos aclimatados como no aclimatados a la altitud.

Los resultados de Brutsaert⁸, obtenidos también en La Paz con jugadores de Fútbol profesional a las 48 horas de exposición, coinciden con los nuestros en que ambos grupos presentan una reducción del

VO_2max . Sin embargo, en el estudio de Brutsaert la disminución es mayor en los sujetos LL que en los HL (-20% y -13% respectivamente). En nuestros resultados esta disminución en el VO_2max es similar (-17% y -15% respectivamente), lo que sin duda se debe a la duración de la exposición y nos permite afirmar que la exposición aguda a la hipoxia en las primeras 6 horas afecta por igual al rendimiento de LL y HL mientras que prolongar esa exposición a 48 horas afecta en mayor medida a los sujetos LL.

En nuestro estudio, se observa un incremento del $\text{VE}/\text{VO}_2\text{max}$ en la altura sin aparente efecto diferencial de este medio sobre ambos grupos, lo que concuerda con otros estudios^{8,27}. El mayor $\text{VE}/\text{VO}_2\text{max}$ en altura es el resultado más bien de la disminución en el VO_2max al no encontrarse cambios en la VEmax entre 150 m y 3.600 m en ninguno de los dos grupos.

EAB y satO_2 pre ejercicio

La reducción de la pCO_2 de reposo en HL a 3.600 m (Figura 4A) sugiere una mayor respuesta ventilatoria que se relaciona con una mayor SaO_2 en altura, como muestra la Figura 5. Una posible explicación es que el grupo LL tarde más tiempo en activar adecuadamente el mecanismo de hiperventilación propio de la hipoxia hipobárica^{15,28}. La hiperventilación presenta la ventaja de aumentar la disponibilidad de oxígeno, de acuerdo con la ecuación del gas alveolar, pero también la desventaja de provocar alcalosis respiratoria²⁸ con efectos contradictorios sobre el rendimiento^{28,29}. Por su parte, la alcalosis provoca un desplazamiento de la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda (lo contrario al efecto Bhor), incrementando la afinidad de la hemoglobina por el O_2 ^{14,28} y se asocia con el "Mal Agudo de Montaña"^{19,30,31}. Esta situación ha sido previamente reportada en jugadores de fútbol expuestos de forma aguda a la altura (2 a 3 días de permanencia) produciendo malestar general y disnea que afectan el rendimiento³².

Los resultados del EAB en reposo, resumidos en la Tabla 2, indican que el pH y HCO_3^- no cambian en LL a 3.600 m. Similares hallazgos se han encontrado en jugadores juveniles no profesionales expuestos también a HAI²⁰. Por su parte, los cambios observados en los jugadores HL (Tabla 2) sugieren una alcalosis respiratoria compensada por la excreción de HCO_3^- por vía renal, situación propia de sujetos aclimatados a la altura^{14,15,17}. Por tanto, los sujetos HL logran una mayor hiperventilación en reposo con una mayor SaO_2 y con una leve alteración del pH, a diferencia de los sujetos LL, quienes probablemente por el limitado tiempo de exposición a la hipoxia, no modifican su EAB alcanzando una menor respuesta ventilatoria y menor SaO_2 .

EAB post ejercicio máximo

En relación con el ejercicio físico, los cambios absolutos de pH son mayores para el grupo LL a ambas altitudes implicando una mayor acidosis metabólica o bien una menor capacidad buffer en este grupo (Tabla 2). En los jugadores HL se observa el mismo comportamiento a ambas altitudes pero de menor intensidad.

El tiempo de exposición aguda a las nuevas condiciones de altitud impide la total compensación del EAB para ambos grupos, por lo tanto, las modificaciones agudas por ejercicio son similares a las encontradas en su ambiente de permanencia habitual (Figura 6).

El lactato de reposo es mayor en altitud en ambos grupos, siendo mayor el cambio para los LL (Tabla 2). El lactato post ejercicio es mayor en los LL a 3.600 m, pero al comparar los cambios absolutos de lactato, no encontramos diferencias. Aunque la interpretación correcta del lactato es compleja en estas condiciones³³, esta respuesta es coherente con las modificaciones observadas en el pH como muestra la Figura 6, donde parece deducirse que la aclimatación genera menos acidosis por ejercicio para el mismo cambio de lactato.

Sabemos que una condición de acidosis metabólica permite aumentar la disponibilidad de oxígeno a nivel tisular durante el ejercicio por efecto Bhor, tanto en normoxia como en hipoxia^{34,35}, aunque esta situación ha sido recientemente cuestionada con el ejercicio de alta intensidad en hipoxia³⁶. Por otra parte, hay evidencias bajo condiciones de normoxia de que una alcalosis metabólica (por administración oral de bicarbonato) produce una disminución en el VO₂max y rendimiento físico³⁷. En el presente estudio, bajo condiciones de HAI, los jugadores LL alcanzarían una mayor acidosis metabólica post ejercicio que podría favorecer una mejor disponibilidad de oxígeno a nivel muscular que podría compensar la fuerte caída de la PAO₂ por la hipoxia.

En conclusión, los presentes hallazgos permiten considerar la exposición a HAI como una estrategia fisiológica razonable para enfrentar la gran altitud en deportes como el fútbol (que no permiten largas estancias de aclimatación) dado que la disminución del rendimiento aeróbico es similar en LL y HL, no generando por tanto ninguna desventaja para los jugadores procedentes de bajas altitudes.

Agradecimientos

A la Federación Boliviana de Fútbol y especialmente a Ivo Eterovic, médico de la Selección de Fútbol de Bolivia quien se encargó de realizar la coordinación con los respectivos equipos y sus cuerpos técnicos.

Bibliografía

- Gore CJ, Aughey RJ, Bourdon PC, Garvican-Lewis LA, Soria R, Claros JC, et al. Methods of the international study on soccer at altitude 3600 m (ISA3600). *Br J Sports Med.* 2013;47:i80-5.
- Aughey RJ, Hammond K, Varley MC, Schmidt WF, Bourdon PC, Buchheit M, et al. Soccer activity profile of altitude versus sea-level natives during acclimatization to 3600 m (ISA3600). *Br J Sports Med.* 2013; 47:i107-113.
- Sargent C, Schmidt WF, Aughey RJ, Bourdon PC, Soria R, Claros JC, et al. The impact of altitude on the sleep of young elite soccer players (ISA3600). *Br J Sports Med.* 2013;47:i86-92.
- Nassis GP. Effects of altitude on football performance: analysis of the 2010 FIFA World Cup Data. *J Strength Cond Res.* 2013;27:703-7.
- Bärtsch P, Saltin B, Dvorak J. Consensus statement on playing football at different altitude. *Scand J Med Sci Sports.* 2008; 18:96-9.
- Billaut F, Gore CJ, Aughey RJ. Enhancing team-sport athlete performance: is altitude training relevant? *Sports Med.* 2012;42:751-67.
- McLean BD, Buttifant D, Gore CJ, White K, Liess C, Kemp J. Physiological and performance responses to a pre-season altitude training camp in elite team sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8:391-9.
- Brutsaert TD, Spielvogel H, Soria R, Araoz M, Cáceres E, Buzenet G, et al. Performance of altitude acclimatized and non-acclimatized professional football (soccer) players at 3,600 M. *JEPonline.* 2000;3:28-37.
- Buchheit M, Simpson BM, Garvican-Lewis LA, Hammond K, Kley M, Schmidt WF, et al. Wellness, fatigue and physical performance acclimatisation to a 2-week soccer camp at 3600 m (ISA3600). *Br J Sports Med.* 2013;47:i100-6.
- Calbet JA, Rådegran 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.
- Winslow RM. The role of hemoglobin oxygen affinity in oxygen transport at high altitude. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007;158:121-7.
- Heinicke K, Prommer N, Cajigal J, Viola T, Behn C, Schmidt W. Long-term exposure to intermittent hypoxia results in increased hemoglobin mass, reduced plasma volume, and elevated erythropoietin plasma levels in man. *Eur J Appl Physiol.* 2003;88:535-43.
- Prommer N, Heinicke K, Viola T, Cajigal J, Behn C, Schmidt WF. Long-term intermittent hypoxia increases O₂-transport capacity but not VO₂max. *High Alt Med Biol.* 2007;8:225-35.
- West JB. *High altitude medicine and physiology.* Second edition. Published by Chapman & Hall, London, UK. 1995. P 140.
- Cerretelli P, Samaja M. Acid-base balance at exercise in normoxia and in chronic hypoxia. Revisiting the "lactate paradox". *Eur J Appl Physiol.* 2003;90:431-48.
- Lundby C, Calbet JA, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. *Cell Mol Life Sci.* 2009;66:3615-23.
- Goldfarb-Rumyantzev AS, Alper SL. Short-term responses of the kidney to high altitude in mountain climbers. *Nephrol Dial Transplant.* 2014;29:497-506.
- Levine BD, Stray-Gundersen J, Mehta RD. Effect of altitude on football performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:76-84.
- Bärtsch P, Saltin B. General introduction to altitude adaptation and mountain sickness. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:1-10.
- Wachsmuth N, Kley M, Spielvogel H, Aughey RJ, Gore CJ, Bourdon PC, et al. Changes in blood gas transport of altitude native soccer players near sea level and sea level native soccer players at altitude (ISA3600). *Br J Sports Med.* 2013;47:93-9.
- Bangsbo J. *Entrenamiento de la Condición Física en el Fútbol.* Barcelona: Paidotribo. 1997: p. 95-103.
- Metaxas TI, Koutlianos NA, Kouidi EJ, Deligiannis AP. Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2005;19:79-84.
- Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2006;20:320-325.
- Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:1292-301.
- Schneider J, Dudziak R, Westphal K, Vettermann J. The i-STAT analyzer. A new, hand-held device for the bedside determination of hematocrit, blood gases, and electrolytes. *Anaesthetist.* 1997;46:704-14.
- Steinfelder-Visscher J, Teerenstra S, Gunnewiek JM, Weerwind PW. Evaluation of the i-STAT point-of-care analyzer in critically ill adult patients. *J Extra Corpor Technol.* 2008;40:57-60.
- Wagner PD, Araoz M, Boushel R, Calbet JA, Jessen B, Rådegran G, et al. Pulmonary gas exchange and acid-base state at 5,260 m in high-altitude Bolivians and acclimatized lowlanders. *J Appl Physiol.* 2002; 92:1393-400.
- Dempsey JA, Powell FL, Bisgard GE, Blain GM, Poulin MJ, Smith CA. Role of chemoreception in cardiorespiratory acclimatization to, and deacclimatization from, hypoxia. *J Appl Physiol.* 2014;116:858-66.
- Swenson ER. Hypoxia and Its Acid-Base Consequences: From Mountains to Malignancy. *Adv Exp Med Biol.* 2016; 903:301-23.
- Imray C, Booth A, Wright A, Bradwell A. Acute altitude illnesses. *BMJ.* 2011;343, d4943
- Richalet JP, Larmignat P, Poitrine E, Letournel M, Canoui-Poitrine F. Physiological risk factors for severe high-altitude illness: a prospective cohort study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2012;185:192-8.
- Garvican LA, Hammond K, Varley MC, Gore CJ, Billaut F, Aughey RJ. Lower running performance and exacerbated fatigue in soccer played at 1600 m. *Int J Sport Physiol Perf.* 2014;9:397-404.
- van Hall G, Lundby C, Araoz M, Calbet JA, Sander M, Saltin B. The lactate paradox revisited in lowlanders during acclimatization to 4100 m and in high-altitude natives. *J Physiol.* 2009;587:1117-29.
- Nielsen AL, Thunelborg P, Brinkenfeldt H, Hegbrant J, Jensen HA, Wandrup JH. Assessment of pH and oxygen status during hemodialysis using the arterial blood line in patients with an arteriovenous fistula. *Blood Purif.* 1999;17:206-12.
- Wasserman K. Critical capillary PO₂ and the role of lactate production in oxyhemoglobin dissociation during exercise. *Adv Exp Med Biol.* 1999;471:321-33.
- Calbet JA, Losa-Reyna J, Torres-Peralta R, Rasmussen P, Ponce-González JG, Sheel AW, et al. Limitations to oxygen transport and utilization during sprint exercise in humans: evidence for a functional reserve in muscle O₂ diffusing capacity. *J Physiol.* 2015;15:593:4649-64.
- Nielsen HB, Bredmose PP, Strømstad M, Volianitis S, Quistorff B, Secher NH. Bicarbonate attenuates arterial desaturation during maximal exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2002;93:724-31.

Relación entre parámetros antropométricos y metabólicos en estudiantes de colegios públicos extremeños

Rafael Timón¹, Marta Marcos-Serrano¹, Marta Camacho-Cardenosa¹, Alba Camacho-Cardenosa¹, Javier Brazo-Sayavera^{1,2}, Guillermo Olcina Camacho¹

¹Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. Cáceres. España. ²Instituto Superior de Educación Física. Universidad de la República. Rivera. Uruguay.

Recibido: 27.06.2017

Resumen

Aceptado: 16.10.2017

La obesidad continúa siendo una de las principales preocupaciones en la actualidad, suponiendo un importante desencadenante de enfermedades cardiovasculares. Es importante abordar este problema desde la infancia con el fin de evitar problemas futuros mayores. Es por ello que en el presente estudio se ha pretendido analizar el sobrepeso y la obesidad en escolares extremeños y describir sus características antropométricas y metabólicas por sexo. Participaron 233 sujetos (9 - 12 años) pertenecientes a centros de primaria de Extremadura (España). Se clasificaron en función del índice de masa corporal (normopeso, sobrepeso y obesidad). Se obtuvieron medidas antropométricas y parámetros metabólicos en sangre. El 18% de los sujetos participantes en el estudio fueron clasificados como escolares con sobrepeso y obesidad. Los niños y niñas con sobrepeso y obesidad presentaron mayores niveles de grasa corporal, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros sanguíneos. La prevalencia de sobrepeso y obesidad fue menor a la de estudios previos con poblaciones similares llevados a cabo en España. Los niños y niñas cuyo IMC denota sobrepeso y obesidad presentan mayores niveles de grasa corporal, aunque sus parámetros sanguíneos analizados (glucosa, triglicéridos y colesterol) se encuentran dentro de un rango normal, lo que indicaría que durante la infancia dichos parámetros sanguíneos podrían estar influenciados por otros factores no asociados a la obesidad y al IMC.

Palabras clave:

Obesidad. Colesterol.
Glucosa. Triglicéridos.
Grasa corporal.

Relationship between anthropometric and metabolic parameters in students from public schools of Extremadura

Summary

Currently, obesity is one of the main problems in our society. It is a considerable origin of cardiovascular diseases. It is important to treat this problem from childhood with the aim to prevent higher problems in the future. Therefore, the present study aimed to analyse the overweight and obesity in schoolchildren from Extremadura and describe their anthropometric and metabolic characteristics by gender. 233 participants (between 9 and 12 years old) took part in this study. They were schoolchildren from public schools in Extremadura (Spain). They were classified by their body mass index (normal weight, overweight and obesity). Anthropometric parameters and blood metabolic parameters were obtained. The 18% of the subjects participating in the study were classified as overweight and obese. Boys and girls with overweight and obesity presented higher levels of body fat, although no statistically significant differences were found in blood parameters. The prevalence of overweight and obesity was lower than in previous studies with similar population and carried out in Spain. The school children with overweight and obesity have higher levels of body fat, although the blood parameters analysed (glucose, triglycerides and cholesterol) are within a normal range, which would indicate that during childhood those blood parameters could be influenced by other factors do not associated to the obesity and BMI.

Key words:

Obesity. Cholesterol.
Glucose. Triglycerides.
Adipose tissue.

Correspondencia: Javier Brazo-Sayavera
E-mail: jbsayavera@cur.edu.uy

Introducción

La obesidad se ha convertido en una de las mayores epidemias en las últimas décadas y actualmente constituye un grave problema de salud pública con tendencia a agravarse, tanto en los niños como en adultos¹⁻³. Esta epidemia genera una disminución de la calidad de vida de la población y desencadena una gran variedad de problemas de salud^{6,7}, que afectan el bienestar de los individuos, provocando enfermedades tales como hipertensión, diabetes mellitus tipo 2^{8,9} y enfermedades coronarias, que pueden poner en riesgo sus vidas. La obesidad es considerada un factor de riesgo del síndrome metabólico¹⁰, contribuyendo a la disminución de la esperanza media de vida¹¹, y a una disminución de la condición física para realizar tareas motoras¹².

La obesidad es el quinto factor principal de riesgo de defunción en el mundo¹³ y su prevalencia ha aumentado rápidamente en los últimos años provocando alarma entre las agencias de salud pública, médicos de atención primaria, investigadores de la salud y el público en general^{14,15}. Según el estudio de Sánchez-Cruz¹⁶, el 45% de los escolares españoles comprendidos entre los 8 y los 13 años presentan exceso de peso. Estudios realizados a nivel europeo informan de la existencia de un 21,2% de sobrepeso-obesidad en infantes españoles por debajo de 10 años, observándose un 18,7% en niños frente a un 23,9% en niñas, y alcanzando uno de los primeros puestos dentro del ranking de obesidad en Europa¹⁷. En una reciente investigación se comparaban los niños españoles con los suecos, observándose una mayor prevalencia de sobrepeso-obesidad en los primeros con respecto a los nórdicos¹⁸. En este sentido, numerosos estudios han sido realizados en los centros educativos españoles para analizar la prevalencia de la obesidad infantil y juvenil, mostrando que cerca del 30% de los preadolescentes españoles presentan sobrepeso-obesidad¹⁹.

Dentro de las alteraciones metabólicas presentes en la infancia asociadas al sobrepeso y obesidad destaca la elevada glucosa en ayunas y las alteraciones en el perfil lipídico^{20,21}. En un estudio llevado a cabo con 1.275 niños de cuatro provincias españolas, se observó que el porcentaje de niños que superaban las concentraciones recomendables de colesterol total y colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad era elevado²². Estas alteraciones metabólicas durante la infancia podrían contribuir al desarrollo de una enfermedad coronaria durante la vida adulta²³⁻²⁵. Sin embargo, no está muy claro cuando se establece esta asociación entre obesidad y factores de riesgo (glucosa y perfil lipídico), así como la influencia de la edad²⁶.

Por estos motivos se ha desarrollado en España una estrategia nacional multifactorial (nutrición, actividad física y prevención de la obesidad) en la que los niños y sus familias son los principales grupos de interés²⁷. Por un lado, en referencia al ejercicio físico, se ha observado la relación de un alto nivel de sedentarismo con un alto factor de riesgo cardiovascular en adolescentes españoles²⁸, recomendándose actividad física vigorosa frente a la actividad física de baja intensidad para estos jóvenes²⁹. Por otro lado, en relación con la ingesta alimenticia, ha sido especialmente relevante la aportación del estudio enKid³⁰ en la que se analizaron los hábitos alimenticios de una considerable muestra de jóvenes españoles. Una vez estudiada la situación que presenta España en su conjunto y principalmente centrada en la etapa escolar, el presente estudio tenía dos objetivos: (1) Conocer la prevalencia de sobrepeso-obesidad y (2)

conocer las características antropométricas y metabólicas en una muestra de escolares extremeños.

Material y método

Participantes

El estudio se realizó en población escolar extremeña con edad comprendida entre los 9 y los 12 años. Esta población pertenecía a cinco colegios públicos de Educación Primaria elegidos según la localización de los mismos, buscando la mayor representatividad en la muestra por medio de un muestreo intencional, tanto de núcleos rurales (<10.000 habitantes) como de ciudades (>10.000 hab.) de la comunidad autónoma. En cada centro participante se seleccionó la muestra de manera aleatoria por conglomerados (cursos). Así, se realizaron mediciones en colegios situados en el sur, este, centro y norte de Extremadura, alcanzando una muestra de 233 sujetos (116 niños y 117 niñas).

Para la participación en el estudio se incluyeron a todos los niños cuyos padres autorizaron la medición. Los padres y sus hijos fueron previamente informados sobre el propósito del estudio y la naturaleza de las pruebas a realizar a través de un documento escrito, pudiendo preguntar todo aquello que consideraron oportuno. La investigación se realizó de acuerdo a lo establecido en la Declaración de Helsinki y respetando en todo momento los derechos humanos de los participantes en el estudio. La investigación fue aprobada por el comité de bioética de la Universidad de Extremadura.

Procedimiento

Cada uno de los niños y niñas fue medido/a de forma individual en una sala adecuada del centro escolar. Todas las medidas fueron realizadas con los equipos calibrados y por personal investigador previamente entrenado en el laboratorio. El proceso de entrenamiento consistió en la realización de un total de 3 sesiones de medición antropométrica en diferentes grupos de población, en el que alcanzaron valores de Kappa de Cohen intraobservador superiores a 0,81.

Se recogieron datos personales (edad, sexo y fecha de nacimiento), antropométricos (peso, talla, circunferencia de la cintura y circunferencia de la cadera, cantidad de masa grasa y porcentaje grasa,) y hematológicos (concentración de glucosa, colesterol y triglicéridos).

Clasificación en base al índice de masa corporal

Los participantes fueron clasificados en base al IMC que presentan, atendiendo a las tablas de crecimiento aportadas por el Instituto de investigación sobre crecimiento y desarrollo de la Fundación Faustino Orbegozo³¹, que establece un IMC distinto por edad y género a partir del cual se considera a un individuo con sobrepeso u obesidad. Así, la muestra se dividió en normopeso, sobrepeso u obesidad en función del IMC calculado. En el género masculino, el IMC a partir del cual se considera sobrepeso y obesidad, respectivamente, por edad es el siguiente: 9 años (20 y 21,8 kg/m²), 10 años (21 y 22,6 kg/m²), 11 años (21,7 y 23,6 kg/m²) y 12 años (22,4 y 24,4 kg/m²). En el género femenino, el IMC a partir del cual se considera sobrepeso y obesidad, respectivamente, es el siguiente: 9 años (21 y 23 kg/m²), 10 años (21,8 y 24 kg/m²), 11 años (22,4 y 24,6 kg/m²) y 12 años (22,9 y 25 kg/m²).

Evaluación

Los participantes acudieron en ayunas al centro educativo al que pertenecían. Las evaluaciones fueron realizadas en el centro educativo en las primeras horas de la mañana. Para el análisis exploratorio y descriptivo de la muestra se desarrollaron las siguientes mediciones:

Medidas antropométricas, siguiendo los estándares internacionales para evaluación antropométrica de la ISAK³²:

- *Estatuta y peso* (Tallímetro Seca 214). A partir de estos valores se calculó el índice de masa corporal (IMC) como el ratio del peso/altura² (Kg/m²).
- *Índice cintura/cadera*. Para la medición del índice de cintura y cadera (ICC) se indicó a los participantes que se mantuvieran erguidos y en una posición relajada, con los dos pies juntos en una superficie plana. El perímetro de cintura, medido con una cinta métrica (Cinta métrica Seca 201), se definió como la menor circunferencia horizontal entre los rebordes costales y las crestas ilíacas al final de una espiración normal. La circunferencia de la cadera se midió a nivel de la prominencia glútea. El valor medio de dos mediciones fue obtenido. No obstante, si las dos mediciones diferían en más de 1 cm, una tercera medición era realizada y se calculaba la media de las dos mediciones más cercanas. El ICC fue calculado como el cociente entre la circunferencia de cintura y la circunferencia de cadera.
- *Composición corporal*. La masa corporal, la masa grasa y el % de masa grasa se determinaron mediante bioimpedancia eléctrica (Tanita, BC-1500, Amsterdam, Holanda). El método de bioimpedancia eléctrica ha demostrado ser fiable y válido para la valoración de la composición corporal en población pediátrica³³. El equipo empleado usaba 8 electrodos y una monofrecuencia de 50kHz, con sensibilidad para detectar incrementos de peso de 0,1Kg, e incrementos de peso graso del 0,1%. Esta medición se llevó a cabo respetando las normas definidas en el documento de consenso del grupo español de cineantropometría³⁴.

Parámetros metabólicos

Una pequeña punción en la yema del dedo fue realizada por personal sanitario usando lancetas estériles desechables de un solo uso (HTL-Strefa, MenaLancetPro, Leczyca, Polonia). Se utilizó un analizador portátil de fotometría reflectante (Roche Diagnostics, AccutrendPlus, Mannheim, Alemania), con validez científica demostrada³⁵, para determinar mediante tiras reactivas específicas los valores sanguíneos de glucosa, triglicéridos y colesterol. Una gota de sangre capilar fresca (10-40 µl) era depositada en la tira reactiva que posteriormente se introducía en el analizador portátil.

Análisis estadístico

Con el fin de realizar un análisis estadístico adecuado de los datos, se realizó un estudio exploratorio de los mismos. Para analizar la normalidad de los datos se realizó un análisis para comprobar si presentaban una distribución normal a través los test de Shapiro-Wilk y para comprobar la homogeneidad de los mismos a través del test de Levene.

Se realizó un análisis descriptivo de los datos para indicar el porcentaje de obesidad entre los escolares analizados.

Para establecer comparaciones entre los diferentes grupos se utilizó la prueba de ANOVA de un factor con un análisis Post-hoc de Tukey.

El nivel de significatividad para todos los test aplicados fue de 5% ($p < 0,05$). Los datos fueron presentados como media (95% IC). El software estadístico utilizado para analizar todos los datos fue el SPSS v.20 (IBM Corp., Armonk, NY, EEUU).

Resultados

Se reclutó a un total de 233 participantes de los cuales 116 eran niños (49,79%) y 117 eran niñas (50,21%) (Tabla 1).

Un 77,6% de los niños fueron encuadrados en el grupo de normopeso, mientras que un 11,2% fue clasificado como sobrepeso y otro 11,2% como obesidad. En el caso de las niñas, el 86,4% presentaron normopeso el 5,1% sobrepeso y el 8,5% obesidad. El total de participantes con sobrepeso y obesidad fue del 18% (Tabla 2).

El ICC estuvo en un rango entre 0,81 y 0,90 cm, siendo de 0,87 cm para el grupo de obesidad frente a 0,83 y 0,82 cm que presentaron los grupos de sobrepeso y normopeso, respectivamente (Tabla 3).

Los grupos de sobrepeso y obesidad tuvieron mayores niveles de masa grasa que el grupo de normopeso (11,37 y 17,46 kg respectivamente). Los porcentajes de grasa de los grupos de sobrepeso y obesidad fueron superiores a los del grupo de normopeso, 8,6% y 13,52% respectivamente. En ambas comparaciones se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Los participantes que presentaron el mayor porcentaje de grasa fueron las niñas con obesidad, siendo los niños del grupo de normopeso los que mostraron el porcentaje de grasa corporal más bajo.

Los niveles de glucosa que presentaron los diferentes grupos se encontraron entre 65,14 y 69,70 mg/dl, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ni entre los subgrupos (divididos por género).

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en los niveles de triglicéridos presentes en la sangre, estando

Tabla 1. Características de los participantes.

Sexo	Altura (m)	Edad (años)	IMC (kg/m ²)	Peso (kg)
Masculino (n=116)	1,45±0,08	10,59±1,02	18,73±3,31	39,89±9,74
Femenino (n=117)	1,48±0,09	10,60±0,93	18,69±3,04	41,14±9,47
Total (n=233)	1,46±0,13	10,53±1,68	18,66±4,89	40,12±16,03

Tabla 2. Porcentaje de niños/as y total clasificados en función del índice de masa corporal.

Sexo	Normopeso (%)	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)
Masculino (n=116)	77,6	11,2	11,2
Femenino (n=117)	86,4	5,1	8,5
Total (n=233)	82,0	8,1	9,9

Tabla 3. Medidas antropométricas en relación con el IMC de los sujetos.

Factor	Normopeso (n=191)			Sobrepeso (n=19)			Obesidad (n=23)		
	M	F	Total	M	F	Total	M	F	Total
IMC (kg/m ²)	17,37±2,04 ^{a,b} (16,9 - 17,8)	17,82±2,17 ^{a,b} (17,4 - 18,3)	17,61±2,11 ^{a,b} (17,3 - 17,9)	21,30±0,74 (20,8 - 21,8)	22,52±0,72 (21,8 - 23,3)	21,68±0,92 (21,2 - 22,1)	25,52±1,65 (24,5 - 26,5)	25,12±1,55 (24,0 - 26,2)	25,34±1,58 (24,7 - 26,0)
ICC (cm)	0,83±0,64 ^b (0,82 - 0,84)	0,81±0,05 (0,80 - 0,83)	0,82±0,06 ^b (0,81 - 0,83)	0,84±0,49 (0,82 - 0,88)	0,81±0,05 (0,76 - 0,88)	0,83±0,05 (0,81 - 0,86)	0,90±0,04 (0,87 - 0,93)	0,83±0,10 (0,76 - 0,91)	0,87±0,08 (0,84 - 0,91)
Altura (m)	1,44±0,08 (1,43 - 1,46)	1,47±0,08 (1,45 - 1,49)	1,46±0,08 (1,45 - 1,47)	1,42±0,07 (1,38 - 1,47)	1,51±0,11 (1,40 - 1,63)	1,45±0,09 (1,41 - 1,50)	1,50±0,04 (1,48 - 1,53)	1,49±0,09 (1,43 - 1,57)	1,50±0,07 (1,47 - 1,53)
Peso (kg)	36,80±7,46 ^{a,b} (35,2 - 38,4)	38,93±7,53 ^{a,b} (37,5 - 40,4)	37,93±7,55 ^{a,b} (36,9 - 39,0)	43,21±4,76 (40,3 - 46,1)	52,30±8,91 (42,9 - 61,7)	46,08±7,48 (42,5 - 50,0)	57,97±5,92 (54,4 - 61,6)	56,20±8,72 (50,4 - 62,9)	57,37±7,12 (54,3 - 60,5)
Masa grasa (kg)	5,17±2,73 ^{a,b} (4,6 - 5,7)	6,97±3,30 ^{a,b} (6,3 - 7,6)	6,13±3,17 ^{a,b} (5,7 - 6,6)	9,53±1,71 (8,5 - 10,6)	15,36±4,65 (10,5 - 20,3)	11,37±3,96 (9,5 - 13,3)	16,4±3,93 (14,1 - 18,9)	18,75±4,12 (15,8 - 21,7)	17,46±4,08 (15,7 - 19,2)
% grasa (%)	13,49±5,66 ^{a,b} (12,3 - 14,7)	18,23±9,59 ^{a,b} (16,3 - 20,1)	16,01±8,32 ^{a,b} (14,8 - 17,2)	22,64±2,90 (20,9 - 24,4)	28,88±4,20 (24,5 - 33,3)	24,61±4,40 (22,5 - 26,7)	26,95±5,60 (23,6 - 30,3)	32,89±2,69 (31,0 - 34,8)	29,53±5,39 (27,2 - 31,9)

ICC: Índice de cintura-cadera; M: Masculino; F: Femenino.

^aDiferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre normopeso y sobrepeso. Resultados expresados como media \pm DT (95%IC).

^bDiferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre normopeso y obesidad. Resultados expresados como media \pm DT (95%IC).

Tabla 4. Parámetros metabólicos en relación con el IMC de los sujetos.

Factor	Normopeso (n=191)			Sobrepeso (n=19)			Obesidad (n=23)		
	M	F	Total	M	F	Total	M	F	Total
Glucosa (mg/dl)	67,81±17,34 (64,2 - 71,4)	65,14±14,04 (62,4 - 67,9)	66,41±15,71 (64,2 - 68,7)	69,23±6,00 (65,6 - 72,9)	69,00±14,71 (53,6 - 84,4)	69,16±9,17 (64,7 - 73,6)	67,54±17,17 (57,2 - 77,9)	69,70±14,17 (59,6 - 79,8)	68,48±15,63 (61,7 - 75,2)
Triglicéridos (mg/dl)	80,68±14,20 (77,70-83,65)	79,36±12,36 (76,91 - 81,80)	79,98 ±13,24 (78,09-81,87)	81,85±9,48 (76,11 - 87,58)	88,50±7,79 (80,32-96,68)	83,95±9,32 (79,45- 88,44)	89,67±13,17 (81,29- 98,04)	84,40±9,99 (77,25 - 91,55)	84,45±9,42 (80,28 - 88,63)
Colesterol (mg/dl)	157,92±31,65 (151,3 - 164,5)	165,12±32,47 (158,7 - 171,5)	161,73±32,20 (157,1 - 166,3)	145,38±36,32 (123,5 - 167,3)	148,67±32,29 (114,8 - 182,6)	146,42±34,16 (130,0 - 162,9)	172,69±41,20 (147,8 - 197,6)	151,30±28,34 (131,0 - 171,6)	163,39±37,04 (147,4 - 179,4)

M: Masculino; F: Femenino.

en el rango de 79,36 y 89,67 mg/dl. El grupo con el mayor nivel de triglicéridos en sangre fue el de obesidad con un nivel medio de 84,45±9,42 mg/dl.

El mayor nivel de colesterol en sangre estuvo presente en el grupo de obesidad con 163,39 mg/dl, sin embargo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 4).

Discusión

La población analizada presentó unos niveles de sobrepeso y obesidad inferiores a los establecidos para poblaciones similares de otros estudios llevados a cabo en España¹⁶. En todo caso, la proporción en la prevalencia de sobrepeso y obesidad sería mayor en el caso de los niños que de las niñas, tal y como han puesto de manifiesto otros estudios como Enkid³⁶. En el estudio Aladino realizado en España durante los años 2015-2016 por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición³⁷ sobre vigilancia de la alimentación, actividad física, desarrollo infantil y obesidad, en el que se recogieron datos de 10.899 niños/as

de 6 a 9 años en 165 centros escolares de todas las comunidades autónomas, se halló que un 23,2% de los escolares presentaban sobrepeso y un 18,1% presentaban obesidad. Más concretamente, a nivel de la comunidad autónoma de Extremadura, el estudio PERSEO³⁸ que utiliza como referencia las tablas de Obergozo³¹, concluye que un 18,4% de niños y 14% de niñas de entre 6 y 10 años presentaban obesidad. En cualquier caso, los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto que a pesar de que los niveles de sobrepeso y obesidad son elevados, parece que se han comenzado a estabilizar.

En relación a las características antropométricas, el IMC es un buen indicador de la grasa corporal total y es ampliamente utilizado³⁹, por lo que ha sido el criterio empleado en el presente estudio para dividir los grupos de sujetos y así comparar las diferentes variables. No obstante, una limitación de este indicador es que no refleja la distribución anatómica del exceso de peso. En este sentido, la concentración de grasa abdominal es más representativa de un futuro accidente cardiovascular y por ello otros índices como el ICC son también utilizados⁴⁰. Algunas investigaciones han demostrado que en niños de 6-11 años las cir-

cunferencias corporales reflejan el nivel global de adiposidad⁴¹. En el presente estudio se ha observado que los individuos con sobrepeso y/u obesidad presentan mayores niveles de ICC que los individuos con normopeso, tanto en los valores totales como en los valores referentes al género masculino, lo que indicaría una mayor concentración de grasa abdominal, tal y como se ha podido observar en recientes estudios⁴². Estos valores incrementados de ICC de chicos con respecto a las chicas podrían explicarse por un exceso de alimentación, la falta de actividad física y la práctica de estilos de vida más sedentarios por parte de ellos en este grupo de edad⁴³. Del mismo modo, los individuos con sobrepeso y/u obesidad también presentan mayores niveles de masa grasa y de porcentaje de grasa corporal. Lo cual es preocupante puesto que durante la infancia las ganancias de peso deberían estar asociadas con cambios madurativos y corporales, y no con incrementos de la masa grasa⁴⁴.

En relación con los parámetros metabólicos, la obesidad es un problema nutricional importante que está relacionada con enfermedades como la hipertensión, la diabetes tipo II y la aparición de trombosis cerebral o vascular, y que están asociadas con el nivel sérico de colesterol, glucosa y triglicéridos^{20,21,45}. Estos autores demostraron una asociación entre la distensibilidad arterial y los niveles de colesterol al evaluar una población de niños aparentemente sanos entre 9 y 11 años de edad. Encontraron que en los niños que tenían niveles séricos de LDL-C elevados, la distensibilidad de la arteria braquial era menor, lo que apoya la posibilidad de que el nivel de colesterol durante la niñez pueda ser relevante para el desarrollo de la enfermedad vascular. En relación con los datos obtenidos, a pesar de que el grupo de obesidad tenía una tendencia a presentar valores más elevados, se observa que los niveles de los participantes del estudio están dentro de un rango normal. No obstante, hay que tener en cuenta que concentraciones normales de colesterol total pueden dar una sensación falsa de no tener riesgo cardiovascular, puesto que detrás podrían existir unos bajos niveles del HDL-colesterol, que junto a unos elevados niveles de triglicéridos podría llevar a una dislipemia diabética⁴⁶. En este sentido, está ya comprobado que una mayor realización de actividad física por parte de los niños/as produce una menor cantidad de triglicéridos⁴⁷. Sin embargo, Garcés *et al.*²⁶ concluyeron que el IMC de un grupo de 1.048 niños españoles no presentaba una alta asociación con los valores sanguíneos de glucosa y colesterol total, asumiendo que otros factores como la edad, el nivel madurativo y el estatus hormonal de los escolares podría influir decisivamente sobre la asociación entre obesidad y factores de riesgo. Igualmente, en una reciente investigación realizada en niños chinos se observó que el IMC presentó una débil correlación con los parámetros metabólicos indicadores de un posible riesgo cardiovascular⁴⁸. Resultados similares fueron obtenidos en otra investigación en la que se concluyó que las cartas con los índices de masa corporal resultaron útiles para predecir factores de riesgo cardiovascular en niños australianos y norteamericanos, sin embargo, su uso fue cuestionado en niños europeos y asiáticos⁴⁹. Finalmente es preciso hacer referencia a algunas limitaciones de nuestro estudio. No se valoró la ingesta calórica por lo que no se pudo comprobar la ingesta real de grasas saturadas y de azúcares en la dieta. Tampoco se utilizó una encuesta sobre práctica de ejercicio físico.

Conclusiones

Aproximadamente uno de cada cinco escolares evaluados presenta sobrepeso u obesidad, siendo superior la prevalencia entre los niños que entre las niñas. Los niños y niñas cuyo IMC denota sobrepeso y obesidad presentan mayores niveles de grasa corporal, aunque sus parámetros sanguíneos analizados (glucosa, triglicéridos y colesterol) se encuentran dentro de un rango normal, lo que indicaría que durante la infancia dichos parámetros sanguíneos podrían estar influenciados por otros factores no asociados a la obesidad y al IMC. Además, deberían realizarse estudios longitudinales a largo plazo para definir cómo y cuándo la obesidad empieza a estar relacionada con posibles alteraciones metabólicas.

Financiación

El presente estudio ha sido financiado por la Junta de Extremadura (Número de expediente: GR15020) y la Unión Europea en el marco del proyecto RITECA II (Red de Investigación Transfronteriza Extremadura, Centro, Alentejo).

Bibliografía

- Budd GM, Volpe SL. School-based obesity prevention: Research, challenges, and recommendations. *J Sch Health*. 2006;76(10):485-95.
- Chatterjee N, Blakely DE, Barton C. Perspectives on obesity and barriers to control from workers at a community center serving low-income Hispanic children and families. *J Community Health Nurs*. 2005;22(1):23-36.
- Costa-Font J, Gil J. Obesity and the incidence of chronic diseases in Spain: a seemingly unrelated probit approach. *Econ Hum Biol*. 2005;3(2):188-214.
- Perez-Farinos N, Lopez-Sobaler AM, Dal Re MA, Villar C, Labrado E, Robledo T, *et al.* The ALADINO study: a national study of prevalence of overweight and obesity in Spanish children in 2011. *Biomed Res Int*. 2013;2013:163687.
- Seidell JC. Obesity: a growing problem. *Acta Paediatr Suppl*. 1999;88(428):46-50.
- World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894:i-xii, 1-253.
- Freedman DS, Khan LK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. Relationship of childhood obesity to coronary heart disease risk factors in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 2001;108(3):712-8.
- Reilly JJ, Methven E, McDowell ZC, Hacking B, Alexander D, Stewart L, *et al.* Health consequences of obesity. *Arch Dis Child*. 2003;88(9):748-52.
- Weiss R, Dufour S, Taksali SE, Tamborlane WV, Petersen KF, Bonadonna RC, *et al.* Pre-diabetes in obese youth: a syndrome of impaired glucose tolerance, severe insulin resistance, and altered myocellular and abdominal fat partitioning. *Lancet*. 2003;362(9388):951-7.
- Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, *et al.* Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Engl J Med*. 2004;350(23):2362-74.
- Flynn MA, McNeil DA, Maloff B, Mutasingwa D, Wu M, Ford C, *et al.* Reducing obesity and related chronic disease risk in children and youth: a synthesis of evidence with 'best practice' recommendations. *Obes Rev*. 2006;7 Suppl 1:7-66.
- Tsiros MD, Coates AM, Howe PR, Grimshaw PN, Buckley JD. Obesity: the new childhood disability? *Obes Rev*. 2011;12(1):26-36.
- Fernandez-Berges D, Cabrera de Leon A, Sanz H, Elosua R, Guembe MJ, Alzamora M, *et al.* Metabolic syndrome in Spain: prevalence and coronary risk associated with harmonized definition and WHO proposal. DARIOS study. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2012;65(3):241-8.
- Moreno LA, Mesana MI, Fleta J, Ruiz JR, Gonzalez-Gross M, Sarria A, *et al.* Overweight, obesity and body fat composition in spanish adolescents. The AVENA Study. *Ann Nutr Metab*. 2005;49(2):71-6.
- Quiles J, Perez-Rodrigo C, Serra-Majem L, Román Viñas B, Aranceta J. Situación de la obesidad en España y estrategias de intervención. *Rev Esp Nutr Comunitaria* 2008; 14(3):142-9.

16. Sánchez-Cruz J-J, Jiménez-Moleón JJ, Fernández-Quesada F, Sánchez MJ. Prevalencia de obesidad infantil y juvenil en España en 2012. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66(05):371-6.
17. Ahrens W, Pigeot I, Pohlmann H, De Henauw S, Lissner L, Molnar D, et al. Prevalence of overweight and obesity in European children below the age of 10. *Int J Obes (Lond)*. 2014;38 Suppl 2:S99-107.
18. Cadenas-Sanchez C, Nystrom CD, Sanchez-Delgado G, Martinez-Tellez B, Mora-Gonzalez J, Risinger AS, et al. Prevalence of overweight/obesity and fitness level in preschool children from the north compared with the south of Europe: an exploration with two countries. *Pediatr Obes*. 2016;11(5):403-10.
19. Martínez-Vizcaíno F, Salcedo-Aguilar F, Rodríguez-Artalejo F, Martínez-Vizcaíno V, Domínguez Contreras ML, Torrijos Regidor R. Prevalencia de la obesidad y mantenimiento del estado ponderal tras un seguimiento de 6 años en niños y adolescentes: estudio de Cuenca. *Med Clin (Barc)*. 2002;119(9):327-30.
20. Friedland O, Nemet D, Gorodnitsky N, Wolach B, Eliakim A. Obesity and lipid profiles in children and adolescents. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2002;15(7):1011-6.
21. Sinha R, Fisch G, Teague B, Tamborlane WW, Banyas B, Allen K, et al. Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescents with marked obesity. *N Engl J Med*. 2002;346(11):802-10.
22. Garcés C, de Oya M. Factores de riesgo cardiovascular en la edad infantil. Resultados globales del estudio Cuatro Provincias. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60(05):517-24.
23. Dietz WH. Overweight in childhood and adolescence. *N Engl J Med*. 2004;350(9):855-7.
24. Guo SS, Wu W, Chumlea WC, Roche AF. Predicting overweight and obesity in adulthood from body mass index values in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr*. 2002;76(3):653-8.
25. Serdula MK, Ivery D, Coates RJ, Freedman DS, Williamson DF, Byers T. Do obese children become obese adults? A review of the literature. *Prev Med*. 1993;22(2):167-77.
26. Garcés C, Gutierrez-Guisado J, Benavente M, Cano B, Vitorro E, Ortega H, et al. Obesity in Spanish schoolchildren: relationship with lipid profile and insulin resistance. *Obes Res*. 2005;13(6):959-63.
27. Aranceta J, Perez-Rodrigo C, Serra-Majem L, Bellido D, de la Torre ML, Formiguera X, et al. Prevention of overweight and obesity: a Spanish approach. *Public Health Nutr*. 2007;10(10A):1187-93.
28. Martínez-Gómez D, Eisenmann JC, Gómez-Martínez S, Veses A, Marcos A, Veiga OL. Sedentary behavior, adiposity and cardiovascular risk factors in adolescents. The AFINOS study. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2010;63(3):277-85.
29. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Rey-Lopez JP, Vicente-Rodríguez G, Espana-Romero V, et al. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; the HELENA Study. *Int J Obes (Lond)*. 2009;33(10):1126-35.
30. Serra-Majem L, García-Closas R, Ribas L, Perez-Rodrigo C, Aranceta J. Food patterns of Spanish schoolchildren and adolescents: The enKid Study. *Public Health Nutr*. 2001;4(6A):1433-8.
31. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández-Ramos C, Lizárraga A, et al. *Curvas y tablas de crecimiento*. Bilbao: Fundación Faustino Obergozo Eizaguirre. 2004;9-26.
32. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder H. *International standards for anthropometric assessment*. New Zealand: ISAK. LowerHutt; 2011.
33. Kabiri LS, Hernandez DC, Mitchell K. Reliability, Validity, and Diagnostic Value of a Pediatric Bioelectrical Impedance Analysis Scale. *Child Obes*. 2015;11(5):650-5.
34. Alvero-Cruz JR, Cabañas MD, Herero Á, Martínez L, Moreno C, Porta J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). Versión 2010. AMD. 2010;139:330-46.
35. Coqueiro Rda S, Santos MC, Neto Jde S, Queiroz BM, Brugger NA, Barbosa AR. Validity of a portable glucose, total cholesterol, and triglycerides multi-analyzer in adults. *Biol Res Nurs*. 2014;16(3):288-94.
36. Serra Majem L, Ribas Barba L, Aranceta Bartrina J, Perez Rodrigo C, Saavedra Santana P, Pena Quintana L. [Childhood and adolescent obesity in Spain. Results of the enKid study (1998-2000)]. *Med Clin (Barc)*. 2003;121(19):725-32.
37. Agencia Española de Consumo Seguridad Alimentaria y Nutrición. Estudio ALADINO 2015: Estudio de Vigilancia del Crecimiento, Alimentación, Actividad Física, Desarrollo Infantil y Obesidad en España 2015. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2016.
38. Aranceta J. El programa PERSEO como modelo de prevención de la obesidad en la edad escolar. *Nutr Hosp*. 2008;23(S1):50-5.
39. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-3.
40. Bannasar-Veny M, Lopez-Gonzalez AA, Tauler P, Cespedes ML, Vicente-Herrero T, Yanez A, et al. Body adiposity index and cardiovascular health risk factors in Caucasians: a comparison with the body mass index and others. *PLoS one*. 2013;8(5):e63999.
41. Tiret L, Ducimetiere P, Andre JL, Gueguen R, Herbeth B, Spycykerelle Y, et al. Family resemblance in body circumferences and their ratios: the Nancy family study. *Ann Hum Biol*. 1991;18(3):259-71.
42. Rodríguez-Bautista YP, Correa-Bautista JE, González-Jiménez E, Schmidt-RioVálle J, Ramírez-Velez R. Values of Waist/Hip Ratio among Children and Adolescents from Bogotá, Colombia: The Fuprecol Study. *Nutr Hosp*. 2015;32(5):2054-61.
43. Chen JL, Wu Y. Cardiovascular risk factors in Chinese American children: associations between overweight, acculturation, and physical activity. *J Pediatr Health Care*. 2008;22(2):103-10.
44. Dobashi K. Evaluation of Obesity in School-Age Children. *J Atheroscler Thromb*. 2016;23(1):32-8.
45. Leeson CP, Whincup PH, Cook DG, Mullen MJ, Donald AE, Seymour CA, et al. Cholesterol and arterial distensibility in the first decade of life: a population-based study. *Circulation*. 2000;101(13):1533-8.
46. Parhofer KG. Interaction between Glucose and Lipid Metabolism: More than Diabetic Dyslipidemia. *Diabetes Metab J*. 2015;39(5):353-62.
47. Cordova A, Villa G, Sureda A, Rodríguez-Marroyo JA, Sánchez-Collado MP. Actividad física y factores de riesgo cardiovascular de niños españoles de 11-13 años. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2012;65(07):620-6.
48. Ma L, Cai L, Deng L, Zhu Y, Ma J, Jing J, et al. Waist Circumference is Better Than Other Anthropometric Indices for Predicting Cardiovascular Disease Risk Factors in Chinese Children—a Cross-Sectional Study in Guangzhou. *J Atheroscler Thromb*. 2016;23(3):320-9.
49. l'Allemand-Jander D. Clinical diagnosis of metabolic and cardiovascular risks in overweight children: early development of chronic diseases in the obese child. *Int J Obes (Lond)*. 2010;Suppl 2:S32-6.

Psychophysiological response of fighter aircraft pilots in normobaric hypoxia training

Álvaro Bustamante-Sánchez¹, Víctor M. Loarte-Herradón¹, Jesús F. Gallego-Saiz², Trinidad Trujillo-Laguna², Vicente J. Clemente-Suárez^{1,3}

¹European University of Madrid, Spain. ²Aerospace Medicine Instruction Centre (CIMA), Torrejón de Ardoz, Spain. ³Research Center in Applied Combat (CESCA), Toledo, Spain

Recibido: 15.09.2017

Aceptado: 18.10.2017

Summary

Hypoxia remains the most important hazard in high altitude flights as it is a rare condition presenting itself without consistent symptoms that prevent aircrew from warning in advance. An acute ventilatory response is the mechanism that works to get back oxygen concentration homeostasis, causing hypocapnia and a respiratory alkalosis, which causes breathing muscles fatigue. Some authors have identified previous training on hypoxia contexts as essential to avoid accidents but it is still poor know the effect of hypoxia exposition in the psychophysiological and cognitive functions. We proposed the present study with the aims of to study the effect of hypoxia training in cortical arousal, autonomic modulation and muscle strength. We analysed 3 male fight pilots of the Spanish Army before and after normobaric hypoxia training. The following variables were reported: subjective perceived stress (SPS), rated perceived exertion (RPE), cortical arousal (Critical Flicker Fusion Threshold (CFFT)), isometric handgrip strength, blood oxygen saturation (SaO₂), heart rate (HR) and spirometry values (forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV₁), peak expiratory flow (PEF)). The effect size (ES) was tested by Cohen's D. No variable presented significant differences between tests. SPS, RPE, handgrip strength, heart rate and FVC increased after training. FEV₁, PEF, CFFT and SaO₂ decreased during the training. These results agreed with previous research in military population. Normobaric hypoxia training produces a decreased tendency in cortical arousal and an increase in perceived effort, stress, and increased tendency in muscular strength. These results can help to find specific training for better prepare fight pilots for hypoxic threats.

Key words:

Hypoxia. Pilots.
Cortical arousal.
Fatigue.

Respuesta psicofisiológica de pilotos de caza en entrenamiento de hipoxia normobárica

Resumen

La hipoxia es el peligro más importante en los vuelos a gran altitud, debido a que es un estado poco frecuente y se presenta sin síntomas consistentes que impiden una alerta temprana. Una respuesta ventilatoria aguda es el mecanismo que trabaja para recuperar la homeostasis de la concentración de oxígeno, causando hipocapnia y una alcalosis respiratoria, provocando fatiga en los músculos respiratorios. Algunos autores han identificado que el entrenamiento previo en contextos de hipoxia es esencial para evitar accidentes pero todavía es pobre el conocimiento existente sobre el efecto de la exposición a hipoxia en las funciones psicofisiológicas y cognitivas. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto del entrenamiento en hipoxia en la activación cortical, la modulación autonómica y la fuerza muscular. Analizamos 3 pilotos de caza del Ejército del Aire antes y después del entrenamiento de hipoxia normobárica. Se registraron las siguientes variables: estrés subjetivo percibido (RPE), esfuerzo percibido (RPE), excitación cortical (Critical Flicker Fusion Threshold (CFFT)), fuerza isométrica de agarre, saturación de oxígeno en sangre (SaO₂), frecuencia cardíaca (FC) y espirometría (capacidad vital forzada (CVF), volumen espiratorio forzado en 1 segundo (FEV₁), flujo espiratorio máximo (PEF)). El efecto de muestra fue analizado mediante la D de Cohen. Ninguna variable presentó diferencias significativas entre los tests. SPS, RPE, fuerza isométrica, frecuencia cardíaca y FVC aumentaron con el entrenamiento. FEV₁, PEF, CFFT y SaO₂ disminuyeron con el entrenamiento. Estos resultados coincidieron con investigaciones previas en población militar. El entrenamiento de hipoxia normobárica produce una tendencia disminuida en la excitación cortical y un aumento en el esfuerzo percibido, el estrés y la tendencia creciente en la fuerza muscular. Estos resultados pueden ayudar a encontrar entrenamiento específico para preparar mejor a los pilotos de caza ante la hipoxia.

Palabras clave:

Hipoxia. Pilots.
Activación cortical.
Fatiga.

Correspondencia: Vicente Javier Clemente Suárez
E-mail: vctxente@yahoo.es

Introduction

The effect of altitude exposition in human body systems have been traditionally studied as they represent a source of stress for human beings^{1,2}. Mechanical, psychological and physiological risks have been reported and studied although hypoxia remains the most important hazard in high altitude flights³. Moreover, hypoxia is a rare condition presenting itself without consistent symptoms that prevents aircrew from warning in advance, fact that can lead to fatal aviation incidents⁴.

Hypobaric hypoxia (resulting from the air pressure reduction with increasing altitude) produces a lower alveolar oxygen partial pressure, reducing oxygen partial pressure in the arterial blood. An acute ventilatory response is the mechanism that works to get back oxygen concentration homeostasis, causing hypocapnia and a respiratory alkalosis⁵, which causes breathing muscles fatigue⁵. The individual tolerance of low blood oxygen concentrations defines the symptoms experienced, most of them caused by cerebral oxygen delivery. These symptoms include: psychomotor impairment, impairment of cognitive function, visual impairment, psychological stress and anxiety, shortness of breath, paraesthesia, headache, dizziness, nausea, light-headedness and tachycardia⁴.

Some authors have identified previous training on hypoxia contexts as essential to avoid accidents facing cabin depressurization incidents^{6,7}. Psychomotor impairment is one of the acute hypobaric hypoxia symptoms, as it affects aircrew postural control, increasing the postural sway as altitude augments⁸. Memory impairment has been reported, both in short-term⁹ and working memory capacity^{9,10}, especially above 25000 feet altitude, where aircrew unawareness of their inability to maintain performance was underlined. Other parameters as cortical arousal seems to be impaired during hypoxia; perceptual ability (measured by the flicker fusion threshold) suffers an exertion and causes fatigue in pilots during hypoxia exposition¹¹; and logic reasoning that was impaired in altitude, as well as the increased number of math test errors in hypoxic conditions^{12,13}. Also, the autonomic modulation has been studied by some authors: although hypoxia clearly affects autonomous system, there is still some controversy on the opposite psychological symptoms (anxiety, depression or euphoria). Heart Rate Variability (HRV) tends to be the preferred instrument to measure this variable, as it is a non-invasive method. HRV has been reported to increase in aircrew population under hypoxic conditions, showing sympathetic nervous system prevalence¹⁴⁻¹⁶. To highlight the importance of hypoxia in altitude, autonomic modulation acts in reverse at 4574 m with hyperoxic conditions, showing parasympathetic nervous system prevalence as reported in one of these studies with aircrew¹⁷.

All of these facts are factors that can affect pilots in high altitude, but is still poor know the effect of hypoxia exposition in the psychophysiological and cognitive functions. We proposed the present study with the aims of to study the effect of hypoxia training in cortical arousal, autonomic modulation and muscle strength.

Material and method

Participants

We analysed 3 male pilots of the Spanish Army that belonged to Group I (pilots of any type of aircraft) and with a qualification of "fit"

according to the periodic medical examination as recorded in the ministerial order 23/2011. In addition, during the research they were carrying out the periodic aeromedical training included in the ministerial order 23/2011 and the STANAG 3114 "Aeromedical Training of Flight Personnel" (NATO regulations). Soldiers were equipped with standard uniforms, boots, and flying operative helmet and mask. Before starting the research, the experimental procedures were explained to all the participants, who gave their voluntary written informed consent. The procedures conducted in the present research were designed following the Declaration of Helsinki and approved by the Medical Service of the Aerospace Medicine Instruction Centre of Spanish Air Force.

Instrumentation and study variables

Before and after the hypoxia training, the following parameters were analysed in this order:

- Subjective perceived stress was assessed using a 0-100 scale.
- Rated Perceived Exertion was analysed through the Borg scale (values ranged from 6 to 20).
- Cortical arousal was measured through the Critical Flicker Fusion Threshold (CFFT) in a viewing chamber (Lafayette Instrument Flicker Fusion Control Unit Model 12,021) following the procedures conducted in previous studies¹⁸.
- Isometric handgrip strength by a grip dynamometer (Takei Kiki Koyo, Japan).
- Blood oxygen saturation (BOS) and heart rate (HR) were measured with a normobaric hypoxia training system with these characteristics:
 - Simulated altitude levels: 0-27000 feet.
 - Hypoxic and hyperoxic air generation. Oxygen margins: 6.5%-40.0%
 - Membrane system for the separation of hypoxic and hyperoxic air.
 - Flexible system for configuration of flight profiles.
 - Cognitive battery to configure and record the evolution of cognitive performance depending on the state of hypoxia.
 - Continuous recording of physiological variables including BOS and HR.
- Spirometry values of forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) and peak expiratory flow (PEF) were measured using a spirometer QM-SP100 (Quirumed, Spain) performing a maximum inhale-exhale-inhale cycle as previous research¹⁹.

Procedure

The pilots performed the hypoxia training seating in front of a touch screen computer while completing cognitive tests that were repeated with different instances of the same test in a 2 minute interval basis.

Altitude changes were defined for three intervals depending of the simulated altitude. The characteristics of each period were: i) 3 minutes at 0 feet (0 metres); ii) 8 minutes at 16300 feet (5000 metres); iii) 10 minutes at 24700 feet (7500 metres).

The training was supervised by the Medical Service and the Training Flight Instructor of the Aerospace Medicine Instruction Centre. The end of the training could occur if one of these facts happened: i) Medical

Service noticed health risk; ii) Soldier noticed health risk; iii) Sudden HR raise detected by the training system; iv) Blood oxygen saturation below 60% detected by the training system.

Statistical analysis

The SPSS statistical package (version 21.0; SPSS, Inc. Chicago, Illinois) was used to analyse the data. Normality and homoscedasticity assumptions were checked with a Shapiro-Wilk test. Differences between pre and post samples were analysed using a non-parametric Wilcoxon test because the low sample analysed. Spearman test was used to analyse correlation between variables. The effect size (ES) was tested by Cohen's D [ES = (Post-test mean-Pre-test mean)/Pre-test SD]. The level of significance for all the comparisons was set at P < .05.

Results

The results are reported as mean±SD. In Table 1 are shown the pre-post results of the physiological and psychological variables studied in both pre and post tests.

No variable presented significant differences between tests. A large effect size was reported for Subjective Stress Perception and Rated Perceived Effort, which augmented during the training. Handgrip Strength and HR, also increased but presented a small effect size. The last reported raised variable was the FVC, which had a moderate effect size. FEV₁, PEF, CFFT and SaO₂ decreased during the training. A large effect size was found for SaO₂. A small effect size was found for CFFT. Finally, a trivial effect size was reported for FEV₁ and PEF.

Discussion

The aim of this research was to study the effect of hypoxia training in cortical arousal, autonomic modulation and muscle strength in fight pilots. The results showed a tendency towards the decrease of cortical arousal and rise in perceived effort and stress. They also reported a trend to increased upper body strength as an autonomic response facing hypoxic stress.

Oxygen saturation decreased and mean SaO₂ after hypoxia was similar to some studies^{11,14,16}, but higher than in other mild hypoxia research¹³. These differences could be explained taking into account the goal of each study: in mild hypoxia training the maximum altitude rarely surpass a maximum altitude of 4000 m. A decreased SaO₂ usually has a negative effect on the cortex performance. The analysis of cortical arousal was previously analysed in pilots, reporting a significant decreased value of CFFT after hypoxia training in hypobaric chamber¹¹. Taking into account the effect size, these results are similar to ours and suggest that normobaric hypoxia training could also fatigue the Central Nervous System (CNS) and affect cortical arousal in aircrew²⁰. It could be related with the lower oxygen availability in these situations, fact that produces a decrease in cortical arousal because of the lower access to oxygen of CNS cells²¹. The decrease in cortical arousal after the third series has also been evaluated by Clemente *et al.*, (2010) after performing a RSA (repeated sprint ability) maximum speed test²², and after performing a cycling test to exhaustion in triathletes²³. In contrast, during a maximal oxygen uptake cycling test²⁴, an incremental maximum cycling test²⁵, a 30 min maximum cycling test²⁶, a 70% maximal oxygen uptake cycling trial²⁷ and a 1RM squat test²⁸ cortical arousal increased.

Heart rate has been previously monitored in aircrew hypoxia training researches, reporting increased in cardiovascular response after the hypoxia exposition^{11,14-16} as a physiological adaptation to lack of oxygen³. The small effect size of our sample suggest that normobaric hypoxia training could decrease the HR augmentation as there are no significant differences comparing with signification found in previous hypobaric chamber studies^{11,14,16}. The increased HR after training was also lower than in a study of automatic parachute, what suggest that the reminiscence of the sympathetic activation during the training is higher when aircrafts are used to practice. Future studies with a higher number of participants have to confirm these findings. RPE and Subjective Stress Perception increases during training can be related to CNS fatigue and autonomic modulation. These results agree with previous research conducted in both normobaric¹¹ and hypobaric hypoxia^{14,16} and reinforce the assumption of hypoxia-induced changes in CNS functions.

Handgrip strength slightly improved after hypoxia training, which seems to partially exert during hypoxic conditions as an adaptation in

Table 1. Results of study variables.

Variable	Units	Pre	Post	Z	P	Cohen's D
SSP	0-100 rank	6.7±5.8	33.3±28.9	-1.414	.157	4.59
RPE	6-20 rank	7.7±1.5	12.7±1.5	-1.604	.109	3.27
HG Strength	kg	44.0±2.0	45.3±4.5	-.816	.414	0.67
FVC	l	4.9±0.4	5.5±0.3	-1.604	.109	1.23
FEV ₁	l	4.0±0.3	3.9±0.9	.000	1.000	-0.41
PEF	l	8.6±2.1	7.7±2.6	-1.069	.285	-0.46
SaO ₂	0-100%	97.0±1.0	77.7±3.8	-1.604	.109	-19.33
HR	bpm	78.3±13.0	85.7±8.0	-1.069	.285	0.56
CFFT	Hz	34.5±2.2	34.3±2.1	-.535	.593	-0.84

SSP: Subjective Stress Perception; RPE: Rated Perceived Exertion; HG: Handgrip; FVC: Forced Vital Capacity; FEV₁: Forced Expiratory Volume in 1 second; PEF: Peak Expiratory Flow; SaO₂: Oxygen Saturation; HR: Heart Rate; CFFT: Critical Flicker Fusion Threshold.

which the sympathetic nervous system is activated and prepares the body for any hazardous situation²⁹. This uncertainty makes the sympathetic system to foster muscle activation which can cause an increase in muscle strength, as shown in previous research³⁰.

Something similar happened in terms of breath muscles strength: FVC slightly improved as a result of an activation of breath muscles after an external threat was perceived. As a result, the autonomic nervous system releases catecholamine into blood stream that produces an increase in strength, as shown in previous research with soldiers³¹. But explosive-related variables (FEV₁ and PEF) slightly decreased, probably because of fatigue after hypoxic conditions, as previously reported at altitude⁵.

Study limitations and future research

The main limitation found in this study is the small sample size and the difficulties to access fighter pilots, as they belong to an elite group among military forces. Secondly, due to resource availability, there were no measurements of stress hormones (as cortisol, adrenaline, etc.), autonomic modulation and electroencephalography. Future studies should take into account these variables as they could help to better understand psychophysiological response to hypoxia.

Practical application

These results can help to find specific training for better prepare fight pilots for hypoxic threats. The data collected in the present work is of vital importance in order to define specific training systems as well as operational protocols for flight personnel in the development of their different tasks in their job, both in military and civil aviation. Training should be specific, individualized, prevent injuries and directed by qualified personnel. While many of the research agree on the need to be trained to withstand the stress of flight crews, many of the recommendations still lack adequate specificity as there is a need to take into account the actual needs of the pilot population.

Conclusion

Normobaric hypoxia training produces a decreased tendency in cortical arousal and an increase in perceived effort, stress, and increased tendency in muscular strength.

Acknowledgment

We would like to acknowledge the contribution of the Aerospace Medicine Instruction Centre of Spanish Air Forces (Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial, CIMA), including the colonel, the military instructors and the medical service personnel for their excellent work and collaborative spirit towards the present research.

Bibliography

1. Hornbein TF, Townes BD, Schoene RB, Sutton JR, Houston CS. The cost to the central nervous system of climbing to extremely high altitude. *N Engl J Med*. 1989;321(25):1714-9.
2. Harding RM, Mills FJ. Aviation medicine. Problems of altitude I: hypoxia and hyperventilation. *BMJ*. 1983;286(6375):1408.

3. Petrassi FA, Hodkinson PD, Walters PL, Gaydos SJ. Hypoxic hypoxia at moderate altitudes: review of the state of the science. *Aviat Space Env Med*. 2012;83(10):975-84.
4. Neuhaus C, Hinkelbein J. Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training. *Psychol Res Behav Manag*. 2014;7:297.
5. Pollard AJ, Barry PW, Mason NP, Collier DJ, Pollard RC, Pollard PF, et al. Hypoxia, hypocapnia and spirometry at altitude. *Clin Sci*. 1997;92(6):593-8.
6. Files DS, Webb JT, Pilmanis AA. Depressurization in military aircraft: rates, rapidity, and health effects for 1055 incidents. *Aviat Space Env Med*. 2005;76(6):523-9.
7. Cable GG. In-flight hypoxia incidents in military aircraft: causes and implications for training. *Aviat Space Env Med*. 2003;74(2):169-72.
8. Nordahl SH, Aasen T, Owe JO, Molvaer OI. Effects of hypobaric hypoxia on postural control. *Aviat Space Env Med*. 1998;69(6):590-5.
9. Asmaro D, Mayall J, Ferguson S. Cognition at altitude: impairment in executive and memory processes under hypoxic conditions. *Aviat Space Env Med*. 2013;84(11):1159-65.
10. Malle C, Quinette P, Laisney M, Boissin J, Desgranges B, Eustache F, et al. Working memory impairment in pilots exposed to acute hypobaric hypoxia. *Aviat Space Env Med*. 2013;84(8):773-9.
11. Truszczyński O, Wojtkowiak M, Biernacki M, Kowalczyk K. The effect of hypoxia on the critical flicker fusion threshold in pilots. *Int J Occup Med Environ Health*. 2009;22(1):13-8.
12. Dzvonič O. Some psycho-physiological and cognitive implications of hypobaric exposure during selection of Slovak astronaut candidates. DTIC (electronic journal). 2001 Jun (retrieved 11-09-2017). Available from: <http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=ADP011073>.
13. Legg S, Hill S, Gilbey A, Raman A, Schlader Z, Mündel T. Effect of mild hypoxia on working memory, complex logical reasoning, and risk judgment. *Int J Aviat Psychol*. 2014;24(2):126-40.
14. Barak Y, David D, Akselrod S. Autonomic control of the cardiovascular system during acute hypobaric hypoxia, assessed by time-frequency decomposition of the heart rate. *Comput Cardiol*. 1999;26:627-30.
15. Zużewicz K, Biernat B, Kempa G, Kwarecki K. Heart rate variability in exposure to high altitude hypoxia of short duration. *JOSE*. 1999;5(3):337-46.
16. Vigo DE, Lloret SP, Videla AJ, Chada DP, Hünicke HM, Mercuri J, et al. Heart rate nonlinear dynamics during sudden hypoxia at 8230 m simulated altitude. *Wilderness Environ Med*. 2010;21(1):4-10.
17. Prabhakaran P, Tripathi KK. Autonomic modulations during 5 hours at 4574 m (15,000 ft) breathing 40% oxygen. *Aviat Space Env Med*. 2011;82(9):863-70.
18. Clemente-Suárez VJ, Robles-Pérez JJ. Mechanical, physical, and physiological analysis of symmetrical and asymmetrical combat. *J Strength Cond Res*. 2013;27(9):2420-6.
19. Clemente-Suárez VJ. Efecto sobre variables espirométricas basales de tres programas para el desarrollo de la resistencia aeróbica de 4 semanas de duración en atletas. *JSHR*. 2013;5(2):211-20.
20. Clemente-Suárez VJ, Robles-Pérez JJ, Montañez-Toledo P. Respuesta psicofisiológica en un salto táctico paracaidista a gran altitud. A propósito de un caso. *Arch Med Deporte*. 2015;32(3)(167):144-8.
21. Kenney WL, Wilmore J, Costill D. Physiology of sport and exercise. 6th ed. Champaign, IL, United States. *Human Kinetics*; 2015. p. 175.
22. Clemente-Suárez V, Muñoz V, Melús M. Fatiga del sistema nervioso después de realizar un test de capacidad de sprints repetidos (RSA) en jugadores de fútbol profesionales. *Arch Med Deporte*. 2011;28(143):174-80.
23. Godefroy D, Rousseau C, Vercauysen F, Cremieux J, Brisswalter J. Influence of physical exercise on perceptual response in aerobically trained subjects. *Percept Mot Skills*. 2002;94(1):68-70.
24. Clemente-Suárez V, Martínez A, Muñoz V, González J. Fatigue of central nervous system after an incremental maximal oxygen uptake test. *Arch Med Deporte*. 2010;137:107-18.
25. Clemente-Suárez V. Fatigue of nervous system through Flicker Fusion thresholds after a maximum incremental cycling test. *J Sport Health Res*. 2011;3(1):1-21.
26. Clemente-Suárez V. Fatiga del sistema nervioso después de una prueba de contrarreloj de 30' en cicloergómetro en ciclistas jóvenes. *Eur J Hum Mov*. 2010;25:197-206.
27. Presland JD, Dowson MN, Cairns SP. Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(1):42-51.
28. Clemente-Suárez V, Huertas C, Juárez D. Nervous system fatigue flicker fusion thresholds after performing a test of maximal strength in squat. *Rev Entren Deporte*. 2011;25(3):5-9.
29. Sandín B. El estrés: un análisis basado en el papel de los factores sociales. *RPPC*. 2003;3(1):141-57.
30. Clemente-Suárez VJ, Robles-Pérez JJ. Psycho-physiological response of soldiers in urban combat. *An Psicol*. 2013;29(2):598-603.
31. Tornero-Aguilera JF, Robles-Pérez JJ, Clemente-Suárez VJ. Effect of combat stress in the psychophysiological response of elite and non-elite soldiers. *J Med Syst*. 2017;41(6):100.

POSTGRADOS OFICIALES: **SALUD Y DEPORTE**



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA

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

MÁS INFORMACIÓN:



968 27 88 01



ucam.edu

Actualización de la gestión de las lesiones deportivas

Ernesto San Francisco León

Gerencia. Clínica CEMTRO. Madrid.

Recibido: 15.09.2017

Aceptado: 04.10.2017

Resumen

En este artículo se realiza una reflexión sobre cómo gestionar la lesión deportiva teniendo en cuenta factores como: a qué población afecta; qué beneficios reporta y qué costes tiene la práctica deportiva. Es un análisis enfocado a tres ámbitos; como son la gestión desde la Administración Pública, el deporte profesional y el deporte amateur o de ocio.

El objetivo del presente trabajo de revisión es reflejar el estado actual de la gestión las lesiones deportivas dentro del sistema de prácticas saludables de la población española, con el fin de concienciar al sistema social que vela por la salud de la población de un tema, con un peso cada vez más importante como es el de la práctica deportiva. Debemos valorar si el marco en el que se movía el sistema hace 20 años es el adecuado hoy día, para hacer frente al cambio tan drástico que se ha producido en este ámbito.

El porcentaje de población que practica deporte se ha incrementado en los últimos cinco años un 10% y habrá que analizar cómo hacer frente al aumento asociado de gasto económico social que este hecho supone.

Se analizan medidas preventivas así como cuál es la entidad que se hará cargo de los costos económicos, bajas laborales secundarias... que plantea la lesión deportiva, a través de compañías de seguros, el sistema nacional de salud, las mutuas de seguro...

Palabras clave:
Gestión. Lesión deportiva.
Seguros.

En resumen, se ha explicado la repercusión que en la sociedad actual tiene la práctica deportiva. Se ha valorado el coste, las posibilidades o no de variar las actuales condiciones económicas, reguladoras, asistenciales aseguradoras y legislativas en relación a la cobertura de dichos costes y al tratamiento de los mismos.

Sports injuries management update

Summary

This paper takes a look at how sport injuries are managed considering factors such as: affected population, yielded benefits and costs generated by their practice. The analysis included below focuses on three specific sectors: Public healthcare administration, professional sport and recreational sport.

The aim of this paper is to show how sports injuries are currently managed as part of a healthy life style in Spanish society, so that the social system which takes care of the population's health becomes aware of the practice of a matter which has shown to have ever-increasing importance in today's society: physical activity and sport. We must assess whether the framework in which health care was established 20 years ago – and which is currently still applied- is an appropriate one under today's social conditions when it comes to dealing with all those deep changes-take for instance, the percentage of population which has decided to take up a regular practice of physical activity (and it's 10% increase in the last five years) and what this change means in terms of social expenses.

As well as mentioning economic concepts which may be considered as social costs as a direct result of recreational sports practice, I discuss which institutions are to cover such costs, the kind of situations which are considered secondary sick leaves from a labour point of view, how insurance companies and mutual insurance companies establish criteria when dealing with these events; I also deliberate on how each of these institutions' actions overlap with our public healthcare system when it comes to coping with them and finally, I analyse current preventive measures.

Key words:
Management. Injuries sports.
Insurance.

In summary, I have addressed the impact sports practice has on today's society and I have also assessed the costs and possible alternative economic, regulatory, assistance, insurance and legislative conditions for it.

Correspondencia: Ernesto San Francisco León

E-mail: ernesto.sanfrancisco@clinicacentro.com

Introducción

A la hora de hablar de la gestión de las lesiones deportivas, parece evidente que hay primero que definir qué entendemos por gestión, ya que en la sociedad se suele vincular el término "gestión" con números, cuentas, resultados, beneficios, gastos, ... pero es verdad que en los últimos tiempos, el concepto de gestión ha cambiado de forma considerable y cuando hablamos de gestión estamos hablando de planificación, de estrategia, de objetivos, ... por eso a la hora de enfocar un tema como la gestión de las lesiones deportivas, lo vamos a estudiar y analizar más en un ámbito conceptual que de números.

Por ello vamos a tratar este tema desde un punto de vista estratégico y racional. Dado que es excesivamente amplio el campo de la lesión deportiva, iniciamos la exposición, primero definiendo que es una lesión deportiva, después realizaremos un análisis del mercado potencial y por último, estudiaremos los posibles enfoques de gestión que podemos tener. En el presente trabajo se plantean los siguientes enfoques: desde el punto de vista de Administración Pública, del Deporte Profesional y del nivel Amateur o de ocio.

Se puede considerar la lesión deportiva como "un daño que se produce en el cuerpo humano como consecuencia de la práctica deportiva"^{1,2}, pero es verdad, que la sociedad va evolucionando, más en los últimos años. Por tanto, es un concepto que se nos va quedando limitado y exiguo, por lo cual, es más completo decir que una lesión deportiva es "cualquier daño, ya sea físico o psicológico, que sufra el organismo practicando una actividad deportiva, tanto nivel amateur como a nivel profesional y que produzca una incapacidad para el entrenamiento o la competición"³.

Análisis de mercado potencial

En cuanto al análisis de mercado, para ver de qué estamos hablando y cuanta gente realiza deporte en España⁴, podemos decir que el número de federados en España en 2015 era de 3,5 millones de personas de las cuales el 78,5% eran hombres y el resto eran mujeres. La federación o deporte rey desde el punto de vista de federados sigue siendo el fútbol, con alrededor de 900.000 federados seguido de baloncesto, caza y golf.

En lo que respecta a los deportistas de ocio, el incremento en los últimos años está siendo espectacular, de hecho en el 2015, de la población de más de 14 años, un 53,5% practica deporte al menos dos veces por semana cuando en 2010, este porcentaje era solo del 43%⁴, en consecuencia estamos hablando de un incremento del 10 puntos en cinco años y es verdad también que la realización de un determinado deporte se está convirtiendo en una especie de estatus social; asimismo, el culto al cuerpo, el estar sano, parece que cada vez prima más.

En cuanto al deporte de ocio más practicado, con diferencia es la gimnasia, que además ha crecido de forma ostensible con respecto al 2010 y le sigue el "running", el ciclismo y la natación.

Si consideramos como base un estudio⁵ que se hizo sobre la casuística de las lesiones, sobre 1616 lesionados cuando practicaban deporte, se desprende que la población hasta 35 años sufría el 70% de las lesiones, aproximadamente, mientras que el resto de las lesiones era para mayores de 35 años y se produce mucho más en hombres que en

mujeres⁶. La parte del cuerpo que más se lesiona es el miembro inferior, seguido del miembro superior. Además, según los datos estadísticos y porcentuales son casi idénticos tanto en hombres como en mujeres. En cuanto al deporte que más lesiones genera, el fútbol está a la cabeza, seguido de los corredores, de fútbol sala y baloncesto. En el fútbol, predominantemente se lesionan hombres, mientras que en la carrera se lesionan más mujeres, pero la incidencia en el fútbol sigue siendo la más alta. También es verdad que la población estudiada mayoritariamente practica fútbol. En cuanto a las causas de las lesiones según este estudio, coincidiendo con lo que normalmente toda la población percibimos, son las lesiones musculares las más frecuentes seguidas de los esguinces, de las lesiones de tendón y las lesiones articulares.

En cuanto a lo que representa desde el punto de vista de atención sanitaria, a la cabeza también figura el fútbol, porque el 66% de los accidentados necesitan atención, el 22% producen una baja laboral. De estas lesiones que estamos hablando, en este estudio, el 63% en fútbol necesitó rehabilitación y el peso en cuanto atención sanitaria el primero es el fútbol, el segundo el fútbol sala y el tercero es el tenis.

Enfoques de gestión. Administración Pública

Una vez definida qué población está sujeta a sufrir una posible lesión deportiva, derivada bien de una práctica de deportistas federados o semi profesional o incluso profesional o bien a deporte de ocio, vamos a ver el enfoque que podríamos hacer desde el punto de vista de administración pública. Nos encontramos a la hora de hacer un estudio de Administración pública con que el deporte genera, en el año 2015 unos 184.600 empleos en España, que vienen a suponer el 1% de la población trabajadora y mueve a un total de 31.000 empresas que también supone el 1% del total de las empresas⁴. En cuanto al gasto público vinculado al deporte las estadísticas no son muy recientes, en 2010 se acercaba a los tres mil setecientos millones de euros que bajaron en 2011 a unos 3.200 y que han ido bajando paulatinamente por el efecto de la crisis. Pero es que también el deporte mueve un gran número de turistas, de hecho hay una estimación hecha de alrededor de 475 millones de euros en gastos de viaje vinculados al deporte.

Desde el punto de vista de un gestor de la administración pública en relación a las ventajas que puede reportar el deporte, nos encontraríamos con que el deporte es un ejercicio físico, es parte fundamental en el desarrollo de nuestro organismo y del correcto funcionamiento del mismo tanto físico como mental. ¿Qué beneficios nos puede proporcionar que la población haga deporte?¹ Pues prevención de patologías tipo obesidad, diabetes, hipertensión, protección de nuestro sistema locomotor, nos ayuda en la lucha diaria contra el insomnio, el estrés, la depresión, la autoestima... Pero claro, ¿con qué inconveniente nos encontramos? con la lesión deportiva y el gasto que produce la misma. Por ello, ya en el año 90 se desarrolló la ley 10/90 sobre la asistencia de lesionados en el deporte⁷. Ley que fue posteriormente desarrollada por el Real Decreto 849/93⁸ en el que se determinaban las prestaciones mínimas de un seguro obligatorio deportivo. Es verdad, que en general esta ley que venía a decir que todo deportista federado debía tener un seguro que debería pagar la federación correspondiente tanto a nivel

local, autonómico como estatal, también se embarca en una serie de condiciones que todo federado debe saber y que desde mi punto de vista creo que no sabe casi nadie, como son que tienes que darle su certificado personal de seguro, que tienes que decirle con qué compañía está concertado su seguro, qué coberturas tiene ese seguro, qué está excluido en dicho seguro, y yo creo que este es un tema un tanto oscuro en el cual no se ha concienciado a la población, no se ha sido transparente, con lo cual habrá que intentar mejorar en este punto. También se desarrolló la ley 19/2007 (Contra la violencia, el racismo, la xenofobia y la intolerancia en el deporte)⁹, que venía a decir que el deporte era un vehículo estupendo para transmitir cultura, para transmitir relaciones de equipo, para evitar temas de violencia de género, racismo, xenofobia.

¿Qué acciones creo que se deberían realizar desde el punto de vista de un gestor de la Administración Pública? Evidentemente controlar el aseguramiento de federados. Estamos hablando de 3 millones y medio de federados potencialmente lesionables y hay que tener claro o controlar que esos 3,5 millones de personas tienen un seguro. Creemos que es fundamental controlar los eventos deportivos y la condición física de los deportistas porque ahora cada fin de semana en España hay miles de eventos deportivos, bien sean de runner, bien sean de deportes con pelota tipo fútbol, baloncesto, paddle, y nadie controla absolutamente nada en estas competiciones, una persona puede correr una maratón y lo único que tiene que hacer es inscribirse y que le den un dorsal, no hay reconocimiento médico deportivo previo, no hay ecocardiograma, no hay condición física mínima exigida.

Luego tenemos un problema en cuanto al seguimiento de gastos sanitarios producidos por todo el personal y sistema sanitario que atiende a las personas con lesiones derivadas del deporte. Porque si yo tengo una lesión de un deportista federado que teóricamente tiene que cubrir una aseguradora pero esa persona va al sistema público de salud produce un gasto sanitario, pero nadie controla que este gasto pueda ser cubierto por una aseguradora, por lo que el sistema sanitario público acaba de engrosar su gasto de material y personal sanitario generado durante la atención del deportista lesionado, cuando lo podría recuperar de una aseguradora tercera. En mi opinión es fundamental educar a la población, pienso que nos iría mucho mejor si todo el mundo estuviera educado en lo que cuestan las cosas y fundamental sería realizar labores de prevención en toda persona que realice cualquier tipo de deporte.

Enfoques de gestión. Deporte profesional

Desde el punto de vista de gestión de deporte profesional, a la hora de enfrentarse a un tratamiento de una lesión, parece evidente que en deporte profesional sería fundamental profesionalizarse en la prevención de las posibles lesiones que se puedan tener, pero aquí como siempre, vamos a depender de los recursos que tenga cada uno.

También es verdad que hay que valorar cuál es la mejor opción para un tratamiento, pero volvemos a que no siempre tú puedes valorar cual es la mejor opción para un tratamiento porque dependemos de los recursos necesarios para tener el mejor equipo médico o mejor centro de referencia o el mejor centro de diagnóstico de imagen, etc. . .

A niveles de deportistas que todos nos podemos suponer como futbolistas de élite, parece evidente que un deportista que puede costar

10 millones, 20 millones de euros al año, no vas a escatimar en gasto para cualquier tipo de prueba, realizarla a la mayor brevedad posible y con el mejor profesional disponible. En estos casos es evidente que el coste no es mayor que el retorno de la inversión, pero esto no es lo estándar ni lo típico, el problema lo tenemos cuando el coste es mayor al retorno de la inversión, ¿Qué se hace en esos casos? Se espera, se deja que el deportista esté más tiempo del que estaría un deportista que reporta más ingresos, además tendríamos que hablar de la recuperación de la lesión y aquí nos volvemos a encontrar con el mismo problema. . . ¿dónde voy a recuperarlo?, ¿en el mejor? ¿En el que pueda? ¿Dónde me alcancen los ingresos?... quizá deberíamos pensar que todos estos temas tendrían que estar ligados a seguros específicos para poder dar siempre el mejor tratamiento a todo deportista. Pero una vez más, por desgracia, nos encontramos con que los seguros cuestan y si no hay dinero para pagarlos, tendremos el problema, siempre el mismo problema, la financiación.

¿Qué hacemos en el deporte profesional con el tratamiento de las bajas? ¿Qué pasa cuando la baja se produce en una cesión a una selección nacional? ¿Quién cubre esa baja? ¿Quién paga esa baja? Se intenta siempre hacer una especie de referencia para dejar claro quien las cubre pero es verdad que las selecciones no suelen tener grandes recursos, con lo cual no están muy capacitadas para pagar esa baja. No suelen querer destinar unos recursos a contratar seguros para cubrir estas contingencias, es una discusión eterna... hay discusiones, por ejemplo en el mundo del fútbol con la UEFA o con la FIFA porque las coberturas que se suelen poner son muy bajas para los deportistas que se ceden. Volvemos a que deberían haber seguros específicos para este caso, para estas casuísticas porque son seguros con costes que casi ninguna federación se puede permitir. También es verdad que aquí hay lesiones que condicionan, como son las de cualquier deportista que va a acudir a un evento importante como puede ser un europeo, un mundial y no hablemos ya de JJ.OO., en cuyo caso suele primar, en caso de una posible opción a medalla el que dediques más recursos a la recuperación de la lesión pero claro, volvemos a la desigualdad que se producen en los tratos a los deportistas porque si no hay nada a la vista pues no voy a dedicar los mismos recursos.

A la hora de hablar de quien cubre una baja, en un primer momento quiero referirme a la baja derivada de tu relación bien laboral o bien mercantil con la federación, equipo o quien corresponda y definir quien la va a cubrir o no, porque en muchísimos casos estas bajas no se cubren, no se pagan... el sistema social te cubre el mínimo en caso de deportistas que sean autónomos, en caso de deportistas con relación laboral depende del convenio de cada club o cada federado, con lo cual es un tema que hay que intentar definir.

Enfoques de Gestión. Nivel amateur/ocio

Con respecto al deporte de ocio, nos encontramos que, actualmente a 2015, en España el gasto de los hogares vinculados al deporte está en 4.200 millones de euros que supone un gasto medio por habitante de 92 euros⁴, lo cual es una cifra más que respetable. Se está convirtiendo en un síntoma de estatus social. Es verdad que ahora uno cuando va a correr tiene que tener cuidado de qué zapatillas lleva, de qué dispositivo

de control de gasto de calorías-frecuencia lleva porque parece que estás observado por la sociedad.

Se está practicando una media de dos veces por semana deporte de ocio y aquí es verdad que nos encontramos con un término económico aplicable quizás a esta casuística que es la utilidad. Cómo se mide la utilidad que le reporta a una persona el realizar deporte, pues dependerá de la satisfacción que dicha práctica deportiva de a cada persona en particular, es decir, dependerá de cada momento y de cada persona, por lo que es imposible de parametrizar.

Es bastante complicado y muy difícil de discutir por qué la gente hace tanto deporte de ocio, en algunos casos se sobrepasan los límites de lo que medicamente es aceptable y beneficioso es casi como una enfermedad, una obsesión. Pero claro, ¿con qué problema nos encontramos en el deporte de ocio? Y parece que nadie quiere hablar de esto, ¿Quién cubre las bajas de los deportistas de ocio? Porque son casi 20 millones de personas potencialmente lesionables, un gran porcentaje trabaja y si en el deporte de ocio tiene lesión que le produce una baja laboral, baja laboral que asume o bien la empresa en una parte y el sistema estatal en la otra pero, estamos hablando de una ingente cantidad de dinero que nadie quiere afrontar ni tocar porque claro, es demasiada gente la que hace deporte, en este tema hay que tomar medidas, no sé si la idea sería determinados seguros adicionales para este tipo de deportistas pero hay que concienciar a la población de que esto tiene un costo muy elevado de dinero y qué alguien o algo tendrá que abonarlo.

Conclusiones

Como conclusiones diríamos que a nivel institucional habría que controlar el gasto social y las coberturas de los seguros, si el personal federado está asegurado o no. Creemos que es fundamental educar, concienciar y preparar a la población para este tema y, fundamental también, prevenir todo tipo de lesiones siempre que se pueda.

En el deporte profesional lo ideal sería incidir en la prevención de la lesión del deportista, esto no es siempre equitativo ni justo pero evidentemente habría que intentar minimizar el gasto y la correspondiente baja cuanto más corta sea la baja mejor.

En cuanto al deporte de ocio estamos convencidos de que hay que aplicar medidas para prevenir la aparición de las lesiones y educar. Hay que educar a la población de lo que cuestan las cosas. La formación y educación son los mejores pilares de una sociedad civil avanzada y progresista.

Bibliografía

1. Trujillo F. Lesiones deportivas: tipo y prevención- FMDS (revista electrónica) 2009 feb (consultado 1604/2017). Disponible en: <http://www.fmds.es/2009/02/lesiones-deportivas-tipos-y-prevencion/#>
2. FormaDxT. El concepto de lesión deportiva. Salud y deporte (blog electrónico) 2017 jan (consultado 1604/2017). Disponible en: <http://www.formadxt.com/blog/item/348-el-concepto-de-lesion-deportiva>
3. Rubio S, Chamorro M. *Lesiones en el deporte*, Arbor CLXV, 2000;650:203-25.
4. Subdirección General de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Anuario estadísticas deportivas 2016. publicaciónesoficiales.boe.es (documento electrónico) 2016 May (Consultado 1604/2017). Disponible en: https://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/dms/mecd/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/deporte/anuario-deporte/Anuario_de_Estadisticas_Deportivas_2016.pdf
5. Albadalejo R, Villanueva R, Navarro E. Deporte de ocio en España. Epidemiología de las lesiones y sus consecuencias. García C. *Apunts*. 2015;119:62-70.
6. Osorio JA, Clavijo MA, Arango E, Patiño S, Gallego C. Lesiones deportivas. *Latreia* (revista electrónica) 2007 jun 20 :2 :167-170 (consultado 1704/2017). Disponible en: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/4396>
7. Ministerio de Educación y Ciencia. La Ley 10/1990 de 15 octubre 1990 del Deporte. BOE(revista electrónica) 1993feb 43: 5259-5273 (consultado 1804/2017). Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1993-4678>
8. Ministerio de Educación y Ciencia. Real Decreto 849/1993 de 4 de junio. BOE(revista electrónica) 1993 jun 149:19156-19157 (consultado 2004/2017). Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1993-16129>
9. Jefatura del Estado. Ley 19/2007 de 11 julio 2007. BOE (revista electrónica) 2007 jul 166:29946-29964 (consultado 2104/2017). Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-13408>

Economía de carrera y rendimiento. Esfuerzos de alta y baja intensidad en el entrenamiento y calentamiento. Revisión bibliográfica

Fernando González-Mohino Mayoralas¹, José F Jiménez Díaz², Daniel Juárez Santos-García¹, Rubén Barragán Castellanos¹, Inmaculada Yustres¹, José M^a González-Ravé¹

¹Laboratorio de Entrenamiento Deportivo. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Toledo. UCLM. ²Laboratorio de Rendimiento y Rehabilitación Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Toledo. UCLM.

Recibido: 23.06.2017
Aceptado: 04.10.2017

Resumen

La economía de carrera ha crecido en importancia en la literatura científica como factor de rendimiento en corredores de fondo y medio fondo tanto de alto nivel como recreacional. Los atletas entrenados son más económicos que aquellos no entrenados, mostrando que es una variable que se mejora con el entrenamiento. Un factor clave en la selección del entrenamiento de resistencia es la intensidad del esfuerzo a realizar, principalmente caracterizado por dos métodos de entrenamientos como son el interválico y el continuo. En corredores de nivel recreacional, existe cierta controversia en relación a qué intensidades son las óptimas para mejorar la economía de carrera, recomendándose la realización de entrenamiento periodizado y exista una lógica relación entre entrenamiento de alta y baja intensidad. Recomendamos la inclusión de 2-3 sesiones semanales de entrenamiento interválico, compensado con entrenamiento continuo. En cuanto a los corredores entrenados de más nivel, el entrenamiento interválico cobra mayor importancia (intensidades cercanas al VO_2max) dado que la realización de esfuerzos de mayor intensidad provocará que sean más económicos a intensidades de competición. Intensidades de entrenamiento muy altas no conllevarán mejoras en la economía de carrera debido a que no es posible acumular suficiente volumen de entrenamiento. Por otro lado, los esfuerzos de alta intensidad previos a la competición (intensidades superiores al umbral anaeróbico), es decir, durante el calentamiento, aumentan el coste de energía (reducción de la economía de carrera) y, por lo tanto, se recomienda una amplia fase de transición entre tales esfuerzos y la competición (entre 9-20 min), para que el rendimiento no se vea perturbado. Se recomienda un aumento en el aporte científico en relación a los efectos de esfuerzos de alta intensidad durante el calentamiento, con el fin de conocer qué intensidades son más óptimas, el terreno a utilizar (llano o pendiente), o la recuperación necesaria para mejorar el rendimiento.

Palabras clave:

Entrenamiento de resistencia.
Coste de energía. Corredor.
Alta intensidad.

Running economy and performance. High and low intensity efforts during training and warm-up. A bibliographic review

Summary

Interest in relation to running economy has increased such as determinant of running performance in scientific literature in trained long and middle distance runners and recreational runners. Trained runners are more efficient than untrained runners, meaning it is a "trainable" parameter. A key factor during endurance training is the intensity of corresponding effort, characterized by two endurance training methods such as interval and continuous training. In recreational runners, there is some controversy about which intensities are optimal in order to improve running economy, thus, periodized endurance training with a logical relationship between high and low-intensity training is recommended. We recommend the inclusion of 2-3 session per week of interval training, compensated with continuous training. Regarding to trained runners, interval training (at intensities close to VO_2max) will be more important because of the need to be more economical at competitive intensities. Very high training intensities would not lead improvements in running economy due to it is not possible to accumulate enough training volumen during the training period. Conversely, the high-intensity efforts prior to competition (intensities above anaerobic threshold), during a warm-up protocol, increase the energy cost (reduce the running economy) and therefore, it is recommended a long transient phase (9-20 min) before to competition so as not to disturb the subsequent performance. An increase of scientific studies regarding the effects of high-intensity efforts during a warm-up protocol is needed in order to know the optimal intensities, flat or uphill ground, or the adequate recovery to improve the subsequent performance.

Key words:

Endurance training.
Energy cost. Runner.
High intensity.

Correspondencia: Fernando González-Mohino Mayoralas
E-mail: fernando.gmayoralas@uclm.es

Introducción

Los deportes de resistencia requieren la realización de un determinado esfuerzo durante un tiempo prolongado. En la literatura científica, ya en la década de 1920, Hill y Lupton¹ comenzaron a hablar sobre el Consumo de Oxígeno Máximo (VO_2max) y de su importancia en el rendimiento deportivo. Su visión ha sido aceptada a lo largo de los años y actualmente, se han ido añadiendo otros factores fisiológicos que pudieran influir en el rendimiento en los deportes de resistencia. Además del VO_2max , el umbral anaeróbico (UAN)^{2,3} y la economía de carrera (EC)^{4,5} han sido documentados y englobados como determinantes del rendimiento en deportes de resistencia, en especial en carreras de larga y media distancia⁶. Aunque el VO_2max sí puede discriminar entre diferentes tipos de poblaciones y deportes, ésta no puede hacerlo igualmente entre corredores de alto nivel. Daniels⁷ se encontró con la tesitura de evaluar atletas con valores de VO_2max inferiores y que poseían marcas y rendimiento en competición mejores que atletas con VO_2max superiores. Esto se podría explicar mediante la variable de EC. Atletas con pobres valores de EC, tienden a tener altos valores de VO_2max (relación inversa), pudiéndose mejorar la EC y producirse un cambio negativo en VO_2max ^{8,9}. En atletas altamente entrenados, una pequeña-moderada relación se encontró entre EC y VO_2max ¹⁰. Mientras que variables como el VO_2max han sido ampliamente estudiadas como factor determinante en corredores, la EC ha sido ignorada hasta hace pocas décadas, y desde la década de 1970s ha ido creciendo su importancia en la literatura científica¹¹.

La EC es el resultado de una compleja interacción entre multitud de factores. Entre ellos podemos destacar variables biomecánicas¹², neuromusculares como la rigidez de la pierna, exposición a periodos de entrenamiento en altitud o variables antropométricas⁶. En esta revisión bibliográfica, explicaremos qué es la economía de carrera, sus formas de medición y nos centraremos en aquellos aspectos relacionados con el entrenamiento de resistencia mediante la utilización de dos métodos de entrenamiento: continuo e interválico, y por lo tanto de esfuerzos de alta y baja intensidad y su relación con la EC. Como esfuerzos de alta intensidad (método interválico) entenderemos aquellas intensidades por encima del umbral anaeróbico, es decir, por encima del 85-90% de vVO_2max y de la FC máxima, y, por lo tanto, las de baja intensidad (método continuo), aquellas por debajo de estos límites. Finalmente, trataremos el efecto que tienen los esfuerzos de alta y baja intensidad utilizados en el calentamiento previo a la competición o prueba de rendimiento, y su relación con la EC.

Economía de carrera. Definición y formas de evaluación

El término economía de carrera (EC) suele referirse al estado estable de consumo de oxígeno a una intensidad determinada^{4,13,14}. Esta variable nos indica el gasto de energía necesario para realizar esa intensidad de carrera. La economía del esfuerzo es una variable que se ha utilizado en la literatura científica para la evaluación de deportes de resistencia¹⁵. Existen actualmente varias maneras de medir la EC. Por un lado, la principal forma y más comúnmente usada en la literatura científica es el coste de oxígeno. Dado que para la medición de EC es necesario conocer el

consumo de oxígeno (VO_2) del sujeto durante el esfuerzo, el coste de oxígeno es la manera más sencilla de conocer la EC. Puesto que para la medición de la EC es necesario que haya un estado estable en el VO_2 , las intensidades seleccionadas deberán estar por debajo del umbral de lactato^{4,16}, así como que los niveles de lactato en sangre sean similares a los basales¹⁷. Además, otra sencilla manera de conocer que existe un estado estable en el sujeto, es mediante el cociente respiratorio y que este se encuentre inferior al valor de 1 en las intensidades seleccionadas de carrera⁴. Este cociente respiratorio es la relación entre el consumo de CO_2 y de O_2 y puede servir para determinar el uso y producción de energía, así como el gasto energético de una actividad. Sin embargo, la medición de EC como coste de oxígeno, no tiene en cuenta los cambios en el sustrato energético usado durante la intensidad de carrera. Por eso, Fletcher, *et al.*¹⁸ compararon dos formas de medir EC, como coste de oxígeno y coste de energía, y concluyeron que esta última forma era más sensible a los cambios de intensidad y por lo tanto más correcta. La velocidad de carrera más utilizada en la literatura para medir EC es $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, aunque un rango entre 12 y $21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ se ha utilizado en distintas investigaciones en función del nivel de la muestra utilizada^{4,6,19}. En una reciente revisión, Barnes y Kilding²⁰, establecieron unos rangos de intensidades en las que medir EC en función del nivel de la muestra en relación a sus valores de VO_2max : en atletas recreacionales ($54,2$ - $62,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), estas intensidades irían entre 10 - $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; en corredores moderadamente entrenados ($62,2$ - $70,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) entre 12 - $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; en corredores altamente entrenados ($70,8$ - $75,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) entre 12 - $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, y finalmente en corredores de nivel élite ($> 75,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) entre 14 - $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Economía de carrera y su relación con el rendimiento

En literatura científica se ha documentado bastante bien la relación que existe entre EC y rendimiento en corredores de fondo y medio fondo. Recientemente, Hoogkamer, *et al.*²¹ llegaron a la conclusión que cambios en EC se trasladan directamente en cambios en el rendimiento. Estos autores compararon el incremento del peso del calzado deportivo y modificaciones en EC y rendimiento. Concluyeron que incrementos de 100 g en el peso del calzado, empeoraba la EC en un $1,1\%$ y esto a su vez reducía el rendimiento en un $0,78\%$ durante una prueba de 3.000 m . Esto nos quiere decir, que cualquier modificación que se produzca e influya en la EC, puede verse trasladado al resultado final de una competición. Por ejemplo, los corredores kenianos poseen pequeños tamaños en sus gastrocnemios en comparación con atletas europeos, teniendo menor peso alejado del eje de movimiento de sus piernas y por lo tanto, menor momento de inercia y requiere menor esfuerzo muscular en el movimiento de sus piernas²², como podría pasar con el mayor peso del calzado. Anteriormente, Pollock¹⁹ comprobó que existían diferencias en EC entre corredores élite (definido por el autor por poseer tiempos inferiores a los 30 minutos en un test de 6 millas) y buenos corredores, estableciendo esas categorías por nivel de rendimiento, y siendo más económicos aquellos de mejor rendimiento. Posteriormente, Conley y Kranhenbuhl⁴ establecieron la EC como buen predictor del rendimiento en la prueba de 10 km , ya

que aquellos atletas con mejor rendimiento eran los más económicos ($r = 0,83$). Más tarde, di Prampero, et al.²³ comprobaron que una mejora del 5% en EC se correspondía con una mejora del rendimiento de un 3,8%. Por otro lado, si tenemos en cuenta los cambios producidos a lo largo de un periodo de entrenamiento prolongado, Svedenhag y Sjodin²⁴ observaron mejoras en EC ($-1,0 \pm 0,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ por año) tras un periodo largo de entrenamiento (22 meses aproximadamente) y a su vez, mejoras en el rendimiento en 5.000 m sin observar cambios en VO_2max . Esto nos indica que, en corredores entrenados, se puede llegar a la situación en el que no se observen cambios en el VO_2max , pero sí en el rendimiento, y una de las causas de ello podría ser por las mejoras en EC y en la velocidad a la que se obtiene el VO_2max ($v\text{VO}_2\text{max}$), como pudieron observar Morgan et al.¹⁶, donde EC y $v\text{VO}_2\text{max}$ fueron fuertes predictores del rendimiento en la prueba de 10 km.

Un ejemplo claro de la relación entre EC y rendimiento, es la progresión de la atleta Paula Radcliffe, que posee a día de hoy el récord del mundo de Maratón (2h15:25). Jones²⁵ evaluó los cambios fisiológicos de esta deportista a lo largo de más de 10 años. Pudo observar cómo su EC mejoró en un 15% (de $205 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ en 1992 a $175 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ en 2003) en ese periodo de tiempo, mejorando todas sus marcas desde distancias de 5.000 a Maratón. También, el atleta estadounidense Steve Scott, que tuvo el récord del mundo de la milla, mejoró su EC en un 5% a lo largo de una temporada de entrenamiento²⁶. Existe consenso en la literatura científica en relación a la importancia de la EC como factor de rendimiento y que su mejora es clave en la mejora del rendimiento de los corredores. Como podemos observar, la EC es una variable que se modifica con el entrenamiento de los corredores, pero saber qué tipo de entrenamiento y por qué es el más adecuado para su mejora, es fundamental. Como podemos ver en las Tablas 1 y 2, diversas investigaciones, han encontrado mejoras en EC y a su vez en la prueba de rendimiento usada en cada estudio, mostrando la relación entre mejora en EC y rendimiento.

Entrenamiento de resistencia y economía de carrera

Conocemos los efectos que tiene el entrenamiento de resistencia sobre el organismo. Se han observado mejoras en el sistema cardiorrespiratorio y la capacidad oxidativa del músculo esquelético^{27,28}. A su vez, la mejora de la capacidad oxidativa viene asociada con una mejor funcionalidad de la mitocondria^{6,29}, y todo esto conlleva una reducción en la utilización de oxígeno necesario para realizar un trabajo de intensidad submáxima³⁰ mejorando así la EC. Por otro lado, también se producirán cambios en la capacidad buffer del músculo esquelético³¹ y a nivel hematológico³². Aunque no están claros los mecanismos de la relación entre la capacidad buffer y una mejora en la eficiencia mecánica, estos procesos se han visto después de entrenamiento en altitud. Posiblemente sea dado a un uso más marcado en la oxidación de carbohidratos en comparación al de grasas³¹. Así como a nivel hematológico, se han visto incrementos en la masa de células rojas y su relación con mejoras en EC³². En relación al entrenamiento de resistencia y sus efectos en la EC, está bien establecido en la literatura científica que atletas entrenados son más económicos que aquellos menos entrenados³³.

En lo que refiere al entrenamiento, podemos encontrarnos dos métodos de entrenamiento de resistencia típicos y habituales en la actualidad que son usados por entrenadores y atletas en todas las partes del mundo. Estos métodos son el interválico, o también conocido por los anglosajones como *interval training*, y, por otro lado, el entrenamiento continuo. El entrenamiento interválico (en adelante INT), lo comenzó a utilizar en la década de 1920 el atleta finlandés Paavo Nurmi³⁴. Consiguio numerosas medallas en los Juegos Olímpicos de 1920, 1924 y 1928 en pruebas de fondo y medio fondo. Pero fue unos años más tarde cuando en la década de 1930, un entrenador y un médico (Gerschler y Reindell), ambos alemanes, introdujeron el término "interval training" y comenzó a ser más conocido fuera de sus fronteras³⁴. Este método puede ser definido como una serie de esfuerzos repetidos de corta a moderada duración (entre 10 segundos y 5 minutos) completados a una intensidad mayor al umbral anaeróbico^{35,36}. Este método tiene la peculiaridad de que pueden existir multitud de variantes en función a la duración del estímulo, la duración de la recuperación tras el estímulo y el número de repeticiones y series realizadas de tal estímulo. Un total de nueve variables se pueden manipular en este método y cambiar los efectos del mismo³⁷. La intensidad y duración del intervalo serán factores claves, el número de intervalos y series que componen esos intervalos, la recuperación entre intervalos y series influirán en el resultado final, así como la modalidad del deporte. Seiler y Hetlelid³⁸ investigaron la realización de 6x4 min a la máxima intensidad posible para esa sesión y esa tarea, en la que la única diferencia era la duración de la recuperación entre repeticiones (1, 2 y 4 min), modificando la intensidad de carrera. Pasar de 1 min de recuperación a 2 min, incrementó esa intensidad de trabajo, pero no si se pasaba de 2 a 4 min. El trabajo del VO_2 fue mayor con 2 min de recuperación mientras que el lactato en sangre no cambió. Si a su vez, dejaban elegir a los sujetos libremente la recuperación entre repeticiones, sorprendentemente ésta se aproximaba a los 2 min (118 ± 23 s). Esto es una muestra clara de lo complejo de manipular las variables que influyen en el método de entrenamiento INT.

Sin embargo, el método de entrenamiento continuo (en adelante CON) se caracteriza por un trabajo de menor intensidad y realizado sin pausas, es decir, de manera continua y a intensidad por debajo del umbral anaeróbico. Por lo tanto, la diferencia principal entre ambos métodos será la intensidad de trabajo durante el entrenamiento y, en definitiva, podrá determinar las modificaciones y mejoras que se produzcan en el organismo.

En cuanto a la manipulación de las variables volumen e intensidad del entrenamiento, no existe constancia hasta el momento que a mayor volumen de entrenamiento (que se puede caracterizar principalmente con el método CON en un gran porcentaje total del entrenamiento) esté relacionado con una mejor EC. Por eso, nos surge la duda de conocer qué intensidades son las óptimas para esa mejora, o qué combinación de intensidades y, por lo tanto, de métodos de entrenamiento, será el adecuado.

Conocemos gracias a la literatura científica que intensidades cercanas a la velocidad a la que se alcanza el consumo de oxígeno máximo se han utilizado habitualmente en entrenamientos de resistencia mediante el método INT. El entrenamiento INT en atletas recreacionales (Tabla 1) a intensidades entre 93-106% del VO_2max ³⁹ y entre el 90-95% de la frecuencia cardiaca máxima^{40,41} (FC máx.) han obtenido mejoras en EC

Tabla 1. Efectos del entrenamiento interválico y continuo en la economía de carrera y rendimiento en atletas de nivel recreacional. Participantes, diseño y resultados.

Estudio	Participantes	Diseño de investigación			Resultados	
	Descripción	Entto. Interválico (n)	Entto. Continuo (n)	Duración (entrenamientos/sem)	EC	Rendimiento
Franch <i>et al.</i> (1988)	n = 36 H; 30,4 años; 54,8 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas recreacionales	Largo (12) 4x4min con recuperación 2min, Corto (12) 30-40x 15s con recuperación de 15s	20-30 min a 15km/h de velocidad	2-3d/sem durante 6 sem	↑ 3,1% CON; ↑ 3,0% LARGO; ↑ 0,9% CORTO	TT al 87% vVO ₂ max: ↑ 94% CON; ↑ 67% LARGO; ↑ 65% CORTO
Sproule (1998)	n= 15 H; 23 años; 56 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Estudiantes EF		Efecto agudo de sesiones de 40-60min al 70-80% VO ₂ max. G1 40min al 80%; G2 60min al 70%; G3 60min al 80%	3x40-60 min al 80% VO ₂ max	↓4,4% (G1); 6,6% (G2); 9,5% (G3)	
Beneke y Hutler (2005)	n=16 H; 24,8 años; NP ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas recreacionales		Entto CON entre 20-30min durante las 4 primeras semanas (intensidad 50% FC reserva) y se incrementó a 45-60 de las semanas 5-8 (60-75% FC reserva).	8 sem: 3 sesiones en semana 1, 4 en semanas 2-6 y 5 en semanas 7 y 8.	↑ 10% CON	↑ 56% CON
Helgerud <i>et al.</i> (2007)	n = 40 H; 24,6 años; 57,8 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Estudiantes	Largo (10) 4x4 min al 90-95% Fcmax con 3 min rec al 70% Fcmax, Corto (10) 47x15s al 95% Fcmax con rec de 15s al 70% Fcmax	Ritmo lento (10) 45min al 70% Fcmax, ritmo umbral anaeróbico (10) 25 min al 85% Fcmax	3d/sem durante 8 sem	Sin dif. entre grupos: ↑7,5-11,7%	
Quinn y Manley (2012)	n = 15 H; 35,3 años; 63,6 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Participantes sanos		Efecto de un entrenamiento continuo de larga duración (26 km)	Efecto agudo 1 sesión	Sin cambios en los días posteriores	
Zaton y Michalik (2015)	n = 17 (11H, 6M); 34 años; 50,7 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas recreacionales	G1 realizaba 2 sesiones de 4x20-30 s a máxima intensidad para completar 90-200 m con recuperación activa (ratio 2:1) más una sesión entrenamiento continuo a la semana.	G2: 3-4 sesiones a la semana de entrenamiento continuo sin especificar intensidad.	8 sem	↑17% significativo en %VO ₂ max relativo en G2	↑2,5% en G1 ↑1,3% en G2 en Test de Cooper
Gliemann <i>et al.</i> (2015)	n = 160 (73H, 84M); 47 años; 52,3 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas recreacionales	2 sesiones de 3-4 x 5min alternando 10-20-30 s con 2 min rec. Intensidad del 30, 60, 90-100% de la velocidad máxima + 1 sesión CON (75-85% Fcmax).	3 sesiones a la semana a intensidad 75-85% Fcmax	8 sem	↓2,85% INT, ↓ 1,95% CON	~
González-Mohino <i>et al.</i> (2016)	n = 11 H; 33,1 años; 56,7 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas recreacionales	3 sesiones/sem de repeticiones de 1, 2 y 3 min al 110%, 100% y 95% del vVO ₂ max	3 sesiones/sem al 70% y 75% del vVO ₂ max	6 sem	↑ 17,8 y 8,5% CON sig. al 60% y 90% vVO ₂ max	vVO ₂ max ↑ 7,9% INT
Hoydal y Hareide (2016)	n = 22 (8H, 14M); 27,7 años; 51,7 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Participantes sanos	4x4 min (11) entre 90-95% Fcmax, recuperación activa 3 min al 70%	75min (11) al 75% Fcmax	3 días/sem durante 8 sem	↑ 6% INT; 9% CON	3000 m: ↑ 3,06 min y 1,59 min (INT, CON)

Notas: ↑ incremento o mejora; ↓ reducción o empeoramiento; ~ se mantiene.

Abreviaciones: H: Hombre; M: Mujer; n: Número de participantes; EF: Educación física; Entto: Entrenamiento; G: Grupo; Fcmax: Frecuencia cardíaca máxima; CON: Método continuo; INT: Método interválico; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; vVO₂max: Velocidad a intensidad de consumo máximo de oxígeno; TT: Tiempo hasta extenuación; NP: No presenta.

entre el 1-9%. Sin embargo, otros autores no han encontrado mejoras de EC tras entrenamientos INT. Gliemann *et al.*⁴² no encontró cambios en EC tras 8 semanas con dos sesiones/semana de INT (alternando 10-20-30s a intensidad del 30%, 60% y 90-100% de la máxima velocidad de carrera). González-Mohino *et al.*⁹ no encontró mejoras en EC tras entrenamiento INT al 95-110% de la $v\text{VO}_2\text{max}$.

En relación al entrenamiento CON, una única sesión de entrenamiento de baja intensidad no produce cambios en EC^{43,44}, mostrando que es necesario un periodo de entrenamiento amplio para producir cambios. Zaton y Michalik⁴⁵ encontraron mejoras significativas en EC (17%) tras la realización de 3-4 sesiones semanales de CON (intensidad voluntaria por cada sujeto). Por otro lado, intensidades entre el 50-75% de la FC de reserva⁴⁶, del 70-85% de FC máxima^{40,41}, o del 70-75% de la $v\text{VO}_2\text{max}$ ⁹ produjeron mejoras en EC, aunque otros autores no observaron cambios a intensidades entre el 75-80% de FC máxima⁴². Sin embargo, la realización de sesiones entre 40-60 min a intensidades entre el 70-80% del VO_2max evaluado como efecto agudo produjo una reducción en EC en estudiantes de Educación Física⁴⁴, mostrándonos que no es aconsejable evaluar EC tras la sesión de entrenamiento.

En cuanto a lo que se refiere a resultados en corredores de nivel recreacional, las mejoras en EC podrían deberse a cambios biomecánicos que los harían más económicos a la misma intensidad de carrera⁴⁷. De ahí de la necesidad de incluir variables biomecánicas en las valoraciones de deportistas recreacionales cuando se evalúan cambios en EC.

En la Tabla 1, se pueden ver los estudios analizados en este apartado en relación a los atletas recreacionales. Pueden verse la diversidad de protocolos y resultados obtenidos en cada estudio.

En atletas entrenados, intensidades de entrenamiento INT del 100% $v\text{VO}_2\text{max}$ ^{48,49} han obtenido mejoras entre el 1-6,7%. Otros esfuerzos de alta intensidad como esprints máximos de 30 segundos⁵⁰ han encontrado mejoras del 6-7,2%, o intensidades del $\Delta 50^{\text{p}}\text{V}$ ⁵¹⁻⁵³ (intensidad correspondiente al 50% entre velocidad a umbral de lactato ($v\text{LT}$) y $v\text{VO}_2\text{max}$) han mostrado mejoras en EC entre un 3,6-5,4%. Además, el entrenamiento de alta intensidad también puede desarrollarse en distintas pendientes del terreno. Intensidades entre el 80-120% del VO_2max ⁵⁴ (4-18% pendiente) han mostrado mejoras en EC.

Por otro lado, Billat *et al.*⁵⁵ investigaron la influencia del incremento de 1 a 3 sesiones de entrenamiento INT a la semana a intensidad del 100% $v\text{VO}_2\text{max}$ compensado con 5 o 3 sesiones de CON respectivamente y su influencia en la EC. Estos autores encontraron un incremento del 6% en EC cuando se realizaba una única sesión de entrenamiento INT, comparado con un 2,7% cuando se incrementó a 3 sesiones a la semana, pero se redujo el de entrenamiento CON. Esto viene a decirnos, que la relación entre las sesiones de alta intensidad (INT) y baja (CON) es fundamental para la mejora de la EC en corredores entrenados. Enoksen *et al.*⁵⁶ realizaron un estudio en el que el grupo de entrenamiento INT realizó el 33% del total de entrenamiento mediante entrenamiento INT (3 sesiones/semana) entre el 82-92% de la FCmax, mientras que el restante era entrenamiento CON entre el 65-82% de la FCmax. El grupo de entrenamiento CON realizó el 13% del volumen total mediante entrenamiento INT (1 sesión/semana) y el restante, entrenamiento CON entre el 65-82% FCmax. La EC mejoró en ambos grupos, entre el 2,5-5% en el grupo INT y entre el 1,5-4,8% en el grupo CON. Finalmente, es importante destacar que intensidades de entrenamiento muy

altas (132% $v\text{VO}_2\text{max}$) no provocarían mejoras en EC³⁹, posiblemente dado a que limitaría mucho el volumen de entrenamiento realizable. La realización de entrenamiento INT y su efecto agudo sobre EC también ha sido estudiado. Collins *et al.*⁵⁷ evaluaron el efecto de tres sesiones de 10x400 con recuperaciones distintas (1,2 y 3min). En todas las sesiones, EC se vio perjudicada entre el 2-5%, indicándonos que no podemos evaluar la EC tras las sesiones de entrenamiento puesto que éstas sesiones de alta intensidad aumentan el coste de energía posterior en el corredor.

En cuanto al método de entrenamiento CON, entrenamientos a intensidad $v\text{OBLA}$ ^{58,59} (intensidad a la que se producen 4 mmol/L en el organismo) han provocado mejoras en EC del 2,8%. En la Tabla 2, se pueden ver los estudios analizados en este apartado en relación a los atletas entrenados. Pueden verse los protocolos escogidos y resultados obtenidos en cada estudio.

Como podemos observar, las mejoras en EC son superiores en proporción en los atletas de nivel recreacional respecto a los entrenados, poniendo de manifiesto la complejidad del entrenamiento a altos niveles para mejorar el rendimiento de los atletas. Además, nos indica que, a altos niveles de rendimiento, pequeñas mejoras en cualquier factor de rendimiento serán determinantes en el resultado final.

Finalmente, es importante destacar que los atletas suelen ser más económicos en las intensidades a las que suelen entrenar⁶⁰, por lo que es interesante incluir intensidades similares a las de competición. Los cambios en EC son dependientes de la intensidad de entrenamiento. En un estudio comparativo de Daniels y Daniels⁶¹ entre atletas de medio fondo y atletas de maratón, los resultados mostraron que los atletas eran más económicos en las intensidades propias en las que se desarrolla su competición (ya sea 1.500 m o Maratón). Por lo tanto, estas intensidades competitivas que serán de alta intensidad, nos llevaría a decantarnos por el entrenamiento INT para trabajar a esos ritmos y ser más eficientes.

Es transcendental conocer los efectos sobre la EC de ambos métodos de entrenamiento, pero la clave en el futuro de la investigación será la mejor combinación entre ambos y para ello es necesario estudios longitudinales que puedan abordar esta cuestión⁶².

Intensidad en el calentamiento, economía de carrera y rendimiento

Los esfuerzos realizados durante el calentamiento previo a la competición y su influencia en EC pueden determinar el rendimiento final, pero sin embargo ha sido poco estudiado hasta el momento. Como es bien sabido, el calentamiento es una práctica aceptada en cualquier deporte previo a un esfuerzo de mayor intensidad ya sea en el entrenamiento posterior o competición⁶³. El calentamiento activo es el más utilizado por los corredores dado su especificidad⁶³. El ejercicio de alta intensidad (80% del umbral de lactato o $\Delta 50$) previo a una prueba de rendimiento puede alterar la respuesta del VO_2 en la prueba de rendimiento, aumentar la amplitud del componente fundamental del VO_2 y reducir el componente lento^{64,65}. Además, cualquier intervención que resulte en una rápida dinámica del VO_2 (aceleración del VO_2 respecto del basal mediante el incremento de la amplitud absoluta del VO_2) tiende a dar como resultado una mejora del rendimiento⁶⁶.

Tabla 2. Efectos del entrenamiento interválico y continuo en la economía de carrera y rendimiento en atletas entrenados. Participantes, diseño y resultados.

Estudio	Participantes	Diseño de investigación		Resultados		
		Entto. Interválico (n)	Entto. Continuo (n)	Duración (entrenamientos/sem)	EC	Rendimiento
Sjödín y Svedenhag (1982)	n = 8 H; 19,8 años; 68,7 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas media y larga distancia		20 min a la vOBLA	1 día/sem durante 14 sem	↑ 2,8%	
Yoshida <i>et al.</i> (1990)	n = 6 M; 19 años; 51,8 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenadas		6x vOBLA (20 min) + entto normal (120 min a velocidad umbral)	6 días/sem durante 8 sem	↑ 2,8%	↑ 3.000 m test
Billat <i>et al.</i> (1999)	n = 8 H; 24 años; 71,2 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas bien entrenados	Comparativa entre 1 sesión/sem o 3 a intensidad vVO ₂ max de entto INT compensado con 5 o 3 sesiones entto CON		4 sem: 1 sesión/sem y otras 4 sem: 3 sesiones/sem	↑ 6,1% con 1 sesión/sem, y 2,7% pasando de 1 a 3 sesiones/sem	↑ 2,9% en vVO ₂ max con 1 sesión/sem, y 1,9% con 3 sesiones/sem
Collins <i>et al.</i> (2000)	n = 7 H; 25,4 años; 72 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas altamente entrenados	Tres sesiones de 10x400 con variación en la recuperación (1,2,3 min)		Efecto agudo (3 sesiones aleatorias)	↓ 4,6% y ↓ 1,8% a 3,33 y 4,47 m·s ⁻¹	
Demarle <i>et al.</i> (2001)	n = 6 H; 27 años; 61,2 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenados	2 sesiones INT (50% a intensidad vΔ50) en entto habitual. El número repeticiones se incrementaba a lo largo de las sem.		2x interval + 3x entto continuo durante 8 sem	↑ 3,6%	↑ 10,24 y 10,1% en vVO ₂ max en sólo 3 sujetos
Slawinski <i>et al.</i> (2001)	n = 6 H; 27 años; 61,2 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenados	2 sesiones entto INT severo (vΔ50) y moderado (50%vVO ₂ max) a la semana + 3 sesiones de entto CON al 60%vVO ₂ max.		2xINT+ 3xCON, 8sem	↑ 3,6%	TT a 17km/h. ↑ 17% no sig TT a 17km/h. ↑ 17% no sig
Smith <i>et al.</i> (2001)	n = 27 H; 25,2 años; 61,4 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas bien entrenados	6x2 min vVO ₂ max + 1 x continuo al 60% o 5x 2,5 min al vVO ₂ max + 1 x continuo al 70% vVO ₂ max			↑ 3,3% grupo 60% y 0,8% grupo 70%. No sig.	↑ 6% TT vVO ₂ max en el grupo 60%.
Laffite <i>et al.</i> (2003)	n = 7 H; 24 años; 61,1 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenados	2x Δ50 INT; 3xCON		3xINT, 2xCON, 8 sem	↑ 5,4%	Test incremental sin cambios
Denadai <i>et al.</i> (2006)	n = 17 H; 27,4 años; 59,5 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenados	2 x INT al 95 o 100% vVO ₂ max + 1 sesión CON vOBLA + 3 sesiones entto CON al 60-70%vVO ₂ max		2días/sem de INT + 4 días entto CON durante 4 sem	↑ 2,6 en grupo 95%; ↑ 6,7% en grupo 100% vVO ₂ max	↑ 2% en 1.500 m y 1,4% en 5.000 en grupo 100% vVO ₂ max
Iaia <i>et al.</i> (2009)	n = 17 h; 33,9 años; 55,5 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenados	(9)Remplazaron entto. Por 8-12x30" con 3" rec. Intensidad del 93% por 30" <i>sprint</i> máximo	(8) Entto habitual + entto de moderada intensidad	3-5 días/sem durante 4 sem	↑ 6-7,2% INT	~ Test 10k
Enoksen <i>et al.</i> (2011)	n = 26 H; 19,9 años; 70,3 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas bien entrenados	33% del entto al 82-92% de FCmax; el resto al 65-82% de FCmax (G1). 3 entto INT/sem	13% del entrenamiento al 82-92% de FCmax, y el restante al 65-82% (G2). 1 entto intervalico/sem		↑ 2,5-5% en G1; ↑ 1,5-4,8% en G2	~ TT a vVO ₂ max
Barnes <i>et al.</i> (2013)	n = 20 H; 21 años; 63,9 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; Atletas entrenados larga distancia	En cuesta: (G1)12-24 x 8-12 s al 120%vVO ₂ max; (G2) 8-16 x 30-45 s al 110%vVO ₂ max; (G3) 5-9 x 2-2,5min al 100%vVO ₂ max; (G4) 4-7 x 4-5min al 90%vVO ₂ max; (G5) 1-3 x 10-25min al 80% vVO ₂ max. *Sumado al entto habitual		2días/sem durante 6 sem	↑ 2,4% (G1); ↑ 0,6 (G2); ↓ 1,2 (G3); ↓ 2,4 (G4); ↓ 3,2 (G5)	↑ 2,15% TT sin diferencias entre grupos

Notas: ↑ incremento o mejora; ↓ reducción o empeoramiento; ~ se mantiene.

Abreviaciones: H: Hombre; M: Mujer; n: Número de participantes; EF: Educación física; Entto: Entrenamiento; G: Grupo; FCmax: Frecuencia cardíaca máxima; CON: Método continuo; INT: Método interválico; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; vVO₂max: Velocidad a intensidad de consumo máximo de oxígeno; TT: Tiempo hasta extenuación; vOBLA: velocidad a partir de 4mmol/L; vΔ50: intensidad 50% entre velocidad a umbral de lactato (vLT) y vVO₂max; NP: No presenta.

De la poca investigación que relacione esfuerzos de alta intensidad, EC y rendimiento, algunos autores han encontrado aumentos en el coste de energía (reducción de la economía de carrera) entre el 3-7% después de ejercicio intenso^{57,67-71} por encima del umbral anaeróbico. Sin embargo, en un reciente estudio de Barnes y Kilding⁷², estos autores encontraron una mejora del rendimiento tras un calentamiento con una serie de esprints de 10 s con chaleco lastrado a intensidad similar a la de competición en prueba de 1.500 m. En este caso, la EC mejoró tras este calentamiento en un 6%, y estos autores asociaron la mejora del rendimiento a la mejora de la EC y en la rigidez de la pierna (variable neuromuscular). Hasta el momento, los estudios apuntan a que el trabajo de alta intensidad previo a la prueba de rendimiento o competición incrementa el coste de energía (empeoramiento de la EC), por lo que sería fundamental investigar qué tiempo de recuperación entre el esfuerzo de alta intensidad y la competición permitirá volver a niveles basales en las variables fisiológicas que intervengan y no perturbar el rendimiento posterior.

En lo que respecta al efecto de la intensidad del calentamiento en el rendimiento posterior, recientemente Zourdos *et al.*⁷³ llegaron a la conclusión de que un calentamiento a intensidad submáxima (45-65% VO_2max) tuvo un efecto pequeño en el rendimiento comparado con no realizar calentamiento. Por otro lado, van den Tillar *et al.*⁷⁴ compararon dos protocolos de calentamiento y evaluaron sus efectos sobre el rendimiento posterior. El primer protocolo fue mayor en duración (parte general más específica de alta intensidad) y el de menor duración sólo realizaron la parte específica (8x60 m *sprint*). No encontraron diferencias en el rendimiento entre protocolos de calentamiento y llegaron a la conclusión que, por eficiencia en el tiempo, el de corta duración podría ser una buena alternativa. Ingham *et al.*⁷⁵ usaron la intensidad propia de competición (800 m) para cuantificar la carga del calentamiento previo a la prueba de rendimiento. Llegaron a la conclusión que un esfuerzo sostenido (2x50 m + 200 m) de alta intensidad (intensidad de competición) mejoraba el rendimiento respecto a pequeños esfuerzos (6x50 m) de la misma intensidad. Como podemos ver, la inclusión de esfuerzos de alta intensidad en el calentamiento produce una mejora en el rendimiento posterior en las últimas investigaciones^{74,75} comparado con trabajos de baja intensidad⁷¹, aunque esfuerzos de alta intensidad podrían empeorar la EC^{57,67-71} y debería tenerse en cuenta, sobre todo el tiempo de transición entre los esfuerzos de alta intensidad y la competición o prueba de rendimiento.

Conclusiones

Como hemos visto, la EC es una variable fundamental y necesaria de evaluar para conocer las mejoras de los corredores dada su relación directa con el rendimiento. El entrenamiento de resistencia modificará esta variable, y la intensidad del entrenamiento será determinante para conseguirlo.

En lo que se refiere a corredores de nivel recreacional, existen resultados dispares en la comparativa entre INT y CON. Las recomendaciones para este grupo de deportistas es que la realización de entrenamiento periodizado y controlado producirá mejoras en EC a lo largo del tiempo. La inclusión de entrenamiento INT (2-3 sesiones semanales) irá en

progresión y siempre combinado con una gran cantidad de entrenamiento CON⁴², ya que una proporción superior de INT en relación a entrenamiento de baja intensidad (CON) no conllevaría una mejora en EC⁴⁵. El incremento del volumen de entrenamiento puede ser la causa principal de la mejora en EC, además de cambios biomecánicos⁴⁷. En cuanto a los corredores entrenados, la relación entre sesiones de alta intensidad (INT) y baja (CON) es fundamental para la mejora de EC⁵⁵. Intensidades cercanas a la vVO_2max se recomiendan para mejoras de EC y la velocidad asociada al VO_2max ⁵¹, pero éstas demasiado altas (132% VO_2max) no provocaría mejoras en EC posiblemente dado a que no es posible realizar suficiente volumen de entrenamiento de alta intensidad³⁹. Además, en atletas de largas distancias, entrenamiento CON a intensidad vOBLA ⁵⁸ provocan mejoras en EC cercanas al 3%. Dada la multitud de metodologías aplicadas en los estudios revisados, es complejo encontrar una intensidad óptima para la mejora de la EC. En corredores entrenados, recomendamos intensidades cercanas al 100% vVO_2max para mejorar la EC, así como escoger intensidades cercanas a las propias de competición para mejorar la eficiencia en esos esfuerzos.

Finalmente, en relación al efecto de la intensidad de carrera en el calentamiento y EC, la realización de esfuerzos de alta intensidad^{57,67-71} reducen la EC entre el 3-7%. Esto nos quiere decir que necesitamos una amplia fase de transición y recuperación entre estos esfuerzos y la competición. Esta fase de transición podría estar entre los 9 min⁶⁷ y los 20 min². La incorporación de esfuerzos de alta intensidad^{74,75} mejoran el rendimiento final en comparación con los esfuerzos de baja intensidad⁷³.

Para finalizar, y como aplicación práctica, podemos recomendar a los entrenadores y atletas el uso de entrenamiento de alta intensidad (INT) en sus programas de entrenamiento. Tienen que tener en cuenta que este debe ir acompañado de entrenamiento de baja intensidad (CON) para poder asimilar esas cargas de entrenamiento. En atletas entrenados, se suele aconsejar que esta relación sea 80:20, primando en mayor medida el volumen de entrenamiento de baja intensidad y el 20% restante, por encima del umbral anaeróbico, como trabajo de alta intensidad⁷⁶. Además, se recomienda incluir intensidades similares a las propias de competición que puede ser recomendable tanto para atletas recreacionales como entrenados.

Bibliografía

- Hill AV, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q J Med.* 1923;16:135-71.
- Ingham S, Whyte G, Pedlar C, Bailey D, Dunman N, Nevill A. Determinants of 800m and 1500m running performance using allometric models. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:345-50.
- Enoksen E, Tjelta AR, Tjelta LI. Distribution of Training Volume and Intensity of Elite Male and Female Track and Marathon Runners. *Int J Sports Sci Coach.* 2011;6:273-93.
- Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12:357-60.
- di Prampero PE, Atchou G, Bruckner JC, Moia C. The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol.* 1986;55:259-66.
- Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med.* 2004;34:465-85.
- Daniels JA. A Physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;17:332-8.
- Morgan DW, Daniels JT. Relationship between VO_2max and the aerobic demand of running in elite distance runners. *Int J Sports Med.* 1994;15:426-9.

9. González-Mohino F, González-Ravé JM, Juárez D, Fernández FA, Barragán R, Newton RU. Effects of continuous and interval training on running economy, maximal aerobic speed and gait kinematics in recreational runners. *J Strength Cond Res.* 2016;30(4):1059-1066.
10. Shaw AJ, Ingham SA, Atkinson G, Folland JP. The correlation between running economy and maximal oxygen uptake: cross-sectional and longitudinal relationships in highly trained distance runners. *PLoS one.* 2015;10(4). e0123101.
11. Foster C, Lucia A. Running economy: the forgotten factor in elite performance. *Sports Med.* 2007;37:316-9.
12. Folland JP, Allen SJ, Black MI, Handsaker JC, Forrester SE. Running technique is an important component of running economy and performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(7):1412-23.
13. Morgan DW, Craib M. Physiological aspects of running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:456-61.
14. Anderson T. Biomechanics and running economy. *Sports Med.* 1996;22:76-89.
15. Winter EM, Jones AM, Davison RR, Bromley PD, Mercer TH. Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines. London and New York. Volume I—Sport Testing: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide. Routledge; 2006. p. 58.
16. Morgan DW, Martin PE, Krahenbuhl GS. Factors affecting running economy. *Sports Med.* 1989;7:310-30.
17. MacDougall J. The anaerobic threshold: its significance for the endurance athlete. *Can J Appl Sport Sci.* 1977;2:137-40.
18. Fletcher JR, Esau SP, MacIntosh BR. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol.* 2009;107:1918-22.
19. Pollock ML. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: cardiorespiratory aspects. *Ann NY Acad Sci.* 1977;30:310-22.
20. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Med Open.* 2015;1:1-15.
21. Hoogkamer W, Kipp S, Spiering BA, Kram R. Altered Running Economy Directly Translates to Altered Distance-Running Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:2175-80.
22. Kong PW, De Heer H. Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenyan distance runners. *J Sports Sci Med.* 2008;7(4):499-504.
23. di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P, Soule RG. Energetics of best performances in middle-distance running. *J Appl Physiol.* 1993;74:2318-24.
24. Svedenhag J, Sjodin B. Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Can J Appl Sport Sci.* 1985;10:127-33.
25. Jones AM. The physiology of the world record holder for the women's marathon. *Int J Sports Sci Coach.* 2006;1:101-16.
26. Conley DL, Krahenbuhl GS, Burkett LN, Millar AL. Following Steve Scott: physiological changes accompanying training. *Phys Sportsmed.* 1984;12:103-6.
27. Holloszy JO, Rennie MJ, Hickson RC, Conlee RK, Hagberg JM. Physiological consequences of the biochemical adaptations to endurance exercise. *Ann NY Acad Sci.* 1977;301:440-50.
28. Holloszy J, Coyle E. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol.* 1984;56:831-8.
29. Tonkonogi M, Walsh B, Svensson M, Sahlin K. Mitochondrial function and antioxidative defence in human muscle: effects of endurance training and oxidative stress. *J Physiol.* 2000;528:379-88.
30. Assumpção CO, Lima LC, Oliveira FB, Greco CC, Denadai BS. Exercise induced muscle damage and running economy in humans. *Sci World J.* 2013;2013:1-11.
31. Gore CJ, Hahn AG, Aughey RJ, Martin DT, Ashenden MJ, Clark SA, et al. Live high: train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta Physiol Scand.* 2001;173:275-86.
32. Levine BD, Stray-Gundersen J. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J Appl Physiol.* 1997;83:102-12.
33. Morgan DW, Bransford DR, Costill DL, Daniels JT, Howley ET, Krahenbuhl GS. Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:404-9.
34. Tjelta LI. The training of international level distance runners. *Int J Sports Sci Coach.* 2016;11:122-34.
35. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;1:13-31.
36. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Med.* 2002;32:53-73.
37. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Med.* 2013;43:313-38.
38. Seiler S, Hetlelid KJ. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:1601-7.
39. Franch J, Madsen K, Djurhuus MS, Pedersen PK. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:1250-6.
40. Hoydal KL, Hareide S. Evaluating and comparing the effect of high intensity interval training vs. low intense, longer-lasting training on endurance performance in recreational runners. *Int J Appl Sport Med.* 2016;28:101-10.
41. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO₂max More Than Moderate Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:665-71.
42. Gliemann L, Gunnarsson TP, Hellsten Y, Bangsbo J. 10-20-30 training increases performance and lowers blood pressure and VEGF in runners. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:479-89.
43. Quinn TJ, Manley MJ. The impact of a long training run on muscle damage and running economy in runners training for a marathon. *J Exerc Sci Fit.* 2012;10:101-6.
44. Sproule J. Running economy deteriorates following 60 min of exercise at 80% VO₂max. *Eur J Appl Physiol.* 1998;77:366-71.
45. Zaton M, Michalik K. Effects of interval training-based glycolytic capacity on physical fitness in recreational long-distance runners. *Hum Mov.* 2015;16:71-7.
46. Beneke R, Hutler M. The effect of training on running economy and performance in recreational athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:1794-9.
47. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Mechanisms for improved running economy in beginner runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44:1756-63.
48. Smith TP, Coombes JS, Geraghty DP. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:337-43.
49. Denadai BS, Ortiz MJ, Greco CC, de Mello MT. Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO₂max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2006;31:737-43.
50. Iaia FM, Hellsten Y, Nielsen JJ, Fernström M, Sahlin K, Bangsbo J. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *J Appl Physiol.* 2009;106:73-80.
51. Slawinski JJ, Demarle1 A, Koralsztein JP, Billat VL. Effect of supra-lactate threshold training on the relationship between mechanical stride descriptors and aerobic energy cost in trained runners. *Arch Physiol Biochem.* 2001;109:110-6.
52. Demarle AP, Slawinski JJ, Laffite LP, Bocquet VG, Koralsztein JP, Billat VL. Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *J Appl Physiol.* 2001;90:947-53.
53. Laffite LP, Mille-Hamard L, Koralsztein JP, Billat VL. The effects of interval training on oxygen pulse and performance in supra-threshold runs. *Arch Physiol Biochem.* 2003;111:202-10.
54. Barnes KR, Hopkins WG, McGuigan MR, Kilding AE. Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8:639-47.
55. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:156-63.
56. Enoksen E, Shalfawi SA, Tønnessen E. The effect of high-vs. low-intensity training on aerobic capacity in well-trained male middle-distance runners. *J Strength Cond Res.* 2011;25:812-8.
57. Collins MH, Pearsall DJ, Zavorsky GS, Bateni H, Turcotte RA, Montgomery DL. Acute effects of intense interval training on running mechanics. *J Sports Sci.* 2000;18:83-90.
58. Sjodin B, Jacobs I, Svedenhag J. Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur J Appl Physiol.* 1982;49:45-57.
59. Yoshida T, Udo M, Chida M, Ichioka M, Makiguchi K, Yamaguchi T. Specificity of physiological adaptation to endurance training in distance runners and competitive walkers. *Eur J Appl Physiol.* 1990;61:197-201.
60. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000;29:373-86.
61. Daniels J, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:483-9.
62. Berg K. Endurance training and performance in runners. *Sports Med.* 2003;33:59-73.
63. Bishop D. Warm up I. Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33:439-54.
64. Burnley M, Jones AM, Carter H, Doust JH. Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol.* 2000;89:1387-96.

65. Burnley M, Doust JH, Carter H, Jones AM. Effects of prior exercise and recovery duration on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. *Exp. Physiol.* 2001;86:417-25.
66. Bailey S, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Dimenna FJ, Jones AM. Optimizing the "priming" effect: influence of prior exercise intensity and recovery duration on O₂ uptake kinetics and severe-intensity exercise tolerance. *J Appl Physiol.* 2009;107:1743-56.
67. Brueckner JC, Atchou G, Duvallet A, Barrault D, Jousselin E, Rieu M, et al. The energy cost of running increases with the distance covered. *European J Appl Physiol.* 1991;62:385-9.
68. Xu F, Montgomery DL. Effect of prolonged exercise at 65% and 80% of VO₂max on running economy. *Int J Sports Med.* 1995;16:309-15.
69. Guezennec CY, Vallier JM, Bigard AX, Durey A. Increase in energy cost of running at the end of a triathlon. *Eur J Appl Physiol.* 1996;73:440-5.
70. Zavorsky GS, Montgomery DL, Pearsall DJ. Effect of intense interval workouts on running economy using three recovery durations. *Eur J Appl Physiol.* 1998;77:224-30.
71. Hunter I, Smith GA. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *Eur J Appl Physiol.* 2007;100:653-61.
72. Barnes KR, Hopkins WG, McGuigan MR, Kilding AE. Warm-up with a weighted vest improves running performance via leg stiffness and running economy. *J Sci Med Sport.* 2015;18:103-8.
73. Zourdos MC, Bazzyler CD, Jo E, Khamoui AV, Park BS, Lee SR, et al. Impact of a Submaximal Warm-Up on Endurance Performance in Highly Trained and Competitive Male Runners. *Res Q Exerc Sport.* 2017;88:114-9.
74. van den Tillaar R, Vatten T, von Heimburg E. Effects of Short or Long Warm-up on Intermediate Running Performance. *J Strength Cond Res.* 2017;31:37-44.
75. Ingham SA, Fudge BW, Pringle JS, Jones AM. Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8:77-83.
76. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(3):276-91.



XVII CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE



FUERZAS ARMADAS - SOCIEDAD
**Una alianza a través de la actividad física y
el deporte**

Toledo - Hotel Beatriz Toledo Auditórium
29-30 de noviembre y 1 de diciembre de 2018



COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente:	Pedro Manonelles Marqueta
Vicepresidente y Presidente Comité	
Organizador local:	José Fernando Jiménez Díaz
Secretario General:	Luis Franco Bonafonte
Tesorero:	Javier Pérez Ansón
Vocales:	Carlos De Teresa Galván
	Juan N. García-Nieto Portabella
	Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea
	José Naranjo Orellana
	Juan José Rodríguez Sendín

COMITÉ CIENTÍFICO

Presidente:	Miguel Del Valle Soto
Secretario:	Gerardo Villa Vicente
Vocales	Fernando Alacid Cárceles
	José Cotarelo Perez
	José Manuel García García
	Emilio Luengo Fernández
	Eduardo Ortega Rincón
	Nieves Palacios Gil de Antuñano
	Ángel Sánchez Ramos
	José Luis Terreros Blanco



JUEVES, día 29

SESIÓN PLENARIA: El pasado y el presente de la traumatología del deporte.

José María Vilarrubias Guillamet
Mikel Sánchez Álvarez

PONENCIA OFICIAL: Patología del pie en el deporte.

Moderador: **Ángel González de la Rubia Heredia**

Valoración de la morfología, rigidez y función del arco del pie en el corredor.

Luis Enrique Roche Seruendo

Talalgias en el deportista. Abordaje clínico.

Alfonso Martínez Franco.

Dolor aquileo: las lesiones del tendón más poderoso.

Sergio Tejero García

PONENCIA OFICIAL de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPHAD): El Pasaporte Biológico del Deportista (PBD), presente y futuro.

Moderador: **José L. Terreros Blanco**

El PBD como herramienta en el control de dopaje.

Jesús A. Muñoz Revilla

El PBD, una visión desde la Medicina del Deporte.

Pedro Manonelles Marqueta

El PBD, una visión jurídica.

Agustín González González

PONENCIA OFICIAL: Probióticos y deporte.

SIMPOSIO: Alimentación en situaciones extremas

La alimentación del ejército en operaciones de campaña.

Juan Manuel Ballesteros Arribas

La alimentación en la travesía del Atlántico a remo.

Jorge Pena Mariño

La alimentación en altitud extrema.

TALLER: Taller de interpretación del electrocardiograma en el deportista.

Emilio Luengo Fernández

VIERNES, día 30

SESIÓN PLENARIA: El futuro del alto rendimiento deportivo/ *The future of high sports performance.*

Moderador: **José Naranjo Orellana**

El maratón en menos de dos horas:

The Sub2 Marathon Project: Galileo contra Goliath.

The Sub2 Marathon Project: Galileo versus Goliath.

Yannis Pitsiladis

Algoritmos de predicción de récords deportivos.

Sports record prediction algorithms.

John H. J. Einmahl

PONENCIA OFICIAL: El entrenamiento de la fuerza y la fatiga.

Moderador: **Fernando Alacid Cárceles**

Entrenamiento de fuerza y fatiga.

José Manuel García García

Entrenamiento adecuado para soportar la fatiga en colectivos especiales.

Nuria Mendoza Laiz

Alimentación adecuada para soportar la fatiga.

Antonio López Farré

PONENCIA OFICIAL: Actualización en deporte adaptado.

Principales adaptaciones de los servicios médicos a la inclusión deportiva en el deporte federado.

Josep Oriol Martínez Ferrer



Baloncesto en silla de ruedas en España:
aplicaciones inclusivas y de investigación.

Javier Pérez Tejero

Deporte terapéutico en lesionados medulares.

Ana Esclarín de Ruz

PONENCIA OFICIAL: Ejercicio físico en el ámbito militar.

Moderador: **Juan Ramón Godoy López**

Ejercicio físico en condiciones extremas en militares
de operaciones especiales.

Claudio Nieto Jiménez

Hacia un nuevo modelo de preparación física militar.

José Francisco García Marco Reclamado

Entrenamiento físico del personal de vuelo.

Carlos Velasco Díaz.

SIMPOSIO: Terapias no invasivas en la tendinopatía calcificante del hombro.

Moderador: **Miguel Del Valle Soto**

Electroterapia.

Juan Nápoles Carreras

Ejercicio.

Fernando Ramos Gómez

Ondas de choque.

Óscar Sanjuán Reguera

TALLER: Taller de interpretación de la prueba de esfuerzo.

José Naranjo Orellana

SÁBADO, día 1

SESIÓN PLENARIA: ¿Hacia dónde se dirige la nutrición en el deporte y en la actividad física?

La alimentación en el deporte y el ejercicio /
Nutrition for sports and exercise

Ron Maughan

El futuro de la nutrición en la actividad física.

Luis Moreno Aznar

PRESENTACIONES

Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE) sobre contraindicaciones para la práctica deportiva.

Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE) sobre lesiones y accidentes deportivos.

Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE) sobre ayudas ergogénicas.



REMISIÓN DE COMUNICACIONES CIENTÍFICAS

El Comité Científico invita a todos los participantes a remitir comunicaciones científicas (comunicaciones orales y póster-presentación interactiva) al XVII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.

Temas para presentación de Comunicaciones Científicas en el Congreso:

- 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.

Las Comunicaciones Orales se distribuirán en sesiones de los temas del Congreso. Por favor, escoja uno de los temas del listado como propuesta para realizar su presentación. El Comité Científico podrá reasignar el abstract en otro tema del Congreso.

Los trabajos deberán ser originales y no se habrán presentado en congresos anteriores o reuniones similares.

Las comunicaciones científicas admitidas, comunicaciones orales y pósters (presentación interactiva), serán publicadas en la revista Archivos de Medicina del Deporte.

Normas de remisión de abstracts

Por favor, preste atención a las siguientes normas de preparación del abstract de su comunicación científica (comunicación oral o póster: presentación interactiva), porque son de obligado cumplimiento:

- La fecha límite para la remisión de los trabajos científicos será el día **14 de septiembre de 2018**.

- Se remitirá la Comunicación Científica a la atención del presidente del Comité Científico, con el formulario debidamente cumplimentado, a la siguiente dirección de correo electrónico: **congresos@femede.es**.
- El abstract tiene que tener una clara relación con los contenidos del XVII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte y, en definitiva, con la Medicina y Ciencias del Deporte.
- El Comité Científico podrá destinar el trabajo presentado a la forma de presentación (comunicación oral o póster: presentación interactiva) que considere más adecuada al tipo y contenido del mismo.
- El Comité Científico se reserva el derecho de rechazar los trabajos que no cumplan los requisitos indicados anteriormente por la calidad y temática que el evento científico requiere.

Forma de preparación del abstract

- Sólo se aceptarán las comunicaciones científicas presentadas en el formato electrónico que se encuentra en la página web del Congreso: <http://www.femede.es/congresotoledo2018/> "Formato de comunicación científica".
- **Título:** El título deberá ser breve (máximo de 15 palabras) y específico. Debe reflejar el contenido de la presentación. No use abreviaturas en el título. Se escribirá en letras mayúsculas, usando el tamaño 12 del tipo de letra Arial.
- **Autores:** Se escribirá, en minúsculas, el apellido seguido, sin coma, de la inicial del nombre de cada autor, separados por comas.
- **Centro:** Indicar el centro de trabajo de los autores. Si son varios, indicar con un número superíndice.
- **Preferencia de presentación:** Seleccionar con un asterisco el tipo de presentación a la presenta la comunicación científica.
- **Texto:** La extensión máxima del texto es de 300 palabras o 3.000 caracteres. Se escribirá en minúsculas,



usando el tamaño 10 de la letra Arial. Se evitarán abreviaturas no explicadas. Se escribirá el contenido del resumen científico sin repetir el título de la Comunicación y ajustándose al siguiente esquema: introducción, material y métodos, resultados y conclusiones.

- Respetando la extensión máxima del texto se pueden incluir tablas, gráficos o imágenes.
- Es obligatorio indicar un máximo de **tres palabras clave**.
- Los abstracts deben incluir **información específica** sobre los resultados y las conclusiones de la investigación. No se aceptarán abstracts que establezcan que "se discutirán los resultados".

Notificación de la recepción de la comunicación científica

En el plazo de 15 días, Vd. recibirá la confirmación de recepción de la comunicación por parte de la Secretaría del Congreso. Si no la recibiera, no vuelva a remitir la comunicación y envíe un mensaje electrónico: congresos@femede.es.

Inscripción del responsable de la comunicación científica

- Cada persona puede presentar dos comunicaciones científicas como máximo (comunicación oral o póster: presentación interactiva). En caso de ser aceptadas ambas, sólo una de ellas podrá ser presentada como comunicación oral.
- Los autores (CADA UNO PUEDE PRESENTAR DOS TRABAJOS) que presenten una comunicación científica (comunicación oral o póster-presentación interactiva) y ésta haya sido aceptada, deben haberse registrado y **haber pagado los derechos de inscripción del Congreso antes del 25 de octubre de 2018**. En caso contrario su comunicación científica (comunicación oral o póster-presentación interactiva) será eliminada del programa y del libro de abstracts.
- Cada autor puede FIRMAR todos los trabajos que quiera.

- No hay limitación en el número de comunicaciones que puede aparecer una misma persona.

Presentación de la comunicación oral

- Las Comunicaciones Orales tendrán un **tiempo de presentación de 8 minutos**. Al final de cada sesión habrá un turno de preguntas.
- Todas las exposiciones orales se harán en **formato Powerpoint**, debiendo estar en posesión del responsable de las Comunicaciones de la organización el día anterior a la presentación de la misma.
- Se limita a un **máximo de 12 el número de diapositivas** de la presentación de powerpoint.

Póster (presentación interactiva)

Si su abstract se acepta, pero no se puede ajustar a una presentación en forma de Comunicación Oral, se le propondrá presentarlo en forma de póster-presentación interactiva, dándole un tiempo para su preparación.

Presentación del póster (presentación interactiva)

Para la elaboración del póster (presentación interactiva) debe seguir las siguientes instrucciones que son de obligado cumplimiento:

- Formato **Microsoft Powerpoint**.
- Hasta 12 diapositivas, de las cuales:
 - La primera: debe contener **título, autores, centro de trabajo**.
 - La última: debe contener **título** y la palabra **FIN** o expresión similar que indique que la presentación ha concluido.
 - La penúltima o las dos penúltimas deben contener las **conclusiones**.
- Fondo de diapositivas: color neutro y uniforme.
- Texto de diapositivas: color que **contraste** con el fondo.



- En lo posible evitar incluir vídeos en las diapositivas, si se hiciera debería ser en formato **.wmv** y se deberá incluir en un subdirectorio/carpeta que enlace automáticamente con la presentación remitida. Si el video no enlazara con la presentación, no se editará por parte de la organización para corregir el error.
- La organización se reserva el derecho de ocultar diapositivas que incluyan contenidos inapropiados o inadecuadamente referenciados.
- El uso de cualquier imagen que no sea de la autoría del/de los firmante/firmantes de la presentación deberá contener referencia a (y eventualmente permiso de) su autor en la misma presentación o bien podrá ser retirada de la misma y en todo caso la organización no se hará responsable en ningún caso de las consecuencias del uso inapropiado de aquellas.
- Se cuidará de igual manera de incluir las referencias bibliográficas oportunas en pequeño tamaño de letra, pero que sea legible.
- El abstract debe remitirse preparado tal como se indica anteriormente (**Forma de preparación del abstract**).
- Una vez que se le confirme que su comunicación científica ha sido aceptada para ser presentada en forma de póster (presentación interactiva) debe enviar el documento electrónico (**.Ppt**):
 - Trabajos destinados por el autor directamente a póster (presentación interactiva): **antes del 14 de septiembre de 2018**.
 - Trabajos destinados por el autor a Comunicación Oral y que el Comité Científico destina a póster (presentación interactiva): **antes del 20 de septiembre de 2018**.
- El documento electrónico (**.Ppt**): debe enviarse a la dirección electrónica del Congreso: congresos@femedede.es.

► Certificaciones

Tras la presentación de la comunicación oral o la defensa del póster en el modo en que se indique se entregará un **único certificado** al responsable de la comunicación científica.

► Publicación de los trabajos científicos

Los abstracts de los trabajos científicos (comunicaciones orales y póster) **aceptados y presentados** en el XVII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte serán publicados en la revista **Archivos de Medicina del Deporte**, publicación científica de esta especialidad y revista oficial de la Sociedad Española de Medicina del Deporte, que tiene una periodicidad de publicación bi-mensual.



Los inscritos en el Congreso que presenten comunicaciones podrán optar al Premio a la **Mejor Comunicación oral** del Congreso.

Para optar al premio **SE DEBE HACER CONSTAR EXPLÍCITAMENTE QUE SE OPTA A PREMIO** en carta dirigida al presidente del Comité Científico y adjuntar al Resumen remitido. En este caso, además de enviar el Formato del Resumen de Comunicación Científica, se debe de mandar el trabajo completo en el plazo de presentación de las Comunicaciones Científicas, presentado según las normas de publicación de la revista Archivos de Medicina del Deporte.

Los trabajos que se presentan en formato de póster (presentación interactiva) no optan a premio.

El trabajo que obtenga la segunda mejor puntuación, y supere en nivel de calidad exigible, será dotado con un accésit a la Mejor Comunicación del Congreso.

► Dotación de los premios

Premio a la Mejor Comunicación Oral del Congreso:

- Dotación económica: 1.500 euros.
- Certificado acreditativo.
- Publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte con indicación del premio obtenido.

Accésit a la Mejor Comunicación Oral del Congreso:

- Dotación económica: 1.000 euros.
- Certificado acreditativo.
- Publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte con indicación del premio obtenido.

Los trabajos premiados serán publicados en la revista Archivos de Medicina del Deporte y se aceptará la revisión efectuada por el Comité Científico.

Los premios podrán ser declarados desiertos si no alcanzan el nivel de calidad exigible.



INFORMACIÓN GENERAL

Fecha	29-30 de noviembre y 1 de diciembre de 2018
Lugar	Hotel Beatriz Toledo Auditorium C/ Concilios de Toledo, s/n. 45005 Toledo Teléfono: +34 925 26 91 00 Página web: http://www.beatrizhoteles.com/es/beatriz-toledo.html
Secretaría Científica	Sociedad Española de Medicina del Deporte 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/congresotoledo2018/
Secretaría Técnica	Viajes El Corte Inglés S.A. División Eventos Deportivos C/ Tarifa, nº 8. 41002 Sevilla Teléfono: + 34 954 50 66 23 Correo electrónico: areaeventos@viajeseci.es Personas de contacto: Marisa Sirodey y Silvia Herreros
Idioma oficial	El lenguaje oficial del Congreso es el español. Traducción simultánea de sesiones plenarias y ponencias.

DERECHOS DE INSCRIPCIÓN

	Antes del 31/8/2018	Del 1/8/2018 al 8/11/2018	Desde el 9/11/2018 y en Congreso
Cuota general	350 euros	450 euros	500 euros
SEMED-FEMEDE	300 euros	400 euros	450 euros
Médicos MIR, doctorandos y becarios de investigación*	300 euros	400 euros	450 euros
Médicos MIR, doctorandos y becarios de investigación* que presenten comunicación científica	250 euros	200 euros	450 euros
Dietistas/Nutricionistas**	300 euros	400 euros	450 euros
AEF***	300 euros	400 euros	450 euros

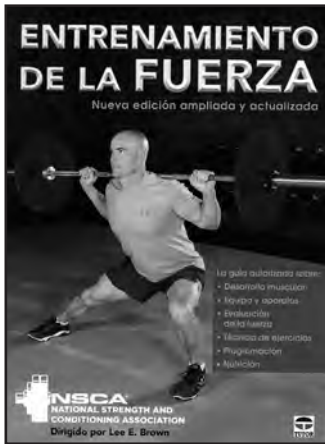
*Es necesaria acreditación. Sin certificación se cobrará la cuota general.

**Dietistas-nutricionistas de asociaciones o colegios autonómicos de todo el territorio español. Es necesaria acreditación. Sin certificación se cobrará la cuota general.

***AEF: Asociación Española de Fisioterapeutas. Es necesaria acreditación. Sin certificación se cobrará la cuota general.

Cuota general, SEMED-FEMEDE, MIR, Dietistas/Nutricionistas, AEF. Incluye la asistencia a todas las sesiones científicas, la documentación del congresista, los cafés, las comidas de trabajo y la exposición comercial.





Entrenamiento de la fuerza. Nueva edición ampliada y actualizada

Por: NSCA

Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.

Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.

Tel. 915 599 832 - Fax. 915 410 235

E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com

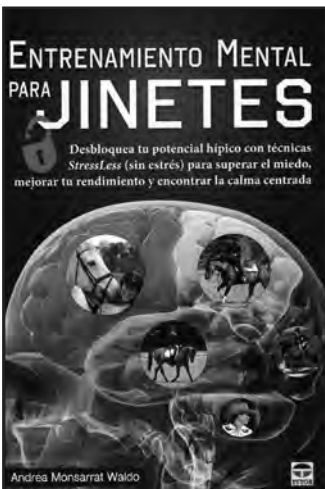
Madrid 2017, 400 páginas, P.V.P: 49,95 euros

En una época en la que estamos rodeados de información, el reto es encontrar una ciencia segura y eficaz que se base en datos objetivos. Pues bien, eso es justo lo que nos ofrece la NSCA, la autoridad mundial en el campo de la fuerza y el acondicionamiento. La primera edición de "Entrenamiento de

la fuerza" redefinió las reglas del ejercicio físico con una ciencia sensata y clara. Ahora, esta nueva edición ampliada y actualizada pone el listón aún más alto.

Escrito por un equipo de expertos seleccionados por la NSCA, esta obra combina la información más valiosa con las mejores indicaciones para obtener

unos resultados demostrados a la hora de: evaluar la fuerza para personalizar los programas; incorporar nuevos ejercicios y aparatos para una mayor variedad; aumentar la masa muscular, así como la fuerza, la potencia y la resistencia de los músculos; prevenir lesiones y mejorar el rendimiento.



ENTRENAMIENTO MENTAL PARA JINETES

Por: Andrea Monsarrat Waldo

Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.

Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.

Tel. 915 599 832 - Fax. 915 410 235

E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com

Madrid 2017, 224 páginas, P.V.P: 19,95 euros

¿Sabía el lector que existe una zona de su cerebro conocida como "Cerebro Reptiliano" que piensa solo en el momento inmediato y cómo sobrevivir? Sí, en determinadas circunstancias, nuestro "Cerebro Racional" puede dejar de funcionar y quedarnos a merced de un reptil... la boca seca, sudamos, temblamos, siendo incapaces de pensar

con claridad... aunque sepamos que no deberíamos hacerle caso.

¿Cuándo toma las riendas el cerebro reptiliano? Puede suceder en cualquier situación poco familiar, incómoda, desafiante o estresante, con caballos o sin ellos. Pero aquí viene lo bueno: con el entrenamiento correcto, se puede aprender a controlar el reptil

que llevamos dentro, lo que conduce a una mayor confianza con los caballos, un mejor rendimiento ecuestre y, en definitiva, a un entorno feliz en la cuadra, en las competiciones y en cualquier otro punto entre medias.

Esta obra ayudará al lector a lidiar con emociones incómodas y perfeccionar el juego mental



YOGA PARA DEPORTISTAS

Por: Ryanne Cunningham

Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.

Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.

Tel. 915 599 832 - Fax. 915 410 235

E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com

Madrid 2018, 256 páginas, P.V.P: 29,95 euros

Desde el campo de fútbol hasta la pista de tenis, los mejores atletas conocen hoy los beneficios del yoga. Por eso, tantos lo han convertido en un componente esencial de sus programas de entrenamiento y acondicionamiento. La autora, ha trabajado con algunos de los nombres más destacados del

deporte. Ha ayudado a mantener en el campo a algunos de los jugadores más duros de la NFL, y a correr durante más tiempo y con mayor potencia a atletas de resistencia sobresalientes.

Esta obra está pensada para todos los deportistas, desde aficionados de fin de semana hasta profesionales, de

deportes tales como: tenis, fútbol, golf, running, natación, baloncesto, ciclismo, etc. Utilizando demostraciones de las posturas físicas, respiración y visualización mental guiada, se busca mejorar el rendimiento, reducir el riesgo de lesión y potenciar al máximo los resultados del entrenamiento.

2018		
14º Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud	3-5 Mayo Pontevedra	web: www.sportis.es/congresos
Congreso Internacional de Fisioterapia	4-5 Mayo Barcelona	web: http://ftp18.cat/en/
18th ESSKA Congress	9-12 Mayo Glasgow (Reino Unido)	web: http://esska-congress.org/
III Congreso Internacional y IV Nacional de Hidratación	13 Mayo Bilbao	web: http://hydration2018.cieah.ulpgc.es/programa.asp
56 Congreso SERMEF	16-19 Mayo Gijón-Asturias	web: www.sermef.es
7th World Conference on Women and Sport	17-20 Mayo Gaborone (Bostwana)	web: www.icsspe.org/sites/default/files/e8_7TH%20IWG%20Conference%20docx.pdf
ICAS 2018: 20th Int. Conference on Adolescent Sports	24-25 Mayo Montreal (Canadá)	web: https://www.waset.org/conference/2018/05/montreal/ICAS
XXII Curso Asoc. Española Med. del Fútbol	25-26 Mayo Málaga	web: http://www.aemef.org/es/
Jornada GREC: "Bioimpedancia eléctrica y composición corporal"	26 Mayo Málaga	E-mail: femedede@femedede.es web: www.femedede.es
World Congress on Exercise is Medicine (ACSM)	29 Mayo-2 Junio Minneapolis (EEUU)	web: www.acsmannualmeeting.org/attend/registration/
19th EFORT Congress	30 Mayo-1 Junio Barcelona	web: https://www.efort.org/barcelona2018/
XXVII Isokinetic Medical Group conference: "Football medicine outcomes. Are we winning?"	2-4 Junio Barcelona	E-mail: conference@isokinetik.com web: www.footballmedicinestrategies.com
5th International Congress of Exercise and Sport Sciences	5-10 Junio Netanya (Israel)	web: https://events.eventact.com/EventsList/5sportsceince2017/General-Information
20th Int. Conference on Women and Sport	6-7 Junio San Francisco (EEUU)	web: www.waset.org/conference/2018/06/san-francisco/ICWS
Women in Sport and Exercise Conference 2018	13-14 Junio Staffordshire (Reino Unido)	web: www.staffs.ac.uk/events/womeninsport/
Curso nacional de rehabilitación en deformidades del raquis	14-15 Junio Barcelona	web: www.aulavhebron.net/aula/index.php?go=info_cursos&curso=110&idioma=es
Juegos Mundiales de la Medicina y Simposio Internacional de Medicina Deportiva	16-23 Junio Malta	web: www.medigames.com/?page_id=6408&lang=es
XVII Congreso de la Sociedad Española de Nutrición	27-29 Junio Barcelona	web: http://www.sen2018barcelona.com/index.asp
XXIX Jornadas AEMB	28-30 Junio Barcelona	web: https://aemeb.es/barcelona2018/

Agenda

European Congress of Adapted Physical Activity (EUCAPA)	3-5 Julio Worcester (Reino Unido)	Andrea Faull. E-mail: a.faull@worc.ac.uk Ken Black. E-mail: k.black@worc.ac.uk
23rd Annual Congress of the European College of Sport Science	4-7 Julio Dublín (Irlanda)	web: www.ecss-congress.eu/2018/
World Congress of Biomechanics	8-12 Julio Dublín (Irlanda)	web: http://wcb2018.com/
12th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine (ISPRM)	8-12 Julio París (Francia)	web: http://isprm2018.com/
21st World Congress on Nutrition & Food Sciences	9-10 Julio Sydney (Australia)	web: https://nutritioncongress.nutritionalconference.com
The Annual World Congress of Orthopaedics	25-27 Julio Milán (Italia)	web: http://www.bitcongress.com/wcort2018/ http://www.bitcongress.com/wcort2018/programlayout.asp
World Congress of the Association Internationale des Ecoles Supérieures d'Éducation Physique (AIESEP)	25-28 Julio Edimburgo (Reino Unido)	web: http://aiesep.org/
XXXV Congreso Mundial de Medicina del Deporte	12-15 Septiembre Rio de Janeiro (Brasil)	web: www.fims.org
28º Congress European Society for surgery of the shoulder and the elbow (SECEC-ESSSE)	19-22 Septiembre Ginebra (Suiza)	web: www.secec.org
XI Congress Société Française de Médecine de l'Exercice et du Sport (SFMES)	20-22 Septiembre Le Havre (Francia)	web: www.sfm.es
55 Congreso SECOT	26-28 Septiembre Valladolid	web: www.secot.es
5th International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS)	27-29 Septiembre Groningen (Países Bajos)	web: http://ists2018.com/
VII Congreso Iberoamericano de Psicología del Deporte	3-5 Octubre Las Condes (Chile)	web: www.postgradounab.cl/actividades/vii-congreso-iberoamericano-de-psicologia-del-deporte/
XXVIII Congreso AMLAR 2018 - Asociación Médica Latinoamericana de Rehabilitación	3-6 Octubre Guayaquil (Ecuador)	web: http://amlar2018.com/
49 Congreso Nacional de Podología	5-6 Octubre Santiago de Compostela	E-mail: comiteorganizador@49congresopodologia.com E-mail: podologia2018@compostelacongresos.com
II Congreso de Alimentación, Nutrición y Dietética	6-8 Octubre Madrid	web: http://www.congresoand.com/2018/
Congreso Internacional Cubamotricidad 2018	22-26 Octubre La Habana (Cuba)	web: http://cubamotricidad.inder.gob.cu
VII Congreso Asociación Hispanoamericana de Médicos del Fútbol	3-4 Noviembre Lima (Perú)	web: http://hispamef.com/
2as Jornadas Nacionales SETRADE	8-9 Noviembre Vitoria	web: www.setrade.org

7º Congreso Mundial del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad	8-10 Noviembre A Coruña	web: www.sportis.es/congresos
XVIII Congreso latinoamericano de Nutrición (SLAN) 2018	11-15 Noviembre Guadalajara (México)	web: www.slaninternacional.org
XII World Congress on Mountain Medicine	21-24 Noviembre Kathmandu (Nepal)	web: http://ismm2018.org/
XVII Congreso Nacional de la SEMED-FEMEDE	29 Noviembre-1 Diciembre Toledo	web: www.femedede.es
2019		
XVI Congreso Nacional de Psicología de la Act. Física y del Deporte	13-16 Marzo Zaragoza	web: www.psicologiadeporte.org
XXXVI Congresso FMSI: "Età biologica, età anagrafica"	27-29 Marzo Roma (Italia)	web: www.fmsi.it/
2019 AMSSM Annual Meeting	12-17 Abril Houston (EEUU)	web: https://www.amssm.org/
12th Biennial ISAKOS	12-16 Mayo Cancún (México)	web: www.isakos.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
13th Congreso Mundial de la International Society of Physical and Rehabilitation Medicine	9-13 Julio Kobe (Japón)	web: http://www.isprm.org
14th International Congress of shoulder and elbow surgery (ICSSES)	17-20 Septiembre Buenos Aires (Argentina)	web: www.icses2019.org
5th World Conference on Doping in Sport	5-7 Noviembre Katowice (Polonia)	web: http://www.wada-ama.org/
2020		
25th Annual Congress of the European College of Sport Science	1-4 Julio Sevilla	E-mail: office@sport-science.org
XXXVI Congreso Mundial de Medicina del Deporte	24-27 Septiembre Atenas (Grecia)	web: www.globalevents.gr
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/

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 15/10/2015 A 15/10/2016)
CON 4,81 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 (VÁLIDA DEL 15/10/2016 AL 15/10/2017) CON 8,78 CRÉDITOS

Fecha límite de inscripción: 15/06/2017

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 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.

Normas de publicación

- 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: femede@femede.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/>.



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

Wobenzym® plus

Terapia enzimática sistémica



La eficacia de un AINE, con la tolerabilidad de un placebo

- **Alivio de la inflamación** mediante un mecanismo de acción causal ^{1, 2-4}.
- **Eficacia** equivalente a AINE's ⁵.
- Menos efectos adversos que los AINE's.
- **Wobenzym Plus** contribuye a una **mejora del estado de salud** y a una **mayor sensación de bienestar** en comparación con AINES ^{7, 8}.



CN 170869.4

INDICACIONES:

- Lesiones musculares⁹
- Lesiones ligamentosas¹⁰
- Traumatismos¹¹
- Artrosis¹²
- Intolerantes a los AINE's

Referencias bibliográficas:

1. Klein G, Kullich W. Reducing pain by oral enzyme therapy in rheumatic diseases. Wien Med Wochenschr 1999;149(21-22):577-580. 2. Gregory, S, Kelly, ND. Bromelain: A Literature Review and Discussion of its Therapeutic Applications. Alt Med Rev 1996;1(4):243-257. 3. Roep BO, van den Engel NK, van Halteren AGS, Duinkerken G, Martin S. Modulation of autoimmunity to beta-cell antigens by proteases. Diabetologica 2002;45(5):686-692. 4. Klein G, Kullich W, Schnitker J, Schwann H, Efficacy and tolerance of an oral enzyme combination in painful osteoarthritis of the hip. A double-blind, randomised study comparing oral enzymes with non-steroidal anti-inflammatory drugs. Clin Exp Rheumatol 2006;24(1):25-30. 5. Ueberall, M. A., Mueller-Schwefe, G. H., Wigand, R., & Essner, U. (2016). Efficacy, tolerability, and safety of an oral enzyme combination vs diclofenac in osteoarthritis of the knee: results of an individual patient-level pooled reanalysis of data from six randomized controlled trials. Journal of pain research, 9, 941-6. Wittenborg A, Bock PR, Hanisch J, Saller R, Schneider B. Comparative epidemiological study in patients with rheumatic diseases illustrated in an example of a treatment with non-steroidal anti-inflammatory drugs versus an oral enzyme combination preparation. Arzneimittelforschung. 2000;50(8):728-38. 7. May C, Smola M, Ruda C, Scharnagl E. Randomized open controlled clinical study on the efficacy and tolerance of an oral enzyme preparation in lymphadenectomy patients. International Journal of Immunotherapy. 2001; XVII (2/3/4):149-152. 8. Akhtar N, Naseer R, Farooqi A, Aziz W, Nazir M. Oral enzyme combination versus Diclofenaco in the treatment of osteoarthritis of the knee- a double-blind prospective randomized study. Clinical-rheumatology. 2004;23:410-415. 9. Masson M. Bromelain in blunt injuries of the locomotor system. A study of observed applications in general practice. Fortschr. Med. 1995;113:303-6. 10. Kerkhoff s GM, Struijs PA, de Wit C, Rahlf s VW, Zwipp H, van Dijk CN. A double blind, randomised, parallel group study on the efficacy and safety of treating acute lateral ankle sprain with oral hydrolytic enzymes. Br. J. Sports Med.2004;38:431-5. 11. KamenicekV, Holán P, Franěk P. Systemic enzyme therapy in the treatment and prevention of post-traumatic and postoperative swelling. Acta Chir. Orthop.Traumatol. Cech. 2001;68:45-9. 12. Wittenborg A, Bock PR, Hanisch J, Saller R, Schneider B. Comparative epidemiological study in patients with rheumatic diseases illustrated in an example of a treatment with non-steroidal anti-inflammatory drugs versus an oral enzyme combination preparation. Arzneimittelforschung 2000;50:728-38.